

**SUBMAKSIMAALINEN JUOKSUTESTI ARVIOITAESSA
MAKSIMAALISTA SUORITUSKYKYÄ KOVATEHOISEN- JA
MÄÄRÄHARJOITTELUN AIKANA
KESTÄVYYSJUOKSIJOILLA**

Timo Häkkinen

Pro- Gradu tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Syksy 2014

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Ohjaajat: Keijo Häkkinen

Ari Nummela

TIIVISTELMÄ

Häkkinen, Timo, 2014. Submaksimaalinen juoksutesti arvioitaessa maksimaalista suorituskykyä kovatehoisen- ja määräharjoittelun aikana kestävyysjuoksijoilla. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. Valmennus- ja testausopin Pro Gradu tutkielma, 91 sivua.

Kestävyysjuoksussa voidaan saavuttaa huipputaso harjoittelemalla kovatehoisesti ja määrällisesti paljon. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voidaanko submaksimaalista juoksutestiä käyttää urheilijan harjoitustilan ja kestävyysjuoksukunnan seurannassa juoksijoilla, jotka harjoittelevat ensin samalla tavalla ja sitten joko määrä- tai tehopainotteisesti.

Tutkimukseen osallistui 40 juoksun harrastajaa, joista 20 oli naisia ($34,9 \pm 9,7$ vuotta) ja 20 miehiä ($34,8 \pm 6,0$ vuotta). Koehenkilöt harjoittelivat kahdeksan viikkoa perusharjoittelua kaikki samalla teholla, jonka jälkeen seuraavaksi 8 viikoksi ryhmä jaettiin määrä- ja tehoryhmäksi ja harjoittelu eriytettiin toisistaan. Koehenkilöiden suorituskykyä mitattiin suoralla maksimaalisen hapenoton testillä 4 kertaa ja submaksimaalisilla testeillä 5 kertaa. Lisäksi koehenkilöt tekivät omatoimisen submaksimaalisen juoksutestin viikoittain.

Harjoitusjakson (16vkoa) aikana koehenkilöiden paino, rasvaprosentti ja BMI laskivat ($p < 0,001$), aerobisen kynnyksen ja anaerobisen kynnyksen juoksunopeudet nousivat ($p < 0,001$) kuten myös maksimaalinen juoksunopeus ($p < 0,001$). Hapenkulutus kynnyksillä ($p < 0,001$) ja maksimaalinen hapenottoikyky ($p < 0,05$) nousivat, kun taas maksimisyyke laski ($p < 0,05$). Tutkittavat kehittyivät liki samalla tavalla riippumatta harjoitusryhmästä, tehoryhmällä VO_{2max} kehittyi enemmän ($p < 0,01$) kuin määräryhmällä ($p < 0,05$). Submaksimaalisen testin kolmannen kuorman (90 % HR_{max}) juoksunopeus ja hapenkulutus nousivat ($p < 0,01$) harjoitusjakson aikana. Kuorman juoksunopeus ja hapenkulutus ovat ($p < 0,001$) yhteydessä maksimaalisen testin parantuneen hapenottokyvyn, maksimaalisen juoksunopeuden ja rasvaprosentin kanssa.

Submaksimaalinen testi on yhteydessä maksimaaliseen suorituskykyyn ja testiä voitaneen varauksella käyttää seurattaessa urheilijan harjoitustilaa. Testi toimii melko hyvin omatoimisena kontrollitestinä urheilijan seurattessa omaa kehittymistä. Testillä on kuitenkin haasteellista erottaa se, onko urheilija harjoitellut teho- vai määräharjoittelua.

