

**ANAEROBISEN KYNNYSHARJOITUKSEN PÄIVÄKOHTAINEN VAIHTELU JA
KUNTOTASON VAIKUTUS VAIHTELUN MÄÄRÄÄN**

Viivi Kainlauri

Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2017

Työnohjaajat: Juha Ahtiainen, Ari Nummela ja Esa Hynynen

TIIVISTELMÄ

Kainlauri, V. 2017. Anaerobisen kynnysharjoituksen päiväkohtainen vaihtelu ja kuntotason vaikutus vaihtelun määrään. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma, 42 s., 2 liitettä.

Johdanto. Kestävyys suorituskykyyn vaikuttavat pääasiallisesti maksimaalinen hapenottokyky, pitkäaikainen aerobinen kestävyys, suorituksen taloudellisuus ja hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky. Kestävyys suorituskykyä mitattaessa pitää ymmärtää sen päiväkohtainen vaihtelu. Syke ja laktaatti ovat tyypillisiä muuttujia ja molemmissa on huomattu olevan vaihtelua suoritusten välillä. Myös kuntotasolla on katsottu olevan vaikutusta päiväkohtaiseen suorituskykyyn vaihteluun. Parempikuntoiset ovat tavallisesti toistettavampia. MLSS-vauhti on yksi tapa arvioida kestävyys suorituskykyä.

Menetelmät. Tutkimukseen osallistui 24 (11 miestä ja 13 naista) tutkittavaa vähintään vuoden kestävyysurheilutaustalla (ikä 26,1 (4,7) vuotta, pituus 174,4 (9,5) cm, paino 68,1 (9,3) kg ja BMI 22,3 (1,9) kg/m²). Tutkimuksessa oli kolme mittauskertaa 2–5 vuorokauden välein, samaan aikaan vuorokaudesta ± 2 tuntia. Ensimmäisellä mittauskerralla määritettiin suorassa maksimihapenottokyvyn testissä anaerobinen kynnys KLab-ohjelmalla. Toisella ja kolmannella kerralla suoritettiin MLSS-kuormitus. Kuormituksen kesto oli 35 minuuttia, josta anaerobisen kynnyksen nopeudella juostiin 30 minuuttia ja loput 5 minuuttia 0,6 km/h kovempaa. Kuormituksista mitattiin sykettä koko testin ajan ja laktaatti levossa, 10, 15, 20, 25, 30 ja 35 minuutin kohdalla.

Tulokset. Tutkittavien maksimaalinen hapenottokyky oli 51,2 (5,2) ml/kg/min ja maksiminopeus 16,0 (1,7) km/h. Kuormitusten välillä havaittiin parittaisella t-testillä tilastollisesti merkitsevää laskua keskiarvosykeissä 1 minuutin kohdalla ($p < 0,01$) ja 10–30 minuuttiin ($p < 0,05$). Laktaatin osalta tilastollisesti merkitsevää muutosta ei tapahtunut. Yksilön sisäistä vaihtelua katsottaessa laktaatissa oli enemmän vaihtelua variaatiokertoimen (CV) mukaan: sykkeiden CV kuormituksen aikana oli 1,1–1,3 % ja laktaatin 8,4–12,7 %. Myös sisäkorrelaatiokertoimen (ICC) korrelaatiot olivat vahvempia sykkeille (0,905) kuin laktaatile (0,752). Kuntotaso vaikutti toistettavuuteen positiivisesti eli suorassa VO₂max-testissä paremman maksiminopeuden saavuttaneet tutkittavat olivat toistettavampia.

Pohdinta ja johtopäätökset. Tutkimuksen perusteella sykkeissä oli keskimäärisesti enemmän päiväkohtaista vaihtelua kuormitusten välillä. Yksilön sisäinen vaihtelu taas oli selkeämpää laktaattiarvoissa. VO₂max-testissä paremman maksiminopeuden saavuttaneiden kestävyyskuormitus oli toistettavampi kuin hitaamman maksiminopeuden tutkittavilla. Voidaan olettaa, että oppiminen saattoi vaikuttaa testituloksiin, joten haluttaessa luotettavampia tuloksia olisi hyvä suorittaa kolme samanlaista testiä tai enemmän. Lisää tutkimuksia tarvitaan päiväkohtaisesta vaihtelusta.

Avainsanat: KLab, MLSS, anaerobinen kynnys, toistettavuus, kuntotaso

KÄYTETYT LYHENTEET

AnK	Anaerobinen kynnyks: korkein teho tai nopeus, jossa laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa
CV	coefficient of variation: variaatiokerroin. Lasketaan keskihajonnan ja keskiarvon osamääränä ja ilmoitetaan prosentteina
ICC	Intraclass correlation coefficient: sisäkorrelaatiokerroin
KIHU	Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus
KLab	Kynnysten määrittämisessä käytetty ohjelma
MLSS	Maximal lactate steady state: maksimaalinen laktaatin tasapainotila. Harjoitusintensiteetti, jossa laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa
SD	Keskihajonta. $s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$, jossa x_i on havaintoarvo ja \bar{x} on keskiarvo
VO ₂ max	Maksimaalinen hapenottokyky: hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea maksimaalisessa fyysisessä rasituksessa

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO	1
2	KESTÄVYYJSUOKSUN SUORITUSKYKY	2
2.1	Maksimaalinen hapenottookyky VO_{2max}	2
2.2	Pitkäaikainen aerobinen kestävyys	3
2.3	Suorituksen taloudellisuus	4
2.4	Hermo-lihasjärjestelmän voimantuottookyky.....	6
3	MAKSIMAALINEN LAKTAATIN TASAPAINOTILA (MLSS)	8
4	KYNNYSMÄÄRITYKSEN PERUSTEET	10
4.1	Suora VO_{2max} -testi juoksumatolla	10
4.2	KLab	11
5	KESTÄVYYSSUORITUSKYVYN PÄIVÄKOHTAINEN VAIHTELU	13
5.1	Mitattavien muuttujien päiväkohtainen vaihtelu	13
5.2	Testattavan taustan vaikutus suorituskyvyn päiväkohtaiseen vaihteluun.....	14
5.3	Testien luotettavuus ja toistettavuus	14
6	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT	16
7	MENETELMÄT.....	18
7.1	Tutkittavat	18
7.2	Koeasetelma.....	18
7.3	Aineiston keräys ja analysointi	19
7.4	Tilastolliset menetelmät	22
8	TULOKSET	23
8.1	Systemaattisten muutosten tarkastelu	23
8.2	Yksilöllä tapahtuva vaihtelu	25
8.3	Kuntotason vaikutus toistettavuuteen	28

9	POHDINTA.....	32
9.1	Systemaattiset muutokset.....	32
9.2	Yksilöllä tapahtuva vaihtelu	33
9.3	Kuntotason vaikutus toistettavuuteen	34
9.4	Tuloksiin vaikuttavia yleisiä tekijöitä.....	35
9.5	Käytännön sovellukset.....	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Kestävyysuorituskyky on ollut mielenkiinnon kohteena jo useiden vuosikymmenien ajan. Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat asiat ovat hyvin tutkittuja ja onkin tultu tulokseen, että siihen vaikuttavat maksimaalinen hapenotto- ja voimantuottokyky, kynnysalueet ja taloudellisuus (Pate & Branch 1992; Bassett & Howley 2000; Nummela ym. 2007b) sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky (Nummela ym. 2007b; Rønnestad & Mujika 2014). Kestävyysurheilussa on tärkeää, että ATP:tä (adenosiinitrifosfaatti) pitää saada tuotettua elimistön käyttöön yhtä nopeasti kuin sitä kulutetaan (Bassett & Howley 2000).

MLSS (maximal lactate steady state) kertoo kestävyyskunnosta (Billat ym. 2003). Se on korkein jatkuva kuormitustaso/-teho, jolla laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa (Heck ym. 1985; Beneke 2003b; Faude ym. 2009). Sen määrittämiseksi tarvitaan useita 30 minuutin tasavauhtisia suorituksia (Beneke & Duvillard 1996; Beneke 2003a; Beneke 2003b; Billat ym. 2003; Faude ym. 2009; Hauser ym. 2013; Hauser ym. 2014), joten käytännön testaamisessa sen määrittäminen on hidasta (Leti ym. 2012). MLSS-tasoa voidaan arvioida suorasta maksimaalisen hapenotto- ja voimantuottokyvyn testistä saatavan anaerobisen kynnyksen avulla, kuten tässä työssä on tehty.

Kestävyysuorituskykyä mitataan tavallisesti yhden testin avulla, jotta testaaminen olisi tehokasta. Kuitenkin kestävyysuorituskyvyssä kuten myös muissa urheilu- ja suorituskykytestissä on yksilöllä päiväkohtaista vaihtelua. Vaihtelu voi olla riippuvainen yksilöstä (esimerkiksi ikä tai kuntotaso) tai mitattavista muuttujista (esimerkiksi laktaatti ja syke). Tämä pitäisikin muistaa ottaa huomioon arvioitaessa urheilijan kehittymistä testien välillä (Grant ym. 2002; Marshall ym. 2014).

Tämä kandidaatintutkielma on osa KLab-kynnysmääritysohjelman kehittämistä koskevaa tutkimusta. Se toteutettiin Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen ja Jyväskylän yliopiston yhteistyönä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko suorasta testistä määritettävällä anaerobisella kynnyksellä tehtävä tasavauhtinen kestävyysuoritus toistettava eri päivinä (eli onko testattavilla päiväkohtaista vaihtelua suorituskyvyssä). Tavoitteena oli myös tutkia vaikuttaako testattavan kuntotaso toistettavuuteen.

2 KESTÄVYYSJUOKSUN SUORITUSKYKY

Kestävyysuorituskyky perustuu maksimaaliseen hapenottookykyyn ($VO_2\max$), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyteen (kynnykset) sekä suorituksen taloudellisuuteen (Pate & Branch 1992; Bassett & Howley 2000; Nummela ym. 2007b). Lisäksi siihen vaikuttaa hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto (Nummela ym. 2007b; Rønnestad & Mujika 2014). Kestävyysuorituskyky on kuitenkin aina lajispesifinen, joten eri lajeissa näiden ominaisuuksien painotus muuttuu lajin vaatimusten mukaiseksi (Nummela ym. 2007b).

2.1 Maksimaalinen hapenottookyky $VO_2\max$

Maksimaalisella hapenottookyvyllä ($VO_2\max$) tarkoitetaan sitä tasoa, kun kuormitusta lisättäessä hapenkulutus tasaantuu eikä nouse enää (Kenney ym. 2012, 122; McArdle ym. 2015, 165). $VO_2\max$:ä voidaan kutsua myös maksimaaliseksi hapenkulutukseksi, maksimaaliseksi aerobiseksi tehoksi tai aerobiseksi kapasiteetiksi (Kenney ym. 2012, 248; McArdle ym. 2015, 165). Siihen vaikuttavat hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea lihassoluille sekä lihasten kyky käyttää saatua happea (Nummela 2010a). Monesti $VO_2\max$:n sanotaan olevan paras yksittäinen laboratorioissa mitattava muuttuja aerobisen kunnan kuvaamiseen (Kenney ym. 2012, 122).

Pelkän $VO_2\max$:n avulla ei kuitenkaan voida ennustaa menestystä kestävyyslajeissa (Bosquet ym. 2002; Kenney ym. 2012, 122). Se on hyvin sidonnainen perintökäsitteisiin ja harjoittelun avulla sitä voidaan nostaa ainoastaan noin 30 prosenttia (Nummela ym. 2007b). Näin ollen geenit asettavat rajat, millä välillä $VO_2\max$ voi liikkua harjoittelun tai harjoittelemattomuuden seurauksena (Kenney ym. 2012, 268). Usein tavoitteena on harjoittelun avulla nostaa suorituskykyä kilpailussa lähemmäs $VO_2\max$:ä. Useimmat maratoonarit pystyvät juoksemaan kilpailusuorituksen noin 80 prosentin tasolla $VO_2\max$:stä. (Kenney ym. 2012, 122.)

Naisten hapenottookyky on usein alhaisempi kuin miehillä. Tähän on kaksi pääselitystä: naisten suurempi rasvamassan määrä sekä pienempi hemoglobiinin määrä. (Nummela 2010a; Kenney ym. 2012, 123.) Suuremman rasvamassan myötä naisten lihassmassa on pienempi kuin miehillä,

joten miehet pystyvät tuottamaan aerobisesti enemmän energiaa (Nummela 2010a). Hemoglobiini on kehon hapen kuljettaja, joten naisten hapenkuljetuskapasiteetti on täten pienempi kuin miehillä (Kenney ym. 2012, 123).

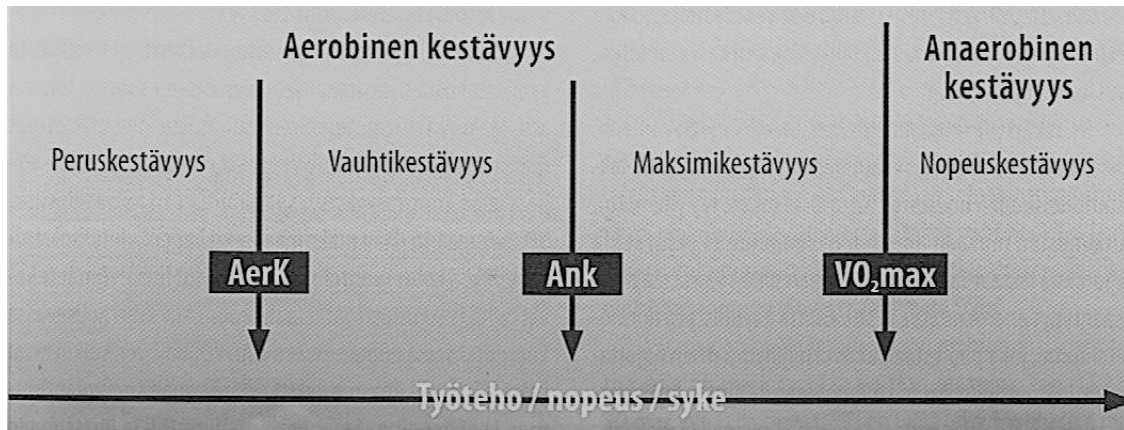
Sukupuolen ja geenien lisäksi maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat myös ikä, työtä tekevien lihasten määrä, testin kuormitusmalli, kesto ja harjoittelutausta. $VO_2\text{max}$ laskee lineaarisesti iän myötä, jos säännöllistä harjoittelua ei tapahdu. Työtä tekevien lihasten määrä sekä testitapa vaikuttavat hapenottokykyyn selkeästi. Suuremman lihasmassan työskennellessä maksimaalinen arvo nousee korkeammalle. Testitavasta riippuen työskentelevän lihasmassan määrä vaihtelee. Kestävyysharjoittelu kehittää $VO_2\text{max}$:ä etenkin kyseisessä lajissa. (Nummela 2010a.)

Maksimaalista hapenottokykyä kuvataan usein litraa minuutissa (l/min) tai millilitraa per kilogramma per minuutti (ml/kg/min). Juoksussa oman kehon kannattelun takia puhutaan pääosin ml/kg/min -arvoilla. Näin ollen tulokset ovat vertailukelpoisempia eri kokoisten ihmisten välillä. (Nummela 2010a; Kenney ym. 2012, 122.)

2.2 Pitkäaikainen aerobinen kestävyys

Suomessa kestävyys on jaettu seuraaviin osa-alueisiin: peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys. Perus- ja vauhtikestävyiden väliin asettuu aerobinen kynnys ja vauhti- ja maksimikestävyiden väliin anaerobinen kynnys (kuva 1). Luokittelu perustuu urheilijan energia-aineenvaihdunnan muutoksiin. (Nummela 2010a.)

Suoritustehon lisääntyessä anaerobinen energiantuotto tulee suurempaan rooliin. Näitä aineenvaihdunnan muutoksia voidaan mitata veren laktaattipitoisuuden sekä uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien avulla. (Nummela 2010a.) Aerobiselta anaerobiselle puolelle siirtyminen kertoo kestävyys suorituskyvystä sekä auttaa harjoitusvauhtien määrittämisessä (Faude ym. 2009).



KUVA 1. Kestävyyden eri lajit sekä niiden väliin asettuvat kynnykset sekä maksimaalinen hapenotto kyky (Nummela 2010a).

Aerobisella kynnyksellä tarkoitetaan laktaatin ensimmäistä nousua perustasosta (Nummela 2010a). Monissa tutkimuksissa siihen on laadittu tietyt kriteerit nousun määrästä. Tasavauhtisessa kuormituksessa laktaatti pysyy kynnyksellä suhteellisen vakiona. Kynnyksen intensiteetillä voidaan ylläpitää suoritusta monien tuntien ajan. (Faude ym. 2009.)

