

**ORTOSTAATTINEN SYKEVAIHTELU, MIELIALA JA
HORMONIPITOISUUDET UIMAREILLA
ERI HARJOITUSKAUSILLA**

Katja Linnakylä

Liikuntafysiologian
Pro Gradu –tutkielma
Syksy 2004
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Työn ohjaajat: Heikki Rusko
Antti Mero
Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Katja Linnakylä. 2004. Ortostaattinen sykevaihtelu, mieliala ja hormonipitoisuudet uimareilla eri harjoituskausilla. Liikuntafysiologian Pro-Gradu –tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.

Autonomisen hermoston sympaattinen osa hallitsee sydämen toimintaa rasituksen aikana ja parasympaattinen osa levon aikana. Liiallisen fyysisen rasituksen seurauksena elimistö saattaa ajautua yllirasitustilaan, johon liittyy autonomisen säätelyn muutoksia. Tätä voidaan arvioida sydämen sykevaihtelulla (HRV = englannin kielen termi heart rate variability). Tässä menetelmässä yhtäjaksoisesta syketallenteesta analysoidaan peräkkäisten sykevälien pituuksia, joiden vaihteluun vaikuttaa autonomisen hermoston toiminta. Suuri sykevaihtelu osoittaa korkeaa parasympaattista ja alhaista sympaattista aktiivisuutta. Urheilijoilla on todettu olevan suurempi HRV kuin urheilua harrastamattomilla ihmisillä, mutta yllirasitustilassa se saattaa mahdollisesti vähentyä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uimareiden sykevaihtelun, stressihormonien ja mielialan muutoksia sekä arvioida näiden avulla autonomisen hermoston toimintaa eri harjoituskausilla. Mittausjaksoina oli määrällisesti paljon harjoittelua sisältävä peruskuntokausi (PKK) sekä tehollisesti kovaa harjoittelua sisältävä kilpailuun valmistava kausi (KVK). Koehenkilöinä oli yhdeksän kansallisen tason uimaria. Koehenkilöt tekivät mittausjaksoilla joka aamu ortostaattisen testin, josta analysoitiin useita eri muuttujia sisältävä HRV (kts. seuraava sivu). Harjoittelun kuormittavuus laskettiin jokaiselta päivältä erityisesti uintiohjelmiä varten tehdyllä mallilla. Suorituskyky mitattiin sadan metrin maksimaalisella uinnilla kummankin mittausjakson alussa ja lopussa. Katekolamiinien ja kortisolin erityis mitattiin yöllisestä 12 tunnin virtsakeräyksestä PKK:n alussa ja KVK:n lopussa. Koehenkilöt täyttivät mielialakyselyn jokaisen mittauspäivän aamuna sekä aina iltaharjoitusten jälkeen.

KVK:lla makuulla mitatut RRI_{max} ($p=0.045$), RRI_{ka} ($p=0.008$) ja RRI_{min} ($p=0.004$) sekä RMSSD ($p=0.002$) ja HFP ($p=0.000$) olivat korkeammat sekä LF/HF –suhde ($p=0.001$) matalampi kuin PKK:lla. Seisomaan nousun aikana mitatut RRI_{max} ($p=0.034$), RRI_{ka} ($p=0.001$) ja RRI_{min} ($p=0.001$) sekä seisoma-asennossa mitatut RRI_{ka} ($p=0.028$) ja RRI_{min} ($p=0.000$) olivat myös korkeammat KVK:lla kuin PKK:lla. Seisoma-asennossa syke ($p=0.008$), sykevaste ($p=0.007$), SD ($p=0.038$) ja RMSSD ($p=0.039$) olivat alhaisemmat KVK:lla kuin PKK:lla. PKK:lla useammat HRV muuttujat korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa kuin KVK:lla, kun taas osa mielialakyselyn muuttujista korreloi tämän kanssa KVK:lla mutta ei PKK:lla. Katekolamiinien ja kortisolin yöpitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja eri mittausjaksoilla.

Saadut sykevaihtelumuuttujien tulokset viittaavat vahvasti siihen, että parasympaattisen hermoston toiminta oli suurempaa kilpailuun valmistavalla kaudella kuin peruskuntokaudella. Lisäksi peruskuntokaudella osaa ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitatuista muuttujista sekä kilpailuun valmistavalla kaudella seisomaan nousun aikaisista muuttujista voitaisiin tämän tutkimuksen perusteella käyttää kehon rasitustilan päivittäisessä arvioinnissa.

Avainsanat: autonominen hermosto, harjoittelu, mieliala, ortostaattinen sykevaihtelu, stressihormonit, uinti

LYHENTEET

HRV		sykevaihtelu (heart rate variability)
RRI	(ms)	sykeväli, kahden peräkkäisen sykkeen välinen aika (R-R interval)
RRI _{min}	(ms)	sykevälien minimiarvo
RRI _{max}	(ms)	sykevälien maksimiarvo
RRI _{ka}	(ms)	sykevälien keskiarvo
SD	(ms)	sykevälien keskihajonta
RMSSD	(ms)	peräkkäisten sykevälien keskimääräistä vaihtelua kuvaava muuttuja (the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent RR intervals)
pNN50	(%)	peräkkäisten yli 50 ms pituisten sykevälien osuus kaikista sykeväleistä
TP	ln (ms ²)	kokonaisvaihtelu, 0.00-0.40 Hz
LFP	ln (ms ²)	matalataajuuksinen sykevaihtelu, 0.04-0.14 Hz
HFP	ln (ms ²)	korkeataajuuksinen sykevaihtelu, 0.15-0.40 Hz
LF/HF		matala- ja korkeataajuuksisen sykevaihtelun suhde

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	6
2 AUTONOMISEN HERMOSTON TOIMINTA.....	8
2.1 Sympaattinen hermosto.....	8
2.2 Parasympaattinen hermosto.....	8
3 ORTOSTAATTINEN SYKEREAKTIO.....	10
3.1 Ortostaasi.....	10
3.2 Säätelymekanismit.....	10
3.2.1 Sydän- ja verenkiertoelimistön keskus- ja ääreiskontrolli.....	11
3.2.2 Baroreseptorit.....	11
3.3 Ortostaattinen sykevaihtelu.....	12
4 FYYSINEN HARJOITTELU.....	15
4.1 Kehon adaptoituminen fyysisen rasituksen vaikutuksiin.....	15
4.2 Ylikuntoilan aiheuttajat ja ehkäiseminen.....	15
4.3 Ylikuntoilan eri vaiheet.....	16
4.3.1 Yliharjoittelu.....	16
4.3.2 Pidemmälle edennyt ylikunto.....	18
4.4 Uimareiden harjoittelu.....	20
4.4.1 Tehoalueet.....	20
4.4.2 Harjoittelu kauden eri vaiheissa.....	22
4.4.3 Harjoittelun kuormittavuuden mittaaminen.....	24
5 HARJOITTELUN KUORMITTAVUUDEN VAIKUTUS AUTONOMISEEN HERMOSTOON.....	25
5.1 Vaikutus säätelymekanismeihin.....	25
5.2 Vaikutus ortostaattiseen sykevaihteluun.....	26
5.3 Vaikutus ortostaattiseen sietokykyyn.....	29
6 STRESSIHORMONIT.....	32
6.1 Katekolamiinit.....	32
6.2 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus katekolamiinipitoisuuteen.....	32
6.3 Kortisoli.....	34
6.4 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus kortisolipitoisuuteen.....	35
7 MIELIALA.....	38
7.1 Urheilijoiden mielialavaihtelu.....	38

7.2 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus mielialaan.....	38
8 TUTKIMUSONGELMAT	42
9 MENETELMÄT	43
9.1 Koehenkilöt	43
9.2 Koeasetelma	43
9.3 Aineiston keruu.....	44
9.4 Tilastolliset analyysit	47
10 TULOKSET	48
10.1 Harjoittelun kuormittavuus ja suorituskyky.....	48
10.2 Ortostaattinen sykevaihtelu.....	49
10.3 Stressihormonit.....	51
10.4 Tunnetilaprofiili sekä kuormittumis-palautumiskysely.....	51
11 POHDINTA	53
11.1 Harjoittelun kuormittavuus ja suorituskyky.....	53
11.2 Ortostaattinen sykevaihtelu.....	54
11.2.1 Harjoittelun vaikutukset autonomisen hermoston toimintaan.....	55
11.2.2 Sykevaihtelun käyttö harjoittelun kuormittavuuden seurannassa.....	60
11.3 Stressihormonit.....	61
11.4 Tunnetilaprofiili sekä kuormittumis-palautumiskysely.....	64
11.5 Yhteenveto.....	66
11.6 Jatkotutkimusehdotuksia.....	66
LÄHTEET.....	68
LIITTEET	80

1 JOHDANTO

Sydämen toimintaa kontrolloi autonomisen hermoston sympaattinen ja parasympaattinen osa samanaikaisesti siten, että toinen on aina hallitsevampi (Guyton & Hall 1996, s.116). Sympaattisen säätelyn vaikutuksesta sydämen yleinen aktivaatio lisääntyy (Guyton & Hall 1996, s.126-127) ja parasympaattisen vaikutuksesta vähenee (Guyton & Hall 1996, s.117). Autonomista säätelyä voidaan arvioida sydämen sykevaihtelulla (HRV = englannin kielen termi heart rate variability) (Task Force 1996). Tässä menetelmässä mitataan peräkkäisten sydämen sykevälien (R-R intervalli) pituuksia, joista lasketaan useita eri muuttujia. Nämä sykevälien pituuden vaihtelut johtuvat muutoksista autonomisen hermoston toiminnassa. Urheilijoilla on todettu olevan suurempi sykevaihtelu kuin urheilua harrastamattomilla ihmisillä (Puig ym. 1993), mutta ylikuntoilassa se saattaa mahdollisesti vähentyä (Uusitalo ym. 1998c).

Fyysisen harjoittelun aikana elimistö rasittuu ja sen homeostaasi järkkyy. Tätä seuraavan levon aikana keho kuitenkin adaptoituu rasituksen aiheuttamiin muutoksiin ja kehittyy näin entistä vahvemmaksi. (Viru 1984). Urheilijan täytyy harjoitella kovempaa kuin aikaisemmin, jotta stimulus tälle adaptaatiolle saadaan aikaan (Bompa 1983, s. 44 ja Kuipers & Keizer 1988). Levon ja harjoittelun oikeaa tasapainoa parhaimman mahdollisen suorituskyvyn aikaansaamiseksi on kuitenkin hyvin vaikea löytää (Kuipers & Keizer 1988 ja Kuipers 1998). Ylikunnolla tarkoitetaan pitkäaikaista yllirasittumistilaa, joka seuraa elimistölle liiallisesta fyysisestä ja psyykkisestä rasituksesta suhteessa lepoon (Israel 1976, Fry ym. 1991, Fry ym. 1992 ja Kuipers & Keizer 1988).

Harjoittelun kuormittavuuden lisääntymisestä aiheutunut väsymys vaikuttaa autonomisen hermoston tilaan (Pichot ym. 2002), joka puolestaan mahdollisesti aikaansaa muutoksia HRV:ssä (Aubert ym. 2003). Monet tutkijat pitävät HRV:tä todennäköisenä hyvänä mittarina kehon rasitustilan arvioinnissa ja mahdollisen ylikunnon havaitsemiseksi urheilijoilla (Portier ym. 2001, Pichot ym. 2002 ja Aubert ym. 2003). HRV:tä on pidetty myös arvokkaana mittarina yksilöllisen harjoittelun optimoinnissa (Pichot ym. 2002 ja Aubert ym. 2003). Harjoittelun kuormittavuuden vaikutuksia päivittäiseen ortostaattiseen sykevaihteluun ei kuitenkaan ole juurikaan tutkittu.

Myös mielialahäiriöiden on havaittu lisääntyvän harjoittelun kuormittavuuden lisääntymisessä (Morgan ym. 1987, O'Connor ym. 1989, Koutedakis ym. 1990 ja Raglin ym. 1991). Niiden seuraamisen onkin todettu soveltuvan hyvin kehon rasitustilan arviointiin ylikunnon ehkäisemiseksi (Hooper ym. 1995). Hanin (1999) pitää erityisesti muutoksia omista mielialoista oleellisina tunnetiloja ja niiden vaikutuksia tutkittaessa. Stressihormonit ovat hormoneja, joiden pitoisuus nousee fyysisessä rasituksessa. Pitkäaikaisessa uupumuksessa basaali katekolamiinikonsentraatio saattaa laskea (Lehmann ym. 1991 ja 1992b ja McKinnon ym. 1997) ja kortisolipitoisuus nousta (Barron ym. 1985, Adlercreutz ym. 1986, Kraemer ym. 1989 ja Opstad 1994), mutta tutkimustulokset näistä eivät ole kaikki yhdenmukaisia.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää harjoituskauden eri vaiheiden vaikutuksia autonomisen hermoston toimintaan uimareilla. Tätä mitattiin ortostaattisella sykereaktiolla levossa, yöllisellä katekolamiini- ja kortisolierityksellä sekä suorituskyvyn vaihteluilla. Lisäksi tutkittiin päivittäisen sykevaihdelun ja mielialakyselyn käyttöä elimistön rasitustilan arvioimisessa harjoittelun kuormittavuuden seuraamiseksi. Näillä menetelmillä pystyttäisiin mahdollisesti optimoimaan harjoittelun ja levon suhde parhaimman mahdollisen suorituskyvyn aikaansaamiseksi.

2 AUTONOMISEN HERMOSTON TOIMINTA

2.1 Sympaattinen hermosto

Autonomisen hermoston tärkeimmät keskuksat sijaitsevat selkäytimessä, aivosillassa ja hypotalamuksessa. Viestit keskushermostosta kulkevat efferenttejä sympaattisia ja parasympaattisia hermoja pitkin kohde-eliimiin. (Guyton & Hall 1996, s. 769.) Sydämen toimintaa kontrolloi autonomisen hermoston sympaattinen ja parasympaattinen osa samanaikaisesti siten, että toinen on aina hallitsevampi (Guyton & Hall 1996, s.116).

Sympaattiset hermot lähtevät selkäytimestä ja kulkevat sydämen sekä oikeaan että vasempaan eteiseen ja kammioon. Niiden pääte-elimistä vapautuu välittäjäaineena noradrenaliinia (Guyton & Hall 1996, s.769-771). Rasituksessa sympaattinen ärsytys voi nostaa sydämen sykkeen 180-200 lyöntiin minuutissa eli noin kolminkertaiseksi lepoarvoon verrattuna. Nuorilla syke saattaa nousta jopa 250:een lyöntiin minuutissa. Jos sympaattisen hermoston toiminta estetään, laskee syke ja kammioden supistumisvoima, jolloin iskutilavuus putoaa alle 30 %:iin normaalista. (Guyton & Hall 1996, s. 116-117.)

Välittäjäaineen vapautumisen uskotaan lisäävän natriumin ja kalsiumin läpäisevyyttä solukalvolla, kun sympaattiset hermot stimuloivat sydäntä. Tämä lisää eteiskammiosolmukkeen ärsyyntyvyyttä, jolloin impulssin johtumisnopeus kasvaa. Kalsium vaikuttaa osittain sydämen lihasten supistumisvoimaa lisäävästi ja natrium sinussolmukkeen itse ärsyyntymistä kasvattavasti. Näin sydämen yleinen aktivaatio lisääntyy. (Guyton & Hall 1996, s. 126-127.)

2.2 Parasympaattinen hermosto

Parasympaattiset hermot lähtevät keskushermostosta aivohermoja ja ristiluhermoja pitkin (Guyton & Hall 1996, s.771). Parasympaattisista hermoista noin 75 % on vagushermoissa, jotka stimuloivat sinussolmuketta ja eteis-kammiosolmuketta. Vagaalisen stimulaation ollessa hallitsevampi sydämen sykkeen ja supistumisvoiman alenemisen myötä sydämen toiminta voi laskea puoleen normaalitilasta (Guyton & Hall 1996, s.

117.) Vagus-hermon stimuloimessa sydäntä hermovälittäjäainetta asetylkoliinia vapautuu (Guyton & Hall 1996, s.771) kasvattaen solukalvojen läpäisevyyttä kalium-ioneille. Tämän seurauksena solun sisäpuoli muuttuu negatiivisesti varautuneeksi (hyperpolarisaatio), jolloin solu ärsyyntyy vaikeammin. Näin ollen sinussolmukkeen rytmi laskee ja eteis-kammiosolmukkeen solujen ärsyyntyvyys alenee, jolloin impulssin eteneminen hidastuu kammioissa. (Guyton & Hall 1996, s.126.)

3 ORTOSTAATTINEN SYKEREAKTIO

3.1 Ortostaasi

Ortostaattinen –sanalla tarkoitetaan seisomaan nousua. Termi tulee kreikan kielen sanasta ”ortho”, joka tarkoittaa seisoma-asentoon liittyvää tai sen aiheuttamaa ja sanasta ”stasis”, joka tarkoittaa paikallaan olevaan tilaan kuuluvaa. Ortostaasin aiheuttama pääasiallinen vaikutus on painovoiman aiheuttama veren siirtyminen keskeisistä valtimoista ja sydäimestä alaraajojen suuriin laskimoihin, jolloin loppudiaastolinen volyyymi pienee, valtimopaine alenee ja isku- sekä minuuttitilavuus laskevat (Montgomery ym. 1977, Mangseth & Bernauer 1980 ja Blomqvist & Stone 1982). Veren kasautuminen laskimoihin vähentää myös verenkiertoa esimerkiksi munuaisissa ja levossa olevissa luurankolihaksissa (Roddie ym. 1957, Zoller ym. 1972 ja Johnson ym. 1974). Fysiologinen vaste ortostaasille määräytyy pääasiassa alaraajoihin kertyvän veren määrän mukaan. (Blomqvist & Stone 1982). Verenpaineen muuttuessa sydämen minuuttitilavuuden ja perifeerisen vastuksen mukaan sydän- ja verenkiertoelimistön refleksit toimivat ylläpitääkseen valtimoiden verenpainetta riittävän aivoverenkierron takaamiseksi. Elimistön kykyä ylläpitää valtimoverenpainetta siten, että henkilö pystyy seisomaan paikoillaan pyörtymättä kutsutaan ortostaattiseksi toleranssiksi. (esim. Convertino 1987.) Jos tämä mekanismi ei toimi, seuraa ortostaasista aivoverenkierron väheneminen ja lopulta pyörtyminen. (Lambert & Wood 1946 ja Henry ym. 1951.)

3.2 Säätelemekanismit

Elimistö pyrkii säätelemään ortostaasin aiheuttamia muutoksia verenkierrossa sydämen sisäisellä toiminnalla (Blomqvist & Stone 1982), verisuonten toiminnalla (Raven ym. 1984, Smith & Raven 1986, Convertino 1987, Levine ym. 1991 ja Finley ym. 1995) sekä baroreseptoreilla (Roddie ym. 1957, Johnson ym. 1974 ja Stageman ym. 1974).

3.2.1 Sydän- ja verenkiertoelimistön keskus- ja ääreiskontrolli

Sydän- ja verenkiertoelimistön keskuskontrollilla tarkoitetaan sydämen toiminnan aikaansaamia vasteita. Ortostaasissa sydämen täyttöpaine alenee diastolen aikana, kun veri pakkautuu alaraajoihin. Tällöin iskuilavuus, joka määräytyy loppudiaastolisen volyymin mukaan alenee (Frank-Starling -mekanismi). Tätä elimistö pyrkii kompensoimaan lisäämällä sydämen supistumisvoimakkuutta ja valtimoiden uudelleen täyttymistä. (Blomqvist & Stone 1982.)

Sydän- ja verenkiertoelimistön perifeerisistä kontrollista vastaavat verisuonet. Hydrostaattisen painegradientin kasvu ortostaasissa saa veren jakaantumaan alaraajoihin, jolloin sydämen täytyminen vähenee ja minuutti- ja iskuilavuus alenevat. Näitä muutoksia verisuonisto pyrkii vähentämään minimoimalla veren kerääntymisen alaraajoihin laskimoiden pienemmällä mukautumisella (Raven ym. 1984, Smith & Raven 1986, Convertino 1987, Levine ym. 1991 ja Finley ym. 1995.)

3.2.2 Baroreseptorit

Valtimopaineen muutokseen reagoivat baroreseptorit ovat venymäreseptoreita ja sijaitsevat kaulavaltimossa ja aortan kaarella. Paineen laskiessa ortostaasissa efferenttien hermojen aktiivisuus vähenee ja keskushermoston sydän- ja verenkiertoelimistön alue inhiboituu. (Blomqvist & Stone 1982.) Baroreseptorit reagoivat tähän, jolloin syke nousee, sydämen supistumiskyky kasvaa, valtimot ja laskimot supistuvat ja verenvirtaus iholle, luurankolihasiin, munuaisiin ja sisäelinten alueelle vähenee (Roddie ym. 1957 ja Johnson ym. 1974). Näillä refleksimekanismeilla pyritään vastustamaan valtimopaineen laskua lisäämällä sydämen iskuilavuutta ja/tai perifeeristä vastusta. Barorefleksitoiminta on vagus-hermon säätelämä. Paineen kontrollointisysteemi on huomattavasti tehokkaampi kompensoimaan valtimopaineen laskua kuin nousua (Stageman ym. 1974).

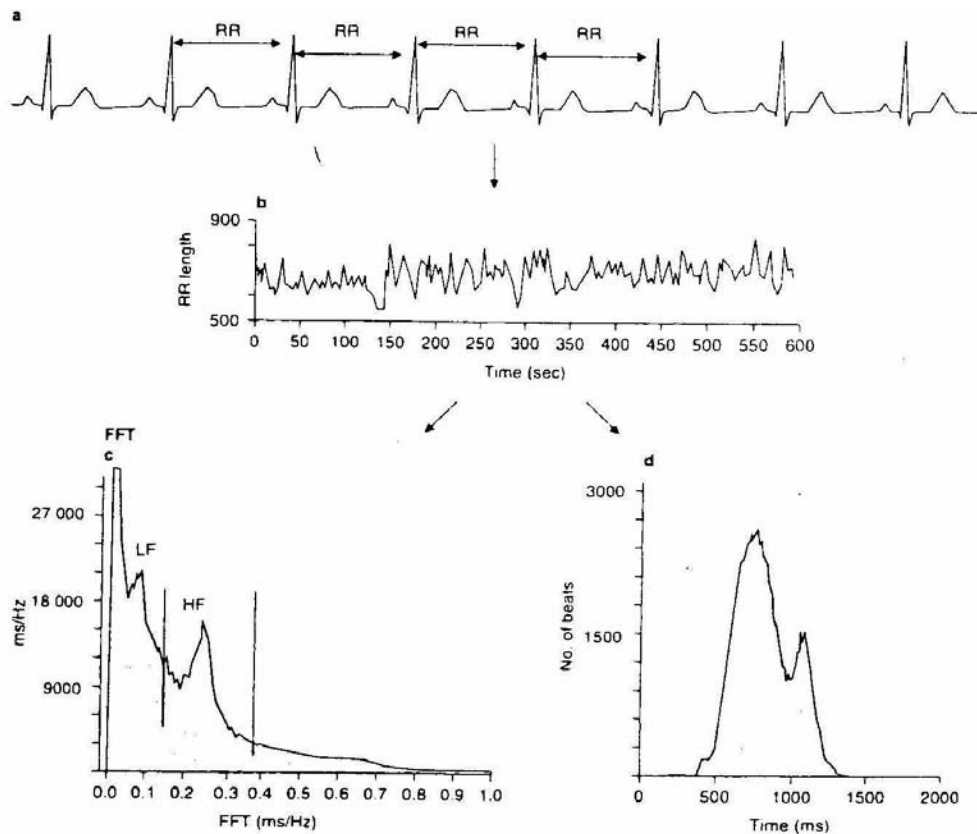
Sydämen sisäisen paineen muutokseen reagoivat baroreseptorit ovat myös venymäreseptoreita ja sijaitsevat ylä- ja alaonttolaskimoiden ja oikean eteisen liitoskohdassa, keuhkolaskimoissa, vasemmassa eteisessä ja sydämen seinämissä. (Donald & Shepherd 1979.) Laskimoiden ja eteisten paineen lasku ortostaasissa aiheuttaa takykardiaa

(Blomqvist & Stone 1982) ja lisää luurankolihasen vastustusta (Roddie ym. 1957, Johnson ym. 1977 ja Ahmad ym. 1977), jolloin hetkellisesti alentunut valtimoiden verenpaine saadaan nostettua takaisin ylös.

3.3 Ortostaattinen sykevaihtelu

Sykevaihteluanalyysiä (HRV = englanninkielen termi heart rate variability) käytetään sydän- ja verenkiertoelimistön säätelyn määrittelymenetelmänä. HRV:llä tarkoitetaan peräkkäisten sydämen sykevälien (R-R intervallien) ja hetkellisen sykkeen vaihteluja (Task Force 1996).

Aikakenttäanalyysi. Aikakenttäanalyysi (Kuvio 1.) kuvaa sekä sykevaihtelun määrää että syketasoa. Yksinkertaisimmat aikakenttäanalyysin muuttujat, jotka HRV:stä voidaan mitata ovat keskisyke, R-R intervallien keskiarvo (RRI_{ka}), maksimiarvo (RRI_{max}) ja minimiarvo (RRI_{min}) sekä maksimin ja minimin erotus (Task Force 1996). Näistä voidaan laskea tilastollisia muuttujia kuten sykevälien keskihajonta (SD) ja varianssin neliöjuuri (SDRR), jolla voidaan arvioida yleisesti HRV:n muutoksia. Sykevälien keskiarvon keskihajonta (SDARR) mitataan yleensä viiden minuutin ajalta ja sillä voidaan arvioida HRV:n pitkäaikaisia komponentteja. Eniten käytettyihin mittauksiin sisältyy myös peräkkäisten sykevälien keskimääräistä vaihtelua kuvaava muuttuja RMSSD (peräkkäisten R-R intervallien välisten erojen neliön summan keskiarvon neliöjuuri). Tällä arvioidaan HRV:n lyhytaikaisia komponentteja. Myös peräkkäisten yli 50ms toisistaan eroavien sykevälien osuus kaikista sykeväleistä (pNN50) analysoidaan usein. (Task Force 1996.) RMSSD:n ja pNN50:n muutokset kuvastavat parasympaattisen aktiivisuuden vaihtelua (Pichot ym. 2002). Alhainen HRV osoittaa alhaista parasympaattista ja korkeaa sympaattista aktiivisuutta (Task Force 1996).



