

**SYKEVÄLIVAIHTELU JA SEN YHTEYS KESTÄVYYSSUORITUSKYVYN  
KEHITYKSEEN YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITUSJAKSON  
AIKANA**

Olli-Pekka Nuutila

Valmennus- ja testausoppi  
Kandidaatin tutkielma  
Kevät 2015  
Liikuntabiologian laitos  
Jyväskylän yliopisto  
Työn ohjaaja: Juha Ahtiainen

## TIIVISTELMÄ

Olli-Pekka Nuutila (2015). Sykevälivaihtelu ja sen yhteys kestävyys- ja voimaharjoitusjakson aikana. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, kandidaatin tutkielma, 46s., 6 liitettä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitusjakson aikaisen sykevälivaihtelun yhteyttä kestävyys- ja voimaharjoitusjakson kehitykseen. Lisäksi tarkoituksena oli vertailla kestävyys- sekä voimaharjoituksen jälkeistä sykevälivaihtelua ja tutkia sykevälivaihtelussa tapahtuvia muutoksia harjoitusjakson edetessä. Tutkielma oli osa laajempaa liikuntabiologian laitoksen tutkimusta yhdistetystä kestävyys- ja voimaharjoittelusta. Sykevälivaihtelumittauksiin osallistuneita tutkittavia oli kaikkiaan 9, joista 7 oli naisia ja 2 miehiä. Tutkittavat olivat iältään  $30.8 \pm 4.8$  vuotta ja heidän lähtötason VO<sub>2</sub>max oli  $44.8 \pm 5.0$ .

Kymmenen viikon harjoitusjakson aikana tutkittavien viikoittainen harjoitusohjelma sisälsi kaksi intervalliharjoitusta sekä kaksi voimaharjoitusta. Tutkittavien sykevälivaihtelua mitattiin harjoitusjakson puolivälissä sekä lopussa. Harjoituksen jälkeistä sykevälivaihtelua mitattiin välittömästi intervalliharjoituksen (4x4min) sekä viikon ensimmäisen voimaharjoituksen jälkeen. Lisäksi yöllistä sykevälivaihtelua mitattiin kumpaakin harjoitusta seuranneena yönä.

Tutkittavien sykevälivaihtelu aleni molempien harjoitustyyppien osalta harjoitusjakson aikana. Kestävyys- ja voimaharjoituksen jälkeinen sykevälivaihtelu oli molemmilla mittauskerroilla voimaharjoitusta alhaisempaa. Yöllä mitatussa sykevälivaihtelussa ei havaittu merkittäviä eroja eri harjoitusten tai mittauskertojen välillä. Kestävyys- ja voimaharjoituksen kehityksen ja sykevälivaihtelun välillä ei havaittu yhteyttä yksittäisiä muuttujia lukuun ottamatta.

Tämän tutkimuksen perusteella intensiivinen intervalliharjoitus aiheuttaa suuremman muutoksen autonomisen hermoston säätelyssä verrattuna voimaharjoitukseen. Samoin tämän tutkimuksen perusteella harjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu alenee intensiivisen harjoitusjakson aikana harjoituskuorman kerääntyessä.

Avainsanat: Kestävyys- ja voimaharjoitus, VO<sub>2</sub>max, sykevälivaihtelu, autonominen hermosto, intervalliharjoitus

## KÄYTETYT LYHENTEET

BMI	body mass index, kehon massaindeksi
EPOC	exercise-induced post oxygen consumption, happivaje
HF (ms <sup>2</sup> )	korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0.15-0.40 Hz
HR	heart rate, (sydämenlyöntiä/min)
LF (ms <sup>2</sup> )	matalataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0.04-0.15 Hz
RPE	rating of perceived exertion, koettu raskuusaste
TP (ms <sup>2</sup> )	kokonaissykevälivaihtelu (LF + HF), 0.04-0.40 Hz
VO <sub>2</sub> max	maksimaalinen hapenottokyky
VO <sub>2</sub> peak	hapenottokyvyn huippuarvo
1RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO.....	1
2 SYDÄN.....	2
2.1 Sydämen rakenne ja toiminta .....	2
2.2 Sydämen toiminnan säätely.....	3
2.3 Sykevälivaihtelu.....	5
3 KESTÄVYYSHARJOITTELU.....	7
3.1 Kestävyysuorituskyky.....	7
3.2 Intervalliharjoittelu.....	8
3.3 Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu.....	9
4 FYYSISEN KUORMITUKSEN AKUUTIT JA PITKÄKESTOISET VAIKUTUKSET SYKEVÄLIVAIHTELUUN.....	11
4.1 Sykevälivaihtelun akuutit vasteet fyysiseen kuormitukseen.....	11
4.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset sykevälivaihteluun.....	12
4.3 Voimaharjoittelun vaikutukset sykevälivaihteluun.....	14
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEEESIT.....	16
6 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	18
6.1 Tutkittavat.....	18
6.2 Tutkimusasetelma.....	18
6.3 Harjoittelu.....	19
6.4 Aineiston keruu ja mittaukset.....	20
6.5 Tilastolliset menetelmät.....	22
7 TULOKSET.....	23
8 POHDINTA.....	27
LÄHTEET.....	33
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Sykevälivaihtelu ilmiönä on tunnettu jo vuosisatoja (Hales 1733, Hynysen 2011 mukaan), mutta vasta viime aikojen mittausmenetelmien kehittyminen on mahdollistanut ilmiön tarkemman tutkimisen. Sykevälivaihtelu ilmentää autonomisen hermoston säätelyä, joka tapahtuu lepotilassa dominoivan parasympaattisen sekä kuormitustilanteessa hallitsevan sympaattisen hermoston kautta (Nienstedt ym. 2004, 544). Yksilötasolla voidaan karkeasti ottaen todeta, että mitä korkeampi sykevälivaihtelu sitä tasapainoisemmassa tilassa elimistö on. Alhainen parasympaattisen hermoston aktiivisuus sekä vastaavasti korkea sympaattisen hermoston aktiivisuus alentavat molemmat sykevälivaihtelua (McArdle 2001, 330).

Korkea parasympaattisen hermoston aktiivisuus yhdistetään yleisesti elimistön positiiviseen tasapainotilaan. Joissakin tutkimuksissa onkin löydetty yhteys lepotason sykevälivaihtelun ja kestävyyskunnan väliltä (Da Silva 2013). Toisaalta myös vastakkaisia havaintoja on tehty (Lee 2012). Samoin joissakin tutkimuksissa on havaittu yhteys sykevälivaihtelun sekä kestävyysharjoitusvasteen välillä (Hautala ym. 2003; Melanson & Freedson 2011). Joka tapauksessa pidemmällä aikavälillä sykevälivaihtelun lisääntyminen ja kasvanut parasympaattisen hermoston säätely voidaan nähdä kestävyysharjoittelun aikaansaamina positiivisina adaptaatioina elimistössä.

Harjoituksen aikana sykevälivaihtelu häviää miltei kokonaan rasituksen intensiteetin ylittäessä 50 % maksimaalisesta (Tulppo ym. 1998). Myös harjoituksen jälkeen sykevälivaihtelu on alentuneella tasolla joistakin minuuteista jopa vuorokausiin (Furlan ym. 1993; Seiler 2007). Sympaattisen hermoston aktiivisuus siis kasvaa ja vastaavasti parasympaattisen hermoston aktiivisuus vähenee akuutisti fyysisen sekä psyykkisen kuormituksen myötä. Harjoittelun ja palautumisen seurannassa voikin olla hyödyksi seurata autonomisen hermoston toimintaa, jotta välteään liiallinen suorituskykyä heikentävä ylikuormitus.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia sykevälivaihtelun sekä kestävyys suorituskyvyn välistä yhteyttä. Lisäksi vertaillaan voimaharjoituksen ja kestävyys harjoituksen aikaansaamia vasteita autonomisen hermoston säätelyssä sekä tutkitaan muuttuuko sykevälivaihtelu intensiivisen harjoitusjakson aikana.

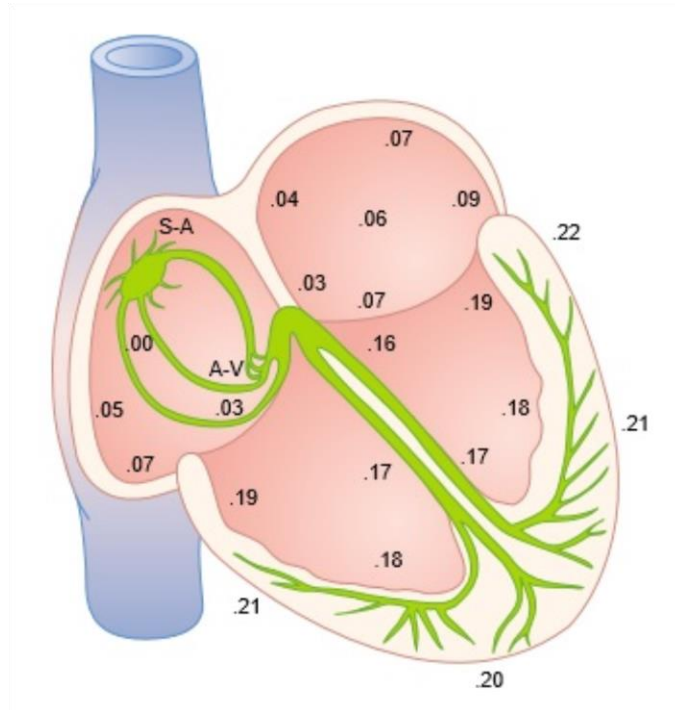
## 2 SYDÄN

### 2.1 Sydämen rakenne ja toiminta

Sydän on noin 300-350 gramman painoinen lihas, joka koostuu kahdesta erillisestä puoliskosta. Molemmat puoliskot koostuvat eteisestä sekä kammioista (Nienstedt ym. 2004, 186-187). Oikean eteisen tehtävänä on vastaanottaa laskimoveri eri puolilta kehoa, kun taas kammio vastaa vähähappisen veren pumppaamisesta keuhkoverenkiertoon. Vasen eteinen vastaanottaa hapekkaan veren keuhkoverenkierrosta ja kammio pumppaa sen edelleen aorttaa pitkin suureen verenkiertoon. (McArdle 2001, 304.) Sydän muodostuu pääosin kolmesta erillisestä lihaksesta, jotka ovat eteis- ja kammiolihakset sekä johtoratajärjestelmän lihakset (tahdistinsolut). Eteis- ja kammiolihakset supistuvat samaan tapaan kuin luurankolihasolut, mutta supistuksen kesto on huomattavasti pidempi. Tahdistinsolut supistuvat ainoastaan heikosti niiden pääasiallisen tehtävän ollessa rytmin osoittaminen sekä johtumisnopeuden määrittäminen. (Guyton & Hall 2011, 96.)

Sydänlihassolut ovat yhteydessä toisiinsa kytkylevyjen välityksellä. Tämä mahdollistaa aktiopotentiaalin kulun sydänlihassolusta toiseen nopeasti ja tehokkaasti. (Guyton & Hall 2011, 96.) Käytännössä sydänlihas toimii kuin yksi lihassolu. Eteisten lihassupistus on kestoaltaan noin 0,15 sekuntia ja kammioiden noin 0,3 sekuntia. (Nienstedt ym. 2004, 192.) Sydänlihaksen erikoispiirteenä on pitkä tasannevaihe depolarisaatiossa (Guyton & Hall 2011, 97). Samoin repolarisaatio on kestoaltaan vähintään 0,2 sekuntia, mikä on satakertainen aika luurankolihasoluihin verrattuna (Nienstedt ym. 2004, 192). Aktiopotentiaalin kulkeminen sydämen läpi on esitelty tarkemmin kuvassa 1.

Sydämen impulssinjohtojärjestelmä vastaa aktiopotentiaalin kuljettamisesta sydämen eri osiin. Sydämen toimintakierto alkaa spontaanisti syntyneestä aktiopotentiaalista sinussolmukkeessa. Sieltä aktiopotentiaali leviää eteisiin eteisjohtoratoja pitkin. Kammioiden puolelle aktiopotentiaali etenee ainoastaan eteis-kammiosolmukkeeseen kautta. Ennen kammioihin leviämistä aktiopotentiaali pysähtyy eteis-kammiosolmukkeeseen n. 0,1 s ajaksi mahdollistaen eteisten supistumisen ennen kammioita. Eteiskammiosolmukkeesta aktiopotentiaali etenee eteiskammiokimppua pitkin edelleen kammioihin ja kohti sydämen kärkeä sekä Purkinjen säikeitä. (Nienstedt 2004, 193.)



KUVA 1. Sydämen johtoratajärjestelmä ja aktipotentialin eteneminen. (Guyton & Hall 2011, 120)

Sydämen toimintakiertoa ja sähköistä toimintaa voidaan tallentaa EKG:n muodossa. EKG:ssä yksi sydämenlyönti muodostuu P-aallosta, QRS-kompleksista sekä T-aallosta. P-aalto kuvaa eteisten supistuksen alkua, QRS-kompleksi kammioiden supistuksen alkua ja T-aalto kammioiden repolarisaatiota. (Guyton & Hall 2011, 114.)