Avainsanat: Kestävyysjuoksu, määräharjoittelu, tehoarjoittelu, harjoittelu, submaksimaalinen, kuntotestaus

KÄYTETYT LYHENTEET

VO_{2Max}	Maksimaalinen hapenotto
VO_{2Aerk}	Aerobisella kynnyksellä kulutettava hapenmäärä
VO_{2Ank}	Anaerobisella kynnyksellä kulutettava hapenmäärä
Q_{max}	Sydämen teho (litraa verta/min)
a-v O_2 ero	Valtimo- ja laskimoveren osapaineen erotus
TRIMP	Kumuloituva harjoitusimpulssi
RPE	Koettu subjektiivinen rasittuneisuus (Rate of perceived effort)
vVO_{2max}	Juoksunopeus maksimaalisella hapenottotasolla
V_{max}	Maksimaalinen juoksunopeus
V_{Ank}	Anaerobisella kynnyksellä käytettävä juoksunopeus
V_{Aerk}	Aerobisella kynnyksellä käytettävä juoksunopeus
RER	Hengitysosamäärä
RR	Jokaisen sydämen lyönnin mittaaminen
HRV	Sykevariaatio
VCO_2	Hiilidioksidintuotto
EqO_2	Hapenkulutuksen ekvivalentti
$EqCO_2$	Hiilidioksidintuoton ekvivalentti
BMI	Painoindeksi (Paino/ pituus ²)

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	4
2 JUOKSUHARJOITTELUN FYSIOLOGIAA.....	5
2.1 Kestävyysjuoksuun liittyvän kuntopohjan rakentaminen	6
2.2 Laktaattikynnykset ja niiden kehittäminen	10
2.3 Maksimaalinen hapenotto-kyky ja sen kehittäminen	14
3 HARJOITTELUN SUUNNITTELU JA KUMULOITUVAN KUORMITUKSEN SEURANTA JUOKSIJOILLA.....	19
3.1 Harjoitusvolyymi juoksussa	20
3.2 Harjoitusintensiivisyys juoksussa.....	24
3.3 Urheilijan harjoitustilan seuranta sykemuuttujien näkökulmasta	25
4 SUBMAKSIMAALISET JA MAKSIMAALISET TESTIT SUORITUSKYVYN TESTAAMISESSA.....	29
4.1 Submaksimaaliset testit.....	30
4.2 Kenttätestit ja niiden sovellettavuus.....	32
4.3 Maksimaalisen hapenoton testaaminen.....	33
5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT.....	36
6 TUTKIMUSMETODIT	38
6.1 Tutkittavat	38
6.2 Tutkimuksen rakenne	38
6.3 Harjoittelu	40

6.4	Mittaukset.....	44
6.4.1	Maksimaalisen juokсутестin rakenne.....	45
6.4.2	Submaksimaalisen juokсутестin rakenne.....	46
6.4.3	Mittauksissa käytetty juoksumatto.....	47
6.5	Tilastolliset analyysit	48
7	TULOKSET	49
7.1	Alkumittausten tulokset	49
7.2	Perusharjoittelujakson aiheuttama kehitys maksimaaliseen hapenottokykyyn.....	50
7.3	Submaksimaalisen testin yhteys perusharjoittelujaksoon	52
7.4	Määrä- ja tehoharjoittelujakson tulokset.....	58
7.4.1	Tehoryhmän tulokset.....	58
7.4.2	Määräryhmän tulokset.....	60
7.5	Submaksimaalisen juokсутестin yhteys määrä- ja tehoharjoitteluun.....	61
7.5.1	Sukupuolen vaikutus määrä ja tehoharjoittelujakson aikana submaksimaaliseen testiin.....	63
7.6	Omatoimiset submaksimaaliset juokсутестit ja niiden yhteys laboratoriossa tehtäviin testeihin	64
8	POHDINTA	68
9	LÄHTEET.....	78

1 JOHDANTO

Juoksuharrastajien määrä on kasvanut Suomessa nopealla tahdilla samalla kun kilpajuoksijoiden määrä on vähentynyt. Vuonna 2014 elokuun lopussa Helsingissä järjestettiin kuntojuoksutapahtuma, jossa osallistujia oli yli 10000. Harrastajista moni kuitenkin harjoittelee päämäärätietoisesti ja pyrkii kehittymään harrastajana mahdollisimman hyvälle tasolle. Harrastajille ei ole ollut tarjolla helppoa juoksutestiä, jolla voitaisiin seurata kuntotason kehittymistä, vaikka kilpa- ja huippu- urheilijoilla kunnan seuranta on kuulunut luonnollisesti olennaisena osana valmentajan ja urheilijan kuukausi- ja vuosisuunnitelmiin.

