

**INTERVALLIHARJOITTELUN JA KESTOJUOKSU-  
HARJOITTELUN VAIKUTUKSET MAKSIMAALISEEN  
HAPENOTTOKYKYYN JA JUOKSUN TALOUDELLISUUTEEN  
MIEHILLÄ JA NAISILLA**

Heini Wennman

Liikuntafysiologia

LFY.A005

Kandidaatintutkielma

Kesä 2009

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Antti Mero

ja Ari Nummela

## TIIVISTELMÄ

**Wennman, Heini 2009. Intervalliharjoittelun ja kestojuoksuharjoittelun vaikutukset maksimaaliseen hapenottokykyyn ja juoksun taloudellisuuteen miehillä ja naisilla. Liikuntafysiologian kandidaatintutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 37.**

Pitkissä kestävyysuorituksissa elimistö tuottaa energiaa hiilihydraateista ja rasvoista hapen avulla (McArdle 2001, 165). Pitkän matkan juoksuun vaikuttavat fysiologiset tekijät ovat maksimaalinen hapenottokyky, aerobinen kynnysvauhti, sekä juoksun taloudellisuus. Nämä tekijät voivat selittää henkilöiden välisiä eroja pitkänmatkan juoksusuorituksissa jopa 70 %. Kestävyysjuoksijan tyypillisimpiin harjoitusmuotoihin kuuluvat pitkäkestoiset aerobiset harjoitukset maltillisella teholla juostuna (Midgley ym. 2007.) Oikein toteutettuna, kestävyysharjoittelu parantaa mm. maksimaalista hapenottokykyä ( $VO_{2max}$ ) ja lisää hiussuoniston tiheyttä työskentelevissä lihaksissa (Kubukeli ym. 2002). Tietyissä vaiheissa kehitystään, urheilija tarvitsee tehoharjoittelua parantaakseen  $VO_{2max}$ :iaan ja näin ollen suorituskykyään (Midgley ym. 2006). Intervalliharjoittelu ja kestojuoksuharjoittelu ovat kaksi eri tapaa tehdä tehoharjoittelua. Intervalliharjoittelussa työ- ja palautusosiot vaihtelevat harjoituksen aikana. Intervalliharjoittelu mahdollistaa kovatehoisen juoksun pidemmän aikaa lähellä maksimaalisen hapenottokyvyn rajaa mm. koska laktaatin kertyminen on hitaampaa (Billat 2001). Kestojuoksuharjoitukset tähtäävät aerobisen energiantuoton kehittämiseen ja teho näissä harjoituksissa pidetään yleensä alle tai sillä alhaisimmalla nopeudella, jolla  $VO_{2max}$  voidaan saavuttaa (Vuorimaa 2008). Monet tutkimukset, joissa on käytetty supramaksimaalista työtehoa intervallityyppisessä kuormituksessa, ovat todenneet tämän tyyppisen harjoittelun parantaneen juoksijoilla myös aerobisia ominaisuuksia (mm. Billat 2001, McArdle 2001, 488). Tämän työn tarkoitus on tutkia, eroavatko vasteet 10 viikon mittaiselle intervalli vs. kestojuoksuharjoittelulle, terveillä, mies- ja naispuolisilla kestävyyskuntoilijoilla.

Koehenkilöinä oli kuntojuoksijataustaisia naisia (n=16) ja miehiä (n=11). Koehenkilöt jaettiin kahteen harjoitteluryhmään: intervalliryhmä ja kestojuoksuryhmä, ”matched paires” – menetelmän avulla. Näin saatiin seurattujen muuttujien osalta lähtötilanteessa tasavertaiset ryhmät, joissa naisia IV-ryhmässä n=9, TV-ryhmässä n=7 ja miehiä IV-ryhmässä n=5 ja TV-ryhmässä n=6. Kaikki henkilöt testattiin sekä ennen että jälkeen 10 viikon mittaisen maratonharjoittelujakson. Testattavina muuttujina oli maksimaalinen hapenottokyky (ml/kg/min) ja submaksimaalisen ratajuoksun taloudellisuus (ml/kg/km). Harjoittelujakson aikana ryhmät tekivät erityyppistä tehoharjoittelua. IV-ryhmällä tehoharjoittelu koostui sekä 150m että 500m intervallijuoksuista, lähes maksimaalisella teholla. Aluksi tehoharjoitukset TV-ryhmässä juostiin aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välisellä teholla kestoltaan 40 min, ja loppuvaiheessa yli anaerobisen kynnyksen teholla kestoltaan 17-18min. Harjoitusmäärät olivat molemmissa ryhmissä jakson aikana tasaiset, eli viikoittaisia harjoituskertoja ryhmille kertyi saman verran ja tuntimäärä per viikko oli myös tasainen ryhmien välillä. Henkilöt raportoivat säännöllisesti harjoitteluun harjoituspäiväkirjan muodossa.

Intervalliryhmä paransi merkitsevästi harjoittelun myötä maksimaalista hapenottokykyään ( $p < 0,05$ ) ja lisäksi aerobisen kynnyksen nopeuttaan ( $p < 0,05$ ). Myös kestojuoksuryhmässä tapahtui merkitsevää parannusta aerobisen kynnyksen nopeudessa ( $p < 0,05$ ) ja merkitsevää muutosta maksimaalisessa hapenottokyvyssä ( $p < 0,05$ ). Juoksun taloudellisuudessa ei tapahtunut merkitsevää muutosta kummassakaan ryhmässä. Tutkimuksen, kuten monien muiden vastaavaa aihetta käsittelevien tutkimusten mukaan, myös intervalliharjoittelu on tehokas tapa parantaa maksimaalista hapenottokykyä. Intervalliharjoittelu kuten myös kestojuoksuharjoittelu paransi juoksijan aerobisia ominaisuuksia, jotka sittemmin voivat johtaa parannuksiin juoksuosuorituksessa.

**Avainsanat:** maksimaalinen hapenottokyky, intervalliharjoittelu, aerobinen kynnys, juoksun taloudellisuus

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO .....	4
2 KESTÄVYYSJUOKSUSUORITUS PITKILLÄ KILPAILUMATKOILLA.....	5
2.1 Juoksun tekniikka, lihasten toiminta ja reaktivoimantuotto.....	5
2.2 Energiantuotto .....	6
2.3 Fysiologiset vaatimukset.....	7
2.4 Urheilija-analyysi.....	10
2.5 Maratonjuoksun ominaispiirteet.....	12
3 KESTÄVYYSJUOKSIJAN HARJOITTELU .....	14
3.1 Intervalliharjoittelu.....	15
3.1.1 Anaerobinen intervalliharjoittelu .....	16
3.1.2 Aerobinen intervalliharjoittelu .....	17
3.2 Kestojuoksuharjoittelu .....	18
4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT .....	19
5 MENETELMÄT .....	20
5.1 Koehenkilöt .....	20
5.2 Koeasetelma .....	21
5.2.1 Testaus .....	21
5.2.2 Harjoittelu .....	23
5.2.3 Tilastolliset menetelmät .....	24
6 TULOKSET .....	25
6.1 Intervalliryhmä.....	25
6.2 Kestojuoksuryhmä .....	26
7 POHDINTA .....	28
LÄHTEET.....	33

# 1 JOHDANTO

Kestävyysharjoittelu tähtää parantamaan aerobista suorituskykyä (Kubukeli ym. 2002), joka yleensä arvioidaan maksimaalisena hapenottokykynä ja aerobisen kynnyksen suoritusastana (Midgley ym. 2007). Pitkään harjoitelleilla kestävyysjuoksijoilla maksimaalinen hapenottokyky saavuttaa jossain vaiheessa ns. tasanteen, jolloin sen kehittyminen taantuu (Midgley ym. 2006). Harjoittelun teho on todetusti se parhaiten säädettävissä oleva tekijä, jolla on eniten vaikutusta  $VO_{2max}$ :in kehittymiseen (Midgley ym. 2007.) Intervalliharjoittelu ja kestojuoksuharjoittelu ovat kaksi erityyppistä, kestävyysjuoksuharjoittelussa käytettyä tehoharjoitusmuotoa. Intervalliharjoittelu perustuu työjaksoihin ja niiden väliseen palautukseen (Billat 2001) kun taas kestojuoksu suoritetaan nimen mukaisesti yhtäjaksoisena kuormituksena.

Intervalliharjoittelun vaikutuksia juoksijan maksimaaliseen hapenottokykyyn ja aerobisiin ominaisuuksiin on kirjallisuudessa jonkin verran tutkittu. Kuntojuoksijoiden tapauksessa intervalliharjoittelu näyttäisi olevan tehokas, aikaa säästävä tapa kehittää hapenottokykyä ja näin ollen kestävyys suorituskykyä (Demarle ym. 2003).

Tämän kandidaatin työn tarkoitus on tutkia, saadaanko intervalliharjoittelulla aikaan parannusta maksimaalisessa hapenottokyvyssä ja onko intervalliharjoittelu siinä tapauksessa kenties kestojuoksuharjoittelua tehokkaampi tapa kehittää maksimaalista hapenottokykyä, maratonkoulun osallistuvilla kuntojuoksijoilla. Tutkimuksen koehenkilöt ovat Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (Jyväskylä) maratonkoulun 2009 osallistujia. Tämän kandidaatin työn mielenkiinto kohdistuu maratonkoulun loppuvaiheeseen, 10 viikkoa kestävänsä ns. maratonharjoittelujaksoon. Tätä jaksoa ennen koehenkilöt ovat harjoitelleet säännöllisesti jo 15 – 16 viikkoa, ja heidät on testattu kahdesti. Aiheen selkeyttämiseksi ja liiallisen informaation välttämiseksi, tässä työssä ei käsitellä sen enempää maratonkoulun muita harjoitusjaksoja tai tähän kandidaatin työhön liittymättömiä testejä. Kysymyksiin näistä aiheista löytää vastaukset Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen maratonkouluprojektiin liittyvistä muista julkaisuista.

