

**LYHYIDEN JA PITKIEN INTERVALLIEN HARJOITTELUN VAIKUTUS
KESTÄVYYSJUOKSU SUORITUKSEEN, ANAEROBISEEN SUORITUSKYKYYN
JA HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN VASTEISIIN**

Jere Vikström

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2021

Työnohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Vikström, Jere (2021) Lyhyiden ja pitkien intervallien vaikutus kestävyysjuoksu suoritukseen, anaerobiseen suorituskykyyn ja hermolihasjärjestelmän vasteisiin. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 61 s, 2 Liitettä.

Intervalliharjoittelu on havaittu tehokkaaksi ja käytännölliseksi harjoitusmenetelmäksi kehittää kestävyysuorituskykyä niin kuntoilijoiden kuin kilpaurheilijoiden parissa. Intervalliharjoittelussa lyhyiden työskentelyjaksojen ja sarjojen välisten palautusten ansiosta pystytään harjoittelemaan suurella intensiteetillä, minkä johdosta urheilijan taloudellisuus entistä suuremmilla nopeuksilla paranee. Intervalliharjoittelulla pyritään kehittämään sydän- ja hengityselimistön toimintaa sekä fyysistä suorituskykyä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vertailla lyhyiden ja pitkien intervallien vaikutuksia kestävyysjuoksu suoritukseen, anaerobiseen suorituskykyyn sekä hermolihasjärjestelmän toimintaan.

Tutkittavat olivat 20-38-vuotiaita kestävyysharjoittelijoita miehiä ja naisia, jotka jaettiin ensimmäisen testiviikon jälkeen kahteen eri ryhmään, lyhyisiin intervaleihin (SI, n=5) ja pitkiin intervaleihin (LI, n=5). Tutkimuksessa suoritettiin neljän viikon harjoitusjakso, jonka aikana suoritettiin yhteensä 10 intervalliharjoitusta. Harjoittelujakson aikana harjoittelu sisälsi ainoastaan joko lyhyitä intervaleja ($3 \times 10 \times 30$ s $90-95\% V_{max}$) tai pitkiä intervaleja (4×4 min $80-85\% V_{max}$). Tutkimuksen mittaukset sisälsivät MART-testin (maksimaalinen anaerobinen juoksutesti), maksimaalisen hapenottokyvyn testin sekä 20 metrin nopeustestin ennen harjoittelujaksoa ja sen jälkeen.

Intervalliharjoittelun seurauksena LI-ryhmä paransi harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi maksimaalista hapenottokykyä (VO_{2max}) (45.5 ± 4.4 vs. 48.0 ± 5.0 ml/kg/min, $p=0.043$) MART-testin maksiminopeutta (V_{MART}) (20.3 ± 1.4 vs. 21.1 ± 2.2 km/h, $p=0.042$), MART-testin 12.7 km/h palautussykettä (153 ± 18 vs. 146 ± 18 bpm, $p=0.043$) sekä esikevennyshypyn nousukorkeutta (CMJ_{pre}) (27.7 ± 10.5 vs. 29.0 ± 11.2 cm, $p=0.043$). SI-ryhmän tuloksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos MART-testin 17.1 km/h kuorman palautussykkeessä (HR_{pal}) 132 ± 19 & 117 ± 31 bpm, $p=0.042$) sekä post 0 esikevennyshypyissä ($CMJ_{post}^{(0)}$) (32.8 ± 5.2 vs. 31.2 ± 4.9 cm, $p=0.042$). Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välisessä vertailussa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella LI-menetelmällä tehty intervalliharjoittelu kehitti maksimaalista hapenottokykyä, anaerobista suorituskykyä sekä räjähtävää voimantuottoa. LI-ryhmällä havaittiin, että harjoitusjakson aikana kehittynyt V_{MART} on yhteydessä parantuneeseen suoran testin suorituskykyyn. LI-menetelmällä kehittyneet ominaisuudet ovat kestävyysjuoksu suorituksen kannalta oleellisia, mutta suorituskyvyn maksimoimiseksi intervalliharjoittelun tulisi kuitenkin sisältää myös SI-menetelmän tapaisia lyhyitä intervaleja, joilla pystytään kehittämään juoksijan taloudellisuutta entistä suuremmilla nopeuksilla, mikä vaikuttaa positiivisesti kestävyysjuoksun lopputuloksen kannalta tärkeisiin irtiotto- ja loppukirikykyyn.

Asiasanat: Kestävyysharjoittelu, Intervalliharjoittelu, VO_{2max} , Juoksun taloudellisuus

ABSTRACT

Vikström, Jere. 2021. The effect of short and long interval training to endurance running performance, anaerobic performance and neuromuscular adaptations. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 61 pp., 2 appendices.

Interval training has been found to be an effective and practical training method to develop endurance performance in both amateurs and athletes. Short work cycles and short resting periods between sets gives possibility to train higher intensity than in continuous training. Interval training improves athlete's physical performance which includes economy in higher speeds and cardiovascular and respiratory function as well. The purpose of this study is to compare the effects of short and long intervals to endurance running performance, anaerobic performance, and neuromuscular adaptations.

The subjects were 20-38 years old endurance trained men and women. Subjects were divided into two different groups (short intervals (SI, n=5) and long intervals (LI, n=5)) after first test week. The study included a four-week training period during which a total of 10 interval exercises were performed. During the training period, the training included only either short intervals (3 * 10 * 30 s 90–95% / V_{max}) or long intervals (4 * 4min 80–85% / V_{max}). Measurements in the study included the MART test (maximum anaerobic running test), a maximum oxygen uptake test, and a 20-meter speed test before and after the training period.

As a result of the interval training, the LI group improved statistically significantly the VO_{2max} ml/kg/min (45.5 ± 4.4 vs. 48.0 ± 5.0 ml/kg/min, $p = 0.043$), V_{MART} (20.3 ± 1.4 vs. 21.1 ± 2.2), $p = 0.042$), CMJ_{pre} (27.7 ± 10.5 vs. 29 ± 11.2 , $p = 0.043$) and MART 12.7 km / h recovery heart rate (153 ± 18.1 vs. 145.8 ± 17.6 , $p=0.043$). A statistically significant change was observed in the SI group MART 17.1 km / h recovery heart rate (HR_{pal}) (132 ± 19 vs. 117 ± 31 , $p=0.042$) and CMJ_{post}^0 (32.8 ± 5.2 vs. 31.2 ± 4.9 , $p = 0.042$). The study did not find statistically significant differences between groups.

Based on the results of this study, interval exercises performed by the LI method develop maximal oxygen uptake, anaerobic performance, and explosive power output. In the LI group, it was found that developed V_{MART} during the training period is associated with improved VO_{2max} test performance. The features developed with the LI method are essential for endurance running performance, but in order to maximize performance, interval training should also include short intervals such as the SI method to develop runner's economy at higher speeds, which has a positive effect on sprinting ability at the end of the race.

Key words: Endurance training, Interval training, VO_{2max} , Running economy

KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
BPM	sydämenlyöntiä minuutissa
HIIT	korkeaintensiteettinen intervalliharjoittelu
HR	syke
KP	kreatiinifosfaatti
LA	laktaatti
MART	maksimaalinen anaerobinen juoksutesti
PRE	lähtötasontesti
pre	ennen MART-testiä tapahtuva mittaus
POST	harjoitusjakson jälkeinen testi
post	MART-testin jälkeen tapahtuva mittaus
RPE	Fyysistä rasitusta kuvaava asteikko
VO _{2max}	maksimaalinen hapenottokyky
V _{max}	maksimaalisen hapenottokyvyn testin maksiminopeus
V _{MART}	MART-testin maksiminopeus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO.....	1
2. KESTÄVYYSSUORITUSKYKY	2
2.1 Submaksimaalinen kestävyys.....	3
2.2 Maksimaalinen hapenottokyky.....	4
2.3 Anaerobinen kapasiteetti	6
2.4 Taloudellisuus.....	7
2.5 Hermolihasjärjestelmän vaikutus kestävyysuorituskykyyn.....	8
3. INTERVALLIHARJOITTELU.....	10
3.1 Aerobiset intervallit	11
3.1.1 Pitkät intervallit	12
3.1.2 Lyhyet intervallit	13
3.2 Intervalliharjoittelun vasteet.....	14
3.3 Intensiteetin määrittäminen intervalliharjoituksessa	16
4. TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TYÖN TARKOITUS	18
5. MENETELMÄT.....	20
5.1 Tutkimusjoukko.....	20
5.2 Tutkimusasetelma.....	21
5.3 Harjoittelu ja ohjelmointi	22
5.4 Mittaukset.....	25
5.4.1 Maksimaalinen hapenottokyky.....	26
5.4.2 Maksimaalinen anaerobinen juokсутesti.....	26
5.4.3 20 m nopeustesti	28
5.4.4 Tilastolliset analyysit.....	30

6. TULOKSET	31
6.1 Kehonkoostumus	31
6.2 Pre- ja Post testit	31
6.2.1 Maksimaalinen hapenottokyky	31
6.2.2 MART & 20 metrin nopeustesti	32
6.3 Harjoitusjakso	36
7. POHDINTA	40
7.1 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitteet	45
7.2 Johtopäätökset	47
7.3 Käytännön sovellukset	48
8. LÄHTEET	49

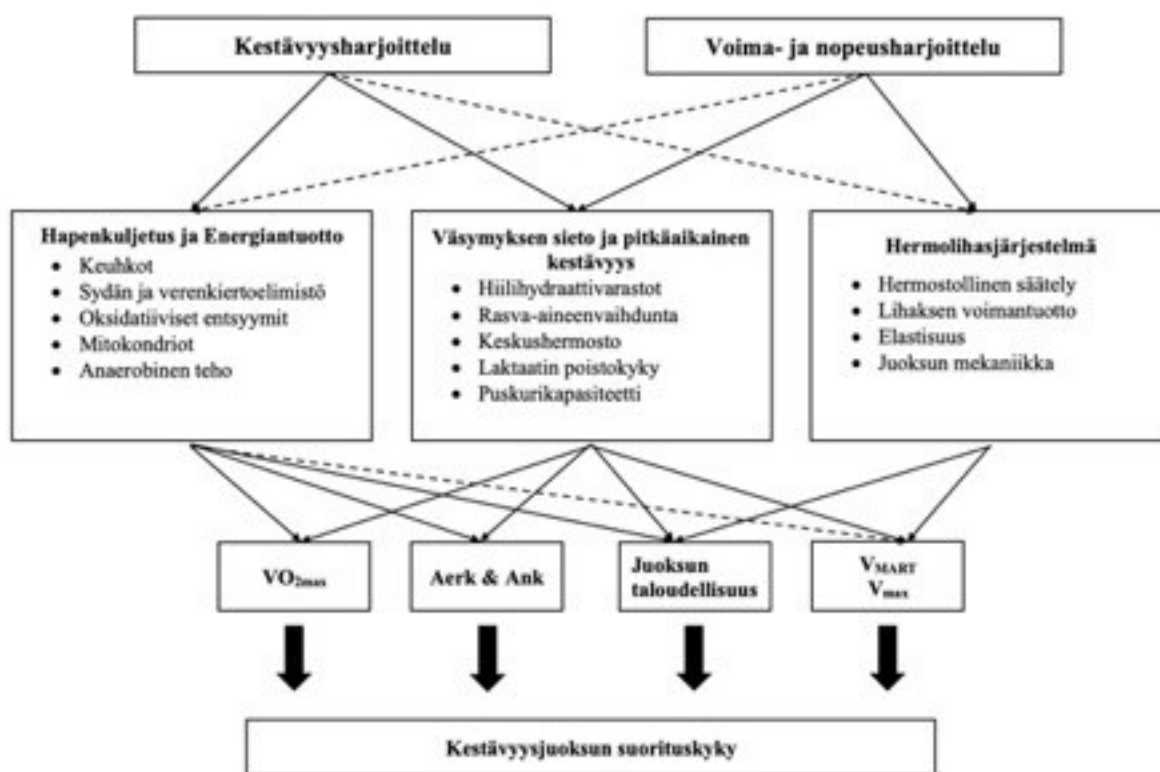
LIITTEET

1. JOHDANTO

Intervalliharjoittelu on laajasti käytetty harjoitusmuoto niin kuntoilijoiden kuin kilpaurheilijoiden parissa, jolla pyritään kehittämään sydän- ja hengityselimistön toimintaa sekä fyysistä suorituskykyä. Intervallit ovat aikaa säästäviä ja monipuolisia harjoitteita, joita voidaan suorittaa esimerkiksi juosten, pyöräillen tai soutaen. Buckenheict & Larssen 2013). Intervalliharjoittelua käytettiin kestävyysjuoksussa jo 1920-luvulla, milloin suomalaiset olympiavoittajat Hannes Kolehmainen ja Paavo Nurmi toteuttivat intervalliharjoittelua, jotta pystyisivät harjoittelemaan mahdollisimman lähellä kilpailunomaisia vauhteja (Tschakert & Hoffman 2013).

Intervalliharjoittelun tutkimus alkoi 1960-luvun taitteessa, jolloin ensimmäisissä tutkimuksissa tutkittiin intervalliharjoittelun akuutteja vasteita laktaatin, hapenottokyvyn ja sykkeen osalta. Saltin ym. (1976) huomasivat tutkimuksessaan lyhyiden intervallien alhaiset laktaattitasot verrattuna pitkiin intervalleihin. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana intervalliharjoittelu on lisääntynyt myös aktiivisten liikkujien keskuudessa sekä joukkueurheilussa (Tschakert & Hoffman 2013).

Tämän työn tarkoituksena on tutkia minkälaisia adaptaatioita kaksi erityyppistä intervallimetodia saa aikaan kestävyysjuoksun suorituksessa, anaerobisessa suorituskyvyssä sekä hermolihasjärjestelmän vasteissa. Tutkimus on saanut aiheensa Rønnestad ym. (2015; 2020) tutkimuksista, joissa lyhyillä intervalliharjoituksilla saatiin aikaan parannuksia pyöräilyn suorituskykyisyydessä niin maksimaalisen hapenoton (VO_{2max}) kuin myös aerobisen tehon suhteen. Pyöräilyssä intervalliharjoittelua on tutkittu laajasti ja erilaisia intervallimetoja käyttäen, mutta kestävyysjuoksun parissa kyseisten intervalliharjoitteiden vaikutuksia ei ole tutkittu. Pyöräily ja juokseminen ovat hyvin erilaisia ihmisen liikkumismuotoja, mutta fyysisinä suorituksina niissä on myös paljon yhteisiä ominaisuuksia. Tutkimuksessa keskiössä olevat intervalliharjoitteet ovat jaettu lyhyisiin (SI=Short-intervals) ja pitkiin (LI=Long-intervals).



KUVA 1. Kestävyysjuoksun suorituskykyyn vaikuttavat tekijät. VO_{2max} =Maksimaalinen hapenottoakyky, Aerk=Aerobinen kynnyks, Ank=Anaerobinen kynnyks, V_{MART} =Maksimaalisen anaerobisen juoksupuhteen loppunopeus, V_{max} =Juoksupuhteen maksiminopeus. Mukailtu Paavolainen ym. (1999a).

2.1 Submaksimaalinen kestävyys

Submaksimaalisella kestävyydellä tarkoitetaan pitkäaikaista aerobista kestävyyttä (Nummela 2007a). Submaksimaalinen kestävyys on pitkälti riippuvainen lihassolujen oksidatiivisesta kapasiteetista, glykogeenivarastojen koosta sekä lihassolujen kyvykkyydestä käyttää rasvahappoja energiaksi (Nuutila 2016). Submaksimaalisen kestävyden tason ilmoittamiseen voidaan käyttää nopeutta, tehoa tai hapenkulutusta (Jones 2006). Suomessa submaksimaalista kestävyyttä ilmaistaan aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä, jotka määritellään veren laktatipitoisuuden sekä hengityskaasumuuttujien mukaan (Nummela 2007a; Aunola & Rusko 1986). Aerobisen ja anaerobisen kynnyksen muutoskohdalla tarkoitetaan aerobisen ja

anaerobisen energiantuotannon kohtaa, jonka alapuolella laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainossa toisiinsa nähden. Tämä tarkoittaa, että aerobisen ja anaerobisen kynnyksen muutoskohta on viimeinen suoritusteho, jolla suorituksen jatkuessa saavutetaan *steady state*. (Ghosh 2004). Kyseisistä kynnyksistä voidaan käyttää myös määritelmiä, kuten laktaattikynnys ja ventilaatiokynnys (Ghosh 2004).

Aerobisella kynnyksellä liikuttaessa suoritustehoa pystytään ylläpitämään useita tunteja yhtäjaksoisesti (Meyer ym. 2000). Anaerobisen kynnyksen suoritusteholla toimiminen ja sen ylittäminen johtaa laktaatin tuoton ja poiston epätasapainoon, jolloin työskentelevissä lihaksissa muodostuu laktaattia ja happamuuden lisääntymistä, mikä johtaa suoritustehon laskemiseen (Ghosh 2004). Anaerobisen kynnystason kehittyminen voi tarkoittaa kestävyysuorituskyvyn parantumista ilman, että maksimaalinen hapenottokyky paranee (Bishop ym. 1998). Anaerobisen kynnyksen on havaittu korreloivan 3000 m – 10 000 m kestävyysjuoksuuorituksen kanssa useissa eri tutkimuksissa (Weltman ym. 1990, Epperson ym. 1999; Bird ym. 2003).

2.2 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen hapenottokyky kuvaa aerobista tehoa, josta alettiin jo 1920-luvulla käyttämään VO_{2max} - termiä (Malek ym. 2005; Hill & Lupton 1924). Maksimaalinen hapenottokyky kuvastaa elimistön kykyä kuljettaa sekä käyttää happea, jonka myötä sitä pidetäänkin merkittävänä mittarina kestävyysuorituskyvyn mittaamisessa (Basset & Howley 2000). Maksimaalisen hapenottokyvyn ja kestävyysuorituskyvyn välillä on havaittu merkittäviä korrelaatioita aina 3000 m matkasta maratoniin saakka (Emerick ym. 1998; Noakes ym. 1990; Housh ym. 1988). Maksimaalinen hapenottokyky ilmaistaan useimmiten joko suurinta mitattua hapenkulutuksen arvoa kohden minuutissa (l/min) tai kehon painokiloihin kohden suhteutettuna (ml/kg/min), joka on tyypillistä kestävyyslajeissa, joissa kannatellaan omaa kehonpainoa (Nummela 2007; Morton & Billat 2000). Maksimaalisella hapenkulutuksen tasolla kyetään toimimaan korkeintaan kymmenen minuutin ajan, jolloin suorituksen keston pidentyessä, kynnystasojen merkitys kestävyysuorituksen selittävänä tekijänä kasvaa (Morton & Billat 2000).

Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa: perinnöllisyys, ikä, sukupuoli, kehon koko sekä rakenne ja harjoituksellinen tila (Basset & Howley 2000). Perusse (1989) arvioi tutkimuksessaan, että geneettisyys vaikuttaa 20–30 % maksimaaliseen hapenottoon. Maksimaalisen hapenottokyvyn on todettu saavuttavan huippunsa 20–30 ikävuoden välillä, jonka jälkeen hapenottokyky kääntyy laskuun kuntotasosta riippumatta (Foster ym. 1986). Harjoittelulla voidaan kuitenkin hidastaa ikääntymisestä johtuvaa hapenottokyvyn laskua (Hawkins ym. 2003). Maksimaalisessa hapenottokyvyssä voi olla 5–20 % eroja riippuen siitä, onko tutkittava harjoituksellisesti hyvässä vai huonossa fyysisessä kunnossa suorituksen aikana, mikä tarkoittaa, että suorituskyvyssä testien välillä myös päiväkohtainen vaihtelu voi olla suurta (Hawkins ym. 2003).

Muita vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa keuhkojen diffuusiokapasiteetti, sydämen iskutilavuus, hapen kuljetuskapasiteetti veressä sekä lihasten kyky käyttää happea. Maksimaalinen hapenottokyky voidaan jaksaa sentraalisiin ja perifeerisiin tekijöihin. Sentraalisissa tekijöissä on kyse hapenkuljetuksesta lihaksiin ja perifeerisissä tekijöissä hapen hyödyntämisessä lihaksessa. (Basset & Hawley 2000). Huippu-urheilijoilla sydämen iskutilavuus on suuri, mutta erityisen suuria sydämen minuuttitulavuuksia on havaittu kestävyysurheilijoilta, joilla sydämen maksimaalinen minuuttitulavuus voi olla jopa 40 litraa minuutissa (Rusko 2003). Alhaisella sydämen minuutti- ja iskutilavuudella on havaittu olevan rajoittavia vaikutuksia maksimaaliseen hapenottokykyyn erityisesti silloin, kun suuret lihasryhmät työskentelevä (Basset & Howley 2000; Rowell 1986). Veren hapenkuljetuskapasiteetin vaikutukset hapenottokykyyn ovat tulleet ilmi tutkimuksissa, joissa verensiirroilla tai keinotekoisella hemoglobiinimassan lisäämisellä on saavutettu merkittävää kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä sekä maksimaalisessa juoksusuorituksessa (Spriet ym 1986; Durussel ym. 2013).

Muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä ovat hyvin yksilöllisiä. Samanlaisella harjoitusohjelmalla harjoittelevan homogeenisen joukon kohdalla on havaittu, että maksimaalisen hapenottokyvyn muutokset voivat vaihdella negatiivisesta kehityksestä yli 30 % kehitykseen (Vollaard ym 2009). Arresen ym. (2005) suoritti kolmen vuoden seurantatutkimuksen, jonka aikana miesurheilijat paransivat kestävyysuoritustaan 1.77 % ja naisurheilijat 0.69 % siten, että maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei havaittu merkittäviä

muutoksia. Tulos osoittaa, että maksimaalisessa hapenottokyvyssä tietyn tason saavuttamisen jälkeen muutokset urheilijoilla ovat useimmiten melko pieniä, mutta se ei tarkoita, etteikö suorituskykyisyys voisi enää merkittävästi parantua.

2.3 Anaerobinen kapasiteetti

Lihasko tarvitsee toimiakseen energiaa ja sitä saadaan adenosiniinifosfaatin (ATP) muodossa. ATP-tasapainon ylläpitämiseen lihaksessa on olemassa kolme pääreittoa: kreatiiniinifosfaattivarastot (KP), glukoosin sekä glykokeenin anaerobinen- (glykolyysi) ja aerobinen pilkkominen (Krebsin sykli ja oksidatiivinen fosforylaatio) sekä rasvojen pilkkominen (β -oksidatio). (Nummela 2004). Anaerobisesti tapahtuva energiantuotto voidaan jakaa kahteen osaan, jotka ovat alaktinen ja laktinen: Alaktinen pitää sisällään välittömät energianlähteet (ATP ja KP) ja laktinen glykolyyttisen systeemin, jossa glykolyysin lopputuotteena syntyy maitohappoa (Gastin 2001; Robergs ym. 2004). Anaerobisesti ATP:n tuottonopeus on suurimmillaan, mutta aerobisesti energiaa pystytään tuottamaan enemmän ja pidemmän aikaa, jonka vuoksi molempia energiantuottosysteemejä tarvitaan energian tuottamiseen (Sahlin ym. 1998; Gastin 2001). Anaerobisissa suorituksissa energiantuotto tapahtuu ATP:tä ja KP- varastoja hyödyntämällä ensimmäisen kymmenen sekunnin ajan. ATP:n uudelleen muodostumista tapahtuu jatkuvasti myös muissa energiantuottosysteemeissä KP:n lisäksi, joten vaikka lihaksen kreatiiniinifosfaattivarastot tyhjenevät täysin yli 30 sekunnin maksimaalisessa suorituksessa, niin lihaksen energia-aineenvaihdunnan säätelyn ansiosta ATP-varastot eivät koskaan pienene yli 40 % riippumatta rasituksen kovuudesta. (Nummela. 2004). Kun suoritus kestää 1–2 minuuttia, käytetään anaerobista- ja aerobista energiantuottoa yhtä paljon (Gastin 2001).

Anaerobinen kapasiteetti määritellään adenosiniinifosfaatin (ATP:n) enimmäismääräksi, joka voidaan syntetisoida anaerobisen metabolian kautta maksimaalisen suorituksen aikana (Noordhof ym. 2013; Gastin 1994). Anaerobiseen kapasiteettiin vaikuttaa glykolyysin energiantuottokyky, KP-varastojen koko sekä lihasten ja veren puskurointikyky (Vandewalle ym. 1987). Anaerobisen kapasiteetin merkitys ohittaa anaerobisen tehon maksimaalisen suorituskyvyn selittävänä tekijänä, kun suorituksen kesto pitenee alle 10 sekunnista yli 30

sekuntiin (Nummela 2004). Hyvä anaerobinen kapasiteetti tarkoittaa, että urheilija kykenee tuottamaan paljon laktaattia, mutta suureen ja nopeaan laktaatin tuottamiseen solun täytyy kyetä vastustamaan pH:n muutosta vetyionien tehokkaalla siirtämisellä tai puskuroinnilla (Pirkkola 2017). Anaerobisen kapasiteetin toimintaa voidaan mitata happivajeen ja veren maksimilaktaatin avulla (Green & Dawson 1993).

Nummela ym. (1996a) osoittivat, että MART on validi testi määrittämään laktista ja alaktista anaerobista kapasiteettia. Testissä saavutettu maksimilaktaattipitoisuus kuvaa juoksijan anaerobista kapasiteettia. Mitä suuremmaksi laktaattipitoisuus nousee, sitä enemmän juoksija on tuottanut energiaa glykolyysin avulla ja sitä paremmin myös happamuuden puskurointi toimii. (Nummela ym. 1996a). Maksimilaktaatin lisäksi MART-testissä seurataan juoksun maksiminopeutta, sekä taloudellisuutta. MART-testin maksiminopeuden on todettu korreloivan hyvin 400–5000 metrin kestävyysjuoksun aikojen kanssa (Rusko ym. 1996 Paavolainen ym. 1999a).

2.4 Taloudellisuus

Taloudellisuudessa on kyse tehdyn työn ja työhön käytetyn energiankulutuksen välisestä hyötysuhteesta (Daniels ym. 1984). Suorituksen taloudellisuutta voidaan mitata epäsuorasti submaksimaalisen tasavauhtisen suorituksen avulla (Barnes & Kilding 2015). Juoksun taloudellisuuden paranemisella tarkoitetaan, että hapen- tai energiankulutus vähenee tietyllä vakioitehoisella kuormalla (Taipale ym. 2010; Daniels ym. 1984). Taloudellisuus kuvataan submaksimaalisena hapenkulutuksena henkilön painokiloa kohti, jotta tarvittava fyysinen tehtävä saadaan suoritettua (Cavanagh & Kram 1984). Taloudellisuuden on havaittu olevan kestävyysuorituksen osatekijä erityisesti silloin, kun VO_{2max} ja aerobinen sekä anaerobinen kynnykset ovat samalla tasolla (Morgan ym. 1989). Juoksijoilla kestävyysuorituksen taloudellisuudessa voi olla peräti 30 % eroja (Daniels & Daniels 1992). Anaerobisen taloudellisuuden kehittymistä voidaan seurata esimerkiksi MART-testillä, jossa parantunut nopeus tietyllä laktaattitasolla kuvaa anaerobisen taloudellisuuden parantumista (Nummela 2004).

Kestävyysuorituksen taloudellisuuteen vaikuttaviksi tekijöiksi on esitetty kestävyysharjoittelun määrä (Morgan ym. 1995; Barnes & Kilding 2015), biomekaaniset tekijät (Nummela 2010; Moore 2016) voimaharjoittelu (Paavolainen ym. 1999a; Turner ym. 2003; Barnes & Kilding 2015), hermolihasjärjestelmän toiminta (Taipale ym. 2010; Vikmoen ym. 2016), energiantuoton tehokkuus, yksilön antropometriset ominaisuudet, suorituksen tekniset tekijät sekä kyky varastoida elastista energiaa (Barnes & Kilding 2015). Kestävyysuorituksen pidentyessä suorituksen taloudellisuuden merkitys korostuu (Di Prampero ym. 1993). Paavolainen ym (1999a) tutkimuksessa juoksun energiankulutus laski 8.1 % ja juoksun taloudellisuus parani 3.1 % siten, että juoksun maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei havaittu muutoksia. Mooses ym. (2015) tekivät tutkimuksessaan vastakkaisen havainnon, jonka mukaan kenialaisten huippujuoksijoiden taloudellisuus ei korreloi kilpailumenestyksen kanssa, jolloin juoksun taloudellisuuden kehittyminen ei siis välttämättä erottele juoksijoiden suorituskykyä toisistaan.

HIIT-harjoittelun (High Intensity Interval Training) vaikutusta talouden kehittymiseen on pidetty epävarmana (Barnes & Kilding 2015), vaikka monissa tutkimuksissa HIIT-harjoittelulla on saatu aikaan taloudellisuuden parantumista (Barnes ym. 2013; Ferley ym. 2014). Barnes ym. (2013) havaitsivat, että HIIT-harjoittelu paransi taloudellisuutta ja vaikutukset olivat samansuuntaisia askeltiheydessä, mitä nopeusvoimaharjoittelulla on saatu aikaan. HIIT-harjoittelussa harjoitustavan ja intensiteetin on havaittu vaikuttavan taloudellisuuden kehittymiseen (Barnes ym. 2013).

2.5 Hermolihasjärjestelmän vaikutus kestävyysuorituskykyyn

Hermolihasjärjestelmä koostuu lihaksista sekä hermostosta ja sen tehtävänä on tuottaa ihmisen liikkeitä. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä voidaan arvioida mittaamalla tuotettua voimaa ulkoista vastustusta kohtaan. (Niittynen 2013). Kestävyysurheilusuoritus vaatii suurta aerobista tehoa, mutta silti urheilijan täytyy pystyä ylläpitämään suhteellisen suuri nopeus suorituksen aikana. Hermolihasjärjestelmän ominaisuudet ovat yhteydessä neuraaliseen aktivointiin tahdonalaisesti tai refleksinomaisesti, lihasvoimaan, elastisuuteen, sekä anaerobisiin ominaisuuksiin, kuten ATP:n uudelleen muodostumistehoon ja – kapasiteettiin. (Häkkinen

1994; Green 1994). Hermolihasjärjestelmällä on tärkeä rooli lihasjäykkyyden säätelyssä ja lihasten elastisten ominaisuuksien hyväksikäytössä vauhdillisesti kovan juoksun aikana (Paavolainen 1999).

Juokseminen kuten myös muu liikkuminen on tahdonalaista toimintaa, jossa keskushermosto ohjaa lihasten toimintaa. Hermoston kautta kulkevat impulssit määrittävät aktiivisten lihasten tehon sekä energiantuottotavan ja -lähteet. (Noakes 1998). Paavolaisen (1999b) mukaan hermostoon ja lihastason liittyvät tekijät, kuten hermolihaskäytön väsymys, elastisen energian hyödyntäminen, lihassolujakauma sekä tahdonalainen aktivaatio voivat vaikuttaa kestävyysuorituskykyyn. Kestävyysurheilussa suoritusnopeudet ovat kasvaneet viime vuosikymmenien aikana, minkä vuoksi hermolihaskäytöltä vaaditaan yhä parempaa voimantuottoa (Mikkola ym. 2011).

Tutkimuksissa on havaittu, että muutokset hyvää hermolihaskäytön toimintaa vaativissa ominaisuuksissa (maksimaalisen hapenottokyvyn maksiminopeus, maksimaalinen sprintinopeus, maksimaalinen laktaatti ja MART-testin maksiminopeus) edistävät kestävyysjuoksuuoritusta, jolloin VO_{2max} ei ole ainoa maksimaalisen hapenottokyvyn maksiminopeuden määrittäjä (Baumann ym. 2012; Tharp ym. 1997; Paavolainen ym. 1999a; Yamanaka ym. 2020). Tätä tukee myös se, että lihasten voimantuottokyky on merkittävässä roolissa pitkien juoksumatkojen matkavauhdissa sekä keskimatkojen loppukirivaiheissa, jolloin hyvän voimantuottokyvyn omaavat juoksijat pystyvät saavuttamaan korkeamman $VO_{2max:n}$ sekä tuottamaan tehoa enemmän kuin heikomman voimantuottokyvyn omaavat juoksijat, joilla hermolihaskäytön toiminta estää korkeamman $VO_{2max:n}$ sekä tehon saavuttamisen (Nummela ym. 2006). Hermolihasjärjestelmän toimintaa voidaan kehittää harjoittelulla, jossa vaikutetaan myofibrillien poikittaissyklin aktivoitumiseen ja motoristen yksiköiden syttymiseen sekä voimantuottoon (Peltari 2014).

3. INTERVALLIHARJOITTELU

Intervalliharjoittelu on yksi kestävyysharjoittelun muoto ja se koostuu toistuvista lyhyistä osasuorituksista, jotka erottuvat toisistaan joko aktiivisella tai passiivisella palautuksella. Intervalliharjoittelu mahdollistaa kovatehoisen suorituksen vähemmällä laktaatin kertymisellä kuin yhtäjaksoinen kuormitus, jolloin lähempänä maksimaalista hapenottokyvyn rajaa voidaan työskennellä ajallisesti pidempään. (Billat ym. 2001).

Intensiteetti ja työ-palautusjakson pituus ovat avainasemassa intervalliharjoittelussa, jossa intervallien määrä, sarjojen määrä sekä sarjojen välinen palautus ja intensiteetti määrittävät kokonaistyömäärän (Åstrand ym. 1960; Christensen ym. 1960). Intervalliharjoituksen intensiteetillä tarkoitetaan harjoituksen keskimääräistä tehoa, jossa sekä työ- että palautusjaksot otetaan huomioon. Intervalliharjoittelussa työjakson pituus sekä palautusjakson pituus suhteutetaan toisiinsa, jolloin tyypillisiä työ- palautus suhteita ovat 1:1, 1:2 sekä 2:1 (Billat 2001). Matalalla teholla, mutta pitkällä työskentelyajalla tehtyjä aerobisia intervalliharjoitteita on pidetty sopivampana menetelmänä suurelle osalle ihmisistä kuin korkean intensiteetin sprintti-intervallit (Gibala ym. 2012; Gosselin ym 2012; Helgerud ym. 2007.)

TAULUKKO 1. Intervallityypit jaettuna intensiteetin (vVO_{2max}) mukaan sekä tutkimuksia, missä kyseisillä intensiteeteillä on intervaleja tehty. LONG=Pitkät intervallit, SHORT= Lyhyet intervallit, RST=Toistetut sprintti intervallit, SIT=Sprintti intervallit. Mukailtu Buchheit & Laursen (2013).

Intervalli	Intensiteetti	Sarjat / Toistot	Palautus	Lähde
LONG	90–100 %	4*4 min	3min	Helgerud ym. 2007
SHORT	100–120 %	3*13* 30 s	15 s/ 3min	Rønnestad ym. 2020
RST	120–170 %	3*5* 10 s	20 s/5min	Gatterer ym. 2018
SIT	160–200 %	4*30 s	5 min	Gatterer ym. 2018

Intervalliharjoittelun on todettu olevan tehokkaampi tapa maksimaalisen kestävyysuorituskyvyn kehittämiseen kuin tasavauhtinen harjoittelu, kun puhutaan lyhyistä harjoitusinterventioista (Milanovic, ym. 2015). Klika & Jordan (2013) totesivat, että intervalliharjoittelulla saadaan aikaiseksi samanlaisia ja jopa suurempia muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä, kuin perinteisellä tasavauhtisella harjoittelulla vaikka intervalliharjoittelua toteutettaisiinkin määrällisesti vähemmän. Intervalliharjoittelun on todettu olevan myös aikaa säästävä tapa harjoitella. Gibala ym. 2006 vertasivat tutkimuksessaan sprintti intervallien ja perinteisen kestävyysharjoittelun vasteita. Tulokset osoittivat, että 2.5 tuntia sprintti- intervalliharjoittelua viikossa johti samanlaiseen kehitykseen suorituskyvyssä kuin 10.5 tuntia perinteistä kestävyysharjoittelua viikossa (Gibala ym. 2006). Laursen & Jenkins (2002) havaitsivat, että harjoitelleilla kuntoilijoilla ja huippu-urheilijoilla intervalliharjoittelun aikaan saamat muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä sekä suorituksen taloudellisuudessa voivat olla melko vähäisiä, vaikka maksimaalinen suoritus tai aika-ajosuoritus olisi kehittynyt. Vastaavasti kokemattomilla harjoittelijoilla on saavutettu suhteessa suurempaa kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä sekä muissa kestävyysmuuttujissa intervalliharjoittelua toteuttamalla (Laursen & Jenkins 2002).

3.1 Aerobiset intervallit

Aerobisella intervalliharjoittelulla tavoitellaan aerobisen energiantuotannon aktivoimista. Aerobisille intervalleille ominaista on työskentely noin 85–95 % intensiteetillä VO_{2max} :sta ja työpaksot vaihtelevat menetelmästä riippuen 30 sekunnista 4 minuuttiin. (Harris & Wood 2012). Aerobisten intervalliharjoittelun yksi päätekijöistä on aika lähellä maksimaalista hapenkulutusta (90–95 % / VO_{2max}), joka pyritään maksimoimaan maksimaalisen hapenottokyvyn parantamiseksi (Rozenek, ym. 2007; Wakefield & Glaster 2009; Billat 2001).

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että aerobiset intervalliharjoitteet johtavat fysiologisiin muutoksiin sydän- ja verisuonijärjestelmässä sekä ihmisen lihaksistossa (Gibala ym. 2006; Burgomaster ym. 2005; Rakobowchuk ym. 2008). Weston ym. (1997) totesivat tutkimuksessaan, että kolmen viikon intervalliharjoittelu johti parempaan happamuuden puskurointikapasiteettiin lihaksissa. Intervalliharjoittelun on osoitettu olevan hyödyllistä

etenkin ihmisille, jotka kärsivät esimerkiksi kardiovaskulaarisista tai metabolisista sairauksista (Munk ym. 2009; Wisloff ym. 2007; Little ym. 2011).