Juoksussa urheilijan suorituskyky koostuu monesta pienestä asiasta, mutta merkittävimmät seikat ovat maksimaalinen hapenottokyky, juoksun taloudellisuus ja mahdollisimman korkealla olevat laktaattikynnykset (Helgerud, 1994). Eräs tapa suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testaamisen lisäksi seurata urheilijan kehittymistä on säännöllisesti toteutettavat kenttätestit. Tällaiset testit perustuvat muutamaa perusolettamaan kuten, että lyhytkestoisessa suorituksessa voidaan havaita lineaarinen yhteys sydämen sykkeen, harjoituksen tehon ja hapenkulutuksen välillä (Arts F, 1994).

Tässä tutkimuksessa perehdytään aluksi juoksun fysiologiaan ja siihen mitkä ominaisuudet ovat merkitseviä juoksijan suorituskyvyn kannalta. Tämän jälkeen tutustutaan juoksijoiden kuntotestaukseen ja varsinaisessa tutkimusosassa perehdytään määrä- ja tehoharjoittelun aiheuttamiin kuntomuutoksiin ja submaksimaalisen juoksutestin käyttömahdollisuuksiin urheilijan harjoitustilan seurannassa ja analysoinnissa.

2 JUOKSUHARJOITTELUN FYSIOLOGIAA

Juoksu on laji, joka on säilyttänyt suosionsa harrastetuimpien lajien listalla vuosi vuoden jälkeen (Suomen Kuntoliikuntaliitto, 2010). Juoksu houkuttaa ihmisiä harrastamaan, koska juoksulenkkeily ei vaadi erityisvarusteita, saati pakollista urheiluseuraan kuulumista. Monelle ihmiselle juoksusta on tullut päivittäinen osa elämää ja juoksu nähdäänkin elämäntapana. Juoksijalle valittu elämäntapa on oiva keino pitää huolta omasta fyysisestä kunnosta ja juostessa jopa lyhyillä spurteilla voidaan saada aikaan positiivisia vasteita terveydelle. Samoin hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa voidaan kohottaa verrattain lyhyillä juoksulenkeillä (Billat, 2000).

Kestävyysjuoksun suorituskykyyn liittyvät fysiologiset muuttujat ovat varsin tutkittuja. Helgerud (1994) havaitsi tutkimuksessaan, että suorituskyky koostuu maksimaalisesta hapenottokyvystä (VO_{2max}), laktaattikynnyksistä ja juoksun taloudellisuudesta. Helgerud (1994) myös osoitti näillä tekijöillä olevan suuri yhteys juoksijan pitkänmatkan juoksu- ja kestävyyskykyyn. Toisaalta jo aikaisemmin on havaittu, että myös juoksunopeuden maksimaalisella hapenottovauhdilla (vVO_{2max}) olevan suorituskykyisyyttä ennustava tekijä (Noakes, 1990).

Aikaisemmin kestävyysliikuntaa harjoittelemattomilla on voitu havaita lyhyen harjoitusjakson jälkeen merkittävää kehitystä kestävyuden pääkomponenteissa eli VO_{2max} :ssa ja juoksuun liittyvässä lihasten tehontuotossa, vaikka harjoittelu olisi toteutettu ainoastaan matalalla tai submaksimaalisella teholla. Enemmän harjoitelleilla harjoitusvasteen saaminen edellyttää intensiteetiltään merkittävästi kovempaa harjoittelua (Billat, 2000) ja huippu-urheilijoilla erittäin merkittävä osuus harjoitusajasta on kovatehoista tehoharjoittelua (Skiforbundet, 2010).