## **2 KESTÄVYYSJUOKSUSUORITUS PITKILLÄ KILPAILUMATKOILLA**

### **2.1 Juoksun tekniikka, lihasten toiminta ja reaktivoimantuotto**

Juokseminen on kuin sarja ponnahduksia, joissa lihakset, jänteet ja ligamentit sitovat ja/tai vapauttavat energiaa aina jalan osuessa maahan. Juoksussa sekä etureiden että pohkeen lihaksissa tapahtuu askeleen ponnistusvaiheessa konsentrista lihastyötä ja vastaavasti jarrutusvaiheessa, eli jalan osuessa maahan, eksentristä lihastyötä. (Noakes 2001, 20,51.) Nuorten juoksijoiden (n=17) biomekaanisia ominaisuuksia tutkittaessa, todettiin mm. kuinka tärkeä on juoksussa tehokas voimantuotto askeleen kontaktivaiheen aikana. Erityisen suuri rooli tässä suhteessa on jalan ojentajien riittävällä aktivoitumisella sekä ennen askeleen jarrutusvaihetta että sen aikana, ja näiden lihasten koordinaatio takareiden lihastoiminnan kanssa askeleen ponnistusvaiheessa. Tutkimukseen osallistuneilla nuorilla juoksijoilla, maksimaaliseksi pystysuunnassa tuotetuksi voimaksi mitattiin  $2134 \pm 226$  N ja positiiviseksi, vaakasuunnassa tuotetuksi voimaksi  $675 \pm 173$  N, juoksijoiden ollessa maksimaalisessa juoksuvauhdissa (6.25 m/s). (Kyröläinen ym. 2001.) Maratonjuoksijoilla, jotka suosivat hitaampaa kestojuoksua harjoittelussaan, on hitaampi voimantuottokyky ja maksiminopeus kuin keskimatkan tai pikamatkan juoksijoilla (Vuorimaa 2007, 67). Juoksunopeutta voidaan nostaa kolmella eri tavalla: 1) lisäämällä askeltiheyttä 2) lisäämällä askelpituutta 3) lisäämällä sekä askeltiheyttä että askelpituutta. Pääsääntöisesti juoksunopeus kasvaa askelpituutta lisäämällä. Vasta kovilla nopeuksilla askelfrekvenssin parantuminen on tärkeämmässä roolissa. (McArdle 2001, 210.) Suomalais tutkimuksessa todettiin juoksijoiden 20 metrillä mitatun maksiminopeuden ja askelpituuden korreloivan positiivisesti 5000 m juoksuvauhtiin. Lisäksi kyky nopeaan voimantuottoon maksimaalisessa ja submaksimaalisessa juoksussa, korreloi positiivisesti sekä 5000 m että 10 000 m juoksusuoritukseen. (Paavolainen ym. 1999.)

## 2.2 Energiantuotto

Pitkässä kestävyysuorituksessa, energiaa tuotetaan pääasiassa aerobisesti (McArdle 2001, 459). Elimistön kolme pääasiallista energiantuottoreittiä toimivat kuitenkin kaikki rinnakkain, joskin niiden suhteelliset osuudet kokonaisenergiantuotosta vaihtelevat suorituksen keston ja intensiteetin mukaan. Anaerobinen energiantuottojärjestelmä, joka jaetaan alaktiseen ja laktiseen, kykenee välittömästi vastaamaan kuormituksen alusta energiavaatimukseen ja sen avulla voidaan tuottaa hyvin tehokkaita lihassupistuksia. Aerobinen energiantuottojärjestelmä ei pysty aktivoitumaan tarpeeksi nopeasti kuormituksen alussa, riippumatta kuormituksen tehosta, mutta se kykenee puolestaan tuottamaan energiaa hyvinkin pitkän aikaa. Aerobisen energiantuottojärjestelmän rooli on kuitenkin myös korkeatehoisessa suorituksessa tärkeä. Jo 75 sekuntisessa maksimaalisessa työssä, puolet energiantuotosta tapahtuu aerobisesti. (Gastin 2001.) Mitä pidempikestoinen suoritus on, sitä puhtaammin energiaa tuotetaan hapen avulla, joko hiilihydraateista tai rasvoista. (McArdle 2001, 165). Kun kuormituksen kesto pitenee ja teho nousee, kasvaa veren glukoosin merkitys lihasten energianlähteenä. Glukoosia saadaan vereen pääasiassa maksasta. Kun suoritus kestää tarpeeksi kauan, maksan glykogeenivarastot tyhjenevät eikä maksan glukoosintuotto riitä lihasten glukoositarpeen tyydyttämiseen. Tästä voi seurata hypoglykemian oireita ja väsymystä, ks. kappale maratonjuoksun ominaispiirteet. (Noakes 2001, 123.) Kuormituksen tehon lisääntyessä, elimistö käyttää siis yhä enemmän hiilihydraatteja energianlähteenä, mm. koska lihassoluissa on enemmän glykolyttisiä kuin lipolyttisiä entsyymejä (Noakes 2001, 120-121) ja koska hiilihydraattien pilkkoutuminen tapahtuu paljon nopeammin kuin rasvojen (McArdle 2001, 141). Riippuen urheilijan harjoittelusta ja hänen sympaattisen hermoston stimulaation tasosta, kuormitusteho jolloin hiilihydraattien käyttö ylittää rasvojen käytön pääasiallisena energianlähteenä vaihtelee. Yleensä tämä raja kulkee noin 40 %  $VO_{2max}$  tehosta. (Noakes 2001, 120-121.) Myös ympäristötekijät ja perimä vaikuttavat energia-aineenvaihdunnan yksilöllisiin eroihin (Noakes 2001, 122-123). Layecin ym. (2009) tutkimuksessa todettiin, että ei-harjoitteluiden ja kestävyysharjoittelua tehneiden koehenkilöiden väliset erot aerobisen energiantuoton suhteellisissa osuuksissa tietyllä energiankulutuksella ovat merkittäviä. Tulokset osoittivat, että kestävyysharjoittelu lisää aerobista osuutta ATP:n tuotossa niin, että anaerobinen,

tehokkaampi ATP:n tuotto voidaan säästää myöhempään vaiheeseen suoritusta. Kestävyysjuoksijoilla aerobisen energiantuoton osuus määrätystä energiankulutuksesta oli jopa 84 % verrattuna kontrolliryhmän 54 %:iin. (Layec ym. 2009.)

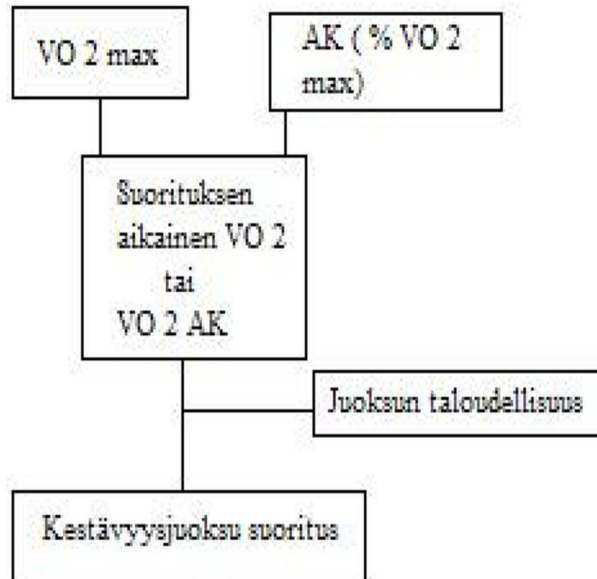
### 2.3 Fysiologiset vaatimukset

Pitkän matkan kestävyysjuoksuun vaikuttavat fysiologiset tekijät ovat kirjallisuudessa hyvin selvitetty. Ne ovat maksimaalinen hapenottookyky eli  $VO_{2max}$  (ml/kg/min) aerobinen kynnysvauhti (min/km), tunnettu myös nimellä laktaattikynnys, sekä juoksun taloudellisuus (ml/kg/km tai ml/kg/min). Nämä tekijät voivat selittää henkilöiden välisiä eroja pitkänmatkan juoksuosuuksissa jopa 70 %:a. (Midgley ym. 2007.) Keski – ja pitkänmatkan kilpailut juostaan yleensä submaksimaalisella vauhdilla, ja urheilijan kyky ylläpitää mahdollisimman tasaista hapenkulutusta on oleellinen (Maldonado ym. 2002, Vuorimaa 2008). Toisaalta, kovissa kilpailuissa juostaan yleensä hyvinkin vaihtelevalla vauhdilla, jolloin urheilijan on pystyttävä myös kiristämään vauhtiaan tarpeen mukaan (Billat 2001).

**$VO_{2max}$ .**  $VO_{2max}$  kuvaa sitä maksimaalista kykyä, jolla sisään hengitetty happi voidaan kuljettaa soluihin käytettäväksi kuormituksen aikana. Ristiriitaisia mielipiteitä on esitetty hapenottokyvyn vaikutuksesta kestävyysjuoksuosuuksiin. Maksimaalinen hapenottookyky asettaa toki luonnollisen ylärajan kestävyysjuoksuosuukselle. (Bassett & Howley, 2000.) Tasokkailta kestävyysjuoksijamiehiltä maksimaalinen hapenottookyky korreloi positiivisesti suoritusten kanssa ja  $VO_{2max}$ :ia pidettiin selittävänä tekijänä hyvien ja huippujuoksijoiden suoritusten välisille eroille (Billat 2001). Yksi syy miksi  $VO_{2max}$  ei kuitenkaan ole kovin hyvä kestävyysjuoksuosuuksista ennustava tekijä on, että juoksijoilla on erilaiset maksimaaliset juoksuvaudit ja heidän hapenkulutukset submaksimaalisilla vauhteilla ovat myös erilaiset. Riippumatta  $VO_{2max}$ :sta juoksija voi siis juosta hyvinkin kovaa, mikäli hän on riittävän taloudellinen. Toinen syy miksi  $VO_{2max}$  pelkästään ei ole hyvä kestävyysjuoksuosuuksista ennustava tekijä on, ettei se kerro kuinka suurta osuutta tästä maksimaalisesta suorituskäytännöstä urheilija pystyy käyttämään hyväkseen suoritusten aikana. (Noakes 2001, 49 – 50.)



**Juoksun taloudellisuus.** Juoksun taloudellisuudella tarkoitetaan hapenkulutuksen suuruutta tietyllä juoksuvauhdilla. Taloudellisuutta mitataan steady-state tilassa, O<sub>2</sub> kulutuksena, yleensä jollain submaksimaalisella vauhdilla. (Saunders ym. 2004.) Juoksun taloudellisuus ilmoitetaan joko hapenkulutuksena painokiloa kohden minuutissa (ml/kg/min) tietyllä vauhdilla tai hapenkulutuksena painokiloa kilometriä kohden (ml/kg/km) (Bassett & Howley 2000). Juoksijan taloudellisuutta pidetään hyvänä jos se on < 200 ml/kg/km (Vuorimaa 2008). Kestävyysjuoksusuorituksen ja hyvän juoksun taloudellisuuden välillä on tiettyjen tutkimusten mukaan osoitettu vahva yhteys. (Saunders ym. 2004). Juoksun taloudellisuus vaikuttaa siihen kuinka hyvin juoksija pystyy käyttämään hyväksi suorituksen aikaista hapenottookykyään (kuvaaja 1) (Bassett & Howley, 2000). Juoksun taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat juoksijan rakenne, hänen juoksutekniikkansa ja hänen aineenvaihdunnallinen hyötysuhteensa (Vuorimaa 2008). Mitä pidemmästä juoksumatkasta on kyse, sitä tärkeämpää suoritukselle on taloudellinen eteneminen (Maldonado ym. 2002). Huipputasoisia mieskestävyysjuoksijoita tutkinut Maldonado (2002) osoitti, että näillä juoksijoilla VO<sub>2max</sub> ja juoksun taloudellisuus olivat ristiriidassa keskenään, tarkoittaen että koehenkilöillä korkea VO<sub>2max</sub> oli yhteydessä heikkoon taloudellisuuteen ja päinvastoin. Samankaltaisia tuloksia on osoitettu myös Portugalin ja Ranskan maajoukkue-tason juoksijoilla, joiden joukossa heikompi taloudellisuus havaittiin niillä juoksijoilla, joilla oli vertailussa korkeampi VO<sub>2max</sub> (Billat ym. 2001). Juoksun taloudellisuuden kehittyminen on tyypillisesti hidasta, usein parannusta tapahtuu pitkäjäksoisen kestävyysharjoittelun seurauksena noin 1 – 3 % vuodessa. Poikkeuksia toki ilmenee, mm. naisten maratonin maailmanennätysjuoksija, paransi juoksun taloudellisuuttaan huomattavasti viiden vuoden harjoittelun aikana. (Joyner & Coyle 2008.)