Intervalliharjoittelua voidaan jakaa pitkiin ja lyhyisiin intervaleihin työskentelyajan mukaan (Rønnestad ym. 2020; Buchheit & Laursen. 2013). Valmentajan kyky ymmärtää intervalliharjoittelun akuutteja vasteita auttaa valitsemaan oikean intervalliharjoittelumuodon oikeaan ajankohtaan (Buchheit & Laursen. 2013). Helgerud ym. (2007) vertasivat neljän eri harjoitusmenetelmän vaikutuksia suorituskykyyn: 1. Jatkuva pitkän matkan juoksu 70 % intensiteetillä maksimisykkeestä (HR_{max}), 2. Jatkuva juoksu 85 % / HR_{max} , 3. 15 s 90–95 % / HR_{max} / 15 s aktiivinen palautus 70 % / HR_{max} , 4. 4*4 min 90–95 % HR_{max} / 3 min aktiivinen palautus 70 % / HR_{max} . Tutkimustulokset osoittivat, että intervalliharjoittelu 15/15 menetelmällä paransi maksimaalista hapenottokykyä 5.5 % enemmän ja 4*4 menetelmä 7.2 % enemmän kuin jatkuvan juoksun ryhmät. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu merkittävää eroa kyseisten intervallimenetelmien välillä. (Helgerud ym. 2007).

3.1.1 Pitkät intervallit

Pitkät intervallit erotetaan lyhyistä intervaleista suorituksen pituudella. Pitkille intervaleille tyypillisiä suoritustapoja ovat 3–5 minuutin työpaksot noin 90–100 % intensiteetillä vVO_{2max} :sta, jolloin sarjat erotetaan toisistaan esimerkiksi 2–3 minuutin palautuksilla. (Helgerud ym. 2007; Buchheit, & Laursen 2013; Rønnestad ym. 2020). Åstrand ym. (1960) toteavat, että pitkissä 2–3 minuutin intervaleissa intensiteetin ollessa lähellä VO_{2max} :a veren laktaattitasot voivat olla jopa 16 mmol/l, kun taas lyhyissä 30-minuutin intervaleissa samalla teholla ja keskiarvolla laktaattitaso voi olla 2 mmol/l (Tschakert & Hofmann, 2013).

Pitkien intervallien on todettu parantavan maksimaalista hapenottokykyä merkittävästi enemmän kuin tasavauhtisen harjoittelun (Helgerud ym. 2007). Intervallimetodien välisessä vertailussa maksimaalisen hapenottokyvyn osalta on saatu toisistaan eroavia tuloksia. Rønnestad ym. (2015) havaitsi tutkimuksessaan, että SI-menetelmällä saavutettiin 10 viikon harjoitusjakson aikana 8.7 %:in parannus maksimaaliseen hapenottokyykyyn, kun LI-

menetelmällä vastaava parannus oli 2.6 %:ia. Vuonna 2020 Rønnestad ym. suorittivat uuden tutkimuksen, jossa samaisilla intervallimetoodeilla ei saavutettu kolmen viikon harjoitusjakson aikana merkittävää parannusta maksimaaliseen hapenottokykyyn. Helgerud ym. (2007) havaitsivat tutkimuksessaan, että molemmat intervallimenetelmät paransivat maksimaalista hapenottokykyä merkitsevästi, mutta LI-menetelmällä saatu parannus oli suurempaa. Tutkimustuloksia tarkastellessa on syytä huomioida intervallien suoritustapa. Rønnestadin molemmat tutkimukset (2015 & 2020) suoritettiin pyöräillen, kun taas Helgerudin (2007) tutkimuksessa tutkittavat olivat juoksijoita.

3.1.2 Lyhyet intervallit

Lyhyille intervalleille tyypillisiä työskentely pituuksia ovat 15–45 sekunnin työjaksot, jotka erotetaan toisistaan esimerkiksi 1:1 tai 1:2 palautuksilla. Lyhyiden intervallien tarkoitus on pitää työskentelyjaksot lyhyinä, mikä mahdollistaa kovemman intensiteetin, jota kyetään ylläpitämään pidempään kuin pidemmissä intervalleissa. (Rønnestad ym. 2020). Lyhyitä intervalleja suoritetaan yleensä noin 100–120 % intensiteetillä vVO_{2max} :sta (Buchheit & Laursen 2013).

Rønnestad ym. 2020 tutkivat lyhyiden ja pitkien intervallien vaikutusta pyöräilyn suorituskykyisyyteen. Tutkimukseen osallistui kansallisen tason maantie- ja maastopyöräilijöitä. Tutkimustuloksista havaittiin, että SI-menetelmällä saavutettiin suurempi kehitys niin maksimaalisessa aerobisessa tehossa (3.7 ± 4.3 % vs. -0.3 ± 2.8 %) kuin 4 mmol/l kohdalla mitatussa aerobisessa tehossa (2.0 ± 6.7 % vs. -2.8 ± 3.4). Tuloksissa ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta maksimaalisen hapenottokyvyn kehittämisessä ryhmien välillä. (Rønnestad ym. 2020).

Wallner ym. (2014) tutkivat lyhyiden intervallien akuutteja fysiologisia vasteita harjoitelleilla juoksijoilla. Tutkimuksessa suoritettiin portaittainen mattotesti, jonka perusteella määriteltiin laktaatin kaksi eri nousukohtaa (LTT1 & LTP2). Tämän jälkeen suoritettiin kolme satunnaisesti määritettyä aerobista intervalliharjoitusta, jotka juoksunopeudeltaan olivat lähellä aikaisemmin suoritettua mattotestin vVO_{2max} : a. Aerobinen intervalliharjoitus kesti 30

minuuttia ja se koostui 10 sekunnin työpätkistä, mitkä eroteltiin 20 sekunnin palautuksilla. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että 10 sekunnin työ erotettuna 20 sekunnin passiivisella palautuksella juoksunopeuden ollessa lähellä $v\text{VO}_{2\text{max}}$:a saa aikaan samanlaisia metabolisia vasteita kuin hidas jatkuva juoksu. (Wallner ym. 2014).

3.2 Intervalliharjoittelun vasteet

Lyhyiden sekä pitkien intervallien on todettu parantavan kestävyysuoritus- tai suoritukseen vaikuttavia ominaisuuksia kestävyysurheilijoilla (Rønnestad ym. 2020). Seidler & Hetlelid (2005) totesivat, että kokeneilla urheilijoilla noin kaksi minuuttia vaikuttaisi tutkimistulosten perusteella olevan riittävä palautusaika tasapainoiseen suoritukseen. Aerobisessa intervalliharjoittelussa aktiivisella palautuksella saadaan kehitettyä elimistön kykyä poistaa laktaattia sekä pitämään veren laktaattitasoa vakaana (Billat 2001). Aerobisilla intervaleilla on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia sentraalisten tekijöiden kehittymiseen, kuten sydämen maksimaaliseen minuutti- ja iskutilavuuteen, veri- ja plasmatilavuuden kasvuun sekä perifeerisiin tekijöihin, kuten mitokondrioiden kasvuun ja luurankolihas- kapillaari tiheyteen (Helgerud ym. 2007; Daussin ym. 2007; Macinnis & Gibala. 2017).

Maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksia ihmisellä voidaan nähdä 1–4 viikon harjoittelun jälkeen (Henriksson & Reitman. 1977; Hickson ym. 1977). Usean viikon kestävyys- ja intervalliharjoittelu vaikuttaa sydämen maksimaaliseen minuuttitilavuuteen. Plasma- ja veritilavuuden on todettu kasvavan muutaman harjoituksen jälkeen. (Macinnis & Gibala 2016). Luurankolihas- mitokondrioiden tiheys säätelee substraattia aineenvaihdunnassa submaksimaalisen harjoituksen aikana. Lisääntynyt mitokondrioiden määrä edistää rasvan hapettumista ja hiilihydraattien suhteellista vähenemistä hapettumisessa. Harjoittelu kehittää glykogeenin hajoamista ja laktaattituotantoa sekä kasvattaa laktaattikynnystä harjoitusintensiteetillä, mikä antaa mahdollisuuden harjoitella pidempiä aikoja suuremmalla prosenttiosuudella $\text{VO}_{2\text{max}}$:sta. (Macinnis & Gibala 2016).

TAULUKKO 2. Tutkimuksia, jotka vertailevat lyhyiden (SI) ja pitkien intervallien (LI) vaikutuksia kestävyysuorituksen.

Lähde	Koehenkilöt	Kesto/Harjoitukset	Kuormitus	Palautus	Päälöydökset
Rønnestad ym. (2020)	9+9 Eliittitason pyöräilijää	3 Viikkoa, 9 Harjoitusta	SI 3x13x30s, LI 4x5min Max kesk. teho	SI 15s and 3min, LI 2.5min 50 % PO	SI ↗ 3.7%, LI ↘ 0.3% PPO, SI ↗ 4.7%, LI ↗ 1.4% MPO 20-min
Rønnestad ym. (2015)	7+9 Harjoitellutta miespyöräilijää	10 Viikkoa, 20 Harjoitusta	SI 3x13x30s, LI 4x5min Max kesk. teho	SI 15s and 3min, LI 2.5min 50 % PO	SI ↗ 8.7%, LI ↗ 2.6% VO _{2max} , SI ↗ 12%, LI ↗ 4% MPO
Cicioni-Kolsky ym. (2013)	20 + 19 Fyysisesti aktiivisia miehiä sekä naisia	6 Viikkoa, 18 Harjoitusta	SI 7-12x30s 130 % 3 km kesk. nopeus, LI 4-	SI 150 s, LI 4min passiivinen palautus	SI ↘ 9.2%, LI ↘ 7.4% 3-km aika, vain SI erosi kontrollista.
Helgerud ym. (2007)**	10+10 Kohtalaisesti	8 viikkoa, 24 harjoitusta	SI 47x15s 90-95 %, LI 4x4min	SI 15 s, LI 3min 70 % nopeudella	SI ↗ 5.5%, LI ↗ 7.2% VO _{2max}
Esfarjani & Laursen (2007)	6+6 Kohtalaisesti harjoitelleita miesjuoksijoita	10 viikkoa, 20 harjoitusta	SI 7-12x30s 130 %, LI 5-8x60%T _{max}	SI 4.5 min, LI 8x60%T _{max} (1:1 työ/palautus) 50	SI ↘ 3.4% LI ↘ 7.3% 3-km aika, SI ↗ 6.2%
Stepto ym. (1999)**	4+4 Mies pyöräilijöitä	3 viikkoa, 6 harjoitusta	SI 12x30s 175 % PPO, LI 8x4min	SI 4,5min, LI 1,5min 100W	LI ↗ 9.1% VO _{2max} SI ↘ 2.4%, LI ↘ 2.8% 40-km TT

60%T_{max} = 60 % ajasta uupumiseen 100 % vVO_{2max}, VO_{2max}=Maksimaalinen hapenottokyky, PO = Teho, PPO =Maksimaalinen teho kynnystestissä, MPO =Keskimääräinen teho, TT = Aika-ajo, * = Tilastollisesti merkitsevä ero LI-menetelmästä, ** = Intervalliryhmiä jätetty pois taulukosta

Valstad ym. (2017) havaitsivat tutkimuksessaan, että lyhyiden ja pitkien intervallien palautusten aikana kulutetun hapen määrä oli samansuuntainen ($r=0.21$), vaikka lyhyet intervallit suoritettiin suuremmalla keskinopeudella (3.50 ± 0.18 vs. 2.95 ± 0.07 m/s) ja alhaisemmalla hapenkulutuksen RPE:llä. Veren laktaattipitoisuus jäi myös matalammaksi lyhyissä kuin pitkissä intervaleissa, minkä johdosta pääteltiin, että lyhyemmät intervallit olivat rasitukseltaan kevyempiä, vaikka metaboliset ja kardiovaskulariset vasteet olivat samanlaisia. (Valstad ym. 2017).

3.3 Intensiteetin määrittäminen intervalliharjoituksessa

Intensiteetti intervalliharjoituksessa voidaan määrittää lukuisilla eri tavoilla, kuten käyttämällä prosenttiosuutta maksimaalisesta sykkeestä (HR_{max}), vauhdista (vVO_{2max}) tai tehosta (pVO_{2max}) (Helgerud ym. 2007; Billat ym.1996; Hill ym. 1996). Intensiteetin määrittämiseen voidaan käyttää myös kuormittavuutta kuvaavaa RPE-menetelmää (Faulkner & Eston 2007). Työn kannalta tärkeimmät menetelmät ovat Borgin-RPE asteikko sekä vVO_{2max} .

RPE-menetelmässä on kyse Borgin-RPE skaalasta, jossa fyysistä rasitusta kuvataan asteikolla 6–20. Menetelmä on alun perin kehitetty sitä varten, että liikkuja kykenee subjektiivisesti arvioimaan kokemansa kuormituksen rasittavuutta riippuen fyysisestä kunnosta, ympäristön olosuhteista sekä yleisestä väsymystilasta. (Whaley 2005). RPE-menetelmä on yleinen mittari fyysisen kuormittavuuden arvioimiseen ja sitä voidaan hyödyntää oikeanlaisen intensiteetin löytämiseen, jotta harjoituksen halutut fysiologiset vasteet saavutetaan (Faulkner & Eston 2007; Whaley 2005; Gros Lambert & Mahon 2006). RPE:n on havaittu korreloivan sydämen sykkeen sekä kuormituksen rasittavuuden kanssa, vaikkakin yksilöiden välillä on olemassa laajaa vaihtelevuutta (Gros Lambert & Mahon 2006; Chen ym. 2002).

Seidler & Hetlelid (2005) tutkivat RPE:n lineaarista kasvua 6*4 minuutin intervalliharjoituksessa. Ensimmäisen neljän minuutin kuormituksen jälkeen RPE keskiarvo oli 14–15, mikä tarkoittaa rasituksen olleen kovaa. Viimeisen kuorman jälkeen RPE-keskiarvo oli noussut 16–18, mikä kuvaa rasitukseen olleen erittäin kovaa. Linearisesta noususta tulkittiin, että mikäli intervalliharjoitusta olisi jatkettu yhden tai kahden kuorman verran, olisivat tutkimukseen osallistuneet henkilöt saavuttaneet uupumuksen. Tutkimuksen tulos viittaa siihen, että lähellä VO_{2max} :a liikuttaessa, yläraja tämän kaltaiselle intervalliharjoitukselle on 30 minuuttia aktiivista työtä. (Seidler & Hetlelid. 2005).

Billat ym. (1996) ja Hill ym. (1996) esittelivät nopeuden (vVO_{2max}) ja tehon (pVO_{2max}) käsitteet kuvaamaan intensiteettiä intervalliharjoittelun ohjelmoinnissa. Nopeuden tai tehon käytettävyys metodina näkyy siinä, että se kuvastaa juoksun tai pyöräilyn suoraa liikkumiskykyä. v/pVO_{2max} arvo kuvaa teoreettista alhaisinta nopeutta tai tehoa, joka saa aikaan VO_{2max} :n. Tämä kuvaa harjoittelun ideaali referenssiä. (Laursen ym. 2002; Midgley ym. 2006; Billat ym. 1996). v/pVO_{2max} voidaan määrittää tai arvioida useilla eri tavoilla,

kuten VO_2 ja juoksunopeuden välisellä lineaarisella suhteella submaksimaalisilla nopeuksilla, yksilön teoreettisen juoksunopeuden laskemisella VO_{2max} :sta tai tekemällä suora mittaus portaittain kasvavassa juoksu- tai polkupyörättestissä (Bucheit & Laursen. 2013).

4. TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TYÖN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kahden toisistaan eroavan intervallimenetelmän vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn neljän viikon harjoitusjakson aikana. Tässä tutkimuksessa perehdyttiin erityisesti kestävyysuorituskykyyn vaikuttavien anaerobisen kapasiteetin ja hermolihasjärjestelmän vasteisiin.

1. Eroavatko harjoitusvasteet LI-ryhmän ja SI-ryhmän välillä?

Hypoteesi: Kyllä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa lyhyet intervallit ovat johtaneet suurempaan parannukseen suurta tehontuottoa vaativissa testeissä (Stöggll ym. 2017; Rønnestad ym. 2020). Lyhyillä intervaleilla on myös saavutettu suurempia muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä (Rønnestad ym. 2015).

2. Vaikuttaako mahdollisesti kohonnut anaerobinen kapasiteetti positiivisesti kestävyysjuoksun suorituskykyyn mattotestissä?

Hypoteesi: Kyllä

Midgley ym. (2006) kertoi tutkimuksessaan anaerobisen kapasiteetin olevan yksi neljästä kestävyysuoritukseen vaikuttavasta tekijästä. Gillen ym. (2016) havaitsi että, anaerobista suorituskykyä mittaavilla testeillä olisi positiivinen suhde aerobisen suorituskyvyn testeihin. Nummela (2006) löysi, että V_{MART} korreloi 5000 m nopeuden kanssa, mikä osoittaa, että MART-testillä on suuri korrelaatio kestävyysjuoksun suorituskykyyn. Juoksijoiden taloudellisuus on parhaimmillaan niillä nopeuksilla, millä he harjoittelevat eniten (Jones ym. 2000), joten SI-ryhmän harjoittelu suuremmilla nopeuksilla kehittää anaerobisen suorituskyvyn taloudellisuutta, minkä on todettu vaikuttavan positiivisesti tulokseen maksimaalisilla kuormilla (Rønnestad ym. 2014).

3. Vaikuttaako hermolihaskäytön toiminta (T20m & CMJ) kestävyysjuoksun suorituskykyyn?

Hypoteesi: Kyllä

Yamanaka ym. (2020) havaitsi, että maksimaalisella sprinttikyvällä on positiivinen vaikutus kestävyysjuoksun suorituskykyyn. Hudgins ym (2013) löysivät korrelaation 3:n tasaloikan ja 3000 sekä 5000 m juoksusuoritusten väliltä.

5. MENETELMÄT

5.1 Tutkimusjoukko

Tutkimukseen rekrytoitiin 15 vapaaehtoista tutkittavaa Jyväskylän yliopiston tiedotuskanavien, sosiaalisen median sekä urheiluseurojen kautta. Edellytyksenä tutkimukseen osallistumiseen oli, että tutkittavien tuli olla 18–40-vuotiaita, joilla oli vähintään kahden vuoden harjoittelutaustaa kestävyysharjoittelusta. Tutkimukseen osallistuminen edellytti myös mahdollisuutta osallistua yhteen kontrolliharjoitukseen jokaisella harjoitusviikolla Jyväskylän yliopistolla. Tutkimusjakson aikana tutkittavilta rajoitettiin muu vauhti- sekä maksimikestävyysharjoittelu, mutta tutkittavat saivat tehdä tutkimusjakson aikana muuta matalatehoista kestävyysharjoittelua sekä voimaharjoittelua. Kaikkien tutkittavien terveydellinen tila käytiin läpi kyselylomakkeella ennen tutkimusjakson alkua. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi tutkimukselle myönteisen lausunnon.

TAULUKKO 2: Tutkimusjoukko. Lähtötilanteessa pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia.