KUVIO 1. Sykevälivaihteluanalyysi. Peräkkäiset R-R intervallit (a) elektrokardiografialla mitattuna, muutettuna takogrammiin (b) ja analysoituna taajuuskenttämuuttujina (c) sekä aikakenttämuuttujina (d). FFT = fast furier transform, HF = korkeataajuuksinen vaihtelu, LF = matalataajuuksinen vaihtelu, RR length=sykevälien pituus, time(sec) = aika(sekunti), ms= millisekunti, Hz = hertzi, No.of beats = sykkeiden lukumäärä. (Mukaeltu Aubert ym. 2003)

Taajuuskenttäanalyysi. Taajuuskenttäanalyysillä (Kuvio 1.) kuvataan taajuusvaihtelun määrää eri frekvenssialueilla, eli se kuvaa pelkästään sykevaihtelua. Lyhytaikaisissa mittauksissa käytetään korkeataajuuksista sykevaihtelua (HFP) ja matalataajuuksista sykevaihtelua (LFP). HFP komponenttiin vaikuttaa lähinnä vagaalinen säätely ja LFP komponenttiin joko pelkkä sympaattinen säätely tai sekä sympaattinen että vagaalinen säätely. Pitkäaikaisissa mittauksissa voidaan lisäksi analysoida erittäin matalataajuuksinen sykevaihtelu (VLFP), mutta sen ei ole todettu kuvaavan spesifisti sympaattista tai parasympaattista aktiivisuutta. Taajuusvaihtelujen arvot voidaan ilmoittaa joko absoluuttisina arvoina (ms^2) tai normalisoituina arvoina, jotka osoittavat eri komponenttien suhteellisen osuuden kokonaisvaihtelusta. Tällöin kokonaisvaihtelua kuvaavan kokonaistehon (TP) muutoksen vaikutus niihin minimoituu. (Task Force 1996.)

Levossa LFP ja HFP ovat suurin piirtein samanarvoiset, mutta seisomaan nousussa sympaattista aktiivisuutta kuvastava LFP komponentti dominoi. Tällöin ilmenevään takykardiaan liittyy myös selvä kokonaistehon aleneminen (Task Force 1996), jolloin LFP pysyy samana, kun se ilmoitetaan absoluuttisena arvona, mutta nousee, kun se ilmoitetaan normalisoituna yksikkönä (Malliani ym. 1994). Myös seisomaannousun vaikutuksesta sekä henkisen stressin ja kevyen liikunnan aikana LFP:n osuus kasvaa. HFP komponentin osuus kasvaa taas esimerkiksi kontrolloidun hengittämisen aikana (Malliani ym. 1991). LF/HF –suhde kuvastaa sympaattis-vagaalista tasapainoa ja sympaattista säätelyä (Task Force 1996).

Edellä mainitut lyhytaikaiset HRV:n muuttujat palautuvat hyvin nopeasti perustasolle kevyen liikunnan jälkeen, mutta maksimaalisen fyysisen rasituksen jälkeen palautuminen saattaa kestää pidempään (Task Force 1996). Lepotilassa parasympaattinen hermosto vallitsee (Levy 1971) ja muutokset sydämen toimintasyklissä ovat lähinnä vagaalisen säätelyn aiheuttamia (Chess ym. 1975). R-R intervallien muutokset osoittavat tällöin sydämen sykinnän hienosäätöä (Saul ym. 1990). Sydämen sympaattisen ja parasympaattisen säätelyn aikaansaamat muutokset aiheuttavat rytmisiä epäsäännöllisyyksiä viejähaarakkaiden hermoärsytyksessä, mikä havaitaan sydämen toimintajakson lyhyt- ja pitkäaikaisena ailahteluna (Task Force 1996). Yöllinen HRV on Pichot'n ym. (2000) mukaan parempi mittari arvioimaan fyysisen väsymyksen kasaantumista kuin aamulla mitattu leposyke, koska se osoittaa paremmin autonomisen hermoston aktiivisuuden muutosten määrän eikä siihen juurikaan vaikuta muut tekijät.

Sykevaihdelumenetelmän toistettavuus. Sykevaihdelumenetelmän toistettavuutta on arvioitu vakio-olosuhteissa tehdyillä mittauksilla. Aikakenttäanalyysin muuttujien on todettu olevan toistettavuudeltaan hyviä ja niiden korreloivan vahvasti sekä keskenään että taajuuskenttäanalyysin kanssa. (Task Force 1996). Taajuuskenttäanalyysin on todettu olevan toistettavuudeltaan huonomman kuin aikakenttäanalyysin, mutta kuitenkin kohtuullisen (Van de Borne ym. 1997). Taajuus- ja aikakenttäanalyysien muuttujat täydentävät kuitenkin hyvin toisiaan. Monien fyysisten ja psyykkisten tekijöiden vaikuttaessa sykevaihdeluun ei tämä ole samanlaista päivästä toiseen (Task Force 1996), mutta juuri tähän perustuukin sykevaihdelun käyttö elimistön rasittuneisuuden päivittäisessä seurannassa (Uusitalo ym. 1998a ja Uusitalo ym. 2000).

4 FYYSINEN HARJOITTELU

4.1 Kehon adaptoituminen fyysisen rasituksen vaikutuksiin

Fyysisen harjoittelun kuormittavuus riippuu harjoittelun tehosta ja määrästä sekä harjoittelun ja levon jaksottelusta (Fry ym. 1992). Fyysinen harjoittelu järkyttää solujen ja elinten homeostaasia. Tätä seuraavan levon aikana homeostaasi palautuu kehon vahvistuessa harjoitusta edeltävää tasoa korkeammalle. Näin elimistö adaptoituu harjoittelun vaikutuksille. Tätä kutsutaan superkompensaatioksi. (Viru 1984 ja 1994.) Urheilijan täytyy harjoitella tehokkaammin kuin aikaisemmin, jotta ärsyke tälle adaptaatiolle saadaan aikaan (Bompa 1983, s.44 ja Kuipers & Keizer 1988). Palautumista seuraava harjoitteluvaihe tulisi aloittaa vasta, kun on tarpeeksi levätty ja superkompensaatio saavutettu (Bompa 1983, s.116). Yksinkertaista ja helppoa menetelmää, joka osoittaisi palautumisprosessin vaihetta, ei kuitenkaan ole. On siis hyvin vaikea tietää, milloin superkompensaatio on tapahtunut. (Kuipers & Keizer 1988 ja Kuipers 1998.)

4.2 Ylikuntoilan aiheuttajat ja ehkäiseminen

Ylikuntoila syntyy liiallisesta harjoittelun ja muiden tekijöiden aiheuttamasta stressistä, joka ylittää yksilön stressinsietokyvyn (Kuipers & Keizer 1988 ja Fry ym. 1991 ja 1992). Tällöin urheilija ei pysty normaalin levon jälkeen suoriutumaan odotetulla tasolla (Fry ym. 1991). Stressiä voivat aiheuttaa fyysisen rasituksen määrä ja intensiteetti, koulunkäynti, opiskelu, työ, yksityiselämä sekä ympäristön aiheuttamat paineet (Israel 1976, Verna 1978, Ryan ym. 1983, Kinderman 1986 ja Lehmann ym. 1993b ja 1997). Harjoittelun ja levon epätasapaino on yleensä suurin stressin aiheuttaja (Israel 1976, Morgan ym. 1987, Budgett 1990 ja Fry ym. 1991). Optimitasapaino harjoittelun ja palautumisen välillä on ehdoton edellytys parhaimman mahdollisen suorituskyvyn saavuttamiseksi (Kuipers 1998) ja harjoittelua tuleekin muuttaa, jos havaitaan liiallista fyysistä tai henkistä stressiä (Kuipers & Keizer 1988).

Ylikuntoa voidaan ehkäistä esimerkiksi välttämällä yllättäviä harjoitusmäärien lisäyksiä sekä liiallisten intensiivisten harjoitusten tekemistä. Budgett (1990) suosittelee korkein-

taan tasaista viiden prosentin lisäystä harjoitteluun, kun taas Verde ym. (1992) toteaa, että hyvin harjoitelleet kestävyysurheilijat voivat lisätä harjoittelua jopa 40:llä prosentilla ilman, että heidän elimistönsä ajautuu ylikuntoon. Myös harjoittelun yksitoikkisuus voi aiheuttaa ylikuntoa (Kinderman 1986). Kuipers ja Keizer (1988) toteavat tämän mahdolliseksi etenkin uimareilla. Riittävän ja oikeanlaisen ravinnon saanti on myös erittäin oleellista kehon ylläpitämisen ehkäisemisessä. Glykogeenvivaje (Costill ym. 1988) ja epätasapainot aminohapoissa (Parry-Billings ym. 1992), kehon katabolian ja anabolian välillä (Adlercreutz ym. 1986) sekä neuroendokriinotoiminnassa (Barron ym. 1985 ja Adlercreutz ym. 1996) liittyvät usein ylikuntoon. Alttius ylikunnolle on kuitenkin yksilöllistä harjoittelukapasiteetin, palautumisen ja stressinsietokyvyn vaihdellessa hyvin paljon yksilöiden välillä (Lehmann ym. 1993a).

4.3 Ylikuntotilan eri vaiheet

Krooninen väsymys ja ylikunto ovat suuria ongelmia. Siirtyminen ylikuntoon tapahtuu pikkuhiljaa ja tämän prosessin vaiheita on siis hyvin vaikea määrittellä (Israel 1976, Kuipers & Keizer 1988, Fry ym. 1991 ja Lehmann ym. 1993a). Valmentajan tärkeimpiä tehtäviä onkin löytää optimimäärä ja intensiteetti harjoittelulle ilman, että ylitetään urheilijan harjoittelun sietokyky tai palautumiskapasiteetti. (Kuipers & Keizer 1988.) Valmentajan tulee myös estää urheilijoita tekemästä liian paljon liian pian, mikä voi olla erittäin vaikeaa, koska motivoituneet urheilijat peittävät usein ensi merkit väsymyksestä (Hooper & MacKinnon 1995). Maksimaalista harjoittelua kuitenkin tarvitaan, jotta paras mahdollinen suorituskyky saadaan aikaan. Tämän saavuttamiseksi ja ylikunnon välttämiseksi liian vähäinen harjoittelu on Ryanin ym. (1983) sekä Kuipersin & Keizerin (1988) mielestä suositeltavampaa kuin liian kuormittava harjoittelu.

4.3.1 Yliharjoittelu

Yliharjoittelulla tarkoitetaan harjoittelua, joka on raskaampaa kuin mihin kyseisellä hetkellä on totuttu. Tällöin saatetaan ajautua ylikuntoon muistuttavaan tilaan, josta käytetään englanninkielistä termiä *overreaching*. Tämä on kuitenkin usein tarkoituksenmukaista ja suunniteltua, jotta saadaan stimuloitua adaptaatiovaikutus. Palautuminen tästä kestää muutamasta päivästä kahteen viikkoon. (Lehmann ym. 1992a, Kuipers & Keizer 1988)

ja Kuipers 1998.) ”Overreaching” -tilassa kehon sympaattinen toiminta on lisääntynyt ja parasympaattinen vähentynyt (Pichot ym. 2000).

Tällaisessa ylikuntotilan alkuvaiheessa oireita ovat harjoitteluväsymys, anaerobisen kynnyksen tason ja maksimaalisen suorituskapasiteetin aleneminen sekä lyhytaikainen kilpailusuorituskyvyn heikkeneminen (Kuipers & Keizer 1988 ja Lehmann ym. 1993a). Lisäksi oireina voi esiintyä myös kehon painon alenemista, nukkumishäiriöitä, lisääntynyttä nestetarvetta, lihasarkuutta, leposykkeeseen nousua (Ryan ym. 1983) ja mielialavaihteluja (Uusitalo ym. 1998b ja Hooper ym. 1995). Suorituksenaikainen syke, ventilaatio ja laktaattipitoisuus saattavat nousta korkeammalle kuin normaalitilassa motoristen yksiköiden ennenaikaisesta väsymisestä johtuen (Kuipers 1985) ja suorituksen jälkeen sykkeen palautuminen saattaa viivästyä (Ryan 1983). Lehmannin ym. (1992a) mukaan uni ja leposyke eivät välttämättä muutu ”overreaching” -tilassa. Oireet lyhytaikaisessa ylikuntotilassa ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä (Kuipers & Keizer 1988).

Uusitalon ym. (1998b) tutkimuksessa submaksimaalinen syke laski kestävyysurheilijoilla kovan harjoittelujakson edetessä, mutta pysyi kontrollihenkilöillä samana. Maksimaalinen syke aleni harjoittelua lisänneillä urheilijoilla ja nousi kontrolliryhmällä, mutta kummallakaan muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tehostetun harjoittelun aikaansaaman lihasväsymyksen syyksi arvellaan riittämätöntä aineenvaihdunnan palautumista ja korkeaenergistien fosfaattien määrän vähenemistä (Kuipers 1998). Myös lihasentsyymien määrä plasmassa saattaa nousta (Ryan ym. 1983), mutta esimerkiksi uinnissa, jossa ei esiinny suuria huippuvoimia, näin ei yleensä tapahdu (Kuipers & Keizer 1988). Kymmenen päivän kovennettu harjoittelu uimareilla aiheutti paikallista lihaskipua ja vaikeuksia selvitä harjoituksista, mutta maksimaalisten 400 ja 25 jaardin uintien suorituskky, aerobinen kapasiteetti ja voimantuotto vedessä eivät muuttuneet (Costill ym. 1988). Harjoituksenaikainen syke ja veren laktaattipitoisuudet kuitenkin laskivat. Niillä, joilla oli vaikeuksia suoriutua harjoituksista, havaittiin energiansaannin vajeusta sekä uintimekaniikan huonontumista. Kymmenen päivän ajan kaksinkertaistettu harjoittelumäärä aiheutti kuitenkin vain lyhytaikaisen ylikunnon oireita.

4.3.2 Pidemmälle edennyt ylikunto

Ylikunnolla tarkoitetaan pitkäaikaista ylläpitoa, jolloin ”overreaching” -tilassa on edelleen jatkettu elimistön ylikuormittamista ilman riittävää lepoa. Tällöin väsymys lisääntyy entisestään ja muuttuu vähitellen krooniseksi (Kuipers & Keizer 1988, Budgett 1990, Fry ym. 1991, Lehmann ym. 1993a ja Hooper ym. 1993 ja 1995). Suorituskyky alenee sekä maksimaalisella tasolla (Hooper ym. 1993 ja 1995, Urhausen ym. 1998 ja Uusitalo ym. 1998b) että anaerobisen kynnyksen tasolla (Kinderman ym. 1986, Fry ym. 1991a ja Lehman ym. 1993). Myös maksimaalinen hapenotto (Uusitalo ym. 1998b) ja maksimisyke (Uusitalo ym. 1998b) sekä submaksimaalisen suorituksen laktaattitasot (Kinderman 1986) saattavat alentua. Myös muita fyysisiä muutoksia, kuten kehon painon alenemista, leposykkeeseen nousua ja lihasarkuutta (Ryan ym. 1983, Kuipers & Keizer 1988, Fry ym. 1991 ja Hooper ym. 1995) sekä mielialavaihteluja (Morgan ym. 1988, Fry ym. 1991, Lehmann ym. 1993a ja Uusitalo ym. 1998b) saattaa esiintyä. Lisäksi ylikunnossa olevat urheilijat sairastuvat hyvin helposti (Fry ym. 1991) ja heillä voi olla unihäiriöitä (Ryan ym. 1983, Costill ym. 1988 ja Hooper ym. 1995). Perifeerisen väsymyksen lisäksi myös keskushermosto väsyä (Israel 1976, Kuipers & Keizer 1988 ja Parry-Billings ym. 1990) ja hypotalamuksessa sekä aivolisäkkeessä saattaa esiintyä vajaatoimintaa (Barron ym. 1985 ja Urhausen ym. 1998). Ylikunnosta palautuminen voi kestää muutamasta viikosta muutamaan kuukauteen (Israel 1976, Kuipers & Keizer 1988 ja Lehmann ym. 1992a).

Sympaattinen ylikunto. Sympaattiseksi ylikunnoksi kutsutaan tilaa, jossa sympaattisen hermoston toiminta on lisääntynyt levossa (Israel 1976). Tämä on seurausta stressin ja levon epätasapainosta ja perinteisesti on ajateltu, että se liittyy mahdollisesti enemmän liialliseen kovatehoiseen harjoitteluun kuin määrällisesti suureen harjoitteluun (Lehmann ym. 1998). Erityisesti syynä voi myös olla yllättävä harjoittelun kuormittavuuden lisäys (Kinderman 1986). Lisäksi aiheuttajana voi olla liiallinen henkinen stressi, jota voivat tuottaa muun muassa liian usein toistuvat kilpailutilanteet sekä harjoittelun ulkopuoliset tekijät kuten sosiaalisiin suhteisiin ja opiskeluun liittyvät paineet. (Lehmann ym. 1998.) Oireina sympaattisessa ylikunnossa ovat yleinen levottomuus ja kehon yli-toiminta (Lehmann ym. 1993b). Myös verenpaineen alenemista ortostaasissa saattaa esiintyä (Ryan ym. 1983). (Taulukko 2.) Tyypillisiä lajeja, joissa on havaittu ylikunnon sympaattista muotoa ovat lyhytkestoiset nopeuslajit, hypyt ja heitot (Israel 1976 ja

Lehmann ym. 1991 ja 1993a). Nykyään uskotaan kuitenkin vahvasti, että elimistön joutuessa yliharjoittelun seurauksena stressitilaan missä tahansa lajissa lisääntyy aluksi sympaattinen aktiivisuus (Kuipers 1998).

TAULUKKO 2. Perinteisesti määriteltyjen sympaattisen ja parasympaattisen ylikunnon oireet (Mukaeltu Kuipers & Keizer 1988)

SYMPAATTINEN YLIKUNTO	PARASYMPAATTINEN YLIKUNTO
Suorituskyky alenee ^{1,2,3,5,6,7}	Suorituskyky alenee ^{1,2,5,6}
Leposyke nousee ^{1,3,4,5,6,7,12}	Alhainen leposyke ^{1,2,5,6}
Lepoverenpaine nousee ^{1,3}	Hypoglykemia ²
Verenpaine ortostaasissa alenee ⁷	
Verenpaineen palautumisen hidastuminen ⁷	Sykkeen nopea palautuminen harjoituksen jälkeen ^{2,5,6}
Alentunut plasman maksimaalinen laktaattitaso fyysisessä rasituksessa ^{3,6}	Alentunut maksimaalinen plasman laktaattitaso fyysisessä rasituksessa ⁶
Palautumisen hidastuminen harjoituksesta ^{3,7,8}	Alentunut plasman laktaattitaso fyysisessä suorituksessa ⁶
Maksimaalisen tehon aleneminen ^{3,4,6}	Flegmaattinen käyttäytyminen ^{6,9}
Paino laskee ^{1,3,4,6,7,9,12}	Masennus ^{1,9}
Mielialavaihtelut ^{1,3,5,6,7,9,15}	Alhainen lepoverenpaine ^{1,2}
Levottomuus ¹	Ruokahaluttomuus ^{2,9}
Ruokahalu alenee ^{1,3,6,7,9,15}	Väsymys ^{2,3,9}
Janon tunne lisääntyy ³	Anemia ²
Infektioiden määrä kasvaa ^{1,3,4,14,15}	
Unihäiriöt ^{1,3,4,5,6,7,9,15}	
Väsymys ^{1,3,4,9,10,12}	
Lihaskipu ^{4,7,9,12,15}	

1=Lehmann ym.1993a, 2=Bompa 1983, 3=Fry ym. 1991a, 4=Costill 1988, 5= Israel 1976, 6=Kinderman 1986, 7=Ryan ym. 1983, 8=Verna ym. 1978, 9=Budget 1990, 10=Hooper ym. 1993, 11=Costill 1988, 12=Kuipers&Keizer 1988, 13=Morgan 1988, 14=McKinnon&Hooper 1994, 15=Urhausen ym. 1998

Parasympaattinen ylikunto. Parasympaattisessa ylikunnossa parasympaattinen hermosto vallitsee sekä levossa että rasituksessa (Israel 1976). Tällöin luonnollinen sympaattinen toiminta on alentunut (Lehmann ym. 1991) tai inhiboituu (Kuipers & Keizer 1988). Parasympaattisen ylikunnon uskotaan olevan seurausta liian suuresta harjoittelumäärästä suhteessa lepoon ja oireina siinä ovat yleisesti masennus, kehon toimintojen väheneminen (Lehmann ym. 1993a) ja flegmaattisuus (Kinderman 1986). (Taulukko 2.) Parasympaattista ylikuntoa pidetään nykyään pidemmälle edenneenä ylikunnon muotona, jota edeltää sympaattiseksi ylikunnoksi kutsuttu sympaattisen aktiivisuuden lisääntyminen (Fry ym. 1991 ja Kuipers 1998). Kun elimistöä tässä tilassa edelleen kuormitetaan, parasympaattinen aktiivisuus lisääntyy ja elimistö ajautuu pahaan uupumustilaan. Osa tut-

kimuksista tosin osoittaa, että parasympaattiseen ylikuntoon ei välttämättä aina ajauduta sympaattisen ylikunnon kautta (Uusitalo ym. 1998b). Tyypillisiä lajeja parasympaattiselle ylikunnolle ovat kestävyyslajit kuten pitkän matkan juoksu, uinti ja maantiepyöräily (Israel ym. 1976, Lehmann ym.1988 ja 1993a).

4.4 Uimareiden harjoittelu

Uinnin kilpailusuorituksen kesto vaihtelee eri lajien välillä noin 20 sekunnista 15 minuuttiin. Näin ollen uintiharjoittelu vaatii sekä aerobista kapasiteettia kehittävää kestävyysharjoittelua että anaerobista aineenvaihduntaa ja nopeussuorituskykyä kehittävää tehoharjoittelua (Maglischo 1993, s.80.) Suunniteltaessa uintiharjoittelua oikean tasapainon löytyminen harjoittelun keston, harjoituskertojen ja harjoitusvauhdin välillä on erittäin tärkeää (Maglischo 1993, s.109).

Uimareiden harjoittelu jakaantuu useampaan eri kauteen vuoden aikana siten, että kunkin kauden päätteeksi on pääkilpailu. Koko kauden harjoittelulla tähdätään yleensä siihen, että paras mahdollinen suorituskyky saadaan esiin vasta tässä pääkilpailussa. (Maglischo 1993, s.174.)

4.4.1 Tehoalueet (kts. Taulukko 3.)

Tehoalue I. Tehoalue I:llä tarkoitetaan aerobista peruskestävyyttä, jolloin uidaan aerobista kynnystä alhaisemmalla intensiteetillä (Maglischo 1993, s.85). Työteho on tällöin alle 40-70 % maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_2 max) tehosta ja syke alle 150 lyöntiä minuutissa (l/min). Energiantuotto tapahtuu tällöin lähes kokonaan aerobisesti. Veren maitohappopitoisuus ei nouse yli 2 mmol/l. (Nummela ym. 2004, s.336.) Yleisesti käytettyjä I-alueen sarjoja ovat pitkät yhtäjaksoiset uinnit, esimerkiksi 2000-3000 metriä yhteen menoon sekä lyhyemmät matkat suurilla toistomäärillä, kuten 10 x 400 metriä 15 sekunnin tauolla tai 40 x 100 metriä 5 sekunnin tauolla (Maglischo 1993, s.86).

Tehoalue II. Tehoalue II:lla tarkoitetaan aerobisen vauhtikestävyuden aluetta, jolloin uidaan aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välisellä intensiteetillä (Maglischo 1993, s.83). Työteho on tällöin yleensä 65-75 % VO_2 max ja syke noin 150-170 l/min. Ener-

giantuotossa anaerobisella glukoosin käytöllä on hieman suurempi merkitys kuin I-alueella, mutta pääasiassa energia tuotetaan kuitenkin aerobisesti. Veren maitohappopitoisuus nousee tällöin 2-5 mmol/l:iin. (Nummela ym. 2004, s.336-339.) Harjoittelusarjoissa matkat ovat samoja tai hieman lyhyempiä kuin I-alueen sarjoissa taukojen ollessa edelleen lyhyitä. Tyypillisiä II-alueen sarjoja ovat esimerkiksi 8 x 400 metriä 30 sekunnin tauolla, 10 x 200 metriä 20 sekunnin tauolla tai 20 x 100 metriä 10 sekunnin tauolla. (Maglischo 1993, s.83.)

Tehoalue III. Tehoalue III on maksimikestävyyden alue. Uinti tapahtuu tällöin anaerobista kynnystä korkeammalla intensiteetillä. (Maglischo 1993, s.84.) Työteho on 80-100 % VO_2 max ja syke hyvin lähellä maksimia, noin 170-200 l/min (Nummela ym. 2004, s.336). Energia tuotetaan anaerobisella glykolyysillä (McArdle ym. 1996, s.123). Veren maitohappopitoisuus on 5-9 mmol/l (Nummela ym. 2004, s.336). III-alueen harjoitteissa käytetään samanpituisia tai hieman lyhyempiä matkoja kuin II-alueella, toistojen välisten taukojen ollessa kuitenkin pidempiä. Yleisesti käytettyjä sarjoja ovat esimerkiksi 15 x 100 metriä 30-120 sekunnin tauolla tai 2 x 200 metriä + 3 x 100 metriä + 6 x 50 metriä 40-120 sekunnin tauolla. (Maglischo 1993, s.84.)

Tehoalue IV. Tehoalue IV on nopeuskestävyyden alue. Harjoitteet suoritetaan tällöin lähes kilpailuintensiteetillä, maksimaalista hapenottoa vastaavaa tehoa korkeammalla. (Maglischo 1993, s.88.) Maitohapollisessa nopeuskestävyys harjoitteessa energia muodostetaan lähinnä anaerobisella glykolyysillä (McArdle ym. 1996, s.122-123). Tällaiset harjoitteet suoritetaan joko maksimaalisella vauhdilla tai lähes maksimaalisella vauhdilla, jolloin maitohappoa kertyy vereen noin 7-12 mmol/l. Myös syke nousee yleensä maksimiin. (Nummela 2004, s.316.) IV-alueen sarjojen matkat vastaavat yleensä kilpailumatkoja, taukojen ollessa hyvin pitkiä. Toistoja on kuitenkin enemmän kuin kilpailuissa. Tyypillisiä sarjoja ovat esimerkiksi 4-6 x 100 metriä 5-10 minuutin tauolla, 5-6 x 75 metriä 5-8 minuutin tauolla tai 2 x 125 metriä + 2 x 100 metriä + 2 x 75 metriä 5-10 minuutin tauolla. Yhtäjaksoisesti uitavien vetojen lisäksi käytetään myös niin sanottuja katkottuja (englanninkielinen termi broken) sarjoja. Niissä uidaan kilpailumatkaa vastaava matka 3-4 osaan jaettuna lyhyillä tauoilla. Vetoina käytetään esimerkiksi 4 x 50 metriä 5-10 sekunnin tauolla tai 50 + 25 + 25 metriä 5-10 sekunnin tauolla. Katkottuja vetoja voidaan uida useampi peräkkäin tai yhdistellä niitä suorien vetojen kanssa. Taukoa vetojen välissä on tällöin noin 10 minuuttia. (Maglischo 1993, s.89.)