**Kuvio 1.** Yksinkertaistettu kuvaaja kestävyysjuoksu suoritukseen vaikuttavista päätekijöistä ja niiden yhteyksistä toisiinsa. AK = aerobinen kynnyks (Muokattu Bassett jr & Howley 2000).

**Aerobinen kynnysvauhti.** Tutkijat ovat laajalti yhtä mieltä siitä, että parantunut aerobinen kynnysvauhti on hyödyksi kestävyys suoritukselle (Midgley ym. 2007). Aerobinen kynnys määritetään nousujohteisessa kuormituksessa sille nopeudelle, jolloin elimistön laktaattitaso pyrkii ensimmäisen kerran nousemaan yli mitatun lepoarvon (Wilmore & Costill 2004, 706). Tästä kohdasta puhutaan myös nimellä laktaattikynnys. Pitkien matkojen juoksijoilla on mm. havaittu mailereita parempi aerobisen kynnyn suoritus taso. Tätä pidetään jossain määrin perusteluna sille, että runsas aerobista kynnystä matalampitehoinen harjoittelu parantaa aerobisen kynnyn juoksuvauhtia. (Midgley ym. 2007.) Aerobisen kynnyn siirtyminen suuremmalle juoksunopeudelle tai lähemmäksi maksimaalista suorituskykyä on elimistön adaptaatiota harjoittelulle, jolloin laktaatin tuotto pienenee ja sen poisto tehostuu tietyllä suoritus tasolla (Noakes 2001, 165). Huippujuoksijoilla aerobinen kynnys on prosentuaalisesti hyvin lähellä heidän maksimaalista hapenotto kykyään (Joyner & Coyle 2008).

Loftinin ym. (2007) tutkimus osoitti, että aerobinen kynnysvauhti korreloi jossain määrin hyvin maratonjuoksu suoritukseen harrastejuoksijoilla. Samassa tutkimuksessa todettiin

myös, että riippumatta loppuajasta, juoksijat suorittivat maratonin aerobista kynnysvauhtiaan lähellä olevalla teholla (Loftin ym. 2007). Hyvätasoisilla ( $VO_{2\max}$  68 – 74 ml/min/kg) kestävyysjuoksijoilla maksimaalisen aerobisen vauhdin (m/s) havaittiin myös olevan yhteydessä suoritustasoon. Mitä parempi aerobinen vauhti, sitä lähempänä juoksijan suoritustaso oli maailmanennätystasoa. (Maldonado ym. 2002.) Demarle (2003) totesi tutkimuksensa perusteella, että juoksijan lähtötasosta riippumatta, parannus aerobisessa kynnysvauhdissa, oli myös yhteydessä parannukseen suorituskyvyssä. Hän vertaili harjoittelemattomilla ( $VO_{2\max}$   $47,7 \pm 2,7$  ml/min/kg) ja jonkin verran harjoitelleilla ( $VO_{2\max}$   $61,2 \pm 2,7$  ml/min/kg) henkilöillä tapahtuneita muutoksia juoksusuorituksessa, tietyllä yli aerobisen kynnyksen olevalla vauhdilla, neljä tai kahdeksan viikkoa kestäneen intervalliharjoittelujakson päätteeksi. Tulokset osoittivat, että ne juoksijat jotka olivat parantaneet aerobisen kynnyksen vauhtiaan, olivat myös parantaneet juoksusuoritustaan, tuolla ennalta määritetyllä kovalla juoksuvauhdilla. (Demarle ym. 2003.)

## 2.4 Urheilija-analyysi

*Kehon koostumus.* Kestävyysjuoksijat ovat tyypillisesti kevytrakenteisia ja pitkäjalkaisia. Kevytrakenteisuus liittyy kestävyysjuoksussa hyvään taloudellisuuteen ja pieneen energiankulutukseen. Harrastejuoksijoita tutkittaessa, selvitettiin kehon koon vaikutuksia maratonjuoksun energiankulutukseen ja juoksutulokseen. Mitä kookkaampi juoksija, sitä enemmän harrastejuoksija kuluttaa energiaa ja aikaa maratonilla. (Loftin ym. 2007.) Ehkä paras kestävyysjuoksijan antropometrinen mitta on pohkeen ympäryys. Suomalaisella huippumaratoonarilla Francis Kirwalla pohkeen ympärykseksi on mitattu 31,9 cm. (Vuorimaa 2008.) Hyvin tyypillisiä, tutkimusraporteissa ilmeneviä arvoja kestävyysjuoksijoiden pituudesta ja painosta sekä rasvaprosentista on kuvattu seuraavassa. Pituus on kestävyysjuoksijamiehillä eri tutkimusraporttien mukaan yleensä noin 172 - 184 cm ja naisilla noin 160 - 165 cm. Paino kestävyysjuoksijoilla liikkuu miehillä 60 kg ja 70 kg välillä ja vastaavasti naisilla 45 kg – 55 kg. Painoindeksi kestävyysjuoksijamiehillä on usein 17 – 20 kg / m<sup>2</sup> ja naisilla noin 18 kg / m<sup>2</sup>. Rasvaprosenttia tarkasteltaessa, kestävyysjuoksijoilla arvot ovat tyypillisesti miehillä 3 - 5 % välillä ja naisilla 12 ja 15 % välillä. (McArdle 2001, 802–204.)

*Fysiologiset ominaisuudet.* Hyvillä pitkän matkan kestävyysjuoksijoilla, työskentelevät juoksulihakset koostuvat pääasiassa hitaista, pitkään väsymättömistä tyyppin I lihassoluista. Kestävyysjuoksijalla esim. gastrocnemius lihas voi koostua jopa 90 – 95 % hitaista lihassoluista. (McArdle 2001, 379.) Maratonille tähtäävillä, juoksuharjoittelua aloittavilla henkilöillä, todettiin Trappen (2006) tutkimuksessa parannusta gastrocnemius lihaksen hitaiden lihassolujen toiminnassa 13 viikkoa kestäneen matalatehoisen kestävyysharjoittelujakson jälkeen. Vastaavasti kolmen viikon mittaisen tehopainotteisen viimeistelyharjoittelujakson lopussa, näiden juoksijoiden nopeiden lihassolujen toiminnallinen kapasiteetti oli parantunut. Lihassolut muokkautuvat pitkän kestävyysharjoittelujakson myötä ja niiden toiminnallinen kapasiteetti paranee. Pitkäkestoinen matalatehoinen harjoittelu parantaa kestävyysjuoksijalla hitaiden lihassolujen toimintakykyä, kun taas kovatehoisempi ns. kilpailuun valmistava harjoittelu vaikuttaa nopeiden lihassolujen toimintaan. (Trappe ym. 2006.)

Esimerkkinä kestävyysjuoksijoiden hapenottokyvystä esitettäköön Billat ym. (2001) tutkimus jossa kansainvälisen tason huippumaratoonareilla (n=9) mitattiin laboratoriossa maksimaalisen hapenottokyvyn arvoja miehillä  $79.6 \pm 6.2$  ml/kg/min ja naisilla  $62.6 \pm 5.0$  ml/kg/min (Billat ym. 2001). Vastaavasti Loftin ym. (2007) mittasivat  $VO_{2max}$  testissä kuntoilijatasen miesjuoksijoilla (n=10)  $52.6 \pm 5.5$  ml/kg/min ja naisjuoksijoilla (n=10)  $41.9 \pm 6.6$  ml/kg/min maksimaalisen hapenkulutuksen lukemia. Kaiken kaikkiaan, huippu-urheilijoiden  $VO_{2max}$  arvot ovat noin 50 – 100 % suurempia kuin ei-urheilevilla ihmisillä (Joyner & Coyle 2008). Aerobinen kynnys antaa osviittaa siitä, kuinka suurta osuutta maksimaalisesta hapenkulutuksesta urheilija voi ylläpitää pitkissä suorituksissa. Aerobinen kynnys normaali-ihmisillä ilmenee noin 60 %:ssa  $VO_{2max}$ :sta, kun vastaavasti huippu-urheilijoilla se voi ylittää 75 – 85 %:iin  $VO_{2max}$ :sta. (Joyner & Coyle 2008.)

## 2.5 Maratonjuoksun ominaispiirteet

Maraton on pituudeltaan 42,195 km (IAAF 2009, 225). Maratonin sanotaan alkavan vasta 32 km jälkeen, jolloin ihmisen kestävyysluonnollinen raja ylittyy. Maratonjuoksijat kutsuvat tätä rajapyykkiä seinäksi. (Noakes 2001, 596.) Harrastejuoksijoilla aikaa maratonille kuluu noin 3 – 6h ja energiankulutus on suurta (Loftin ym. 2007). Kilpamaratoonareista parhaat miesjuoksijat selvittävät maratonin jopa alle 130 minuutissa eli noin 19,5 km /h keskinopeudella ja huippu-naismaratoonarit noin 155 minuutissa eli 17.0 km / h keskinopeudella (Billat & Demarle 2002). Maratonjuoksu vaatii juoksijalta hyvää aerobista kapasiteettia ja juoksijan on pystyttävä suorituksen ajan ylläpitämään jopa 80 – 90 %  $VO_{2max}$  työtehosta (McArdle 2001, 214). Yleisesti ottaen sama juoksija juoksee maratonkilpailuja kaksi vuodessa. Kilpajuoksijoiden on esimerkiksi Olympiavuonna juostava Olympialaisiin oikeuttava maratontulos jo viisi kuukautta ennen varsinaista pääkisää. (Billat ym. 2002.)