Muuttuja	LI	SI
n	5	5
Miehet	1	2
Naiset	4	3
Ikä (v)	33 ± 6	25 ± 1
Pituus (cm)	170 ± 7	173 ± 11
Paino (kg)	68,7 ± 9,3	68,6 ± 11,3
BMI	24,7 ± 3,0	23,4 ± 1,0

Tutkimusjaksoon osallistuneiden ikäjakauma oli 20–37 vuotta. Tutkimukseen osallistumiseksi edellytettyä kahden vuoden kestävyysharjoittelutaustaa madallettiin ja tutkimusjoukossa oli eri lajitaustan omaavia kuntoilijoita- sekä aktiiviurheilijoita. Tutkittavat jaettiin ensimmäisen testiviikon jälkeen kahteen eri tutkimusryhmään, jotka olivat LI (pitkät intervallit) ja SI (lyhyet

intervallit). Ryhmäjaot tapahtuivat maksimaalisen hapenottokyvyn testin teoreettisen VO_{2max} arvon mukaan. Tutkittavat jaettiin kahteen keskiarvollisesti tasaiseen ryhmään, jonka jälkeen arvalla suoritettiin arvonta ryhmien intervalliprotokolan luonteesta.

Tutkimuksen suoritti loppuun asti 10 tutkittavaa. Keskeyttäneistä kaksi tutkittavaa keskeytti tutkimusjakson sairastumisen vuoksi, kaksi tutkittavaa keskeytti harjoitusvammojen vuoksi ja yksi tutkittava loukkaantui tutkimuksen ulkopuolisessa liikuntasuorituksessa. Tutkimuksen loppuun asti suorittaneista 5 tutkittavaa kuului LI-ryhmään ja 5 SI-ryhmään. Kaikkien loppuun asti tutkimuksen suorittaneiden tulokset otettiin huomioon tulositylyksissä.

5.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksessa vertailtiin kahden erilaisen intervalliprotokolan vaikutusta juoksun kestävyysuorituskykyyn vaikuttaviin tekijöihin, kuten maksimaaliseen hapenottokykyyn, anaerobiseen suorituskkykyyn, hermolihasjärjestelmän toimintaan sekä taloudellisuuteen. Tutkimuksessa kaksi ryhmää suoritti neljän viikon harjoitusjakson, jonka aikana ryhmien välinen ero oli ainoastaan intervalliharjoituksen protokolassa. Neljän viikon harjoitusjakson aikana jokaisella harjoitusviikolla suoritettiin yksi kontrolliharjoitus, joissa mitattiin sykettä, laktaattia, RPE:tä sekä hengityskaasumuuttujia. Ryhmien harjoitusjakson aikaista kehittymistä seurattiin lähtötestien (pre)- ja lopputestien (post) tuloksia vertailemalla.

Testiviikot: Testiviikoilla tutkittavat suorittivat maksimaalista hapenottokykyä mittaavan juoksutestin, maksimaalisen anaerobisen juoksutestin sekä 20 metrin nopeustestin. Ennen ensimmäistä testiä tutkittavilta mitattiin pituus, paino sekä rasvaprosentti. Alkutestit suoritettiin ennen harjoitusjakson alkua siten, että testiviikon ja harjoitusjakson alkamisen väliin jäi vähintään 3 päivää aikaa palautua. Lopputestit pyrittiin aloittamaan noin 5 päivää viimeisen harjoituksen jälkeen, mutta aikaväli vaihteli yksilöiden välillä 4 päivästä 7:n päivään.

Harjoitusjakso: Neljän viikon harjoitusjaksolla suoritettiin yhteensä kymmenen harjoitusta. Kahdella ensimmäisellä viikolla harjoituksia suoritettiin 2 kertaa viikossa ja kahdella viimeisellä viikolla 3 harjoitusta viikossa. Neljä harjoitusta oli kontrolliharjoituksia, missä

kerättiin dataa hengityskaasuista, sykkeestä sekä laktaatista. LI-ryhmän suorittama protokola oli harjoitusjakson aikana 4*4 min, joissa sarjat erosivat toisistaan 2 minuutin aktiivisella palautuksella. SI-ryhmän suorittama protokola oli 3*10*30 s, jossa vedot erottuivat toisistaan 15 s aktiivisella palautuksella ja sarjat erottuivat toisistaan 2.5 min aktiivisella palautuksella. LI-ryhmä suoritti intervallit keskiarvallisesti 84.5 % - ja SI-ryhmä 93.0 % intensiteetillä $v\dot{V}O_{2max}$:sta.

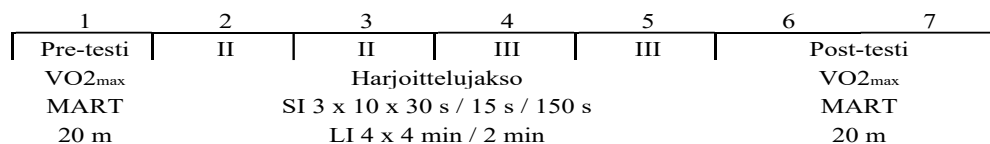
5.3 Harjoittelu ja ohjelmointi

Tutkittavat jaettiin kahteen eri ryhmään, pitkiin- ja lyhyisiin intervaleihin. Tutkittavat aloittivat tutkimusjakson viikkojen 43–45 aikana, jolloin jokainen viikko muodosti oman ryhmänsä. Ryhmässä olleet jaettiin kahtia ennen harjoitusjaksoa tehdyn suoran maksimaalisen hapenottokyvyn teoreettisen VO_{2max} arvon perusteella, jonka jälkeen ryhmien intervalliprotokola arvottiin. Toiminto suoritettiin identtisesti jokaisen ryhmän kohdalla ensimmäisen testiwiikon jälkeen. Näin ollen lähtötilanteessa molemmat ryhmät saatiin teoreettisen hapenottokyvyn lähtötason osalta lähelle toisiaan.

Harjoituksia suoritettiin ensimmäisellä kahdella viikolla kaksi kertaa viikossa ja viimeisellä kahdella viikolla kolme kertaa viikossa, jonka myötä koko harjoitusjakson aikana tehtiin kymmenen harjoitusta. Tutkittavia ohjeistettiin suorittamaan harjoitukset samoina päivinä ja aikoina mahdollisuuksien mukaan. Tutkittavia ohjeistettiin pitämään jokaisen harjoituksen jälkeen vähintään yksi lepopäivä ennen seuraavaa harjoitusta. Tutkittavien harjoittelua sekä palautumista seurattiin niin kontrolliharjoitusten, omatoimiharjoitusten datan kuin myös harjoituspäiväkirjojen avulla. Viimeisellä kahdella viikolla tutkittavia ohjeistettiin pitämään huoli erityisen tarkasti palautumisesta harjoitusmäärän lisääntyessä. Koska harjoitusmäärät lisääntyivät viimeisellä kahdella viikolla, ei kaikki tutkittavat voineet suorittaa harjoituksia samoina päivinä läpi harjoitusjakson.

Harjoitusryhmien välillä ei ollut eroja viikkorytmissä, vaan molempia harjoitusryhmiä ohjeistettiin harjoittelemaan täysin samoilla ohjeilla. Viimeisen harjoituksen jälkeen tutkittavia ohjeistettiin pitämään vähintään 5 päivää taukoa harjoittelusta, ennen kuin tutkimusjakson

lopputestit aloitettaisiin. Tällä tauolla pyrittiin siihen, että harjoitusjakson aikaisesta kuormituksesta ehdittäisiin palautua viimeiselle testiviikolle mahdollisimman hyvin.



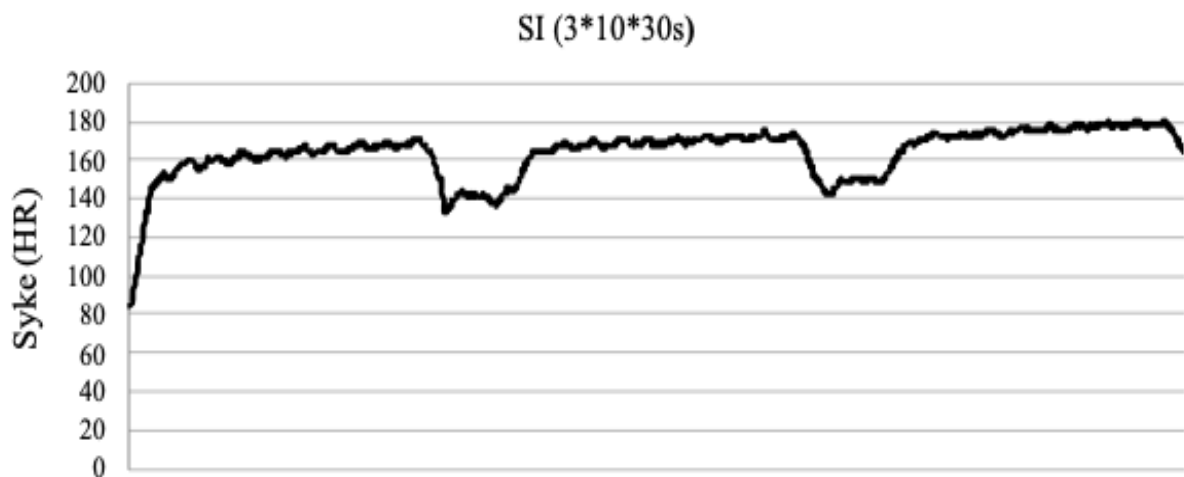
KUVA 3. Tutkimusjakson läpivienti. Harjoittelujakson kahdella ensimmäisellä viikolla suoritettiin kaksi harjoitusta viikossa ja kahdella viimeisellä viikolla kolme harjoitusta viikossa.

Tutkittavat pitivät jokaisessa harjoituksessa omaa sykemittaria sekä kelloa, joilla he tarkkailivat sykettä sekä vauhtia. Jokaisen harjoitusviikon jälkeen tutkittavat toimittivat harjoitusdatansa tutkijaryhmälle, jotka purkivat viikon harjoituksista kertyneen datan. Mikäli tutkittavien harjoittelussa ilmeni huomautettavaa, harjoitteluun puututtiin seuraavan viikon kontrolliharjoituksissa ja ohjeita tarkennettiin.

Harjoitusjakson aikana tutkittavilta oli kielletty muu vauhti- ja maksimikestävyys harjoittelu. Tutkittavilla oli mahdollisuus tehdä harjoitusjakson aikana omatoimista matalatehoista kestävyys harjoittelua sekä voimaharjoittelua, jota ei tutkimuksessa rajoitettu. Harjoitukset ohjeistettiin tekemään pitävällä alustalla turvallisuuden vuoksi sekä kehoitettiin harjoittelemaan sellaisessa paikassa, missä kuljettua matkaa on helppo arvioida. Harjoitusjakson läpäisemiseksi edellytettiin, että tutkittava suoritti vähintään 9 harjoitusta harjoitusjakson 10 harjoituksesta. Tällä varauduttiin siihen, että mikäli tutkittava saattaisi sairastua esimerkiksi lyhyeen flunssan, ei hänen koko harjoitusjaksonsa päättyisi yhden välistä jääneen harjoituksen takia.

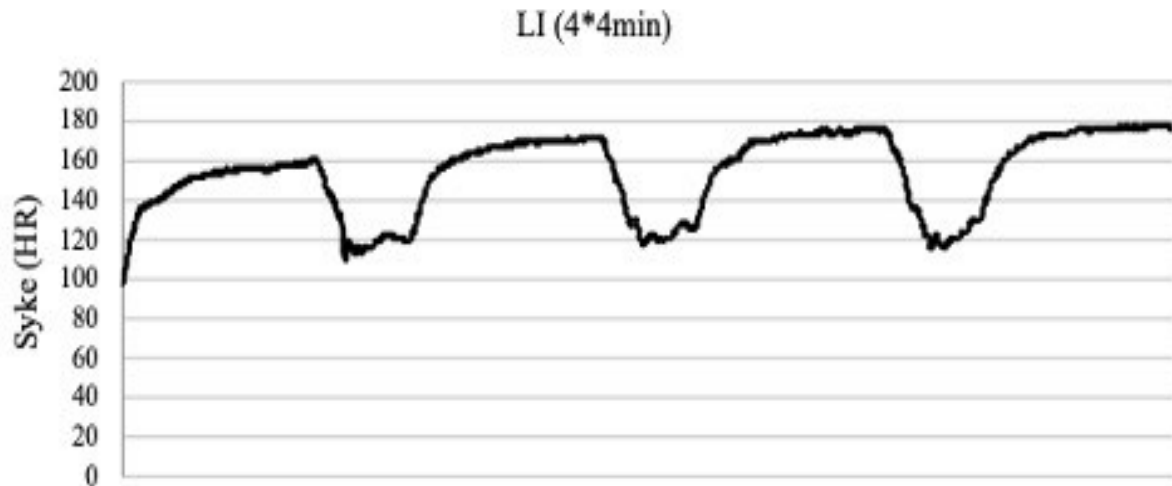
Harjoituksien alkuverryttelyt tehtiin samalla protokolalla. Alkuverryttely koostui 10 minuutin verryttelystä, joka piti sisällään 2*30 sekunnin kovemmat vedot, jotka suoritettiin usein ensimmäisen intervallin aloituskuormalla. Tutkittavia ohjeistettiin myös tekemään jokaisen harjoituksen jälkeen vähintään 5 minuutin loppuverryttely.

3*10* 30 s: SI-ryhmä suoritti 30 sekunnin intervalleja, joissa toistopalautus oli 15 s ja sarjapalautus 2,5 minuuttia. Palautukset vetojen ja sarjojen välissä olivat aktiivisia palautuksia, jotka suoritettiin 50 % suoran testin maksimaalisesta nopeudesta. Intervallien nopeudet laskettiin suoran testin maksiminopeutta hyödyntäen. Suoran testin maksimaalisesta nopeudesta laskettiin 90 %, jolla harjoituksia lähdettiin suorittamaan. Ensimmäinen harjoitusjakson harjoitus oli kontrolliharjoitus, jonka tarkoituksena oli tehdä protokola tutuksi tutkittavalle, mutta myös sykkeen ja RPE:n avulla selvittää intervallien intensiteetit tarkemmin. SI-ryhmää ohjeistettiin suorittamaan intervalliharjoitteet mahdollisimman suurella keskinopeudella, mutta kuitenkin siten että he jaksavat suorittaa intervalliharjoitteet loppuun asti. Harjoittelussa korostettiin progressiivisuutta ja harjoituksen keskinopeuden kasvatusta tavoiteltiin jokaisessa harjoituksessa. Kyseinen intervalliharjoittelumenetelmä on muokattu versio juoksuun Rønnestadin ym (2015) tutkimuksesta, jossa intervallit suoritettiin pyöräillen.



KUVA 4. Esimerkki kuva SI-harjoituksen sykekäyrästä.

4*4min: LI-ryhmä suoritti 4*4min intervalleja, joissa palautus sarjojen välissä on 2 minuuttia. Sarjojen välinen palautus oli aktiivinen palautus, joka suoritettiin 50 % teholla suoran testin maksimaalisesta nopeudesta. LI-ryhmä ohjeistettiin suorittamaan harjoitteet mahdollisimman suurella keskinopeudella, mutta kuitenkin siten, että he jaksavat suorittaa intervallit loppuun asti. Intervallien nopeudet määritettiin hyödyntämällä suorasta testistä saatuja kynnyсарvoja, joista anaerobisen kynnyksen nopeudella lähdettiin intervalleja suorittamaan. Harjoittelussa korostettiin progressiivisuutta ja harjoituksen keskinopeuden kasvatusta tavoiteltiin jokaisessa harjoituksessa.



KUVA 5. Esimerkki kuva LI-harjoituksen sykekäyrästä.

5.4 Mittaukset

Kehonkoostumusmittaukset, kestävyysmittaukset sekä nopeusmittaus suoritettiin tutkimusjakson aikana kahdesti. Tutkittavilta mitattiin ennen tutkimusjakson alkua pituus, paino sekä kehon rasvaprosentti, johon käytettiin ihopoimiumittausta. Samat mittaukset suoritettiin myös ennen tutkimusjakson päättäneitä testiviikkoja. Kontrolliharjoituksissa mitattiin tutkittavan sykettä, hengityskaasumuuttujia, laktaattia sekä RPE:tä. Harjoitusjakson aikana kerran viikkoon tehdyissä kontrolliharjoituksissa mitattiin myös ennen harjoituksen alkua tutkittavan paino.

Alku- ja lopputestit suoritettiin siten, että kestävyystestien väliin jätettiin aina vähintään yksi päivä palautumista varten. 20 metrin nopeustestin osalta aikataulu ei ollut yhtä tarkka, vaan tutkittavat saattoivat juosta kestävyystestin nopeustestin jälkeisenä päivänä nopeustestin matalan kuormittavuuden vuoksi. Testit sekä kontrolliharjoitukset pyrittiin tutkittavien osalta suorittamaan mahdollisimman pitkälle samoja kellon aikoja noudattaen, mutta harjoitusmäärien lisääntyessä, tuli kontrolliharjoitusten aikatauluissa myös muutoksia. Testiin valmistautuminen ohjeistettiin siten, että testiä edeltävänä päivänä tulisi välttää fyysisesti rasittavaa liikuntaa. Rasvaprosentin mittausta varten tutkittavien ei tarvinnut paastota.

5.4.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Suora maksimaalinen hapenottokyvyn testi suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan tiloissa juoksumatolla (Telineyhtymä, Kotka, Suomi). Testin aloituskuormat olivat 8–11 km/h välissä riippuen tutkittavan lähtötasosta. Tutkittava aloitti post-testit samalta kuormalta, miltä hän oli aloittanut pre-testin. Suorassa maksimaalisen hapenottokyvyn testissä juoksumaton kulma oli koko testin ajan 0.6 astetta. Testin aikainen hapenkulutus mitattiin hengityskaasuanalysaattorilla hengitys hengitykseltä -menetelmällä (Jaeger, Vyntys, CPX, Saksa). Hengityskaasuanalysaattorille suoritettiin ennen jokaista testiä virtaus- sekä kaasukalibraatio. Suorassa testissä käytettiin kolmen minuutin kuormitusportaita, jotka pitivät sisällään laktaatin oton. Kuormituksen nopeus nousi jokaisen portaan jälkeen 1 km/h. Jokaisen kuorman jälkeen matto pysäytettiin laktaattinäytettä varten, joka kesti keskiarvollisesti noin 20 sekuntia. Laktaattinäytteet analysointiin välittömästi testin jälkeen Biosen S_line Lab + laktaattianalysaattorilla (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Testin aikana sykettä seurattiin Polar V800 -sykemittarilla (Polar Electro, Kempele, Suomi). Sykettä seurattiin jokaisen kuorman viimeiseltä 30 sekunnilta (keskiarvo) ja testin jälkeen sykeadatasta määritettiin testin aikainen maksimisyke.

VO_{2max} - arvo määritettiin testin aikaisesta korkeimmasta kahden perättäisen 30 sekunnin keskiarvosta. Suoran maksimaalisen hapenottokyvyntestin maksiminopeus (V_{max}) määritettiin testin viimeisen kuorman nopeudesta tai kesken jääneen kuorman painotetusta keskiarvosta (viimeisen loppuun asti juostun kuorman nopeus + juostu aika $-20 \text{ s}/180 \text{ s} * 1 \text{ km/h}$).