## 2.2 Sydämen toiminnan säätely

Sydämen toimintaa säädellään autonomisen hermoston sekä sen läpi virtaavan verimäärän kautta. Niin sanotun Frank Starlingin -lain mukaan kammioiden supistumisvoima on sitä suurempi, mitä suurempi on sydänlihasten venytys. Käytännössä siis sydämen iskutilavuus kasvaa laskimopaluun lisääntyessä. (McArdle 2007, 344.)

Sydämen toiminnan autonominen säätely tapahtuu sydänlihasta hermottavien hermojen kautta sekä veren kautta kulkevan kemiallisen viestinnän avulla. Sydämen toimintaa kyetään muuttamaan autonomisesti sekä sen sympaattisen, että parasympaattisen osan kautta. Parasympaattisia hermopäätteitä sijaitsee sydämen eteisissä, sinussolmukkeessa sekä eteiskammiosolmukkeessa.

(McArdle 2007, 330.) Näin ollen parasympaattisella hermostolla ei ole juuri vaikutusta sydämen kammioiden supistusvoimaan (McArdle 2007, 328). Sympaattisen hermoston hermopäätteitä sijaitsee sen sijaan edellä mainittujen lisäksi myös kammioissa (McArdle 2007, 330).

Sydämen parasympaattinen hermotus tulee 10. aivohermon, vagus-hermon kautta. Vagus-hermot vastaavatkin kaikkiaan 80 % koko elimistön parasympaattisista hermosoluista. Efferenttien vagaalisten hermojen stimulointi vapauttaa asetyylikoliinia, joka vaikuttaa sydämeen hidastamalla sen sykettä. (McArdle 2007, 328.) Tämä tapahtuu hyperpolarisoimalla tahdistinsoluja ja hidastamalla niiden depolarisaatiota. Lepotilassa vagaalinen säätely laskee sykkeen 60-80 lyöntiin minuutissa. Sydämen syke on riippuvainen sympaattisen ja parasympaattisen säätelyn välisestä tasapainosta. (Hainsworth 1998.)

Sympaattinen hermosto kiihdyttää sydämen sykettä kiihdyttämällä tahdistinsolujen depolarisaatiota. Sympaattinen efferentti hermotus lähtee selkäytimen intermediolateraalista kolumnista. (Hainsworth 1998.) Sympaattisen hermoston stimulointi aiheuttaa katekolamiinien, adrenaliinin ja noradrenaliinin vapautumista. Nämä kiihdyttävät sinussolmukkeeseen depolarisaatiota nostaten myös sydämen sykettä. Katekolamiinit vaikuttavat lisäksi sydänlihaksen supistusvoimaan kasvattaen sydämen eteenpäin pumppaamaa verimäärää. Maksimaalisen sympaattisen stimulaation myötä sydämen pumppausteho voi jopa tuplaantua. Sympaattinen stimulaatio aiheuttaa muutoksia myös verenkierron säätelyssä aiheuttaen vasokonstriktiota periferiassa. (McArdle 2007, 328.) Sympaattisen hermoston vaikutukset saavuttavat sydämen parasympaattista hitaammin, ja maksimaalisesti säätely voi tapahtua vasta 25-30 sekunnin kuluttua stimuluksen alusta (Hainsworth 1998).

Lepotilassa vagaalinen säätely on dominoivassa osassa. (Hainsworth 1998) Kevyen harjoituksen aikana sydämen syke nousee pääasiassa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta pienentämällä. Kovemmassa rasituksessa sykettä ja sydämen toimintaa kiihdytetään paitsi parasympaattista aktiivisuutta vähentämällä, myös sydämen sympaattista säätelyä kiihdyttämällä. Sydämen sykkeen nousu on suorassa suhteessa fyysisen aktiivisuuden intensiteettiin sekä keston. (McArdle 2007, 330.)



### 2.3 Sykevälivaihtelu

Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan sydämen lyöntivälien lyönnistä toiseen tapahtuvaa luonnollista vaihtelua. Yksinkertaisimmillaan mitataan esimerkiksi sydämen sykettä tietyllä hetkellä tai kahden sydämenlyönnin välistä aikaa. Sykevälivaihtelun on havaittu heijastavan melko selkeästi sydämen autonomista säätelyä. (Task force 1996.)

Sykevälivaihtelun mittaamiseksi ja arvioimiseksi on olemassa useita eri metodeja, joista yleisesti käytetään aikakenttämenetelmää sekä taajuuskenttämenetelmää. Aikakenttämenetelmää voidaan pitää näistä kahdesta yksinkertaisempana. NN-intervalleilla (normal-to-normal) tarkoitetaan kahden normaalin QRS-kompleksin välistä aikaa, joka alkaa sinussolmukkeen depolarisaatiosta. NN-intervallien keskimääräinen poikkeama voidaan analysoida SDNN-variaabelin avulla, joka on sykevälivaihteluiden neliöjuuri. Täytyy kuitenkin huomioida, että SDNN ei ole kaikissa tapauksissa kovin luotettava mittari, koska siihen vaikuttaa huomattavasti mittausjakson pituus. Edellä mainittujen ohella muita aikakenttämittareita ovat SDANN (keskimääräisten NN-intervallien keskijointa) sekä mahdollisesti kaikkein yleisimmin käytetty aikataajuusmenetelmä, RMSSD. RMSSD kuvaa onnistuneiden NN-intervallien keskimääräistä vaihtelua. (Task force 1996.)

Aikakenttämenetelmien lisäksi sykevälivaihtelua voidaan analysoida myös taajuuskenttämenetelmällä. Taajuuskenttämenetelmässä eritellään eri taajuuksilla tapahtuvaa sykevälivaihtelua. Taajuudet jaetaan yleisesti todella matalataajuiseen VLF ( $<0.04$  Hz), matalataajuiseen LF ( $>0.04-0.15$  Hz) sekä korkeataajuiseen HF ( $>0.15-0.4$  Hz). Eri taajuuksilla tapahtuva vaihtelu ilmaistaan tavallisesti absoluuttisena tehona ( $\text{ms}^2$ ), mutta LF ja HF voidaan ilmaista myös normalisoituina arvoina (n.u.). Taajuuskenttämenetelmien ongelmana on se, että ne eivät välttämättä ole kovin käyttökelpoisia tilanteissa, joissa sykearvot muuttuvat runsaasti mittausjakson aikana. Joka tapauksessa menetelmän on havaittu erittelevän autonomisen hermoston toimintaa aikakenttämenetelmää tarkemmin. (Task force 1996.)

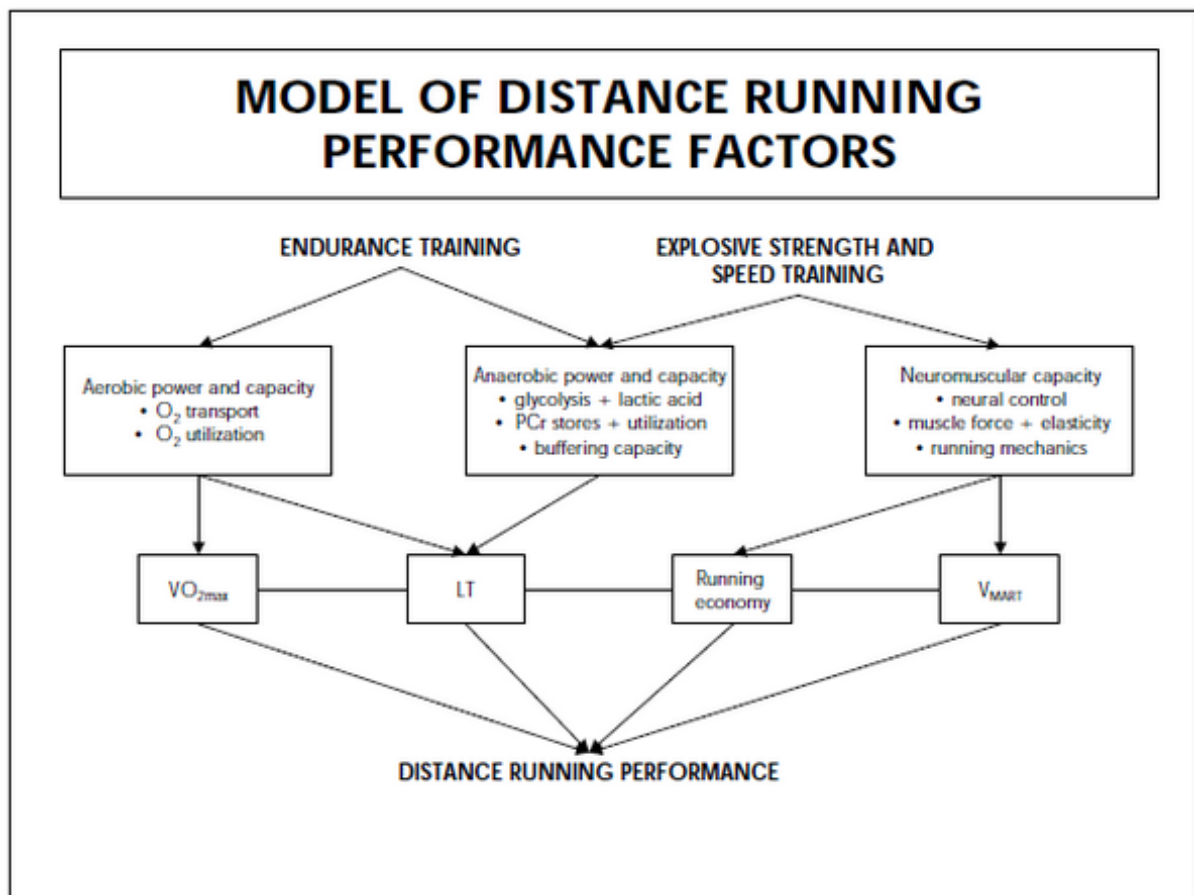
HF-komponenttiin vaikuttaa eniten vagaalinen aktiivisuus ja tämä on kyetty toteamaan melko luotettavasti erilaisissa lääketieteellisissä tutkimuksissa, joissa parasympaattinen säätely on blokattu. LF-komponenttiin vaikuttavista tekijöistä sitä vastoin on olemassa edelleen erimielisyyksiä. Joidenkin tutkimusten mukaan se kuvastaisi ainoastaan sympaattista säätelyä, mutta toisten tutkimusten mukaan se taas kuvastaisi sekä sympaattista että vagaalista aktiivisuutta.

Myöskään VLF- taajuudella tapahtuvan vaihtelun fysiologista taustaa ei vielä juurikaan tunneta. LF/HF –suhteen on sanottu heijastavan sympaattisen ja vagaalisen säätelyn tasapainoa. (Task force 1996.)

### 3 KESTÄVYYSHARJOITTELU

#### 3.1 Kestävyysuorituskyky

Kestävyysuorituskyky koostuu useista eri osatekijöistä. Paavolainen ym. (1999) jaottelivat kestävyysjuoksusuoritukseen vaikuttavat tekijät neljään suureen kokonaisuuteen. Nämä olivat maksimaalisen hapenottookyky, laktaattikynnystaso, juoksun taloudellisuus sekä maksimaalinen nopeus Mart-testissä (Kuva 2).



KUVA 2. Paavolaisen ym. (1999) malli kestävyysjuoksusuoritukseen vaikuttavista tekijöistä.

Pohdittaessa edelleen maksimaaliseen hapenottookykyyn vaikuttavia tekijöitä voi ne jaotella karkeasti hengityselinten toimintaan, maksimaaliseen minuuttitilavuuteen, hapenkuljetuskapasiteettiin sekä työskenteleviin lihaksiin. Lihastasolla vaikuttavia tekijöitä ovat kapillaarisuonten määrä, lihassolujakauma (1-tyyppi edullinen kestävyysurheilijoille), mitokondrioiden määrä ja koko sekä aerobisten entsyymien aktiivisuus. Sydän- ja verenkiertoelimistössä puolestaan vaikuttajia ovat hemoglobiinimassa, plasmavolyymi, sydämen iskutilavuus sekä maksimisyke.

Hengityselimistön osalta maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat happisaturaatio sekä keuhkojen diffuusiokapasiteetti. (Bompa & Haff 2009, 291.)

Hermolihasjärjestelmän osuutta kestävyysuorituskyvyssä ei auta väheksyä. Viime vuosina on julkaistu useita tutkimuksia voima- ja nopeusharjoittelun positiivisista vaikutuksista kestävyysuorituskykyyn (Häkkinen ym. 2002; Hoff ym. 2002; Taipale ym. 2014;). Voima- ja sprinttiharjoittelun hyödyt voidaan karkeasti jakaa hermostollisen kontrollin, lihasvoiman, elastisuuden sekä suorituksen mekaniikan kehittymiseen (Paavolainen ym. 1999; Bompa & Haff 2009, 290). Kestävyysurheilijoilla voimaharjoittelun on havaittu parantavan kestävyysuorituskykyä nimenomaan suorituksen taloudellisuuden kautta ilman kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä (Millet ym. 2002). Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi myös kehon antropometria voi vaikuttaa suorituksen taloudellisuuteen ja tätä kautta edelleen kestävyysuorituskykyyn (Bompa & Haff 2009, 290).