Anaerobisella kynnyksellä tarkoitetaan tilannetta, jossa keho ei vielä happamoidu liikaa vaan laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa. Intensiteeteillä, jotka ovat yli anaerobisen kynnyksen, tehdään tavallisesti intervalliharjoittelua. (Faude ym. 2009.) Anaerobisen kynnyksen määrittämisestä on esitelty luvussa 4.

Anaerobisen kynnyksen yli olevilla nopeuksilla laktaatin ja vetyionien tuotto kasvaa suuremaksi kuin niiden poisto. Suorituksen jatkuessa pitkään, keho happamoituu ja suorituskyky heikkenee. Kehon pyrkii estämään liikaa happamoitumista puskuroimalla vetyioneja bikarboonaattien avulla. Tämän myötä hiilidioksidin tuotto lisääntyy, mikä nähdään mitattaessa hengityskaasuja kuormituksen aikana. (Nummela 2010a.)

2.3 Suorituksen taloudellisuus

Juoksun taloudellisuudella tarkoitetaan tietyllä submaksimaalisella nopeudella mitattua hapenkulutusta (Pate & Branch 1992; Joyner & Coyle 2008; Nummela 2010a; Barnes & Kilding 2015; McArdle ym. 2015, 206). Sitä voidaan tarkastella sellaisenaan tai verrata kyseisen kuormituksen teoreettiseen hapenkulutukseen (Nummela 2010a). Parempaan taloudellisuuteen omaava

henkilö kuluttaa vähemmän happea tietyllä submaksimaalisella nopeudella (Pate & Branch 1992; McArdle ym. 2015, 206). Näin ollen pienikin parannus taloudellisuudessa parantaa pitkäaikaista kestävyysuorituskykyä (Rønnestad & Mujika 2014). Tavallisesti urheilijan taloudellisin vauhti on se, millä urheilija useimmiten harjoittelee (Jones & Carter 2000).

Taloudellisuuden tutkimus on sivuutettu pitkään, vaikka muita suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä on tutkittu paljon (Barnes & Kilding 2015). Tämä voi johtua siitä, että suorituksen taloudellisuus on monimutkainen asia ja sille ei tavallisesti voida löytää yhtä selittävää tekijää (Nummela ym. 2007a). On kuitenkin esitetty, että kestävyysjuoksuharjoittelun määrä (Morgan ym. 1995; Barnes & Kilding 2015), voimaharjoittelu (Paavolainen ym. 1999; Turner ym. 2003; Barnes & Kilding 2015) ja biomekaaniset tekijät (Nummela 2010a; Moore 2016) vaikuttavat eniten taloudellisuuteen. Myös korkeanpaikan harjoittelu (Barnes & Kilding 2015) ja suuri I-tyypin lihassolujen määrä (Coyle ym. 1992; Horowitz ym. 1994) voivat parantaa taloudellisuutta. Barnes ja Kilding (2015) mukaan HIIT-harjoittelun (high intensity interval training) yhteys taloudellisuuteen on monimutkainen riippuen testaustavasta ja harjoitusmenetelmistä.

Säännöllisen ja pitkäaikaisen harjoittelutaustan vaikutus taloudellisuuteen on todettu olevan pääosin positiivinen (Morgan ym. 1995; Barnes & Kilding 2015). Kestävyysharjoittelu lisää solujen mitokondrioiden määrää (Barnes & Kilding 2015), mikä parantaa solujen aerobista energiantuottoa (McArdle ym. 2015, 465). Harjoittelun avulla myös keuhkotuuletus tietyllä submaksimaalisella tasolla pienenee. Tämä johtuu solujen parantuneesta hapenkäytöstä. (McArdle ym. 2015, 207 & 475.) Morgan ym. (1995) kuitenkin totesivat, että pelkällä harjoittelun määrällä ei voida ennustaa taloudellisuutta vaan esimerkiksi fysiologiset ja anatomiset piirteet vaikuttavat taloudellisuuteen.

Biomekaaniset tekijät voidaan jakaa sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Sisäisillä tekijöillä tarkoitetaan yksilön biomekaniikkaa, kuten askelpituutta sekä askelkontaktin pituutta, alaraajojen nivelkulmia ja kinetiikkaa. Ulkoisilla taas tarkoitetaan kengän ja ympäristön vuorovaikutusta. Urheilija tavallisesti valitsee luonnostaan taloudellisimman askelpituuden. (Moore 2016.) Lyhyempi askelkontakti, jonka takia jarrutusvaihe on lyhyempi parantaa taloudellisuutta (Nummela ym. 2007a, Moore 2016). Näin ollen venymis-lyhenemissyklin (SSC cycle) kehittämisen uskotaan olevan tärkeässä osassa (Turner ym. 2003; Moore 2016).

HIIT-harjoittelusta on tullut hyvin suosittua nykyaikana. Sen vaikutus taloudellisuuteen on kuitenkin epävarmaa (Barnes & Kilding 2015) ja harjoittelutavan ja intensiteetin valinta vaikuttaa paljon (Barnes ym. 2013). Monissa HIIT-tutkimuksissa taloudellisuus on kuitenkin parantunut (Barnes ym. 2013; Ferley ym. 2014; García-Pinillos ym. 2017), joten voidaan olettaa, että vaikutus ei ainakaan ole negatiivinen. Suuremmilla otoskoilla voitaisiin saada selkeämpiä tuloksia HIIT-harjoittelututkimuksissa (Barnes ym. 2013). HIIT-harjoittelulla on nähty olevan samansuuntaisia muutoksia askeltiheydessä kuin nopeusvoimaharjoittelulla parantaen taloudellisuutta (Barnes ym. 2013). HIIT-harjoittelu ei kuitenkaan korvaa voimaharjoittelua suorituskyvyn parantamisessa (Ferley ym. 2014). Voimaharjoittelusta lisää kappaleessa 2.4.

Korkealla harjoittelu tai asuminen vaikuttaa pääosin veriarvoihin, kuten hemoglobiinin määrään ja pitoisuuteen, parantaen maksimaalista aerobista kapasiteettia. Täten hapen kuljetuskapasiteetti paranee. Myös aineenvaihdunnan tehostuminen voi vaikuttaa taloudellisuuteen. (Barnes & Kilding 2015.) Barnesin ja Kildingin (2015) mukaan on kuitenkin ristiriitaista tietoa korkeapaikkaharjoittelun hyödyistä taloudellisuuteen.

2.4 Hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky

Aikaisemmin voimaharjoittelua on vastustettu vahvasti kestävyyslajien keskuudessa niin valmentajien kuin urheilijoidenkin toimesta (Rønnestad & Mujika 2014). Nykyisin kestävyysurheilijat tekevät voimaharjoittelua kuitenkin enemmän. Voimaharjoitteluksi kestävyysurheilijoille suositellaan maksimivoima- ja/tai nopeusvoimaharjoittelua painottaen enemmän maksimivoimaa (Mikkola ym. 2011; Rønnestad & Mujika 2014). Suurimman hyödyn saadakseen voimaharjoittelun on hyvä kohdistua samoihin lihaksiin kuin mitä kestävyysuorituksessa käytetään sekä olla mahdollisimman samankaltaisia (Rønnestad & Mujika 2014).

Vaikka tutkimuksissa on enemmän suositeltu kestävyysurheilijoille maksimivoimaa (Mikkola ym. 2011; Rønnestad & Mujika 2014) niin sekä nopeusvoima- (Paavolainen ym. 1999; Turner ym. 2003) että maksimivoimaharjoittelun (Aagaard & Andersen 2010; Mikkola ym. 2011) sisällyttäminen harjoitusohjelmaan on tuottanut parannuksia kestävyysuorituskykyyn. Suositeltu voimaharjoittelun määrä on 2–3 kertaa viikossa, jotta kehitystä tapahtuisi (Rønnestad & Mujika 2014). Vaikutus kestävyysuorituskykyyn nähdään usein taloudellisuuden parantumisena (Paavolainen ym. 1999; Turner ym. 2003) vaikkakin esimerkiksi Mikkola ym. (2011) eivät

nähneet parannusta taloudellisuudessa. Voimaharjoittelulla ei kuitenkaan ole havaittu negatiivista vaikutusta taloudellisuuteen (Rønnestad & Mujika 2014).

Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun on todettu vaikuttavan kestävyysuorituskykyyn hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien paranemisen kautta (Paavolainen ym. 1999; Mikkola ym. 2011). Pääosin tapahtuu neuraalista adaptaatiota (Mikkola ym. 2011), minkä myötä lihasten aktivointi paranee (EMG:llä mitattuna) (Taipale ym. 2014). Myös I-tyypin lihassolujen maksimivoima kasvaa, mikä myöhästyttää väsymisherkkien tyyppin II lihassolujen käyttöönottoa (Rønnestad & Mujika 2014). Voimaharjoittelun myötä parantunutta neuraalista ohjausta tukee se, että usein tutkimuksissa maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei huomattu muutoksia (Paavolainen ym. 1999; Turner ym. 2003; Mikkola ym. 2011).

Myös anaerobisessa suorituskyvyssä huomattiin parannusta voimaharjoittelun avulla (Mikkola ym. 2011; Rønnestad & Mujika 2014). Taipale ym. (2014) huomasivat voima- ja nopeusharjoittelun yhdistämisen kestävyysharjoitteluun parantavan myös maksiminopeutta maksimitessissä. He suosittelevatkin mieluummin tehtäväksi yhdistettyä voimaharjoittelua kuntopiirin sijaan.

3 MAKSIMAALINEN LAKTAATIN TASAPAINOTILA (MLSS)

Maksimaalinen laktaatin tasapainotila (maximal lactate steady state eli MLSS) on korkein jatkuva kuormitustaso/-teho, jolla laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa (Heck ym. 1985; Beneke 2003b; Faude ym. 2009). MLSS:n työtehon on todettu korreloivan hyvin kestävyys-suorituskyvyn kanssa (Billat ym. 2003; Faude ym. 2009; Fontana ym. 2009; Greco ym. 2012). Sitä kutsutaan joissakin tutkimuksissa myös anaerobiseksi kynnykseksi, koska se on taso, jota voidaan ylläpitää ilman huomattavaa anaerobisen koneiston ylläpitoa (Heck ym. 1985). Tässä tutkimuksessa MLSS:llä tarkoitetaan anaerobista kynnystä.

MLSS määritetään tekemällä 30 minuutin tasavauhtisia kuormituksia muutaman päivän välein (Beneke & Duvillard 1996; Beneke 2003a; Beneke 2003b; Billat ym. 2003; Faude ym. 2009; Hauser ym. 2013; Hauser ym. 2014). Laktaattipitoisuus 10 ja 30 minuutin välillä ei saisi nousta yli 1 mmol/l (eli 0,05 mmol/l/min), jotta voidaan todeta kuormitustason olevan MLSS (Heck ym. 1985, Beneke 2003b, Faude ym. 2009). Tällä tavalla MLSS:n määrittäminen vaatii muutamia tasavauhtisia testisuorituksia noin 60-90 prosentin teholla VO_2max :stä, jotta saataisiin oikea teho määritettyä. Tämä on kuitenkin hidasta toteuttaa käytännön testaamisessa. (Leti ym. 2012.) Käytännössä MLSS:ää arvioidaan suorasta testistä määritettävän anaerobisen kynnyksen avulla (Luku 4). Myös sykkeen on todettu nousevan hieman kuormituksen aikana (Faude ym. 2009). Czuba ym. (2009) pyörällä tehdyssä MLSS-tutkimuksessa syke nousi naisilla $7,2 \pm 1,1$ lyöntiä minuutissa ($4,4 \pm 0,4$ prosenttia) ja miehillä $7,1 \pm 1,7$ lyöntiä minuutissa ($4,1 \pm 1$ prosenttia).

MLSS:n absoluuttinen laktaattitaso ($MLSS_{la}$) vaihtelee yksilöiden (Heck ym. 1985; Beneke ym. 2000; Billat ym. 2003; Faude ym. 2009) sekä eri lajien (Beneke & Duvillard 1996) välillä. Näin ollen se ei riipu maksimitehosta eikä MLSS:n työtehosta (Beneke ym. 2000). Työskentelevän lihassmassan määrän uskotaan selittävän lajien välisiä eroja. Lihassmassa suhde laktaattitasoon on käänteisesti verrannollinen. (Beneke & Duvillard 1996.) MLSS:n laktaattitasoon on sanottu vaihtelevan 2–8 (jopa 10) mmol/l (Beneke ym. 2000; Billat ym. 2003; Faude ym. 2009). $MLSS_{la}$:n on kuitenkin todettu korreloivan suoran testin maksimilaktaatin kanssa, vaikka se ei riipu kestävyys-suorituskyvystä eikä sukupuolesta. Näin ollen on yksilöllistä, mille laktaattiarvoille MLSS:n laktaattitaso määrittyy. (Smekal ym. 2012.)

Anaerobisella energiantuotolla voidaan saavuttaa suurempi teho kuin aerobisesti. Kuitenkin aerobisesti energiantuottokapasiteetti on suurempi. (Sahlin ym. 1998.) MLSS-kuormituksissa työskentelyteho on juuri sillä rajalla, jolloin glykolyyttinen energiantuotto ja pyruvaatin hapeutus ovat suhteellisen tasapainossa (Beneke ym. 2000). RER-arvo (respiratory exchange ratio) kuvaa hiilidioksidin tuoton ja hapenkulutuksen suhdetta (McArdle ym. 2015, 189). Tämän on todettu olevan lähellä arvoa yksi MLSS-kuormituksissa (Beneke ym. 2000; Leti ym. 2012). Näin ollen työskenneltäessä MLSS-teholla hiilihydraatit (glykogeeni, glukoosi ja laktaatti) ovat tärkeä energianlähde ja niiden puute voi aiheuttaa myös suorituksen hiipumisen (Sahlin ym. 1998). Työskenneltäessä suuremmalla teholla kuin MLSS laktaattia alkaa kertyä lihaksistoon ja vauhdin ylläpito vaikeutuu (Hauser ym. 2013). Tällöin yliolevilla tehoilla täytyy anaerobisen glykolyysin osuuden olla energiantuotossa suurempi kuin soluhengityksen (Heck ym. 1985).

On myös tutkittu, kauanko urheilija jaksaa ylläpitää MLSS-tehoa. Fontanan ym. (2009) mukaan pyörällä ja juosten tehtävissä MLSS-kuormituksissa ei loppumisajalla ollut merkittävää eroa vähän harjoitelleilla tutkittavilla. Heidän tutkimuksessaan loppumisaika (keskiarvo (SD)) oli pyörällä 37,7 (8,9) minuuttia ja juoksumatolla 34,4 (5,4) minuuttia. Enemmän harjoitelleilla loppumisajat ovat olleet pidempiä (Baron ym. 2008; Dittrich ym. 2014). Baron ym. (2008) saivat polkupyöräergometrilla tulokseksi ajan 55 (8,5) minuuttia. Dittrich ym. (2014) saivat juosten testitavasta riippuen 68 (11) ja 58 (15) minuuttia. Näin ollen voidaan olettaa harjoittelun parantavan kestävyyttä MLSS-vauhdilla.