Tehoalue V. Tehoalue V sisältää uinnissa maksimaalisen nopeuden harjoittamisen (Maglischo 1993, s.93). Tällöin suorituksen intensiteetti on maksimaalinen tai lähes maksimaalinen (Mero ym. 2004, s.293) ja energia saadaan välittömistä energialähteistä, adenosiinitrifosfaatista (ATP) ja kreatiinifosfaatista (KP) (McArdle ym.1996, s.121). Nopeusharjoitteissa uitavat matkat ovat hyvin lyhyitä kestäen noin 6-10 sekuntia, jolloin maitohappoa ei juurikaan ehdi muodostua. Toistoja maksimaalisissa vedoissa on yleensä noin 10-12. Toisinaan saatetaan vetää myös submaksimaalisia vetoja, jolloin suoritusnopeus on n. 96-99 % matkan maksiminopeudesta. Tällöin toistoja voi olla jopa 20-40, jolloin ne jaetaan useampiin sarjoihin. (Counsilman & Counsilman 1994 s.217.) Tauot ovat nopeusharjoituksessa pitkiä, yksittäisten toistojen välillä noin minuutin mittaisia ja sarjojen välillä noin 3-9 minuuttia kestäviä (Maglischo 1993, s.98).

TAULUKKO 3. Uintiharjoittelussa käytetyt tehoalueet (mukaeltu Maglischo 1993, s.83-98)

l/min = lyöntiä/minuutti, LA = laktaatti, mmol/l = millimooli/litra, m =metri, s =sekunti, min = minuutti

Teho-alue	Energiantuotto	Syke l/min	LA mmol/l	Esimerkkisarjoja	Tauot
I	Aerobinen	< 150	< 2	2000m, 10x400m, 40x100m	5-15s
II	Aerobinen	150-175	2-4	8x400m, 10x200m, 20x100m	10-30s
III	Anaerobinen	175-190	4-8	15x100m, 2x200m+3x100m+6x50m	30-120s
IV	Anaerobinen	Maksimi	Maksimi	5x100m, 6x75m, 200br+100br+75	8-10min
V	Välittömät energianlähteet	-	-	2x6x15m, 3x8x12m, 6x6x10m	60s/toisto 3-6min/sarja

4.4.2 Harjoittelu kauden eri vaiheissa

Uimareiden harjoittelu jakautuu yleensä kolmeen eri harjoituskauteen vuodessa. Tällöin yksi harjoituskausi jaetaan usein kolmeen - neljään eri vaiheeseen: peruskuntokausi 1 ja 2, kilpailuun valmistavakausi sekä viimeistelykausi. (Maglischo 1993, s.180.)

Peruskuntokausi 1. Peruskuntokausi 1 on peruskestävyyden kehittämisen kausi. Tällöin uidaan pääasiassa yleistä aerobista kapasiteettia sisältäviä I-alueen uinti-, potku- ja käsi-vetosarjoja. Myös tekniikkaharjoitteet kuuluvat oleellisena osana tähän. Sarjat tulisi suorittaa tasaisesti kaikkia eri uintilajeja (perhos-, selkä-, rinta- ja vapaauinti) käyttäen eikä vain uimarin päälajia uiden. Anaerobisia III- ja IV-alueen harjoitteita uidaan hyvin

vähän tässä harjoituskauden vaiheessa. V-alueen nopeusharjoittelua tulee mukana olla hieman. Myös psyykkistä harjoittelua, kuten mielikuvaharjoittelua ja rentoutusharjoituksia voidaan tässä vaiheessa kautta tehdä. Peruskuntokausi 1 tulisi kestää vähintään kuusi viikkoa. (Maglischo 1993, s.180.)

Peruskuntokausi 2. Peruskuntokausi 2:lla harjoittelun painopiste pysyy edelleen kestävyiden kehittämisessä. Pääasiallinen ero peruskuntokausi 1:een verrattuna on, että suurin osa suoritetuista sarjoista tulisi uida uimarin päälajilla. Lisäksi myös III-alueen sarjojen määrä lisääntyy noin viidellä prosentilla. Psyykkistä harjoittelua voidaan jatkaa. Painopiste tässä tulisi siirtää kohti henkilökohtaisia asioita, jotka saattavat vaikuttaa harjoitteluun ja suorituskykyyn. Peruskuntokausi 2 tulisi kestää myös vähintään kahdeksan viikkoa, mikäli kauden kokonaispituus sallii tämän. (Maglischo 1993, s.181.)

Kilpailuun valmistava kausi. Kilpailuun valmistavalla kaudella harjoittelun painopiste siirtyy anaerobisten III- ja IV-alueen sarjojen uimiseen. Tällöin pyritään kehittämään maitohapon sieto- ja tuottokykyä. Aerobisia I- ja II-alueen sarjoja uidaan vain ylläpitääkseen peruskuntokauden aikana saavutettu taso. Harjoittelun kokonaismäärä laskee yleensä tässä vaiheessa kautta. Pääsarjat harjoituksista tulisi uida omalla päälajilla. Kilpailuun valmistavalla kaudella tulisi käydä myös paljon kilpailuissa, mikä mahdollistaa myös keskittymisen kilpailustrategioiden harjoitteluun. Tämä kauden vaihe kestää yleensä noin neljä viikkoa ennen viimeistelykautta. (Maglischo 1993, s.181-182.)

Viimeistelykausi. Viimeistelykausi kestää kahdesta viiteen viikkoon ennen kauden pääkilpailuja. Optimaalisen viimeistelyn pituus on yksilöllinen ja riippuu sekä uimarin päämatkasta että kehon rakenteesta ja iästä. Viimeistelykauden aikana sekä harjoittelun määrä että teho alenevat. Tehoalueiden I-III uiminen vähenee selvästi siten, että niitä uidaan sekä harvemmin että vähemmän kerrallaan kuin edeltävien kauden vaiheiden aikana. Maitohapon tuotto- ja sietokykyä kehittävien sarjojen määrä vähenee myös jonkin verran kilpailuun valmistavaan kauteen verrattuna. Kaikki tehollisesti kovat sarjat tulisi suorittaa uimarin päälajia uiden. Viimeistelykauden aikana käännösten ja starttien harjoittelu on erittäin tärkeää. Tekniikassa keskitytään lähinnä uimaan mahdollisimman taloudellisesti. Uimareiden psyykkinen hyvinvointi ja usko omaan suoritukseen ovat myös erittäin tärkeitä viimeistelykauden aikana. Heidän tulisi saavuttaa fyysisesti le-

vännyt ja henkisesti levollinen olotila ennen kauden pääkilpailuja. (Maglischo 1993, s.216-222.)

4.4.3 Harjoittelun kuormittavuuden mittaaminen

Sharp (1993) on kehittänyt harjoittelun kuormittavuuden mittaamiseksi uimareilla mallin, jossa eri tehoalueilla uiduille sarjoille saadaan niiden kuormittavuutta kuvaava indeksiluku kertomalla uitu aika (minuuteissa) tietyillä painokertoimilla. Uimareiden tyyppillinen harjoitus koostuu useista eri sarjoista, jolloin Sharpin (1993) mittarilla saadaan laskettua sekä yksittäisten sarjojen kuormittavuus että yhden harjoituksen kokonaiskuormittavuus. Bannister ja Wenger (1982) ovat myös kehittäneet vastaavanlaisen mallin TRIMP (englannin kielen termistä training impulse) lähinnä juoksuharjoittelun kuormittavuuden mittaamiseksi. Tässä mallissa harjoituksen kokonaiskesto kerrotaan harjoituksen keskisykkeellä, johon on luonnollisesti vaikuttanut harjoituksen teho. Tätä mallia ovat käyttäneet muun muassa Morton ym. (1990) sekä Levine ja Stray-Gundersen (1997) tutkimuksissaan erilaisten harjoittelujen vaikutuksista suorituskykyyn.

5 HARJOITTELUN KUORMITTAVUUDEN VAIKUTUS AUTONOMISEEN HERMOSTOON

5.1 Vaikutus säätelymekanismeihin

Vaikutus baroreseptoreihin. Aerobisen harjoittelun vaikutuksista baroreseptorien sensitiivisyyteen on saatu hyvin ristiriitaisia tuloksia (Convertino 1987). Kestävyysurheilijoilla on havaittu valtimopaineeseen reagoivien baroreseptorien toiminnan heikkenemistä, jolloin sydämen sykkeen ja valtimoiden verenpaineen muutokset ortostaasissa ovat pienempiä kuin urheilua harrastamattomilla ihmisillä (Stageman ym. 1974, Raven ym. 1984 ja Smith & Raven 1986). Tämä osoittaa urheilijoiden huonompaa ortostaasin sietokykyä. Tällöin kuitenkin verenkiertoelimistön kontrolli rasituksen aikana on parempi, jolloin lihasten aineenvaihdunnallisten reseptorien aikaansaama sydämen iskutilavuuden nousu on suurempaa kuin baroreseptorien painetta laskeva vaikutus (Stageman ym. 1974). Levine ym. (1991) toteavat, että kestävyysurheilijoilla saattaa olla alentunut ortostaasin sietokyky, mutta se ei ole suoraan yhteydessä aerobiseen kapasiteettiin vaan korkeampaan iskutilavuuteen, alhaisempaan leposykkeeseen ja alaraajojen suurempaan mukautumiseen, jotka vaikuttavat baroreseptorien toimintaan.

Uusitalon ym. (1998c) tutkimuksessa normaaliharjoitteluaan jatkaneilla kestävyysurheilijoilla sykevaste seisomaan nousussa väheni seurantajakson aikana, mikä heidän mukaansa saattaa johtua alentuneesta baroreflexisensitiivisyydestä, vähentyneestä afferenttien viestien käsittelystä keskushermostossa tai alentuneesta sinussolmukkeen kyvystä vastata efferentteihin impulsseihin. Myös ylikuntoisilla (Uusitalo ym. 2000) sykevaste seisomaan nousun jälkeen oli vähentynyt heidän normaalitilaansa verrattuna. Tutkijoiden mukaan raskas harjoittelu saattaa lisätä sydämen sympaattista säätelyä makuulla ja vähentää välitöntä baroreflexivastetta seisomaan nousussa.

Smith ja Raven (1986) havaitsivat voimaharjoittelua harrastavilla sekä kestävyysurheilijoita että harjoittelemattomia koehenkilöitä paremman baroreseptorisensitiivisyyden. Monissa muissakaan sekä urheilijoilla että urheilua harrastamattomilla koehenkilöillä tehdyissä tutkimuksissa aerobisen harjoittelun ei ole todettu aiheuttavan muutoksia ba-

roreseptorisensitiivisyydessä (Falsetti ym. 1982, Fiocchi ym. 1985, Sheldahl ym. 1994 ja Uusitalo ym. 1998c). Sen sijaan Barney ym. (1988) totesivat hyväkuntoisilla koehenkilöillä lisääntyneen kaulavaltimon baroreseptoreiden sensitiivisyyden normaalikuntoisiin henkilöihin verrattuna. Uusitalo ym. (1998c) toteavat, että baroreseptorisensitiivisyyden muuttumiseen tarvitaan enemmän kuin 6-9 viikkoa kovennettua harjoittelua ja että siihen saattaa vaikuttaa myös perimä. Sen sijaan Cooke ym. (2002) havaitsivat neljän viikon aerobisen harjoittelun riittävän urheilua harrastamattomilla koehenkilöillä barorefleksisensitiivisyyden lisääntymiseen.

Vaikutus ääreiskontrolliin. Kestävyysharjoitteluun saattaa liittyä pienempi kapasiteetti nostaa perifeeristä vastusta seisomaan nousun aikana (Mangseth & Bernauer 1980 ja Raven ym. 1984), mikä johtuu mahdollisesti harjoittelun aiheuttaman sympaattisen ärsyksen alenemisesta, jolloin verisuonten sileässä lihaskudoksessa esiintyy vähemmän supistumista (Convertino 1987). Lisääntynyt verisuonten mukautuminen alaraajoissa saattaa myös altistaa myöhästyneelle supistumisvasteelle ortostaasissa (Raven ym. 1984 ja Levine ym. 1991). Luft ym. (1976) totesivat laskimoiden mukautumisen korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Aerobisella harjoittelulla ei kuitenkaan ole selvää yhteyttä tähän (Convertino 1987), vaikka Convertino ym. (1984) havaitsivatkin kahdeksan päivän aerobisen harjoittelun lisäävän merkitsevästi ($p < 0.05$) veren kerääntymistä jalkoihin passiivisen seisomaan nousun aikana. Eroa jalkojen vastuksessa levon aikana ei kuitenkaan havaittu. Kestävyysharjoittelun myötä pienentyneen jalkojen lihasmassan on todettu lisäävän verisuonten mukautumista, mutta esimerkiksi pyöräilijöillä, joilla lihasmassa on kasvanut, on alttiuden ortostaattisen sietokyvyn heikkenemiselle havaittu vähenevän (Convertino ym. 1984 ja Greenleaf ym. 1985).

5.2 Vaikutus ortostaattiseen sykevaihteluun

Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus HRV:hen. Puigin ym. (1993) mukaan urheilijoilla on korkeampi HRV kuin urheilua harrastamattomilla henkilöillä. He havaitsivat 33 urheilijalla ja 33 urheilemattomalla koehenkilöllä tehdyssä tutkimuksessa levossa mitatuissa muuttujissa eron RRI_{max} :ssa, RRI_{ka} :ssa, RRI_{min} :ssa sekä RRI_{max}/RRI_{min} -suhteessa ($p < 0.01$) sekä LFP:ssä, HFP:ssä ja TP:ssä ($p < 0.01$). Normalisoidussa LFP % (LFP:n osuus kokonaistehosta) ja HFP % (HFP:n osuus kokonaistehosta) ja LF/HF suhteessa ei

ollut eroja. Myös leposyke oli urheilijoilla alhaisempi. (Taulukko 4.) LFP:n ja HFP:n sekä sykevälien amplitudin korkeammat arvot osoittavat tutkijoiden mielestä parasym-
paattisen aktiivisuuden lisääntymistä ilman sympaattisen aktiivisuuden vähenemistä.

TAULUKKO 4. Sykemuuttujat 33 urheilijalla ja 33 ei-urheilijalla levossa mitattuna (mukaeltu Puig ym. 1993) *(=p<0.05), **=(p<0.01) ja ***=(p<0.0001) kuvaavat merkitseviä eroja ei-urheilijoihin verrat-
tuna. Kts.lyhenteet talukosta 1.

	Urheilijat	Ei-urheilijat
Ikä	23,4± 5,5	24,3 ± 7,6
R-R ka (ms)	989,7 ± 168,8***	762,7 ± 125,3
R-R varianssi (ms ²)	5,44 ± 3,96**	2,51 ± 2,39
SD (ms)	70,2 ± 22,4*	57,6 ± 22,4
R-R max (ms)	1212,0 ± 211,3***	909,4 ± 160,4
R-R min (ms)	794,5 ± 114,4***	643,7 ± 85,9
R-R max/min	1,53 ± 0,16**	1,41 ± 0,16
LFP (ms ²)	925 ± 920**	442 ± 446
HFP (ms ²)	2258 ± 2349**	1179 ± 1542
TP (ms ²)	4921 ± 3980**	2249 ± 2209
LF/HF	0,68 ± 0,58	0,67 ± 0,58
LF %	20,4 ± 9,6	20,7 ± 9,3
HF %	41,5 ± 17,1	43,4 ± 17,5

Pichot ym. (2000) havaitsivat HRV:n laskevan yleisesti kolmen viikon kovan harjoitte-
lun seurauksena keskipitkän matkan juoksijoilla. Normalisoitu LFP nousi (p<0.05),
mutta absoluuttisissa arvoissa ei ollut eroja. HFP laski sekä absoluuttisena arvona
(p<0.05) että normalisoituna arvona mitattuna (p<0.01) koko jakson ajan. Nämä muu-
tokset osoittavat sympaattisen säätelyn lisääntymistä ja parasympaattisen vähentymistä.
Jaksoa seuranneen yhden viikon kevyemmän harjoittelun jälkeen LFP pysyi samassa
sekä HFP ja kokonaisteho nousivat (p<0.05). Harjoittelun vähentyminen aiheutti yleisen
HRV:n kasvun, johon liittyi parasympaattisen säätelyn nousu ja sympaattisen lasku.
Tässä tutkimuksessa koehenkilöt seurasivat normaalia harjoitteluohjelmaansa, joka ei
ajanut heitä ylikuntoon vaan mahdollisti vain lyhytaikaisen yllirasitustilan syntymisen.
Sen sijaan Pichot ym. (2002) tutkimuksessa kolmen kuukauden harjoittelun viimeinen
kuukausi suunniteltiin ylikuntoa aiheuttavaksi. Tällöin ensimmäisen kahden kuukauden
seurauksena RRI_{ka}, TP, HFP, RMSSD ja pNN50 nousivat ja LF/HF laski parasympaat-
tisen säätelyn lisääntyessä. Viimeisen kuukauden ylikuormitusharjoittelun seurauksena
parasympaattista toimintaa kuvaavat arvot kääntyivät laskuun tai pysyivät samassa ja
LF/HF nousi. Tämä osoitti sympaattisen aktiivisuuden lisääntymisen.

Aubertin ym. (2001) tutkimuksessa aerobisesti harjoittelevilla urheilijoilla oli matalampi leposyke ja korkeammat RMSSD ja pNN50 sekä makuulla että seisoma-asennossa kuin urheilua harrastamattomilla koehenkilöillä. Uusitalon ym. (1998c ja 2000) tutkimuksissa levossa makuulla mitattu LFP nousi ($p < 0.05$) 6-9 viikon kovenneen harjoittelun seurauksena naiskestävyysurheilijoilla, minkä he arvelevat osoittavan sydämen sympaattisen säätelyn lisääntymistä. Muissa HRV -muuttujissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Neljän viikon jälkeen LFP jopa hieman laski koehenkilöillä, mutta normaalia harjoitteluohjelmaa seuranneilla kontrollihenkilöillä se nousi. Myös kokonaisvaihtelu ja SD olivat tällöin alhaisemmat kuin jakson alussa ja lopussa. Tämän perusteella tutkijat toteavat, että normaaliharjoittelu ja yliharjoittelu saattavat aiheuttaa erilaisia muutoksia HRV:ssä, mikä osoittaa mahdollisesti, että alentunut HRV on merkki alkavasta väsymyksestä (Uusitalo ym. 1998c). Sykemuuttujissa oli yksilöiden välillä kuitenkin hyvin paljon eroja. Ylikuntoisilla urheilijoilla HRV oli myös hieman alhaisempi seisoma-asennossa ($p > 0.05$), mikä tutkijoiden mukaan on osoitus joko vagaalisen säätelyn lisääntymisestä tai sympaattisen ärsytyksen vähentymisestä. Tätä tukee myös se, että muutokset maksimaalisessa hapenkulutuksessa olivat verrannollisia muutoksiin kokonaistehossa seisoma-asennossa ($p < 0.05$).

Zhangin ym. (1999) tutkimuksessa makuuasennossa mitatussa HRV:ssä kokonaisvaihtelu ja HF laskivat kuuden kuukauden aerobisen harjoittelun seurauksena urheilua harrastamattomilla henkilöillä. Sen sijaan Furlan ym. (1993) havaitsivat kuuden kuukauden harjoittelun nostavan HF:ä uimareilla. Zhangin ym. (1999) havaitsema HRV:n aleneminen onkin vastoin yleistä käsitystä aerobisen harjoittelun vaikutuksista sykereaktioon. Tutkijat pitivät mahdollisena selityksenä tähän sitä, että vagaalisen stimuluksen lisääntyessä se oli yhtäjaksoisempaa, jolloin sykkeen respiratorinen säätely eliminoitui ja HRV aleni. Loimaala ym. (2000) puolestaan eivät havainneet mitään muutoksia viiden kuukauden kevyen (55% VO₂ max) tai kovan (75 % VO₂max) aerobisen harjoittelun seurauksena HRV:ssä urheilua harrastamattomilla henkilöillä. Leposyke laski merkitsevästi kovemman, mutta ei kevyemmän intensiteetin ryhmällä. Tutkijat arvelevat, että urheilijoiden yleisesti korkeampaan sykevaihteluun ei välttämättä vaikuta sydämen lisääntynyt vagaalinen toiminta, vaan vain alentunut sisäinen ärsyyntyvyys.

Portierin ym. (2001) tutkimuksessa 12 viikon tehostettu kestävyys harjoittelu juoksijoilla aiheutti LFP:n ja LF/HF:n laskun, joka osoitti sympaattisen säätelyn vähentymistä. Sa-

mansuuntaisia johtopäätöksiä tekivät Yamamoto ym. (2001), jotka totesivat kuuden viikon kestävyysharjoittelun lisäävän sydämen parasympaattista säätelyä levossa. Tämä tutkimus tehtiin liikuntaa harrastavilla opiskelijoilla ja HRV -muuttujista HF, LF/HF – suhde sekä SD nousivat harjoittelun seurauksena. Melanson ja Freedson (2001) havaitsivat 12-16 viikon kestävyysharjoittelun nostavan pNN50:ä, RMSSD:ä sekä HFP:ä urheilumattomilla ihmisillä.

Kehon rasiustilan arviointi päivittäisen HRV:n avulla. Leposykettä ja sykevastetta seisomaan nousulle on aikoinaan käytetty urheilijoiden harjoittelusta aiheutuneen kehon rasiustilan arvioimiseksi (Ryan ym. 1983). Tällä hetkellä pyritään selvittämään ortostaattisen testin sykevaihdelun käyttöä tähän. Harjoittelun kuormittavuun lisääntymisestä aiheutunut väsymys vaikuttaa autonomisen hermoston tilaan (Pichot ym. 2002), joka puolestaan mahdollisesti aikaansaa muutoksia HRV:ssä (Portier ym. 2001 ja Aubert ym. 2003.) HRV:tä onkin pidetty todennäköisenä hyvänä mittarina kehon rasiustilan arvioinnissa ja mahdollisen ylikunnon havaitsemiseksi urheilijoilla (Portier ym. 2001, Pichot ym. 2002 ja Aubert ym. 2003). Tämä olisi arvokasta yksilöllisen harjoittelun optimoinnissa (Pichot ym. (2002). Harjoittelun kuormittavuuden vaikutuksia päivittäiseen ortostaattisen testin sykevaihdeluun ei kuitenkaan ole kovin paljon tutkittu. Lisäksi tutkimusten vertailua toisiinsa vaikeuttaa myös erilaiset tutkimusmenetelmät sekä joidenkin HRV –muuttujien (esimerkiksi SD) vertailun mahdottomuus eripituisten mittausten johdosta. Aubert ym. (2003) ovat myöskin sitä mieltä, että HRV -muutoksia ryhmätasolla on erittäin vaikea löytää kahden eri tyyppisen ylikunnon vuoksi, mutta yksilötasolla näitä kuitenkin löytyy.

5.3 Vaikutus ortostaattiseen sietokykyyn

Aerobisen harjoittelun vaikutuksista ortostaattiseen sietokykyyn on hyvin eriäviä tutkimustuloksia (Convertino 1987). Niitä vertailtaessa on otettava huomioon epäjohdonmukaisuudet ortostaattisen intoleranssin kriteerin määrittelyssä, mittausten menetelmissä, tutkimuksissa käytetyissä harjoittelumäärissä ja aerobisen kunnon tasossa. Lisäksi perinnöllisyys ja oppiminen saattavat vaikuttaa. (Lightfoot ym. 1989 ja Geelen & Greenleaf 1993.) Tutkimusmenetelminä on käytetty alaraajojen negatiivista painetta (Montgomery ym. 1977, Raven ym. 1984, Convertino ym. 1986, Smith & Raven 1986, Stevens ym.

1992 ja Zhang ym. 1999), sentrifugaatiota (Tesch ym. 1983 ja Greenleaf ym. 1985) ja passiivista ylönousua (Mangseth & Bernauer 1980, Convertino ym. 1984, Convertino 1987, Uusitalo ym. 1998c ja 2000 ja Portier ym. 2001).

Mekanismeja, joiden arvellaan vaikuttavan muutoksiin ortostaattisessa sietokyvyssä, ovat muutokset sydämen vagaalisessa ja sympaattisessa aktiivisuudessa, barorefleksien toiminnassa (Levine ym. 1991) ja alavartalon mukautumisessa (Frey 1987, Lightfoot ym. 1989 ja Geelen & Greenleaf 1993). Vagaalinen ärsyke vähenee ja sympaattinen lisääntyy ortostaasissa, mihin liittyy mahdollisesti myös sydämen sykevaihTELUN väheneminen (Zhang ym. 1999). Tämä muutos autonomisen hermoston tasapainossa saattaa rajoittaa ortostaasissa tarvittavaa kompensoivaa sydämen toiminnan kiihtyvyyttä, mikä johtaa verenpaineen säätelyn myöhästymiseen (Kingwell ym. 1992 ja Geelen & Greenleaf 1993).

Aerobisen harjoittelun on monissa tutkimuksissa todettu mahdollisesti alentavan ortostaasin sietokykyä (Klein ym. 1969, Stageman ym. 1974, Luft ym. 1976, Ector ym. 1984, Stevens ym. 1992 ja Zhang ym. 1999), mutta suurimmassa osassa tutkimuksia ei kuitenkaan ole pystytty osoittamaan selvää yhteyttä aerobiseen harjoitteluun (Convertino ym. 1984 ja Länsimies & Rauhala 1986) tai aerobiseen kapasiteettiin (Falsetti ym. 1982, Fiocchi ym. 1985, Convertino ym. 1986, Länsimies & Rauhala 1986 ja Levine ym. 1991).