### **3.2 Intervalliharjoittelu**

Kestävyysuorituksen myötä voidaan sydän- ja verenkiertoelimistössä aikaansaada lukuisia positiivisia adaptaatioita. Verenkiertoon liittyen plasmatilavuus sekä punasolumassa lisääntyvät ja tätä kautta myös kokonaisveritilavuus kasvaa. Sydämeen liittyen sen iskutilavuus ja supistusvoima kasvavat, loppudiasistolinen volyymi suurenee, laskimopaluu lisääntyy sekä erityisesti vasen kammio suurenee. Edellä mainittujen adaptaatioiden kautta maksimaalinen minuuttitilavuus kasvaa ja verenkierto aktiivisissa lihaksissa lisääntyy. (McArdle 2007, 461.)

Viimeaikaisissa tutkimuksissa intervalliharjoittelun on havaittu mahdollisesti kehittävän kestävyysuorituskykyä perinteistä tasavauhtista harjoittelua paremmin (Helgerud ym. 2007). Intervalliharjoituksissa eripituiset korkeaintensiteettiset sekä matalaintensiteettiset jaksot vuorottelevat. Korkeaintensiteettiset jaksot tehdään yleensä laktaattikynnyksellä tai sen yläpuolella. Vetojen välissä palautuminen voidaan tehdä joko aktiivisesti tai passiivisesti. (Bompa & Haff 2009, 302.) Vedot voivat olla kestoaltaan kymmenistä sekunneista useisiin minuutteihin (Bompa & Haff 2009, 302-304). Helgerudin ym. (2007) tutkimuksessa intervalliharjoittelu kehitti maksimaalista hapenottokykyä paremmin kuin tasavauhtiset harjoitukset. Hapenottokyvyn kehittyminen oli yhteydessä iskutilavuuden suurenemiseen, joten korkeaintensiteettinen intervalliharjoittelu kehittää suorituskykyä todennäköisesti nimenomaan sydämessä tapahtuvien adaptaatioiden kautta. Mielenkiintoinen havainto tutkimuksessa oli, että kestävyysuoritteluun yleisesti

yhdistetyistä adaptaatioista veritilavuuden sekä hemoglobiinimassan kasvu olivat kuitenkin suurinta matalaintensiteettisillä harjoitteluryhmillä. (Helgerud ym. 2007.)

Seiler ym. (2011) tutkivat eripituisten intervalliharjoitteiden vaikutusta kestävyysuorituskykyyn. Harjoitusryhmät harjoittelivat 7 viikon ajan kaksi intervalliharjoitusta viikossa. Suurimmat parannukset VO<sub>2</sub>peakin sekä testin maksimitehon osalta aikaansai 4x8min intervalliryhmä. Myös 4x16min sekä 4x4min intervalliryhmä paransivat maksimihapenottotestin tuloksiaan. Tutkimuksen valossa vaikuttaa siis siltä, että vaikka 4x4min suoritettaisiin suhteessa kovemmalla intensiteetillä maksimista (95 % vs. 90 %), voi suurempi kokonaistyömäärä mahdollistaa myös suuremmat adaptaatiot. (Seiler ym. 2011.)

### **3.3 Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu**

Kestävyys- ja voimaharjoittelu on toisinaan saatettu mieltää vastakkaisina sekä toisiaan haittaavina harjoitusmuotoina. Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun hyödyistä kestävyysurheilijoille on kuitenkin olemassa melko vakuuttavaakin tutkimusnäyttöä jo viime vuosituhanen puolelta. Paavolaisen ym. (1999) tutkimuksessa suunnistustaustaiset koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään. Toinen ryhmä harjoitteli normaalin kestävyysharjoittelun ohessa lajinomaista räjähtävää voimaharjoittelua. Toinen ryhmä harjoitteli kestävyysharjoitukset samoin kuin verrokiryhmä, mutta voimaharjoitukset olivat kuntopiirityyppisiä. Harjoitusmäärät molemmilla ryhmillä olivat 9 viikon jakson aikana yhtäläiset. Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu-ryhmä paransi 5 kilometrin juoksu-aikaa merkittävästi harjoitusjakson aikana (3 %). Lisäksi submaksimaalisen steady state -testin taloudellisuus sekä Mart-testin maksimaalinen nopeus paranivat. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei havaittu vastaavia muutoksia, jonka perusteella voidaan epäillä tulosten parantuneen suorituksen taloudellisuuden kehittymisen kautta. Tämä tukee teoriaa, jonka mukaan ainoastaan maksimaaliseen hapenottokykyyn liittyvät tekijät eivät vaikuta kestävyysuorituskykyyn, vaan myös esimerkiksi lihaksen tehontuotto voi olla tärkeä osatekijä. (Paavolainen ym. 1999.)

Sittemmin tutkimuksia yhdistetystä voima- ja kestävyysharjoittelusta on tehty runsaasti. Yleisesti ottaen yhdistetyn voima- kestävyysharjoittelun on havaittu parantavan kestävyysuorituskykyä nimenomaan suorituksen taloudellisuuden kautta, ilman kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä (Millet ym. 2002). Taipaleen ym. (2014) tutkimuksessa kahdeksan viikon mak-

simivoiman sekä räjähtävän voiman harjoittelu yhdistettynä alle laktaattikynnyksen tapahtuvaan kestävyysharjoitteluun kehitti voimaa sekä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä. Kestävyysuorituskyvyn osalta vvo2max ja suorituksen taloudellisuus paranivat enemmän verrattuna ainoastaan kuntopiiri- ja kestävyysharjoitteluisiin. Lisäksi maksimi- ja räjähtävää voimaa harjoitteluiden veren laktaattipitoisuus sekä syke alenivat submaksimaalisella juoksunopeudella. Hermolihasjärjestelmän osalta kehitystä tapahtui räjähtävän voiman, maksimivoiman sekä lihasaktivaation osalta. (Taipale ym. 2014.)

Hoffin ym. (2002) tutkimuksessa 19 maastohiihtäjää jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen harjoitteli kestävyysharjoittelun ohessa kolme kertaa viikossa tasatyöntöliikettä stimuloivalla cable pulley -laitteella maksimivoimaharjoittelua. Maksimivoimatasot sekä voimantuottonopeus submaksimaalisella tasolla paranivat merkittävästi. Tasatyöntöergometrillä väsymykseen asti suoritettussa testissä maksimivoimaa harjoitellut koeryhmä paransi aikaansa 20,5 % kontrolliryhmään verrattuna. Lisäksi suorituksen taloudellisuus parani huomattavasti. (Hoff ym. 2002.)

Häkkinen ym. (2002) totesivat, ettei yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu välttämättä häiritse voiman ja lihasmassan kehittämistä harjoitusmäärien ollessa pieniä (2 voimaharjoitusta + 2 kestävyysharjoitusta viikossa) 21 harjoitusviikon aikana. Voimaharjoittelu koostui sekä maksimivoima että räjähtävästä voimaharjoittelusta. Sekä ainoastaan voimaharjoitellut ryhmä että kestävyys- ja voimaharjoitellut ryhmä paransivat 1RM tuloksiaan voimatesteissä. Lisäksi lihasaktiivisuus sekä lihassolujen keskimääräinen pinta-ala kasvoivat. Kestävyys- ja voimaharjoitellut ryhmä kehitti maksimaalista hapenottokykyään 18,5 %. Voimantuottonopeus sitä vastoin kasvoi ainoastaan voimaharjoitteluryhmällä. Tutkimuksen valossa saattaa siis olla, että kestävyysharjoittelu häiritsee nopean voimantuoton kehittymistä. (Häkkinen ym. 2002.)

## **4 FYYSISEN KUORMITUKSEN AKUUTIT JA PITKÄKESTOISET VAIKUTUKSET SYKEVÄLIVAIHTELUUN**

### **4.1 Sykevälivaihtelun akuutit vasteet fyysiseen kuormitukseen**

Fyysinen kuormitus aiheuttaa akuutisti muutoksia sykevälivaihtelussa. Harjoittelun aikana sykevälivaihtelu vähenee miltei olemattomiin intensiteetin kohotessa yli 50 % tasolle maksimaalisesta hapenottokyvystä (Tulppo ym. 1998). Myös fyysisen kuormituksen jälkeen sykevälivaihtelun on havaittu pysyneen alentuneena joistakin minuuteista aina kahteen vuorokauteen (Furlan ym. 1993; Seiler ym. 2007). Suorituksen jälkeinen RPE sekä EPOC ovat korrelloineet negatiivisesti TP-arvoon, kuten myös RPE harjoituksen jälkeiseen HF-arvoon (Kaikkonen ym. 2012). Kaikkosen ym. (2008) tutkimuksessa sykevälivaihtelumuuttujien nopea palautuminen tapahtui ensimmäisen kahden minuutin kuluttua harjoituksesta, jonka jälkeen arvojen palautuminen kohti perustasoa hidastui. Korkeaintensiteettisen harjoituksen jälkeen HF:n osalta ei puolestaan tapahtunut lainkaan merkittävää palautumista ensimmäisen viiden minuutin kuluttua harjoituksesta. (Kaikkonen ym. 2008.)

Edelleen on hieman kiistanalaista vaikuttaako sykevälivaihtelun palautumiseen enemmän suorituksen intensiteetti vai fyysisen työn kokonaismäärä. Kaikkosen ym. (2007) tutkimuksessa intensiteetin vaikutus HF- sekä TP-arvoon oli selkeä koko 30 minuutin palautumisen ajan. Matkan tuplaaminen matala- ja keski-intensiteettisellä teholla sen sijaan ei hidastanut sykevälivaihtelun palautumista. Tosin myöskään veren laktaattipitoisuus, hapenkulutus tai RPE eivät nousseet. Harjoitusmatkaa edelleen pidennettäessä voisi olla mahdollista, että stressihormonitasot nousisivat ja voisivat aiheuttaa erilaisen vasteen harjoituksen jälkeiselle sydämen autonomiselle säätelylle. (Kaikkonen ym. 2007.)

Seilerin ym. (2007) tutkimuksessa laktaattikynnyksellä sekä sen yläpuolella tehty harjoittelu viivästytti selvästi autonomisen hermoston palautumista. Toisaalta laktaattikynnykseltä intensiteetin nosto 95 % tasolle maksimaalisesta hapenottokyvystä ei muuttanut reaktioita sykevälivaihtelussa. Puolestaan alle kynnyksen tapahtuneen harjoittelun jälkeen sykevälivaihtelun muuttajat olivat palanneet lepotasolle jo viiden minuutin kuluttua harjoituksesta. Samassa tutkimuksessa verrattiin kokeneiden kestävyysliikkujien sekä vähemmän aktiivisten vasteita eri harjoituksiin. Kokeneilla kestävyysliikkujilla parasympaattisen hermoston palautuminen oli

merkittävästi nopeampaa korkeaintensiteettisen intervalliharjoituksen jälkeen verrattuna vähemmän liikkuneisiin. Palautuminen viivästyí vähemmän aktiivisilla 60-90 minuuttia verrattuna kokeneisiin kestävyysliikkujiin. (Seiler ym. 2007.)

Mourot`n ym. (2004) tutkimuksessa sykevälivaihtelua seurattiin pidempiaikaisesti kuormituksen päätyttyä. Ensimmäisen tunnin aikana sympaattinen säätely oli dominoivaa. Korkeaintensiteettinen harjoitus aiheutti suuremman laskun parasympaattisessa säätelyssä ensimmäisen tunnin aikana verrattuna matalaintensiteettisen. Sympaattisen aktiivisuuden määrä harjoituksen aikana voi mahdollisesti selittää tämän eron. 24 tunnin kuluessa harjoituksesta autonomisen hermoston säätely oli kuitenkin palautunut perustasolle harjoituksen intensiteetistä huolimatta. Mourot ym. (2004) ehdottavatkin, että nimenomaan sykevälivaihtelun pitkäaikaisessa säätelyssä fyysisen työn kokonaismäärä voi olla intensiteettiäkin merkittävämpi vaikuttaja. (Mourot ym. 2004.)

Myllymäen ym. (2012) tutkimuksessa harjoituksen intensiteetti nosti yöllistä sykettä kontrollipäivään verrattuna, muttei vaikuttanut sykevälivaihteluun. Eri harjoituksista korkein intensiteetti oli tosin ainoastaan 75 % maksimaalisesta hapenottokyvystä, joten voi olla, ettei intensiteetti ollut riittävä aiheuttaakseen pidempiaikaisia muutoksia autonomisen hermoston säätelyssä.

## **4.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset sykevälivaihteluun**

Kiinnostus kestävyysharjoittelun vaikutuksista autonomisen hermoston säätelyyn sekä sen yhteydestä harjoitusvasteeseen on kasvanut menetelmien kehityttyä. Kestävyysharjoittelun aiheuttamista muutoksista sydämen toiminnan säätelyssä löytyykin melko vankkaa tutkimusnäyttöä. On kuitenkin havaittu, että paljon harjoitelleilla ja kestävyysliikkujiilla sykevälivaihtelu korreloi huonosti aerobisen kunnan kanssa (Lee 2012). Samaan tulokseen päätyivät myös Manzi ym. (2009) todeten, että tällä väestöryhmällä sykevälivaihtelu ei välttämättä kerro kovin hyvin muutoksista autonomisen hermoston toiminnassa.