**Väsymys.** Perifeerinen väsymys tapahtuu lihastasolla, kun lihasten glukoosintarvetta ei enää pystytä tyydyttämään kuormituksen vaatimusten mukaan. Tällöin hypoglykeemian oireita voi esiintyä ja väsymys iskeä. (Noakes 2001, 123, 145.) Yhtäjaksoinen, yli kaksi tuntia kestävä kuormitus 70 – 85 % teholla  $VO_{2max}$ :sta, aiheuttaa eniten lihasten glykogeenivarastojen tyhjenemistä (Noakes 2001, 106). Tyypillisen maratonjuoksuosuorituksen jälkeen, tyypin I ja IIa lihassolut ovat täysin tyhjentyneet glykogeenistä (Sherman ym. 1983, teoksessa Noakes 2001, 107). Koska veren L-pitoisuudet ovat yleensä maraton- ja ultramaratonjuoksuissa pienet, näillä matkoilla progressiivisesti kertyvää väsymyksen tunnetta ei voida selittää veren tai lihasten laktaattikertymällä. Kirjassaan Noakes (2001) esittää todisteita kahdesta eri tutkimuksesta, joiden mukaan aivot kontrolloivat väsymystä pitkissä suorituksissa, jolloin puhutaan ns. keskushermostollisesta väsymyksestä. (Noakes 2001, 99-100.) Väsymyksen perinteinen määritelmä on kyvyttömyys ylläpitää haluttua tai vaadittua työtehoa. Uudempi määritelmä väsymykselle on, että väsymys on kokemus tai tunne, joka riippuu periferiasta tulevista fysiologisista, biokemiallisista ja sensomotorisista palautteista, jotka ennustavat lihastyön tai kuormituksen heikkenemistä. (Noakes 2005.) Väsymys johtuu siis pikemminkin aivojen

muuttuneista käskyistä lihaksille, kuin muutoksista itse lihaksissa. Aivomme reagoivat kuormituksessa kehon eri osien viesteihin ja suojellakseen elimistöä vaurioilta (sydämen hapenpuute, lämpötilan nousu, aivojen hapenpuute ym.), ne vähentävät lihasmassan rekrytointia. Tämä johtaa työtehon, tai juoksussa nopeuden laskuun. (Noakes 2001, 147-148.) Aivot arvioivat työtehon ja koetun rasituksen kuormituksessa sopivaksi suhteessa kuormituksen loppuhetkeen. Tahdonalaisessa kuormituksessa lihassolujen rekrytointi on aina submaksimaalista, joten hieman pelivaraa on olemassa. Tämä selittänee mm. huippujuoksija Haile Gebreselassien kyvyn nostaa vauhtia 10 000 m juoksun loppuvaiheessa vaikka hän onkin ”väsynyt”. (Noakes 2005.)

### 3 KESTÄVYYSJUOKSIJAN HARJOITTELU

Kestävyydellä tarkoitetaan yleisesti kykyä vastustaa väsymystä. Kestävyysjuoksijan tyypillisimpiin harjoitusmuotoihin kuuluvat pitkät aerobiset juoksuharjoitukset maltillisella teholla juostuna (Midgley ym. 2007). Billat ym. (2001) tutkimukseen osallistuneet Portugalin ja Ranskan maajoukkueen miespuoliset maratonjuoksijat, raportoivat juoksevensa jopa 78 % viikoittaisesta harjoitusmäärästään maratonvauhtiaan matalammalla teholla.

Matala- tai keskitehoinen yhtäjaksoinen liikunta, useiden kuukausien ajan, parantaa pääasiassa urheilijan aerobista kapasiteettia (Kubukeli ym. 2002). Jo yksittäinen kestävyysharjoitus voi olla kehittävä, mikäli se kuormittaa hengityselimistöä ja hapenkuljetusjärjestelmää riittävästi, ja aikaansaa siihen liittyvän positiivisen fysiologisen tai neuromuskulaarisen vasteen (Vuorimaa 2007, 14).

Kestävyysharjoittelu parantaa harjoittelemattomilla henkilöillä maksimaalista hapenottokykyä ( $VO_{2max}$ ), lisää hiussuoniston tiheyttä työskentelevissä lihaksissa, lisää verivolyyymiä ja pienentää sykettä liikunnan aikana samalla absoluuttisella intensiteetillä (Kubukeli ym. 2002). Lisäksi aerobinen kestävyysharjoittelu mm. parantaa kehon rasvametaboliaa, kehittää lihassolujen aerobista kapasiteettia, kasvattaa sydämen vasemman kammion seinämää ja tilavuutta ja madaltaa verenpainetta levossa ja submaksimaalisessa rasituksessa (Mc Ardle 2001, 467 – 469, 475).

Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että hyväkuntoisilla kestävyysurheilijoilla pitkät matalatehoiset harjoitukset eivät välttämättä enää kehitä maksimaalista hapenottokykyä samalla tavalla kuten harjoittelemattomilla. Monet tutkimukset ovat raportoineet, että huippukestävyysjuoksijoilla  $VO_{2max}$  saavuttaa jossain vaiheessa kehityksessään tasannevaiheen, jonka jälkeen matalatehoinen kestävyysharjoittelu ei enää saa urheilijalla aikaan merkitseviä muutoksia  $VO_{2max}$ :ssa. (Midgley ym. 2006.)

Harjoittelun intensiteetti on tekijä joka erottaa hyvät ja erittäin hyvät maratonjuoksijat toisistaan. Tehdyn vertailututkimuksen perusteella voidaan sanoa, että paremmat juoksijat tekevät viikossa kilometreissä laskettuna enemmän kovatehoisia harjoituksia kuin heitä heikommat juoksijat. (Billat ym. 2001.)

### 3.1 Intervalliharjoittelu

Kestävyysjuoksijat tekevät intervalliharjoittelua parantaakseen omaa kilpailuvauhtiaan. Intervalliharjoittelu tarkoittaa suoritusta, joka on jaettu lyhyempiin osasuorituksiin, joita aina seuraa joko aktiivinen tai passiivinen palautus. Intervalliharjoituksesta voidaan määrittää sen 1) intensiteetti, 2) työ – palautus suhde 3) vaihtelu ja 4) työ- ja palautusjaksojen kokonaisaika ja -matka. Intervalliharjoituksen intensiteetti tarkoittaa harjoituksen keskimääräistä tehoa, huomioiden sekä työ- että palautusjaksot. Työ - palautus suhde intervalliharjoitukselle määritetään suhteuttamalla työjakson pituus palautusjakson pituuteen. Tyypillisiä työ – palautussuhteita intervalliharjoittelussa ovat 1:1, 1:2 tai 2:1. Intervalliharjoittelun vaihtelu kuvaa kuinka työteho eri jaksoilla harjoittelun aikana eroaa harjoituksen keskimääräisestä työtehosta. (Billat 2001.)

Hyvillä, pitkään harjoitelleilla kestävyysjuoksijoilla  $VO_{2max}$  vaatii kovatehoista harjoittelua kehittyäkseen. Progressiivinen lisäys  $VO_{2max}$  vauhtisessa harjoittelumäärässä on siis hyödyllistä. (Midgley ym. 2006.) Intervalliharjoittelu mahdollistaa kovatehoisen juoksun vähemmällä laktaatin kertymisellä kuin yhtäjaksoinen kuormitus ja näin ollen voidaan työskennellä pidemmän aikaa lähellä maksimaalisen hapenottokyvyn rajaa (Billat 2001). Tästä syystä perustellaan intervalliharjoittelun olevan hyödyllistä myös sydämen iskutilavuuden parantamiseksi (Tjonna ym. 2008). On syytä muistaa myös, että suurella nopeudella kertynyt matka vaikuttaa harjoituksen hyötyyn. Nämä vaikutukset liittyvät lihastoimintaan ja tehokkaiden lihassupistusten maksimointiin. (Noakes 2001.)



### 3.1.1 Anaerobinen intervalliharjoittelu

Anaerobisessa intervalliharjoittelussa tehdään hyvin lyhyitä (10 – 30s) maksimaalisia tai supramaksimaalisia toistoja, joiden välinen palautus pitkälti määrittelee sen onko harjoitus alaktinen vai laktinen. Mikäli palautus pidetään tarpeeksi pitkänä, jotta välittömät energianlähteet ehtivät palautua, harjoitusta voidaan jatkaa pidempään ilman laktaatin kertymistä ja tehon laskua. (Billat 2001.) Työ – palautussuhde 1 : 3 soveltuu välittömien energiantuottojärjestelmien harjoittamiseen (Mc Ardle 2001, 487). Mikäli työteho on riittävän korkea ja palautus työjaksojen välillä lyhyt, laktinen anaerobinen energiantuottojärjestelmä aktivoituu ja laktaattia kertyy nopeasti elimistöön (Billat 2001). Glykolyysin ja muun anaerobisen energiantuoton parantamiseksi sopii mm. 1 : 2 työ - palautus suhde (Mc Ardle 2001, 487.) Todistettavasti glykolyysin osuus on kuitenkin tällaisessa anaerobisessa intervalliharjoittelussa pienempi kuin vastaavantehoisessa yhtämittaisessa harjoituksessa (Billat 2001).

Monissa tutkimuksissa joissa on käytetty supramaksimaalista työtehoa intervallityyppisessä kuormituksessa, on todettu tämän tyyppisen harjoittelun parantavan myös aerobisia ominaisuuksia. (mm. Billat 2001, McArdle 2001, 488). Gibalan ym.(2006) tutkimuksessa osoitettiin, että kolme kertaa viikossa kuntopyörällä tehty, maksimaalisella teholla poljettu 4 – 6 x 30 s, 4 min toistopalautuksella paransi ei-urheiluvilla miehillä lihasten oksidatiivista kapasiteettia, lihasten puskurointikykyä ja suorituskykyä mitattuna suoritusaikana ja suoritustehona. Harjoittelujakso kesti näillä miehillä 14 vuorokautta. Hyväkuntoisilla mieskestävyysjuoksijoilla (n=9) intervalliharjoittelu, 8 – 12 x 30s, 93 % teholla 30s maksiminopeudesta, neljän viikon ajan, ylläpiti heidän kestävyysominaisuuksiaan huolimatta harjoittelumäärän laskusta. (Iaia ym. 2009). Billat ym. (2001) tutkivat miten intervalliharjoittelun *vaihtelu* vaikuttaa harjoitustulokseen. He teettivät koehenkilöillään (n=7) kolme erilaista intervalliharjoitusta. Kussakin työ-lepo suhde oli 1:1 (15s – 15s), mutta harjoituksen vaihtelu oli kaikissa eri. Harjoitusten keskitehoksi valittiin 85 %  $VO_{2max}$ . Harjoituksen A vaihtelu oli 11 %, harjoituksen B 35 % ja harjoituksen C 59 %. Tutkimuksessa havaittiin intervalliharjoitusten A ja B, joiden vaihtelu oli 35 % ja 11 %, olevan tehokkaampia maksimaalisen hapenottokyvyn parantamisessa kuin intervalliharjoituksen (C), jossa vaihtelu oli 59 %.

### 3.1.2 Aerobinen intervalliharjoittelu

Aerobinen intervalliharjoittelu pyrkii aktivoimaan ennen kaikkea aerobista energiantuottojärjestelmää. Lyhyet aerobiset intervalliharjoitukset tehostavat lipidimetaboliaa verrattuna samalla teholla tehtyyn yhtäjaksoiseen harjoitteluun. Kun aerobinen intervalliharjoittelu tehdään nopeuksilla, jotka vaativat maksimaalista hapenkulutusta, voidaan saada aikaan parannuksia  $VO_{2max}$ :ssa ja mitokondrioiden lukumäärässä. (Billat 2001).