Aerobisen harjoittelun on todettu laskevan leposykettä. Tämä johtuu joko parasympaattisen toiminnan lisääntymisestä (Frick ym. 1967, Ahmad ym. 1982, Butler ym. 1982, Kenney 1985, Smith ym. 1989 ja Yamamoto ym. 2001), sympaattisen toiminnan vähenemisestä (Ekblom ym. 1973) tai molemmista (Scheuer & Tipton 1977 ja Geelen & Greenleaf 1993). Myös sydämen sisäinen säätely saattaa vaikuttaa, jolloin sinussolmukkeen sensitiivisyys asetylkoliinille vähenee (Ahmad ym. 1982, Butler ym. 1982 ja Smith ym. 1989). Edellä mainitut muutokset aerobisen harjoittelun seurauksena saattavat rajoittaa takykardiavastetta, jolla sydämen minuuttitilavuus ja verenpaine saadaan pysymään korkealla ortostaasin aikana. Tällöin siis ortostaasin sietokyky alenee. (Raven ym. 1984.) Uusitalo ym. (1998a) eivät kuitenkaan havainneet merkitseviä muutoksia sydämen sisäisessä säätelyssä harjoitteluun koventaneilla eikä ylikuntoisilla kestä-

vyysurheilijoilla, joilla myöskään leposyke ei merkitsevästi muuttunut harjoittelun lisäämisen seurauksena.

Convertino ym. (1984) havaitsivat merkitsevästi alhaisemman keskisykkeen passiivisen seisomaan nousun aikana kahdeksan päivän aerobisen harjoittelun seurauksena, mutta aika pyörtymiseen kasvoi vain vähän. Kestävyysharjoittelu saattaa myös lisätä sydänlihaksen supistumisvoimakkuutta ATPaasin aktiviteetin kasvun ja/tai vasemman kammi-
on hypertrofian myötä (Scheuer & Tipton 1977). Urheilijoiden mahdollisesti korkeampi iskutilavuus ehkäisee osaltaan minuuttitulavuuden alenemista (Raven ym. 1984). Iskutilavuuden kasvulla on myös perusteltu isometrisen voimaharjoittelun parantavan ortostaasin sietokykyä (Tesch ym. 1983), mutta tästä ei olla yksimielisiä (Smith & Raven 1986).

6 STRESSIHORMONIT

6.1 Katekolamiinit

Hormonit ovat kehon kemiallisia viestinviejiä, jotka säätelevät elimistön aineenvaihduntaa ja uudelleenrakennusta. Hormonien tuotantoa säätelee hypotalamus-aivolisäkesysteemi, johon vaikuttavat ympäristö, hermosto ja hormonit. Rasituksenaikainen hormonituotanto saa alkunsa lihasten ja motoristen keskusten keskushermostoon lähettämistä viesteistä. Täältä signaalit kulkevat sympaattisia hermoja pitkin aivolisäkkeeseen noradrenaliinin toimiessa välittäjäaineena. Aivolisäke erittää tällöin useita hormoneja ja nostaa lisämunuaisen katekolamiinieritystä. (Bunt 1986.)

Katekolamiineja ovat adrenaliini ja noradrenaliini. Adrenaliini on lisämunuaisytimen tuottama hormoni (Guyton & Hall 1996, s.776) ja noradrenaliini sympaattinen hermovälittäjäaine (Guyton & Hall 1996, s.771), joka toimii myös hormonina. Katekolamiinieritys kuvastaa sympaattisen hermoston toimintaa ollen alhainen yöllä (basaalieritys), jolloin sympaattinen aktiviteetti on hyvin vähäistä (Kjaer ym. 1989 ja Lehmann ym. 1992b). Akuutti fyysinen harjoittelu lisää sympaattista aktiviteettia, jolloin adrenaliinin ja noradrenaliinin konsentraatio plasmassa nousee. Katekolamiinien lisääntynyt taso nostaa sykettä, lisää vasokonstriktiota sisäelinten alueella, kiihdyttää aineenvaihduntaa työskentelevissä lihassoluissa ja lisää substraattien mobilisaatiota. Katekolamiinikonsentraatio laskee takaisin lepotasolle harjoituksen jälkeen. (Bunt 1986.) Katekolamiinien stressivaste voi aiheutua myös psyykkisestä rasituksesta (Christensen & Galbo 1983 ja Ferrauti ym. 2001). Myös kuukautiskierron aikana virtsan adrenaliini- ja noradrenaliinipitoisuudet saattavat vaihdella (Leibenluft ym. 1994 ja Sutton ym. 1980).

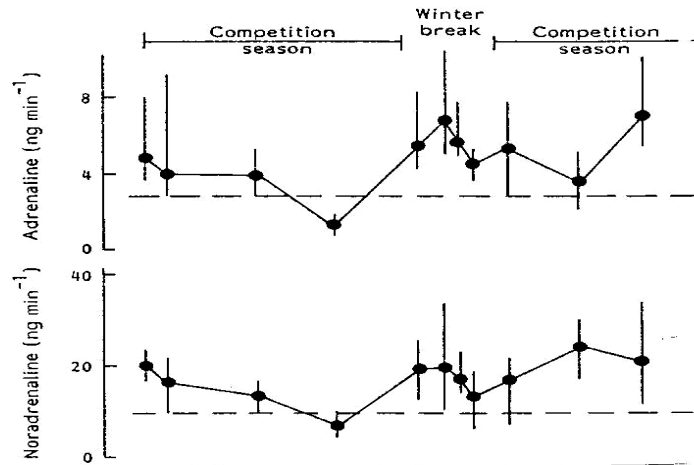
6.2 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus katekolamiinipitoisuuteen

Pitkäaikaisessa uupumuksessa basaali katekolamiinikonsentraatio saattaa laskea ja tätä seuraavan palautumisjakson aikana nousta (Lehmann ym. 1991 ja 1992b ja McKinnon ym. 1997). Nämä muutokset voivat aiheutua sekä harjoittelumäärän että –tehon lisäämisestä, mutta ovat määrän lisääntyessä todennäköisempiä (Lehmann ym. 1992b). Yöllisen katekolamiinierityksen väheneminen saattaa olla osoitus sisäisen sympaattisen akti-

viteetin alenemisesta (Lehmann ym. 1989 ja 1992b), mikä johtuu hypotalamuksen vajaatoiminnasta (Barron ym. 1985) ja osoittaa mahdollisesti keskushermoston väsymystä (Lehmann ym. 1992b). Hermovälittäjäaineiden sensitiivisyyden vähenemisellä kohdeelimissä on merkittävä rooli kroonisessa väsymyksessä (Butler ym. 1982). Lehmann ym. (1992b) mukaan adreno reseptoreiden sensitiivisyys alenee ylikunnossa, mikä on osoitus perifeerisestä väsymyksestä. Sen sijaan Hooperin ym. (1993) tutkimus ei osoittanut sympaattisen aktiviteetin vähenemistä ja lisämunuaisrauhasten toiminnan heikkenemistä ylikunnossa.

Leponoradrenaliinin on todettu myös nousevan harjoittelun määrän ja mahdollisen ylikunnon myötä (Hooper ym. 1993 ja Uusitalo ym. 1998b). Tätä eivät kuitenkaan kaikki tutkimukset tue (Kinderman 1986 ja Urhausen ym. 1998). Myös psyykkisen stressin on todettu vaikuttavan leponoradrenaliiniin (Christensen & Galbo 1983), mikä saattaa näkyä kilpailutilanteessa. Knöpfli ym. (2001) havaitsivat ennen kilpailua mitatun lepoarvon korreloivan merkitsevästi kilpailusuorituskyvyn kanssa hiihtäjillä ja Ferrauti ym. (2001) kilpailusuorituksen jälkeisen arvon korreloivan merkitsevästi suorituskykyä haittaavan jännityksen kanssa. Ferrauti ym. (2001) totesivat adrenaliinin nousevan merkitsevästi mutta noradrenaliinin ei ennen kilpailua ja sen jälkeen.

Lehmannin ym. (1992b ja 1997) tutkimuksissa basaali katekolamiinieritys laski noin 50-70% tehollisesti kovan harjoittelujakson aikana ja nousi takaisin 2-3 viikon palautumisvaiheen aikana ($p < 0.001$) (Lehmann ym. 1992a ja 1992b) (Kuvio 2). Katekolamiinieritys korreloi myös negatiivisesti väsymyksen kanssa (Lehmann ym. 1997). Tutkijoiden mukaan katekolamiinieritys on myöhäinen merkki ylikunnosta. McKinnon ym. (1997) ja Naessens ym. (2000) sen sijaan uskovat sen laskun osoittavan hyvin ylikuntoa. McKinnon ym. (1997) pitävät sitä aikaisena merkinä jopa lyhytaikaiseen ylikuntoon. He havaitsivat virtsan noradrenaliinipitoisuuden olevan alhaisemman ($p < 0.001$) ylikuntoon ajautumassa olevilla uimareilla verrattuna yhtä paljon harjoitteleviin, mutta ei ylikunnon oireita omanneisiin uimareihin. Noradrenaliini oli myös ainoa hormonaalisista, immunologisista ja hematologisista muuttujista, joka osoitti eroa näiden kahden ryhmän välillä. Sen pitoisuus myös laski ennen kuin muita ylikunnon oireita, kuten pitkäaikaista väsymystä ja suorituskyvyn heikkenemistä, havaittiin.



KUVIO 2. Yöllisen noradrenaliinin (noradrenaline) ja adrenaliinin (adrenaline) erityksen muutokset harjoituskausien eri vaiheissa jalkapalloilijoilla. Competition season = kilpailukausi, winter brake = tauko talvella (Lehmann ym. 1992a)

Hooper ym. (1993) mittasivat kauden eri vaiheissa lepokatekolamiinipitoisuuksia normaalisti harjoitelleilla uimareilla. Noradrenaliinipitoisuus ei muuttunut merkitsevästi, mutta adrenaliinipitoisuus oli muutaman päivän kuluttua kauden pääkilpailuista alhaisempi kuin muina kauden aikoina ja merkitsevästi ($p < 0.05$) alhaisempi kuin kauden alussa ja viimeistelyvaiheen aikana. Adrenaliinikonsentraatio ei kuitenkaan eronnut kauden aikana ylikuntoisten ja muiden uimareiden välillä. Sen sijaan noradrenaliinipitoisuus oli ylikuntoisilla uimareilla ($p < 0.01$) korkeampi viimeistelyn aikana kuin muilla uimareilla ja korkeampi ($p < 0.05$) kuin muina kauden aikoina. Syyksi tähän tutkijat arvelivat, että ylikuntoiset uimarit uivat mahdollisesti harjoituksissa kovempaa paremman suorituskyvyn aikaansaamiseksi ja harjoittelu oli näin raskaampaa kuin muilla koehenkilöillä. On myös mahdollista, että uimarit olivat tällöin ylikuntotilan alkuvaiheissa ("overreaching") (Hooper ym. 1993), jolloin sympaattisen aktiivisuuden on todettu nousevan (Pichot ym. 2000). Kaikki ylikuntoiset uimarit olivat myös naisia, joten kuukautiskierron vaihe on myös saattanut vaikuttaa hormonipitoisuuksiin.

6.3 Kortisoli

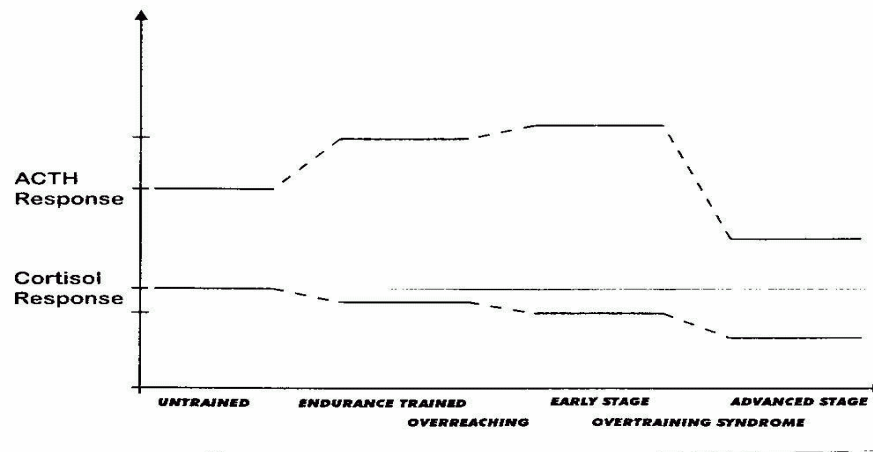
Kortisoli on katabolinen hormoni, joka stimuloi glukoneogeneesiä ja mobilisoi vapaita rasvahappoja (Guyton & Hall 1996, s. 962). Sen pitoisuus nousee harjoituksen vaikutuksesta (Kinderman 1986). Kortisoli erittyy lisämunuaisen kuorikerroksista ja sen erit-

tymistä stimuloi adrenokortikotrooppinen hormoni (ACTH), jota erittyy aivolisäkkeestä (Guyton & Hall 1996, s. 957). Tämän toimintaa puolestaan säätelee hypothalamus (Guyton & Hall 1996, s. 935). Aivolisäke-lisämunuaiskuorisysteemin aktiivisuus nousee harjoituksen aikana, jonka seurauksena ACTH:n erityis lisääntyy erityisesti harjoituksen lopussa ja stimuloi tällöin kortisolin erittymistä (Bunt 1986). Plasman kortisolin palautuminen lepotasoon harjoituksen jälkeen on tärkeää, koska sen korkea pitoisuus myöhästyttää anabolisen vaiheen alkua (Kurowski ym. 1984 ja Seene & Viru 1982).

6.4 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus kortisolipitoisuuteen

Lepokortisolin määrän on todettu riippuvan harjoittelun intensiteetistä (Häkkinen ym. 1987 ja Kirwan ym. 1988). Ylikuntoilassa sen on todettu sekä nousevan (Barron ym. 1985, Adlercreutz ym. 1986, Kraemer ym. 1989 ja Opstad 1994), pysyvän samassa (Schnabel ym. 1982, Hooper ym. 1993, Flynn ym. 1994, McKinnon ym. 1997 ja Urhaisen ym. 1998) että laskevan (Lehmann ym. 1998). Edeltävän päivän harjoittelun intensiteetin ei kuitenkaan ole havaittu vaikuttavan yölliseen kortisolin kokonaisuuteen normaalitilassa (Kern ym. 1995). Parasymptaattisesta ylikunnosta kärsivillä urheilijoilla sympaattisen aktiviteetin väheneminen, muuttunut lisämunuaisien kortisolivaste ja mahdolliset kilpirauhasen toiminnan muutokset aiheuttavat väsymystä, motivaation puutetta ja suorituskyvyn heikkenemistä (Lehmann ym. 1998).

Ylikuntoon ajaututtaessa elimistö pyrkii aluksi kompensoimaan vähenevää kortisolituottoa lisäämällä aivolisäkkeen ACTH eritystä, mutta parasymptaattisessa ylikuntoilassa kortisolimäärä kuitenkin alenee (Kuvio 3). Lehmannin ym. (1998) tutkimuksissa ACTH-vaste kasvoi 60-80 % korkeammaksi ylikunnon alkuvaiheessa (Lehmann ym. 1993b), mutta kortisolivaste aleni (Lehmann ym. 1992a). Tutkijoiden mukaan yleisesti suurin osa tutkimuksista osoittaa myös lisämunuaisen alentunutta kortisolivastetta ACTH:lle overreaching -vaiheessa.



KUVIO 3. Ylikunnon aiheuttamat muutokset adrenokortikotrooppisen (ACTH response) hormonin ja kortisolin (cortisol response) vasteista. Untrained = harjoittelematon, endurance trained = kestävyys urheilija, early stage = aikainen vaihe, advanced stage = pidemmälle edennyt vaihe, overreaching = yliharjoittelu, overtraining syndrome = ylikunto-tila. (Mukaeltu Lehmann ym. 1998)

Kortisolin erityksen aleneminen saattaa osittain johtua joko hypotalamuksen (Barron ym. 1985, Lehmann ym. 1998) tai aivolisäkkeen (Barron ym. 1985) toiminnan häiriöistä. Kuipersin ja Keizerin (1988) mukaan aivolisäke-lisämunuaiskuorisysteemin voimakas aktivointi saattaa liittyä sympaattiseen ylikuntoon, jolloin se mahdollisesti ajautuu uupumustilaan. Sen on myös todettu aktivoituvan normaalia enemmän masentuneessa tilassa (Kalin & Dawson 1986), joka on hyvin yleistä ylikuntoisilla urheilijoilla (Morgan ym. 1987). Masentuneisuus vaihteli O'Connorin ym. (1989) tutkimuksessa lepokortisolin kanssa samalla lailla kovan harjoittelujakson aikana, mutta ei kauden alussa eikä viimeistelyn aikana. Tutkijoiden mukaan voidaan näin arvella lepokortisolin nousevan ylikunnossa. (O'Connor ym. 1989.) Flynnin ym. (1994) tutkimuksessa lepokortisoli ei muuttunut merkittävästi harjoittelumäärän ja -tehon vaihdellessa harjoituskauden eri aikoina, vaikka suorituskyky muuttui.

Costill ym. (1991) totesivat levossa mitatun seerumin kortisolipitoisuuden nousevan kuuden viikon kovennetun uintiharjoittelun myötä ja laskevan viimeistelyn aikana. Kirwan ym. (1988) ja O'Connor ym. (1989) havaitsivat myös lepoarvon nousevan tehostetun uintiharjoittelun myötä. Seerumin kortisolipitoisuus levossa oli korkeampi raskaan harjoituskauden aikana normaalikauteen verrattuna, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Verde ym. 1992). Hooper ym. (1993) eivät havainneet eroa lepokor-

tisolissa kauden eri aikoina ylikuntoisten ja muiden uimareiden välillä. Plasman lepoarvon on havaittu myös vähenevän (Lehmann ym. 1992a ja 1993b), kun harjoittelun määrää lisätään, mutta pysyvän samassa kun harjoittelun intensiteettiä lisätään.

Normaalitilassa kortisolipitoisuus palautuu 24 tunnissa harjoituksen jälkeen. Kortisolin käyttäytymismalli on kuitenkin hyvin yksilöllinen sekä harjoituksen että palautumisen aikana. (Virtanen ym. 1992.) Plasman kortisoliarvot saattavat muutenkin antaa väärän kuvan todellisesta kortisolin erityksestä, koska niihin vaikuttavat mm. plasman volyymi, asento, mittausajankohta, ruokavalio, vuorokauden aika, sukupuoli, ikä ja kuukautiskierron vaihe (Bunt 1986). Neary ym. (2002) toteavat virtsan lisäksi syljestä ja seerumista mitattujen arvojen olevan luotettavia mitareita lepokortisolin määrittämisessä.

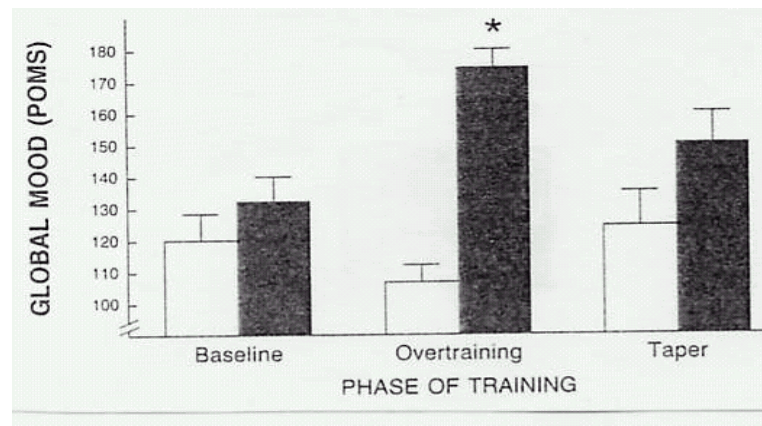
7 MIELIALA

7.1 Urheilijoiden mielialavaihtelu

Fyysisesti raskaan harjoittelun aikana urheilijoilla esiintyy usein mielialavaihtelua (Morgan ym. 1987, O'Connor ym. 1989, Raglin ym. 1991 ja Hooper ym. 1995), joita ovat esimerkiksi masennus, elinvoiman ja tarmon aleneminen, jännittyneisyys, levottomuus, viha, hämmennys ja itsetunnon puute (Morgan ym. 1987 ja Budgett 1990). Henkistä stressiä voivat aiheuttaa myös epäonnistumisen pelko, kilpailuissa epäonnistuminen, valmentajien ja muun ympäristön liialliset odotukset sekä kilpailujen vaatimukset (Costill ym. 1986). Eri urheilijoilla erilaiset tunnetilat ovat tärkeitä optimisuorituksen aikaansaamiseksi (Hanin 1999, s.158). Tunnetilat eivät myöskään koskaan yksin määrää suoritusten onnistumista tai epäonnistumista. Tähän vaikuttaa hyvin monet asiat, joten optimi mieliala saattaa johtaa huonoon suoritukseen tai keskivertainen mieliala erittäin hyvään suoritukseen (Hanin 1999, s.161). Mielialavaihtelua on vaikea määritellä selvästi. Niitä on kuitenkin paljon niillä, joilla suorituskyky alenee raskaan harjoittelun seurauksena (O'Connor ym. 1989), joten niiden seuranta on hyvä käyttää apuna kehon rasitustilaa arvioitaessa (Koutedakis ym. 1990).

7.2 Harjoittelun kuormittavuuden vaikutus mielialaan

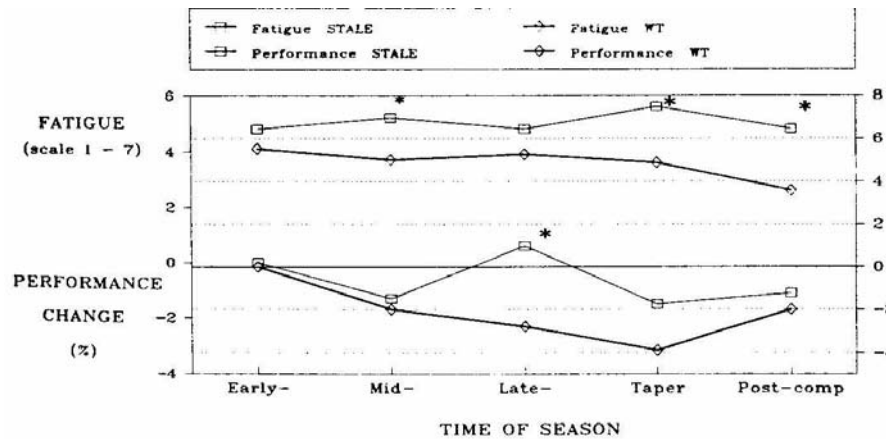
Mielialahäiriöiden on havaittu lisääntyvän harjoittelun kuormittavuuden kasvaessa ja vähenevän, kun harjoittelua kevennetään (Morgan ym. 1987, O'Connor ym. 1989, Koutedakis ym. 1990 ja Raglin ym. 1991). Morgan ym. (1988) ja O'Connor ym. (1987) seurasivat uimareiden mielialaa läpi harjoituskauden. Alkukaudesta uimareilla ei ollut mielialahäiriöitä, mutta raskaan harjoituskauden aikana vihaisuuden, masentuneisuuden, elämänilon puutteen ja hämmennyksen tunteet olivat hyvin voimakkaita. Kun harjoitusmääriä alennettiin ja levon määrää lisättiin, heikentyivät kyseiset tuntemukset ja mieliala muuttui jälleen hyväksi (Kuvio 4). Kyseisissä tutkimuksissa käytettiin mielialamittarina Profile of Mood States –mittaria (POMS) (McNair ym. 1971).



KUVIO 4. Mieliala perusharjoittelun (baseline), yliharjoittelun (overtraining) ja viimeistelyn (taper) aikana uimareilla (mustat pylväät) ja kontrollihenkilöillä (valkoiset pylväät). Global mood = yleinen mieliala, phase of training = harjoituskauden vaihe, POMS = profile of mood change, * = ero merkitsevä ($p < 0.05$) kontrollihenkilöihin verrattuna (O'Connor ym. 1989)

Myös Koutedakis ym. (1990), Raglin ym. (1991) ja Verde ym. (1992) ja käyttivät POMS:a ja havaitsivat elinvoimaisuuden vähenevän ja väsymyksen, masentuneisuuden, vihan ja hämmennyksen lisääntyvän merkitsevästi, kun harjoittelua lisättiin. Mielialamuuttujat kuitenkin palautuivat taas levon seurauksena. Raglin ym. (1991) ja O'Connor ym. (1987) totesivat jännittyneisyyden tunteen pysyvän korkealla vaikka harjoittelua vähennettiin. Tämä on tosin saattanut johtua tulevien mestaruuskilpailuiden läheisyydestä. Lisäksi naisilla oli jo alkukaudesta jännittyneisyyden tunnetta enemmän kuin miehillä ($p < 0.05$) (Raglin ym. 1991). Tutkijoiden mielestä jännittyneisyyden tunne ei välttämättä käyttydy kuten muut mielialamuuttujat.

Hooperin ym. (1993 ja 1995) tutkimuksessa ylikuntoiset uimarit raportoivat enemmän ($p < 0.05$) väsymystä ja lihasarkuutta kauden aikana kuin muut uimarit. Väsymys korreloi ($p < 0.05$) myös muiden POMS:lla mitattujen muuttujien, kuten jännittyneisyyden, masentuneisuuden ja hämmennyksen kanssa. Myös heidän suorituskykynsä oli heikompi kuin niiden, jotka eivät olleet ylikuntoisia (Kuvio 5.) (Hooper ym. 1993). Pääkilpailujen jälkeen ylikuntoisiksi arvioitujen uimareiden unen laatu oli huonompi ja stressin määrä suurempi kuin muilla koehenkilöillä ($p < 0.05$). Harjoituskauden keskellä mitatun väsymyksen määrä ja unen laatu osoittivat ylikuntoa muutamaa viikkoa aikaisemmin kuin suorituskyky laski (Hooper ym. 1995).



KUVIO 5. Väsymys ja suorituskykymuutokset harjoittelukauden aikana. STALE = ylikuntoiset uimarit, WT=hyvin harjoitelleet uimarit, Fatigue=väsymys, Performance = suorituskyky, scale = skaala, change =muutos, time of season =harjoituskauden aika, early=aikainen, mid=keski, late=myöhäinen, taper=viimeistely, post-comp=kilpailujen jälkeinen.*=merkitsevästi ($p < 0.05$) korkeampi kuin hyvin harjoitelluilla (Hooper ym. 1993)

Vaikka eri mielialamuuttujat vaihtelevat harjoittelun kuormittavuuden mukaan, eivät muutosten suuruudet ole välttämättä samanlaisia. Väsymys ja vihäisyys muuttuivat Raglinin ym. (1991) tutkimuksessa eniten ja masentuneisuus vähiten. Heidän tutkimuksessaan uimarit eivät ajautuneet ylikuntoon, kuten osassa Morganin ym. (1988) tutkimusta, jolloin masentuneisuus lisääntyi kaikista eniten. Myös Ryan ym. (1983) ja Raglin ym. (1991) toteavat masentuneisuuden tunteen lisääntyvän eniten, kun ajaututaan ylikuntoon. Hooper ym. (1995) toteavat subjektiivisen näkemyksen yleisestä hyvinvoinnista, väsymyksestä, unesta, stressistä ja lihasarkuudesta soveltuvan erittäin hyvin pitkäaikaiseen seurantaan ylikunnon ennakoimiseen ja harjoittelun kuormittavuuden suunnitteluun kovan harjoittelujakson ja irrottelen aikana. Mielialojen muutoksia tulisi Haninin (1999) mukaan tarkastella myös ennen harjoitusta, harjoituksen aikana ja harjoituksen jälkeen, koska tunnetilan ja suorituskyvyn vuorovaikutus on dynaaminen prosessi.