Toisenlaisiakin tutkimustuloksia toki löytyy. Da Silvan (2013) tutkimuksessa kyettiin parasympaattisen hermoston aktiivisuuden avulla ennustamaan melko hyvin viiden kilometrin maksimaalinen juoksusuoritus. Da Silvan (2013) mukaan sykevälivaihtelumittaukset voivatkin mahdollistaa adaptaatioiden seurannan korkeatasoisilla juoksijoilla.



Harjoittelututkimuksista Melansonin ja Freedsonin (2001) tutkimuksessa 12 viikon harjoitusjakson aikana HF-arvo sekä rMSSD olivat nousseet selkeästi lähtötasosta. Samanaikaisesti maksimaalinen hapenottokyky parani ryhmällä 13,8 %. Lisäksi kaikki harjoitusjaksoa edeltäneet sykevälivaihtelumuuttujat olivat yhteydessä aerobisen suorituskyvyn kehitykseen.

Hautalan ym. (2003) tutkimuksessa koehenkilöiden lepotason sykevälivaihtelusta 24 tunnin ajalta analysoitu HF-arvo oli yhteydessä harjoitusjakson aikana saavutettuun kestävyysharjoitteluvasteeseen. Samoin Vesterinen ym. (2013) havaitsivat lähtötason sykevälivaihtelun sekä kestävyys suorituskyvyn kehityksen välisen yhteyden. Yhteys havaittiin tosin ainoastaan korkeaintensiteettisen harjoittelun jälkeen.

Harjoittelun rytmittämistä sykevälivaihtelun avulla on myös tutkittu. Kiviniemi ym. (2007) kontrolloivat koehenkilöiden harjoittelua siten, että päivittäin tehdyn ortostaattisen kokeen HF-arvon laskiessa referenssiarvon alapuolelle tai laskiessa kahtena peräkkäisenä päivänä  $>0,1$  In ms<sup>2</sup> harjoitusstimulusta laskettiin. Maksimaalinen hapenottokyky sekä mattotestin maksiminopeus paranivat sykevälikontrolloidulla ryhmällä enemmän verrattuna kontrolliryhmään sekä perinteisesti ohjelmoidusti harjoitelleeseen. Optimaalisen jaksottamisen kannalta voikin olla eduksi rytmittää intensiivisten harjoitusten ajankohta elimistön autonomiseen säätelyyn perustuen. Samoin on tärkeää tiedostaa, että vagaalisen säätelyn vähentyessä voi usein olla hyödyllistä pienentää myös harjoitusstimulusta. (Kiviniemi ym. 2007.)

Sykevälivaihtelun eri muuttujien kasvaminen voi olla merkki positiivisesta adaptaatiosta sekä harjoitusvaikutusten synnystä (Plews 2013). Toisaalta suurivolyyminen harjoittelu voi aiheuttaa vagaalisen säätelyn pienenemistä sekä sympaattisen säätelyn kasvamista (Iellamo ym. 2002; Manzi ym. 2009). Iellamo ym. havaitsivat HF:n pienenevän maailmanluokan soutajilla kovan harjoitusjakson aikana. Manzi ym. (2009) havaitsivat positiivisen korrelaation harjoitusmäärien sekä LF/HF:n välillä ehdottaen harjoitusmäärien mahdollisesti kasvattavan autonomisen hermoston sympaattista säätelyä. Sekä Manzi (2009) että Plews (2013) spekuloiivat tämän heijastuvan neuraalisesta adaptaatiosta, joka valmistaisi urheilijaa paremmin kohtaamaan harjoittelun fysiologiset vaatimuksia.

Manzi ym. (2009) havaitsivat positiivisen yhteyden HF-indeksin sekä maratonajan välillä. LF-indeksin ja maratonajan välillä yhteys puolestaan oli negatiivinen. Näin ollen siirtyminen parasympaattisesta aktiivisuudesta sympaattiseen aktiivisuuteen kasvaneen harjoituskuorman vuoksi oli yhteydessä parempaan maratonaikaan. Tärkeää on kuitenkin huomioida, että sykevälivaihtelu oli mitattu 20 päivää ennen maratonia, minkä vuoksi tutkimuksessa ei voitu huomioida parasympaattisessa hermostossa mahdollisesti tapahtuvaa rebound -effektia herkistelyn aikana. Atlaoui ym. (2007) mukaan parasympaattisen hermoston aktiivisuus vähenee kovan harjoitusjakson aikana, mutta palaa kuitenkin takaisin perustasolle harjoittelua riittävästi kevenettäessä.

### **4.3 Voimaharjoittelun vaikutukset sykevälivaihteluun**

Voimaharjoittelun aiheuttamia muutoksia autonomisen hermoston säätelyssä ei ole tutkittu yhtä paljoa kuin kestävyysharjoittelun osalta. On kuitenkin havaittu, että myös voimaharjoittelun jälkeen autonomisen hermoston säätely ei ole välittömästi lepotasolla. Kingsleyn ym. (2010) tutkimuksessa parasympaattinen säätely oli palannut lepotasolle 20 minuutin kuluttua jalkojen voimaharjoituksesta. Koehenkilöt olivat naisia, joista osalla oli diagnosoitu fibromyalgia. Kahdentoista viikon harjoittelujakson jälkeen koehenkilöillä ei havaittu muutoksia harjoituksen jälkeisissä tai lepotason sykevälivaihteluissa (Kingsley ym. 2010). Myöskään Forten ym. (2003) tutkimuksessa voimaharjoittelu ei muuttanut ikääntyneillä naisilla lepotason sykevälivaihtelua, vaikka harjoitusjakso paransi voima- ja teho-ominaisuuksia.

Kuten kestävyysharjoituksissa, myös voimaharjoituksissa intensiteetti vaikuttaisi olevan yhteydessä harjoituksen jälkeiseen autonomisen hermoston säätelyyn. Rodrigues de Andrade Liman ym. (2011) tutkimuksessa keski- ja ylävartalon voimaharjoituksen jälkeen sympaattisen hermoston säätely kasvoi ja parasympaattinen säätely vastaavasti pieneni. Korkeaintensiteettisillä harjoituksilla havaittiin olevan suurempi vaikutus edellä mainittuihin responsseihin.

Karavirta ym. (2013) tutkivat yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksia sykemuuttujiin harjoituksen aikana sekä levossa. Pelkästään kestävyysharjoitelleilla sykkeet aleniivat submaksimaalisessa harjoituksessa sekä HF-arvo nousi. Voima- ja kestävyysharjoitelleilla ei havaittu kumpaakaan näistä positiivisista adaptaatioista. Koehenkilöt olivat terveitä keski-

ikäisiä naisia ja harjoitus suoritettiin steady-state tasolla. Voikin siis olla, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu ei aiheuta vastaavia muutoksia sydämen toiminnan säätelyssä verrattuna pelkkään kestävyysharjoitteluun. (Karavirta 2013.)

## 5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää intensiivisen yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoitusjakson vaikutuksia tutkittavien sykevälivaihteluun. Tutkimuksessa seurataan sykevälivaihtelussa tapahtuvia muutoksia harjoitusjakson edetessä. Lisäksi vertaillaan voima- ja kestävyysharjoitusten jälkeistä sykevälivaihtelua sekä tutkitaan löytyykö kestävyysuorituskyvyn kehityksen sekä sykevälivaihtelun väliltä yhteyttä.

### Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

**Tutkimuskysymys 1:** Muuttuuko harjoituksen jälkeinen sykevälivaihtelu intensiivisen yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitusjakson aikana?

**Hypoteesi 1:** Harjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu pienenee harjoitusjakson aikana.

**Teoriatausta 1:** Iellamo ym. (2002) havaitsivat HF:n pienenevän maailmanluokan soutajilla kovan harjoitusjakson aikana. Samoin Manzi ym. (2009) havaitsivat positiivisen korrelaation harjoitusmäärien sekä LF/HF:n välillä ehdottaen suuren harjoituskuorman mahdollisesti kasvattavan autonomisen hermoston sympaattista säätelyä.

**Tutkimuskysymys 2:** Eroaako kestävyysharjoituksen jälkeinen sykevälivaihtelu voimaharjoituksen jälkeisestä?

**Hypoteesi 2:** Kestävyysharjoituksen jälkeen sykevälivaihtelu on pienempää kuin voimaharjoituksen jälkeen.

**Teoriatausta 2:** Kingsleyn ym. (2010) tutkimuksessa sykevälivaihtelu oli palannut alaraajojen voimaharjoituksen jälkeen lepotasolle jo 20 minuutin kuluttua harjoituksesta. Raskaan kestävyysharjoituksen jälkeen sykevälivaihtelun on havaittu pysyneen alentuneena jopa kaksi vuorokautta (Furlan ym. 1993)

**Tutkimuskysymys 3:** Voiko harjoituksen jälkeisen sykevälivaihtelun avulla arvioida harjoitusjakson aikaista kestävyysuorituskyvyn kehitystä?

**Hypoteesi 3:** Harjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu korreloi positiivisesti kestävyysuorituskyvyn kehityksen kanssa.

**Teoriatausta 3:** Da Silvan (2013) tutkimuksessa kyettiin lepotason parasympaattisen hermoston aktiivisuuden avulla ennustamaan melko hyvin viiden kilometrin maksimaalinen

juoksuosuoritus. Samoin Hautalan ym. (2003) sekä Vesterisen ym. (2013) tutkimuksissa koehenkilöiden lepotason sykevälivaihtelu oli yhteydessä harjoitusjaksojen aikana saavutettuun kestävyysosuorituskyvyn kehitykseen. On hyvin mahdollista, että sama yhteys pätee myös harjoitusten jälkeisiin sykevälivaihteluihin.

## 6. MENETELMÄT

### 6.1 Tutkittavat

Tämä tutkimus ja sen tutkittavat olivat osa Ritva Taipaleen johtamaa liikuntabiologian laitoksen laajempaa projektia yhdistetystä intensiivisestä voima- sekä intervalliharjoittelusta. Tutkimukseen osallistumiskriteereinä tutkittavien tuli olla terveitä 18-40-vuotiaita, painoindeksin piti olla  $< 30 \text{ kg/m}^2$  sekä Cooperin testin tuloksen  $>2300$  metriä. Tutkimukseen rekrytoiduista kaikkiaan 40 vapaaehtoisesta tutkittavasta sykevälivaihtelumittauksiin osallistui 9 tutkittavaa, joista 7 oli naisia ja 2 miehiä. Tutkittavien tarkemmat tiedot on esitetty taulukossa 1. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät hyväksyttiin Jyväskylän yliopiston eettisen lautakunnan toimesta.

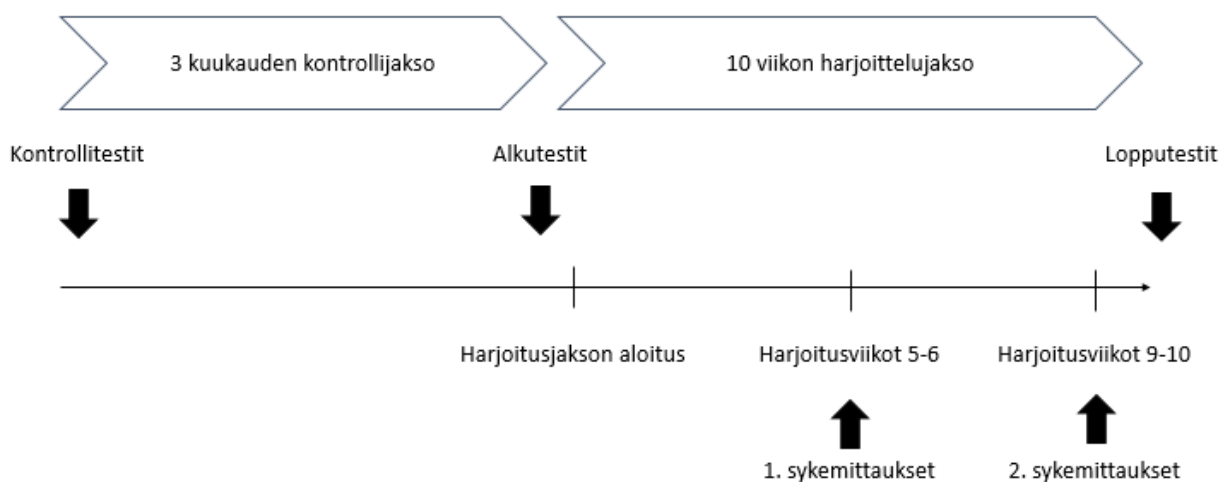
**TAULUKKO 1.** Tutkittavien taustatiedot harjoitusjakson alussa.