4 KYNNYSMÄÄRITYKSEN PERUSTEET

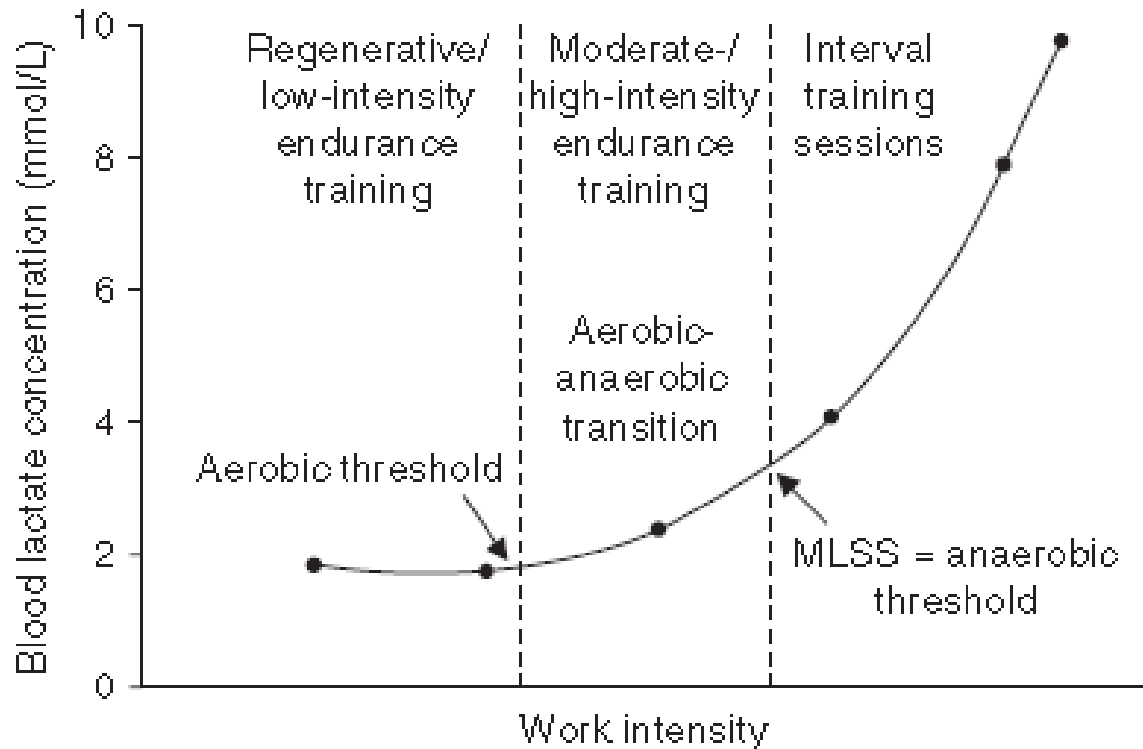
Kestävyyskuntoa mitataan yleisesti polkupyöraergometrilla tai juoksumatolla tehtävän portaitaisen ja nousevatehoisen testin avulla (Faude ym. 2009; Nummela 2010b). Ergometritestien etuna on testattavan pysyminen koko testin ajan testaajan näköpiirissä, sillä testattava pysyy koko ajan paikallaan. Nykyisin on myös kehitetty muita ergometreja, kuten esimerkiksi sou-tuergometri. Näin saadaan eri lajien urheilijoita testattua lajinomaisemmalla tavalla. Juosten tehtäviä testejä on kehitetty lajinomaisemmiksi siten, että tehdään juoksuradalla valojänisohjat-tuja testejä. Näin testitilanne vastaa paremmin harjoittelu- ja kilpailuolosuhteita. (Nummela 2010c.)

4.1 Suora VO₂max -testi juoksumatolla

Suomessa on ollut käytössä kaksi päätestityyppiä: nopeusmalli ja mäkimalli. Nopeusmallissa kulma pysyy vakiona koko testin ajan, kun taas mäkimallissa anaerobiseen kynnykseen asti nostetaan nopeutta ja sen jälkeen kuormittavuutta nostetaan kulmaa kasvattamalla. (Nummela 2010b.)

Jos tarkoituksena on mitata ainoastaan maksimaalista hapenottokykyä, kuormitusportaiden kes-tot ovat lyhyempiä (30–60 sekuntiin). Jos halutaan maksimaalisen hapenottokyvyn lisäksi mää-rittää kynnyksalueita, täytyy kuormitusportaiden olla pidempiä (2–3 minuuttiin). Tavoitteena on tällöin saada suoritettua noin 8–12 kuormaa, jotta kynnykset voidaan määrittää luotettavasti. (Nummela 2010b.) Kynnyksalueet voidaan määrittää laktaatin ja/tai hengitysmuuttujien avulla (Pallarés ym. 2016).

On todettu, että harjoittelun seurauksena laktaattikäyrän siirtyminen suorassa testissä oikealle kuvastaa parempaa kestävyysuorituskykyä. Tällöin pystyy työskentelemään aerobisemmin pi-dempään. (Faude ym. 2009.) Myös aerobisen kynnyksen siirtyminen lähemmäs maksimia on merkki paremmasta suorituskyvystä (Midgley ym. 2007). Erilaisten testien vaihtelevat portait-ten kestot (Gavin ym. 2014) ja työtehonnostot voivat vaikuttaa merkittävästi laktaattikäyrään ja laktaattikynnykseen (Faude ym. 2009). Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen suorasta testistä määritetty laktaattikäyrä ja sen mukaisesti määritetyt kynnykset.



KUVA 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn testistä saatu tyypillinen laktaattikäyrä. Käyrästä on määritetty aerobinen ja anaerobinen kynnyks. MLSS, maximal lactate steady state. (Faude ym. 2009.)

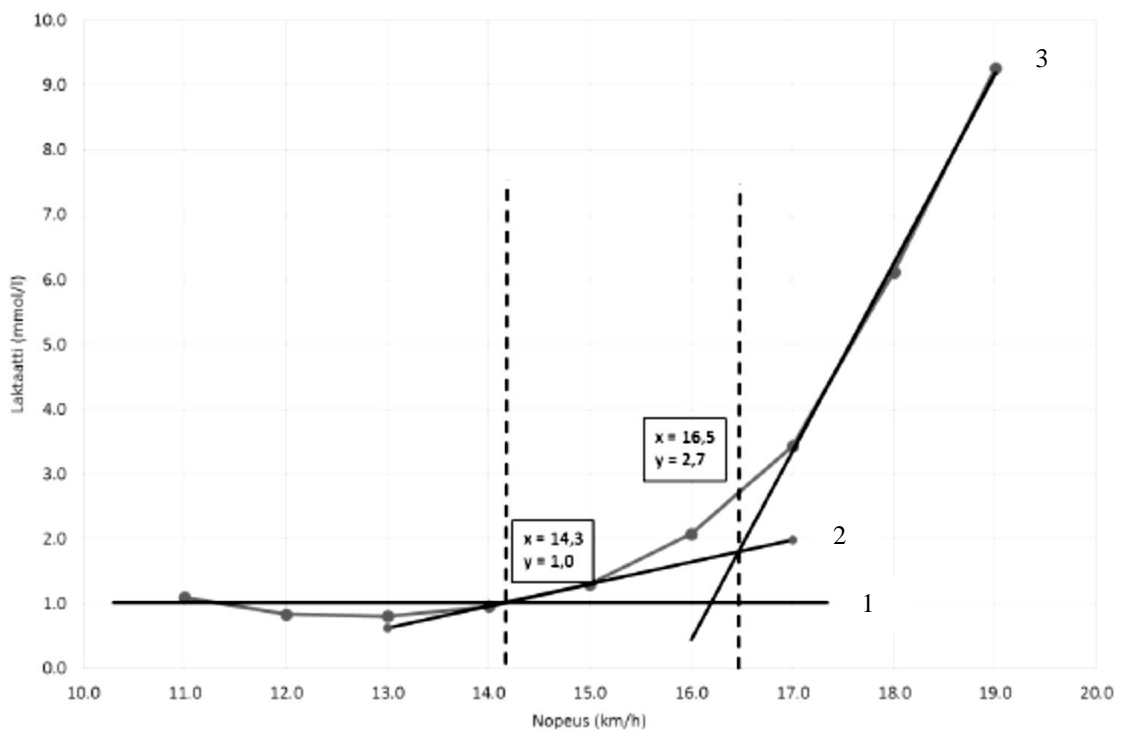
Anaerobisen kynnyksen määrittäminen. Anaerobinen kynnyks voidaan määrittää monin eri tavoin, mutta Suomessa se on tapana määrittää Kuntotestauksen käsikirjan mukaisesti laktaatin ja hengitysmuuttujien avulla. Painopiste määrittäksessä on laktaatin. (Nummela 2010b.) On olemassa myös muita määrittystapoja, kuten kiinteä laktaatin kynnyksarvo 3–5 mmol/l (Heck ym. 1985) tai 4 mmol/l (Laplaud & Menier 2003). Kiinteät kynnyksarvot ovat saaneet kritiikkiä yksilöllisyyden puutteen vuoksi (Laplaud & Menier 2003). Yksilöllisempiä määrittystapoja ovat laktaattikäyrän muotoon perustuvat määrittystavat, kuten Cheng ym. vuonna 1992 kehittämä D_{max} -menetelmä (Chalmers ym. 2015), D_{mod} -menetelmä (Bishop ym. 1998), laktaatin toinen turn point (Smekal ym. 2012) ja Stegmannin ym. vuonna 1981 kehittämä IAT (individual anaerobic threshold) -menetelmä (Urhausen ym. 1993).

4.2 KLab

Tämä tutkimus perustui KLab-ohjelman avulla määritettyyn kynnyksnopeuteen. Se on Aino Health Oy:n ja Kuortaneen urheiluopiston kehittämä ohjelma kuntotestauksen avuksi. Suoran

testin kynnysmääritysohjelman kehittäminen on Kilpa- ja Huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (KIHU) vastuulla. (Nummela & Hynynen 2017.)

Kynnysten määrittäminen laktaatista perustuu kolmeen lineaarisovitteeseen kuvan 3 mukaisella tavalla. Aerobinen kynnys määritetään testin alimmasta laktaatista 0,3 mmol/l ylemmäs (sovite 1). Anaerobinen kynnys määritetään kahden sovitteiden leikkauskohtaan (sovitteet 2 ja 3). Sovitteet piirretään laktaattikäyrän mukaisesti siten, että sovite 2 piirretään aerobisen kynnyksen ja seuraavan laktaatin välille ja sovite 3 niiden kuormien välille, joissa laktaatti on noussut yli 0,8 mmol/l. (Nummela 2015; Vesterinen ym. 2016.)



KUVA 3. KLab-ohjelman kynnysten määrittäminen laktaateista. Ensimmäinen sovite tulee kohtaan 0,3 mmol/l alimmasta laktaatista (aerobinen kynnys). Toinen sovite tulee aerok:n ja seuraavan laktaatin välille. Kolmas sovite tulee kuormien välille, joissa laktaatti on noussut yli 0,8 mmol/l. Sovitteiden 2 ja sovitteiden 3 leikkauspiste on anaerobinen kynnys. (mukailtu Nummela 2015.)

5 KESTÄVYYSSUORITUSKYVYN PÄIVÄKOHTAINEN VAIHTELU

Harjoittelun onnistumista tai kilpailijan suorituskykyä testataan usein erilaisilla testeillä. Kun näiden testien perusteella arvioidaan suorituskykyä, mitattujen muuttujien arvoissa täytyy ottaa huomioon niiden päiväkohtainen vaihtelu (Marshall ym. 2014). Vaihtelua mitataan tavallisesti variaatiokertoimen (coefficient of variation CV tai relative standard deviation RSD) avulla (Hopkins ym. 1999; Stewart & Hopkins 2000; Hopkins & Hewson 2001; Pyne & Saunders 2012; Hébert-Losier ym. 2015; Pallarés ym. 2016).

5.1 Mitattavien muuttujien päiväkohtainen vaihtelu

Jos sykettä käytetään mittaussparametrina, täytyy ymmärtää sen päivittäinen vaihtelu (Lamberts & Lambert 2009). Sykkeen päiväkohtainen vaihtelu pienenee kuormitusintensiiteettiä nostettaessa (Lamberts ym. 2004; Lamberts & Lambert 2009). Yli 90 prosentin teholla maksimisykkeestä työskenneltäessä vaihtelu oli 3–5 (2) lyöntiä minuutissa (keskiarvo (SD)). Vaihtelu kuitenkin kasvoi jopa 8 (3) lyöntiin minuutissa kuormitusintensiiteettiä laskettaessa alle 80 prosenttiin maksimista. (Lamberts & Lambert 2009.) Lamberts ym. (2004) mukaan syke vaihtelee keskimäärin 5–8 lyöntiä minuutissa submaksimaalisella teholla. Toisaalta on löydetty myös jopa ± 10 lyöntiä minuutissa vaihtelua submaksimaalisella kuormitustasolla (De Souza Silveira 2016). Myös Grant ym. (2002) toistettavuustutkimuksessa sykkeessä oli kuormitusten välillä vaihtelua. Sykkeen on kuitenkin todettu olevan luotettava muuttuja (Lamberts ym. 2004; Hauser ym. 2013).

Tehoon ja sykkeeseen verrattuna laktaatti on epäluotettavampi muuttuja maximal lactate steady state (MLSS) -kuormituksissa. Laktaattitasossa on myös havaittu suurempaa päivittäistä vaihtelua. Tämän on todettu johtuvan muun muassa kehon glykogeenivarastojen muutoksista. (Hauser ym. 2013.) Grant ym. (2002) tutkivat suoran testin toistettavuutta huomaten laktaatin korreloivan suhteellisen hyvin testien välillä, mutta luottamusvälejä tarkasteltaessa huomattiin suurta vaihtelua. Laktaattiarvoihin voi myös vaikuttaa testissä käytettyjen kuormitusportaiden kesto (Gavin ym. 2014).

5.2 Testattavan taustan vaikutus suorituskyvyn päiväkohtaiseen vaihteluun

Parempikuntoisten on todettu olevan toistettavampia tutkittavia (Hopkins ym. 1999; Hopkins & Hewson 2001; Grant ym. 2002; Gavin ym. 2014). Hopkins ja Hewson (2001) tutkivat kuntotason vaikutusta suorituskyvyn toistettavuuteen juoksijoilla. He huomasivat paremman ajan juosseiden kestävyysurheilijoiden suorituskyvyn olevan toistettavampi kuin huonomman ajan juosseiden (heikompien CV:n suhde parempiin oli 1,0-2,3). Myös Spencer ym. (2014) saivat samansuuntaisia tuloksia huipputasoilla hiihtäjillä (koko aineiston CV:n suhde top-10-hiihtäjiin oli 1,2-1,6). Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että heikompien urheilijoiden on vähemmän kilpailuja takana. Näin ollen suoritus ei ole niin tuttu kuin kovempitasoisilla urheilijoilla. (Hopkins & Hewson 2001.) Myös asenne (motivaatio) kilpailuun voi olla erilainen kärkeen juoksijoilla kuin heikompien juoksijoilla (Hopkins & Hewson 2001; Gavin ym. 2014; Spencer ym. 2014).

Suorituksen toistettavuudessa on ristiriitaisia tutkimustuloksia naisten ja miesten välillä. Hébert-Losier ym. (2015) mukaan naisurheilijoilla on suurempaa vaihtelua suorituskyvyssä kuin miehillä, kun taas Hopkins & Hewsonin (2001) tutkimuksessa naiset olivat toistettavampia tutkittavia. He kuitenkin ihmettelivät kyseistä tulosta, sillä usein ajatellaan naisilla olevan enemmän suorituskyvyn vaihtelua (suorittamisen ei ole katsottu olevan niin vakavaa kuin miehillä) (Hopkins & Hewson 2001; Hébert-Losier ym. 2015). Spencer ym. (2014) ja Grant ym. (2002) tutkimuksissa miesten ja naisten välillä ei ollut eroja. Tutkimustulokset kuvastavat ainakin sitä, että kuukautiskierron vaikutus suoritukseen on aika vähäinen (Hopkins & Hewson 2001; Grant ym. 2002). Hopkins ja Hewson (2001) toteavat myös vanhempien urheilijoiden olevan toistettavampia mahdollisesti kokemuksen tuoman varmuuden takia.

5.3 Testien luotettavuus ja toistettavuus

Testien luotettavuutta mitataan kolmen tekijän avulla: yksilöllä tapahtuva satunnainen suorituskyvyn vaihtelu (within-subject variation), keskiarvon systemaattinen muutos (systematic change in the mean) ja korrelaatio testien välillä (retest correlation) (Hopkins ym. 1999; Hopkins 2000). Yksilöllä tapahtuva vaihtelu on näistä kolmesta tärkein ja sitä mitataan tavallisesti keskihajonnan, variaatiokertoimen tai yhtäpitävyysrajojen (limits of agreement) avulla. Mitä

pienempi se on, sitä helpommin pystytään testien avulla mittaamaan suorituskyvyn kehittymistä. Keskiarvon muutos voi olla satunnaista tai systemaattista. Satunnainen virhe pienenee otoskoon kasvaessa. Systemaattinen muutos voi johtua testin oppimisefektistä, motivaatiotason muutoksesta tai väsymyksestä. Ne pitäisi saada mahdollisimman pieneksi esimerkiksi teettämällä tarpeeksi monta testisuoritusta tai testiin tutustuttamisen kautta. Mitä lähempänä testien välinen korrelaatio on arvoa yksi, sitä parempi on toistettavuus. Se on kuitenkin hyvin herkkä testattavien joukon heterogeenisyydelle. (Hopkins 2000.)