Mielialan mittaaminen. Kellmannin & Guntherin (2000) mielestä POMS saattaa olla riittämätön mittari palautumisen seurantaan, koska se on alunperin suunniteltu mittaamaan ohimeneviä mielialoja. He käyttivät tutkimuksessaan saksalaista RESTQ-Sport -kyselyä (Kellmann & Kallus 2000, s. 48) ja havaitsivat korkean harjoittelumäärän ole-

van yhteydessä lisääntyneeseen stressiin ja heikentyneeseen palautumiseen. (Kellmann & Gunther 2000.) Myös Morgan ym. (1988) havaitsivat mielialahäiriöiden liittyvän korkeisiin harjoitusmääriin ja niiden parantuvan harjoittelumäärien laskiessa.

Urheilijoilla tulee myös olla urheiluun suunnatut mielialakyselyt, koska näissä keskitytään tunnetiloihin, jotka edesauttavat tai estävät hyvää suoritusta eikä yleiseen hyvinvointiin (Hanin 1999, s.166) kuten kliinisessä tutkimuksessa. Haninin (1999) kehittämä malli mielialan mittaamiseen perustuu ajatukseen urheilijan henkilökohtaisesta tunnetilaprofiilista (IZOF = englanninkielinen termi Individual Zones of Optimal Functioning). Tässä oletuksena on, että taitavat urheilijat pystyvät tunnistamaan omat tunnetilansa ja niiden vaikutukset suoritukseen (Hanin 1999, s.161). Hanin (1999) pitää myös muutoksia omissa mielialoissa oleellisina tutkittaessa tunnetiloja ja niiden vaikutuksia.

Yksilöllisissä tunnetilakyselyissä (IZOF:n pohjalta kehitetty) tunnetilat on jaettu positiivisiin ja negatiivisiin suoritusta edesauttaviin sekä negatiivisiin ja positiivisiin suoritusta haittaaviin tunnetiloihin (Hanin 1999, s.171). Parhaimmat suorituskykyä ennustavat tunnetilat näistä olivat Syrjän ym. (1995b) tutkimuksessa suoritusta ennen ja suorituksen aikana koetut positiiviset suoritusta edesauttavat ja negatiiviset suoritusta haittaavat tunnetilat. Lisäksi Syrjä ym. (1995a) tutkimuksessa jalkapallo-ottelussa hyvin pelanneiden pelaajien mielialat vaihtelivat pelin aikana vähemmän kuin huonosti pelanneiden pelaajien. Huonosti pelanneiden tunnetilat olivat myös jo ennen peliä oman optimitilan ulkopuolella.

8 TUTKIMUSONGELMAT

Harjoittelun kuormittavuuden lisääntymisestä aiheutunut väsymys vaikuttaa autonomisen hermoston tilaan (Pichot ym. 2002), joka puolestaan mahdollisesti aikaansaa muutoksia sykevaihtelussa (HRV) (Aubert ym. 2003). Urheilijoilla on todettu olevan korkeampi HRV kuin urheilua harrastamattomilla ihmisillä (Puigin ym. 1993), mutta ylikuntoilassa se saattaa mahdollisesti alentua (Uusitalo ym. 1998c). Monet tutkijat pitävät HRV:tä myös todennäköisenä hyvänä mittarina kehon rasiustilan arvioinnissa ja mahdollisen ylikunnon havaitsemiseksi urheilijoilla (Portier ym. 2001, Pichot ym. 2002 ja Aubert ym. 2003). Levon ja harjoittelun oikeaa tasapainoa parhaimman mahdollisen suorituskyvyn aikaansaamiseksi on hyvin vaikea löytää (Kuipers & Keizer 1988 ja Kuipers 1998), mutta HRV:tä on pidetty arvokkaana mittarina yksilöllisen harjoittelun optimoinnissa (Pichot ym. 2002 ja Aubert ym. 2003).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uimareiden peruskuntokauden sekä kilpailuun valmistavan kauden harjoittelun vaikutuksia autonomisen hermoston toimintaan. Tätä arvioitiin ortostaattisen sykevaihtelun avulla. Myös yöllisen katekolamiinien ja kortisolin erityis mitattiin eri harjoituskausilla. Lisäksi tutkittiin päivittäisen HRV:n ja mielialan käyttöä harjoittelun kuormittavuuden seurannassa kehon rasiustilan arvioimiseksi.

Tutkimusongelmat olivat seuraavat:

1. Millaisia muutoksia harjoittelu aiheuttaa ortostaattiseen sykevaihteluun eri harjoituskausilla?
2. Millaisia muutoksia harjoittelu aiheuttaa yölliseen virtsan adrenaliini-, noradrenaliini- ja kortisolipitoisuuteen?
3. Onko päivittäinen ortostaattinen sykevaihtelu yhteydessä harjoittelun kuormittavuuteen?
4. Onko päivittäinen mielialan vaihtelu yhteydessä harjoittelun kuormittavuuteen?

9 MENETELMÄT

9.1 Koehenkilöt

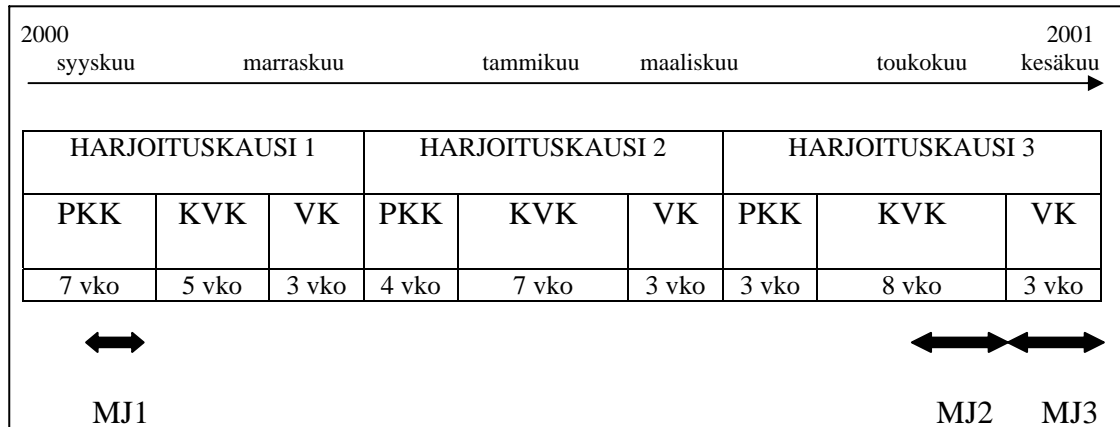
Koehenkilöinä tutkimuksessa oli uimaseura Swimming Jyväskylän 14 SM-tason uimaria, joista viisi oli miehiä ja yhdeksän naista. Näistä yhteensä viisi koehenkilöä jouduttiin jättämään pois tutkimuksesta sairasteluiden tai uintiharjoittelun lopettamisen vuoksi. Analysoinneissa on otettu mukaan yhdeksän koehenkilöä, joista kuusi oli naisia ja kolme miestä. Koehenkilöiden keski-ikä oli tutkimuksen alkaessa 17 ± 2 vuotta, paino $66,0 \pm 7,0$ kilogrammaa ja pituus $173,4 \pm 5,0$ senttimetriä.

9.2 Koeasetelma

Tutkimuksessa oli kaksi mittausjaksoa:

- 1) Peruskuntokausi (PKK) (fyysisesti ja psyykkisesti ei kovin rasittava): kaksi viikkoa harjoitusvuoden alkupuolella, jolloin harjoitellaan määrällisesti paljon, mutta tehollisesti vähän (syyskuu 2000)
- 2) Kilpailuun valmistava kausi (KVK) (fyysisesti erittäin rasittava, psyykkisesti ei kovin rasittava): kolme viikkoa loppuen noin kuukausi ennen kauden pääkilpailuja, jolloin harjoitellaan tehollisesti paljon (tammikuu 2001)

Kilpailuun valmistavan kauden aikana seitsemän koehenkilöä sairastui niin, että he eivät pystyneet noudattamaan suunniteltua harjoitusohjelmaa. Tämän takia jälkimmäinen mittausjakso siirrettiin seuraavan harjoituskauden vastaavaan harjoitusvaiheeseen toukokuulle 2001.



KUVIO 6. Mittausjaksojen sijoittuminen harjoitusvuoden ajalle. PKK = peruskuntokausi, KVK = kilpailuun valmistava kausi, VK = viimeistelykausi, MJ =mittausjakso

9.3 Aineiston keruu

Tutkimuksessa mitattavat asiat olivat seuraavat:

- 1) Harjoittelun kuormittavuus (Sharp 1993)
- 2) Suorituskyky 100metrin maksimaalisella uinnilla mitattuna
- 3) Ortostaattinen sykevaihtelu (sykemittarilla ja -ohjelmalla, Polar Electro, Kempele, Suomi)
- 4) Mieliala (Tunnetilaprofiili, liite 1)
- 5) Subjekttiivinen näkemys kuormittumisesta ja palautumisesta (Kuormittumis-palautumiskysely, liite 2)
- 6) Stressihormonit: adrenaliini, noradrenaliini ja kortisoli

Harjoittelun kuormittavuus mitattiin joka päivä mittausjakson aikana. Kuormittavuuden mittaamisessa käytettiin Sharpin (1993) kehittämää mallia, jossa eri tehoalueiden harjoittelulle saadaan kuormittavuutta kuvaava indeksiluku kertomalla kyseisellä tehoalueella uitu aika tietyillä painokertoimilla. Tämä menetelmä valittiin, koska se on suunniteltu nimenomaan uintiharjoittelua varten. Koehenkilöt harjoittelivat pääpiirteittäin samalla lailla koko harjoituskauden ja mittausjaksojen ajan, mutta pienistä vaihteluista johtuen jokaisen koehenkilön harjoittelun kuormittavuus laskettiin erikseen. Jos jonkun koehenkilön harjoittelun kuormittavuus poikkesi merkittävästi muiden harjoittelusta, hylättiin hänen tuloksensa tutkimuksesta.

TAULUKKO 5. Harjoittelun kuormittavuuden laskentaan käytetty Sharpin (1993) malli esimerkkivoin

	I/II- alue	III-alue	IV-alue	V-alue
Stressi indeksi	2	6	8	4
X				
Työaika (min)	60	30	15	5
=				
Kuormittavuusarvo	120	180	120	20

Suorituskyky mitattiin harjoituksissa jokaisen mittausjakson alussa ja lopussa maksimaalisella 100 metrin uinnilla. Koehenkilöt uivat testin omalla päälajillaan. Suoritusta edelsi uimareille tyypillinen kilpailuverryttely, joka oli joka mittauskerralla samanlainen. Ajaksi laskettiin kahden mittaajan käsiajanotolla saamien aikojen keskiarvo. Mittausta edelsi aina lepopäivä. Viimeisellä jaksolla suorituskyky mitattiin kolme päivää kauden pääkilpailujen loppumisen jälkeen.

Ortostaattinen syketesti tehtiin joka päivä mittausjakson aikana. Koehenkilöt suorittivat mittaamisen itse Polar Vantage NV –sykemittaria (Polar Electro, Kempele, Suomi) käyttäen aamulla herättyään. Heille annettiin ennen mittausten aloittamista sekä kirjalliset että suulliset ohjeet ortostaattisen sykkeen mittaamiseen ja he harjoittelivat ohjatusti mittaamista ennen tutkimusten alkua. Aamulla herättyään ja mahdollisen WC:ssä käynnin jälkeen koehenkilöt makasivat rauhallisesti selällään noin viisi minuuttia. Tämän jälkeen he aloittivat sykemittauksen, jonka aikana he makasivat ensin viisi minuuttia paikoillaan makuuasennossa. Tämän jälkeen he nousivat rauhallisesti seisomaan ja seisivat paikoillaan kolme minuuttia. Koko mittausjakso tallennettiin syke sykkeeltä sykemittariin. Sykkeet purettiin päivittäin sykemittareista Polar Precision Performance 2.1 –tietokoneohjelmaan (Polar Electro, Kempele, Suomi).

Sykekäyrästä analysoitiin makuuasennosta keskimäinen neljä minuuttia (alkaen 30s syketalennuksen aloittamisesta ja loppuen 30s ennen seisomaannousua), seisomaannousu sekä seisoma-asennosta viimeiset kaksi minuuttia. Makuuasennon ja seisoma-asennon aikaisista tallenteista analysoitiin seuraavat muuttujat:

- 1) syke, yksikkönä l/min
- 2) peräkkäisten sykevälien maksimiarvo RR_{max} , yksikkönä ms
- 3) peräkkäisten sykevälien minimiarvo RR_{min} , yksikkönä ms
- 4) peräkkäisten sykevälien keskiarvo RR_{ka} , yksikkönä ms
- 5) sykevälien keskihajonta SD , yksikkönä ms
- 6) peräkkäisten sykevälien keskimääräistä vaihtelua kuvaava $RMSSD$, yksikkönä ms
- 7) peräkkäisten yli 50 ms pituisten sykevälien osuus kaikista $pNN50$, yksikkönä %
- 8) kokonaisvaihtelu, TP , (0-0.40 Hz), yksikkönä $\ln(ms^2)$
- 9) matalataajuuksinen sykevaihtelu, LFP (0.04-0.15 Hz), yksikkönä $\ln(ms^2)$
- 10) korkeataajuuksinen sykevaihtelu HFP (0.15-0.40 Hz), yksikkönä $\ln(ms^2)$
- 11) matalataajuuksisen ja korkeataajuuksisen sykevaihtelun välinen LF/HF -suhde (Task Force 1996)

Seisomaannousun aikaisesta tallenteesta analysoitiin vain RRI_{max} , RRI_{min} ja RR_{ka} . Lisäksi määriteltiin seisomaannousun sykevaste laskemalla seisoma-asennon ja makuuasennon välinen syke-ero (sykevaste = syke_{seisten} – syke_{maaten}).

Sykeohjelmalla tehdyissä analyyseissä sykekäyrät tarkastettiin ensin tietokoneohjelman automaattisella ohjelmalla, joka tarkasti RR välit ja poisti häiriöt. Tämän jälkeen sykekäyrät tarkastettiin vielä silmämääräisesti ja jäljelle jääneet selkeät häiriölyönnit poistettiin. Tajuusanalyysi edellyttää, että aineisto koostuu saman pituisista jaksoista. Sykeväleistä koostuva aineisto muutettiin 200 ms:n aikasarjoiksi käyttämällä lineaarista interpolointia. Saatu analoginen data käsiteltiin digitalisella suodattimella, joka läpäisi 0,00-0,40 Hz:n taajuudet. Taajuuskenttämuuttujien analysointi perustui autoregressiiviseen menetelmään (Pagani ym. 1986).

Mieliala mitattiin käyttämällä Tunnetilaprofiili –kyselyä (liite 1., Hanin 1999). Kysely kuvaa koehenkilöiden subjektiivista näkemystä ja tunteuksia tunnetilastaan kyseisellä hetkellä. Tunnetilaprofiili –kysely on kehitetty $IZOF$:n (Individual zones of optimal functioning) pohjalta ja tunnetilat on jaettu siinä positiivisiin suoritusta edesauttaviin, negatiivisiin suoritusta edesauttaviin, negatiivisiin suoritusta haittaaviin sekä positiivisiin suoritusta haittaaviin tunnetiloihin (Hanin 1999, s.171). Kysely täytettiin joka päivä mittausjakson aikana sekä aamulla että aina iltaharjoituksen jälkeen, jolloin arvioitiin

mielialaa ennen harjoitusta, harjoituksen aikana ja harjoituksen jälkeen. Molemmissa tilanteissa koehenkilöillä oli näkyvillä ohjeet (liite 3.) kyselyn täyttämiseen.

Tunnetilaprofiilin lisäksi mitattiin myös koehenkilöiden subjektiivinen näkemys kuormittumisesta ja palautumisesta, johon käytettiin harjoitusten rasittavuutta ja niistä palautumista mittaavaa kyselyä (kuormittumis-palautumiskysely, liite 2.). Kyselyssä arvioitiin myös unen ja ravinnon määrää. Koehenkilöt täyttivät kyselyn joka aamu mittausjaksojen aikana. Heille oli annettu kyselyjen mukana ohjeet (liite 3.) kyselyn täyttämiseen. Tulokset kyselystä on analysoitu sekä kuormittavuutta ja palautumista mittaavina kysymysryhminä että yksittäisinä kysymyksinä.

Stressihormoneina mitattiin adrenaliini, noradrenaliini ja kortisoli. Virtsan yölliset hormonipitoisuudet mitattiin ensimmäisen mittausjakson alussa, toisen jakson lopussa sekä kolmannen jakson lopussa kaksi kertaa (ennen ja jälkeen pääkilpailujen). Mittaus suoritettiin aina lepopäivän jälkeen. Yöllinen virtsa kerättiin klo 19.00 ja 7.00 väliseltä ajalta pulloihin, joissa oli 1 ml 6M HCl. Tämän jälkeen virtsa säilytettiin -80°C :ssa kunnes se analysoitiin. Katekolamiinit ja kortisoli erotettiin virtsasta seokseen, jossa oli Al_2O_3 ja 3,4-dihydroxybenzylamine hydrobromide. Sen jälkeen ne vapautettiin 0.2M HClO_4 -nesteeseen. Analysointimenetelmänä käytettiin korkeapaine nestekromatografiaa.

9.4 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS 11.0 for Windows –ohjelmalla. Eri mittausjaksojen aikana sekä mittausjaksojen välillä tapahtuneiden muutosten analysointiin käytettiin Studentin t-testiä. Mittausjaksojen aikaiseen päivittäiseen eri muuttujien keskinäiseen vertailuun käytettiin Pearsonin korrelaatiotestiä. Tilastollisesti merkitsevän rajana käytettiin arvoa $p < 0.05$.

10 TULOKSET

10.1 Harjoittelun kuormittavuus ja suorituskyky

Harjoittelun kuormittavuus. Molemmilla mittausjaksoilla oli kymmenen harjoitusta viikossa. Neljänä päivänä viikossa uitiin kahdet harjoitukset. Peruskuntokaudella yli anaerobisen kynnyksen tasolla uituja pääsarjoja oli kaksi kertaa viikossa, kun kilpailuun valmistavalla kaudella niitä oli viisi kertaa viikossa. Harjoittelun kokonaiskuormitus ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi mittausjaksojen välillä Sharpin (1993) mallilla laskettuna. I/II-aluetta uitiin KVK:lla hieman vähemmän ja III-aluetta hieman enemmän kuin PKK:lla, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Sekä IV - ($p=0.001$) että V-aluetta ($p=0.020$) uitiin merkitsevästi enemmän KVK:lla kuin PKK:lla. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Uidut määrät eri tehoalueilla (keskiarvo/harjoitus) sekä harjoittelun kokonaiskuormitus Sharpin (1993) mallilla laskettuna, m = metri, (*) = eroaa tilastollisesti merkitsevästi ($p<0.05$) mittausjakso 1:n arvosta

	I/II -alue	III-alue	IV-alue	V-alue	Kokonaiskuormitus (indeksiluku Sharp1993)
Peruskuntokausi	4607 m	267 m	21 m	106 m	163 ± 28
Kilpailuun valmistava kausi	3891 m	300 m	255 m *	220 m *	18 ± 30
Muutos PKK:een verrattuna	- 16 %	+ 12 %	+ 1114 %	+ 107 %	+ 13 %

Suorituskyky. Suorituskyky ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi kummallakaan mittausjaksolla. Myöskään mittausjaksojen aikana tapahtuneissa suorituskyvyn muutoksissa ei ollut merkitsevää eroa jaksojen välillä. Suorituskyky oli KVK:n alkaessa jo parempi kuin PKK:n lopussa ($p=0.030$) ja parani edelleen ollen KVK:n lopussa selvästi parempi ($p=0.006$) kuin PKK:n lopussa. Lisäksi se oli tällöin merkitsevästi parempi kuin PKK:n alussa ($p=0.027$) (Taulukko 7.). Suorituskyky ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi harjoittelun kuormittavuuden kanssa.

TAULUKKO 7. Suorituskyky 100 m testiinnilla mitattuna mittausjaksojen alussa ja lopussa, s = sekunti, (*) = tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin mittausjakso 1:n loppumittaus, (**) = tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin mittausjakso 1:n sekä loppumittaus että alkumittaus (Studentin t-testi)

	Alkumittaus (s)	Loppumittaus (s)	Muutos jakson aikana (s)
Peruskuntokausi	67,5 ± 8,9	67,9 ± 8,9	+ 0,4 ± 0,5
Kilpailuun valmistava kausi	66,7 ± 8,2 *	66,4 ± 9,1 **	- 0,4 ± 1,3

10.2 Ortostaattinen sykevaihtelu

Muutokset mittausjaksojen aikana. Mittausjaksojen aikana tapahtuvia muutoksia arvioitiin analysoimalla kunkin jakson ensimmäisen ja viimeisen päivän välisiä eroja. Peruskuntokaudella makuulla mitatut TP ($p=0.027$) ja LFP ($p=0.006$) nousivat sekä seisoma-asennossa mitatut RR_{\min} ($p=0.038$) ja LF/HF suhde ($p=0.041$) laskivat. Kilpailuun valmistavalla kaudella mikään sykevälimuuttujista ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi mittausjakson alun ja lopun välillä.

Muutokset mittausjaksojen välillä. Eroja sykevaihtelussa eri mittausjaksoilla analysoitiin lisäksi vertaamalla PKK:n ja KVK:n sykemuuttujien kaikkien mittauspäivien keskiarvoja toisiinsa. Kilpailuun valmistavalla kaudella makuulla mitatut RRI_{\max} , RRI_{ka} , RRI_{\min} , RMSSD ja HFP olivat merkitsevästi korkeammat ja LF/HF –suhde merkitsevästi alhaisempi kuin peruskuntokaudella. Seisomaannousun aikana mitatut RRI_{\max} , RRI_{ka} ja RRI_{\min} –arvot sekä seisten mitatut RRI_{ka} ja RRI_{\min} –arvot olivat myös KVK:lla merkitsevästi korkeammat. Seisten mitatut syke, sykevaste, SD ja RMSSD olivat merkitsevästi alhaisemmat KVK:lla kuin PKK:lla. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Sykemuuttujien kaikkien mittausten keskiarvot ortostaattisessa testissä eri mittausjaksoilla. Sarakkeissa ”Mittausjako 1” ja ”Mittausjako 2” lisäksi tähdellä (*) merkitty kyseisten muuttujien korrelaatio harjoittelun kuormittavuuden kanssa Pearsonin korrelaatiotestillä mitattuna *($p<0.05$)

**($=p<0.01$) sekä sarakkeessa "t-testi" tähdellä (*) merkitty kyseisen muuttujan eroavuus eri mittausjaksoilla Studentin t-testillä mitattuna *($=p<0.05$) **($=p<0.01$). Ks. lyhenteet taulukosta 1. s.12.

	Sykevaihtelu-	Mittausjakso (mj) 1	Mittausjakso (mj) 2	t-testi
	Muuttuja	Keskiarvo \pm keskihajonta	Keskiarvo \pm keskihajonta	mj1-mj2
Ma- kuulla	Syke (l/min)	56 \pm 9	55 \pm 9	0,330
	RRI _{max} (ms)	1482 \pm 434	1637 \pm 569	0,045*
	RRI _{ka} (ms)	1067 \pm 133	1120 \pm 174	0,008**
	RRI _{min} (ms)	774 \pm 104	821 \pm 134	0,004**
	SD (ms)	130,3 \pm 50,3	134,4 \pm 44,0	0,529
	RMSSD (ms)	114,7 \pm 51,0	135,2 \pm 46,8	0,002**
	pNN50 (%)	25,5 \pm 9,7	27,5 \pm 7,3	0,112
	TP (ln ms ²)	9,7 \pm 0,8	9,8 \pm 0,6	0,335
	LFP (ln ms ²)	7,9 \pm 0,8	8,1 \pm 0,7	0,300
	HFP (ln ms ²)	8,2 \pm 1,0	8,7 \pm 0,7	0,000**
	LF/HF	1,2 \pm 1,3	0,6 \pm 0,4	0,001**
Seiso- maan- nousu	RRI _{max} (ms)	826 \pm 155	873 \pm 159	0,034*
	RRI _{ka} (ms)	668 \pm 75	703 \pm 83*	0,001**
	RRI _{min} (ms)	567 \pm 57	598 \pm 62*	0,001**
Seisten	Syke (l/min)	90 \pm 14	85 \pm 12	0,008**
	Sykevaste(l/min)	35 \pm 2	30 \pm 1	0,007**
	RRI _{max} (ms)	908 \pm 205*	888 \pm 113	0,444
	RRI _{ka} (ms)	680 \pm 107	711 \pm 78	0,028*
	RRI _{min} (ms)	567 \pm 72	606 \pm 77	0,000**
	SD (ms)	66,6 \pm 32,5**	55,0 \pm 20,8	0,008**
	RMSSD (ms)	28,5 \pm 26,7**	21,5 \pm 12,8	0,039*
	pNN50 (%)	4,2 \pm 5,8**	2,9 \pm 3,5	0,091
	TP (ln ms ²)	8,4 \pm 1,0	8,1 \pm 0,8	0,065
	LFP (ln ms ²)	7,2 \pm 1,1	6,9 \pm 0,9	0,133
	HFP (ln ms ²)	4,2 \pm 1,7	4,2 \pm 1,4	0,926
LF/HF	28,4 \pm 23,7	22,3 \pm 18,9	0,070	

Sykevaste (syke_{seisten}-syke_{maaten}), RRI_{max}=peräkkäisten sykevälien maksimi-arvo, RRI_{ka}=peräkkäisten sykevälien keskiarvo, RRI_{min}=peräkkäisten sykevälien minimiarvo, SD=sykevälien keskihajonta, RMSSD=peräkkäisten sykevälien keskimääräistä vaihtelua kuvaava muuttuja (the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent RR intervals), pNN50=peräkkäisten yli 50 ms pituisien sykevälien osuus kaikista sykeväleistä, TP= kokonaisteho, 0.00-0.40Hz, LFP=matalataajuuksinen sykevaihtelu, 0.04-0.14Hz, HFP= korkeataajuuksinen sykevaihtelu, 0.15-0.40Hz, LF/HF= matala- ja korkeataajuuksisen sykevaihtelun suhde

Harjoittelun kuormittavuuden seuranta. PKK:n aikana päivittäin seisoma-asennossa mitatut aikakenttämuuttujat SD ($r = -0.238$, $p = 0.008$), RMSSD ($r = -0.274$, $p=0.002$), pNN50 ($r = -0.249$, $p=0.005$) sekä RRI_{max} ($r = -0.201$, $p=0.026$) korreloivat negatiivisesti harjoittelun kuormittavuuden kanssa. KVK -jaksolla vain seisomaan nousun aikana mitatut RRI_{ka} ($r = 0.178$, $p=0.043$) ja RRI_{min} ($r = 0.193$, $p=0.028$) korreloivat harjoitte-

lun kuormittavuuden kanssa. (Taulukko 8.). Suorituskyky korreloi sykevaihtelumuuttujista makuuasennossa mitatun sykkeen ($r=0.424$, $p=0.035$) ja $RRI_{ka:n}$ ($r= -0.416$, $p=0.039$) kanssa.