<b>KH</b>	<b>Ikä</b>	<b>VO2max ml/kg/min</b>	<b>Pituus cm</b>	<b>Paino kg</b>	<b>BMI</b>
<b>01</b>	37	49.4	180	85	26.2
<b>02</b>	30	46.7	174	63	20.8
<b>03</b>	38	47.5	174	64	21.1
<b>04</b>	34	41.9	168	61	21.6
<b>05</b>	29	41.4	166	62	22.5
<b>06</b>	27	35.3	168	73	25.6
<b>07</b>	25	44.9	172	64	21.6
<b>08</b>	28	43.9	170	66	22.8
<b>09</b>	29	52.3	185	75	21.9
<b>Keskiarvo</b>	<b>30.8 ± 4.8</b>	<b>44.8 ± 5.0</b>	<b>173 ± 6.2</b>	<b>68.1 ± 8.0</b>	<b>22.7 ± 2.0</b>

### 6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus ja sykevälivaihtelumittaukset olivat osa suurempaa liikuntabiologian laitoksen tutkimusta yhdistetystä voima- ja kestävyysharjoittelusta. Kymmenen viikon harjoitusjakso toteu-

tettiin syksyn 2014 aikana. Tutkimuksessa selvitettiin yhdistetyn intensiivisen voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn sekä voimamuuttujiin. Jo ennen varsinaista harjoitusjaksoa tutkittavilla oli kolmen kuukauden kontrollijakso, jolloin he saivat liikua tavanomaisesti. Voima- ja kestävyysominaisuuksia mitattiin ennen kontrollijaksoa, ennen harjoitusjaksoa sekä harjoitusjakson jälkeen. Harjoitusjakso alkoi osin porrastetusti syyskuun aikana ja päättyi marras-joulukuussa. Sykevälivaihtelua mitattiin harjoitusjakson puolivälissä harjoitusviikkojen 5-6 aikana sekä harjoitusjakson lopussa harjoitusviikkojen 9-10 aikana. (KUVA 3)



KUVA 3. Tutkimusasetelma aikajanalla kuvattuna.

### 6.3 Harjoittelu

Tutkittavien harjoittelu koostui voima- sekä kestävyysharjoittelusta. Varsinainen harjoitusjakso oli kestoaltaan 10 viikkoa. Harjoitusviikot sisälsivät kaksi voimaharjoitusta sekä kaksi kestävyysharjoitusta lukuun ottamatta kevennettyjä 5:ttä ja 10:ttä harjoitusviikkoa, jolloin toinen kestävyysharjoituksista jätettiin pois. Harjoitusohjelmat ovat luettavissa yksityiskohtaisemmin liitteissä 1,2,3,4,5 ja 6.

Voimaharjoittelu koostui yhdistetystä maksimaalisen sekä räjähtävän voiman harjoittelusta. Voimaharjoittelua tehtiin niin ylä- kuin alavartalollekin. Lisäksi harjoituksiin oli yhdistetty keskivartaloharjoitteita, koska nämä ovat tyypillisesti osa urheilijoiden tavanomaista harjoittelua. Yksi harjoitusviikko piti sisällään kaksi hieman eri liikkeitä sisältävää voimaharjoitusta.

Kestävyysharjoittelu tutkittavilla koostui kahdesta erilaisesta intervalliharjoituksesta. Molemmat harjoituksista suoritettiin juosten. Ensimmäinen harjoitus oli 4x4min 85-90 % tasolla maksimisykkeestä 4 minuutin aktiivisella palautuksella. Toinen harjoituksista puolestaan oli 3x3x100m nopeusharjoitus 90 % tasolla maksiminopeudesta 2 minuutin vetojen välisellä sekä 5 minuutin sarjojen välisellä palautuksella. Näiden harjoitusten lisäksi tutkittavien suositeltiin tekemään kerran viikossa 1-2 tunnin peruskestävyysharjoitus. Myös varsinaisen harjoitusohjelman ulkopuolinen fyysinen aktiivisuus oli sallittua harjoitusjakson aikana, mutta tutkimuksen harjoitukset tuli aina tehdä palautuneessa tilassa.

#### **6.4 Aineiston keruu ja mittaukset**

Tutkittavien voima- ja kestävyysominaisuuksia testattiin ennen harjoitusjaksoa sekä sen jälkeen. Tässä tutkimuksessa käytettävistä testeistä tutkittavat suorittivat maksimaalisen hapenotokyvyn testin sekä 3000 metrin juoksutestin.

3000 metrin kenttätesti juostiin Hipposhallissa 200 metrin sisäradalla pienryhmissä. Juoksusta otettiin väliajat jokaiselle kilometrille. Lisäksi juoksijat saivat kuulla väliaikansa erikseen jokaisella kierroksella. Juoksuaika mitattiin sekuntikellolla.

Maksimaalisen hapenotokyvyn testi tehtiin juoksumatolla juosten. Kontrolli- ja alkumittauksen mattona toimi OJK-1 (1989, Telineyhtymä Kotka) ja loppumittausten mattona OJK-KOMI (0402/73, Telineyhtymä Kotka Finland). Testin kuormitusmallissa juostiin kolmen minuutin kuormia uupumukseen asti. Lähtönopeus tutkittavilla oli kuntotasosta riippuen 7-9 km/h. Maton kulma oli koko testin ajan 1 aste. Maton nopeutta nostettiin 1 km/h kolmen minuutin välein. Kuormien välissä tutkittavilta otettiin sormenpääverinäyte, jolloin matto pysäytettiin noin 15-20 sekunnin ajaksi. Sormenpääverinäytteestä analysoitiin veren laktaattipitoisuudet. Laktaattianalyysiä varten käytettiin Biosen S\_line Lab+ laktaattianalyysiaattoria (EKF Diagnostic, Magdeburg, Germany). Hengityskaasut puolestaan analysoitiin Oxycon Mobile -hengityskaasuanalyysiaattorilla (Jaeger, Hoechberg, Germany). Maksimaalinen hapenotokyky määritettiin korkeimman 60 sekunnin keskiarvon pohjalta.



Tutkittavien sykevälivaihtelua mitattiin harjoitusjakson puolivälissä sekä lopussa. Puolivälin mittaukset suoritettiin harjoitusviikkojen 5 ja 6 aikana ja jälkimmäiset mittaukset harjoitusviikkojen 9 ja 10 aikana. Lisäksi harjoitusjakson jälkeen mitattiin sykevälivaihtelua yhdeltä lepo-yöltä, koska kontrollimittausta ei voitu aikataulullisista syistä tehdä ennen harjoitusjaksoa. Sykemittareina käytettiin Suunnon Memory Belt-vyötä sekä t6-mittaria. (Suunto, Vantaa, Finland)

Sykevälivaihtelua mitattiin tutkittavilta välittömästi harjoituksen jälkeen sekä harjoituksen jälkeisenä yönä. Kontrollimittaukset suoritettiin ennen harjoitusta. Kontrollimittauksissa tutkittavat istuivat ensin 5 minuuttia, jonka jälkeen he menivät makuuasentoon 10 minuutin ajaksi. Sykevälivaihtelua mitattiin makuujakson ajan. Harjoituksen jälkeiset mittaukset tehtiin kontrollimittausten tapaan liikuntabiologian laitoksen laboratoriossa. Harjoitukset, joiden jälkeen mittaukset suoritettiin, olivat 4x4min intervalliharjoitus sekä toinen viikon voimaharjoituksista. Tutkittavat ohjeistettiin tulemaan välittömästi harjoituksen jälkeisen 10 minuutin loppuverryttelyn jälkeen mittaustilaan. Siirtymä harjoituksen lopusta mittauksen alkuun kesti tutkittavilta harjoituksesta riippuen 2-3 minuuttia. Itse mittauksessa tutkittava oli selällään makuuasennossa kymmenen minuutin ajan.

Sykevälivaihtelun yökeräykset tutkittavat suorittivat omatoimisesti kotioloissaan. Tutkittavia ohjeistettiin laittamaan sykemittari päälle mennessään nukkumaan, ja ottamaan se pois herätessä.

Sykemittareilla kerätty syke data syötettiin ensin Suunnon Training Manager -ohjelmaan, jossa data muutettiin Firstbeat Sports sykeanalyysiohjelmaksi tukevaan muotoon. Varsinaiset sykevälivaihteluanalyysit tehtiin Firstbeat Sports 4.0 -ohjelmalla (Firstbeat Technologies Ltd., Jyväskylä, Finland). Ohjelma analysoi mittauksista lukuisia eri muuttujia, joista tässä työssä käytettiin sykettä, HF-arvoa, LF-arvoa sekä TP-arvoa. Tulokset analysoitiin Excel-ohjelmalla, jossa sykemuuttujista laskettiin keskiarvot. Päivän kontrollimittauksista sekä harjoituksen jälkeisistä mittauksista analysoitiin 10 minuutin keskiarvot. Yömittauksista analysoitiin mittauksen alkamisesta neljännen tunnin keskiarvo. Mittausaineistosta poistettiin Excel:ssä manuaalisesti virheelliset kohdat (AbsoluteStressVector = 0). Eri mittauskerroista myöhemmin käytettävät lyhenteet on esiteltyinä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Mittauskerroista käytetyt lyhenteet sykevälivaihtelumittauksissa.

<b>MITTAUS</b>	<b>SELITE</b>
<b>PostKestävyys</b>	Välittömästi 4x4min intervalliharjoituksen jälkeen tehty 10 min mittaus.
<b>YöKestävyys</b>	4x4min intervalliharjoitusta seuranneen yön mittaus.
<b>PostVoima</b>	Välittömästi voimaharjoituksen jälkeen tehty 10min mittaus.
<b>YöVoima</b>	Voimaharjoitusta seuranneena yönä tehty mittaus.
<b>YöCTRL</b>	Viikko harjoitusjakson päättymisen jälkeen mitattu kontrollimittaus lepopäivän jälkeiseltä yöltä.
<b>PäiväCTRL</b>	Ennen harjoitusta lepotilassa mitattu 10min kontrollimittaus.
<b>Mittaukset1</b>	Mittaukset tehty harjoitusjakson viikoilla 5-6.
<b>Mittaukset2</b>	Mittaukset tehty harjoitusjakson viikoilla 9-10.

## 6.5 Tilastolliset menetelmät

Saadut tulokset analysoitiin IBM SPSS Statistics 22 -ohjelmalla. Ennen analyysia sykevälivaihtelun taajuusmuuttujat (HF, LF, TP) muunnettiin absoluuttisista arvoista (ms<sup>2</sup>) luonnolliseen logaritimuotoon, jotta aineisto saatiin normaalisti jakautuneeksi. Aineiston normaalijakautuneisuus tarkistettiin Shapiro-Wilkinsin testillä. Kestävyystestien ja sykemuuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Yksi muuttuja, joka ei ollut normaalisti jakautunut, analysoitiin nonparametrisella Spearmanin korrelaatiokertoimella. Eri sykemittausten välisten erojen merkitsevyyttä puolestaan tarkasteltiin parillisten otosten t-testillä. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin  $p < 0.05$ .

## 7 TULOKSET

Harjoitusjakson alussa tutkittavien VO<sub>2</sub>max oli 44.8 ± 5.0 ml/kg/min ja 3000 metrin juoksuaika 809 ± 71 sekuntia. Harjoitusjakson jälkeen VO<sub>2</sub>max oli 43.8 ± 4.6 ja 3000 metrin juoksuaika 790 ± 67 sekuntia. Tutkittavien maksimaalinen hapenotto kyky siis heikkeni 2.2 ± 4.7 %, mutta 3000 metrin vastaavasti juoksuaika parani 2.7 ± 3.6 %. (Taulukko 3)

TAULUKKO 3. Harjoitusjaksoa edeltäneet (pre) sekä jakson jälkeiset (post) testitulokset kestävyysmuuttujien osalta.

	Pre	Post	%-muutos
<b>VO<sub>2</sub>max (ml/kg/min)</b>	44.8 ± 5.0	43.8 ± 4.6	-2.2 ± 4.7
<b>3000m (s)</b>	809 ± 71	790 ± 67	-2.7 ± 3.6

Kestävyysharjoituksen jälkeinen (PostKestävyys) keskisyke nousi harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi. Voimaharjoituksen jälkeinen (PostVoima) keskisyke erosi tilastollisesti merkitsevästi kestävyysharjoituksen jälkeisestä keskisykkeestä toisella mittauskerralla. Vastaava trendi oli havaittavissa myös viikkojen 5-6 mittauksissa, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kestävyysharjoitusten jälkeisten yömittausten keskisyke oli hieman voimaharjoitusten jälkeisiä alhaisempi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Yömittauksissa ei myöskään tapahtunut merkittäviä muutoksia eri mittauskertojen välillä. (Taulukko 4)

TAULUKKO 4. Tutkittavien keskisyke eri mittauskerroilla.