Aerobisessa intervalliharjoittelussa aktiivinen palautus parantaa kertyneen laktaatin poistoa elimistössä ja pitää laktaattitasoa vakaana (Billat 2001). Kokeneilla kestävyysurheilijoilla palautuksen keston pidentäminen ei ratkaisevasti muuta korkeatehoisen aerobisen intervalliharjoituksen luonnetta. Noin kaksi minuuttia näyttäisi tutkimustulosten mukaan olevan näillä kokeneilla urheilijoilla riittävä palautusaika vakaan suorituksen ylläpitämiseksi. (Seiler ym. 2005.) Normaalisti työ – palautus suhde 1: 1 tai 1: 1,5 ovat otollisia pitkäaikaisen aerobisen kehityksen saavuttamiseksi. Lyhyessä kovassa suorituksessa hapenkulutus nousee korkealle, muttei kuitenkaan ehdi yltää maksimiinsa, jolloin lyhyt palautus on hyvä, sillä tällöin sydän- ja verenkiertoelimistö ja aerobinen energiantuotto aktivoituvat kuormituksen kasaantuessa. (Mc Ardle 2001, 488.) Billat ym. (2002) raportoivat huippumaratoonareiden  $VO_{2max}$  arvojen parantuneen jopa 5,4 %:a, kahdeksan viikon mittaisen kovan harjoittelujakson jälkeen. Tällä harjoittelujaksolla juoksijat tekivät korkeatehoista aerobista intervalliharjoittelua vähentäen samalla harjoittelunsa kokonaismäärää. Huolimatta harjoittelun pienemmästä viikoittaisesta kokonaismäärästä, lyhyt aerobinen intervalliharjoittelu kolme kertaa viikossa sai myös terveillä, ei-urheilevilla nuorilla aikuisilla aikaan samankaltaisia muutoksia hiilihydraatti- ja lipidimetaboliassa kuin matalatehoinen, pitkäkestoinen kestävyysharjoittelu. (Burgomaster ym. 2008.) Vastaavasti Talanian ym. (2007) tutkimuksessa todettiin nuorten kuntoilevien naisten liikunnan aikaisen lipidimetabolian,  $VO_{2max}$ :in ja lihasten entsyymiaktiivisuuden parantuneen, vain kahden viikon mittaisen, kovatehoisen intervalliharjoittelun jälkeen. Tjonna ym. (2008) tekivät vertailua intervalliharjoittelun ja tasavauhtisen harjoittelun vaikutusten välillä, metabolisen oireyhtymän potilailla (n=32). Korkeatehoinen intervalliharjoittelu, 4 min: 3min, 90 %: 70 %  $VO_{2max}$ , paransi koehenkilöiden aerobista

kapasiteettia ( $VO_{2max}$ ) enemmän kuin tasavauhtinen harjoittelu, 47 min/ 70 %  $VO_{2max}$ . Eroa perusteltiin mm. parantuneella iskuutilavuudella, joka vaikuttaa  $VO_{2max}$ :iin ja joka voisi parantua nopeammin intervallityyppisessä harjoittelussa, jossa lepojaksot työjaksojen välillä mahdollistavat kovatehoisen työskentelyn. (Tjonna ym. 2008.)

### 3.2 Kestojuoksuharjoittelu

Tasavauhtinen harjoittelu eli kestojuoksu on kestävyysurheilijalle hyödyllistä koska siinä liikutaan yleensä lähellä kilpailuvauhtia olevalla teholla. Lihassolutasolla tapahtuvat adaptaatiot tällä harjoitusteholla ovat kestävyysnäkökulmasta tärkeitä. (McArdle 2001, 488.) Vuorimaa (2007) on tutkinut kestävyysjuoksijoilla erityyppisten teoharjoittelumuotojen vaikutuksia hermolihasjärjestelmän toimintaan ja hormonaaliseen säätelyyn ja tullut siihen johtopäätökseen, että kestojuoksun hyöty on sitä suurempi mitä korkeampi on juoksijan aerobinen kapasiteetti. Kestoharjoitukset tähtäävätkin aerobisen energiantuoton kehittämiseen ja teho näissä harjoituksissa pidetään yleensä alle tai sillä alhaisimmalla nopeudella jolla  $VO_{2max}$  voidaan saavuttaa. (Vuorimaa 2008.) Kestojuoksu laktaattikynnyksen ja maksimaalisen vauhdin välillä olevalla vauhdilla (v50) on hyvä  $VO_{2max}$  - harjoitusmuoto juoksijoille, joiden aerobinen kynnyks on korkea mutta maksimaalinen hapenotto kyky suhteessa matala. Tämä johtunee hapenotto kyvyn hitaasta komponentista, joka nostaa rasittavassa kuormituksessa hapenottoa hitaasti kohti maksimia. Tätä komponenttia ei yleensä ole havaittavissa huippu-urheilijoilla, pikemminkin henkilöillä joilla on pieni  $VO_{2max}$ . (Billat 2001.) Tasavauhtista pyöräilyharjoittelua 65 %  $VO_{2max}$  teholla tehnyt koehenkilöryhmä (n=8), paransi yhtäläillä kestävyysominaisuuksiaan ja lihasten puskurointikapasiteettia, kuin kovatehoista intervalliharjoittelua tehnyt ryhmä (n=8). Tasavauhtinen harjoitus oli kuitenkin kestoltaan pidempi kuin intervalliharjoitus (90 – 120min vrt. 18 – 27min), vaikka harjoituskertoja oli koejakson aikana yhtä monta. (Gibala ym. 2006.)



## 5 MENETELMÄT

### 5.1 Koehenkilöt

Tutkimusprojektiin valittiin yhteensä 32 henkilöä, joilla kaikilla oli jonkinlainen harjoittelutausta, joskin ryhmän lähtötaso oli hyvin vaihteleva. Tämän työn analyyseissä on käytetty 27 henkilön tietoja, johtuen POST tietojen puuttumisesta viideltä naishenkilöltä. Henkilöt saivat ennen tutkimuksen alkua tietoa tutkimuksen kulusta ja tarkoituksesta, ja heiltä pyydettiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Henkilöistä 16 oli naista ja 11 miestä. Ikäjakauma oli naisissa  $33 \pm 6$  vuotta ja miehissä  $31 \pm 7$  vuotta. Naisten keskimääräinen pituus oli  $165,7 \pm 5,0$  cm ja miesten  $175,5 \pm 5,3$  cm. Ennen maratonharjoittelujakson alkua naisten keskimääräinen paino oli  $62,1 \pm 8,3$ kg, rasvaprosentti  $23,9 \pm 5,3$  % ja maksimaalinen hapenottokyky,  $VO_{2max}$ ,  $45,6 \pm 5,6$  ml/kg/min. Vastaavat arvot miehillä: paino  $77,5 \pm 7,8$  kg, rasvaprosentti  $14,5 \pm 4,7$  % ja  $VO_{2max}$   $52,6 \pm 6,2$  ml/kg/min.

**TAULUKKO 1.** Koehenkilöiden taustatiedot ennen maratonharjoittelujakson alkua.

	<b>Naiset (n=16)</b>	<b>Miehet (n=11)</b>
<b>ikä (v)</b>	$34 \pm 7$	$31 \pm 7$
<b>pituus (cm)</b>	$165,7 \pm 5,0$	$175,5 \pm 5,3$
<b>paino (kg)</b>	$62,1 \pm 8,3$	$77,5 \pm 7,8$
<b>rasva %</b>	$23,9 \pm 5,3$	$14,5 \pm 4,7$
<b><math>VO_{2max}</math> (ml/kg/min)</b>	$45,6 \pm 5,6$	$52,6 \pm 6,2$

## Koeasetelma

### 5.1.1 Testaus

Tämä tutkimusprojekti kesti kokonaisuudessaan marraskuusta 2008 kesäkuuhun 2009. Projektiin osallistuneita testattiin tämän jakson aikana neljä kertaa, ja jokaiseen testikertaan kuului maksimi- ja nopeusvoimatestit, kestävyystesti juoksumatolla ( $VO_{2max}$ ), anaerobinen suorituskykytesti MART ja juoksun taloudellisuuden testi radalla. Lisäksi voimatestien yhteydessä koehenkilöiltä mitattiin rasvaprosentti 4-pisteen ihopoimumenetelmällä ja lihaksen paksuus mitattiin ultraäänellä. Fyysisten testien lisäksi koehenkilöt kävivät säännöllisin väliajoin tutkimukseen liittyen verikokeessa, josta mm. mitattiin perusverenkuva ja hormonipitoisuuksia. Koehenkilöt keräsivät myös tutkimusprojektin aikana yösykkeitä Suunnon sykelaiteiden avulla (Suunto t6, Suunto Oy, Vantaa, Finland) ja pitivät harjoituspäiväkirjaa, joka raportoitiin viikon välein. Tätä kandidaatin työtä varten mielenkiinto kohdistuu ennen ja jälkeen maratonharjoittelujakson tehtyihin kestävyys- ja juoksun taloudellisuuden testeihin, joista myös tarkemmat kuvaukset seuraavassa.

Maratonharjoittelujaksoa varten tutkimukseen osallistuneet jaettiin kahteen eri harjoitteluryhmään, intervalli (IV)  $n=14$  ja kestojuoksu (TV)  $n=13$ . IV-ryhmässä miehiä oli  $n=5$  ja naisia  $n=9$ . TV-ryhmässä miehiä oli  $n=6$  ja naisia  $n=7$ . Ryhmät muodostettiin lähtötilanteessa mahdollisimman tasaiseksi, käyttäen projektin aiemmassa vaiheessa (tammikuussa) tehtyjä testejä ja niiden tuloksia apuna. Ryhmäjako ei voitu tehdä maratonjakson PRE-mittausten perusteella koska ryhmän koosta johtuen, jotkut henkilöt olivat jo aloittaneet maratonharjoittelun ennen kuin kaikki testit oli saatu tehtyä. Ryhmäjako tehtiin ”matched pairs”-menetelmällä niin, että ryhmä muodostettiin eri ominaisuuksien yhteneväisyyden perusteella pareiksi, joista toinen asetettiin IV-ryhmään ja toinen TV-ryhmään. Käytettyjä muuttujia olivat juoksumatottestin ja voimatestien päätulokset ja perusharjoittelujakson harjoittelun toteutuminen. Ja näin saatiin maratonjaksoa varten kaksi tasavertaista ryhmää.

*Maksimaalisen hapenottokyvyn testi juoksumatolla.* Henkilöt suorittivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, maksimaalisen juoksumattotestin aina heti voimatestien jälkeen. Voima- ja mattotesti, sekä taloudellisuus- ja MART-testi, suoritettiin aina eri päivinä ja niiden välissä oli aina vähintään yksi välipäivä.