10.3 Stressihormonit

Minkään stressihormonin, adrenaliinin, noradrenaliinin tai kortisolin erityks ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi peruskuntokauden alun ja kilpailuun valmistavan kauden lopun välillä. (Taulukko 9.).

TAULUKKO 9. Virtsan hormonipitoisuudet eri mittausjaksoilla (keskiarvo \pm keskihajonta) sekä pitoisuuksien erojen tilastollinen merkitsevyys t-testillä mitattuna

	ADRENALIINI umol/12h	NORADRENALIINI umol/12h	KORTISOLI nmol/12h
Peruskuntokausi	0,009 \pm 0,005	0,096 \pm 0,046	95,63 \pm 34,82
Kilpailuun valmistava kausi	0,007 \pm 0,003	0,080 \pm 0,030	57,74 \pm 29,13
t-testi	p=0.434	p=0.416	p=0.074

Hormoneista adrenaliini ja noradrenaliini korreloivat keskenään ($r=0.605$, $p=0.010$). Tämän lisäksi adrenaliini korreloi ainoastaan ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitatun LF/HF –suhteen kanssa ($r=0.583$, $p=0.047$). Tämän sykemuuttujan kanssa korreloi tilastollisesti merkitsevästi myös kortisoli ($r=0.635$, $p=0.027$). Noradrenaliini ei korreloinut minkään HRV –muuttujan kanssa. Mikään stressihormoneista ei korreloinut suorituskyvyn eikä harjoittelun kuormittavuuden kanssa.

10.4 Tunnetilaprofiili sekä kuormittumis-palautumiskysely

Tunnetilaprofiili. Tunnetilaprofiilit analysoitiin ensin neljänä eri tunnetilaryhmänä (positiiviset suoritusta edesauttavat, negatiiviset suoritusta edesauttavat, negatiiviset suoritusta haittaavat sekä positiiviset suoritusta haittaavat tunteet), joihin jokaiseen kuului viisi eri tunnetilaa. Tämän jälkeen analysoitiin vielä yksittäiset tunnetilamuuttujat. Peruskuntokaudella mikään tunnetilaprofiilin neljästä ryhmästä ei korreloinut harjoittelun kuormittavuuden kanssa, mutta yksittäisistä, ennen harjoitusta mitatuista muuttujista ”veltto” korreloi tämän kanssa merkitsevästi ($r = -0.197$, $p=0.044$). Kilpailuun valmistava

valla kaudella ennen harjoitusta mitatut positiiviset suoritusta edesauttavat tunnetilat korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa ($r=0.195$, $p=0.026$). Lisäksi tähän ryhmään kuuluvat yksittäiset tunteet ”energinen” ($r = 0.245$, $p=0.005$) ja ”varma” ($r = 0.201$, $p=0.022$) ennen harjoitusta sekä ”luottavainen” aamulla mitattuna ($r = -0.150$, $p=0.049$) korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa.

Suorituskyky ei korreloinut minkään tunnetilaryhmän kanssa, mutta yksittäisistä tunnetiloista se korreloi seuraavien muuttujien kanssa: aamulla mitatut ”väsynyt” ($r=-0.360$, $p=0.040$) ja tyytyväinen ($r=0.394$, $p=0.023$), ennen harjoitusta mitatut ”tyytymätön” ($r=-0.392$, $p=0.032$) ja ”tyytyväinen” ($r=0.407$, $p=0.029$) sekä harjoituksen jälkeinen ”latautunut” ($r= -0.475$, $p=0.008$) tunnetila.

Stressihormoneista noradrenaliini korreloi aamulla mitattujen positiivisten suoritusta edesauttavien tunnetilojen kanssa ($r= -0.547$, $p=0.035$), mikä näkyi myös kahdessa yksittäisessä näihin kuuluvassa tunnetilassa ”energinen” ($r= -0.534$, $p=0.40$) ja ”latautunut” ($r=-0.564$, $p=0.28$). Tämän lisäksi noradrenaliini korreloi seuraavien yksittäisten tunnetilojen kanssa: harjoitusta edeltänyt ”latautunut” ($r=-0.655$, $p=0.015$) ja ”varma” ($r=-0.568$, $p=0.043$) olotila sekä harjoituksen aikainen ”varma” ($r=0.660$, $r=0.014$) olotila. Kortisoli korreloi seuraavien tunnetilaprofiilin kohtien kanssa: aamulla mitatut ”masentunut” ($r= -0.533$, $p=0.041$) ja ”vilkas” ($r= -0.546$, $p=0.035$) tunne sekä ”väsynyt” olotila ennen harjoitusta ($r=0.592$, $p=0.033$) ja harjoituksen jälkeen ($r=0.590$, $p=0.034$).

Kuormittumis-palautumiskysely. Kuormittumis-palautumiskyselyssä kuormittavuutta mittaavat kysymykset korreloivat ryhmänä harjoittelun kuormittavuuden kanssa ($r=0.243$, $p=0.012$) peruskuntokaudella. Lisäksi kysymykset ”Kuinka rasittavana koit eilisen päivän harjoitukset fyysisesti?” ($r = 0.453$, $p=0.000$) ja ”Kuinka rasittavana koit eilisen päivän harjoitukset psyykkisesti?” ($r = 0.346$, $p=0.000$) korreloivat myös merkittävästi harjoittelun kuormittavuuden kanssa tällä mittausjaksolla. Kilpailuun valmistavalla kaudella kummatkaan kuormittavuutta tai palautumista kuvaavat kysymykset eivät korreloineet ryhmänä harjoittelun kuormittavuuden kanssa, kuten ei myöskään mikään yksittäinen kysymys. Myöskään suorituskyky ja stressihormonit eivät korreloineet tilastollisesti merkittävästi kuormittumis-palautumiskyselyn kanssa.

11 POHDINTA

Kilpailuun valmistavalla kaudella makuulla mitattujen $RRI_{max:n}$, $RRI_{ka:n}$, $RRI_{min:}$, HFP:n ja RMSSD:n korkeammat arvot sekä LF/HF –suhde matalampi arvo peruskuntokauteen verrattuna osoittivat parasympaattisen säätelyn olleen KVK:lla suurempaa kuin PKK:lla. Tähän viittasivat myös ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitattujen sykkeen ja sykevasteen lasku sekä $RRI_{ka:n}$ ja $RRI_{min:n}$ nousu.

Peruskuntokaudella ortostaattisen testin seisoma-asennossa päivittäin mitatut RRI_{max} , SD, RMSSD ja pNN50 sekä kilpailuun valmistavalla kaudella seisomaan nousun aikaiset RRI_{min} ja RRI_{ka} korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Näitä muuttujia voitaisiin tämän tutkimuksen perusteella käyttää harjoittelun kuormittavuuden seurannassa kehon rasitustilan arvioimiseksi.

11.1 Harjoittelun kuormittavuus ja suorituskyky

Harjoittelun kuormittavuus. Uimareiden harjoittelussa peruskuntokaudella uidaan hyvin paljon aerobisia sarjoja (I-II –alueet) ja kilpailuun valmistavalla kaudella anaerobisia sarjoja sekä erityisesti maitohapon sieto- ja tuottokykyä kehittäviä sarjoja (III-IV -alueet) (Maglischo 1993, s.180-182). KVK sisälsikin tässä tutkimuksessa yli kymmenkertaisen määrän IV-alueen harjoittelua peruskuntokauteen verrattuna. Lisäksi V-alueen harjoittelua oli merkitsevästi enemmän ja III-alueettakin selvästi enemmän, joskaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Vaikka uintiharjoittelun kokonaiskuormitus ei Sharpin (1993) mallilla mitattuna eronnutkaan merkitsevästi mittausjaksojen välillä, voidaan KVK:n todeta sisältäneen selvästi enemmän niin kutsuttua tehoharjoittelua kuin PKK:n. Koska I- ja II-alueen harjoittelu ei myöskään vähentynyt merkitsevästi KVK:lla, harjoittelu oli tällöin fyysisesti kuormittavampaa kuin PKK:lla.

Sharpin (1993) malli osoittautui tässä tutkimuksessa heikoksi menetelmäksi mitata harjoittelun kokonaiskuormitus, vaikka se on kehitetty nimenomaan uintiharjoittelua varten. Uimareiden yksittäiset harjoitukset sisältävät paljon eri sarjoja eri tehoalueilla, joten tämän mittarin katsottiin olevan parempi kuin Bannisterin ja Wengerin (1982) kehittämä TRIMP, jossa yhden harjoituksen tehoalueet keskiarvoistetaan mittausta varten.

TRIMPin käyttäminen olisi myös vaatinut lisää käytännön järjestelyjä (sykemittarit kaikilla koehenkilöillä harjoituksissa). Syketallennuksen onnistuminen uintiharjoituksissa on usein ongelma, koska mittarit siirtyvät helposti paikoiltaan uintiliikkeen seurauksena ja aiheuttavat näin häiriöitä syketallenteeseen. Lisäksi ei haluttu asettaa koehenkilöille lisää vaatimuksia jo ennestään raskaan tutkimuksen takia. Näiden asioiden takia koehenkilöt seurasivat itse omia tuntemuksiaan harjoituksissa sekä mittasivat sykkeen palpomalla itse valitseminaan ajankohtina varmistaakseen uivansa oikealla tehoalueella. Tämä on normaali käytäntö uimareiden harjoittelussa ja koehenkilöt olivat ennestään tottuneita toimimaan näin.

Suorituskyky. PKK:n aikana suorituskyky pysyi suurin piirtein samassa, kuten kyseisellä peruskuntajaksolla voidaan odottaakin. Suorituskyky parani hieman, joskaan ei merkittävästi KVK:n aikana, joten harjoittelu oli tehokasta, mutta ei todennäköisesti aiheuttanut ylikuntotilaa, jolloin suorituskyky alenee (Israel 1976, Bompa 1983, Ryan ym. 1983, Kinderman 1986, Fry ym. 1991 ja Lehmann ym.1993a). Mittausjaksojen välissä suorituskyky ehti merkittävästi parantua, mikä on seurausta normaalista harjoittelusta, kun peruskuntokaudelta edetään kilpailuun valmistavalle kaudelle. Osaltaan tähän on varmasti vaikuttanut myös se, että kilpailuun valmistavalla kaudella suurin osa harjoittelusta uidaan omalla päälajilla, kun taas peruskuntokaudella uidaan tasaisesti kaikkia lajeja (Maglischo 1993, s.180-182). Suorituskyky ei korreloinut harjoittelun kuormittavuuden kanssa tilastollisesti merkittävästi. Tähän on osaltaan varmasti vaikuttanut harjoittelun kuormittavuuden mittausmenetelmä (kts.yllä) sekä suorituskyvyn normaali päivittäinen vaihtelu, johon ei vaikuta vain edeltävän päivän harjoittelu.

11.2 Ortostaattinen sykevaihtelu

Tässä tutkimuksessa arvioitiin harjoittelun aiheuttamia muutoksia autonomisessa hermostossa ortostaattisen sykereaktiotestin avulla sekä tämän menetelmän käyttöä harjoittelun kuormittavuuden päivittäisessä seurannassa. Eri harjoituskauden vaiheiden vaikutuksia arvioitiin ensin vertaamalla molemman mittausjakson alku- ja loppumittauksia keskenään. Tämän lisäksi verrattiin molemman mittausjakson kaikkien mittausten keskiarvoja toisiinsa. Tällä pyrittiin saamaan yleistä tietoa kehon rasiustilasta eri harjoituskauden vaiheissa sekä toisaalta antamaan lisätietoa, mitä ei välttämättä koehenkilöiden

vähyyden ja yksittäisten mittausten puuttumisesta johtuen mittausjaksojen sisäisellä vertailulla saatu esiin. Tällä tavoin myös sykevaihdelun satunnaisuuden merkitys väheni, mutta myös yksittäisten päivien kuormittavuuden vaikutus mahdollisesti kasvoi.

11.2.1 Harjoittelun vaikutukset autonomisen hermoston toimintaan

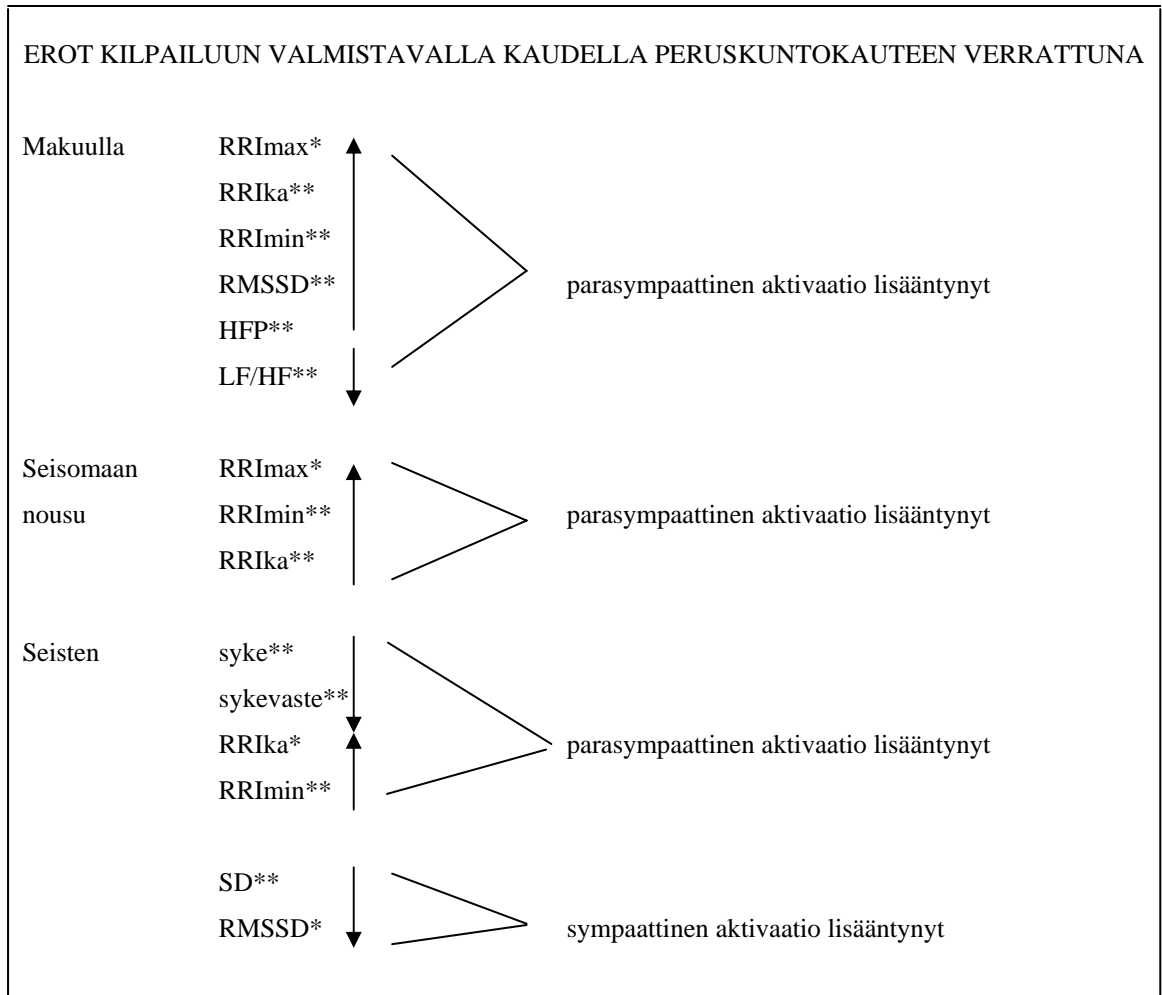
Muutokset peruskuntokaudella. Peruskuntokauden aikana makuulla mitattu LFP nousi merkitsevästi kuten mm. Uusitalon ym. (1998c ja 2000) tutkimuksessa kovennetun harjoittelun seurauksena. Tämä osoittaa sydämen sympaattisen säätelyn lisääntymistä (Pichot ym. 2000, Puig ym. 1993 sekä Uusitalo ym. 1998c ja 2000). Lisäksi nousi kuitenkin myös makuulla mitattu TP, joka kuvastaa parasympaattisen säätelyn lisääntymistä. LFP:n merkitsevän nousun lisäksi tähän vaikutti myös HFP:n nousu, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitattu LF/HF –suhde laski mittausjakson aikana, mikä osoittaa vagaalisen aktivaation lisääntyneen. RRI_{min} :n aleneminen ilman muutoksia RRI_{max} :ssa osoittanee myös HRV:n kasvua. Näiden muutosten perusteella vagaalinen säätely lisääntyi erityisesti seisoma-asennossa peruskuntokauden aikana. Tämä on tyypillinen aerobisen harjoittelun aikaansaama muutos autonomisen hermoston toiminnassa (Israel ym. 1976, Lehmann ym. 1988 ja 1993a). Yleisesti tutkimukset osoittavat tämän suuntaisia muutoksia varsinkin urheiluun ennestään tottumattomilla tai liikuntaa oman hyvinvointinsa vuoksi harrastavilla henkilöillä. Tässä tutkimuksessa peruskuntokauden mittausta edelsi muutamaa viikkoa aikaisemmin kuukauden mittainen harjoitustauko, jonka seurauksena koehenkilöiden fyysinen kunto oli varmasti pudonnut normaalista harjoituskauden aikaisesta kunnosta, ja tämä tilanne mahdollisesti edesauttoi parasympaattisen säätelyn lisääntymistä kyseisellä mittausjaksolla.

Muutokset kilpailuun valmistavalla kaudella. Kilpailuun valmistavan kauden aikana mikään sykevaihdelun arvoista ei ryhmätasolla muuttunut merkitsevästi. Osa koehenkilöiden viimeisen päivän syketallenteista sisälsi kuitenkin niin paljon häiriöitä, että niitä ei voitu analysoida. Tällöin jo ennestäänkin pienen koehenkilömäärän takia tilastollisia eroja on hyvin vaikea saada esille. Lisäksi tähän on varmasti vaikuttanut myös harjoitusvaikutusten yksilöllisyys. Vaikka mikään sykevälisarvoista ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi jakson aikana, osoittivat kaikki sykevälimuuttujat suuntauksen sympaattisen säätelyn lisääntymiseen niin makuu- kuin seisoma-asennossa. Vastaavanlaisia muu-

toksia oli mm. Pichot'n ym. (2002) tutkimuksessa, jossa kolmen kuukauden harjoittelun ylikuntoa aiheuttavaksi suunniteltu viimeinen kuukausi aiheutti myös sympaattisen aktiivisuuden lisääntymisen, kun parasympaattinen säätely oli noussut ensimmäisen kahden kuukauden aikana. Myös Uusitalo ym. (2000) toteavat, että raskas harjoittelu saattaa lisätä sympaattista säätelyä makuulla. Lehmann ym. (1998) toteavat sympaattisen ylikunnon liittyvän mahdollisesti liialliseen kovatehoiseen harjoitteluun. Vaikka uintia pidetäänkin tyypillisenä lajina, missä alttius parasympaattiseen ylikuntoon on suuri, on suuntaus harjoittelussa mennyt viime aikoina yleisesti hyvin paljon tehoharjoittelua sisältävään suuntaan. Myöskin tässä tutkimuksessa kilpailuun valmistavan kauden harjoittelu sisälsi erittäin paljon anaerobista IV- alueen harjoittelua. Tällöin suuntaus sympaattisen aktiivisuuden lisääntymiseen kyseisen harjoituskauden aikana tukee Lehmannin ym. (1998), Uusitalon ym. (2000) ja Pichot'n ym. (2002) havaintoja. Jos ajatellaan sympaattisen aktiivisuuden lisääntymisen kuvastavan ylikuntotilan ensi oireita, kuten nykyään laajalti uskotaan, voidaan kilpailuun valmistavan kauden todeta mahdollisesti aiheuttaneen tämän suuntaisia muutoksia koehenkilöissä. On kuitenkin muistettava, että tässä tutkimuksessa sykemuuttajat eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi kyseisen mittausjakson aikana.

Muutokset mittausjaksojen välillä. Muutokset kaikkien mittauksen keskiarvoissa levossa mitatuissa sykevaihtelumuuttujissa osoittivat parasympaattisen aktiivisuuden olleen suurempaa kilpailuun valmistavan kauden tehollisesti kovalla harjoitusjaksolla kun peruskuntokaudella (Kuvio 8.). Makuulla mitattujen HFP:n nousu ja LF/HF:n lasku ensimmäiseen jaksoon verrattuna osoittavat parasympaattisen säätelyn lisääntymistä, kuten mm. myös Furlanin ym. (1993), Portierin ym. (2001) ja Yamamoton ym. (2001) tutkimuksissa on havaittu. Yhdenmukaisesti Melansonin & Freedsonin (2001) tutkimuksen kanssa myös lepo RMSSD nousi kovan harjoitusjakson seurauksena, mikä myös kuvastaa parasympaattisen aktiivisuuden lisääntymistä. SD ei muuttunut tässä tutkimuksessa, kuten ei myöskään Melansonin & Freedsonin (2001) tutkimuksessa. Uusitalon ym. (1998c ja 2000) tutkimuksessa SD oli neljän viikon kovennetun harjoittelun jälkeen alempana kuin jakson alussa, mutta nousi takaisin ylös kun tehostettua harjoittelua jatkettiin edelleen kuudesta yhdeksään viikkoa. Melanson ja Freedson (2001) arvelevat kuitenkin SD:n olevan huono mittari parasympaattisen aktiivisuuden mittaamiseen ainakin levossa suoritetuissa lyhyen aikavälin mittauksissa. Myöskään tässä tutkimukses-

sa SD ei osoittanut muutoksia, vaikka parasymptaattinen toiminta lisääntyikin levossa muiden HRV muuttujien perusteella.



KUVIO 8. Sykevälimuuttujien muutokset peruskuntokaudelta kilpailuun valmistavalle kaudelle sekä niiden osoittamat yleisesti tunnetut muutokset autonomisen hermoston toiminnassa. * = tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) muutos ** = tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.01$) muutos. Kts. lyhenteet taulukko 8.

Ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitatuista muuttujista osa osoitti parasymptaattisen ja osa sympaatisen toiminnan lisääntyneen (Kuvio 8.). Yleisesti tunnetusti vagaalista aktiivisuutta kuvastavat SD ja RMSSD olivat KVK:lla merkitsevästi alhaisemmat kuin PKK:lla. Toisaalta kuitenkin syke ja sykevaste laskivat sekä sykevälien minimi- ja keskiarvo nousivat merkitsevästi, mitkä viittaavat parasymptaattisen säätelyn lisäänty-

neen ja/tai sympaattisen vähentyneen. Sykevasteen seisomaan nousulle määrää pääasiassa sympaattinen aktivaatio (Uusitalo ym.1998d). Tutkijat havaitsivat ortostaattisen testin seisomaannousun sykevasteen myöhästyvän kovan harjoittelujakson seurauksena (Uusitalo 1998), mikä saattaa johtua barorefleksivasteen vähentymisestä. Tässä tutkimuksessa mitattiin sykevaste kuitenkin vain seisomaannousun ensimmäisen ja kolmannen minuutin välisestä keskisykkeestä. Tämän perusteella voidaan kuitenkin todeta sykevasteen olleen pienempi kilpailuun valmistavan kauden aikana kuin peruskuntokaudella, mikä kuvastanee siis sympaattisen säätelyn vähentymistä. Sykearvojen ja sykevasteen lisäksi myös LF/HF –suhteen suuntaus laskuun osoittaa parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyneen sympaattiseen verrattuna.

Seisomaan nousun aikana mitatut peräkkäisten sykevälien arvot olivat tässä tutkimuksessa merkittävästi korkeammat KVK:lla kuin PKK:lla. Sykevasteen pienenemisen lisäksi tästä voidaan päätellä vegaalisen säätelyn lisääntyneen suhteessa sympaattiseen. Parasympaattisen säätelyn lisääntyminen on mahdollisesti rajoittanut ortostaasissa tarvittavaa kompensoivaa sydämen toiminnan kiihtyvyyttä, jolloin myös verenpaineen säätely myöhästyy ja aiheuttaa mahdollisesti ortostaattisen toleranssin heikentymistä (Stageman ym. 1974, Raven ym. 1984, Kingwell ym. 1992 ja Geelen & Greenleaf 1993). Näin onkin todettu mahdollisesti käyvän kovan harjoittelun seurauksena (Klein ym. 1969, Stageman ym. 1974, Luft ym. 1976, Ector ym. 1984, Stevens ym. 1992 ja Zhang ym. 1999). Sykevasteen pientymisen voidaan mahdollisesti arvella vaikuttavan ortostaattiseen toleranssiin, mutta ortostaattisen kokeen mittausajan ollessa tässä tutkimuksessa hyvin lyhyt ei johtopäätöksiä tästä voida kuitenkaan tehdä.