Kestävyysuoritukset ja testit, joiden loppuaika on tiedossa, ovat toistettavampia kuin testit, jotka tehdään uupumiseen saakka. Tällaisissa ”open end” -tyylisissä kuormituksissa psykologiset tekijät kuten motivaatio ja tylsistyminen ovat suuremmassa roolissa. Täten selkeän loppumisajan kuormitukset ovat huomattavasti toistettavampia. (Jeukendrup ym. 1996.) Myös kuormitusportaiden kesto voi vaikuttaa testissä mitattavien muuttujien toistettavuuteen. Pidemmät portaiden kestot parantavat toistettavuutta. (Gavin ym. 2014.)

6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla kahden anaerobisella kynnyksellä juostavan 30 (+5) minuutin suorituksen toistettavuutta ja tutkittavien suorituskyvyn päiväkohtaista vaihtelua. Tutkimuksessa vertailtiin laktaatti- ja sykearvoja molemmista kuormituksista sekä vertailtiin kuntotason vaikutusta tuloksiin.

1. Onko kuormitusten välillä systemaattista muutosta laktaateissa ja sykkeissä?

Hypoteesi: Ei ole.

Perustelu: De Souza Silveiran ym. (2016) juoksumatolla tehdyssä tutkimuksessa sykkeiden keskiarvoisissa eroissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kahden samanlaisen kuormituksen välillä. Kuormitus oli nousevaintensiteettinen ja sykkeet (% maksimista) olivat pääosin alhaisempia kuin tässä tutkimuksessa. Koska sykkeen päiväkohtainen vaihtelu pienenee kuormitusintensiteettiä nostettaessa (Lamberts ym. 2004; Lamberts & Lambert 2009), voidaan olettaa, että tässä tutkimuksessa ei sykkeissä ole keskiarvoisesti muutosta kumpaankaan suuntaan.

Laktaatin vaihteluun uskotaan liittyvän glykogeenivarastojen suuruus (Hauser ym. 2013). Koska tutkittavia ohjeistettiin pitämään ruokavalio muuttumattomana tutkimuksen ajan ja palautumisaika testien välillä oli riittävä (2–5 vuorokautta), ei laktaateissakaan systemaattista muutosta pitäisi tapahtua.

2. Onko yksilöillä vaihtelua sykkeissä ja laktaateissa kuormitusten välillä?

Hypoteesi: Sykkeissä ei, laktaateissa kyllä.

Perustelu: Sykkeen päiväkohtaisen vaihtelun yksilöllä on todettu olevan pientä kestävyyskuormituksessa (Hauser ym. 2013). Sykkeen variaatiokerroin on todettu olevan 6,3 % (Hauser ym. 2013), 1,1–2,6 % (Lamberts ym. 2004) ja 0,9–3,0 % (Lamberts & Lambert 2009). ICC (intra-

class correlation coefficient) on ollut 0,92 (Hauser ym. 2013), 0,99 (Lamberts ym. 2004). Keskimäärin sykkeessä on päiväkohtaista vaihtelua noin 1,4–4,2 prosenttia (Lamberts & Lambert 2009).

Laktaatin päiväkohtainen vaihtelu on suurempaa kuin sykkeen (Hauser ym. 2013). Variaatiokerroin on ollut 16,6 % (Hauser ym. 2013), 6,5 % (submaksimaalinen) ja 16,1 % (maksimaalinen) (Hoefelmann ym. 2014). ICC on ollut 0,71 (Hauser ym. 2013) ja 0,55 (maksimaalinen) ja 0,70 (submaksimaalinen) (Hoefelmann ym. 2014).

3. Onko MLSS-kuormituksen toistettavuudessa eroja suorassa testissä paremman ja heikomman tuloksen juosseiden välillä?

Hypoteesi: On, heikomman tuloksen juosseilla on enemmän eroja suoritusten välillä.

Perustelu: Kuntotason vaikutus toistettavuuteen on positiivinen. On huomattu, että parempi-kuntoisilla tulokset testeissä ovat toistettavampia kuin heikompi-kuntoisilla. (Hopkins ym. 1999; Hopkins & Hewson 2001; Grant ym. 2002; Gavin ym. 2014; Spencer ym. 2014.) Tämä voi johtua tottumattomuudesta koviin suorituksiin ja kilpailuihin (Hopkins & Hewson 2001). Hyväkuntoisilla pyöräilijöillä ja triathlonisteilla ei tapahtunut testien aikana oppimisprosessia pyöräilytutkimuksessa (Jeukendrup ym. 1996).

7 MENETELMÄT

7.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui 28 vapaaehtoista, 21–37-vuotiasta naista ja miestä (15 naista ja 13 miestä). Heistä 24 (13 naista ja 11 miestä) pystyi suorittamaan kaikki testit ja 4 joutui keskeyttämään tutkimuksen sairastumisen tai loukkaantumisen vuoksi. Taustaltaan tutkittavat olivat eri kestävyyslajien harrastajia tai kilpailijoita (hiihto, suunnistus, juoksu, pyöräily yms.). Säännöllistä harjoittelua täytyi olla taustalla vähintään vuosi. Heidät rekrytoitiin tutkimukseen Jyväskylän yliopiston Liikuntatieteellisen tiedekunnan sähköpostilistan kautta. He osallistuivat tutkimukseen täysin vapaaehtoisesti ja heillä oli mahdollisuus keskeyttää tutkimus missä vaiheessa tahansa. Taulukossa 1 on esitetty tutkittavien taustatiedot.

TAULUKKO 1. Taulukossa on esitetty tutkittavien (n = 24) taustatiedot. Tiedot ovat muodossa keskiarvo (SD).

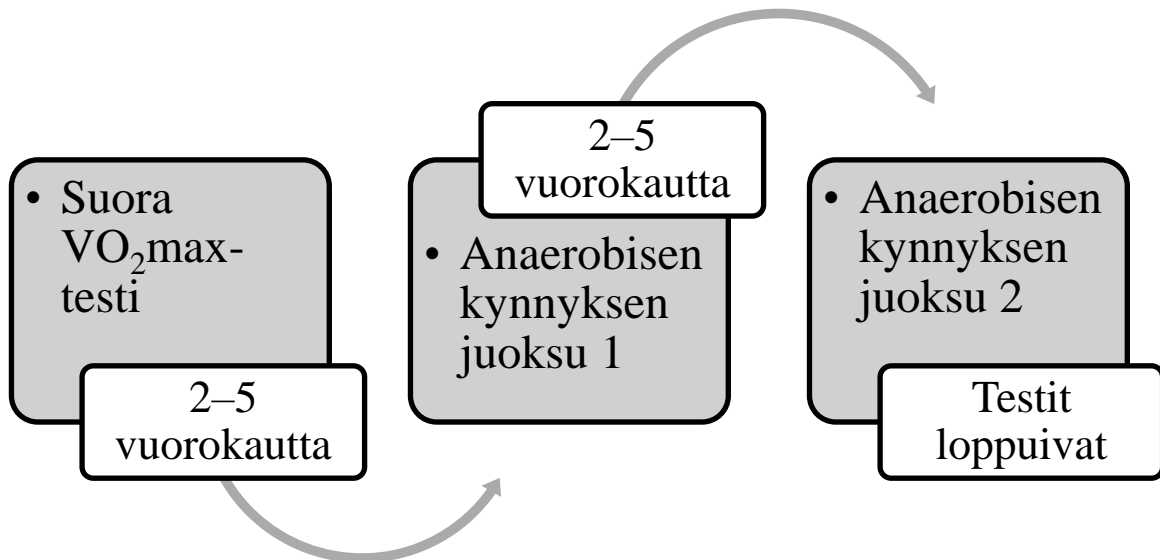
	n	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m ²)
miehet	11	27.6 (5.2)	182.7 (4.8)	73.9 (8.2)	22.1 (1.8)
naiset	13	24.7 (4.0)	167.4 (6.2)	63.3 (7.4)	22.5 (1.9)
kaikki	24	26.1 (4.7)	174.4 (9.5)	68.1 (9.3)	22.3 (1.9)

Ennen mittauksia kaikille tutkittaville selvitettiin tutkimuksen kulku. Kaikki tutkittavat lukivat ja hyväksyivät suostumuslomakkeen sekä täyttivät terveystietolomakkeen (liite 1). Terveystietolomakkeessa ei saanut ilmetä testejä estäviä sairauksia (kuten esimerkiksi sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia). Tutkimuksella oli Jyväskylän yliopiston Eettisen toimikunnan hyväksyntä.

7.2 Koeasetelma

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää anaerobisen kynnyksen eli MLSS:n toistettavuutta eli kestävyysuorituskyvyn päiväkohtaista vaihtelua. Tutkimuksessa jokainen tutkittava suoritti kolme mittausta kolmena eri päivänä. Mittauksiin kuuluivat maksimaalinen hapenottokyvyn

testi sekä kaksi anaerobisella kynnyksellä tehtyä 30 (+5) minuutin juoksua. Anaerobisen kynnyksen juoksussa viimeiset viisi minuuttia juostiin 0,6 km/h kovempaa kuin KLab -ohjelman määrittämä kynnyks. (Kuva 4.)



KUVA 4. Tutkimuksen kulku.

Mittaukset suoritettiin vuoden 2016 syys-, loka- ja marraskuun aikana ja niiden välillä oli 2–5 vuorokautta aikatauluista riippuen. Näin ollen yhdellä tutkittavalla kolme testiä tuli suoritetuksi 5–10 vuorokauden aikana. Anaerobiset kuormitukset suoritettiin samaan aikaan vuorokaudesta kuin suora testi ± 2 tunnin vaihteluvälillä, jotta vuorokausirytmii ei vaikuttaisi tuloksiin. Tutkittavia pyydettiin syömään normaalisti tutkimuksen aikana sekä välttämään alkoholia. Jos juoksumatolla juokseminen ei ollut tuttua, oli mahdollista suorittaa tutustumiskerta. Vain muutama käytti tämän mahdollisuuden.

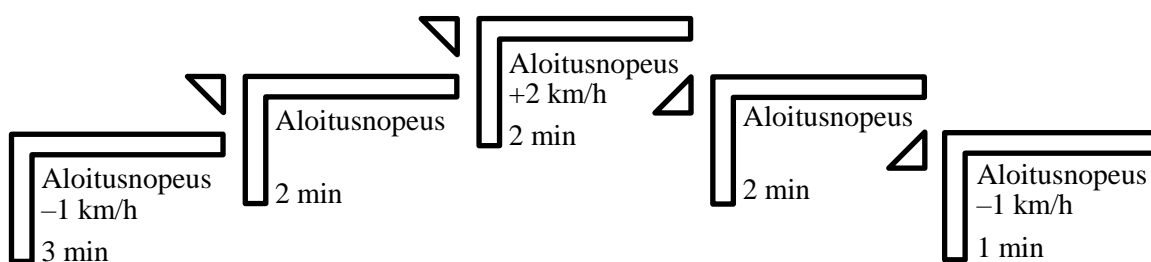
7.3 Aineiston keräys ja analysointi

Tutkimuksen aikana kerätty aineisto sisälsi suostumuslomakkeet, esitietolomakkeet, antropometriset tiedot (pituus ja paino), suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin (kynnyksen määrittämistä varten) sekä kaksi anaerobisen kynnyksen nopeudella tehtyä 30 (+5) minuutin juoksua. Aineiston keräys suoritettiin Jyväskylän yliopiston Liikuntalaboratoriolla.

Suostumus- ja esitietolomakkeet täytettiin ennen ensimmäistä kuormitusta. Suostumuslomakkeen avulla tutkittava suostui tutkimukseen. Esitietolomakkeen avulla pyrittiin selvittämään mahdollisia riskitekijöitä ja tutkimuksen estäviä tekijöitä. Esitietolomakkeessa selvitettiin myös parin edellisen vuorokauden harjoittelukuormitus.

Tässä tutkimuksessa suoran testin tarkoitus oli määrittää anaerobinen kynnyksen seuraavia kuormituksia varten. Testi suoritettiin Liikuntalaboratorion OJK-1-juoksumatolla (Telineyhtymä Kotka, Kotka, Suomi). Ennen varsinaista testin alkua mitattiin tutkittavalta pituus (0,5 cm tarkkuudella) ja paino (0,1 kilogramman tarkkuudella). Näiden avulla määritettiin myös painoindeksi jakamalla paino (kg) pituuden neliöllä (m²). Juoksumaton kulmana käytettiin 0,6 astetta lämmittelyn, testin ja loppuverryttelyn aikana.

Ennen kuormitusta suoritettiin kymmenen minuutin vakiolämmittely suhteutettuna aloituskuormaan. Lämmittelyssä käytettiin pyramidimallia, joka on esitetty kuvassa 5. Ensimmäiset kolme minuuttia juostiin aloitusnopeutta yksi kilometri tunnissa hitaampaa, seuraavat kaksi minuuttia juostiin aloituskuorman nopeutta ja seuraavat kaksi minuuttia kaksi kilometriä tunnissa kovempaa kuin aloitusnopeus. Tämän jälkeen tultiin takaisinpäin eli juostiin kaksi minuuttia aloitusnopeutta ja vielä yksi minuutti aloitusnopeutta yksi kilometri tunnissa hitaampaa.



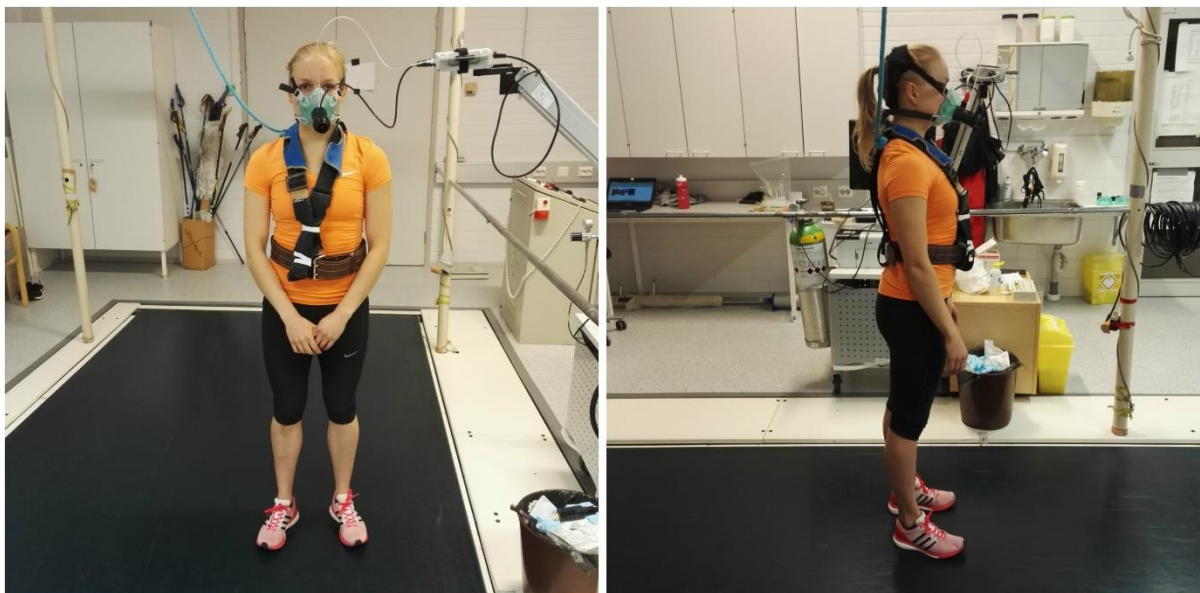
KUVA 5. Lämmittelyn kulku kuvattuna kaaviolla. Kokonaiskesto kymmenen minuuttia.

Kuormitus aloitettiin tutkittavan arvioidusta kuntotasosta riippuen nopeudesta 7–10 kilometriä tunnissa ja testin kokonaiskestoksi oli tavoitteena saada 20–30 minuuttia. Testimallina käytettiin portaittain nousevaa nopeusmallia, jossa kuormaportaat olivat kolmen minuutin pituisia,

juoksumaton kulma 0,6 astetta ja kuormitusta lisättiin lisäämällä nopeutta kolmen minuutin välein yksi kilometri tunnissa.

Verinäyte (20 µl) otettiin sormen päästä lämmittelyn jälkeen ennen testin aloittamista sekä jokaisen kolmen minuutin kuormaportaan jälkeen. Verinäytteistä analysoitiin laktaatti Biosen S_line Lab+ -analysointilaitteella (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Juoksumatto pysäytettiin laktaatinäytteenoton ajaksi, mutta testikelloa ei pysäytetty. Näin ollen laktaatin otto sisältyi aina seuraavan kuormaportaan alkuun, jolloin kuormaportaalla juostu aika oli noin 2,5 minuuttia.