Mattotesti suoritettiin ns. pitkän kuormitusmallin mukaan, jossa juoksumaton kulma oli vakio,  $0,5^\circ$  koko testin ajan. Kuormitusportaissa pyrittiin 6-10:een ja testin kokonaiskestoksi tavoiteltiin 18-30 min. Aloituskurma naisilla oli 7 km/h ja miehillä 8 km/h. Tästä maton nopeutta lisättiin 1 km/h joka 3. minuutti, aina koehenkilön uupumiseen tai vapaaehtoiseen keskeyttämiseen asti. Koehenkilöltä otettiin sormenpääverinäyte ennen testin alkua, joka kuorman päättyessä, sekä yksi, neljä ja 10 minuuttia testin jälkeen, veren laktaattipitoisuuden määrittämistä varten. Testin ajan hengityskaasuja kerättiin kannettavan hengityskaasuanalysaattorin, (Ergospirometri Oxygon Mobile, Jaeger, Saksa) avulla. Maksimaalinen hapenottokyky määritettiin Kuntotestauksen käsikirjan (Nummela, teoksessa Keskinen 2004, 68) ohjeiden mukaisesti testin korkeimmasta minuutin keskiarvosta. Testistä määritettiin myös koehenkilön aerobinen ja anaerobinen kynnykset, jotka kuvaavat submaksimaalista kestävyys tasoa. Aerobinen kynnykset määritettiin sille nopeudelle, jolloin laktaattipitoisuus ensimmäisen kerran lähtee nousuun perustasoon nähden, ventilaatiossa tapahtuu ensimmäinen lineaarisuudesta poikkeava muutos suhteessa hapenkulutukseen ja jolloin ventilaatioekvivalentti ( $V_e/VO_2$ ) on alimmillaan. Apuna epäselvissä tilanteissa voitiin käyttää  $La / VO_2$  -käyrän alinta kohtaa tai TrueO<sup>2</sup> korkeinta kohtaa. Anaerobiseksi kynnykseksi määritettiin vastaavalla tavalla se nopeus, jolloin laktaattipitoisuudessa tapahtui toinen jyrkempi kasvu, ventilaatio poikkesi lineaarisuudesta suhteessa hiilidioksidin tuottoon ja ventilaatioekvivalenttien lineaarisuudessa tapahtui jyrkkä muutos. Apuna epäselvissä tilanteissa käytettiin TrueO<sup>2</sup> jyrkkää laskukohtaa. (Nummela, teoksessa Keskinen 2004, 64–68.)

*Juoksun taloudellisuuden testi.* Henkilöt suorittivat ennen MART-testiä 1000m juoksun 200m sisäradalla, juoksun taloudellisuuden määrittämiseksi. Juoksusta kerättiin hengityskaasuja, kannettavan hengityskaasuanalysaattorin avulla. Koehenkilöt lähtivät testiin ilman lämmittelyä ja heidän vauhtiaan kontrolloitiin valojäniksen (Protom light

system, Naakka Oy, Finland) avulla. Taloudellisuustestin vauhti määräytyi kunkin koehenkilön ennen maratonjakson alkua tehdystä mattotestistä, anaerobista kynnystä vastaavaksi vauhdiksi. Koko tutkimusprojektin ajan tässä testissä käytettiin aina tätä samaa vauhtia.

### **5.1.2 Harjoittelu**

Henkilöiden harjoittelu jaettiin tutkimusprojektin aikana neljään eri jaksoon. Ensimmäiset viikot kuuluivat perusharjoittelujaksoon ja sitä seuraavat voimaharjoittelujaksoon. Tämän jälkeen alkoi tämän kandidaatin työn kannalta olennainen harjoittelujakso eli ns. maratonharjoittelujakso.

Maratonharjoittelujakson keskeisiä tavoitteita oli energiavarastojen kasvattaminen ja energiantuoton tehostaminen, juoksun taloudellisuuden parantaminen, hapenottokyvyn kehittäminen, jalkojen juoksukestävyyden kehittäminen ja lihaskunnan ylläpitäminen. Jakson kesto oli 9 viikkoa ja viikkorytmitys 2:1. Maratonharjoittelujaksolla henkilöt olivat jaettu kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä (n=14), ns. intervalliryhmä (IV), teki tällä jaksolla kaksi kertaa viikossa intervallityyppisen tehoharjoituksen, lukuun ottamatta kevyttä viikkoa, jolloin tehoharjoituksia ei ollut ohjelmassa. Toinen ryhmä (n=13), ns. tasavauhtiryhmä (TV), teki vastaavaan tapaan jakson aikana tehoharjoituksia kaksi kertaa viikossa, mutta kestojuoksuina. Molemmilla ryhmillä oli näiden tehoharjoitusten lisäksi ohjelmassa yksi pitkäkestoinen peruskestävyys (PK) harjoitus ja yksi lihaskuntoharjoitus viikossa. Harjoittelujakson aikana ohjelmassa oli myös kaksi ”maraton specialiksi” kutsuttua harjoitusta, joissa juostiin ensin PK-teholla noin 5 – 15 km, riippuen koehenkilön tasosta, jonka jälkeen viimeiset 10 km juostiin IV-ryhmässä 5min intervalleina ja TV-ryhmässä kiihtyvävauhtisena kestojuoksuina, lähellä anaerobisen kynnyksen vauhtia olevalla teholla. (ks. Taulukot 2 ja 3).



**TAULUKKO 2.** TV-ryhmän pääharjoitukset viikoittain maratonharjoittelujakson aikana.

**TV-ryhmän pääharjoitukset viikoittain maratonharjoittelujaksolla**

Viikko	1. harjoitus	2. harjoitus	3. harjoitus
1	VK 40 min	VK 40 min	PK pitkä 12-25km
2	VK 40 min	VK 40 min	PK pitkä 15-25km
3	PK pitkä 10-15 km		
4	VK 40 min	MK 17-18 min	PK pitkä 18-25 km
5	MK 17-18 min	Maraton Special	
6	PK pitkä 10-15 km		
7	VK 40 min	MK 17-18 min	PK pitkä 20-30 km
8	MK 17-18 min	Maraton Special	
9	PK pitkä 10-15 km		

**TAULUKKO 3.** IV-ryhmän pääharjoitukset viikoittain maratonharjoittelujakson aikana.

**IV-ryhmän pääharjoitukset viikoittain maratonharjoittelujaksolla**

Viikko	1. harjoitus	2. harjoitus	3. harjoitus
1	7-10 x 150m / 75% vMARTmax pal 30s	7-10 x 500m / 90% vVO2max pal 2min	PK pitkä 12-25km
2	7-10 x 150m / 75% vMARTmax pal 30s	7-10 x 500m / 90% vVO2max pal 2min	PK pitkä 15-25km
3	PK pitkä 10-15 km		
4	7-10 x 150m / 75% vMARTmax pal 30s	7-10 x 500m / 90% vVO2max pal 2min	PK pitkä 18-25 km
5	7-10 x 500m / 75% vMARTmax pal 2min	Maraton Special	
6	PK pitkä 10-15 km		
7	7-10 x 150m / 75% vMARTmax pal 30s	PK pitkä 20 - 30km	
8	7-10 x 150m / 75% vMARTmax pal 30s	Maraton Special	
9	PK pitkä 10-15 km		

### 5.1.3 Tilastolliset menetelmät

Tämän työn tilastollinen osuus suoritettiin Microsoft Office Excel 2003 ja SPSS 15.0. tilasto-ohjelmien avulla. Käytettyjä tilastollisia menetelmiä olivat keskiarvoanalyysi, toistomittausten ANOVA alku- ja loppumittaustulosten vertailemiseksi, regressioanalyysi selittävien tekijöiden ja selitysasteiden ratkaisemiseksi sekä korrelaatioanalyysi muuttujien välisen korrelaation selvittämiseksi. Merkitsevyyden raja oli  $p < 0.05$ .

## 6 TULOKSET

Kummassakin ryhmässä 10 viikon mittainen harjoittelujakso toteutui hyvin suunnitelmien mukaan ja harjoitusmäärät olivat hyvin tasaiset 5,0 vs. 5,3 h/viikko intervalli ja kestojuoksuryhmässä. Ryhmien teoharjoitusten toteutumisprosentti oli IV-ryhmällä  $98 \pm 7,5$  % ja TV-ryhmällä  $101 \pm 6,9$  %. Alla esitellään kummankin harjoitteluryhmän PRE ja POST tulokset maksimaalisesta hapenottokyvyn testistä sekä juoksun taloudellisuuden testistä. Ryhmien välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa minkään analysoidun muuttujan kehityksen osalta.

### 6.1 Intervalliryhmä

Intervalli (IV) ryhmän tulokset PRE-mittauksesta (ennen maratonharjoittelujaksoa) ja POST-mittauksesta (maratonharjoittelujakson jälkeen) on esitetty alla olevassa taulukossa (taulukko 4). Tilastollisesti merkitsevästi muuttuneiden arvojen kohdalle on taulukon oikeanpuolimaiseen sarakkeeseen merkitty yksi ( $p < 0,05$ ) tai kaksi ( $p < 0,01$ ) tähteä.

**TAULUKKO 4.** IV-ryhmän testitulokset a) PRE ja b) POST mittauksissa, sekä mahdolliset tilastolliset merkitsevyydet tulosten välillä.

	a) PRE		b) POST		p
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta	
VO <sub>2max</sub>	47,1	6,7	48,8	7,2	*
AK	34,1	4,6	36,0	5,2	
Taloudellisuus	213	12	214	12	
La max	9,8	1,9	10,2	1,6	
AK nopeus	9,3	1,3	9,7	1,3	*
Max nopeus	14,2	1,7	14,6	1,8	**
HRmax	187	9	188	11	
Ventilaatio max	87,46	15,17	89,45	19,31	*

AK= aerobinen kynnyks (ml/kg/min); Taloudellisuus (ml/kg/km); La max= maksimilaktaatti (mmol/l); AK nopeus= nopeus (km/h) aerobisella kynnyksellä; Max nopeus= suurin nopeus (km/h) saavutettu juoksumatolla; HR max= maksimisyke (krt/min); Ventilaatio max= suurin saavutettu ventilaation arvo maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä (l/min STPD) \*=  $p < 0,05$ , \*\*=  $p < 0,001$

Intervalliryhmällä maksimaalisen hapenottokyvyn muutosta tilastollisesti merkitsevästi selittävä regressioyhtälö ( $p < 0,05$ ) on annettu alla. Yhtälön selityksaste maksimaalisen hapenottokyvyn muutokseen on 89 % ja mallin sisällä selittävistä tekijöistä tilastollisesti merkitsevä regressiokerroin on taloudellisuuden muutoksella  $\beta = 1,397$  ( $p = 0,017$ ) ja maksimisykkeen muutoksella  $\beta = -1,612$  ( $p = 0,012$ ).

$$y = \text{muutos } VO_{2\max} =$$

$$3,583 - 0,058(\text{muutos } La \text{ max}) + 1,397(\text{muutos taloud.})(p = 0,017) - 1,612(\text{muutos HR max})(p = 0,012) + 0,187(\text{muutos vent.}) + 0,303(\text{muutos aerob.nop})$$

$$p = 0,019; r = 0,943; r^2 \times 100 = R = 89 \%$$

## 6.2 Kestojuoksuryhmä

TV eli kestojuoksuryhmän PRE ja POST (ennen ja jälkeen maratonharjoittelujakson) tulokset on esitetty taulukossa 5 alla. Tilastollisesti merkitsevästi muuttuneiden arvojen kohdalle on taulukon oikeanpuolimaiseen sarakkeeseen merkitty yksi ( $p < 0,05$ ) tai kaksi ( $p < 0,01$ ) tähteä.