	Viikko 5-6	Viikko 9-10
<b>PäiväCTRL</b>	65 ± 10	63 ± 10,5
<b>PostKestävyys</b>	77 ± 10	87 ± 11**
<b>Yökestävyys</b>	52 ± 6,5	53 ± 5,5
<b>PostVoima</b>	74 ± 10,5	78 ± 12 *
<b>YöVoima</b>	54 ± 6,5	56 ± 6

Tilastollisesti merkitsevä ero saman mittausjakson PostKestävyys-arvoon: \*p<0.05, \*\* p<0.01

Harjoitusten jälkeisissä sykevälivaihtelumittauksissa havaittiin muutoksia eri harjoitusten välillä sekä eri mittauskertojen välillä. Kestävyysmittausten jälkeinen sykevälivaihtelu oli molemmilla mittauskerroilla kaikilla muuttujilla mitattuna matalampaa verrattuna voimaharjoitusten jälkeisiin arvoihin. Tilastollisesti merkitsevä ero harjoitusten välillä havaittiin viimeisellä harjoitusviikolla kaikkien muuttujien osalta. (p<0.05). (Taulukko 5)

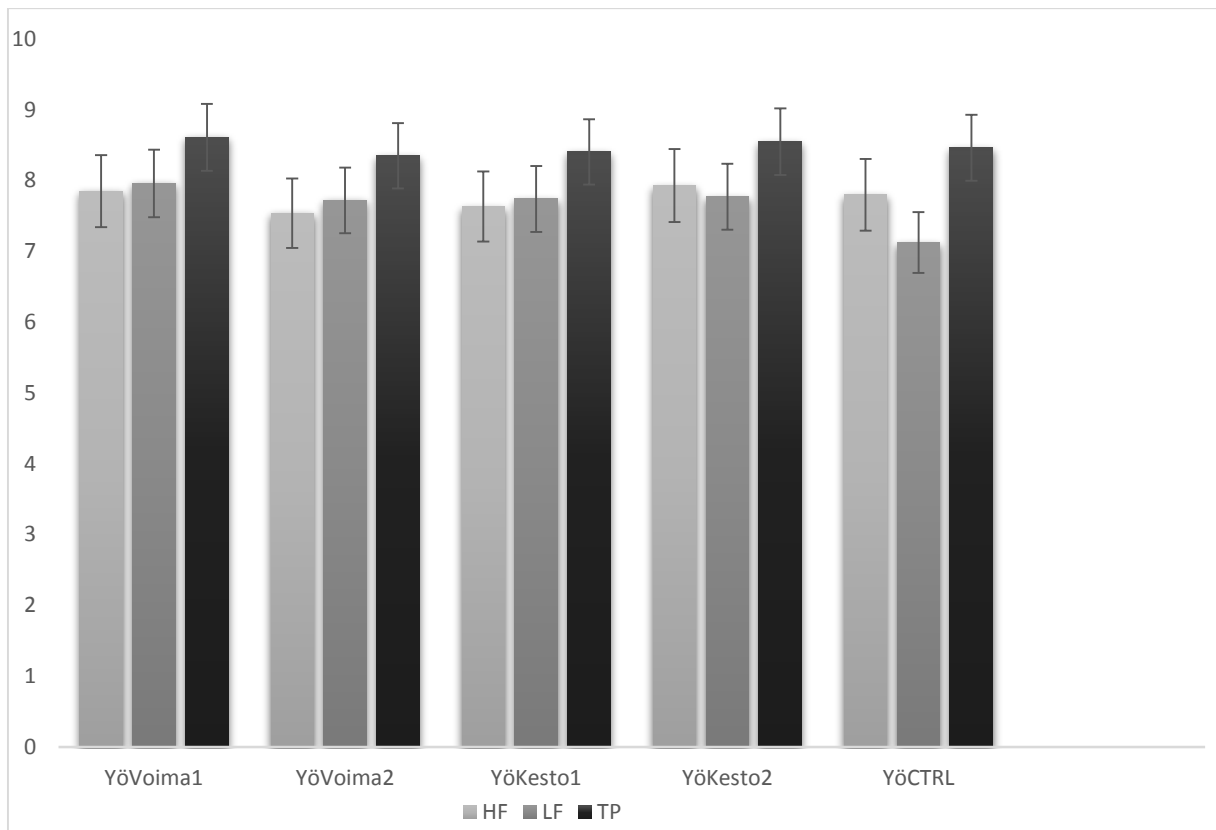
Kestävyys- ja voimaharjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu pieneni harjoitusjakson aikana. Trendi oli havaittavissa kaikkien mitattujen muuttujien osalta. Vertailtaessa saman harjoitustyypin jälkeistä sykevälivaihtelua tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0.05$ ) havaittiin kestävyysharjoituksen jälkeisen TP-arvon osalta. Päivän kontrollimittauksissa ei havaittu merkitseviä eroja mittauskertojen välillä. (Taulukko 5)

TAULUKKO 5. Tutkittavien keskimääräinen sykevälivaihtelu luonnollisessa logaritmimuodossa päiväkontrollimittauksissa sekä harjoitusten jälkeisissä mittauksissa.

	<b>HF</b> (ln ms <sup>2</sup> )	<b>LF</b> (ln ms <sup>2</sup> )	<b>TP</b> (ln ms <sup>2</sup> )
<b>PäiväCTRL1</b>	7.6 ± 1.2	8.0 ± 1.0	8.6 ± 1.1
<b>PäiväCTRL2</b>	7.8 ± 1.1	8.0 ± 0.8	8.7 ± 0.9
<b>PostVoima1</b>	6.7 ± 1.4	7.2 ± 1.4	7.7 ± 1.3
<b>PostVoima2</b>	6.4 ± 1.4*	6.8 ± 1.1*	7.4 ± 1.2*
<b>PostKesto1</b>	6.3 ± 1.3	6.9 ± 1.7	7.4 ± 1.5*
<b>PostKesto2</b>	5.4 ± 1.8	6.1 ± 1.4	6.6 ± 1.6

Tilastollisesti merkitsevä ero PostKesto2–arvoon: \* $p < 0.05$

Yöllinen sykevälivaihtelu oli kaikkein suurinta ensimmäisen mittauskerran voimaharjoituksen sekä toisen mittauskerran kestävyysharjoituksen jälkeisenä yönä. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu eri mittausten välillä. Tarkemmat tulokset on esitelty kuvassa 5.



KUVA 5. Tutkittavien keskimääräinen yöllinen sykevälivaihtelu luonnollisessa logaritmimuodossa (ln ms<sup>2</sup>) pylväsdiagrammeihin esitettynä.

Tutkittaessa korrelaatioita harjoitusjakson myötä kestävyystesteissä tapahtuneen muutoksen (VO<sub>2</sub>max sekä 3000m) sekä eri sykemuuttujien välillä merkitseviä korrelaatioita löydettiin PostKestävyys2-mittauksen LF-arvon sekä 3000 metrin kehityksen välillä. ( $R = -.777$ ,  $p < 0.05$ ) Samoin PostKestävyys1-mittauksen HF-arvon sekä VO<sub>2</sub>max-muutoksen väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. ( $R = .714$ ,  $p < 0.05$ ) PäiväCTRL1 syke korreloi negatiivisesti erittäin merkitsevästi VO<sub>2</sub>max-muutoksen kanssa ( $R = -.964$ ,  $p < 0.01$ ), mutta vastaavia korrelaatioita ei havaittu muiden kontrollimittausten sykkeiden osalta. (Taulukko 6)

TAULUKKO 6. Sykevälivaihtelumittausten sekä kestävyystestien tuloksissa tapahtuneiden muutosten väliset tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot. (R=korrelaatio, p=korrelaation tilastollinen merkitsevyys)

Sykevälimittaus	Sykemuuttuja	Kestävyysmuutos	R	p
PostKestävyys1	HF	VO2max	-.714	0.047 *
PostKestävyys2	LF	3000m	-.777	0.04 *
PäiväCTRL1	HR	VO2max	-.964	0.008 **

Tilastollisesti merkitsevä korrelaatio: \*p<0.05, \*\*p<0.01

## **POHDINTA**

### **Päätulokset**

Harjoitusjakson jälkeisissä kestävyysmittauksissa kehitystä havaittiin 3000 metrin juoksuajassa (-23 s/-2.2 %). Kehitys ei kuitenkaan tapahtunut parantuneen maksimaalisen hapenottokyvyn kautta, sillä tutkittavien VO<sub>2</sub>max heikkeni harjoitusjakson aikana (-1 ml/kg/min/-2.7 %). Näin ollen tutkimustulokset tukevat aiempia havaintoja voimaharjoittelun positiivisista vaikutuksista kestävyysuorituskykyyn ilman muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä.

Harjoitusten jälkeen mitattu sykevälivaihtelu pieneni merkittävästi harjoitusjakson aikana siirryttäessä viikoilta 5-6 viikoille 9-10. Suurempi muutos tapahtui kestävyysharjoituksen jälkeen mitatussa sykevälivaihtelussa. Kestävyysharjoituksen jälkeinen sykevälivaihtelu oli molemmilla mittauskerroilla voimaharjoitusta alhaisempaa. Molempien harjoitustyyppien jälkeinen sykevälivaihtelu erosi merkitsevästi harjoituksia edeltävistä kontrollimittauksista. Harjoitusten jälkeisissä yömittauksissa ei sen sijaan havaittu merkittäviä muutoksia mittauskertojen tai eri harjoitusten välillä.

Sykevälivaihtelun ja kestävyysuorituskyvyn kehityksen väliltä ei tässä tutkimuksessa löytynyt yhteyttä muutamaa yksittäistä arvoa lukuun ottamatta. PostKestävyys1-mittauksen HF-arvo sekä PäiväCTRL1-mittauksen keskisyke korreloivat tilastollisesti merkitsevästi VO<sub>2</sub>max kehityksen kanssa. PostKestävyys2-mittauksen LF-arvo puolestaan korreloi tilastollisesti merkitsevästi 3000m kehityksen kanssa. Mittaustuloksista ei kuitenkaan löytynyt selkeää trendiä, joten sykevälivaihtelun ja kestävyysharjoitusvasteen välistä yhteyttä ei tässä tutkimuksessa kyetty todentamaan.

### **Sykevälivaihtelun muutokset harjoitusjakson aikana**

Välittömästi harjoitusten jälkeen mitattu sykevälivaihtelu pieneni harjoitusjakson puolivälin mittausten sekä harjoitusjakson lopun mittausten välillä merkittävästi. Sama ilmiö havaittiin sekä voima- että kestävyysharjoitusten jälkeisissä mittauksissa. Tulokset tukevatkin hypoteesia, jonka mukaan intensiivisen harjoitusjakson aikana parasympaattinen säätely pienenee ja vastaavasti sympaattinen lisääntyy (Manzi ym. 2009; Plews 2013). Toisaalta Kingsleyn ym. tutkimuksessa ei havaittu muutoksia 12 viikon voimaharjoitusjakson aikana harjoitusten

jälkeen mitatussa sykevälivaihtelussa. Todennäköistä on, että tässä tutkimuksessa kokonaiskuorma oli merkittävästi suurempi voimaharjoitusten ohessa suoritettun kestävyysharjoittelun vuoksi, minkä vuoksi myös voimaharjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu alentui harjoitusjakson loppua kohden.

Sykevälivaihtelun pienenemisestä huolimatta kestävyysuorituskyky parani 3000 metrin juoksuajalla mitattuna (-2.7%). Sitä vastoin maksimaalinen hapenottokyky heikkeni hieman (-2.2%). Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin suuria yksilökohtaisia eroja kestävyystestien tuloskehityksessä sekä toisaalta harjoitusten jälkeisissä sykevälivaihteluissa. Todennäköistä onkin, että muutokset olisivat voineet olla erilaiset yksilöllisemmällä harjoittelun rytmittämällä. Esimerkiksi Kiviniemen ym. (2007) tutkimuksessa saavutettiin kestävyysominaisuuksien osalta suuria kehityksiä, kun harjoittelu oli ohjelmoitu tutkittavien sykevälivaihtelumittauksiin perustuen. Näin kyettiin takaamaan, ettei harjoituskuorma kasvanut liian suureksi. Tässäkin tutkimuksessa harjoitusjakson aikana oli toki kaksi kevenettyä viikkoa, mutta ne eivät välttämättä olleet kaikille tutkittaville vielä riittävästi.

Harjoitusten jälkeisissä yömittauksissa ei havaittu eroa eri mittauskertojen välillä. Myöskään kontrolliyön sekä harjoitusten jälkeisten öiden välillä ei havaittu eroa sykevälivaihtelumuuttujissa. Tämä oli hieman yllättävää, sillä esimerkiksi Hynysen ym. (2010) tutkimuksessa yöllinen sykevälivaihtelu pieneni myös rasitukseltaan keskitason harjoituksessa verrattuna kontrolliyöhön. Tämän tutkimuksen kestävyysharjoitus oli joka tapauksessa Hynysen ym. (2010) keskitason kuormitukseen verrattuna korkeaintensiteettisempi. Ilmeisesti tutkittavat palautuivat harjoituksista melko nopeasti. Toisaalta heti harjoitusten jälkeen mitattujen sykevälimuuttujien pohjalta tutkittavilla oli havaittavissa hidastunutta palautumista. Vertailtaessa arvoja kontrolliyöhön on tosin muistettava, että kontrolliyön mittaus tehtiin aikataulullisista syistä vasta harjoitusjakson jälkeen. Voi siis olla, että vaikka harjoitusjakson päättymisestä oli jo yli viikko, niin kaikki tutkittavat eivät vielä olleet täysin palautuneessa tilassa.

Yömittausten osalta hieman samansuuntaisia tuloksia tämän tutkimuksen kanssa havaitsivat Mourot ym. (2004), joiden tutkimuksessa sykevälivaihtelu oli palannut lepotasolle 24h kuluttua harjoituksesta huolimatta sen intensiteetistä. Mourot ym. (2004) spekuloivatkin, että sykevälivaihtelun pidempiaikaiseen säätelyyn vaikuttaa mahdollisesti intensiteettiä enemmän



tehdyn työn kokonaismäärä. Tämä ilmiö voisi mahdollisesti selittää ainakin osittain tutkimuksen yöllisten sykevälivaihteluiden muuttumattomuuden.