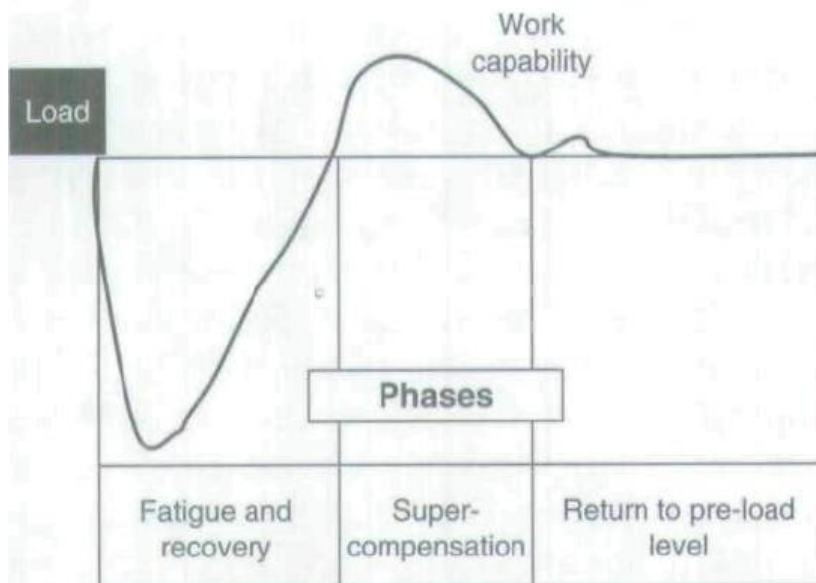
Kestävyysuorituksessa käytettävä aika on sen verran pitkä, että urheilijan energiavarojen riittävyys ja elimistön kyky hyödyntää niitä itse suoritukseen ovat merkittäviä

suorituskykyisyyttä selittäviä tekijöitä. Onkin osoitettu, että maratonjuoksijoilla rasvojen käyttö suorituksessa on suurempaa, kuin lyhyemmällä matkoilla kilpailevilla (Sjodin, 1985). Rasvojen käyttö on merkittävä etu, koska elimistön hiilihydraattivarastot eivät riitä takaamaan energiaa pitkään juoksusuoritukseen (McArdle, 2010, ss. 303-352).

2.1 Kestävyysjuoksuun liittyvän kuntopohjan rakentaminen

Säännöllisen ja tavoitteellisen harjoittelun lähtökohtana on pyrkimys järkyttää elimistön tasapainotilaa, jolloin elimistöön syntyy erilaisia mikrovaurioita, jotka korjaannuttuaan parantavat suorituskykyä (Issurin, 2010). Tyypillisesti suomalaisessa ja kansainvälisessä kestävyysvalmennuksessa harjoittelun lähtökohtana on ollut harjoituttaa urheilijaa paljon hitailla vauhteilla ja matalilla sykkeillä, jolloin on ajateltu rakennettavan perustaa kovemmalle harjoittelulle (Hewson, 1995). Harjoittelussa olisi pyrittävä siihen, että elimistön vallitsevaa tasapainotilaa järkytetään, joten harjoittelun tulee sisältää jotain muutoksia joko intensiteetissä tai kestossa, jotta voidaan saada aikaan jatkuvaa ja kroonista adaptaatiota urheilijan suorituskykyyn (Arrese, 2005).