5.4.2 Maksimaalinen anaerobinen juoksutesti

Maksimaalinen anaerobinen juoksutesti (MART) suoritettiin Jyväskylän yliopiston Liikuntatieteellisen tiedekunnan tiloissa juoksumatolla (Telineyhtymä, Kotka, Suomi). Testissä testin aloituskuormat olivat 10–13 km/h välissä riippuen tutkittavan lähtötasosta. Testissä pyrittiin juoksemaan 8–10 kuormitusta. Tutkittava aloitti post- testit samalta kuormalta, miltä oli aloittanut pre-testit ennen tutkimusjakson alkua. Maksimaalisessa anaerobisessa juoksutestissä juostiin 20 sekunnin kuormituksia, joita seurasi aina 100 sekunnin palautus.

Testissä kuormitukset juostiin 3.0 asteen kulmalla ja jokaisen kuorman jälkeen vauhti nousi 1.4 km/h. Jokaisen kuorman jälkeen matto pysähtyi ja tutkittavalta otettiin laktaattinäyte. Testissä mitattiin tutkittavan maksimaalista sykettä 30 sekuntia jokaisen kuorman jälkeen sekä kuinka alhaalle syke ehtii pudota 100 sekunnin palautuksen aikana. Testissä otettiin laktaattinäytteet ennen testiä, jokaisen kuorman jälkeen, välittömästi testin loppumisen jälkeen sekä 2,5-, 5- ja 10 minuuttia testin loppumisen jälkeen. Testissä määritettiin maksimaalinen juoksunopeus (V_{MART}), joka kuvaa viimeisen kuorman nopeutta.

MART-testissä seurattiin taloudellisuutta 12.7 ja 17.1 km/h kuormilla. Kyseisillä nopeuksilla taloudellisuutta seurattiin mittaamalla kuorman jälkeistä laktaattia, kuorman jälkeistä maksimisykettä sekä palautussykettä 90 sekuntia kuorman päättymisen jälkeen. Taloudellisuutta päätettiin seurata tietyillä vakiokuormilla laktaatin sijasta sen takia, että tutkittavien lähtötason sekä menetelmän tuntemattomuuden vuoksi 10 mmol/l ja 13 mmol/l laktaattitasoja saavutti vain harvat, jolloin taloudellisuuden muutoksia suurilla nopeuksilla ei olisi voinut tulkita.

Testiin kuului myös kontaktimatolla (Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylä, Suomi) tehdyt esikevennetyt hyppy, joilla mitattiin hermolihasjärjestelmän toimintaa sekä testin aikaista väsymistä. Tutkittava sai ennen testiä suorittaa muutamia koehyppyjä, joilla varmistettiin oikea suoritustekniikka. Testissä tekniikka oli vakioitu seuraavasti: Kädet lanteilla koko testin ajan, lähtöasentona hartioiden levyinen haara-asento, ilmalennon aikana jalkojen tuli olla suorana ja alastulovaiheessa tarkkailtiin niauksia. Esikevennetyssä testissä polvikulmaa ei vakioitu, vaan tutkittavalle annettiin mahdollisuus suorittaa suoritus itselle sopivimmasta kulmasta. Tutkittavan tulos määrittyi kolmesta hypystä, mistä otettiin huomioon kahden parhaan tuloksen keskiarvo. Mikäli tutkittava onnistui parantamaan tulostaan kolmannella hypyllä, hän sai jatkaa hyppimistä niin pitkään kun tulokset parantuivat. Hyppy erotettiin toisistaan 10 sekunnin palautuksella. Kevennyshyppyjen tulos määritettiin hypyn lentoajan perusteella, mikä käännettiin vastaamaan senttimetrejä.

5.4.3 20 m nopeustesti

20 metrin nopeustesti suoritettiin Jyväskylän Hipposhallin tiloissa. Testi toteutettiin valokennoilla (Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylä, Suomi), jotka sijoitettiin nollakohdasta katsottuna 20 metrin ja 40 metrin päähän. Ennen testin alkua tutkittava juoksi 10 minuutin lämmittelyn vapaavalintaisella nopeudella. Lämmittelyn jälkeen suoritettiin dynaamisia jalkojen venytyksiä sekä suoritettiin neljä kertaa 50 metrin avausvedot nousevalla nopeudella. Vielä ennen testin aloitusta tutkittava suoritti 5 kertaa pudotushypyt sekä 5 jatkuvaa pohjehyppyä.

Testissä tutkittava juoksi 40 metrin matkan, joista ensimmäinen 20 metriä käytettiin maksimaalisen vauhdin saavuttamiseen ja viimeisen 20 metrin aika mitattiin valokennoilla. Tutkittava suoritti testit omalla lähdöllä, eikä suoritusten välissä ollut palautumisaikaa määritetty. Testissä tutkittavalla oli kolme yritystä, joista paras tulos otettiin huomioon. Mikäli tutkittava onnistui parantamaan aikaansa kolmannella vedolla, hän sai jatkaa juoksemista niin pitkään kun tulos parantui. 20 metrin nopeustestin tulos ilmoitetaan matkaan kuluneena aikana (T20m).



KUVA 7. Kuva 20 metrin nopeustestin testitilanteesta. Kuvassa oikealla oleva valokenno (Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylä, Suomi) toimi virallisena ajan mittaajana. Vasemmalla olevaa valokennoa käytettiin satunnaisesti tutkimusjakson aikana yhtä aikaa virallisen valokennon kanssa, jotta mittauskorkeudesta sekä laitteesta johtuvia eroavaisuuksia saataisiin havainnoitua.

5.4.4 Tilastolliset analyysit

Tutkimuksen tulokset on esitetty keskiarvoina sekä keskihajontoina. Otoksoon pienuuden vuoksi harjoitteludata ja suorituskykymuuttujat ryhmien välisessä vertailussa on analysoitu käyttämällä Mann-Whitney U-testiä. Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä analysoitiin ryhmien sisäiset muutokset pre- ja post testien välillä. Spearmanin järjestyskorrelaatiolla tutkittiin tutkittavien lähtötason, harjoittelun määrän ja suorituskykymuuttujien suhteellisen kehityksen välisiä korrelaatioita. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0.05^*$. Muut raja-arvot tilastollisille merkitsevyyksille olivat $p < 0.01^{**}$ ja $p < 0.001^{***}$. Tuloksien analysoimiseen käytettiin Microsoft Excel v.16.47.1 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) sekä IBM SPSS Statics v.27-ohjelmia (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

6. TULOKSET

6.1 Kehonkoostumus

Kehon painossa ei havaittu harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitseviä muutoksia kummankaan ryhmän osalta. LI-ryhmällä paino laski harjoitusjakson aikana 0,9 kg ($68,7 \pm 9,3$ kg vs. $67,8 \pm 10,2$ kg, $p=0,170$) ja SI-ryhmällä 0,5 kg ($68,6 \pm 11,3$ vs. $68,1 \pm 9,7$ kg, $p=0,444$). LI-ryhmällä kehon rasvaprosentti putosi harjoitusjakson aikana 0,8 % ($23,8 \pm 8,2$ vs. $23,0 \pm 8,6$ %), kun taas SI-ryhmällä kehon rasvaprosentti nousi harjoitusjakson aikana 0,7 % ($17,5 \pm 6,0$ vs. $18,2 \pm 7,4$ %).

6.2 Pre- ja Post testit

6.2.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalisen hapenottokyvyn testin tulokset ovat esitetty taulukossa 3. Maksimaalisessa hapenottokyvyn (ml/kg/min) testissä havaittiin merkitsevä ero LI-ryhmän pre- ja post testin välillä, kun taas SI-ryhmän osalta pre- ja post testissä ei aivan havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Ryhmien välillä VO_{2max} ml/kg/min tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, vaikka LI-ryhmä paransi tuloksiaan ja vastaavasti SI-ryhmän tulokset heikkenivät. SI-ryhmällä havaittiin korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn (ml/kg/min) ja maksimaalisen sprinttinopeuden (-0.975^{**} , $p=0.005$), välillä. LI-ryhmällä korrelaatioita havaittiin maksimaalisen sprinttinopeuden (0.900^* , $p=0.037$), MART-12.7 km/h kuorman laktaatin (-0.900^* , $p=0.037$) ja MART -17.1 kuorman palautussykkeen (0.900^* , $p=0.037$) välillä.

TAULUKKO 3. Taulukossa eriteltynä maksimaalisen hapenottokyvyntestin mitatut muuttujat pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä. *p<0,05, kuvaa Pre- ja Post testien välistä tilastollista eroavaisuutta.

Muuttuja	LI		SI	
	Pre	Post	Pre	Post
VO _{2max} l/min	3,1 ± 0,4	3,2 ± 0,5 *	3,4 ± 1,1	3,3 ± 0,9
VO _{2max} ml/kg/min	45,5 ± 4,4	48 ± 5,0*	49,5 ± 10,5	48,1 ± 8,4
V _{max} (km/h)	15,7 ± 1,3	16 ± 1,6	17 ± 2,5	17,1 ± 2,1
HR _{max} (bpm)	190 ± 10	188 ± 8	196 ± 8	192 ± 8
LA _{max} (mmol/l)	8,7 ± 1,9	10,3 ± 1,7	10,5 ± 1,5	10,7 ± 2,3

V_{max}:n alku- ja lopputestin välillä ei kummankaan ryhmän osalta havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta, vaikka molemmat ryhmät paransivat testin loppunopeutta. Myöskään ryhmien tulokset eivät eronneet toisistaan merkitsevästi. Maksimaalisen hapenottokyvyn testin maksimisyke (HR_{max}) ei eronnut pre- ja post testien välillä merkitsevästi kummankaan ryhmän osalta, eikä ryhmien välillä tuloksissa ollut merkitsevää muutosta. LI-ryhmällä V_{max}:n havaittiin korreloivan maksimaalisen sprinttinopeuden (T20m) kanssa (-0.900*, p=0.037). Maksimaalisessa laktaatissa (LA_{max}) ei havaittu merkitsevää eroa pre- ja post testin välillä, kuten ei myöskään ryhmien välisessä vertailussa.

6.2.2 MART & 20 metrin nopeustesti

V_{MART} (km/h) parani tilastollisesti merkitsevästi LI-ryhmällä pre- ja post testien välillä, mutta SI-ryhmän kohdalla tilastollisesti merkitsevää eroa ei havaittu, kuten ei myöskään ryhmien välisessä vertailussa. V_{MART}:n havaittiin korreloivan SI-ryhmän MART-testin LA_{post}⁰:n (-0.900*), LA_{post}^{2.5} (-0.900*) ja 12.7 HR_{max}:n (-0.900*) kanssa. LI-ryhmällä pre- ja post testien tulokset MART-testissä korreloivat VO_{2max} ml/kg/min muutoksen kanssa (0.975** p=0.005). Kun kaikki tutkimusjakson läpäisseet tutkittavat katsottiin yhtenä joukkona, havaittiin että ennen harjoitusjakson alkua tehdyssä pre-testissä saavutettu V_{MART} korreloi

esikevennyshyppyjen kanssa pre- (0.774**, p=0.009) sekä post (0.766**, p=0.010) testissä, kuin myös T20m pre- (-0.827**, p=0.003) ja T20m post (-0.888**, p<0.001) testissä.

MART testissä mitattiin sykettä ja laktaattia 12.7 km/h ja 17.1 km/h submaksimaalisilla kuormilla. Maksimi sykkeessä 12.7 km/h kuormalla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa pre- ja post testien välillä kummallakaan ryhmällä, kuten ei myöskään 17.1 km/h kuormalla. MART-testin 12.7 HR_{max}:n havaittiin korreloivan SI-ryhmällä MART testin LA_{max}:n (0.900*), V_{MART}:n (0.900*), CMJ_{post}⁰:n (-0.900*) ja 17.1HR_{max}:n (0.900*) kanssa. LI-ryhmällä korrelaatiota havaittiin MART – testin LA_{post}⁰ (0.975**) kanssa. Kun kaikkia tutkittavia tarkasteltiin yhtenä joukkona, havaittiin merkittävä korrelaatio MART-testin maksimilaktaatin (LA_{max}), esikevennyshyppyjen (CMJ pre 0.766**, p=0.010, CMJ post 0.863**, p=0.010) sekä maksimaalisen sprinttinopeuden (T20m pre -0.669**, p=0.03 ja post -0.729*, p=0.017) välillä.

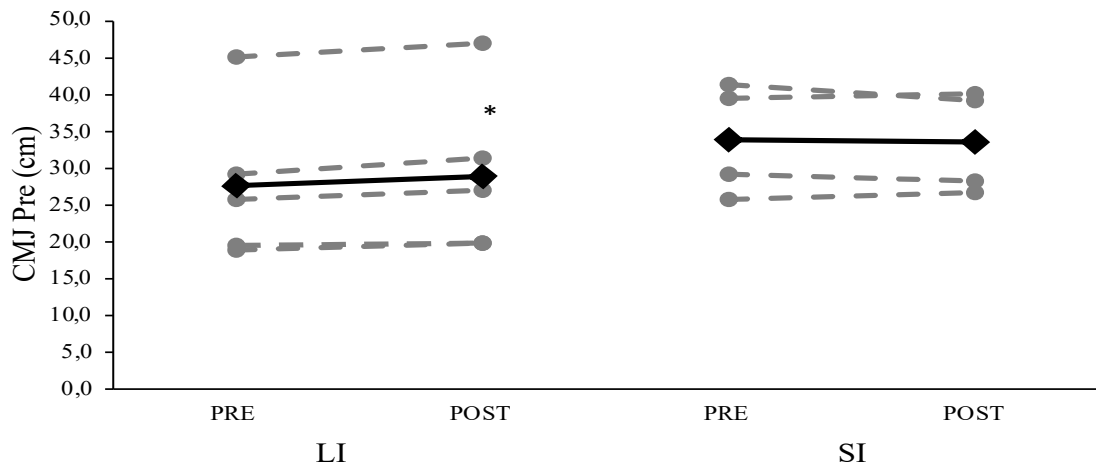
TAULUKKO 4. MART-testissä (maksimaalinen anaerobinen juoksutesti) mitatut muuttujat. 12.7 & 17.1 kuvaavat kyseisillä nopeuksilla (km/h) mitattuja arvoja pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä. * Kuvaa pre-ja post testien välistä tilastollista eroavaisuutta MART-testissä (p<0.05).

Muuttuja	LI		SI	
	Pre	Post	Pre	Post
V _{MART} (km/h)	20,3 ± 1,4	21,1 ± 2,2*	22,5 ± 2,3	22,8 ± 2,4
HR _{max} (bpm)	177 ± 15	176 ± 8	184 ± 13	179 ± 10
LA _{max} (mmol/l)	10,9 ± 3,1	11,2 ± 2,4	11,8 ± 3,7	12,9 ± 4,1
12,7 LA (mmol/l)	1,5 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,6 ± 0,3	1,5 ± 0,2
17,1 LA (mmol/l)	4,2 ± 1,8	3,8 ± 1,6	2,7 ± 1,7	2,9 ± 1,3
12,7 HR _{max} (bpm)	153 ± 18,1	145 ± 18	154 ± 7	153 ± 8
17,1 HR _{max} (bpm)	170 ± 16	166 ± 13	176 ± 10	169 ± 11
12,7 HR _{pal} (bpm)	109 ± 22	90 ± 28*	109 ± 19	97 ± 14
17,1 HR _{pal} (Bpm)	132 ± 19	117 ± 31	127 ± 27	118 ± 20*

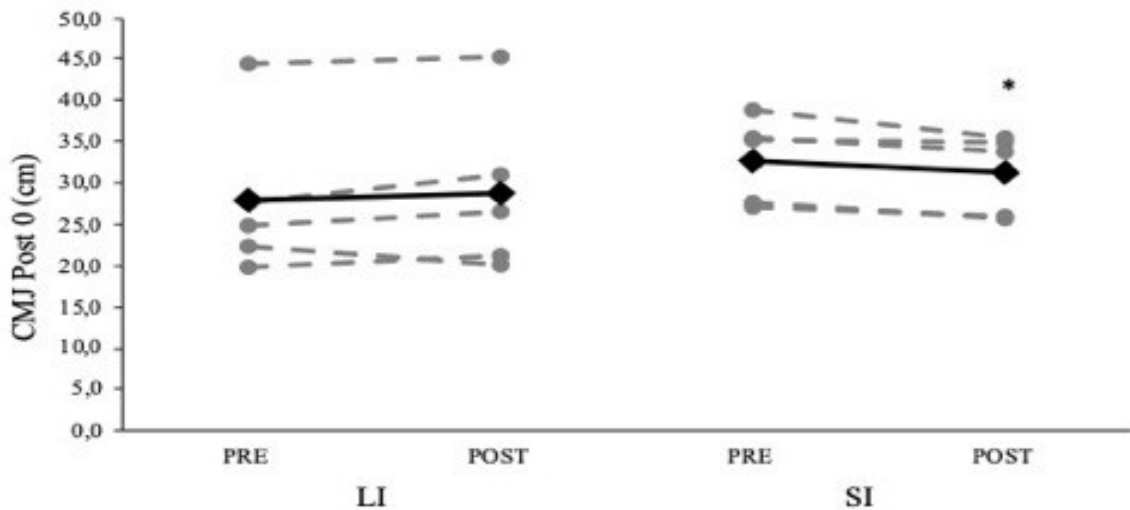
Submaksimaalisten kuormien palautussykkeissä (HR_{pal}) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero LI-ryhmällä 12.7 km/h kuormalla ($p=0.043$) ja SI-ryhmällä 17.1 km/h kuormalla ($p=0.042$). HR_{pal} 12.7 kuormalla (bpm) laski LI-ryhmällä keskiarvollisesti 19.2 lyöntiä ja SI-ryhmällä 12.6 lyöntiä. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia 12.7 km/h kuorman leposykeissä. 17.1 km/h leposykeissä LI-ryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta pre- ja post testin välillä. SI-ryhmällä havaittiin tilastollisesti merkitsevä eroavaisuus pre- ja post testin välillä, kun syke laski 9 lyöntiä testien välillä. Ryhmien välisessä vertailussa tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta. Submaksimaalisten kuormien laktaateissa ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä kummallakaan ryhmällä pre- ja post testien välillä, kuten ei myöskään ryhmien välisessä vertailussa.

Ennen MART testiä suoritetuissa esikevennetyissä hypyissä (CMJ_{pre}) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero LI-ryhmän pre- ja post testien välillä, kun taas SI-ryhmän kohdalla tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia ei löytynyt. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia. CMJ_{pre} havaittiin korreloivan LI-ryhmällä maksimaalisen sprinttinopeuden ($T20m$) kanssa (-0.900^*), mutta SI-ryhmällä vastaavaa korrelaatioita ei havaittu. Koko tutkimusjoukon otannalla havaitaan, että CMJ korreloi $V_{MART:n}$ (pre 0.774^{**} , $p=0.009$ & post 0.823^{**} , $p=0.003$) tulosten kanssa sekä maksimaalisen sprinttinopeuden ($T20m$ pre -0.827^{**} , $p=0.003$ & $T20m$ post -0.888 , $p=0.01$) kanssa. CMJ_{post}^0 :ssa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia pre- ja post testissä LI-ryhmän osalta, mutta SI ryhmässä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero pre- ja post testin välillä ($p=0.042$). Ryhmien välisessä vertailussa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. CMJ_{post}^5 :ssa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia ryhmien sisällä, kuten ei myöskään ryhmien välillä.

Väsymisindeksissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien sisällä, eikä myöskään ryhmien välisessä vertailussa. LI-ryhmällä väsymisindeksi oli pre-testissä $-1.3 \pm 7.4 \%$ ja post-testissä $0.0 \pm 4.2 \%$. Suurin ryhmän sisällä tapahtunut muutos väsymisindeksissä oli -12.6% . SI-ryhmällä väsymisindeksi pre-testissä oli $1.6 \pm 9.4 \%$ ja post-testissä $6.4 \pm 7.1 \%$. SI-ryhmässä suurin ryhmän sisäinen muutos väsymisindeksissä oli 9.5% .

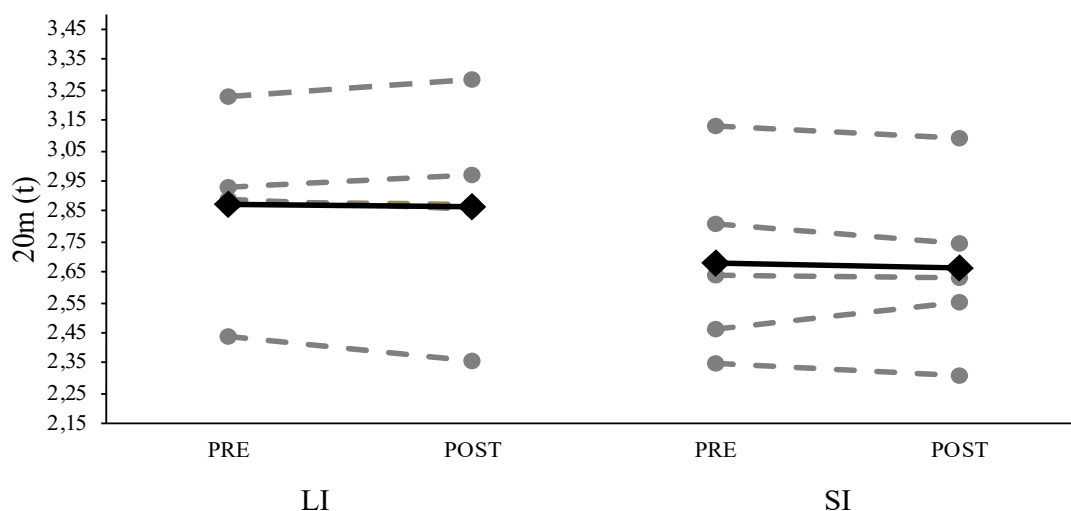


KUVA 6. Ennen MART-testiä suoritettujen esikevennettyjen hyppyjen muutos pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä. SI-ryhmällä kahden tutkittavan tulokset olivat identtiset, minkä vuoksi kuvassa näkyy vain neljä viivaa. *Tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) muutos pre- ja post testin välillä.



KUVA 7. Välittömästi MART-testin jälkeen suoritettujen esikevennettyjen hyppyjen muutos pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä. *Tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) muutos pre- ja post testin välillä.

Maksimaalista juoksunopeutta mittaavassa 20 metrin nopeustestissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien sisällä pre- ja post testien välillä, kuten ei myöskään ryhmien välisessä vertailussa. LI-ryhmällä maksimaalisen juoksunopeuden harjoitusjakson aikaisen muutoksen havaittiin korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksen (ml/kg/min) (-0.900*, p=0.037) ja V_{max} muutoksen (-0.900*, p=0.037) kanssa. SI-ryhmällä maksimaalisen juoksunopeuden havaittiin myös korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksen kanssa (-0.974**, p=0.004). Kaikkien tutkittavien kohdalla havaittiin, että maksimaalinen sprinttinopeus korreloi $V_{MART:n}$ (pre -0.936**, p<0.001 & post -0.985**, p<0.001) sekä CMJ:n (pre -0.827**, p=0.003 & post -0.794**, p=0.006) tulosten kanssa.



KUVA 8. Maksimaalisen sprinttinopeuden muutos pre- ja post- testien välillä pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmillä. LI-ryhmällä kahden tutkittavan tulokset olivat identtiset, minkä vuoksi kuvassa näkyy vain neljä viivaa.

6.3 Harjoitusjakso

Harjoitusjakson aikana harjoittelun kehitystä seurattiin kontrolliharjoituksilla, sekä omatoimiharjoituksista saadulla syke- ja GPS-datalla. Kontrolliharjoitusten osalta molemmat ryhmät pystyivät kasvattamaan harjoituksen keskinopeutta progressiivisesti läpi

harjoitusjakson. Harjoitusjakson muutoksissa huomioon on otettu toinen ja neljäs kontrolliharjoitus, koska ensimmäinen harjoitusjakson harjoitus oli harjoitusmenetelmään totutteleva harjoitus. LI-ryhmällä harjoitusjakson aikainen keskinopeuden muutos oli 0,5 km/h, joka oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0.043$). SI-ryhmällä kontrolliharjoitusten nopeuden keskiarvo muuttui 0.5 km/h, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Ryhmien välillä kontrolliharjoitusten nopeuden keskiarvillisessa muutoksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta. LI-ryhmä suoritti intervallit keskiarvillisesti 84.5 % - ja SI-ryhmä 93 % intensiteetillä vVO_{2max} :sta.

Laktaatti nousi LI-ryhmällä toisen ja neljännen kontrolliharjoituksen välillä 0.2 mmol/l ja SI-ryhmällä 0.7 mmol/l. Kummankaan ryhmän muutokset laktaateissa toisen- ja neljännen kontrolliharjoituksen välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, eikä myöskään ryhmien väliltä löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa. Harjoituksien kuormittavuutta seurattiin RPE-taulukoinnilla, jossa jokaisen juostun kuorman jälkeen tutkittava ilmoitti kokeneen rasituksensa. Kummankaan ryhmän osalta RPE:ssä ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, eikä ryhmien väliltä löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia.

Omatoimiharjoituksissa LI-ryhmä saavutti suurimman keskinopeutensa viikolla 3. Toiselta harjoitusviikolta neljännelle viikolle omatoimiharjoitusten keskinopeus nousi 0.3 km/h, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä. SI-ryhmä saavutti suurimman keskinopeutensa viikolla 2. SI-ryhmällä harjoitusten keskinopeus laski harjoitusjakson aikana ja pudotusta viikosta kaksi- viikkoon neljä oli 0.5 km/h. Myöskään SI-ryhmän osalta ei keskinopeuden muutoksissa löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta.

TAULUKKO 8. Kontrolli- ja omatoimiharjoitusten mitatut muuttujat pitkien- (LI, $n=5$) ja lyhyiden intervallien (SI, $n=5$) harjoitteluryhmillä. *Tilastollisesti merkitsevä ($p<0.05$) muutos toisen- ja neljännen harjoitusviikon välillä.

LI						
Vko	Kontrolliharjoitus				Omatoimiharjoitus	
	Km/h	HR	RPE	La (mmol/l)	Km/h	HR
1	12,6 ± 1,4	172 ± 9	16,7 ± 1,2	3,8 ± 1,4	13,7 ± 1,7	168 ± 10
2	13,3 ± 1,4	176 ± 9	16,9 ± 0,9	5,8 ± 1,8	13,7 ± 1,8	165 ± 10
3	13,5 ± 1,5	178 ± 9	16,8 ± 0,8	5,6 ± 1,7	14,1 ± 1,6	168 ± 10
4	13,8 ± 1,5*	176 ± 11	17,2 ± 0,9	6,0 ± 3,2	14,3 ± 1,5	168 ± 9

SI						
Vko	Kontrolliharjoitus				Omatoimiharjoitus	
	Km/h	HR	RPE	La (mmol/l)	Km/h	HR
1	15,3 ± 2,8	175 ± 5	15,9 ± 0,8	2,8 ± 0,5	17,0 ± 2,6	169 ± 8
2	16,0 ± 3,0	179 ± 6	16,8 ± 0,3	4,0 ± 1,0	16,4 ± 3,2	170 ± 7
3	16,1 ± 2,9	182 ± 9	16,5 ± 0,4	4,3 ± 1,2	16,1 ± 3,6	171 ± 5
4	16,4 ± 3,1	183 ± 9	17,1 ± 0,6	4,7 ± 0,7	16,0 ± 3,7	171 ± 6

Omatoimiharjoitusten keskisykkeet olivat viikkotasoilla lähellä toisiaan molemmilla ryhmillä. LI-ryhmällä toisesta viikosta neljanteen viikkoon tapahtui sykkeessä nousua keskiarvillisesti kolme lyöntiä. LI-ryhmän kohdalla kuitenkin kolmella viikolla neljästä syke pysyi täysin samana, kun keskiarvosyke oli 175 bpm. SI-ryhmän kohdalla ei sykkeessä tapahtunut juurikaan muutoksia, kun toisen ja neljännen viikon erotus oli ainoastaan yhden lyönnin. Korkeimman keskisykkeen SI-ryhmä saavutti viikolla 4, jolloin syke oli 178 ± 7 bpm. Kummankaan ryhmän sisällä, eikä ryhmien välillä havaittu tilastollisesti merkitseviä muuttujia omatoimiharjoitusten sykkeiden osalta.

TAULUKKO 9. Pitkien- (LI, n=5) ja lyhyiden intervallien (SI, n=5) harjoitteluryhmien väliset eroavaisuudet harjoitusjakson aikaisessa harjoittelussa. Juoksu km (Juoksuharjoittelu kilometreissä), Juoksu h:mm (Juoksuharjoittelun kokonaiskesto; tunnit: minuutit), Pk (Peruskestävyys harjoittelu), Vk (Vauhtikestävyys harjoittelu), Mk (Maksimikestävyys harjoittelu), Tunnit h:mm (kokonaisharjoittelun kesto; tunnit: minuutit).

LI						
Vko	Juoksu km	Juoksu h:mm	Pk	Vk	Mk	Tunnit h:mm
1	23.0 ± 10.7	2:42 ± 1:32	3:51 ± 2.46	0:34 ± 0:36	0:35 ± 0:13	5:32 ± 2:08
2	23.6 ± 18.4	2:34 ± 2:05	3:15 ± 2:24	0:43 ± 0:49	0:30 ± 0:02	5:13 ± 2:10
3	30.8 ± 13.4	3:09 ± 1:22	3:53 ± 3:14	0:22 ± 0:50	0:41 ± 0:08	5:30 ± 2:30
4	29.4 ± 14.6	2:47 ± 1:20	3:49 ± 2:00	0:08 ± 0:18	0:41 ± 0:14	5:06 ± 1:49
SI						
Vko	Juoksu km	Juoksu h:mm	Pk	Vk	Mk	Tunnit h:mm
1	42.2 ± 31.0	3:32 ± 2:08	4:48 ± 1:35	0:12 ± 0:27	0:31 ± 0:00	6:43 ± 1:37
2	42.6 ± 38.6	3:13 ± 2:25	5:44 ± 2:22	0:19 ± 0:44	0:35 ± 0:07	8:22 ± 2:19
3	46.8 ± 38.2	3:46 ± 2:19	4:25 ± 2:39	0:19 ± 0:41	0:48 ± 0:00	6:40 ± 3:30
4	28.6 ± 8.1	2:33 ± 1:16	4:16 ± 2:24	0:12 ± 0:23	0:39 ± 0:19	5:50 ± 3:09

Harjoitusjakson aikaiset muutokset harjoitusmäärissä ovat kuvattuna taulukossa 9. Molemmilla ryhmillä juostut kilometrit lisääntyivät harjoitusjakson edetessä. Ajassa mitattuna molemmilla ryhmillä kolmas harjoitusviikko sisälsi eniten juoksuharjoittelua. Harjoitusten intensiteetin jakaumassa ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien sisällä tai ryhmien välillä. LI-ryhmän post-testiviikko alkoi keskiarvallisesti päivän aikaisemmin kuin SI-ryhmällä (5.6 ± 2.0 vs 6.6 ± 2.8), mutta näiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Kun kaikkia tutkittavia tutkittiin yhtenä tutkimusjoukkona, niin juoksuharjoitteluun käytettyjen tuntien havaittiin korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max} ml/kg/min post) kanssa (0.886^* , $p=0.019$).

7. POHDINTA

Tulokset osoittavat, että harjoitusjakson aikana intervalliharjoittelulla saavutettiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia kestävyysuorituskykyyn vaikuttavissa ominaisuuksissa. Ryhmien välisessä vertailussa havaittiin, että ryhmien väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia missään mitatussa muuttujassa.

Tutkimuksessa anaerobista suorituskkyä mitattiin MART-testillä. Molemmissa MART-testeissä SI-ryhmä saavutti suuremman maksimaalisen nopeuden kuin LI-ryhmä, mutta ryhmien välisessä vertailussa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta. Harjoitusjakson aikana LI-ryhmän MART-testin maksimaalisen nopeuden kehitys pre-post testien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseväksi muutokseksi. LI-ryhmän tilastollisesti merkitsevää tulosparannusta voi selittää se, että ryhmän havaittiin myös parantavan tilastollisesti merkitsevästi 12,7 km/h kuorman palautuskykyä. Parantuneen taloudellisuuden submaksimaalisilla kuormilla on katsottu vaikuttavan positiivisesti juoksun suorituskkyisyyteen (Pate & Branch 1992). Mitä vähemmän henkilö kuluttaa happea tietyllä submaksimaalisella nopeudella, sitä paremman taloudellisuuden hän omaa ja tällöin pienetkin parannukset taloudellisuudessa kehittävät kestävyysuorituskykyä (Nummela ym. 2007; Rönnestad & Mujika 2014). LI-ryhmällä MART-testin pre- sekä post tulosten havaittiin korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksen kanssa harjoitusjakson aikana. SI-ryhmän V_{MART} :n havaittiin korreloivan LA_{post}^0 :n, $LA_{\text{post}}^{2.5}$:n sekä 12,7 km/h HR_{max} :n kanssa. Tämä viittaa siihen, että SI-ryhmän intervalliharjoittelu on parantanut anaerobista suorituskkyisyyttä sekä taloudellisuutta, mikä voi selittää SI-ryhmän parempaa tulosta.

Molemmilla ryhmillä MART-testin maksimaalinen syke laski ja vastaavasti maksimilaktaatti nousi. SI-ryhmällä muutokset olivat molemmissa muuttujissa verrattain suurempia kuin LI-ryhmällä, mutta kummankaan ryhmän muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Maksimaalisen laktaatin nouseminen MART-testissä kuin myös $VO_{2\text{max}}$ testissä on niin pientä, että anaerobisen kapasiteetin ei voida todeta kehittyneen. Maksimaalisen laktaatin nouseminen tarkoittaa, että kuormituksen aiheuttamaa happamuutta pystytään puskuroimaan paremmin (Green & Dawson 1993). Tulokset osoittavat, että kummallakaan ryhmällä anaerobinen

kapasiteetti ei kehittynyt tilastollisesti merkitsevästi harjoitusjakson aikana, eikä anaerobisessa kapasiteetissa tapahtuneet muutokset korreloineet mattotestin suorituskykyä mittaavien muuttujien (VO_{2max} & V_{max}) kanssa.

Juoksun taloudellisuutta seurattiin mittaamalla laktaattia sekä sykettä MART-testin 12,7- ja 17,1 km/h kuormilla. Laktaatissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia kummankaan ryhmän osalta. LI-ryhmällä havaittiin korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksen sekä MART-testin 12,7 km/h maksimaalisen laktaatin ja palautussykkeen kanssa. Vaikka maksimaalisen hapenottokyvyn testi ja MART-testi ovat luonteeltaan hyvin erilaisia, kyseinen korrelaatio kuvastaa, että parantunut taloudellisuus submaksimaalisilla kuormilla johtaa suurempaan tulokseen maksimaalisilla kuormilla (Rønnestad ym. 2014).

Submaksimaalisten kuormien palautussykkeissä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja molempien ryhmien osalta. LI-ryhmällä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero 12,7 km/h kuormalla ja SI-ryhmällä 17,1 km/h kuormalla. Tulokset eivät eronneet ryhmien välillä tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Molempien ryhmien muutokset palautussykkeissä voivat selittyä sillä, että he harjoittelivat oman harjoitusjakson aikana lähellä kyseisten kuormien nopeuksia. Tätä tukee Jonesin & Carterin (2000) havainto siitä, että juoksijoiden taloudellisuus on parhaimmillaan niillä nopeuksilla, millä he harjoittelevat eniten.

Esikevennetyt hyppyt suoritettiin osana MART-testiä, joilla mitattiin räjähtävää voimantuottokykyä sekä harjoituksellista tilaa. LI-ryhmä paransi harjoitusjakson aikana tuloksiaan merkitsevästi, kun taas SI-ryhmän tuloksista ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä. Pre- testissä LI-ryhmä saavutti korkeimman lentokorkeutensa CMJ_{post}^5 :ssa, kun taas post-testissä korkein lentokorkeus saavutettiin ennen MART-testiä. SI-ryhmällä suurin lentokorkeus saavutettiin molemmissa testeissä ennen MART-testiä tehdyissä hypyissä. LI-ryhmän kohdalla voi olla, että tuloksiin vaikutti suoritteiden tuntemattomuus ja toistojen kautta tapahtuva oppiminen. Tätä tukee se, että pre testin CMJ_{pre} tulos oli kaikki testihyppyt ryhmässä huomioon ottaen huonoin. Ryhmien välillä tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta.

Maksimaalista juoksunopeutta mitattiin 20 metrin nopeustestillä. Kummallakaan ryhmistä ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta 20 metrin nopeudessa harjoitusjakson aikana. Molempien ryhmien osalta VO_{2max} :n muutoksen ja T20m muutoksen välillä havaittiin negatiivinen korrelaatio, mikä tarkoittaa, että harjoitusjakson aikaiset muutokset VO_{2max} :ssa johtivat sprinttinopeuden parantumiseen. Kuitenkin kun tarkastellaan ryhmien välisiä eroja maksimaalisessa hapenottokyvyssä, havaitaan että LI-ryhmä pystyi harjoitusjakson aikana parantamaan tulostaan, kun taas SI-ryhmällä maksimaalinen hapenottokyky laski. Tämä asettaa nopeuden ja maksimaalisen hapenottokyvyn välisen korrelaation ristiriitaan, sillä ryhmillä VO_{2max} ja T20m välinen suhde kulkee eri suuntiin. SI-ryhmällä VO_{2max} heikentyi ja T20m kehittyi, kun vastaavasti LI-ryhmällä VO_{2max} kehittyi ja T20m pysyi vakiona.