Atlaoui ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin harjoitusjakson jälkeen sykevälivaihteluiden osalta ns. rebound-effekti. Sykevälimuuttujat nousivat tällöin harjoitusjakson aikana laskeneista arvoista takaisin jaksoa edeltäneelle lepotasolle. Vastaavaa ilmiötä ei havaittu tässä tutkimuksessa, joten joko yöllinen sykevälivaihtelu ei laskenut harjoitusjakson lähtötasostakaan merkittävästi, tai sitten harjoitusjaksosta palautuminen olisi vaatinut tutkittavien osalta vielä pidemmän ajanjakson.

### **Kestävyys- ja voimaharjoitusten jälkeinen sykevälivaihtelu**

Ennako-oletuksen mukaisesti kestävyysharjoituksen jälkeinen sykevälivaihtelu oli merkittävästi pienempää verrattuna voimaharjoituksen jälkeiseen sykevälivaihteluun. Sama ilmiö havaittiin molemmilla mittausviikoilla. Sen sijaan yömittauksissa ei havaittu eroja eri harjoitusten välillä. Tutkittavien sykevälivaihtelu ehti siis palautua samalle tasolle yömittauksiin mennessä harjoituksesta riippumatta, vaikka joissakin tutkimuksissa sykevälivaihtelu on pysynyt alentuneena jopa useita vuorokausia (Furlan ym. 1993).

Voimaharjoituksissa sykevälivaihtelun on havaittu laskevan melko nopeasti lepotasolle. Kuten kestävyysharjoituksissa myös voimaharjoituksissa intensiteetin on havaittu olevan yhteydessä autonomisen hermoston palautumisen nopeuteen harjoituksen jälkeen (Rodrigues De Andrade Lima ym. 2011). Tämän tutkimuksen voimaharjoitukset eivät olleet aineenvaihdunnallisesti kovin kuormittavia, sillä ne keskittyivät pääasiassa räjähtävään voimaan sekä maksimivoimaan. Näin ollen ne eivät välttämättä aiheuttaneet vastaavaa stressiä myöskään autonomiselle hermostolle kuin esimerkiksi Kingsleyn ym. (2010) tutkimuksen kuormitus, jossa parasympaattinen säätely oli palannut lepotasolle 20 minuutin kuluessa jalkojen hypertrofisesta voimaharjoituksesta. Kovatehoisen intervalliharjoituksen jälkeen autonomisen hermoston palautuminen on ollut tutkimuksissa vielä moninkertaisesti hitaampaa verrattuna Kingsleyn ym. (2010) lukemiin (Seiler ym. 2007). Tämän tutkimuksen tulokset olivat siis melko hyvin linjassa ennako-oletusten sekä aiempien tutkimustulosten kanssa.

## Sykevälivaihtelun ja kestävyysuorituskyvyn kehityksen välinen yhteys

Tässä tutkimuksessa kestävyysuorituskyvyn kehityksen kanssa eri mittauksista korreloi ainoastaan PostKestävyys1-mittauksen HF-arvo (VO<sub>2</sub>max-muutos), PostKestävyys2-mittauksen LF-arvo (3000m muutos) sekä PäiväCTRL1 keskisyke (VO<sub>2</sub>max-muutos). Näiden tulosten pohjalta ei voida todeta selkeää yhteyttä sykevälivaihtelun sekä kestävyysuoritusvasteen välillä, sillä havainnot olivat liiaksi ainoastaan yksittäistapauksia ilman vastaavaa trendiä muissa muuttujissa.

Voi olla, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu aiheuttaa autonomisen hermoston säätelylle erilaisia vasteita kuin pelkkä kestävyysuoritus. Karavirran ym. (2013) tutkimuksessa ainoastaan kestävyysuoritusryhmän harjoitusten aikainen syke aleni sekä HF-arvo kasvoi. Kumpaakaan näistä positiivisista adaptaatioista ei havaittu sekä kestävyys- että voimaharjoittelulla ryhmällä. (Karavirta ym. 2013.) Vaikka yhteyttä sykevälivaihtelumuuttujien ja kestävyysuorituskyvyn kehityksen välillä ei tässä tutkimuksessa kyetty todentamaan, niin on edelleen mahdollista, että enemmän puhtaasti kestävyysuoritukseen keskittyneellä tutkimusasetelmalla yhteys olisi havaittu. Näin on kuitenkin kyetty tekemään jo useissa tutkimuksissa puhuttaessa sykevälivaihtelun lepoarvoista (Hautala ym. 2003; Vesterinen ym. 2011).

Tutkittavien harjoittelu sisälsi kaksi viikoittaista intervalliharjoitusta, joista ainoastaan toinen oli puhtaasti kestävyysominaisuuksia kehittävä harjoitus (4x4min) toisen ollessa enemmänkin nopeus- tai nopeuskestävyysuoritus (3x3x100m). Voikin siis olla, että ainakin osa tutkittavista olisi kestävyysominaisuuksien kehittämiseksi vaatinut suuremman ärsykkeen. Esimerkiksi Helgerudin ym. (2007) tutkimuksessa harjoittelu sisälsi kolme viikoittaista kovatehoista intervalliharjoitusta ja maksimaalinen hapenotto- ja keuhkokuivaus kasvoi 8 viikon harjoitusjakson aikana jopa 7.2 %. Toisaalta voima- ja kestävyysuorituksen samanaikainen toteuttaminen vaatii miltei väkisinkin jonkinlaisia kompromisseja eri ominaisuuksia kehittävien harjoitusten määrässä. Lisäksi erilaisia harjoitusohjelmia suunniteltaessa on tärkeää tiedostaa halutaanko kehittää nimenomaan kestävyysominaisuuksia vai enemmänkin kestävyysuorituskykyä, johon kuitenkin vaikuttaa useat muutkin tekijät kuin kestävyysominaisuudet (Paavolainen ym. 1999).

## **Tutkimuksen rajoitteet**

Tutkimuksen otanta oli melko pieni, joten johtopäätöksiä ei voi suoraan soveltaa suuremmille joukoille. Samoin tutkittavat olivat melko homogeeninen joukko, joten tuloksia ei voi suoraan soveltaa esimerkiksi huippu-urheilijoihin tai liikkumattomiin.

Harjoitusten jälkeiset sykevälivaihtelumittaukset suoritettiin liikuntabiologian laitoksen laboratoriossa, jossa joidenkin mittausten kanssa samanaikaisesti suoritettiin voimatestejä. Osassa harjoitusten jälkeisiä mittauksia oli lisäksi useita tutkittavia samanaikaisesti. Mitattaessa autonomisen hermoston toimintaa kaikki ylimääräiset häiriötekijät voivat vaikuttaa tuloksiin. Tutkittavilta asiaa kysyttäessä he tosin sanoivat, etteivät kokeneet mittauksissa ylimääräisiä häiriötekijöitä.

Lepoyön kontrollimittaus suoritettiin vasta harjoitusjakson jälkeen aikataulullisista syistä. Mittaus tehtiin vähintään viikko harjoitusjakson päättymisen jälkeen, mutta tämä ei todennäköisesti ollut kaikille riittävä aika todellisen lepotilan saavuttamiseksi. Samoin harjoitusten jälkeisissä mittauksissa ei ollut varsinaista kontrollia harjoitusjakson alusta, joten tuloksista ei pysty päättelemään muutosta lähtötilanteeseen.

Tutkimuksessa arvioitiin kestävyys suorituskyvyn yhteyttä harjoituksen jälkeisiin sykevälivaihtelun muuttujiin. Mattotestin sekä 3000 metrin kenttätestin tulokset siis vaikuttavat melko paljon saatuihin tuloksiin. Kaikki tutkittavat suorittivat jokaisen kestävyystestin yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Testiin valmistautuminen ei kuitenkaan ollut kaikilla tutkittavilla optimaalista, sillä osalla tutkittavista oli ollut flunssaoireita ennen testiä. Sairaana kukaan ei tietystikään testejä tehnyt, mutta sairastelu ennen testiä voi vaikuttaa tuloksiin melko paljonkin. Kova kuormitus harjoitusjakson aikana varmasti altisti osaltaan sairastumisille.

## **Tutkimuksen johtopäätökset**

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta harjoituksen jälkeisen sykevälivaihtelun pienenevän intensiivisen harjoitusjakson aikana. Samoin voidaan todeta, että kovatehoinen intervalliharjoitus aiheuttaa suuremman muutoksen autonomisen hermoston säätelyssä verrattuna räjähtävän- ja maksimivoiman harjoitteluun. Sitä vastoin kovatehoinen harjoitus ei tämän tutkimuksen perusteella aiheuta välttämättä muutoksia yöllisessä sykevälivaihtelussa.

Harjoituksen jälkeen mitattu sykevälivaihtelu voikin antaa vaihtoehtona yömittauksille tietoa elimistön palautumisesta sekä harjoittelun kuormittavuudesta.

### **Käytännön sovellukset**

Sykevälivaihtelu ilmiönä on melko yksilöllistä, joten siihen ei voi asettaa sinällään tarkkoja raja- tai viitearvoja. Tärkeintä olisikin verrata sykevälivaihtelua lähinnä omiin aiempiin mittauksiin ja esimerkiksi lepotilassa ja palautuneena mitattuihin kontrolliarvoihin. Mitattaessa säännöllisesti sykevälivaihtelua kyetään vertailemaan erilaisten harjoitusten kuormittavuutta. Tätä kautta harjoittelua on mahdollista ohjelmoida entistä tarkemmin ja yksilöllisemmin.

Harjoitusten jälkeisissä yömittauksissa ei havaittu muutoksia harjoitusjakson aikana. Käytännön harjoittelun kuormittavuuden seurannassa voikin olla avuksi mitata sykevälivaihtelua myös välittömästi harjoitusten jälkeen tai esimerkiksi jonkin vakioajan kuluttua kuormituksesta. Näin voidaan toteuttaa melko tarkkaakin seuranta elimistön väsymystilasta.

Kiviniemen ym. (2007) tutkimuksessa tutkittavien harjoittelua rytmitettiin sykevälivaihteluun perustuen. Tämän tyylinen sykevälivaihtelun hyödyntäminen tulee varmasti lisääntymään myös tulevaisuudessa. Erityisesti raskaiden harjoitusjaksojen aikana ja niiden jälkeen palautumisen seurannassa sykevälivaihtelumittauksista voi olla suuri apu harjoituskuorman säätelyssä sekä liiallisen ylikuormittamisen välttämässä.

## LÄHTEET

- Atlaoui D., Pichot V., Lacoste L., Barale F., Lacour J. R. & Chatard J. C. 2007. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 28 (5), 394-400.
- Bompa, T. O. & Haff, G. G. 2009. *Periodization: theory and methodology of training*. Human Kinetics, Illinois.
- Da Silva D. F., Verri S. M., Nakamura F. Y. & Machado F. A. 2012. Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team. *European Journal of Applied Physiology* 112 (3), 801-809.
- Forte R., De Vito G. & Figura F. 2003. Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. *European Journal of Applied Physiology*. 89 (1), 85-89.
- 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 (3), 482-8.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. 2011. *Textbook of medical physiology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia, USA.
- Hautala A. J., Mäkikallio T. H., Kiviniemi A., Laukkanen R. T., Nissilä S., Huikuri H. V. & Tulppo M. P. 2003. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. 285, H1747–H1752
- Helgerud J., Høydal K., Wang E., Karlsen T., Berg P., Bjerkaas M., Simonsen T., Helgesen C., Hjorth N., Bach R. & Hoff J. 2007 Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39 (4), 665-671.
- Hoff J., Gran A. & Helgerud J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 12 (5), 288-295.
- Hynynen E., Vesterinen V., Rusko H. & Nummela A. 2010. Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *Sports Medicine*. 31, 428-432.
- Hynynen, E. 2011. Heart rate variability in chronic and acute stress with special reference to nocturnal sleep and acute challenges after awakening. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 163. Jyväskylän yliopisto. Väitöskirjatyö.

- Häkkinen K., Alen M., Kraemer W. J., Gorostiaga E., Izquierdo M., Rusko H., Mikkola J., Häkkinen A., Valkeinen H., Kaarakainen E., Romu S., Erola V., Ahtiainen J. & Paavola L. 2002. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*. 89 (1), 42-52.
- Iellamo F., Legramante J. M., Pigozzi F., Spataro A., Norbiato G., Lucini D. & Pagani M. 2002. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*. 105 (23), 2719-2724.
- Karavirta L., Costa M. D., Goldberger A. L., Tulppo M. P., Laaksonen D. E., Nyman K., Keskitalo M., Häkkinen A. & Häkkinen K. 2013. Heart rate dynamics after combined strength and endurance training in middle-aged women: heterogeneity of responses. *PLoS One*. 27 (8), e72664.
- Kaikkonen P., Hynynen E., Mann T., Rusko H. & Nummela A. 2012. Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *European Journal of Applied Physiology*. 112 (3), 829-38.
- Kaikkonen P., Nummela A. & Rusko H. 2007. Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *European Journal of Applied Physiology*. 102 (1), 79-86.
- Kaikkonen P., Rusko H. & Martinmäki K. 2008. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 18 (4), 511-519.
- Kiviniemi A. M., Hautala A. J., Kinnunen H & Tulppo M. P. 2007. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*. 101 (6), 743-751.
- Lee C. M. & Mendoza A. 2012. Dissociation of heart rate variability and heart rate recovery in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 112 (7), 2757-2766.
- Annelise Lins Meneses, Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz, Gleyson Queiroz de Moraes Silva, Aluisio Henrique Rodrigues de Andrade Lima, Breno Quintella Farah, Ozéas de Lima Lins Filho, Gustavo Henrique Correia de Lima & Mendes R. D. 2011 Post exercise cardiovascular effects of different resistance exercise protocols for trunk and upper limbs. *Revista de Educação Física*. 17 (4), 667-674.