Issurin (2010) on tutkimuksessaan esittänyt, että urheilija voisi hyödyntää elimistön omaa palautumiskykyä (Kuva 1.) ja siten parantaa suorituskykyä levon aikana. Hän ei kuitenkaan suoraan määrittele levon absoluuttista kestoa tai lepojaksen aikana mahdollisesti tehtävää aktiivista palautusta vaan toteaa, että urheilija saattaa aloittaa harjoittelun ennen täydellistä palautumista. Hassmen (1998) esittää tutkimuksessaan, että urheilijan ei tulisi levätä yli 72 tunnin pituista jaksoa, koska silloin kehittyminen ei ole optimaalista. Jos urheilija kuitenkin joutuu lepäämään väsymyksen takia harjoittelusta yli 72 tuntia, niin kyseessä voi olla mahdollinen alkava ylirasitustila. Hassmen (1998) myös käsittelee aktiivisen palautuksen roolia mahdollisesti nopeuttavana palautumiskeinona, mutta muistuttaa puhtaan levon toimivan erinomaisesti, etenkin oikean ravinnon kanssa.



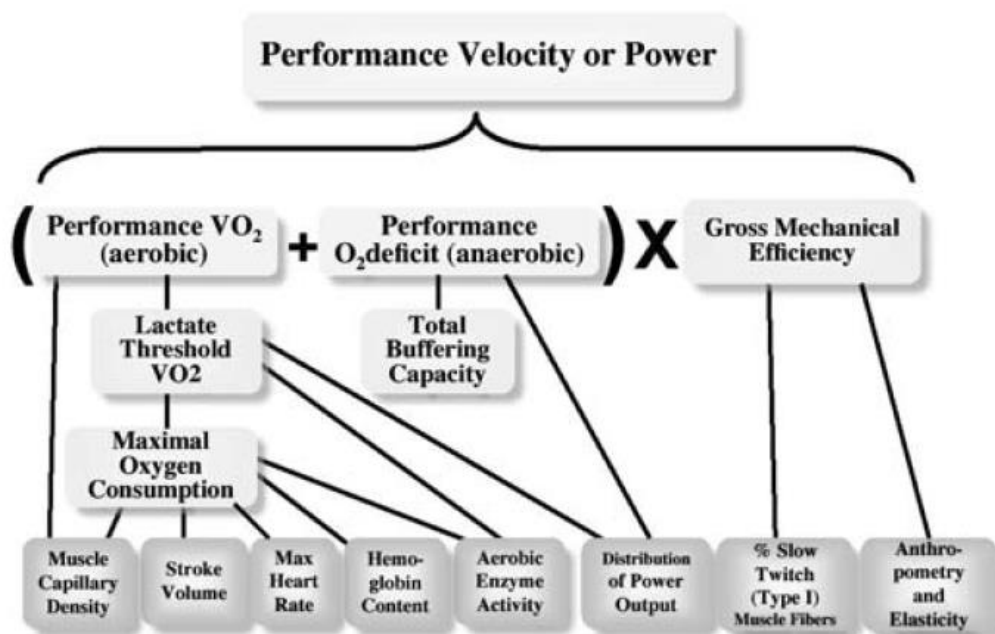
Kuva 1 Superkompensaatiomalli, jossa urheilija adaptoituu rasitukseen (fatigue) ja kehittyy levon (superkompensaatio) aikana ja pystyy sitten aloittamaan harjoittelun kovemmalta lähtötasolta (Issurin, 2010).

Onnistuneen harjoittelun jälkeen urheilijalla voidaan havaita useita fysiologisia muutoksia, joilla elimistö on sopeuttanut toimintaansa vastaamaan kasvaneeseen fyysiseen aktiivisuuteen. Muutokset eivät ole merkki patologisesta tilasta. Merkittävimpiä muutoksia tapahtuu verenkiertoelimistössä, jossa asetyylikoliinin vaikutuksesta sydämen sinusrytmissä tapahtuu parasympaattista muutosta, joka hidastaa sydämen sykettä. Sydämen sympaattinen aktiivisuus laskee samaan aikaan, joka selittää urheilijoilla tyypillisesti matalat leposykkeet. Sydämen iskutilavuus tyypillisesti kasvaa kestävyysharjoittelun myötä. Tilavuuden kasvamiselle on esitetty seuraavia syitä:

- a) Luontaisesti tehostunut sydämen täyttyminen diastoleessa, koska systole on tehokkaampi
- b) Neurohormonaaliset vasteet, jotka tehostavat normaalia sydämen täyttymistä ja systolen aikana tapahtuvaa tyhjentymistä
- c) Harjoitteluadaptaatio, joka johtuu kasvaneesta veren määrästä ja vähentyneestä verenvirtauksen periferaalisesta vastuksesta (McArdle, 2010, ss. 303-352)

Kestävyysurheilussa ei voida määrittää yhtä yksittäistä tekijää, joka määräisi optimaalisimman kehityksen tai millä olisi parhain vaste lopputuloksen kanssa. Kuten Helgerud (1994) esitti, niin kestävyysuorituskyky muodostuu juoksussa vain kolmesta asiasta, mutta toki moni fysiologinen muuttuja vaikuttaa kiinteästi toisiinsa, ja kaikkia niitä täytyy kehittää tasapuolisesti optimaalista kehittymistä ajatellen. Kuvassa 2 esitetään syy-seuraussuhteena tyypillisiä onnistuneen harjoittelun adaptaatioita, joita ovat mm. lisääntynyt lihasten mitokondrioiden määrä ja tehostunut hiussuonituksena verrattuna liikuntaa harrastamattomiin ihmisiin (Joyner, 2008).

Tyypillisesti kestävyysvalmentajat lisäävät urheilijoidensa harjoittelun intensiteettiä tai määrää, kun he pyrkivät saamaan kehittymistä aikaan (Hewson, 1995). On kuitenkin muistettava, ettei urheilijan harjoitusmääriä voida kasvattaa liian nopeasti, koska urheiluvammojen saamisen todennäköisyys kasvaa harjoittelumäärien kasvaessa (Hespanhol, 2012).



Kuva 2 Suorituskykyisyyteen liittyviä tekijöitä, joihin kestävyysharjoittelulla pyritään vaikuttamaan positiivisesti (Joyner, 2008).

Kansallisen tason juoksija harjoittelee keskimäärin noin 10–14 kertaa viikossa, jolloin palautumiseen ja riittävään ravinnonsaantiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta kehittyminen olisi ylipäättään mahdollista (Midgley, 2007). Joidenkin tutkimuksien mukaan matalammalla intensiteetillä tehtyjen harjoitusten hyöty perustuu siihen, että määrää voidaan lisätä enemmän, koska elimistö kestää matalampaa harjoitusstressiä paremmin, kuin fyysisesti raskasta kovatehoista harjoittelua (Midgley, 2006). On esitetty, että urheilijat, jotka harjoittelevat 65–80 % teholla VO_{2max} :sta voivat kehittyä merkittävästikin, jos lähtötaso on ollut matalahko. Juoksijoilla, joilla viikoittaiset juoksukilometrit ylittävät noin 80 km vastaavanlaista kehittymistä ei enää tapahdu vaan näiden juoksijoiden täytyy nostaa harjoittelunsa intensiteettiä parantaakseen omaa fyysistä tasoaan (Sjodin, 1985).