Pohdittaessa kyseisen ristiriidan syitä, tulee esiin nostaa ryhmien pieni koko sekä ryhmien sisällä tapahtuvat yksittäiset isot muutokset. Molemmista ryhmistä voidaan havaita suuria muutoksia, jotka pienen otoskoon ryhmässä näyttelevät isoa roolia, kun huomioon otetaan koko ryhmän keskiarvo. SI-ryhmällä muutos nopeudessa harjoitusjakson aikana on myös hyvin lähellä nollaa, mikä kuvaa sitä, että maksimaalisen sprinttinopeuden vaikutus maksimaaliseen hapenottokykyyn olisi hyvin yksilöllistä. Koska tässä yksittäisessä tutkimuksessa tutkimusjoukko on niin pieni ja tulos ristiriitainen, ei tuloksen osalta tulisi tehdä johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen, vaan aihe kaipaa lisätutkimusta.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu maksimaalisen juoksunopeuden olevan tärkeä indikaattori kestävyysjuoksun suorituskykyisyyttä silmällä pitäen, vaikka se ei korreloisikaan suoraan maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Yamanaka ym. (2020) tutkivat sprinttikyvyn vaikutusta pitkän matkan juoksun suorituskykyisyyteen eliittitason juoksijoilla. Tutkimuksessa havaittiin, että tutkittavien 5000 m sekä 10 000 m kauden parhaan ajan ja 100 m sprinttinopeuden välillä oli merkitsevä korrelaatio ja täten maksimaalisen sprinttinopeuden todettiin olevan tärkeä osa kestävyysjuoksun suorituskykyä.

Harjoittelun progressiivisuus ja omatoimiharjoitusten intensiteetti nousee esille, kun pohditaan syitä maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymiseen tai heikentymiseen harjoitusjakson aikana. LI-ryhmä pystyi harjoitusjakson aikana parantamaan maksimaalista hapenottokykyään

tilastollisesti merkitsevästi, kun taas SI-ryhmällä hapenotto- ja keuhkokuivauskyky suhteellisesti heikkeni. SI-ryhmän omatoimiharjoitusten keskinopeudet olivat suurimmillaan viikoilla 1 & 2, jonka jälkeen kahden viimeisen viikon keskinopeudet putosivat alle ensimmäisen viikon keskinopeuden. Vaikka muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, osoittaa kyseinen havainto sen, että SI-ryhmän tavoite keskinopeuden progressiivisesta kasvattamisesta epäonnistui. Aikaisemmissa tutkimuksissa kahden viikoittaisen HIT-harjoituksen on havaittu kehittävästi merkitsevästi keuhkokuivauskykyä (Rønnestad ym 2015; Seiler ym. 2013; Nuutila. 2016). Tämän myötä voidaan pohtia, oliko tutkittavien lähtötasoon nähden kolme intervalliharjoitusta viikossa kahden viimeisen viikon ajan liian rankka tutkittaville.

LI-ryhmällä havaitaan niin kontrolliharjoitusten kuin myös omatoimiharjoitusten osalta selkeää progressiivisuutta harjoitusvauhtien kasvussa. LI-ryhmällä kontrolliharjoitusten keskinopeus kehittyi harjoitusjakson aikana keskiarvallisesti 1,2 km/h. Harjoitusjakson aikaisia tilastollisia muuttujia tarkasteltiin vertailemalla toista harjoitusviikkoa neljanteen harjoitusviikkoon. Vertailu tehtiin toisella harjoitusviikolla ensimmäisen sijasta sen takia, että ensimmäisellä viikolla tehty kontrolliharjoitus oli enemmän harjoitusmetodiin tutustuttava harjoitus, jossa tehtiin muihin harjoituksiin verrattuna enemmän kokeiluja sopivan vauhdin löytämiseksi. Keskinopeuden muutos toiselta viikolta neljännelle viikolle havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä. Omatoimiharjoituksissa keskinopeuden muutos harjoitusjakson aikana oli 0,6 km/h. Omatoimiharjoitusten osalta keskinopeuden muutoksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta toisen ja neljännen harjoitusviikon välillä.

Jokainen tutkittava sai itse valita, juokseeko omatoimiharjoitukset ulkoilmassa vai sisällä esimerkiksi juoksumatolla. Suurin osa tutkittavista juoksi omatoimiharjoituksena ulkona. Ulkoilmassa liikkuaessa olosuhteet vaikuttavat huomattavasti suoritukseen. Harjoitusjakso alkoi syksyllä ja ensilumi satoi maahan harjoitusjakson aikana, joka vaikuttaa huomattavasti suoritukseen. Toisaalta tutkittavat aloitti harjoittelun porrastetusti kolmella eri viikolla, joten yksinomaan olosuhteen muuttuminen ei selitä keskinopeuden muutosta. Tätä tukee se, että LI-ryhmällä vastaavaa pudotusta keskinopeudessa ei ensimmäisten viikkojen välillä tapahtunut.

Muutokset hapenottokyvyssä herättää pohtimaan sitä, oliko harjoitusjakson aikana suoritetuissa lyhyissä intervalleissa liian kova intensiteetti liian monessa harjoituksessa, jonka johdosta harjoittelulla on ollut heikentävä vaikutus hapenottokykyyn. Uusitalon (1998) tutkimuksessa lisättiin HIT-harjoittelun (High intensity training) (70-90 % VO_{2max}) määrää naiskestävyysurheilijoilla 130 % ja matalatehoisen harjoittelun (<70 % VO_{2max}) määrää 100 % 6-9 viikon harjoitusjakson ajaksi. Harjoitusjakson aikana tutkittavien tulokset maksimaalisen hapenottokyvyn osalta laski 5,28 %. (Uusitalo 1998). SI-ryhmässä harjoitustausta oli hyvin kirjava, mikä näkyy pre-testin maksimaalisen hapenottokyvyn tuloksessa ($49,5 \pm 10,5$ ml/kg/min), missä ennen kaikkea keskihajonta on suurta.

SI-ryhmä juoksi harjoitusviikoillaan myös kilometrimäärissä enemmän kuin LI-ryhmä, kun ero suurimmillaan oli noin 20 kilometriä. Tutkimuksen kannalta olisi mielenkiintoista tietää SI-ryhmän harjoituskilometrit viikkotasolla ennen harjoitusjakson alkamista, jolloin juoksuharjoittelun määrän nostoa voisi vertailla juuri Uusitalon (1998) esittämiin tuloksiin. Kuitenkin kun otetaan huomioon tutkittavien lähtötaso sekä tutkittavien verrattain vähäinen historia kestävyysjuoksun parissa, on hyvinkin mahdollista, että joillain yksilöillä harjoitusjakson aikana tapahtunut prosentuaalinen nosto juoksun kilometrimäärissä sekä tehoharjoittelussa liikkuisi noin 100 % paikkeilla. Verrattaessa Uusitalon (1998) tuloksiin, tässä tutkimuksessa SI-ryhmällä havaittiin 2,83 % laskeva muutos maksimaalisessa hapenottokyvyssä.

Tutkimuksen tuloksia tarkastellessa havaitaan, että hermolihasjärjestelmän toimintaa vaativissa testeissä (20 m, MART & CMJ) ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia, mutta LI-ryhmä pystyi harjoitusjakson aikana parantamaan tuloksiaan tilastollisesti merkitsevästi MART- ja CMJ testeissä. Stöggl ym. (2017) havaitsivat omassa tutkimuksessaan, että ainoastaan merkittävä määrä HIIT-harjoittelua parantaa hermolihasjärjestelmän toimintaa ja anaerobista tehoa harjoitelleilla urheilijoilla. Tässä tutkimuksessa intervalliharjoittelulla pystyttiin parantamaan hermolihasjärjestelmän toimintaa ja anaerobista tehoa, mutta Stöggl ym. (2017) tutkimuksesta poikkeavaa on se, että kun 20 m testi jätetään pois laskuista, hermolihasjärjestelmän toimintaa mittaavissa testeissä tilastollisesti merkitsevästi tuloksiaan paransi LI-ryhmä, vaikka SI-ryhmän harjoitusmenetelmä on lähempänä HIIT-harjoittelua.

Ryhmien ikäjakauman (LI 33 ± 6 vs. SI 25 ± 1 v.) ei havaittu eroavan toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Hermolihasjärjestelmän toimintaan vaikuttavan lihasvoiman on todettu olevan suurimmillaan 20–30 ikävuoden välillä ja sen jälkeen pysyvän ennallaan tai laskevan hieman seuraavan 20 ikävuoden aikana (Frontera ym. 1991). Ottaen kuitenkin huomioon LI-ryhmän ikäjakauman keskihajonnan, voi ikääntymisen johdosta tapahtuvalla lihasvoiman laskemisella olla osittain vaikutusta siihen, miksi SI-ryhmä saavutti suhteellisesti parempia tuloksia.

Tutkimuksessa havaittiin korrelaatio harjoitusjakson aikana juoksuharjoitteluun käytettyjen tuntien sekä maksimaalisen hapenottokyvyn väliltä, kun kaikkia tutkittavia katsottiin yhtenä joukkona. Montero ym. (2017) suorittivat tutkimuksen, jossa 79 tutkittavaa jaettiin viiteen eri harjoitusryhmään, jotka harjoittelivat 1–5 tuntia viikossa kuuden viikon ajan. Kuuden viikon jälkeen ne tutkittavat, jotka eivät parantaneet harjoitusjakson aikana tuloksiaan suorittivat kuuden viikon harjoitusjakson uudestaan siten, että heidän harjoitusmääräänsä nostettiin kahdella tunnilla viikossa. Harjoitusmäärän noston jälkeen harjoitteluun vastaamattomuus katosi ja tutkittavien maksimaalinen hapenottokyky kehittyi. Tulos osoittaa harjoitusmääriä nostamalla saavutettavan parannusta kestävyyskunnossa, mutta yksilöiden välillä on eroa siinä, kuinka paljon on määrällisesti sopiva määrä harjoitella. LI- ja SI-ryhmän osalta kummankaan ryhmän juoksuharjoitteluun käytetyt tunnit eivät korreloineet maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa, mikä viittaa siihen, että yksilön kehittymiseen vaikuttaa harjoittelumäärän lisäksi harjoittelun intensiteettijakauma.

7.1 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitteet

Tutkimuksen vahvuuksina voidaan pitää harjoitusjakson aikana toteutuneiden harjoitusten määrää sekä tutkimusasetelman ensikertaisuutta kestävyysjuoksun osalta. Harjoitusjakson aikana tutkittavien tuli suorittaa vähintään 90 % harjoituksista tutkimuksen läpäisemiseksi. Määrällisesti tämä tarkoitti vähintään yhdeksää harjoitusta neljän viikon harjoitusjakson aikana, joka on varmastikin riittävä, jotta harjoittelusta tapahtuvia adaptaatioita voidaan todeta. Tässä tutkimuksessa käytettyjen intervallimenetelmien vaikutusta hyvää hermolihasjärjestelmän toimintaa vaativiin testeihin, kuten MART sekä 20 m nopeustesti ei tiettävästi ole aikaisemmin tutkittu. Kyseisten harjoitteiden adaptaatioita on tutkittu aikaisemmin pyöräilyn parissa

(Rønnestad ym. 2015 & 2020) ja niitä on käytetty osana kestävyysjuoksututkimusta (Nuutila 2016).

Tutkimukseen osallistuneiden tutkittavien lukumäärä on vähäinen, mikä pitää huomioida tutkimustuloksia tarkastellessa. On selvää, että suurempi joukko tutkittavia lisäisi tutkimuksen vakuuttavuutta ja vähentäisi yhden yksittäisen tuloksen merkitystä, mikä viiden tutkittavan ryhmässä oli tässä tutkimuksessa iso. Tutkimuksen aloitti yhteensä 15 tutkittavaa, joista 10 suoritti tutkimuksen kokonaan läpi. Keskeyttäneistä kaksi sairastui tutkimusjakson aikana, 2 jäi pois rasitusvamman takia ja yksi tutkittava loukkasi nilkkansa tutkimuksen ulkopuolella.

Tutkimusjakson aikana hengityskaasuja mittaava hengityskaasuanalysaattori (Jaeger, Vyntus, CPX, Saksa) hajosi, jonka vuoksi maksimaalista hapenottoa mittaava VO_{2max} -testi suorettiin pre- ja post mittauksissa eri hengityskaasuanalaysaattorilla. Post-mittauksissa hengityskaasuja mitattiin Oxycon Pro- laitteella (Jaeger, Hoechber, Saksa). Groepenhoff ym. (2017) vertailivat tutkimuksessaan Vyntus CPX-hengityskaasuanalysaattoria Oxycon Pro:hon, jonka tulokset osoittivat, että Vyntus CPX antaa hyvin samanlaisia tuloksia hengityskaasumuuttujien osalta, kuin Oxycon pro hengityskaasuanalysaattori. Kuitenkaan ei voida olettaa, että laitteet näyttävät täysin identtisiä lukuja keskenään, joten testien välistä muutosta tarkastellessa pitää ottaa huomioon mahdollisesti laitteesta johtuva muutos.

Tutkittavat tekivät harjoitusjakson aikana kuusi harjoitusta kymmenestä omatoimisesti ja omatoimisissa harjoituksissa tutkittavat saivat itse valita heille mieluisan harjoituspaikan. Harjoituspaikan olosuhteet sekä maasto vaikuttavat omatoimiharjoitusten keskinopeuksiin, mikä taas voi vaikuttaa kontrolli- ja omatoimiharjoitusten välisiin keskinopeuden muutoksiin. Harjoitusjakson aikana suoritettiin neljä harjoitusta kontrolloidusti juoksumatolla. Käytännöllisistä syistä useampaa harjoitusta ei voitu suorittaa kontrolloidusti. Omatoimiharjoitusten onnistumista kuitenkin seurattiin syke- ja GPS-datan, harjoituspäiväkirjan sekä keskusteluiden avulla.

Tutkimuksessa ei ollut harjoitteluun liittyvää kontrollijaksoa, minkä aikana harjoitusmenetelmät sekä testit olisi pystytty opettamaan tutkittaville, jolloin ensimmäisistä

harjoituksista ja testeistä olisi tuntemattomuudesta johtuvat muutokset jääneet minimiin. Kontrollijakson myötä myös harjoitusjakson harjoituskuormaan olisi pystytty sopeutumaan paremmin nostamalla harjoituskuormia pikkuhiljaa ennen tutkimuksen alkua. Itse tutkimuksessa harjoittelu lähti käyntiin hyvin nopeasti ensimmäisen testiviikon jälkeen, jolloin harjoitusmenetelmät eivät olleet täysin opittuja ja juoksu- sekä tehoharjoittelun määrä kasvoi nopeasti ilman minkäänlaista totuttelua. Tulosten kannalta myös tutkittavien harjoitustaustan sekä harjoitustottumuksien selvittäminen laajemmin ennen tutkimusjakson alkua tapahtuvalla kyselylomakkeella olisi myös lisännyt tutkimuksen luotettavuutta. Tutkittavia pyydettiin tutkimukseen ilmoittautumisvaiheessa kertomaan oma lajihistoria, juoksuhistoria sekä arvio omasta nykykunnosta. Tutkimuksen ja tulosten kannalta tärkeät harjoitustunnit sekä harjoituskilometrit olisi antanut dataa siitä, kuinka paljon harjoittelu lisääntyi harjoitusjakson aikana ja missä suhteessa.

7.2 Johtopäätökset

Tutkimuksen tulosten perusteella LI-ryhmällä harjoitusjakson aikana kehittynyt V_{MART} on yhteydessä parantuneeseen suoran testin suorituskykyyn. Harjoitusjakson aikana tapahtuneiden sprinttinopeuden muutosten havaittiin korreloivan maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa, mutta pienen tutkimusjoukon sekä tulosten ristiriitaisuuden takia johtopäätöksiä maksimaalisen sprinttinopeuden vaikutuksesta maksimaaliseen hapenottokykyyn ei voida tehdä. Esikevennyshyppyjen osalta mitkään suoritetuista hypyistä eivät vaikuttaneet varsinaisesti suoran testin suorituskykyisyyteen. Pitkillä intervaleilla saavutettiin harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitsevä tulosparannus kestävyysuorituskykyyn oleellisesti vaikuttavassa maksimaalisessa hapenottokyvyssä, anaerobista suorituskykyä kuvaavassa V_{MART} :ssa sekä räjähtävää voimantuottoa mittaavassa esikevennytyssä hypyssä. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella LI-menetelmällä tehty intervalliharjoittelu kehitti maksimaalista hapenottokykyä, anaerobista suorituskykyä sekä räjähtävää voimantuottoa.

Kyseinen tutkimusaihe- sekä tutkimusasetelma kaipaa moneltakin osin lisätutkimusta. SI-menetelmän soveltuvuudesta ja käytettävyydestä intervalliharjoitteluun on tehty viime vuosina

tutkimuksia, mutta SI-harjoittelun vaikutukset ovat edelleen hiukan tuntemattomia niin kirjallisesti kuin harjoituksellisesti. Tulevissa tutkimuksissa tutkimusasetelmaa tulisi tarkastella isommalla tutkimusjoukolla, jolloin yksittäisten tulosten merkitys vähenee. SI-menetelmän vaikutuksia voisi tutkia myös sukupuolen näkökulmasta ja selvittää, onko tutkittavan sukupuolella vaikutusta SI-menetelmän harjoitusvasteisiin. Mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe olisi myös selvittää, että mikä olisi kestävyys suorituskyvyn kannalta optimaalinen määrä kyseisillä intervalliharjoitteilla tehtävää tehoharjoittelua eri pituisilla harjoitusjaksoilla ja olisiko mahdollisesti eri lajeissa eroavaisuuksia tämän suhteen.

7.3 Käytännön sovellukset

Harjoituksellisesti pitkillä intervaleilla tehtävä kestävyys harjoittelu 4 viikon harjoitusjakson aikana kehittää tämän tutkimuksen tulosten perusteella maksimaalista hapenottokykyä sekä anaerobista suorituskykyä, jotka ovat oleellisia tekijöitä kestävyysjuoksusuorituksen kannalta. Kestävyysjuoksun suorituskyvyn maksimoimiseksi intervalliharjoittelun tulisi kuitenkin sisältää pidempien intervallien lisäksi SI-menetelmän tapaisia lyhyitä intervaleja, joilla pystytään kehittämään juoksijan taloudellisuutta entistä suuremmilla nopeuksilla, mikä vaikuttaa positiivisesti kestävyysjuoksun lopputuloksen kannalta tärkeisiin irtiotto- ja loppukirikykyyn.

8. LÄHTEET

- Aunola, S. & Rusko, H. 1986. Aerobic and anaerobic thresholds determined from venous lactate or from ventilation and gas exchange in relation to muscle fiber composition. *International journal of sports medicine*, 7(03), 161–166.
- Arrese, A. L., Ostáriz, E. S., Mallen, J. C. & Izquierdo, D. M. 2005. The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 435.
- Astrand, I., Astrand, P. O., Christensen, E. H. & Hedman, R. 1960. Intermittent muscular work. *Acta physiologica Scandinavica*, 48, 448.
- Barnes, K. R. & Kilding, A. E. 2015. Strategies to improve running economy. *Sports Medicine*, 45(1), 37–56.
- 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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.639>
- Bassett, D.R. jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (1) 70–84.
- Baumann, C. W., Rupp, J. C., Ingalls, C. P. & Doyle, J. A. 2012. Anaerobic work capacity's contribution to 5-km-race performance in female runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 7 (2), 170–174.
- Billat, L. V. 2001. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, 31(1), 13–31.
- Billat, V. L., 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.
- Billat, V., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., Laurence, M. H., Salim, D. & Koralsztein, J. P. 2003. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 297–304.
- Bishop, D., Girard, O. & Mendez-Villanueva, A. 2011. Repeated-Sprint Ability - Part II Recommendations for Training. *Sports Medicine*, 41(9), pp. 741-756.