- Manzi V., Castagna C., Padua E., Lombardo M., D'Ottavio S., Massaro M., Volterrani M. & Iellamo F. 2009. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. 296 (6), 1733-1740.
- McArdle W. D., Katch F. I. & Katch V. L. 2007. *Exercise physiology*, Lippincott Williams & Wilkins.
- Melanson E. L. & Freedson P. S. 2001 The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *European Journal of Applied Physiology*. 85 (5), 442-449.
- Millet G. P., Jaouen B., Borrani F. & Candau R. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 34 (8), 1351-1359.
- Mourot L., Bouhaddi M., Tordi N., Rouillon J. D. & Regnard J. 2004. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *European Journal of Applied Physiology*. 92 (4-5), 508-517.
- Niensted W., Hänninen O., Arstila A. & Björkqvist S-E. 2004. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. WS Bookwell Oy, Porvoo,
- Paavolainen L., Häkkinen K., Hämaläinen I., Nummela A. & Rusko H. 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*. 86 (5), 1527-1533.
- Plews D. J., Laursen P. B., Stanley J., Kilding A. E. & Buchheit M. 2013 Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*. 43 (9), 773-781.
- Seiler S., Haugen O. & Kuffel E. 2007. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39 (8), 1366-73.
- Seiler S. & Tønnessen E. 2009. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportscience* 13, 32-53.
- Taipale R. S., Mikkola J., Salo T., Hokka L., Vesterinen V., Kraemer W. J., Nummela A. & Häkkinen K. 2014. Mixed maximal and explosive strength training in recreational endurance runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 28 (3), 689-699.

- Task Force. 1996. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology 51 and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 93, 1043–1065.
- Tulppo M. P., Mäkikallio T. H., Seppänen T., Laukkanen R. T. & Huikuri H. V. 1998 Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American Journal of Physiology*. 274 (2), 424-429.
- Vesterinen V., Häkkinen K., Hynynen E., Mikkola J., Hokka L. & Nummela A. 2013. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 23, 171-180.




**VOIMAHARJOITTELU - Totuttelu**  
**VIIKOT 1-2**

<b>Pääliikkeet (2x viikossa)</b>				
	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Kuorma (% 1RM)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Jalkakyykky</b>	<i>1-2 lämmitteley</i>	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-80	2
<b>Kyykkyhyppyt (100° polvikulma)</b>	2 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
<b>Jalkaprssi</b>	<i>1-2 lämmitteley</i>	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-80	2
	2 räjähtävästi	10	30-40	2
<b>Polvenkoukistus</b>	<i>1-2 lämmitteley</i>	8-10	50-60	1
	2	8-10	70-80	2
<b>Pohjeliike</b>	<i>1 lämmitteley</i>	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-80	2
<b>Pohjehyppy</b>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

<b>A (kerran viikossa)</b>				
<b>Loikat</b> <i>(Vuorojaloin)</i>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	2
<b>Aitahyppy</b> <i>Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.</i>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2
<b>B (kerran viikossa)</b>				
<b>Penkille nousu</b> <i>(Vuorojaloin)</i>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	2
<b>Aitahyppy</b> <i>Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.</i>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

<b>Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)</b>				
<b>Keskivartalo</b>	2	60s	ilman painoa	1
<b>Selkälihasliike</b> <i>(esim. HUR)</i>	2	10-15	0-5-10kg paino	1
<b>Kierto</b> <i>(esim. FRAPP)</i>	2	10-15	+10-20kg paino	1
<b>Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeit</b>	2-4	8-10	70-80	1-2

**KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU**  
**VIIKOT 1-2**

	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Intensiteetti (% HR<sub>max</sub>)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Juoksu</b>	4	4min	75-80%	4 (60-70%)
<b>Juoksu</b>	3x3	100m	80-90%	2 (60-70%) <i>(5min palautus sarjojen välillä)</i>

*Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita aina laadukkaasti!*  
*Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskestävyysharjoitus.*



## VOIMAHARJOITTELU

## VIIKOT 3-4

Pääliikkeet (2x viikossa)				
	Sarja	Toistot	Kuorma (% 1RM)	Palautus (min)
Jalkakyykky	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-85	2
Kyykkyhyppy (100° polvikulma)	2 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
Jalkaprässi	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-85	2
	2 räjähtävästi	10	30-40	2
Polvenkoukistus	1-2 lämmittely	8-10	50-60	1
	2	8-10	60-70	2
Pohjeliike	1 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	70-85	2
Pohjehyppy	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

A (kerran viikossa)				
Loikat (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
B (kerran viikossa)				
Penkille nousu (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1

Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)				
Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeet	2-4	8-10	70-80	1-2
Keskivartalopito	2	60s	ilman painoa	**kiertona
Selkälihasliike (esim. HUR)	2	10-15	0-5-10kg paino	**kiertona
Kierto (esim. FRAPP)	2	10-15	+10-20kg paino	**kiertona

\*\*kiertona = 3 keskivartaloliikettä vuoronperään.

## KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU

## VIIKOT 3-4

	Sarja	Toistot	Intensiteetti (% HR <sub>max</sub> )	Palautus (min)
Juoksu	4	4min	80-85%	4 (60-70%)
Juoksu	3x3	100m	80-90%	2 (60-70%) (5min palautus sarjojen välillä)

Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita aina laadukkaasti!

Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskestävyysslenkki.

**VOIMAHARJOITTELU - Kevennetty.**

Toisen barjoittelun sijasta/yhteydessä isometriset voimamittaukset + B hyppy + Keskivartalo + yläkroppa.

**VIIKKO 5**

<b>Pääliikkeet (HUOM! 1x tällä viikolla)</b>				
	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Kuorma (% 1RM)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Jalkakyyky</b>	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
<b>Kyykkyhyppy (100 polvikulma)</b>	1 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
<b>Jalkaprssi</b>	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
	1 räjähtävästi	10	30-40	2
<b>Polvenkoukistus</b>	1-2 lämmittely	8-10	50-60	1
	1	8-10	70-80	2
<b>Pohjeliike</b>	1 lämmittely	8-10	50-70	1
	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
<b>Pohjehyppy</b>	1 räjähtävästi	6	ilman painoa	2
<b>A (kerran viikossa)</b>				
<b>Loikat (Vuorojaloin)</b>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
<b>Aitahyppy</b>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
<i>Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.</i>				
<b>B (kerran viikossa)</b>				
<b>Penkille nousu (Vuorojaloin)</b>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
<b>Aitahyppy</b>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
<i>Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.</i>				
<b>Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)</b>				
<b>Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeet</b>	2-4	8-10	70-80	1-2
<b>Keskivartalo-pito</b>	2	60s	ilman painoa	**kiertona
<b>Selkälihasliike (esim. HUR)</b>	2	10-15	0-5-10kg paino	**kiertona
<b>Kierto (esim. FRAPP)</b>	2	10-15	+10-20kg paino	**kiertona

**KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU****VIIKKO 5**

	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Intensiteetti (% HR<sub>max</sub>)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Juoksu</b>	4	4min	85-90%	4 (60-70%)

Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita **aina laadukkaasti!**

Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskestävyysslenkki.


**VOIMAHARJOITTELU**  
**VIIKOT 6-7**

<b>Pääliikkeet (2x viikossa)</b>				
	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Kuorma (% 1RM)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Jalkakyykky</b>	<i>1-2 lämmittely</i>	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	4-5	75-85	2
<b>Kyykkyhyppy (100 polvikulma)</b>	2 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
	<i>1-2 lämmittely</i>	8-10	50-70	1
<b>Jalkaprssi</b>	2 maksimaalista	4-5	80-85	2
	2 räjähtävästi	10	30-40	2
<b>Polvenkoukistus</b>	<i>1-2 lämmittely</i>	8-10	50-60	1
	2	8-10	75-85	2
<b>Pohjeliike</b>	<i>1 lämmittely</i>	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	75-85	2
<b>Pohjehyppy</b>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

<b>A (kerran viikossa)</b>				
<b>Loikat</b> <i>(Vuorojaloin)</i>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
<b>Aitahyppy</b> <i>Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.</i>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
<b>B (kerran viikossa)</b>				
<b>Penkille nousu</b> <i>(Vuorojaloin)</i>	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
<b>Aitahyppy</b> <i>Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.</i>	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1

<b>Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)</b>				
<b>Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeit</b>	2-4	8-10	70-80	1-2
<b>Keskivartalopito</b>	2	60s	ilman painoa	**kiertona
<b>Selkälihasliike</b> <i>(esim. HUR)</i>	2	10-15	0-5-10kg paino	**kiertona
<b>Kierto</b> <i>(esim. FRAPP)</i>	2	10-15	+10-20kg paino	**kiertona

**KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU**  
**VIIKOT 6-7**

	<b>Sarja</b>	<b>Toistot</b>	<b>Intensiteetti (% HR<sub>max</sub>)</b>	<b>Palautus (min)</b>
<b>Juoksu</b>	4	4min	85-90%	4 (60-70%)
<b>Juoksu</b>	3x3	100m	85-95%	2 (60-70%) <i>(5min palautus sarjojen väliin)</i>

*Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita **aina laadukkaasti!** Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskävelylenkki.*



## VOIMAHARJOITTELU

## VIIKOT 8-9

Pääliikkeet (2x viikossa)				
	Sarja	Toistot	Kuorma (% 1RM)	Palautus (min)
Jalkakyyky	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	4-5	75-85+	2
Kyykkyhyppy (100° polvikulma)	2 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
Jalkaprssi	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	4-5	80-85+	2
	2 räjähtävästi	10	30-40	2
Polvenkoukistus	1-2 lämmittely	8-10	50-60	1
	2	8-10	75-85	2
Pohjeliike	1 lämmittely	8-10	50-70	1
	2 maksimaalista	5-6	75-85+	2
Pohjehyppy	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

A (kerran viikossa)				
Loikat (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
B (kerran viikossa)				
Penkille nousu (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1

Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)				
Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeit	2-4	8-10	70-80+	1-2
Keskivartalopito	2	60s	ilman painoa	**kiertona
Selkälihasliike (esim. HUR)	2	10-15	0-5-10kg paino	**kiertona
Kierto (esim. FRAPP)	2	10-15	+10-20kg paino	**kiertona

## KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU

## VIIKOT 8-9

	Sarja	Toistot	Intensiteetti (% HR <sub>max</sub> )	Palautus (min)
Juoksu	4	4min	85-90%	4 (60-70%)
Juoksu	3x3	100m	90-100%	2 (60-70%) (5min palautus sarjojen välillä)

Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita aina laadukkaasti!

Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskestävyysharjoitus.

**VOIMAHARJOITTELU - Kevennys ennen lopputestejä  
VIKKO 10 (ja tarvittaessa 11)**

Pääliikkeet (2x viikossa)				
	Sarja	Toistot	Kuorma (% 1RM)	Palautus (min)
Jalkakyyky	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
Kyykyhyppy (100° polvikulma)	1 räjähtävästi	10	ilman painoa	2
	1-2 lämmittely	8-10	50-70	1
Jalkaprssi	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
	1 räjähtävästi	10	30-40	2
	1-2 lämmittely	8-10	50-60	1
Polvenkoukistus	1	8-10	70-80	2
	1 lämmittely	8-10	50-70	1
Pohjeliike	1 maksimaalista	5-6	70-80	2
	1 räjähtävästi	6	ilman painoa	2

A (kerran viikossa)				
Loikat (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "polvennosto" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1
B (kerran viikossa)				
Penkille nousu (Vuorojaloin)	2 räjähtävästi	6+6	ilman painoa	1
Aitahyppy Jatkuvana tasajalka "pituus" hyppynä.	2 räjähtävästi	6	ilman painoa	1

Keskivartalo + yläkroppa (joka treeni)				
Penkipunnerrus + muu yläkropan liikkeet	2-4	8-10	70-80	1-2
Keskivartalopito	2	60s	ilman painoa	**kiertona
Selkälihasliike (esim. HUR)	2	10-15	0-5-10kg paino	**kiertona
Kierto (esim. FRAPP)	2	10-15	+10-20kg paino	**kiertona

**KESTÄVYYS(INTERVALLI)HARJOITTELU  
VIKKO 10**

	Sarja	Toistot	Intensiteetti (% HR <sub>max</sub> )	Palautus (min)
Juoksu	4	4min	85-90%	4 (60-70%)
Juoksu	3x3	100m	90-100%	2 (60-70%) (5min palautus sarjojen välillä)

Muuta päivittäistä fyysistä aktiivisuutta sallitaan, mutta pyrkikää tekemään näitä sessioita aina laadukkaasti!  
Kerran viikossa kannattaa tehdä myös yksi palauttava peruskestävyysslenkki.