**TAULUKKO 5.** TV-ryhmän tulokset a) PRE ja b) POST mittauksissa, sekä mahdolliset tilastolliset merkitsevyydet tulosten välillä.

	a) PRE		b) POST		p
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta	
VO <sub>2max</sub>	50,1	6,3	49,8	6,0	*
AK	35,4	4,9	37,0	4,3	
Taloudellisuus	207	17	207	12	
La max	10,6	2,1	10,7	2,6	
AK nopeus	9,8	1,7	10,3	1,4	*
Max nopeus	14,9	1,8	15,1	1,9	**
HR max	188	10	186	11	
Ventilaatio max	95,42	17,26	101,92	22,16	*

AK= aerobinen kynnyks (ml/kg/min); Taloudellisuus (ml/kg/km); La max= maksimilaktaatti (mmol/l); AK nopeus= nopeus (km/h) aerobisella kynnyksellä; Max nopeus= suurin nopeus (km/h)

saavutettu juoksumatolla;  $HR_{max}$  = maksimisyke (krt/min);  $Ventilaatio_{max}$  = suurin saavutettu ventilaation arvo maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä (l/min STPD) \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,001$

TV-ryhmän muutosta maksimaalisessa hapenottokyvyssä selitti parhaiten lähtötasomuuttujista koostuva regressioyhtälö, joka on esitetty alla. Yhtälön selitysaste maksimaalisen hapenottokyvyn muutokseen on 92,1 % ja mallin sisällä maksimaalinen laktaatti saa tilastollisesti merkitsevän regressiokertoimen  $\beta = 0,766$  ( $p = 0,026$ ).

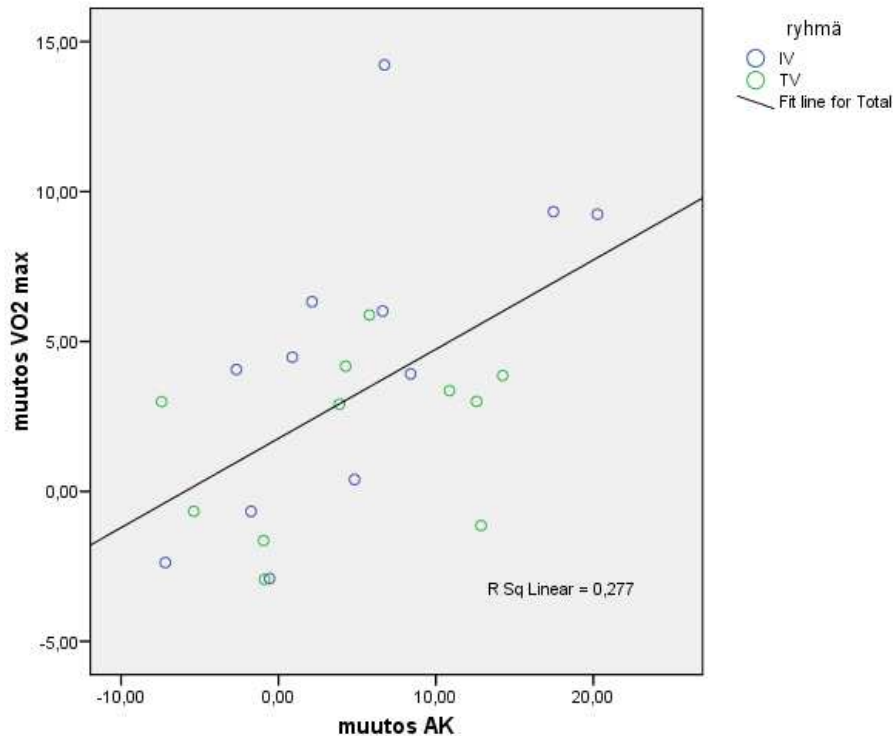
$$y = \text{muutos } VO_{2max} = -20,339 + 0,047(\text{ventilaatio Max PRE}) - 0,320(VO_{2max PRE}) + 0,072(\text{Taloud. PRE}) + 0,766(La_{max PRE})(p=0,026) + 1,103(\text{AK nop. PRE})$$

$p = 0,025$ ;  $r = 0,960$   $r^2 \times 100 = R = 92,1 \%$

Koko koehenkilöjoukon, sekä intervalli- että kestojuoksuryhmän, muutos maksimaalisessa hapenottokyvyssä, selittyy merkitsevästi aerobisen kynnyksen muutoksella ( $p = 0,01$ ). Regressioyhtälö antaa tälle yksittäiselle muuttujalle regressiokertoimeksi  $\beta = 0,298$ , ja koko mallin korrelaatiokertoimeksi  $r = 0,526$  ja selitysasteeksi  $R = 27,7 \%$  (ks. alla oleva yhtälö ja kuvio 2).

$$y = \text{muutos } VO_{2max} (\text{molemmat ryhmät}) = 1,766 + 0,298(\text{muutos AK}) (p = 0,01)$$

$p = 0,010$ ;  $r = 0,526$ ;  $r^2 \times 100 = R = 27,7 \%$



**Kuvio 2.** Regressiokuvaaja aerobisen kynnyksen muutoksen (muutos AK) ja  $VO_{2max}$  muutoksen (muutos  $VO_{2max}$ ) välisestä yhteydestä molemmissa harjoitusryhmissä. Kuviossa R Sq Linear = 0,277 on suoran kulmakerroin ja tarkoittaa koko yhtälön selitysasastetta ( $R= 27,7\%$ ). Sinisillä ympyröillä on kuvattu IV-ryhmän yksilöt ja vihreillä ympyröillä TV-ryhmän yksilöt.

## 7 POHDINTA

**Päätulokset.** Maratonjakson harjoittelu onnistui ryhmillä hyvin ja kehitystä saatiin aikaan.  $VO_{2max}$  muuttui ryhmillä tilastollisesti merkitsevästi ( $p= 0,02$ ). Kummassakin harjoitteluryhmässä aerobisen kynnyksen nopeus (km/h), maksimaalinen nopeus juoksumatolla (km/h) ja maksimiventilaatio maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä (l/min, STPD) parantuivat merkitsevästi harjoittelujakson aikana. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja muuttujien kehityksessä. Juoksun taloudellisuudessa ei saatu merkitseviä parannuksia aikaan, mikä toisaalta ei ole hämmästyttävää kun kyseessä oli vain 10 viikon mittainen harjoittelujakso. Mikäli tuloksia

tarkasteltaisiin pidemmällä aikavälillä, tai siis koko maratonkoulun ajalta, myös juoksun taloudellisuudessa saattaisi näkyä parannusta. Kirjallisuuden mukaan, juoksun taloudellisuus on sekä hitaasti kehittyvä ominaisuus, että hyvin yksilöstä riippuva (Joyner & Coyle 2008). Mainittakoon myös, että koehenkilöiden  $VO_{2max}$  maratonkouluprojektin ensimmäisessä mattotestissä oli naisilla  $43,8 \pm 3,3$  ml/kg/min ja miehillä  $51,6 \pm 5,9$  ml/kg/min (vrt. taulukko 1). Näin ollen parannusta maksimaaliseen hapenottokykyyn oli saatu aikaan jo ennen tehoharjoittelun alkamista.

**Intervalliryhmä.** IV-ryhmä paransi 10 viikon harjoittelun myötä merkitsevästi maksimaalista hapenottokykyään ( $p= 0,02$ ). Myös aerobisen kynnyksen nopeus (km/h), maksimaalinen nopeus juoksumatolla (km/h) ja maksimiventilaatio maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä olivat parantuneet merkitsevästi. Ryhmän kehitys on linjassa tutkimuksen hypoteesin ja edeltävän kirjallisuuden kanssa. Lyhyiden aerobisten intervallien on todettu parantaneen kuntourheilijoilla  $VO_{2max}$ :ia ja aerobisia ominaisuuksia, lipidimetaboliaa ja sydämen iskutilavuutta (mm. Talanian ym. 2007, Tjonna ym. 2008, Burgomaster ym. 2008). Tässä tutkimuksessa intervalliryhmä teki viikoittain myös peruskestävyysarjoittelua, mikä on omalta osaltaan saattanut edesauttaa aerobisten ominaisuuksien kehittymistä. Mielenkiintoista oli, että intervalliryhmän  $VO_{2max}$  muutosta parhaiten selittänyt regressiomalli (ks. kappale 6.1 Intervalliryhmä), sisälsi merkitsevänä muuttujana maksimisykkeen muutoksen.  $VO_{2max}$ :ia eniten rajoittava tekijä maksimaalisessa rasituksessa on kirjallisuuden mukaan sydämen iskutilavuus (Basstett & Howley 2000). Iskutilavuus taas riippuu sykkeestä ja sydämen systolisesta tilavuudesta. Näin ollen voidaan jossain määrin selittää maksimisykkeen muutoksen vaikutusta  $VO_{2max}$  muutokseen. Mutta kuinka olennainen tämä yhteys oikeastaan on, on kiistanalaista. Maksimisykkeen muutosta voidaan tuskin käytännössä pitää maksimaalista hapenottokykyä merkitsevästi selittävänä tekijänä, mutta tässä matemaattisessa mallissa se näyttäisi muuttujana olevan tärkeä.