- Bishop D, Claudius B. Effects of induced metabolic alkaosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 759-67
- Bird, S., Theakston, S., Owen, A. & Nevill, A. 2003. Characteristics associated with 10-km running performance among a group of highly trained male endurance runners age 21-63 years. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11(3), 333-350.
- Brandon, L. J. 1995. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 19(4), 268.
<https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00004>
- Buchheit, M. & Laursen, P. 2013. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle: Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. *Sports Medicine*, 43(10), p. 927.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N. & Gibala, M. J. 2005. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of applied physiology*, 98(6), 1985-1990.
- Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci* 2002;20(11):873-99.
- Christensen, E. H., Hedman, R. & Saltin, B. 1960. Intermittent and Continuous Running (A further contribution to the physiology of intermittent work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 50(3-4), 269-286. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1960.tb00181.x>.
- Cicioni-Kolsky, D., Lorenzen, C., Williams, M. D. & Kemp, J. G. 2013. Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. *European Journal of Sport Science*, 13(3), pp. 304-311
- Daniels, J. & Daniels, N. 1992. Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(4), 483-489
- Daniels J, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1992 Apr;24(4):483-9. PMID: 1560747.
- Daniels, J., Scardina, N. & Hayes, J. 1984. Variations in VO₂ submax during treadmill running [abstract]. *Med Sci Sports* 16, 108
- Daussin, F. N., Ponsot, E., Dufour, S. P., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Geny, B. & Richard, R. 2007. Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 377-383.

- Di Prampero, P. E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P. & Soule, R. G. 1993. Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, 74(5), 2318–2324.
- Durussel, J., Daskalaki, E., Anderson, M., Chatterji, T., Wondimu, D. H., Padmanabhan, N. & Pitsiladis, Y. P. 2013. Haemoglobin mass and running time trial performance after recombinant human erythropoietin administration in trained men. *PloS one*, 8(2), e56151.
- Emerick, P., Teed, K., Rusk, G. & Fernhall, B. 1998. Predictors of marathon performance in female runners. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 8(1), 23-36.
- Epperson, C. E., Buono, M. J., Kolkhorst, F. W., Reynolds, K. K., Nanista, J. A. & Sheffield, R. D. 1999. Correlation of lactate threshold, VO₂max, and running economy with 4.8 kilometer running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), S104.
- Faulkner J, Eston R. Overall and peripheral ratings of perceived exertion during a graded exercise test to volitional exhaustion in individuals of high and low fitness. *Eur J Appl Physiol* 2007;101(5):613-20.
- Ferley, D., Osborn, W. & Vukovich, D. 2014. The Effects 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000274>
- Foster, C., & Lucia, A. 2007. Running economy. *Sports medicine*, 37(4–5), 316–319.
- Frontera W, Hughes V, Lutz K, Evans W. 1991. A cross-sectional study of muscle mass in 45- to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*. 71:644–650.
- Gantois, P., Batista, G. R., Aidar, F. J., Nakamura, F. Y., de Lima-Júnior, D., Cirilo-Sousa, M. S., . . . Cabral, B. G. 2019. Repeated sprint training improves both anaerobic and aerobic fitness in basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(2), pp. 97-105.
- Gastin, P. B. 2001. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine* 31 (10), 725–741.
- Gatterer, H., Menz, V., Salazar-Martinez, E., Sumbalova, Z., Garcia-Souza, L. F., Velika, B., Gnaiger, E., & Burtscher, M. 2018. Exercise Performance, Muscle Oxygen Extraction and Blood Cell Mitochondrial Respiration after Repeated-Sprint and Sprint Interval Training in Hypoxia: A Pilot Study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(3), 339–347.

- Gibala, M., Little, J.P., van Essen, M., Burgomaster, K.A., Safdar, A., Raha, S. & Tarnopolsky, M.A. 2006. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology* 575, 901-911.
- Gibala, M., Little, J. P., MacDonald, M. J. & Hawley, J. A. 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology* 1 (590), 1077-1084.
- Girard, O., Mendez - Villanueva, A. & Bishop, D. 2011. Repeated-sprint ability--Part I: Factors contributing to fatigue. (Report). *Sports Medicine*, 41(8), p. 673.
- Green, S., & Dawson, B. 1993. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Medicine*, 15(5), 312–327.
- Groepenhoff, H. de Jeu, R. & Schot, R. 2017. Vyntus CPX compared to Oxycon pro shows equal gas-exchange and ventilation during exercise. PA3002. 10.1183/1393003.congress-2017.PA3002.
- Ghosh, A. K. 2004. REVIEW ARTICLE-Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport.
- Gosselin, L.E., Kozlowski, K.F., DeVinney-Boymel L. & Hambridge, C. 2012. Metabolic response of different high-intensity aerobic interval exercise protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (10), 2866-2871.
- Groslambert A, Mahon AD. Perceived exertion: influence of age and cognitive development. *Sports Med* 2006;36(11):911-28.
- Hawkins, S. A. & Wiswell, R. A. 2003. Rate and Mechanism on Maximal Oxygen Consumption Decline with Aging. *Sports Medicine* 33 (12), 877–888.
- Henriksson, J. & Reitman, J. S. (1977). Time Course of Changes in Human Skeletal Muscle Succinate Dehydrogenase and Cytochrome Oxidase Activities and Maximal Oxygen Uptake with Physical Activity and Inactivity. *Acta Physiologica Scandinavica*, 99(1), 91-97. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1977.tb10356.x>
- Hickson, R. C., Bomze, H. A. & Holloszy, J. O. 1977. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 42(3), 372-376.
- Hill, A. V., Long, C. N. H. & Lupton, H. 1924. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 97(681), 84–138.

- Housh, T. J., Thorland, W. G., Pohnson, G. O., Hughes, R. A. & Cisar, C. J. 1988. The contribution of selected physiological variables to middle distance running performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 28(1), 20.
- Hudgins, T., Scharfenberg, M., Triplett, M. & McBride, M. (2013). Relationship Between Jumping Ability and Running Performance in Events of Varying Distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 563–567.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e136f>
- Häkkinen, K. 1994 Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading, *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 34, 4, 205 – 214.
- Jones, A. M. 2006. Middle- and long-distance running. *Sport and exercise physiology testing guidelines*, 1, 147–154.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373–386.
- Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Fyysisen kunnon mittaaminen – käsi ja oppikirja kuntotestaajille*. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 174, 64–78.
- Klika, B. & Jordan, C. 2013. High-intensity circuit training using body weight: maximum results with minimal investment. *ACSM's Health and Fitness Journal* 17 (3), 8-13.
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. 2002. The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 32(1), 53–73.
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 111(6), 1554.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Macinnis, M. J. & Gibala, M. J. 2017. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930.
<https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Malek, M.J., Housh, T.J., Berger, D.E., Coburn, J.W. & Beck, T.W. (2005). A New Non-Exercise-based Vo2max Prediction Equation for Aerobically trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (3), 559-565.
- Meyer, T., Faude, O., Gabriel, H. & Kindermann, W. 2000. Ventilatory threshold and individual anaerobic threshold are reliable prescriptors for intensity of cycling training. *Med Sci Sports Exerc*, 32 Suppl. 5, S171.

- 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).
- Milanovic, Z., Sporiš, G. & Weston, M. 2015. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine*, 45, 1469–1481.
- 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.
- Montero, D., & Lundby, C. (2017). Refuting the myth of non-response to exercise training: 'non-responders' do respond to higher dose of training. *The Journal of physiology*, 595(11), 3377–3387. <https://doi.org/10.1113/JP273480>
- 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.
- Mooses, M., Mooses, K., Haile, D. W., Durussel, J., Kaasik, P. & Pitsiladis, Y. P. 2015. Dissociation between running economy and running performance in elite Kenyan distance runners. *Journal of sports sciences*, 33(2), 136-144.
- 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.
- Morgan, D. W., Martin, P. E. & Krahenbuhl, G. S. 1989. Factors affecting running economy. *Sports Medicine*, 7(5), 310-330.
- Morton, R. H. & Billat, V. 2000. Maximal endurance time at VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*, 32(8), 1496–504.
- Munk P, Staal E, Butt N, Isaksen K, Larsen A 2009 High-intensity interval training may reduce instent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation: a randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation. *Am Heart J* 158:734–741

- Niittynen, M., tiedekunta, L., Sciences, F. o. S. a. H., laitos, L., Jyväskylä, U. o., yliopisto, J. & testausoppi, V. j. (2013). Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutukset kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn naisilla.
- Nummela, A. 2007a. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. 2. painos. Lahti: VK- Kustannus Oy, 97–126.
- Nummela, A., Hämäläinen, I. & Rusko, H. 2007b. Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track, *Journal of Sports Sciences*, 25:1, 87-96,
- Nummela, A., Paavolainen, L., Sharwood, K., Lambert, M., Noakes, T. & Rusko, H. (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0147-3>
- Nummela, A., Alberts, M., Rijntjes, R., Luhtanen, P. and Rusko, H. 1996a. Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *International Journal of Sports Medicine*, 17(suppl. 2): S97–S102.
- Nummela, A., Mero, A. and Rusko, H. 1996b. The effects of sprint training on the determinants of maximal anaerobic running test. *International Journal of Sports Medicine*, 17(suppl. 2): S114–S119.
- Nuutila, O. (2016). Ennalta määrätyn ja sykeohjatun blokkiharjoittelun vertailu: Kahdeksan viikon intensiivisen harjoitusjakson vaikutukset kestävyysuorituskykyyn
- Noakes, T. D. 1988. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(4), 319–330.
- Noakes, T. D., Myburgh, K. H. & Schall, R. 1990. Peak treadmill running velocity during the V O₂ max test predicts running performance. *Journal of sports sciences*, 8(1), 35–45.
- Noordhof, D. A., Skiba, P. F. & de Koning, J. J. 2013. Determining Anaerobic Capacity in Sporting Activities. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (5), 475–482.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. 1999a. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology*, 86(5), 1527-1533.

- Paavolainen, L., Nummela, A. and Rusko, H. 1999b. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31: 124–130.
- Pate, R. R., & Branch, J. D. 1992. Training for endurance sport. / Entrainement pour les sports d' endurance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(9 Suppl.), S340-s343.
- Pérusse, L. 1989. Genetic and enviromental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *American Journal of Epidemiology* 129, 1023.
- Peltonen, J. & Nummela, A. 2018. Kestävyiden fysiologiset perusteet. Teoksessa K. L.
- Pelttari, P. 2014. 24 viikon kestävyysharjoittelun ja yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutus juoksun taloudellisuuteen ja hermolihasjärjestelmän toimintaan kestävyysharjoitelleilla miehillä.
- Pirkkola, L., tiedekunta, L., Sciences, F. o. S. a. H., terveystieteet, L. j., Jyväskylä, U. o., yliopisto, J. & testausoppi, V. j. 2017. Fyysisten kunto-ominaisuuksien yhteys kestävyysurheilijoiden loppukirikykyyn.
- Rakobowchuk, M., Tanguay, S., Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Gibala, M. & MacDonald, M. J. 2008. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *American Journal of Physiology. Regulatory, integrative and Comparative Physiology* 295 (1), 236-242.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F. & Parker D. 2004. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 287 (3), 502–516.
- Rowell, L. B. (1986). *Human circulation: regulation during physical stress*. Oxford University Press, USA.
- Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M. & Matsuo, A. 2007. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO₂max. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 188-192.
- Rusko, H., Nummela, A. & Mero, A. 1993. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(2), pp. 97-101.
- Rusko, H. & Nummela, A. (1996). Measurement of Maximal and Submaximal Anaerobic Performance Capacity: Concluding Chapter. *International Journal Of Sports Medicine*, 17(S 2), S125-S129. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972913>

- 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.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tonnessen, E. & Slettalokken, G. 2015. Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists—an effort-matched approach. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(2), 143–151.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Nygaard, H. & Lundby, C. 2020. Superior performance improvements in elite cyclists following short-interval vs effort-matched long-interval training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 849-857. <https://doi.org/10.1111/sms.13627>
- Sahlin, K., Tonkonogi, M. & Söderlund, K. 1998. Energy Supply and Muscle Fatigue in Humans. *Acta Physiologica Scandinavica* 162 (3), 261–266.
- Saltin, B., Nazar, K., Costill, D. L., Stein, E., Jansson, E., Essén, B. & Gollnick, P. D. 1976. The nature of the training response; peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96(3), 289–305.
- Sedlacek, J., & Krska, P. 2011. Mean of over (Supra) Maximal Running Speed in Sprinter Training. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle XV: Physical Education & Sport Management*, 1, 89–95.
- Seiler, S., Joranson, K., Olesen, B. V. & Hetlelid, K. J. 2013. Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(1), 74–83.
- Seiler, J & J. Hetlelid. "The Impact of Rest Duration On Work Intensity and RPE During Interval Training." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37, no. 9 (2005): 1601–1607.
- Spriet, L. L., Gledhill, N., Froese, A. B. & Wilkes, D. L. 1986. Effect of graded erythrocythemia on cardiovascular and metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 61(5), 1942-1948.
- Stöggl, T. L., Björklund, G. & Björklund, G. 2017. High Intensity Interval Training Leads to Greater Improvements in Acute Heart Rate Recovery and Anaerobic Power as High Volume Low Intensity Training. *Frontiers in physiology*, 8, <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00562>
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., Gitonga, D., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2010. Strength Training in Endurance Runners. *International Journal of Sports Medicine* 31 (7), 468–476.

- Tharp, L., Berg, K., Latin, R. W. & Stuberg, W. 1997. The relationship of aerobic and anaerobic power to distance running performance. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation* 7 (3-4), 215–225.
- Tschakert, G. & Hofmann, P. 2013. High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8, 600–610.
- 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.
- Uusitalo AL, Uusitalo AJ, Rusko HK. Endurance training, overtraining and baroreflex sensitivity in female athletes. *Clin Physiol* 1998; 18(6): 510–20.
- Vollaard, N. B., Constantin-Teodosiu, D., Fredriksson, K., Rooyackers, O., Jansson, E., Greenhaff, P. L. & Sundberg, C. J. 2009. Systematic analysis of adaptations in aerobic capacity and submaximal energy metabolism provides a unique insight into determinants of human aerobic performance. *Journal of Applied Physiology*, 106(5), 1479–1486.
- Vorup, J., Tybirk, J., Gunnarsson, T.P. et al. Effect of speed endurance and strength training on performance, running economy and muscular adaptations in endurance-trained runners. *Eur J Appl Physiol* 116, 1331–1341 (2016).
- Valstad, S., von Heimburg, E., Welde, B. & van den Tillaar, R. (2018). Comparison of Long and Short High-Intensity Interval Exercise Bouts on Running Performance, Physiological and Perceptual Responses
- Vandewalle, H., Péérès, G. & Monod, H. Standard Anaerobic Exercise Tests. *Sports Medicine* 4, 268–289 (1987).
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Troen, O., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T. & Ronnestad, B. R. 2016. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(4), 384.
- Wakefield, B. R. & Glaister, M. 2009. Influence of work-interval intensity and duration on time spent at a high percentage of VO₂max during intermittent supramaximal exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2548-2554.
- Wallner, D., Simi, H., Tschakert, G. & Hofmann, P. (2014). Acute physiological response to aerobic short-interval training in trained runners. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 661. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0385>

- Weltman, A., Seip, R., Bogardus, A. J., Snead, D., Dowling, E., Levine, S. & Rogol, A. 1990. Prediction of lactate threshold (LT) and fixed blood lactate concentrations (FBLC) from 3200-m running performance in women. *International journal of sports medicine*, 11(05), 373-378.
- Weston, A. R., Myburgh, K. H., Lindsay, F. H., Dennis, S. C., Noakes, T. D. & Hawley, J. A. 1997. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(1), 7-13.
- Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM. American College of Sport Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7. ed. Baltimore (Maryland). Lippincott Williams and Wilkins. 2005.
- Wisløff, P., Støylen, M., Loennechen, E., Bruvold, A., Rognum, J., Haram, L., . . . Skjærpe, M. (2007). Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients: A Randomized Study. *Circulation*, 115(24), 3086-3094.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>
- Yamanaka, R., Ohnuma, H., Ando, R., Tanji, F., Ohya, T., Hagiwara, M. & Suzuki, Y. (2019). Sprinting Ability as an Important Indicator of Performance in Elite Long-Distance Runners. *International journal of sports physiology and performance*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0118>
- Zagatto, A. M., Miyagi, W. E., Sousa, F. A. d. B. & Gobatto, C. A. (2017). Relationship between anaerobic capacity estimated using a single effort and 30-s tethered running outcomes. (Research Article) (Report). *PLoS ONE*, 12(2), p. e0172032

LIITE 1. Terveystietolomake tutkittaville



ESITIELOMAKE

Nimi: _____

Synt.aika: _____

Oireet viimeisen 6 kk aikana:	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
1. Onko sinulla ollut rintakipuja?			
2. Onko sinulla ollut rasituksen liittyvää hengenahdistusta?			
3. Onko sinulla ollut huimauksia?			
4. Onko sinulla ollut rytmihäiriötuntemuksia?			
5. Onko sinulla ollut harjoittelua estäviä kipuja liikkumisen aikana?			
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 sydäntappo
05 aivohalvaus	06 aivoverenkierron häiriö	07 sydämen rytmihäiriö	08 sydämentahdistin
09 sydämlähäsairaus	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 polio-, nivus- tai napatyriä	26 ruokatorven tulehdus	27 kasvain tai syöpä	28 leikkaus äskettäin
29 mielensteryvyyden ongelma	30 tapaturma äskettäin	31 matala veren K tai Mg	32 kohonnut silmänpaine
33 näön tai kuulon heikkous	34 urheiluvamma äskettäin		

mitä 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 aterista _____ h, viimeisestä kofeiinipitoisesta juomasta (kahvi, tee, energia- tai kolajuoma) _____ h, viimeisestä alkoholijuomasta _____ h / vrk

Kahden edeltävään päivän harjoitukset:

Eilisen päivän harjoitus: _____

Edellisen päivän harjoitus: _____

Onko lähisuvussasi ennenaikaiseen kuolemaan johtaneita sydänsairauksia? 1 Ei 2 Kyllä

Lähisukulainen? _____ Minkä ikäisenä? _____

Onko todettu synnynnäinen sydänvika? _____

Olen vastannut kysymyksiin rehellisesti parhaan tietämykseni mukaan

Päivä _____ Allekirjoitus _____

LIITE 2. RPE-**taulukko** kuormittavuuden arviointiin

Miltä kuormitus tuntuu?	
6	
7	Erittäin kevyt
8	
9	Hyvin kevyt
10	
11	kevyt
12	
13	hieman rasittava
14	
15	rasittava
16	
17	hyvin rasittava
18	
19	erittäin rasittava
20	