Juoksuun liittyvänä kestävyysuorituskyvyn osana juoksun taloudellisuutta on tutkittu laajalti. Taloudellisuus voidaan ajatella paranevan silloin, kun juoksija pystyy juoksemaan samalla nopeudella, mutta kuluttaa suoritukseensa vähemmän happea tai juoksee samalla hapenkulutuksella kovemmalla vauhdilla (Morgan, 1994). Helgerud (2010) osoitti tutkimuksessaan, että hapenkulutus ei kasva merkittävästi juoksunopeuksilla välillä 75–90 % VO_{2max} :sta (Taulukko 1). Samoin Helgerud (2010) osoitti, että naisilla hapenkulutus oli selkeästi pienempää verrattuna miehiin, tosin selittäjänä saattaa olla miesten keskimääräisesti isompi koko. Ferrauti (2010) esitti tutkimuksessaan, että arvioitaessa juoksun taloudellisuutta tulisi kiinnittää huomiota askelpituuden ja askelfrekvenssin muutoksiin ja verrata tulosta hapenkulutukseen tietyllä juoksunopeudella kuten Helgerud teki. Ferrauti (2010) tutki voimaharjoittelun vaikutusta maratonjuoksijoiden taloudellisuuteen ja havaitsi, että kaksi kertaa viikossa tehtynä voimaharjoittelu ei parantanut juoksijoiden taloudellisuutta. Yamamoto (2008) esittää tutkimuksessaan, että kilpaurheilijoiden kannattaa lisätä voimaharjoittelua harjoitusohjelmiin, koska se parantaa juoksun taloudellisuutta mm. parantamalla lihaskoordinaatiota, kasvattamalla lihastasolla motoristen yksiköiden rekrytointia ja vaikuttamalla juoksutyylisiin. Hayes (2007) taas havaitsi, että venyttelyllä ennen suoritusta ei voida vaikuttaa juoksun taloudellisuuteen, vaikka voitiinkin lisätä urheilijoiden liikkuvuutta. Myöskään kasvatetulla harjoitteluvolyymillä ei ole Pate:n (1992) mukaan suoraa yhteyttä juoksun taloudellisuuteen,

mutta toisaalta kovatehoisten laktaattikynnyksiä lähellä olevan harjoittelun on osoitettu parantavan myös juoksun taloudellisuutta nuorilla urheilijoilla, jotka eivät ole vielä saavuttaneet elimistön rajoja (Arrese, 2005).

Taulukko 1 Hapenkulutuksen vertailu naisten ja miesten välillä samalla juoksunopeudella mukaeltu (Helgerud, 2010).

Velocity (km h ⁻¹)	VO ₂ ml kg ^{-0.75} m ⁻¹ Males (n = 9)	VO ₂ ml kg ^{-0.75} m ⁻¹ Females (n = 6)
9.5	0.753 ± 0.04	0.689 ± 0.027*
11	0.752 ± 0.053	0.686 ± 0.038*
12.5	0.749 ± 0.061	0.6757 ± 0.049*