Koko testin ajan sydämen sykettä mitattiin sykemittarilla (Suunto t6, Suunto Ltd, Vantaa, Suomi) ja syke analysoitiin Suunnon Training Manager -ohjelmalla. Hengityskaasuja mitattiin MasterScreen CPX -hengityskaasuanalysointilaitteella (Jaeger, CareFusion Germany 234 GmbH, Hoechberg, Saksa) (kuvassa 6 on esitetty välineistö). Toimintona käytettiin Breath by breath -ohjelmaa, jolla mitattiin hapenkulutusta, hiilidioksidin tuottoa sekä ventilaatiota jokaisesta hengityksestä. Laite kalibroitiin ennen jokaista testiä asianmukaisesti. Testin jälkeen tutkittavalta kysyttiin testin kuormittavuutta asteikolla 0–10+ (liite 2).



KUVA 6. Testattavan päällä ollut laitteisto kuvattuna.

Testistä määritettiin KLab-ohjelmalla aerobinen ja anaerobinen kynnyks sekä maksimaalinen hapenottokyky. Kynnykset määritettiin täysin laktaattikäyrän perusteella, mutta tutkittaville annettiin tulospalautteessa myös hengitysmuuttujien avulla määritetyt kynnykset.

Anaerobisen kynnyksen kuormitukset suoritettiin samalla Liikuntalaboratorion juoksumatolla kuin suora testi. Matossa käytettiin myös samaa kulmaa (0,6 astetta). Tutkittavan paino (kg) mitattiin ennen molempia kuormituksia. Ennen kuormituksen aloittamista suoritettiin sama lämmittely kuin ennen suoraa testiä (kuva 7). Anaerobisen kynnyksen kuormituksissa tutkittava juoksi 35 minuutin kuormituksen siten, että ensimmäiset 30 minuuttia maton nopeus oli KLab-ohjelman määrittämällä anaerobisella kynnyksellä ja viimeiset viisi minuuttia 0,6 kilometriä tunnissa suuremmalla nopeudella. Koko kuormituksen ajan mitattiin sydämen sykettä Suunnon sykemittarilla (Suunto t6, Suunto Ltd, Vantaa, Suomi) ja syke analysoitiin Suunnon Training Manager -ohjelmalla. Verinäyte (20 µl) otettiin sormenpästä lämmittelyn jälkeen ennen testin alkua sekä 10, 15, 20, 25, 30 ja 35 minuutin juoksun jälkeen (Beneke & Duvillard 1996). Verinäytteistä analysoitiin laktaatti Biosen S_line Lab+ -analysointilaitteella (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Juoksumatto pysäytettiin laktaattinäytteenoton ajaksi, mutta testikelloa ei pysäytetty. Testien jälkeen tutkittavalta kysyttiin testin kuormittavuutta sekä 30 että 35 minuutin kohdalla (asteikko 0–10+, liite 2).

7.4 Tilastolliset menetelmät

Tulokset ovat muodossa keskiarvo (SD). Normaalijakautuneisuus tarkistettiin Shapiro-Wilkin testillä. Ensin tarkastettiin tutkittavien kehonpainon vaihtelu testien välillä (alle 1,5 %). Huoneen lämpötilan vaihtelu tarkastettiin Friedmanin testillä. Päivien väliset erot sykkeissä ja laktaateissa analysoitiin Studentin parittaisella t-testillä. Yksilön sisäistä vaihtelua arvioitiin variaatiokertoimen (CV) ja sisäkorrelaatiokertoimen (ICC) avulla. Kuntotason vaikutusta tuloksiin arvioitiin edellisten lisäksi myös toistomittausten varianssianalyysillä. Tilastollinen merkitsevyys asetettiin $p < 0,05$. Kaikki analysointi suoritettiin käyttämällä IBM SPSS Statistics 24 sekä Excel 2016 -ohjelmia.

8 TULOKSET

Suoran maksimitestin tulokset ovat koottuna taulukkoon 2. Niistä nähdään maksimivauhdin testissä olleen 16,0 (1,7) kilometriä tunnissa ja maksimihapenoton 51,2 (5,2) ml/kg/min.

TAULUKKO 2. Suoran maksimihapenottokyvyn testin tulokset. Tulokset ilmoitettu keskiarvo (SD). v_{max} , testin maksiminopeus, v_{ank} , KLab-ohjelman määrittämä anaerobinen kynnyks.

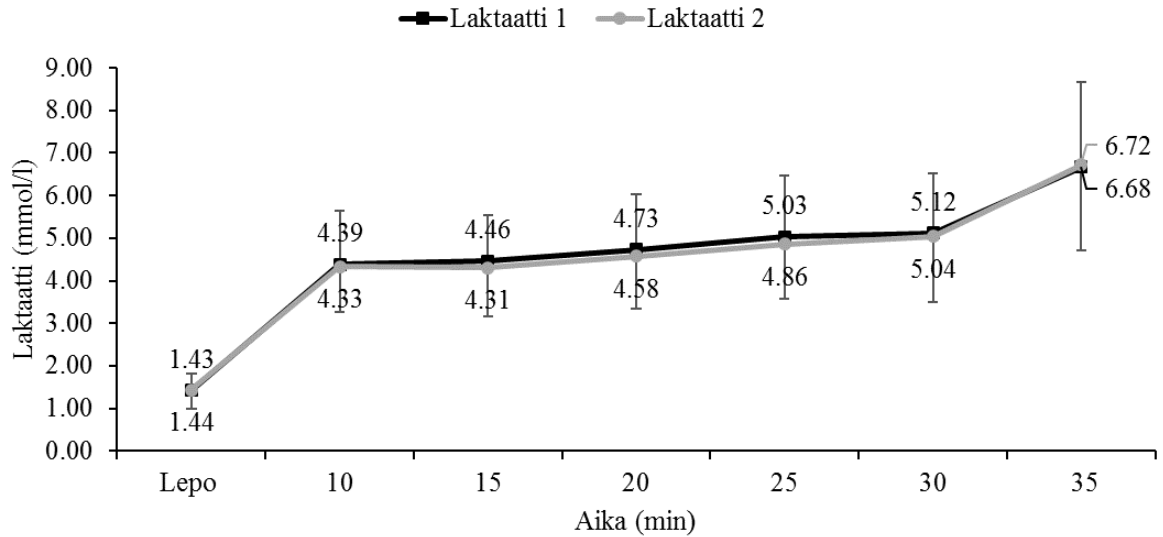
	VO_{2max} l/min	VO_{2max} ml/kg/min	VO_{2tmax}^* ml/kg/min	v_{max} km/h	L_{amax} mmol/l	v_{ank} km/h
miehet	4.1 (0.3)	55.1 (3.3)	52.8 (5.9)	17.1 (1.6)	10.6 (1.3)	13.6 (1.6)
naiset	3.0 (0.3)	47.8 (4.0)	45.5 (4.4)	15.1 (1.2)	9.9 (1.7)	12.4 (1.3)
kaikki	3.5 (0.6)	51.2 (5.2)	48.9 (6.2)	16.0 (1.7)	10.3 (1.5)	13.0 (1.5)

* Teoreettinen hapenkulutus laskettu 1986 Londoreen kehittämällä kaavalla kuntotasolle -2.

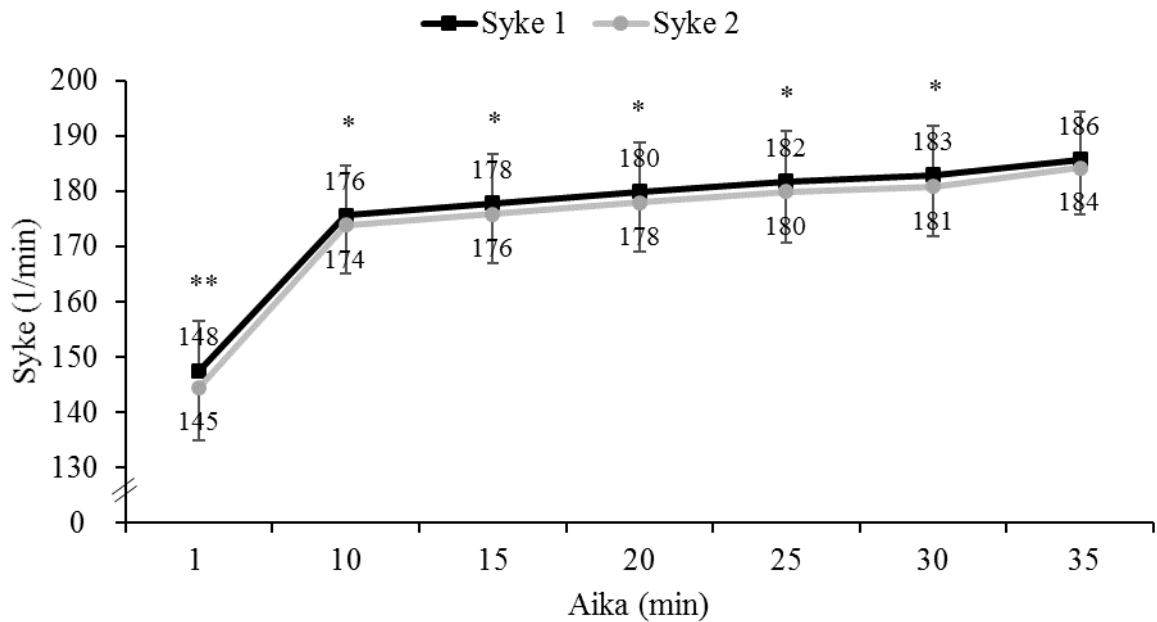
Tutkittavien painon vaihtelu päivien välillä analysoitiin ennen muiden tulosten analysointia. Painon prosentuaalinen vaihtelu kynnyskuormitusten välillä oli keskiarvoisesti 0,2 (0,7) prosenttia. Yhden tutkittavan suoran testin ja ensimmäisen MLSS-kuormituksen ja yhden tutkittavan MLSS-kuormitusten painojen ero oli yli 1,5 prosenttia, minkä on todettu olevan normaalin painon vaihtelun raja (Khosla & Billewicz 1964). Näiden erojen ei kuitenkaan katsottu vaikuttavan tuloksiin, joten kyseiset tutkittavat otettiin mukaan analysointeihin. Myöskään parittaisen t-testin avulla ei ilmennyt merkittäviä eroja ($p > 0,05$). Lämpötilat tarkastettiin Friedmanin testillä normaalijakautuneisuuden puutteen vuoksi. Testin tulos tuki lämpötilojen samankaltaisuutta ($F=2,325$, $p=0,313$).

8.1 Systemaattisten muutosten tarkastelu

MLSS-kuormitusten laktaattien ja sykkeiden keskiarvovertailu on esitetty kuvissa 7 ja 8. Huomataan sekä laktaatti- että sykearvojen olleen keskimääräisesti hieman alempana jälkimmäisessä kuormituksessa. Kuitenkin parittaisella t-testillä mitattuna ainoastaan sykkeissä (yhdestä minuutista 30 minuuttiin) oli eroja kuormitusten välillä. Yksi tutkittava jouduttiin sivuuttamaan kuormitusten analysoinneista varhaisen keskeyttämisen aiheuttaman vääristymän vuoksi.



KUVA 7. Laktaattien keskiarvoinen vertailu tietyssä ajanhetkessä. Parittaisella t-testillä eroja ei ollut. Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa viiva kuormitus 2. Tutkittavien määrät: n_{lepo} : 23, n_{10} : 23, n_{15} : 23, n_{20} : 23, n_{25} : 23, n_{30} : 22 ja n_{35} : 21.



KUVA 8. Sykkeiden keskiarvoinen vertailu tietyssä ajanhetkessä. Parittaisella t-testillä saatuja eroja on kuvattu tähtien avulla (**: $p < 0,01$ ja *: $p < 0,05$). Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa on kuormitus 2. Tutkittavien määrät: n_1 : 22, n_{10} : 23, n_{15} : 23, n_{20} : 23, n_{25} : 23, n_{30} : 22 ja n_{35} : 21.

Jos vertaillaan ainoastaan kynnysnopeudella juostua kuormitusta (10–30 min), keskiarvosykkeet ja laktaatit eroavat hieman toisistaan (taulukko 3). Huomataan sykkeiden eron kuormituksen välillä olleen –1,1 (2,0) prosenttia ja laktaateissa –4,6 (18,4) prosenttia. Näin ollen molemmat laskivat toiseen kuormitukseen.

TAULUKKO 3. Sykkeiden ja laktaattien keskiarvoinen vertailu ja niiden ero (n=23). Syke ja laktaatti esitetty kynnysellä 10 minuutista 30 minuuttiin. Arvot ilmoitettu keskiarvo (SD).

	Syke*	Laktaatti
	1/min	mmol/l
Kuormitus 1	180 (9)	4.75 (1.21)
Kuormitus 2	178 (9)	4.62 (1.18)
Ero (%)	–1.1 (2.0)	–4.6 (18.4)

*ero kuormitusten välillä merkitsevä tasolla $p < 0.05$.

8.2 Yksilöllä tapahtuva vaihtelu

Variaatiokerroin (CV) kertoo yksilön sisäisestä kuormitusten välisestä vaihtelusta. Taulukkoon 4 on koottuna kuormituksen variaatiokertoimet niin sykkeelle kuin laktaatillekin. Kuormituksen 10 minuutista 35 minuuttiin keskiarvo oli 11,1 (10,1) laktaatille ja 1,26 (1,02) sykkeelle. Huomataan laktaatin variaatiokertoimen olevan huomattavasti suurempi kuin sykkeen.

TAULUKKO 4. Variaatiokertoimet (%) sykkeelle ja laktaatille.

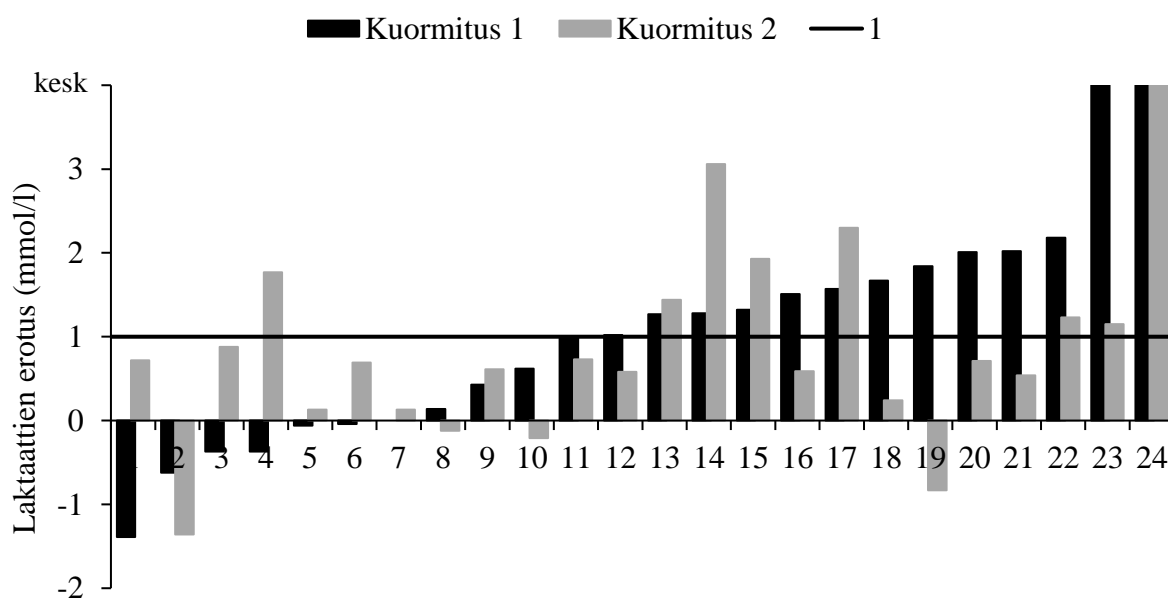
	10 min (%)	15 min (%)	20 min (%)	25 min (%)	30 min (%)	35 min (%)
Syke	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1
Laktaatti	12.0	11.4	11.3	12.7	10.6	8.4

Laktaatin ja sykkeen luotettavuutta mitattiin sisäkorrelaatiokertoimella (ICC=intra-class correlation coefficient). Taulukossa 5 on esitetty tulokset sykkeille ja laktaateille. Huomataan sykkeiden ICC-arvon olevan parempi kuin laktaatin.

TAULUKKO 5. Sisäkorrelaatiokertoimet (ICC) laktaatin ja sykkeen muuttujille. MLSS laktaatti ja syke tarkoittavat 10–30 minuutin arvojen keskiarvoja. Laktaatti_{erotus} tarkoittaa 30 ja 10 minuutin laktaattien erotusta ja syke₁ ensimmäisen minuutin sykettä.