Edellä mainittujen HRV muutosten perusteella voidaan todeta parasympaattisen säätelyn olleen levossa suurempaa kilpailuun valmistavalla kaudella kuin peruskuntokaudella. Ortostaattisen testin seisoma-asennossa osa muuttujista viittasi parasympaattisen aktiivisuuden lisääntymiseen ja osa vähentymiseen. Tällainen tehollisesti kova harjoittelu aiheuttaa kuitenkin mahdollisesti eri yksilöille erilaisia vasteita autonomisen hermoston toiminnassa. Alttius ylikunnolle on yksilöllistä harjoittelukapasiteetin, palautumisen ja stressinsietokyvyn vaihdellessa hyvin paljon yksilöiden välillä (Lehmann ym. 1993a). Näin ollen muutoksiin autonomisen hermoston toiminnassa on varmasti vaikuttanut myös se, että tehollisesti ja määrällisesti samanlainen harjoittelu on saattanut olla toisille uimareille kuormittavampaa kuin toisille. Uimarit ovat muun muassa tästä johtuen ol-

leet todennäköisesti myös eri vaiheissa kehon rasiustilan ja mahdollisen ylikuntotilan kehittymisprosessia, mikä myös vaikeuttaa merkitsevien erojen löytymistä ryhmätasolla.

Parasympaattisen säätelyn lisääntymistä pidetään tyypillisenä aerobisen harjoittelun aikaansaamana muutoksena autonomisen hermoston toiminnassa (esim. Israel ym. 1976, Lehmann ym.1988 ja 1993a). Näin kävi myös tämän tutkimuksen ensimmäisellä mittausjaksolla peruskuntokaudella. Toisaalta myös parasympaattinen säätely oli keskiarvoisesti voimakkaampaa kilpailuun valmistavalla kaudella kuin peruskuntokaudella. Suorituskyvyn kehittyessä näiden mittausjaksojen välissä sekä pysyvän vähintään samassa molempien mittausjaksojen aikana voidaan todeta, että koehenkilöt eivät todennäköisesti olleet ylikuntotilassa kummallakaan mittausjaksolla (Kinderman 1986 ja Lehmann ym.1993a). Kuitenkin kun elimistöä kuormitetaan äärimmilleen, uskotaan sympaattisen säätelyn lisääntyvän tämän stressitilan alkuvaiheissa (Kuipers 1998). Suuntauksen sympaattisen säätelyn lisääntymiseen osoittivat tässä tutkimuksessa ryhmätasolla kaikki sykevälimuuttajat kilpailuun valmistavalla kaudella, vaikka missään näistä ei tilastollisesti merkitsevästi eroja ollutkaan. Tämän perusteella voidaan kuitenkin arvella, että koehenkilöt rupesivat kovatehoisella kilpailuun valmistavalla kaudella osoittamaan oireita ylikuntotilan kehittymisestä. Parasympaattisen säätelyn yleisesti suurempi aktivaatio kilpailuun valmistavalla kaudella sen sijaan johtui todennäköisesti uimareiden normaalin, sekä aerobista että anaerobista kestävyyttä kehittävän harjoittelun vaikutuksista koko kauden aikana. Kaiken kaikkiaan kahden eri tyyppisen ylikuntotilan sekä tämän kehittymisprosessin eri vaiheiden vuoksi HRV -muutoksia ryhmätasolla on erittäin vaikea löytää, kuten myös Aubert ym. (2003) ovat todenneet.

Suorituskyky. Suorituskyky (aika sekunneissa) korreloi sykevaihtelumuuttujista makuuasennossa mitatun sykkeen ($r=0.424$, $p=0.035$) ja RRI_{ka} ($r= -0.416$, $p=0.039$) kanssa. Suorituskyvyn parantuessa (aika vähenee) leposyke oli alhaisempi. Tätä osoittaa myös keskimääräisen sykevälin kasvu. Nämä muutokset kuvastavat osittain yleisesti tunnettua tietämystä siitä, että aamulla lepotilassa mitatun sykkeen ollessa kullekin henkilölle omaan tasoon nähden alhainen, on keho normaalioloissa palautuneessa tilassa. Tällöin myös elimistön tila onnistuneen suorituksen aikaansaamiseksi on hyvä. Sen sijaan ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitattu syke ja sykevaste seisomaannousulle eivät korreloineet suorituskyvyn kanssa. Näin olisi voinut myös odottaa tapahtuvan. Myös-

kään mikään muu sykevaihtelumuuttujista ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi suorituskyvyn kanssa. Tämä saattaa johtua siitä, että harjoittelun kuormittavuuden aiheuttamat muutokset autonomisen hermoston toiminnassa saattavat näkyä kyllä sykevaihtelussa, mutta päivittäinen vaihtelu ei aiheuta niin suurta muutosta kehon sen hetken rasi-
 situstilassa, että se näkyisi välittömästi suorituskyvyn muutoksina.

11.2.2 Sykevaihtelun käyttö harjoittelun kuormittavuuden seurannassa

Peruskuntokauden seisoma-asennossa päivittäin mitatut SD, RMSSD ja pNN50 korreloivat negatiivisesti erittäin merkitsevästi sekä RRI_{max} merkitsevästi harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Kilpailuun valmistavalla kaudella seisomaan nousun aikaiset RRI_{ka} ja RRI_{min} korreloivat merkitsevästi harjoittelun kuormittavuuden kanssa.

Sykevälien päivittäisessä seurannassa siis vain muutamit HRV -muuttujat korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Tämän mittaamisen vaikeus on kuitenkin mahdollisesti osaltaan vaikuttanut tähän. Kuten aikaisemmin todettiin, ei Sharpin (1993) mallilla saatu merkitseviä eroja harjoittelun kokonaiskuormituksessa. Harjoittelun kuormittavuus tosin vaihteli päivittäin sekä harjoitusten rasittavuudesta johtuen että harjoitusker-
 tojen vaihdellessa, ja nämä muutokset toki kokonaiskuormituksessa näkyivät. Tästä huolimatta mittausmenetelmän heikkous on saattanut estää merkitsevien tulosten löytymisen. Kehon rasi-
 situstilan päivittäistä seuranta suhteessa harjoitteluun ei aikaisemmin ole tutkittu, joten tuloksia ei voida verrata muihin tutkimustuloksiin. On mahdollista, että osa sykevälimuuttujista reagoi hitaasti useampien päivien jälkeen kehon rasi-
 situstilan muutoksiin, jolloin ne eivät korreloi päivittäisen harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Tässä tutkimuksessa kaikki harjoittelun kuormittavuuden kanssa korreloineet sykemuut-
 tujat olivat ortostaattisen testin seisomaan nousun tai seisoma-asennon aikaisia muuttu-
 jia. Tämän perusteella voidaan sykevaihtelun arvella reagoivan seisoma-asennossa ai-
 kaisemmin kuin makuulla kehon rasi-
 situstilan muutoksiin. Näin ollen pelkkä makuulla tehty sykemittaus voidaan todeta riittämättömäksi kehon rasi-
 situstilan päivittäisten muu-
 tosten arvioimiseksi. Ortostaattinen sykevaihtelu reagoi harjoittelun kuormittavuuden
 muutoksiin tämän tutkimuksen perusteella nopeammin kuin suorituskyky, mitä voitai-
 siin mahdollisesti hyödyntää elimistön rasi-
 situstilan seurannassa.

Harjoittelun kuormittavuuden päivittäinen seuranta olisi erityisesti kovatehoisella kilpailuun valmistavalla kaudella oleellista uimareiden kehon rasitustilan arvioinnissa. Vaikka näistä muuttujista suurin osa ei tässä tutkimuksessa korreloinut harjoittelun kuormittavuuden kanssa, voitaisiin niitä myös Portier'n (ym. 2001), Pichot'n (ym. 2002) ja Aubert'n (ym. 2003) mukaan mahdollisesti hyödyntää tähän tarkoitukseen. Tämän tutkimuksen perusteella peruskuntokaudella ortostaattisen testin seisoma-asennossa päivittäin mitatut RRI_{max} , SD ja $pNN50$ sekä kilpailuun valmistavalla kaudella seisomaannousun aikaiset RRI_{ka} ja RRI_{min} korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa ja näin ollen niiden analysointia voidaan mahdollisesti käyttää kehon rasitustilan arvioinnissa kyseisillä harjoituskausilla. Tällä pystyttäisiin mahdollisesti estämään kehon ajautuminen ylikuntoon harjoittelun seurauksena.

Ortostaattisen sykereaktiotestin käyttö harjoittelun kuormittavuuden seurannassa vaatii erittäin paljon lisää tutkimista. Myöskin eri tyyppisten harjoitusvaiheiden vaikutuksia tulisi edelleen selvittää. Tämän tutkimuksen perusteella sykevaihtelu soveltuu paremmin peruskuntokauden aerobisen harjoittelun kuin kilpailuun valmistavan kauden teoharjoittelun aiheuttaman rasitustilan arviointiin, mutta erityisesti kovalla harjoitusjaksolla tällaisen mittarin käytöstä voisi uimareiden harjoittelussa olla apua. Tällöin pystyttäisiin mahdollisesti löytämään levon ja harjoittelun oikea tasapaino, mikä edesauttaisi suorituskyvyn kehittämistä mahdollisimman hyväksi. Lisäksi tulisi selvittää sykereaktioita pääkilpailuja edeltävällä niin kutsutulla viimeistelyjaksolla, jolloin henkinen stressi saattaa nousta hyvinkin suureksi, mutta fyysinen rasitus on yleensä vähäisempää. Näin saataisiin tietoa psyykkisen kuormituksen vaikutuksista fyysiseen rasitustilaan ja suorituskykyyn.

11.4 Stressihormonit

Katekolamiinit. Katekolamiinien erityis kuvastaa sympaattisen aktiivisuuden toimintaa, joten niiden erityis levossa yöaikaan on luonnollisestikin alhainen. Fyysisesti erittäin kuormittavan harjoitusjakson aikana katekolamiinipitoisuus saattaa laskea (Lehmann ym. 1991 ja 1992b, McKinnon ym. 1997) tai mahdollisesti ylikuntotilan alkuvaiheissa nousta (Hooper ym. 1993). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan ollut eroa yöllisen adrenaliinin ja noradrenaliinin erityksessä eri harjoituskauden vaiheissa, vaikka sykemuut-

tujat osoittivatkin muutoksia sympaattisen ja parasympaattisen hermoston säätelyssä eri harjoituskausilla. Tulokset olivat kuitenkin yhdenmukaisia Hooperin ym. (1993) tutkimuksen kanssa, jossa ei myöskään löytynyt eroa katekolamiinipitoisuuksissa vastaavina harjoituskauden aikoina uimareilla.

Kortisoli. Lepokortisolin määrän on todettu sekä riippuvan harjoittelun intensiteetistä (Häkkinen ym. 1987 ja Kirwan ym. 1988) että pysyvän muuttumattomana eri harjoituskauden vaiheissa (Hooper ym. 1993 ja Flynn ym. 1994). Monet tutkimukset osoittavat, että kovan harjoitteluvaiheen aikana lepokortisolipitoisuus nousee (O'Connor ym. 1989, Kirwan ym. 1988 ja Costill ym. 1991). Lehmannin ym. (1992a ja 1993b) tutkimuksissa sen havaittiin vähenevän kun harjoittelun määrää lisättiin ja pysyvän samassa kun harjoittelun tehoa lisättiin. Tässä tutkimuksessa lepokortisoliarvo oli kuitenkin kilpailuun valmistavalla kaudella alhaisempi kuin peruskuntokaudella, vaikka ero ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä. Löydös on siis ristiriidassa Lehmannin ym. (1992a ja 1993b) tutkimusten kanssa. Tämän tutkimuksen perusteella anaerobisen harjoittelun merkitsevä lisääntyminen kolmen viikon ajan ei muuta lepokortisoliarvoja uimareilla.

Edeltävän päivän harjoittelun intensiteetin ei ole havaittu vaikuttavan yölliseen kortisolin kokonaiseritykseen normaalitilassa (Kern ym. 1995), mutta ylikuntoon ajauduttaessa kortisolivaste muuttuu. Tämän prosessin alkuvaiheessa elimistö pyrkii kompensoimaan vähenevää kortisolituottoa lisäämällä aivolisäkkeen ACTH eritystä, mutta parasympaattiseen ylikuntoon ajauduttua kortisolimäärä kuitenkin alenee. Myös katekolamiinieritys muuttuu elimistön kuormittuneisuuden ja stressitilan muuttumisen myötä (Lehmann ym. 1991 ja 1992b, Hooper ym. 1993 ja McKinnon ym. 1997). Hormonivaste riippuu siis hyvin paljon ylikuntoon kehittyneen prosessin vaiheesta. Koska harjoitusvaste on eri yksilöillä erilainen, ovat uimarit varmasti olleet tehollisesti ja määrällisesti samanlaisen harjoittelun seurauksena eri vaiheissa tätä prosessia, jolloin myös hormonivaste on erilainen. Tämän takia merkitseviä muutoksia ryhmätasolla on hyvin vaikea saada esiin. Lisäksi on myös huomattavaa, että hormonipitoisuuksiin saattaa vaikuttaa muunmuassa kuukautiskierron vaihe (Bunt 1986), mitä ei tässä tutkimuksessa kontrolloitu.

Hormonien korrelaatiot muiden muuttujien kanssa. Mikään stressihormoneista ei korreloinut suorituskyvyn eikä harjoittelun kuormittavuuden kanssa, mihin viittasivat myös

hormonipitoisuuksien pysyminen samassa eri harjoituskausilla, vaikka suorituskyky muuttui. Mitatuista hormoneista adrenaliini ja noradrenaliini korreloivat keskenään. Knöpfli ym. (2001) havaitsivat ennen kilpailua mitatun noradrenaliinin lepoarvon korreloivan merkittävästi kilpailusuorituskyvyn kanssa, mutta tässä tutkimuksessa kumpikaan katekolamiineista ei korreloinut suorituskyvyn kanssa. Adrenaliini korreloi kaikista mitatuista muuttujista ainoastaan ortostaattisen testin seisoma-asennossa mitatun LF/HF –suhteen kanssa. Tämän sykemuuttujan kanssa korreloi tilastollisesti merkittävästi myös kortisoli. LF/HF –suhde kuvastaa parasympaattista aktiivisuutta, joten tällä ja stressihormoneilla saattaa olla jonkinlainen yhteys toisiinsa.

Stressihormonit eivät korreloineet myöskään kuormittumis-palautumiskyselyn kanssa. Sen sijaan noradrenaliini korreloi tilastollisesti merkittävästi seuraavien tunnetilaprofiilin muuttujien kanssa: aamulla mitattu ”energinen” ja ”latautunut” olotila, harjoitusta edeltänyt ”latautunut” ja ”varma” sekä harjoituksenaikainen ”varma” tunnetila. Kaikki noradrenaliinin kanssa korreloineet tunnetilat ovat positiivisia suoritusta edesauttavia tunnetiloja. Nämä tunnetilat aamulla korreloivat myös ryhmänä noradrenaliinin kanssa. Mitä korkeampi sympaattista aktiivisuutta kuvastava noradrenaliinipitoisuus oli sitä vähemmän koehenkilöt tunsivat aamulla ja ennen harjoitusta suorituskykyä edesauttavia positiivisia tuntemuksia, kun taas harjoituksen aikana näihin kuuluva varma olotila lisääntyi.

Kortisoli korreloi seuraavien tunnetilaprofiilin muuttujien kanssa: aamulla mitatut ”masentunut” ja ”vilkas” sekä ”väsynyt” tunnetila ennen harjoitusta ja harjoituksen jälkeen. Kaikki kortisolin kanssa korreloineet tunnetilat ovat suorituskykyä haittaavia tunnetiloja. Mitä pienempi lepokortisolipitoisuus oli sitä enemmän koehenkilöt tunsivat aamulla suorituskykyä haittaavia tunnetiloja, mutta sitä vähemmän väsyneeksi he tunsivat itsensä sekä ennen harjoitusta että harjoituksen jälkeen. Kortisolin erityksen ja masentuneisuuden välillä on raportoitu yhteyksiä ennenkin, joskin tulokset ovat olleet päinvastaisia kuin tässä tutkimuksessa. Kortisolin erityksen säätelystä vastaavan aivolisäkelisämunuaiskuorisysteemin on todettu aktivoituvan normaalia enemmän masentuneessa tilassa (Kalin & Dawson 1986), mikä on hyvin yleistä ylikuntoisilla urheilijoilla (Morgan ym. 1987). Tällöin siis kortisolin tuotto olisi kasvanut masentuneisuuden lisääntyessä. Myös O’Connorin ym. (1989) tutkimuksessa masentuneisuus muuttui lepokortisolin kanssa saman suuntaisesti kovan harjoittelujakson aikana, mutta tässä tutkimuk-

nessa siis masentuneisuutta esiintyi sitä enemmän mitä pienempi oli kortisolieritys. Kortisolin ja masentuneisuuden erilaiset muutokset näissä tutkimuksissa johtuvat kuitenkin mahdollisesti eroista koehenkilöiden elimistöjen rasitustilassa. O'Connorin ym. (1989) tutkimuksessa uimareiden suorituskyky oli alentunut ja heidät määriteltiin ylikuntoisiksi, kun taas tässä tutkimuksessa näin ei tapahtunut. Kortisolin tuotto ei myöskään kasvanut tehollisesti kovan harjoittelujakson seurauksena kuten O'Connorin ym. (1989) tutkimuksessa.

11.5 Tunnetilaprofiili sekä kuormittumis-palautumiskysely

Tunnetilaprofiili. Mielialavaihtelut ovat hyvin yleisiä fyysisesti raskaalla harjoitusjaksolla (Morgan ym.1987, O'Connor ym. 1989, Raglin ym. 1991 ja Hooper ym. 1995). Tyypillisiä tuntemuksia tällöin ovat masennus, elinvoiman ja tarmon aleneminen, jännittyneisyys, levottomuus, viha, hämmennys ja itsetunnon puute (Morgan ym. 1988 ja Budgett 1990). Tässä tutkimuksessa mikään neljästä tunnetilaryhmästä ei korreloinut harjoittelun kuormittavuuden kanssa peruskuntokaudella. Yksittäisistä tunnetiloista ennen harjoitusta mitatuissa tunnetilakyselyissä ”velto” olotila, joka kuuluu negatiivisiin suoritusta haittaaviin tunnetiloihin, korreloi negatiivisesti harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Uimarit tunsivat olonsa veltoksi aina kun harjoituspäivä oli kevyt. Tähän saattaa vaikuttaa mittausjakson ajankohta, joka oli vain pari viikkoa kesällä pidetyn muuttaman viikon lepojaksen jälkeen.

Kilpailuun valmistavalla kaudella ennen harjoitusta mitatut positiiviset suoritusta edesauttavat tunnetilat korreloivat ryhmänä harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Lisäksi näihin kuuluvat tunnetilat ”energinen” ja ”varma” korreloivat harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Tämä lienee seurausta siitä, kun hyvässä fyysisessä kunnossa harjoitellaan tehokkaasti ja henkisesti valmistaudutaan edessä olevaan tärkeään harjoitukseen. Kaikki edellä mainitut harjoittelun kuormittavuuden kanssa korreloineet kolme tunnetilaa kuuluvat myös Syrjän ym. (1995b) mukaan parhaiten suorituskykyä ennustaviin tunnetiloihin. ”Luottavainen” olo aamulla sen sijaan korreloi negatiivisesti harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Kovat harjoituspäivät aiheuttivat todennäköisesti epäilyksiä omasta jaksamisesta ja suoriutumisesta raskaan harjoittelun vaatimuksista. Tällaista it-

setunnon puutetta on havaittu myös muissa tutkimuksissa (Morgan ym. 1988 ja Budgett 1990).

Suorituskyky ei korreloinut minkään tunnetilaryhmän kanssa, mutta yksittäisistä tunnetiloista se korreloi seuraavien muuttujien kanssa: aamulla mitatut ”väsynyt” ja tyytyväinen olotila, ennen harjoitusta olleet tunnetilat ”tyytymätön” ja ”tyytyväinen” sekä harjoituksen jälkeinen tunne ”latautunut”. Mitä parempi suorituskyky oli sitä tyytymättömämmiksi koehenkilöt tunsivat itsensä aamulla, mutta myös sitä väsyneemmiksi. Molemmat olotilat kyselyssä kuuluvat suoritusta haittaaviin tunnetiloihin, mutta väsymyksen on aikaisemmin todettu liittyvän kovatehoiseen harjoitteluun sekä huonontuneeseen suorituskykyyn (Koutedakis ym.1990, Raglin ym. 1991 ja Hooper ym. 1993). Väsymyksen tunteen muuttuminen on siis tässä hyvin odottamatonta sekä vastoin aikaisempia tutkimuksia. Ennen harjoitusta mitatut tyytyväisyyden ja tyytymättömyyden tunteiden käyttäytyminen on sen sijaan hyvin odotettua. Lisäksi myös mitä parempi suorituskyky koehenkilöillä oli sitä latautuneemmiksi het tunsivat olonsa harjoituksen jälkeen. Tämä tunnetila kuuluu positiivisiin suoritusta edesauttaviin ja on varmasti hyvin luonnollinen onnistuneen suorituksen jälkeinen olotila.

Kuormittumis-palautumiskysely. Kuormittumis-palautumiskyselyssä kuormittavuutta mittaavat kysymykset korreloivat ryhmänä harjoittelun kuormittavuuden kanssa peruskuntokaudella, kuten myös yksittäiset kysymykset ”Kuinka rasittavana koit eilisen päivän harjoitukset fyysisesti?” ja ”Kuinka rasittavana koit eilisen päivän harjoitukset psyykkisesti?” Tämä lienee osoitus siitä, että harjoittelussa on ollut selvästi kevyitä ja raskaita harjoituspäiviä sekä siitä, että kovat harjoitukset pääsääntöisesti koetaan myös psyykkisesti kuormittaviksi. Muilla kysymyksillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä harjoittelun kuormittavuuteen ensimmäisellä mittausjaksolla. KVK:lla mikään kysymys ei korreloinut merkitsevästi harjoittelun kuormittavuuden kanssa. Tähän saattaa olla syynä se, että koko harjoituskauden vaihe oli niin kuormittava tehollisen harjoittelun lisääntyttyä, että uimarit eivät tunteneet palautuvansa edes kevyempien päivien aikana. Myöskään suorituskyky ei korreloinut kuormittumis-palautumiskyselyssä ryhmänä kuormittumista eikä palautumista mittaavien kysymysten kanssa eikä minkään yksittäisen kysymyksen kanssa.

Hooper ym. (1995) toteavat subjektiivisen näkemyksen yleisestä hyvinvoinnista, väsymyksestä, unesta ja stressistä soveltuvan erittäin hyvin pitkäaikaiseen seurantaan harjoittelun kuormittavuuden arvioimisessa kovan harjoittelujakson aikana. Vaikka tässä tutkimuksessa ei tällaisella kyselyllä löytynytäkään selkeää yhteyttä harjoittelun kuormittavuuden kanssa, voisi tällaisen subjektiivisen näkemyksen seurannasta pidemmällä aikavälillä olla hyötyä harjoittelun suunnittelussa ja toteutuksessa. Tunnetilakyselyn kehittämisessä olettamuksena on ollut, että taitavat urheilijat pystyvät tunnistamaan omat tunnetilansa ja niiden vaikutukset suoritukseen (Hanin 1999, s.161). Tämän tutkimuksen koehenkilöt eivät kuitenkaan aikaisemmin olleet käyttäneet tällaista seurantamenetelmää, joten he eivät välttämättä olleet kovin kokeneita analysoimaan omia tunnetilojaan. Tämä on saattanut myös vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin.

11.6 Yhteenveto

1. Muutokset ortostaattisessa sykevaihtelussa osoittivat parasympaattisen säätelyn olleen voimakkaampaa kilpailuun valmistavalla kaudella kuin peruskuntokaudella.
2. Peruskuntokauden aikana parasympaattinen säätely lisääntyi sekä levossa että ortostaattisen testin seisoma-asennossa. Kilpailuun valmistavalla kaudella ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia autonomisen hermoston säätelyssä.
3. Peruskuntokaudella ortostaattisen testin seisoma-asennossa päivittäin mitattuja RRI_{max} :a, SD:ä, RMSSD:ä ja pNN50:ä sekä kilpailuun valmistavalla kaudella seisomaan nousunaikaisia RRI_{ka} :a ja RRI_{min} :ä voitaisiin tämän tutkimuksen perusteella käyttää harjoittelun kuormittavuuden seurannassa.

11.7 Jatkotutkimusehdotuksia

Peruskuntokauden ja kilpailuun valmistavan kauden lisäksi sykereaktioita tulisi selvittää pääkilpailuja edeltävällä niin kutsutulla viimeistelyjaksolla, kuten tässä tutkimuksessa oli alun perin tarkoituksena. Tällöin kilpailukauden aiheuttama henkinen stressi saattaa nousta hyvinkin suureksi, mutta fyysinen rasitus on yleensä vähäisempää. Näin saatai-

siin erittäin tärkeää tietoa psyykkisen kuormituksen vaikutuksista fyysiseen rasiustilaan ja suorituskyyyn, mikä vaikuttaa oleellisesti kilpailusuorituskyyyn. Tämä olisi hyvin oleellista tietoa, koska nimenomaan maksimaalisen suorituskyyyn saavuttaminen harjoitusvuoden pääkilpailuissa on yleensä kilpaurheilijoiden tärkein tavoite.

Tämän tutkimuksen tavoin toteutettuna vastaava tutkimus on kuitenkin hyvin kuormittava koehenkilöille. Tutkittavien muuttujien määrää tulisi harkita tarkkaan ja niitä tulisi mahdollisesti tutkia erillisillä tutkimuksilla tai ainakin teettää mittauksia vähemmän koehenkilöillä. Lisäksi ongelmana on sykereaktion seuranta päivittäin, jolloin mitaukset on järkevintä suorittaa kotiooloissa. Tällöin kuitenkin mahdollisia häiriötekijöitä on huomattavasti enemmän laboratorio-olosuhteisiin verrattuna. Toisaalta taas nimenomaan kotiooloissa tällainen seuranta käytännössä suoritetaan, jos menetelmää halutaan käyttää harjoittelun seurannassa, joten tässä mielessä mittauksen suorittaminen kotona olisi perusteltua. Koehenkilöt tulisi kuitenkin valita tarkkaan siten, että he koostuvat ammattimaisesti harjoitteluunsa suhtautuvista urheilijoista, jolloin mittauksen onnistuminen on todennäköisempää ja koehenkilöjoukko edustaa tällöin myös menetelmän mahdollista käyttäjäryhmää.