**Kestoryhmä.** TV- eli kestojuoksuryhmällä maksimaalisessa hapenottokyvyssä tapahtunut muutos ei ollut positiivinen, mutta toistomittausten ANOVA:lla analysoitaessa, mittauskertojen PRE ja POST välillä kuitenkin osoittautui olevan tilastollisesti merkitsevää

eroa ( $p= 0,002$ ). Merkitsevää parannusta oli saatu aikaan sekä aerobisen kynnyksen nopeudessa, että maksimaalisen hapenottokyvyn testin maksiminopeudessa ja maksimaalisessa ventilaatiossa. Kestoryhmän kehitys ei siis tilastollisesti poikennut intervalliryhmän kehityksestä, ja näin ollen voidaankin todeta harjoittelumuotojen samankaltainen vaikutus tämän kandidaatin työn mielenkiinnon kohteina olleisiin muuttujiin. Kestujuoksuryhmässä kuitenkin  $VO_{2max}$  muutos selittyi yllättäen, päinvastoin kuin intervalliryhmällä, parhaiten henkilöiden lähtötasomuuttujista koostuneella regressiomallilla. Tässä mallissa maksimaalisen laktaatin selittävä vaikutus,  $\beta$  oli 0,766. Tämä tarkoittaa sitä, että jos  $La_{max}$  lähtömittauksessa on yhden pykälän suurempi, muutos  $VO_{2max}$ :ssa on jopa 0,76 pykälää eli prosenttiyksikköä suurempi. Vastaava regressiokerroin eli  $\beta$  aerobiselle kynnyksnopeudelle oli 1,103, mikä siis tarkoittaa 1,103 prosenttiyksikön muutosta  $VO_{2max}$ :ssa yhtä pykälää suurempaa lähtötason aerobista kynnyksnopeutta kohden. Lieneekö tämä regressiomalli korreloivan parhaiten tällä ryhmällä  $VO_{2max}$  muutokseen siksi, ettei kestojuoksuryhmän muutos  $VO_{2max}$ :ssa ollut positiivinen kuten intervalliryhmässä, vai onko asia kuten Vuorimaa (2007) päätteli, että korkean aerobisen lähtötason omaavalle juoksijalle, kestojuoksutyypinen harjoittelu voi olla kehittävämpää kuin intervalliharjoittelu. Ryhmien välillä ei ollut lähtötilanteessa merkitsevää eroa muuttujien osalta, joten olisi tutkittava yksilöitä ja verrattava näitä keskenään, pystyäkseen perustelemaan aerobisten ominaisuuksien lähtötason vaikutusta harjoittelun tuloksiin. Kuvaajaa 2 tarkasteltaessa, voidaan todeta yksilöiden välinen hajonta aerobisen kynnyksen muutoksen ja  $VO_{2max}$  muutoksen välisessä yhteydessä. Trendi on kuitenkin selvästi molemmissa ryhmissä se, että jos aerobinen kynnyks muuttuu parempaan, myös muutos  $VO_{2max}$ :ssa on positiivinen.

Molemmissa ryhmissä parantuneet maksimaalinen ventilaatio ja maksimaalinen juoksunopeus juoksumatolla, tukevat havaintoa tehoharjoittelun positiivisesta vaikutuksesta koehenkilöiden maksimaaliseen suorituskykyyn. Ventilaatiota tarkastellaan erityisesti testitilanteessa ja sen jälkeen, aerobisen ja anaerobisen kynnyksen, sekä maksimaalisen suorituksen määrittämiseksi (Nummela, teoksessa Keskinen ym. 2004, 64-68). Ventilaation kasvu kuormituksen loppuvaiheessa on jyrkkä, mutta mitä harjoitelleempi henkilö on kyseessä, sitä suuremmaksi maksimiventilaation ja lepoventilaation ero muodostuu

(Tikkanen ja Peltonen 2001). Maksimaalisen juoksunopeuden parantuminen voi olla seurausta aerobisten ominaisuuksien kehittymisestä, mutta myös rasituksen sietokyvyn, eli henkisten ominaisuuksien vaikutus voi olla olennainen. Koehenkilöiden tekemä tehoharjoittelu on saattanut kehittää myös heidän henkisiä ominaisuuksiaan ja motivaatiotaan, ottaen huomioon etteivät henkilöt olleet tottuneet aiemmin tällaiseen tehoharjoitteluun. Eritoten empiiriset havainnot harjoituksissa antoivat ymmärtää, että henkilöt kokivat tehoharjoittelun aluksi haastavana mutta ajan myötä yhä enemmän motivoivana ja palkitsevana.

**Virhearviointi.** Kuten aina biologisissa ihmistutkimuksissa, myös tässä tutkimuksessa, koehenkilöiden fyysiset ja psyykkiset tekijät voivat muuttua mm. vuorokaudesta tai sen ajankohdasta riippuen. Näin ollen, esim. loukkaantumiset tai sairastumiset, motivaation puute tai väsymys, ovat voineet vaikuttaa myös näihin tuloksiin. Alun perin 32 koehenkilöstä, tämän työn analyyseissä käsiteltiin vain 27 tapausta, johtuen puutteellisesta aineistosta viiden henkilön kohdalla. Nämä viisi henkilöä olivat kaikki naisia, mutta heidän poissulkemisensa ei vaikuttanut merkittävästi ryhmäjakoon. Lopullisessa tilastollisessa analyysissä käytetyistä arvoista saattoi joissain olla puutteita esim. maksimaalisen hapenottokyvyn testin osalta. Nämä mahdolliset puutteet johtuivat laitteistosta ja sen virheistä, joita voi ilmaantua vaikka laitteisto testataan ja kalibroidaan säännöllisesti. Raportoiduissa tuloksissa on virhelähteistä huolimatta pyritty mahdollisimman luotettavaan tietoon, huomioiden mm. tilastollisen merkitsevyyden arvot. Koska tämä kandidaatin työ oli vain osa laajempaa tutkimusta, ja koska nämä tulokset perustuvat vain kahteen kaiken kaikkiaan neljästä testauskerrasta, kovin laajoja johtopäätöksiä tulosten pohjalta ei voida tehdä.

**Johtopäätökset.** Tämän kandidaatin työn lopulliset johtopäätökset ovat: 1) Intervalliharjoittelu paransi koehenkilöryhmällä maksimaalista hapenottokykyä ja näin ollen voidaan sanoa, että intervalliharjoittelu näyttää myös sopivan kuntojuoksijoilla maksimaalisen hapenottokyvyn harjoittamiseen. 2) Harjoitteluryhmien välillä ei ollut minkään muuttujan osalta tilastollisesti merkittävää eroa, joka tarkoittaa sitä, että vasteet näille kahdelle erityyppiselle harjoittelumuodolle olivat tässä tutkimusryhmässä samankaltaiset. 3) Juoksun taloudellisuuden parannukset eivät olleet merkittäviä, ja



vaaditaankin luultavasti pidempää harjoittelujaksoa selkeiden parannusten saavuttamiseksi.

4) Uusia tutkimuksia kestojuoksuharjoittelusta ja lisää tutkimuksia intervalliharjoittelusta ja näiden vaikutuksista juoksijan suorituskykyyn tarvitaan, etenkin mahdollisimman homogeenisille koehenkilöryhmille.

## LÄHTEET

- Arrese A., Izquierdo D., Galindo J. R., 2006. Physiological measures associated with marathon running performance in high-level male and female homogeneous group. *International journal of sports medicine*, 27, 289-295.
- Bassett D. ja Howley E., 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32, 1, 70-84.
- Billat V., 2001. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part 1: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 1, 13-31.
- Billat V., 2001. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part 2: Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 2, 75-90.
- Billat V., Demarle A., Paiva M., Koralsztein J.-P., 2002. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). *International journal of sports medicine*, 23, 336-341.
- Billat V., Slawinski J., Bocquet V., Chassaing P., Demarle A., Koralsztein J.-P., 2001. Very short (15s-15s) interval-training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain  $VO_2$  max for 14 minutes. *International journal of sports medicine*, 22, 201-208.
- Billat V., Demarle A., Slawinski J., Paiva M., Koralsztein J.-P., 2001. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 33, 12, 2089-2097.
- Burgomaster K., Howarth K., Phillips S., Rakobowchuk M., MacDonald M., McGee S., Gibala M., 2008. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *Journal of physiology*, 586. 1, 151-160.

- Demarle A., Heugas A., Slawinski J., Tricot V., Koralsztein J.-P., Billat V., 2003. Whichever initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. *Archives of physiology and biochemistry*, 111, 2, 167-176.
- Esfarjani F. ja Laursen P., 2006. Manipulating high-intensity interval training: Effects on  $\text{VO}_2$  max, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of science and medicine in sport*, 10, 27-35.
- Gastin P., 2001. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31, 10, 725-741.
- Gibala M., Little J, Essen M., Wilkin G, Burgomaster K., Safdar A., Raha S., Tarnopolsky M., 2006. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *Journal of physiology*, 575, 3, 901-911.
- Iaia F. M., Hellsten Y., Nielsen J., Fernström M., Sahlin K., Bangsbo J., 2009. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of applied physiology*, 106, 73-80.
- Keskinen K., Häkkinen K., Kallinen M., 2004. Kuntotestauksen käsikirja. 64-68. Liikuntatieteellinen seura, Helsinki.
- Kubukeli Z., Noakes T., Dennis S., 2002. Training techniques to improve endurance exercise performance. *Sports Medicine*, 32, 8, 489-509.
- Loftin M., Sothorn M., Koss C., Tuuri G., VanVrancken C, Kontos A., Bonis M., 2007. Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *Journal of strength and conditioning research*, 21, 4, 1188 – 1191.
- Noakes T., 2001. Lore of running. 4<sup>th</sup> edition. Human Kinetics, Leeds.
- Maldonado S., Mujika I., Padilla S., 2002. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners. *International journal of sports medicine*, 23, 268-272.
- McArdle W., Katch F., Katch V., 2001. Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance. 5<sup>th</sup> edition. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.

- Midgley A., McNaughton L., Jones A., 2007. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance. *Sports Medicine*, 37, (10).
- Midgley A., McNaughton L., Wilkinson M., 2006. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Medicine*, 36, (2).
- Paavolainen L., Häkkinen K., Hämmäläinen 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, 1527-1533.
- Saunders P., Pyne D., Telford R., Hawley J., 2004. Reliability and variability of running economy in elite distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 11, 1972-1976.
- Seiler S. ja Hetlelid K., 2005. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and science in sports and exercise*, 37, 9, 1601-1607.
- Slawinski J., Demarle A., Koralsztejn J.-P., Billat V., 2001. Effect of supra-lactate threshold training on the relationship between mechanical stride descriptors and aerobic energy cost in trained runners. *Archives of physiology and biochemistry*, 101, 2, 110-116.
- Talanian J., Galloway S., Heigenhauser G., Bonen A., Spriet L., 2007. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology*, 102, 1439-1447.
- Tikkanen H. ja Peltonen J., 2001. Liikunta ja keuhkot. *Duodecim* 117, 639-649. <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo92158.pdf>
- Tjonna A., Lee S. J., Rognmo O., Stolen T., Bye A., Haram P., Loennechen J., Al-Share Q., Skogvoll E., Slordahl S., Kemi O., Najjar S., Wisloff U., 2008. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome. *Circulation*, 118.
- Trappe S., Harber M., Creer A., Gallagher P., Slivka D., Minchev K., Whitsett D., 2006. Single muscle fiber adaptations with marathon training. *Journal of applied physiology*, 101, 721-727.
- Vuorimaa T., 2008. Miten Francis Kirwasta tuli huippujuoksija? Julkaisematon luentomateriaali. Pajulahden kestävyysseminaari 29.11.2008.

Vuorimaa T., 2007. Neuromuscular, hormonal and oxidative stress responses to endurance running exercises in well trained runners. Studies in sport , physical education and health 121, University of Jyväskylä.

Wilmore J. ja Costill D., 2004. Physiology of sport and exercise. 3<sup>rd</sup> edition. Human kinetics, Champaign.

International association of athletics federations, 2009. Competition rules. <http://www.iaaf.org/aboutiaaf/publications/ruels/index.html>, 3.2.2009