ICC	n	ICC	Alaraja	Yläraja	F-testi	p-arvo
Laktaatti _{MLSS}	23	0.752	0.502	0.887	6.957	<0.001
Laktaatti ₃₅	21	0.770	0.511	0.900	7.378	<0.001
Laktaatti _{erotus}	22	0.246	-0.205	0.603	1.624	>0.05
Syke ₁	22	0.833	0.547	0.934	14.46	<0.001
Syke _{MLSS}	23	0.905	0.748	0.962	24.94	<0.001
Syke ₃₅	21	0.894	0.750	0.956	19.968	<0.001

Laktaatin avulla voidaan kuormituksesta tarkastella myös kuormituksen osumista MLSS-vauhdille 30 minuutin ja 10 minuutin laktaatin erotuksen avulla. Kyseisissä arvoissa havaittiin päiväkohtaista vaihtelua (Kuva 9). Kuvaan piirretty viiva on yläraja MLSS-tason määrittämisessä. Yli viivan olevat pylväät tarkoittavat siis sitä, että arvioitu kynnys oli yli MLSS-vauhdin.



KUVA 9. Yksittäisten tutkittavien 30 minuutin ja 10 minuutin laktaatin ero molemmissa kuormituksissa suuruusjärjestykseen järjestettynä ensimmäisen kuormituksen mukaan. Viiva kuvastaa MLSS-kuormituksissa 1 mmol/l eroa 30 minuutin ja 10 minuutin laktaateissa.

Taulukoissa 6 ja 7 on esitettyä vielä tuloksellisesti samankaltaisuus 30 ja 10 minuutin laktaatin erotuksesta katsottuna. Taulukossa 6 kaikki alle 1 mmol/l erotukset on laskettu kuuluvan MLSS-vauhdille, mutta taulukossa 7 negatiivisen erotuksen on ajateltu olevan alle MLSS-vauhdin. Taulukon 6 mukaan kuormitukset olivat samanlaiset 70,8 prosentilla ja taulukon 7 mukaan 50 prosentilla (harmaalla taustalla).

TAULUKKO 6. Kuormituksen osuminen MLSS-vauhdille laktaatista katsottuna molemmissa kuormituksissa (30 minuutin laktaatista vähennetty 10 minuutin laktaatti ja pyöristetty desimaalin tarkkuudelle). Vauhti oli MLSS, jos erotus oli alle 1 mmol/l ja yli, jos erotus oli yli 1 mmol/l. Kesk tarkoittaa kuormituksen keskeyttämistä liian kovan vauhdin vuoksi.

		Kuormitus 2			Kok. määrä (%)
		MLSS (%)	yli (%)	kesk (%)	
Kuormitus 1	MLSS (%)	45.8	4.2	0.0	50.0
	yli (%)	20.8	20.8	0.0	41.7
	kesk (%)	0.0	4.2	4.2	8.3
Kok. määrä (%)		66.7	29.2	4.2	100.0 (n = 24)

TAULUKKO 7. Kuormituksen osuminen MLSS-vauhdille laktaatista katsottuna molemmissa kuormituksissa (30 minuutin laktaatista vähennetty 10 minuutin laktaatti ja pyöristetty desimaalin tarkkuudelle). Vauhti oli alle MLSS, jos erotus oli negatiivinen. Vauhti oli MLSS, jos erotus oli 0–1 mmol/l.

		Kuormitus 2				Kok. määrä (%)
		alle (%)	MLSS (%)	yli (%)	kesk (%)	
Kuormitus 1	alle (%)	4.2	12.5	4.2	0.0	20.8
	MLSS (%)	8.3	20.8	0.0	0.0	29.2
	yli (%)	4.2	16.7	20.8	0.0	41.7
	kesk (%)	0.0	0.0	4.2	4.2	8.3
Kok. määrä (%)		16.7	50.0	29.2	4.2	100.0 (n = 24)

8.3 Kuntotason vaikutus toistettavuuteen

Kuntotason vaikutuksen tarkastelun avuksi tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään suoran testin maksiminopeuden avulla. Tavoitteena oli saada jokaiseen ryhmään suhteellisen saman verran sekä miehiä että naisia. Jakauma ryhmiin ja ryhmien väliset erot suorassa testissä nähdään taulukossa 8. Tarkoituksena oli verrata tässä tutkimuksessa parhaimman maksiminopeuden ja heikoimman maksiminopeuden saavuttaneiden ryhmien välisiä eroja laktaateissa ja sykkeissä. Kyseisten ryhmien antropometriset tiedot on esitetty taulukossa 9.

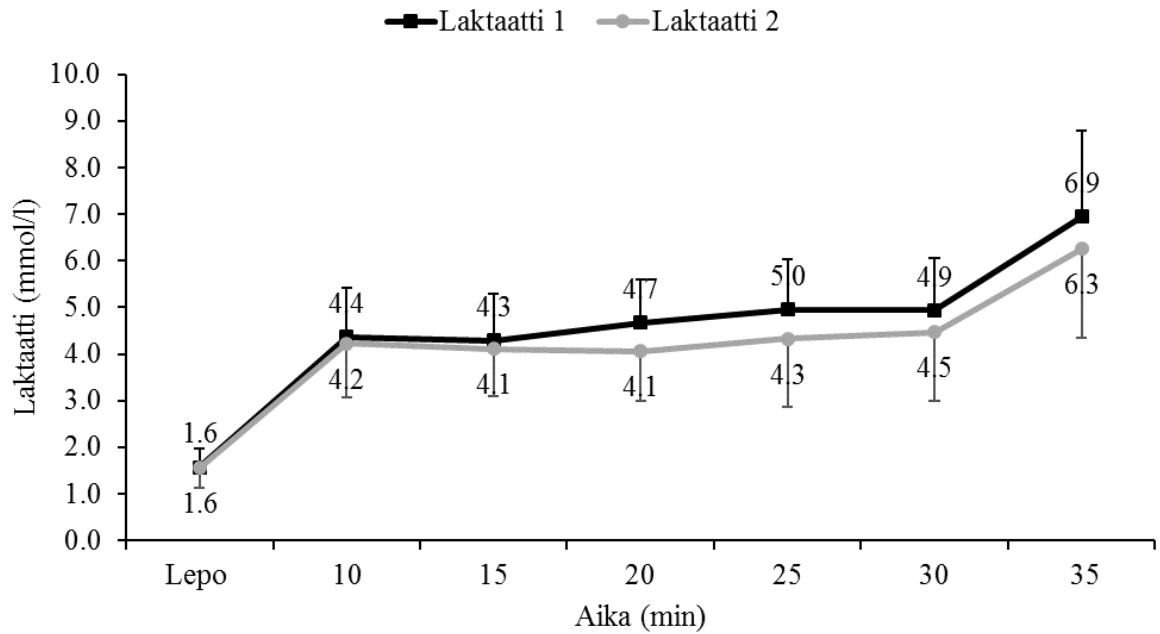
TAULUKKO 8. Maksiminopeuden perusteella tässä tutkimuksessa kuntoluokkiin jaettujen ryhmien suoran testin tiedot. v_{\max} , suoran testin maksiminopeus.

	n	Ikä	VO ₂ max	VO _{2t} max	v_{\max}
	miehet+naiset	v	ml/kg/min	ml/kg/min	km/h
Hitaammat	3 + 5 = 8	27.0 (5.7)	48.0 (5.0)	43.1 (3.2)	14.5 (0.9)
Keskitaso	4 + 4 = 8	25.1 (3.7)	50.5 (4.0)	48.6 (3.3)	16.0 (0.9)
Nopeammat	4 + 4 = 8	26.2 (5.0)	55.0 (4.3)	54.9 (5.1)	17.7 (1.4)

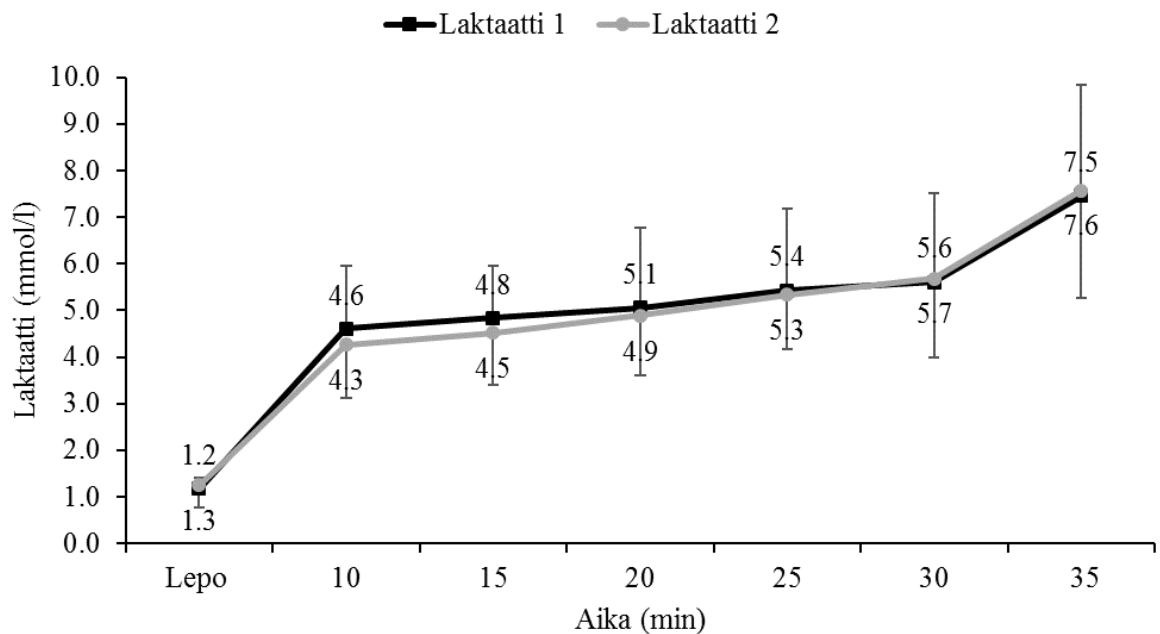
TAULUKKO 9. Antropometristen tietojen vertailu hitaampien ja nopeampien välillä.

	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m ²)
Hitaammat	172.8 (8.7)	71.6 (8.2)	24.0 (1.6)
Nopeammat	175.8 (10.3)	64.8 (10.5)	20.9 (1.4)

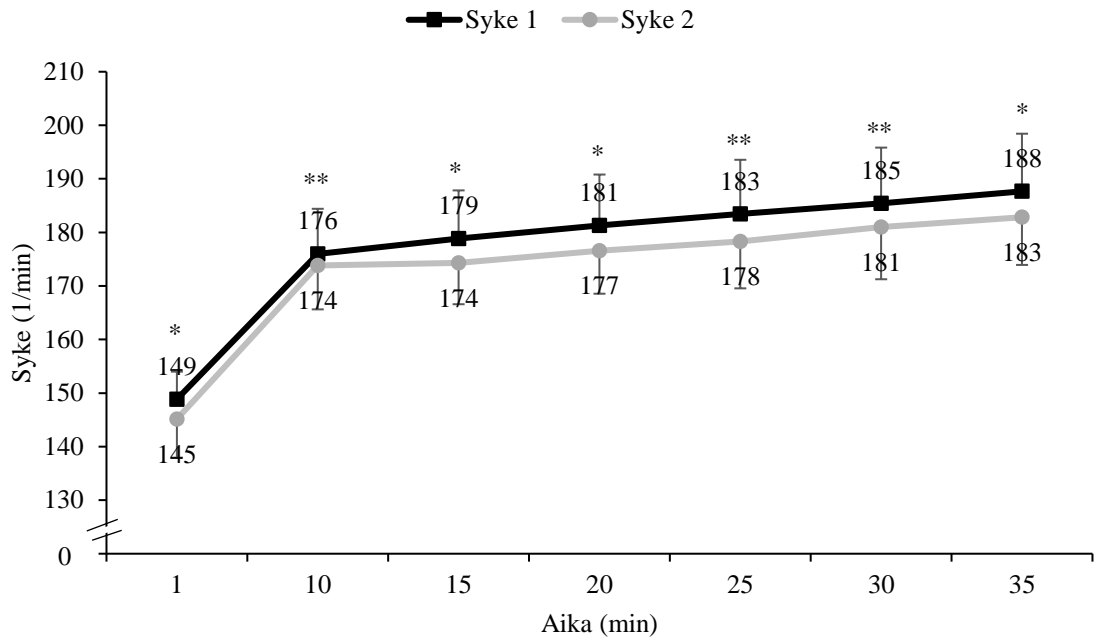
Ryhmien välillä tehtiin samanlainen vertailu laktaateilla ja sykkeillä kuin koko tutkittavien joukolle. Kuvista 10 ja 11 nähdään laktaateissa tapahtuneet muutokset kuormitusten välillä molemmilla ryhmillä. Parittaisella t-testillä mitattuna tilastollisesti merkitseviä eroja ei ollut kummallakaan ryhmällä. Kuvissa 12 ja 13 nähdään samat kuvaajat sykkeille. Hitaampien ryhmällä erot olivat kuormitusten välillä tilastollisesti merkitseviä, mutta nopeammalla ryhmällä tilastollisesti merkitseviä eroja ei ollut. Hitaammasta ryhmästä yksi tutkittava jouduttiin sivuuttamaan kuormitusten analysoinnissa varhaisen keskeyttämisen aiheuttaman vääristymän vuoksi.



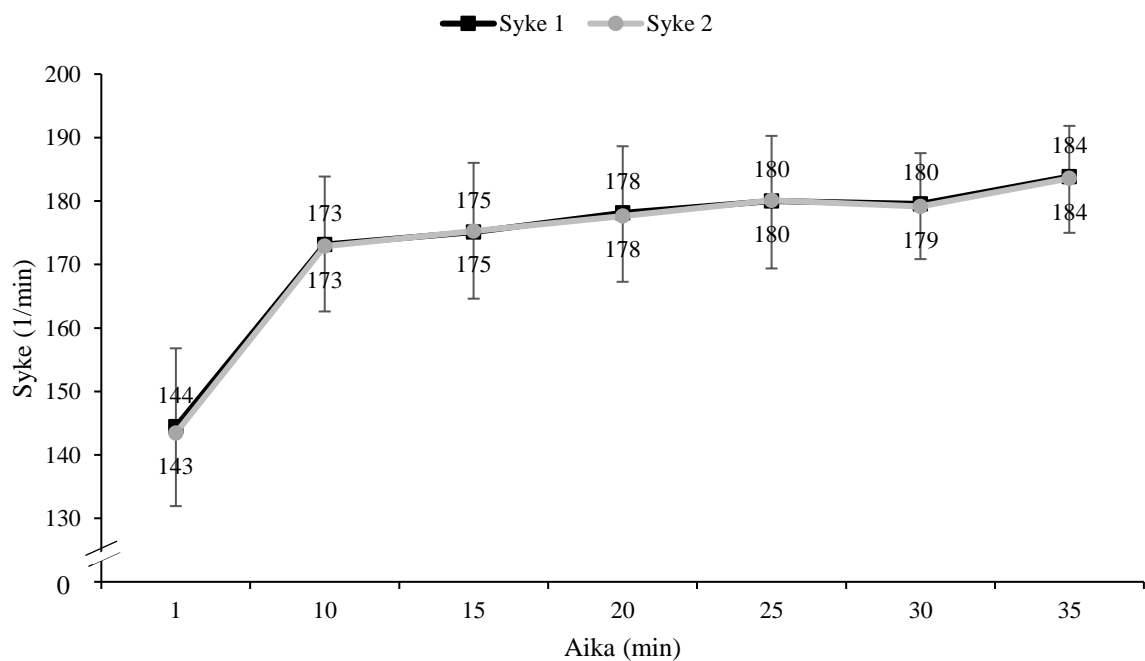
KUVA 10. Hitaamman ryhmän keskiarvoiset erot laktaateissa kuormitusten välillä. Parittaisella t-testillä eroja ei ollut. Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa viiva kuormitus 2. Tutkittavien määrät: n_{lepo} : 8, n_{10} : 7, n_{15} : 7, n_{20} : 7, n_{25} : 7, n_{30} : 7 ja n_{35} : 6.



KUVA 11. Nopeamman ryhmän keskiarvoiset erot laktaateissa kuormitusten välillä. Parittaisella t-testillä eroja ei ollut. Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa viiva kuormitus 2 (yläpuolen luvut mustalle ja alapuolen harmaalle viivalle). Tutkittavien määrät: n_{lepo} : 7, n_{10} : 8, n_{15} : 8, n_{20} : 8, n_{25} : 8, n_{30} : 7 ja n_{35} : 7.