LÄHTEET

- Adlercreutz, H., Häkkinen, M., Kuoppasalmi, K., 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. *International Journal of Sports Medicine* 7, 27-8
- Ahmad, M., Blomqvist, C.G., Mullins, C.B. & Willerson, J.T. 1977. Left ventricular Function during lower body negative pressure. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 48,512-5
- Aubert, A.E., Beckers, F. & Ramaekers, D. 2001. Short-term heart rate variability in young athletes. *Journal of Cardiology* 37, 85-88
- Aubert, A.E., Seps, B. & Beckers, F. 2003. Sports Medicine. Heart rate variability in athletes 33(12), 889-919
- Bannister, E. W. & H. A. Wenger. 1982. Monitoring training. Teoksessa MacDougall, J.D., Wenger, H. A. & Green H. G. (toim.) *Physiological Testing of the Elite Athlete*. Canadian Association of Sport Sciences, Ottawa, Canada
- Barney, J.A., Ebert, T.J., Groban, L., Farrell, P.A., Hughes, C.V. & Smith, J.J. 1988. Carotid baroreflex responsiveness in high-fit and sedentary young men. *Journal of Applied Physiology* 65(5), 2190-2194
- Barron, G.L., Noakes, T.D., Levy, W., Smith, C. & Millar, R.P. 1985. Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 60, 803-806
- Blomqvist, C.G. & Stone, H.L. 1982. Cardiovascular adjustments to gravitational stress. Teoksessa *Handbook of Physiology, Volume III: Peripheral Circulation and Organ Blood Flow, Part 2*. Toimittajat: Shepherd, J.T. & Abboud, F.M. American Physiological Society, s. 1025-1063
- Bomba, T.O. 1983. Teoksessa *Theory and methodology of training*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa
- Budgett, R. 1990. Overtraining syndrome. *British Journal of Sports Medicine* 24(4), 231-236
- Bunt, J.C. 1986. Hormonal alterations due to exercise. *Sports Medicine* 3, 331-345
- Butler, J., O'Brien, M., O'Malley, K. & Kelly, J.G. 1982. Relationship of B-adrenoreceptor density to fitness in athletes. *Nature* 298, 60-62

- Chess, G.F., Tam, R.M.K., Calaresu, F.R. 1975. Influence of cardiac neural inputs on rhythmic variations of heart period in the cat. *American Journal of Physiology* 228, 775-780
- Christensen, N.J. & Galbo, H. 1983. Sympathetic nervous activity during exercise. *Annual Review of Physiology* 45, 139-153
- Convertino, V.A. 1987. Aerobic fitness, endurance training and orthostatic intolerance. *Exercise and Sport Sciences reviews* 15, 223-259
- Convertino, V.A., Montgomery, L.D. & Greenleaf, J.E. 1984. Cardiovascular responses during orthostasis: effect of an increase in $VO_{2\max}^2$. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 55, 702-708
- Convertino, V.A., Sather, T.M., Goldwater, D.J. & Alford, W.R. 1986. Aerobic fitness does not contribute to prediction of orthostatic tolerance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18, 551-556
- Cooke, W., H., Reynolds, B., V., Yandl, M., G., Carter, J.R., Tahvanainen, K.U.O. & Kuusela, T.A. 2002. Effects of exercise training on cardiovagal and sympathetic responses to Valsalva's maneuver. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34(6), 928-935
- Costill, D.L., Flynn, M.G., Kirwan, J.P., Houmard, J.A., Mitchell, J.B., Thomas, R. & Park, S.H. 1988. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3), 249-254
- Costill, D.L., Thomas, R., Robergs, R.A., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S. & Fink, W.J. 1991. Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23(3), 371-377
- Counsilman, J.E & Counsilman, B.E. 1994. *The New Science of Swimming*. Prentice Hall, USA
- Donald, D.E. & Shepherd, J.T. 1979. Cardiac receptors: Normal and disturbed function. *American Journal of Cardiology* 44, 873-878
- Ector, H., Bourgois, J., Verlinden, M., Hermans, L., van den Eynde, E., Fagard, R. & de Geest, H. 1984. Bradycardia, ventricular pauses, syncope and sports. *Lancet* 2, 591-594
- Eklblom, B., Kilbom, A. & Soltysiak, J. 1973. Physical training, bradycardia, and autonomic nervous system. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Invest* 32, 251-256

- Falsetti, H., Burke, E. & Tracy, J. 1982. Cardiopulmonary and carotid baroreflex control of blood pressure in athletes (abstract). *Clinical Respiration* 30, A759
- Ferrauti, A., Neumann, G., Weber, K. & Keul, J. 2001. Urine catecholamine concentrations and psychophysical stress in elite tennis under practice and tournament conditions. *Journal of Sports medicine and Physical Fitness* 41, 269-274
- Finley, J.B., Hartman, A.F. & Weir, R.C. 1995. Post-swim orthostatic intolerance in a marathon swimmer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27(9), 1231-1237
- Fiocchi, R., Fagard, R., Vanhees, L., Grauwels, R. & Amery, A. 1985. Carotid baroreflex sensitivity and physical fitness in cycling tourists. *European Journal of Applied Physiology* 54, 461-465
- Flynn, M.G., Pizza, F.X., Boone Jr., J.B., Andres, F.F., Michaud, T.A. & Rodriguez-Zayas, J.R. 1994. Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *International Journal of Sports Medicine* 15(1), 21-26
- Frey, M.A.B. 1987. Considerations in prescribing preflight aerobic exercise for astronauts. *Aviation, Space, and Environmental medicine* 58, 1014-1023
- Frick, M.H., Elovainio, R.O. & Somer, T. 1967. The mechanism of bradycardia evoked by physical training. *Cardiologia* 51, 46-54
- Fry, R.W., Morton, A.R. & Keast, D. 1991. Overtraining in athletes. An update. *Sports Medicine* 12(1), 32-65
- Fry, R.W., Morton, A.R. & Keast, D. 1992. Periodisation and the prevention of overtraining. *Canadian Journal of Applied Sports Science* 17, 241-248
- Furlan, R., Piazza, S., Dell'Orto, S., Gentile, E., Cerutti, S., Pagani, M. & Malliani, A. 1993. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. *Cardiovascular Research* 27, 482-488
- Geelen, G. & Greenleaf, J.E. 1993. Orthostasis: exercise and exercise training. *Exercise and Sports Sciences Reviews* 21, 201-230
- Greenleaf, J.E., Brock, P.J., Sciaraffa, D., Polese, A. & Elizondo, R. 1985. Effects of exercise-heat acclimation on fluid, electrolyte, and endocrine responses during tilt and Gz acceleration in women and men. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 56, 683-689
- Guyton, M.D. & Hall, J.E. 1996. *Textbook of Medical Physiology*. Yhdeksäs PAINOS. W.B. Saunders Company, USA
- Hanin, Y.L. 1999. Individual zones of optimal functioning (IZOF). Teoksessa Hanin, Y.L. (toim.) *Emotions in Sport*. Human Kinetics, USA

- Henry, J., Gauer, O., Kety, S. & Kramer, K. 1951. Factors maintaining cerebral circulation during gravitational stress. *Journal of Clinical Investigation* 30, 292-301
- Hooper, S.L. & McKinnon, L.T. 1995. Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. *Sports Medicine* 20(5), 321-327
- Hooper, S.L., McKinnon, L.T., Gordon, R.D. & Bachmann, A.W. 1993. Hormonal responses of elite swimmers to overtraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25(6), 741-747
- Hooper, S.L., MacKinnon, L.T., Howard, A., Gordon, R.D. & Bachmann, A.W. 1995. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27(1), 106-112
- Häkkinen, K., Pakarinen, A. & Alen, M., 1987. Relationship between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *International Journal of Sports Medicine* 8(supl), 61-65
- Israel, S. 1976. Zur Problematik des Übertrainings aus internistischer und leistungsphysiologischer Sicht. *Medizin und Sport* 16, 1-12
- Johnson, J.M., Rowell, L.B., Niederberger, M. and Eisman, M.M. 1974. Human splanchnic and forearm vasoconstrictor responses to reductions of right atrial and aortic pressures. *Circulation and Respiration* 34, 515-524
- Kalin, N.H. & Dawson, G.W. 1986. Neuroendocrine dysfunction in depression: hypothalamic-anterior pituitary systems. *Trends Neuroscience* 9, 261-266
- Kellmann, M. & Gunther, K.D. 2000. Changes in stress and recovery in elite rowers during preparation for the Olympic Games. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(3), 676-683
- Kellmann, M. & Kallus, K.W. 2000. Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler (The Recovery-Stress-Questionnaire for Athletes). Frankfurt: Swets and Zeitlinger
- Kenney, W.L. 1985. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17, 451-455
- Kern, W., Perras, B., Wodiek, R., Fehnm, H.L. & Born, J. 1995. Hormonal secretion during nighttime sleep indicating stress of daytime exercise. *Journal of Applied Physiology* 79(5), 1461-1468
- Kindermann, W. 1986. das Übertraining – Ausdruck einer vegetativen Fehlsteuerung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* H8, 138-145
- Kingwell, B.A., Dart, A.M., Jennings, G.L. ym. 1992. Exercise training reduces the

- sympathetic component of the blood pressure-heart rate baroreflex in man. *Clinical science* 82, 357-362
- Kirwan, J.P., Costill, D.L., Flynn, M.G., Mitchell, J.B., Fink, W.J., Neuffer, P.D. & Houmard, J.A. 1988. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3), 155-159
- Kjaer, M. 1989. Epinephrine and some other hormonal responses to exercise in man: With Special reference to physical training. *International Journal of Sports Medicine* 10, 2-15
- Klein, K.E., Wegmann, H.M., Bruner, H. & Vogt, L. 1969. Physical fitness and tolerances to environmental extremes. *Aerospace Medicine* 40, 998-1001
- Knöpfli, B., Calvert, R., Bar-Or, O., Villiger, B. & Von Duvillard, S.P. 2001. Competition performance and basal nocturnal catecholamine excretion in cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(7), 1228-1232
- Koutedakis, Y., Budgett, R. & Faulmann, L. 1990. Rest in underperforming elite competitors. *British Journal of Sports Medicine* 24(4), 248-252
- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Callister, R. ym. 1989. Training responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21, 146-153
- Kuipers, H. 1998. Training an overtraining: an introduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(7), 1137-1139
- Kuipers, H. & Keizer, H.A. 1988. Overtraining in elite athletes. Review and directions for the future. *Sports Medicine* 6, 79-92
- Kuipers, H., Verstappen, F., Keizer, H., Geurten, P. & Van Kranenburg, G. 1985. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *International Journal of Sports Medicine* 6, 197-210
- Kurowski, T.T., Chatterton, R.T. & Hickson, R.C. 1984. Countereffects of compensatory overload and glucocorticoids skeletal muscle: androgen and glucocorticoid cytosol receptor binding. *Journal of Steroid Biochemistry* 21, 137-145
- Lambert, E.H. & Wood, E.H. 1946. The problem of the blackout and unconsciousness in aviators. *Medicine Clin North America* 30, 833-844
- Lehmann, M., Dickhuth, H.H., Gendrisch, G., Lazar, W., Thum, M., Kaminski, R., Aramendi, J.F., Peterke, E., Wieland, W. & Keul, J. 1991. Training – Overtraining.

- A prospective, experimental study with experienced middle- and long-distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 12(5), 444-452
- Lehmann, M., Foster, C., Dickhuth, H.H. & Gastmann, U. 1998. Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(7), 1140-1145
- Lehmann, M., Foster, C., Keul, J. 1993a. Overtraining in endurance athletes: a brief review *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25(7), 854-862
- Lehmann, M., Gastmann, U., Peterson, K.G., Bachl, N., Seidel, A., Khalaf, A.N., Fischer, S. & Keul, J. 1992a. Training-overtraining: performance and hormone levels after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners. *British Journal of Sport Medicine* 26, 233-242
- Lehmann, M., Knizia, K., Gastmann, U., Petersen, K.G., Khalaf, A.N. & Bauer, S. 1993b. Influence of 6-week, 6 days per week, training on pituitary function in recreational athletes. *British Journal of Sports Medicine* 27, 186-192
- Lehmann, M.J., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J.M., Netzer, N., Foster, C. & Gastmann, U. 1997. Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *Journal of Sports medicine and Physical Fitness* 37, 7-17
- Lehmann, M., Schnee, W., Scheu, R., Stockhausen, W. & Bachl, N. 1992b. Decreased nocturnal catecholamine excretion. Parameter for an overtraining syndrome in athletes? *International Journal of Sports Medicine* 13, 236-242
- Leibenluft, E., Fiero, P.L. & Rubinow, D.R. 1994. Effect of menstrual cycle on dependent variables in mood disorder research. *Arch Gen Psychiatry* 51, 761-781
- Levine, B.D., Buckley, J.C., Fritsch, J.M., Yancy, C.W., Watenpaugh, D.E., Snell, P.G., Lane, L.D., Eckberg, D.L. & Blomqvist, C.G. 1991. Physical fitness and cardiovascular regulation: mechanisms of orthostatic intolerance. *Journal of Applied Physiology* 70(1), 112-122
- Levine, B.D. & Stray-Gundersen, J. 1997. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*. 83(1), 102-112
- Levy, M.N. 1971. Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart. *Circulation Res.* 29, 437-445
- Lightfoot, J.T., Claytor, R.P., Torok, D.J. ym. 1989. Ten weeks of aerobic training do not affect lower body negative pressure responses. *Journal of Applied Physiology* 67(2), 894-901

- Loimaala, A., Huikuri, H., Oja, P., Pasanen, M. & Vuori, I. 2000. Controlled 5-month aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *Journal of applied Physiology* 89(5), 1825-1829
- Luft, U.C., Myhre, L.G., Loeppky, J.A. & Venters, M.D. 1976. A study of factors affecting tolerance of gravitational stress simulated by lower body negative pressure. *Research Report on Specialized Physiology Studies in Support of Manned Space Flight*. NASA Contract NAS 9-14472. Albuquerque, N.M.: Lovelace Foundation, 1-60
- Lämsimies, E.A. & Rauhala, E. 1986. Orthostatic tolerance and aerobic capacity. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 57, 1158-1164
- Maglischo, E.W. 1993. *Swimming Even Faster*. Mayfield Publishing Company, USA
- Malliani, A., Lombardi, F. & Pagani, M. 1994. Power spectral analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms. *British Heart Journal* 71, 1-2
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F. & Cerutti, S. 1991. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 84, 1482-1492
- Mangseth, G.R. & Bernauer, E.M. 1980. Cardiovascular response to tilt in endurance trained subjects exhibiting syncopal reactions (abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise* 12, 140
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 1996. *Exercise Physiology: energy, nutrition, and human performance*. Neljäs painos. Williams and Wilkins. USA
- McKinnon, L.T., Hooper, S.L., Jones, S., Gordon, R.D. & Bachmann, A. 1997. Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29(12), 1637-1645
- McNair, D.M., Lorr, M. & Droppleman, L.F. 1971. *Profile of Mood States Manual*. Educational and Industrial Testing Service, San Diego
- Melanson, E.L. & Freedson, P.S. 2001. The effects of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *European Journal of Applied Physiology* 85, 442-449
- Mero, A., Jouste, P. & Keränen, T. 2004. *Nopeus*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (toim.) *Urheilualmennus*. Mero Oy, VK-Kustannus, Jyväskylä

- Montgomery, L.D., Kirk, P.J., Payne, P.A., Gerber, R.L., Newton, S.D. & Williams, B.A. 1977. Cardiovascular responses of men and women to lower body negative pressure. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 48, 138-145
- Morgan, W.P., Brown, D.R., Raglin, J.S., O'Connor, P.J. & Ellickson, K.A. 1987. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine* 21(3), 107-114
- Morgan, W.P., Costill, D.L., Flynn, M.G., Raglin, J.S. & O'Connor, P.J. 1988. Mood disturbance following increased training in swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20, 408-414
- Morton, R.H., Fitz-Clarke, J.R. & Banister, E.W. 1990. Modeling human performance in running. *Journal of Applied Physiology* 69, 1171-1177.
- Naessens, G., Chandler, T.J., Kibler, W.B. & Driessens, M. 2000. Clinical usefulness of nocturnal urinary noradrenaline excretion patterns in the follow-up of training processes in high-level soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 14(2), 125-131
- Neary, J.P., Malbon, L. & MacKenzie, D.C. 2002. Relationship Between serum, saliva and urinary cortisol and its implication during recovery from training. *Journal of Science and Medicine in Sport* 5(2), 108-114
- Nummela, A. 2004. Nopeuskestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (toim.) *Urheilualmennus*. Mero Oy, VK-Kustannus, Jyväskylä
- Nummela, A., Keskinen, K.L. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (toim.) *Urheilualmennus*. Mero Oy, VK-Kustannus, Jyväskylä
- O'Connor, P.J., Morgan, W.P., Raglin, J.S., Barksdale, C.M. & Kalin, N.H. 1989. Mood state and salivary cortisol levels following overtraining in female swimmers. *Psychoneuroendocrinology* 14(4), 303-310
- Opstad, K. 1994. Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men. *European Journal of Endocrinology* 131, 56-66
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., Sandrone, G., Malfatto, G., Dell'Orto, S., Piccaluga, E., Turiel, M., Baselli, G., Cerutti, S. & Malliani, A. 1986. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research* 59, 178-193

- Parry-Billings, M., Blomstand, E., McAndrew, N. & Newsholme, A.E. 1990. A communicational link between skeletal muscle, brain, and cells of the immune System. *International Journal of Sports Medicine* 11, 122-128
- Parry-Billings, M., Budgett, R. & Koutedakis, Y. 1992. Plasma amino acid concentrations in the overtraining syndrome: possible effects on the immune system. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24, 1353-1358
- Pichot, V., Busso, T., Roche, F., Garet, M., Costes, F., Duverney, D., Lacour, J.-R. & Barthélémy, J.-C. 2002. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34(10), 1660-1666
- 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. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(10), 1729-1736
- Portier, H., Louisy, F., Laude, D., Berthelot, M. & Guezennec, C.-Y. 2001. Intense endurance training on heart rate and blood pressure variability in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(7), 1120-1125
- Puig, J, Freitas, J., Carvalho, M.J., Puga, N., Ramos, J., Fernandes, P., Costa, O. & Falcao de Freitas, A. 1993. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 33, 44-48
- Raglin, J.S., Morgan, W.P., & O'Connor, P.J. 1991. Changes in mood states during training in female and male college swimmers. *International Journal of Sports Medicine* 12, 585-589
- Raven, P.B., Rohm-Young, D. & Blomqvist, C. 1984. Physical fitness and cardiovascular response to lower body negative pressure. *Journal of Applied Physiology* 56, 138-144
- Roddie, I.C., Shepherd, J.T. & Whelen, R.F. 1957. Reflex changes in vasoconstrictor tone in human skeletal muscle in response to stimulation of receptors in a low-pressure area of the antrathoracic vascular bed. *Journal of Physiology* 139, 369-376
- Rusko, H. 1989. Teoksessa Suomalainen Valmennusoppi 2. Suomen Olympiakomitea. Gummerus, Jyväskylä
- Ryan, A.J., Brown, R.L., Frederick, E.C., Falsetti, H.L. & Burke, R.E. 1983. Overtraining of athletes; a round table. *Physician and Sportsmedicine* 11(6), 93-110
- Saul, J.P., Rea, R.F., Eckberg, D.L., Berger, R.D. & Cohen, R.J. 1990. Heart rate and

- muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity. *American Journal of Physiology* 258, H713-21
- Schnabel, A., Kindermann, W, Scmitt, W.M. ym. 1982. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 3, 163-168
- Scheuer, T.M. & Tipton, C.M. 1977. Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Reviews of Physiology* 39, 221-251
- Seene, T. & Viru, A. 1982. The catabolic effects of glucocorticoids on different types of skeletal muscle fibers and its dependence upon muscle activity and interaction with anabolic sterroids. *Journal of Steroid Biochemistry* 16, 349-352
- Sharp, R.L. 1993. Prescribing and evaluating interval training sets in swimming: a proposed model. *Journal of Swimming Research* 9, 36-40
- Sheldahl, L.M., Ebert, T.J., Cox, B. & Tristani, F.E. 1994. Effect of aerobic training on baroreflex regulation of cardiac and sympathetic function. *Journal of Applied Physiology* 76, 158-165
- Smith, M.L., Hudson, H.M., Graitzer, H.M. & Raven, P.B. 1989. Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21, 40-44
- Smith, M.L. & Raven, P.B. 1986. Cardiovascular responses to lower body negative pressure in endurance and static exercise-trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18(5), 545-550
- Stagemann, J., Busert, A. & Brock, D. 1974. Influence of fitness on the blood pressure control system in man. *Aerospace medicine* 45(1), 45-48
- Stevens, G.H.J., Foresman, B.H., Shi, X., Stern, S.A. & Raven, P.B. 1992. Reduction in LBNP tolerance following prolonged endurance exercise training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24(11), 1235-1244
- Sutton, J.R., Jurkowski, J.E., Keane, P., Walker, W.H.C., Jones, N.L. & Toews, C.J. 1980. Plasma catecholamine, insulin, glucose, and lactate responses to exercise in relation to the menstrual cycle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 12, S83-84
- Syrjä, P., Hanin, Y. & Pesonen, T. 1995a. Wmotions and performance relationship in soccer players. Paper presented in Ixth European Congress on Sport Psychology, July 1995, Brussels, Belgium.

- Syrjä, P., Hanin, Y. & Tarvonen, S. 1995b. Emotion and performance relationship in squash and badminton players. Paper presented in Ixth European Congress on Sport Psychology, July 1995, Brussels, Belgium.
- Task Force. Malik, M., Bigger, J.T., Camm, A.J., Kleiger, R.E., Malliani, A., Moss, A.J. & Schwartz, P.J. 1996. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 93(5), 1043-1065
- Tesch, P.A., Hjort, H. & Balldin, U.I. 1983. Effects of strength training on G tolerance. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 54, 691-695
- Urhausen, A., Gabriel, H.H. & Kindermann, W. 1998. Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(3), 407-414
- Uusitalo, A.L. 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., Hoffman, T.A., Tummavuori, E.A.M. & Rusko, H.K. 1998d. Autonomic nervous modulation of supine and standing heart rate and blood pressure and responses to standing-up. Väitöskirjassa Uusitalo, A.L. 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., Huttunen, P., Hanin, Y., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 1998b. Hormonal responses to endurance training and overtraining in female athletes. *Clinical Journal of Sports Medicine* 8(3), 178-186
- Uusitalo, A.L., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 1998a. Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *International Journal of Sports Medicine* 19(8), 532-540
- Uusitalo, A.L., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 1998c. Endurance training, overtraining and baroreflex sensitivity in female athletes. *Clinical Physiology* 18(6), 510-520
- Uusitalo, A.L., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 2000. Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete. *International Journal of Sports Medicine* 21(1), 45-53
- Van de Borne, P., Montano, N., Zimmerman, B., Pagani, M. & Virend, K. 1997. Relationship between repeated measures of hemodynamics, muscle sympathetic nerve activity and their spectral oscillation. *Circulation* 97(12), 4326-4332

- Verde, T., Thomas, S. & Shephard, R.J. 1992. Potential markers of heavy training in highly trained distance runners. *British Journal of Sports Medicine* 26(3), 167-175
- Verna, S.K., Mahindroo, S.R. & Kansal, D.K. 1978. Effect of four weeks of hard physical training on certain physiological and morphological parameters of basketball players. *Journal of Sports Medicine* 18, 379-384
- Viru, A. 1984. The mechanism of training effects: a hypothesis. *International Journal of Sports Medicine* 5, 219-227
- Viru, A. 1994. Molecular cellular mechanisms of training effects. *Journal of Sports Medicine and Physiology of Fitness* 34, 309-314
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A. & Onodera, S. 2001. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(9), 1496-1502
- Zhang, L.F., Zheng, J., Wang, S.Y., Zhang, Z.Y. & Liu, C. 1999. Effect of aerobic training on orthostatic tolerance, circulatory response, and heart rate dynamics. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 70(10), 975-982
- Zoller, R.P., Mark, A.L., Abboud, F.M., Schmid, P.G. & Heistad, D.D. 1972. The role of low pressure baroreceptors in reflex vasoconstrictor responses in man. *Journal of Clinical Investigation* 51, 2967-2972

Ympyröi (O) vastauksesi.

TUNNETILAPROFIILI

	Intensiteetti												
	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
energinen.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
latautunut.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
varma.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
luottavainen.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
määrätietoinen.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
jännittynyt.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
tyytymätön.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
hyökkäävä.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
kiihkeä.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
kiivas.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
<hr/>													
väsynyt.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
haluton.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
epävarma.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
veltto.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
masentunut.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
huoleton.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
tyyni.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
rentoutunut.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
vilkas.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•
tyytyväinen.....	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	•

Kuormittumis-palautumiskysely

Pvm _____ Nimi _____

KUORMITTUMINEN*Eilinen harjoitteluni sujui hyvin ja tunnen kehittyväni*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

*Kuinka rasittavana koit eilisen päivän harjoitukset?*** Fyysisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Psyykkisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

*Kuinka energiseksi koit itsesi eilisen päivän harjoituksissa?*** Fyysisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Psyykkisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

PALAUTUMINEN*Kuinka hyvin viimeisen vuorokauden aikana toteutuivat seuraavat palauttavat toimenpiteet?*** Ravinto- ja nestetasapainon ylläpitäminen*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Lihashuolto (esim. venyttely, verryttelyt)*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Rentoutuminen & muu hauska yhdessäolo*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Nukkuminen (viime yö) & muu lepo*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

*Kuinka energiseksi koet itsesi tällä hetkellä?*** Fyysisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Psyykkisesti*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

** Seuraavaan harjoitukseen lähteminen on helppoa*

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 •

LIITE 3.

Muokattu CR-SKAALA	
0	Ei yhtään
0.5	Erittäin vähän
1	Melko vähän
2	Vähän
3	Kohtuullisesti
4	
5	Paljon
6	
7	
8	Hyvin paljon
9	
10	Erittäin paljon
	• Maksimaalinen kuviteltavissa oleva

ARVIOINTIASTEIKON KÄYTTÖ

Sinun tulee vastata seuraaviin kysymyksiin käyttäen yllä olevaa asteikkoa, joka vaihtelee Arviosta EI YHTÄÄN (arvo 0) arvioon ERITTÄIN PALJON (arvo 10).

EI YHTÄÄN tarkoittaa sitä, ettet koe lainkaan kysyttyä asiaa

ERITTÄIN PALJON tarkoittaa voimakkainta kokemusta, mitä *vastaavissa tilanteissa* olet koskaan kokenut. Mikäli kokemus on niin voimakas, ettet ole koskaan aiemmin kokenut vastaavaa, valitse vaihtoehto •.

Aloita jokaiseen kysymykseen vastaaminen katsomalla ensin arviointiasteikossa olevia sanallisia vastausvaihtoehtoja. Ympyröi vasta sitten arviota vastaava numero.