KUVA 12. Hitaamman ryhmän keskiarvoiset erot sykkeissä kuormitusten välillä. Parittaisella t-testillä saatuja eroja on kuvattu tähtien avulla (**: $p < 0,01$ ja *: $p < 0,05$). Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa viiva kuormitus 2. Tutkittavien määrät: $n_1: 7$, $n_{10}: 7$, $n_{15}: 7$, $n_{20}: 7$, $n_{25}: 7$, $n_{30}: 7$ ja $n_{35}: 6$.



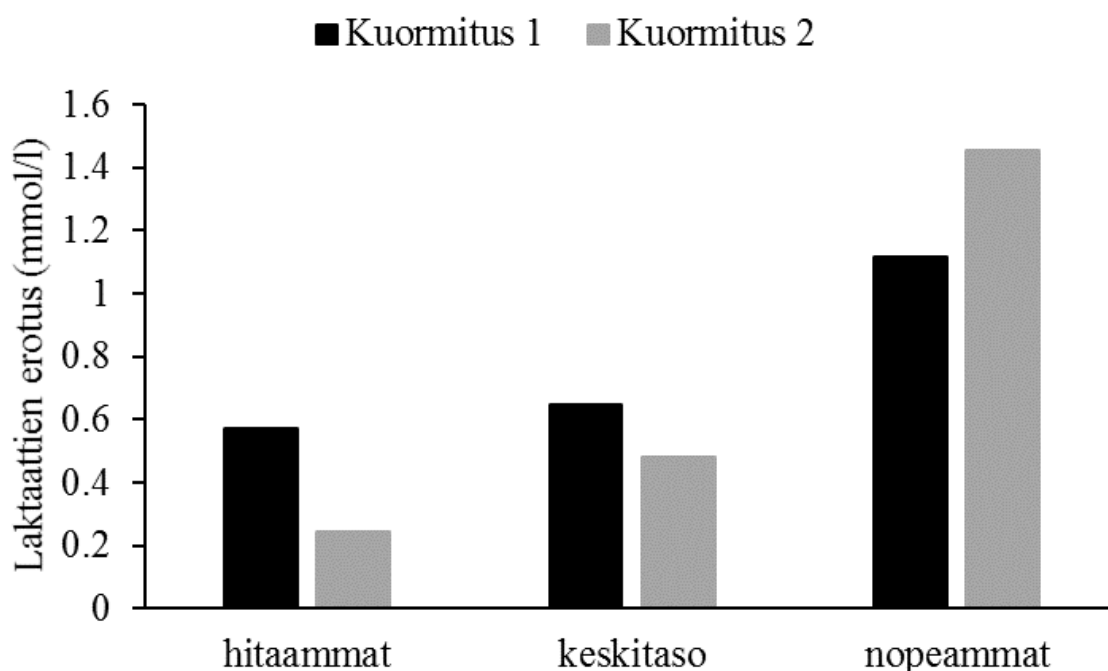
KUVA 13. Nopeamman ryhmän keskiarvoiset erot sykkeissä kuormitusten välillä. Parittaisella t-testillä eroja ei ollut. Musta viiva on kuormitus 1 ja harmaa viiva kuormitus 2. Tutkittavien määrät: $n_1: 7$, $n_{10}: 8$, $n_{15}: 8$, $n_{20}: 8$, $n_{25}: 8$, $n_{30}: 7$ ja $n_{35}: 7$.

Kun tarkastellaan kuormitustason osumista MLSS-vauhdille molemmissa kuormituksissa (taulukon 6 mukaisesti), huomataan ryhmien välillä olevan pieniä eroja. Hitaammilla 50 prosentilla (4/8) ja nopeammilla 75 prosentilla (6/8) kuormituksen tulos oli molemmilla kerroilla sama. Näin ollen puolella hitaammista tutkittavista toinen kuormitus oli yli kynnyksäraja 1 mmol/l ja toinen alle eli vaihtelua päivittäisessä suorituksessa näkyi. RPE-arvoja katsottaessa hitaammilla arvot hieman laskivat (ero -0,7) ja nopeimmilla pysyivät suhteellisen samoina (ero 0,1). Tämä tukee suurempaa vaihtelua ja suorituksen helpottumista myös henkilökohtaisen kokemuksen kautta hitaammilla. Myös variaatiokerroin näyttäisi heikoimman maksiminopeuden saavuttaneilla vaihtelevan enemmän (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Variaatiokerroimien suhteet toisiinsa (hitaampien CV/nopeampien CV).

	10 min (%)	15 min (%)	20 min (%)	25 min (%)	30 min (%)	35 min (%)
Syke	1.6	2.0	2.4	1.9	1.6	2.0
Laktaatti	1.3	1.1	1.9	2.0	1.9	3.6

Kun katsotaan kuntotason vaikutusta 30 minuutin ja 10 minuutin laktaatin erotukseen, huomataan eron käyttäytyvän eri tavoin (kuva 14). Kuitenkaan merkittävää eroa ryhmien välillä ei ole Anovan toistotestin (repeated measurements) avulla katsottuna ($F=3,016$, $p=0,073$).



KUVA 14. 30 minuutin ja 10 minuutin laktaatin erojen keskiarvot eri ryhmien välillä.

9 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa havaittiin sykkeen alenevan systemaattisesti kahden samanlaisen kestävyyskuormituksen välillä. Laktaatissa ei tapahtunut systemaattista muutosta, mutta yksilöllä laktaattitasot vaihtelivat kuormitusten välillä. Varsinkin MLSS-tason määrittämisessä käytetyn 30 ja 10 minuutin laktaatin erotuksen voidaan sanoa yksilöllä vaihtelevan suhteellisen paljon. Myös kuntotaso vaikuttaa muuttujien käyttäytymiseen sillä tavalla, että tässä tutkimuksessa hitaammilla oli enemmän vaihtelua sekä sykkeissä että laktaateissa.

9.1 Systemaattiset muutokset

Laktaatin keskiarvoissa tietyllä ajanhetkellä ei havaittu parittaisella t-testillä eroja kuormitusten välillä. Sykkeissä, vastoin hypoteesia, huomattiin tilastollisesti merkitsevää laskua (kuva 10). Varsinkin testistä määritetty ensimmäisen minuutin syke laski merkittävimmin ($p < 0,01$). Wergel-Kolmert ym. (2002) mukaan huolestuneisuus tai ahdistus testin alussa voi vaikuttaa sykkeeseen. Näin ollen ensimmäisessä kuormituksessa sykkeet saattoivat olla korkeammalla jännityksen ja testin tuntemattomuuden takia. Toisessa kuormituksessa tutkittava tiesi, millainen kuormitus tulee olemaan, joten voidaan olettaa tottumista tapahtuneen. Myös testin keskimääräisissä sykkeissä huomattiin tilastollisesti merkitsevää laskua, joten sekin tukee oppimisvaikutuksen esiintymistä tutkimuksessa.

Keskimääräisessä suorituskyvyn vaihtelussa Hopkins ym. (1999) ja Hopkins (2000) ovat myös kuvanneet oppimiseffektin olevan tärkein vaikuttava tekijä. He sanovatkin, että se pitäisi saada mahdollisimman pieneksi toistettavuustesteissä testiin tutustuttamisen kautta tai mahdollisimman yksinkertaisella testillä. Tässä tutkimuksessa tutkittavilla oli mahdollisuus halutessaan tulla tutustumaan juoksumatolla juoksuun, mutta vain muutama koki sen tarpeelliseksi. Testin suorittaminen oli sinänsä yksinkertaista, mutta monet eivät olleet koskaan tai ainakaan pitkään aikaan juosseet kyseisen tyyppistä kovavauhtista suoritusta. Täten ensimmäinen suoritus saattoi olla jännittävä tilanne ja pieni shokki keholle.

Näin jälkikäteen voisi ajatella, että tasavauhtisia testisuorituksia olisi kannattanut tehdä ainakin kolme, joista ensimmäinen olisi ollut harjoittelu ja vertailu olisi tehty jälkimmäisten kuormitusten välillä. Tällä tavalla olisi voitu saada erilaisia tuloksia. Myös esimerkiksi Grant ym. (2002) ja Gavin ym. (2014) käyttivät tutkimuksessaan yhtä harjoittelukuormitusta toimivasti.

9.2 Yksilöllä tapahtuva vaihtelu

Variaatiokerrointa on monissa tutkimuksissa käytetty kuvaamaan yksilön sisäistä vaihtelua laktaattitasoissa (Hopkins 2000). Laktaatin variaatiokerroimet ovat olleet pääosin korkeampia kuin sykkeellä (Hauser ym. 2013). Sykkeen variaatiokerroin oli 10 minuutista 35 minuuttiin 1,26 (1,02) prosenttia ja laktaatilla 11,1 (10,1) prosenttia. Näin ollen tutkimus tukee aiempia tuloksia. Glykogeenivarastojen suuruuden on todettu olevan yksi laktaattipitoisuuden vaihteluun vaikuttava tekijä (Hauser ym. 2013). Näin ollen tutkittavien ruokavaliota olisi voitu kontrolloida tarkemmin, jotta ruokavalion muutoksista aiheutuvat laktaattipitoisuuden heittelyt voitaisiin minimoida. Tutkittavia kuitenkin ohjeistettiin syömään normaalisti koko tutkimuksen ajan, mutta sen tarkempaa kontrollia ei pidetty. Näin ollen ohjeistus ei välttämättä ole toteutunut kaikilla tutkittavilla, jolloin toistettavuus on voinut heikentyä. Hopkins ym. (1999) suosittelee myös ruokavalion sekä aiemman harjoittelun tarkistamista toistettavuustutkimuksissa.

Tutkimuksessa oli myös tarkoitus katsoa kuormitusvauhdin osumista MLSS-vauhdille. Määrittäminen tehtiin kahdella eri tavalla (taulukot 6 ja 7), koska laktaattien erotukselle ei ole määritetty selkeää alarajaa. Näin ollen taulukossa 6 ei huomioitu laktaatin laskemista kuormituksen aikana vaan laskettiin kaikki alle 1 mmol/l erotukset kuuluvaksi MLSS-vauhdille. Taulukossa 7 negatiiviset erotukset määritettiin kuuluvaksi MLSS-vauhdin alapuolelle ja 0–1 mmol/l erotukset olivat MLSS-vauhdilla. Huomataan kuormitusten eronneen näin vielä enemmän. Taulukon 6 mukaan kuormitus erosi 29,2 prosentilla tutkittavista ja taulukon 7 mukaan jopa 50 prosentilla. Molemmista taulukoista huomataan erojen tapahtuneen usein niin, että ensimmäisessä kuormituksessa laktaattien erotuksen mukaan vauhti olisi ollut yli MLSS, mutta toisessa kuormituksessa erotuksen mukaan vauhti olikin MLSS. Tämäkin kertoo luultavasti kuormitukseen totuttamisesta ja testin suorittamisen oppimisesta. Näin ollen vähintään kolme mittauskertaa olisi ollut suotavaa.

9.3 Kuntotason vaikutus toistettavuuteen

Kuntotason vaikutus tuloksiin näkyi sekä systemaattisissa muutoksissa että yksilön sisäisessä vaihtelussa. Pääasiallisesti suorassa testissä heikomman maksiminopeuden saavuttaneilla (tässä tutkimuksessa hitaammat) suorituksessa näkyi enemmän vaihtelua kahden kuormituskerran välillä. Parittaisella t-testillä näkyi eroja ainoastaan hitaampien sykkeiden osalta (kuva 12). Variatiokertoimien suhteet hitaampien ja nopeampien välillä noudattavat aikaisempien tutkimusten (Hopkins & Hewson 2001; Spencer ym. 2014) tuloksia ollen 1,1–3,6 sykkeen ja laktaatin osalta.

Bingisser ym. (1997) ja Hopkins ja Hewson (2001) totesivat, että heikompikuntoisten suurempi suorituskyvyn vaihtelu voi johtua tottumattomuudesta koviin suorituksiin. Myös motivaatiolla saattaa olla osuutensa suorittaa kovatehoinen harjoitus (Hopkins & Hewson 2001; Gavin ym. 2014; Spencer ym. 2014). Parempikuntoisilla (tässä tutkimuksessa nopeammat) rutiini ja kovat suoritukset ovat tutumpia ja keho osaa työskennellä paremmin. Myös juoksumatolla juoksu saattoi vaikuttaa toistettavuuteen, koska monet eivät olleet kokeneita juoksijoita. Luultavasti myös ravinnossa on enemmän vaihtelua hitaammilla, koska nopeampien vahvempi kilpailijastatus säännöllistää varmasti myös heidän ruokavaliotaan suorituskyvyn optimoinnin takia.

Kuntotason vaikutuksen tarkastelussa jakoperuste voi vaikuttaa tuloksien vertailuun. Jako tehtiin suoran maksimitestin maksiminopeuden perusteella siten, että sukupuolille tehtiin jako erikseen, jonka jälkeen yhdistettiin miesten ja naisten ryhmät. Tutkittavien valinnassa olisi jo pitänyt ottaa huomioon kuntotaso siten, että ryhmiin olisi saatu vielä isommat erot ja parhaimpaan eli nopeampien ryhmään tarpeeksi hyviä tutkittavia. Nyt parhaimpien osalta maksiminopeus jäi vielä kuitenkin suhteellisen matalaksi. Tässä tutkimuksessa heikompikuntoisiksi ajatellaan hitaampien ryhmää, mutta hekin olivat kuitenkin kestävyysharjoittelijoita, joten nopeudet väestötasolla ajateltuna olivat hyvällä tasolla. Toisaalta, jo näilläkin ryhmien eroavaisuuksilla muuttujien käyttäytymisessä nähtiin eroja. Voidaankin olettaa, että vielä enemmän ääripäistä olevat ryhmät olisivat vain korostaneet eroja entisestään.

9.4 Tuloksiin vaikuttavia yleisiä tekijöitä

Tässä tutkimuksessa osoittautui, että kuormitustaso vaihteli tutkittavien välillä, vaikka tarkoitus oli juosta anaerobisella kynnyksellä. Kuitenkin kynnyksen määrittäminen tehtiin tietokoneella ilman testaajan subjektiivista näkemystä. Näin ollen joillekin kuormitus oli hyvin paljon raskaampi kuin toisille ja tämä näkyi myös selkeästi laktaatin jatkuvana nousemisena kuormituksen aikana. Toisaalta se oli myös hyvä asia, koska pystyttiin myös vertailemaan kynnysvauhdin oikeellisuutta molemmissa kuormituksissa.

Laktaatinottaja ei ollut kokenut ja varsinkin tutkimuksen alussa saattoi tulla yksittäisiä virheitä laktaatinäytteisiin. Tämän ei kuitenkaan uskota vaikuttavan toistettavuus arviointiin, koska kuormituksen aikana tuli paljon näytteitä ja mahdolliset selkeät virheet olisi ollut suhteellisen helppo havaita.

Uudestaan kyseinen tutkimus olisi mielenkiintoista suorittaa hengityskaasujen kanssa. Nyt tutkimuksessa ei mitattu hengityskaasuja kuin suorassa testissä, joten hapenkulutuksen ja hiilidioksidin tuoton käyttäytymisestä testien aikana ei voida sanoa mitään. Tämä toisi kuitenkin lisää lisäarvoa ja lisää vertailtavia muuttujia. Näin ollen esimerkiksi sykkeen ja hapenkulutuksen välillä voitaisiin tehdä vertailua ja katsoa, käyttäytyvätkö ne samalla tavalla yksilöillä eri kuormituksissa. Tällöin tutkimus tulisi luotettavammaksi.

9.5 Käytännön sovellukset

Tutkimuksesta huomattiin, että testien välillä voi olla vaihtelua suorituskyvyssä ja mitattavissa muuttujissa. Tämä täytyy ottaa huomioon urheilijan ja varsinkin kuntoilijan suorituskyvyn arvioinnissa. Testituloksia tulkittaessa täytyy huomioida testattavan oma tuntemus päivän kunnosta, sillä suoritustason vaihtelu voi vaikuttaa tuloksiin. Varsinkin silloin, jos testattava on ensimmäistä kertaa kyseisessä testissä, suorituskyvyn vaihtelu voi olla suurta.

LÄHTEET

- Aagaard, P. & Andersen, J. L. 2010. Effects of Strength Training on Endurance Capacity in Top-Level Endurance Athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2), 39–47. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01197.x.
- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R. & Kilding, A. E. 2013. Effects of Different Uphill Interval-Training Programs on Running Economy and Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (6), 639–647.
- Barnes, K. R. & Kilding, A. E. 2015. Strategies to Improve Running Economy. *Sports Medicine* 45 (1), 37–56.
- Baron, B., Noakes, T. D., Deckerle, J., Moullan, F., Robin, S., Matran, R. & Pelayo, P. 2008. Why Does Exercise Terminate at the Maximal Lactate Steady State Intensity? *British Journal of Sports Medicine* 42 (10), 828–833.
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting Factors for Maximum Oxygen Uptake and Determinants of Endurance Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (1), 70–84.
- Beneke, R., Hütler, M. & Leithäuser, R. M. 2000. Maximal Lactate-Steady-State Independent of Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (6), 1135–1139.
- Beneke, R. 2003a. Maximal Lactate Steady State Concentration (MLSS): Experimental and Modelling Approaches. *European Journal of Applied Physiology* 88 (4-5), 361–369. DOI: 10.1007/s00421-002-0713-2.
- Beneke, R. 2003b. Methodological Aspects of Maximal Lactate Steady State – Implications for Performance Testing. *European Journal of Applied Physiology* 89, 95–99. DOI: 10.1007/s00421-002-0783-1.
- Beneke, R. & Duvillard, S. P. von. 1996. Determination of Maximal Lactate Steady State Response in Selected Sports Events. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28 (2), 241–246.
- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztejn, J-P. & Mercier, J. 2003. The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Medicine* 33 (6), 407–426.
- Bingisser, R., Kaplan, V., Scherer, T., Russi, E. W. & Bloch, K. E. 1997. Effect of Training on Repeatability of Cardiopulmonary Exercise Performance in Normal Men and Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (11), 1499–1504.

- Bishop, D., Jenkins, D. G. & Mackinnon, L. T. 1998. The Relationship Between Plasma Lactate Parameters, W_{peak} and 1-h Cycling Performance in Woman. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (8), 1270–1275.
- Bosquet, L., Léger, L. & Legros, P. 2002. Methods to Determine Aerobic Performance. *Sports Medicine* 32 (11), 675–700. DOI: 10.2165/00007256-200232110-00002.
- Chalmers, S., Esterman, A., Eston, R. & Norton, K. 2015. Standardization of the D_{max} Method for Calculating the Second Lactate Threshold. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 10 (7), 921–926. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0537.
- Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F. & Beltz, J. D. 1992. Cycling Efficiency Is Related to the Percentage of Type I Muscle Fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24 (7), 782–788.
- Czuba, M., Zając, A., Cholewa, J., Poprzęcki, S., Waskiewicz, Z. & Mikołajec, K. 2009. Lactate Threshold (D-Max Method) and Maximal Lactate Steady State in Cyclists. *Journal of Human Kinetics* 21, 49–56.
- De Souza Silveira, R., Carlsohn, A., Langen, G., Mayer, F. & Scharhag-Rosenberger, F. 2016. Reliability and Day-to-day Variability of Peak Fat Oxidation During Treadmill Ergometry. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 13 (4), 1-7. DOI: 10.1186/s12970-016-0115-1.
- Dittrich, N., de Lucas, R. D., Beneke, R. & Guglielmo, L. G. A. 2014. Time to Exhaustion at Continuous and Intermittent Maximal Lactate Steady State During Running Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9 (5), 772–776. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0403.
- Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. 2009. Lactate Threshold Concepts – How Valid Are They? Review. *Sports Medicine* 39 (6), 469–490.
- Ferley, D. D., Osborn, R. W. & Vukovich, M. D. 2014. The Effect of Incline and Level-Grade High-Intensity Interval Treadmill Training on Running Economy and Muscle Power in Well-Trained Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (5), 1298–1309.
- Fontana, P., Boutellier, U. & Knöpfli-Lenzin, C. 2009. Time to Exhaustion at Maximal Lactate Steady State Is Similar for Cycling and Running in Moderately Trained Subjects. *European Journal of Applied Physiology* 107 (2), 187–192.
- García-Pinillos, F., Cámara-Pérez, J. C., Soto-Hermoso, V. M. & Latorre-Román, P. Á. 2017. A High Intensity Interval Training (HIIT) – Based Running Plan Improves Athletic

- Performance by Improving Muscle Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (1), 146–153.
- Gavin, J. P., Willems, M. E. T. & Myers, S. D. 2014. Reproducibility of Lactate Markers During 4 and 8 min Stage Incremental Running: A Pilot Study. *Journal of Science and Medicine in Sport* 17 (6), 635–639. DOI: 10.1016/j.jsams.2013.08.006.
- Grant, S., McMillan, K., Newell, J., Wood, L., Keatley, S., Sipmson, D., Leslie, K. & Fairlie-Clark, S. 2002. Reproducibility of the Blood Lactate Threshold, 4 mmol·l⁻¹ Marker, Heart Rate and Ratings of Perceived Exertion During Incremental Treadmill Exercise in Humans. *European Journal of Applied Physiology* 87 (2), 159–166. DOI: 10.1007/s00421-002-0608-2.
- Greco, C. C., Caritá, R. A. C., Dekerle, J. & Denadai, B. S. 2012. Effect of Aerobic Training Status on Both Maximal Lactate Steady State and Critical Power. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 37 (4), 736–743. DOI: 10.1139/h2012-047.
- Hauser, T., Bartsch, L., Baumgärtel, H. & Schulz, H. 2013. Reliability of Maximal Lactate-Steady-State. *International Journal of Sports Medicine* 34 (3), 196–199. DOI: 10.1055/s-0032-1321719.
- Hauser, T., Adam, J. & Schulz, H. 2014. Comparison of Selected Lactate Threshold Parameters with Maximal Lactate Steady State in Cycling. *International Journal of Sports Medicine* 35 (6), 517–521.
- Hébert-Losier, K., Platt, S. & Hopkins, W. G. 2015. Sources of Variability in Performance Times at the World Orienteering Championships. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 47 (7), 1523–1530. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000558.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R. & Hollmann, W. 1985. Justification of the 4 mmol/l Lactate Threshold. *International Journal of Sports Medicine* 6 (3), 117–130.
- Hoefelmann, C. P., Diefenthaler, F., Costa, V. P., Lucas, R. D. de., Shambrook, P. & Guglielmo, L. G. A. 2014. Test-retest reliability of second lactate turnpoint using two different criteria in competitive cyclists. *European Journal of Sport Science* 15 (4), 265–270. DOI: 10.1080/17461391.2014.944874.
- Hopkins, W. G. 2000. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine* 30 (1), 1–15.
- Hopkins, W. G., Hawley, J. A. & Burke, L. M. 1999. Design and Analysis of Research on Sport Performance Enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 (3), 472–485.

- Hopkins, W. G. & Hewson, D. J. 2001. Variability of Competitive Performance of Distance Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (9), 1588–1592.
- Horowitz, J. F., Sidossis, L. S. & Coyle, E. F. 1994. High Efficiency of Type I muscle Fibers Improves Performance. *International Journal of Sports Medicine* 15 (3), 152–157.
- Janeba, M., Yaeger, D., White, R. & Stavrianeas, S. 2010. The Dmax Method Does Not Produce a Valid Estimate of the Lactate Threshold. *Journal of Exercise Physiology online* 13 (4), 50–57.
- Jeukendrup, A., Saris, W. H. M., Brouns, F. & Kester, A. D. M. 1996. A New Validated Endurance Performance Test. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28 (2), 266–270. DOI: 10.1097/00005768-199602000-00017.
- Jones, A. M. & Carter, H. 2000. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine* 29 (6), 373–386.
- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. 2008. Endurance Exercise Performance: The Physiology of Champions. *The Journal of Physiology* 586 (1), 35–44.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. 2012. *Physiology of Sports and Exercise*. 5. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Khosla, T. & Billewicz, W. Z. 1964. Measurement of Change in Body-Weight. *The British Journal of Nutrition* 18, 227–239.
- Lamberts, R. P. & Lambert, M. I. 2009. Day-to-day Variation in Heart Rate at Different Levels of Submaximal Exertion: Implications for Monitoring Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (3), 1005–1010. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a2dcdc.
- Lamberts, R. P., Lemmink, K. A. P. M., Durandt, J. J. & Lambert, M. I. 2004. Variation in Heart Rate During Submaximal Exercise: Implications for Monitoring Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3), 641–645. DOI: 10.1519/1533-4287(2004)18<641:VIHRDS>2.0.CO;2.
- Laplaud, D. & Menier, R. 2003. Reproducibility of the Instant of Equality of Pulmonary Gas Exchange and Its Physiological Significance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 43 (4), 437–443.
- Leti, T., Mendelson, M., Laplaud, D. & Flore, P. 2012. Prediction of Maximal Lactate Steady State in Runners with an Incremental Test on the Field. *Journal of Sports Sciences* 30 (6), 609–616.
- Marshall, F., Ferger, K. & Mueller, H. 2014. Biological Variability in Submaximal Parameters of Performance and Strain. *Journal of Exercise Physiology online* 17 (4), 102–112.

- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2015. Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance. 8. painos (international). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R. & Jones, A. M. 2007. Training to Enhance the Physiological Determinants of Long-Distance Running Performance. Review. Sports Medicine 37 (10), 857–880.
- Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K. & Nummela, A. 2011. Effect of Resistance Training Regimens on Treadmill Running and Neuromuscular Performance in Recreational Endurance Runners. Journal of Sports Sciences 29 (13), 1359–1371.
- Moore, I. S. 2016. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. Sports Medicine 46 (6), 793–807.
- Morgan, D. W., Bransford, D. R., Costill, D. L., Daniels, J. T., Howley, E. T. & Krahenbuhl, G. S. 1995. Variation in the Aerobic Demand of Running among Trained and Untrained Subjects. Medicine and Science in Sports and Exercise 27 (3), 404–409.
- Nummela, A. 2010a. Kestävyyssuorituskykyä selittävät tekijät. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 161, 51–59.
- Nummela, A. 2010b. Aerobisen kestävyuden suorat mittausmenetelmät. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 161, 64–78.
- Nummela, A. 2010c. Kuormitus- ja mittalaitteet. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 161, 59–64.
- Nummela, A. 2015. KLab -suora maksimitesti. Luento. LBIA024 Testaaminen urheiluvuorokauden ja kuntoilussa. Jyväskylä yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Nummela, A. & Hynynen, E. 2017. Suullinen tiedonanto. 30.3.2017, Jyväskylä.
- Nummela, A., Keränen, T. & Mikkelsen, L. O. 2007a. Factors Related to Top Running Speed and Economy. International Journal of Sports Medicine 28 (8), 655–661.
- Nummela, A., Keskinen, K. L. & Vuorimaa, T. 2007b. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. L. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvuorokauden ja kuntoilussa. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 333–363.

- 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 (5), 1527–1533.
- Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E. & Mora-Rodriguez, R. 2016. Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PLoS ONE (Public Library of Science)* 11 (9), e0163389. DOI: 10.1371/journal.pone.0163389.
- Pate, R. R. & Branch, J. H. 1992. Training for Endurance Sport. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 24 (9), 340–343. DOI: 10.1249/00005768-199209001-00007.
- Pyne, D. B. & Saunders, P. U. 2012. Testing and Assessing Adaptation to Endurance Training. Teoksessa I. Mujika (toim.) *Endurance Training: Science and Practice*. Basque Country: Iñigo Mujika S. L. U., 183–190.
- Rønnestad, B. R. & Mujika, I. 2014. Optimizing Strength Training for Running and Cycling Endurance Performance: A Review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 24 (4), 603–612. DOI: 10.1111/sms.12104.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M. & Söderlund, K. 1998. Energy Supply and Muscle Fatigue in Humans. *Acta Physiologica Scandinavica* 162 (3), 261–266.
- Smekal, G., Duvillard, S. P. von., Pokan, R., Hofmann, P., Braun, W. A., Arciero, P. J., Tschann, H., Wonisch, M., Baron, R. & Bachl, N. 2012. Blood Lactate Concentration at the Maximal Lactate Steady State Is Not Dependent on Endurance Capacity in Healthy Recreationally Trained Individuals. Original article. *European Journal of Applied Physiology* 112 (8), 3079–3086. DOI: 10.1007/s00421-011-2283-7.
- Spencer, M., Losnegard, T., Hallén, J. & Hopkins, W. G. 2014. Variability and Predictability of Performance Times of Elite Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 9 (1), 5–11.
- Stewart, A. M. & Hopkins, W. G. 2000. Consistency of Swimming Performance Within and Between Competitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (5), 997–1001.
- 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. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (3), 689–699. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182a16d73.
- Turner, A. M., Owings, M. & Schwane, J. A. 2003. Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17 (1), 60–67.

- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B. & Kindermann, W. 1993. Individual Anaerobic Threshold and Maximum Lactate Steady State. *International Journal of Sports Medicine* 14 (3), 134–139.
- Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J. & Häkkinen, K. 2016. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48 (7), 1347–1354.
- Wergel-Kolmert, U., Wisén, A. & Wohlfart, B. 2002. Repeatability of Measurements of Oxygen Consumption, Heart Rate and Borg's Scale in Men during Ergometer Cycling. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 22 (4), 261–265.

LIITE 1. Jokaisen tutkittavan täyttämä terveystietolomake.



ESITIELOMAKE

Nimi: _____ Synt.aika: _____

Oireet viimeisen 6 kk aikana:	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
1. Onko sinulla ollut rintakipuja?			
2. Onko sinulla ollut rasitukseen liittyvää hengenahdistusta?			
3. Onko sinulla ollut huimausoireita?			
4. Onko sinulla ollut rytmihäiriötuntemuksia?			
5. Onko sinulla ollut harjoittelua estäviä kipuja liikuntaelimissä? Missä?			
6. Oletko tuntenut ylikuormitus- tai stressioireita?			

Todetut sairaudet: Onko sinulla tai onko sinulla ollut jokin/joitakin seuraavista? (ympyröi)

01 sepelvaltimotauti	02 sydäninfarkti	03 kohonnut verenpaine	04 sydänlappävika
05 aivohalvaus	06 aivoverenkierron häiriö	07 sydämen rytmihäiriö	08 sydämentahdistin
09 sydänlihassairaus	10 syvä laskimotukos	11 muu verisuonisairaus	12 krooninen bronkiitti
13 keuhkolaajentuma	14 astma	15 muu keuhkosairaus	16 allergia
17 kilpirauhasen toimintahäiriö	18 diabetes	19 anemia	20 korkea veren kolesteroli
21 nivelreuma	22 nivelrikko, -kuluma	23 krooninen selkäsairaus	24 mahahaava
25 pallea-, nivus- tai napatyrä	26 ruokatorven tulehdus	27 kasvain tai syöpä	28 leikkaus äskettäin
29 mielenterveyden ongelma	30 tapaturma äskettäin	31 matala veren K tai Mg	32 kohonnut silmänpaine
33 näön tai kuulon heikkous	34 urheiluvamma äskettäin		

muita sairauksia tai oireita, mitä: _____

Lääkitys: Käytätkö jotain lääkitystä tai lääkeainetta säännöllisesti tai usein? 1 En 2 Kyllä, mitä: _____

Tupakoitko? 1 En 2 Kyllä

Raskaus/synnytykset: 1 Olen raskaana, raskausviikko _____ 2 Olen synnyttänyt _____ kk / v sitten

Kuumetta, flunssaista oloa tai muuten poikkeavaa väsymystä viimeisen kahden viikon aikana: 1 Ei 2 Kyllä

Kauanko on kulunut aikaa viimeisestä ateriasta _____ h, viimeisestä kofeiinipitoisesta juomasta (kahvi, tee, energia- tai kolajuoma) _____ h, viimeisestä alkoholijuomasta _____ h / vrk

Kahden edeltävän päivän harjoitukset:

Eilisen päivän harjoitus: _____

Edellisen päivän harjoitus: _____

Onko lähisuvussasi ennenaikaiseen kuolemaan johtaneita sydänsairauksia? 1 Ei 2 Kyllä

Lähisukulainen? _____ Minkä ikäisenä? _____

Onko todeksi synnynnäinen sydänvika? _____

Olen vastannut kysymyksiin rehellisesti parhaan tietämykseni mukaan

Päivä _____ Allekirjoitus _____

Harjoitusten kuormittavuuden arviointi

Maksimaalinen kuviteltavissa oleva	10+
Erittäin paljon	10
	9
Hyvin paljon	8
	7
	6
Paljon	5
	4
Kohtuullisesti	3
Vähän	2
Melko vähän	1
Erittäin vähän	0.5
Ei ollenkaan	0