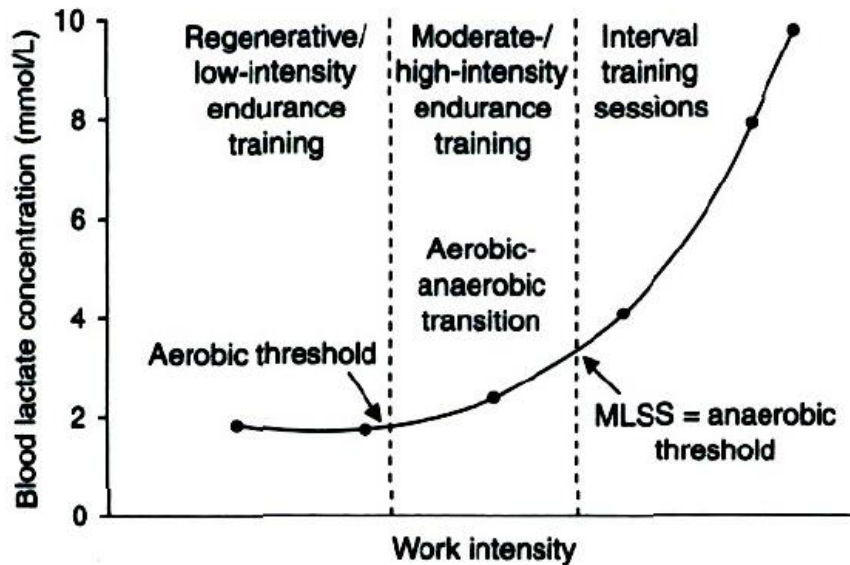
Values are mean ± SD

* *P* < 0.01 significantly different from males

2.2 Laktaattikynnykset ja niiden kehittäminen

Viimeisten kymmenien vuosien aikana on paljon tutkittu veren laktaatin käyttäytymistä rasituksessa ja nk. laktaattikynnyksistä on tullut tärkeitä apuvälineitä urheilijan harjoitteluvauhtien ja tehojen määrittämisessä. Yleensä urheilijalle tehdään suorassa maksimaalisen hapenoton testissä myös laktaattitasojen mittaus, jolloin voidaan tyypillisesti havaita laktaatin tuoton kiihtyminen testin edetessä (Kuva 3.). Laktaatin tuotosta muodostettua kuvaajaa käytetään urheilijan kestävyyskyvyn tulkinnan apuvälineenä (Faude, 2009). Lähes kaikki laktaattikynnystä mallintavat määritelmät perustuvat kahteen ”kynnyspisteeseen” (Westhoff, 2013) eli aerobiseen kynnykseen ja anaerobiseen kynnykseen. Aerobisella kynnyksellä ymmärretään tarkoitettavan sitä kohtaa, jossa laktaatti alkaa nousta perustasoltaan ja anaerobisella kynnyksellä tarkoitetaan kohtaa, jossa laktaatti vielä pysyy tasapainossa tuoton ja kulutuksen suhteen (Scherr, 2013). Useissa tutkimuksissa on osoitettu, että urheilijan harjoitteluvauhtien määrittelyssä voidaan käyttää suorassa testissä mitattuja laktaattikynnyksiä (Midgley, 2007). Yleisesti on myös hyväksytty, että kuvaajassa käyrän siirtyminen oikealle päin (matalampi veren laktaattitaso samalla

kuormalla) tarkoittaa parempaa kuntoa ja kestävyysuorituskykyä (Bosquet, 2002). Vastaavasti kuvaajan siirtyminen vasemmalle voidaan tulkita huonontuneeksi kestävyysuorituskyvyksi (Mujika, 2001), mutta toisissa tutkimuksissa on esitetty matalamman laktaattitason voivan johtua esimerkiksi madaltuneista lihasglykogeenivarastoista, jolloin kuvaajaa voidaan tulkita väärin (Reilly, 1999). On myös esitetty, että lisääntyneellä rasvahappojen hapetuksella, oksidatiivisten entsyymien aktiivisuudella ja mitokondrioiden määrällä lihaksistossa voisi olla merkitystä veren laktaattitasoihin eri testikerroilla, jos testien välillä ehditään harjoitella tai pidetään harjoitustaukoa (Midgley, 2007).



Kuva 3 Kuvaaja, joka kuvaa laktaatin kertymistä suorituksen tehon kasvaessa. Kuvaajaan on merkitty aerobinen (aerobic threshold) ja anaerobinen kynnys (MLSS). Kuvaaja on jaettu kolmeen osaan, huoltavaan harjoitteluun, keskitehoiseen kestävyysarjoitteluun ja intervalliharjoitteluun (Faude, 2009).

Tutkimusten valossa laktaattikynnysten ainoastaan laktaattiin perustuva numeraalinen määrittäminen on haasteellista, koska eri tutkimuksissa käytetään laajasti eri tavalla määritettyjä kynnysarvoja (Taulukko 2. ja 3.) (Faude, 2009). Lisänä käytetäänkin usein ventilaatiossa ja hiilidioksidin tuotossa tapahtuvia muutoksia, jolloin voidaan paremmin

varmistua kynnysten paikkaansa pitävyydestä (Keskinen ym, 2004). Toisaalta metodologisesti on havaittu eroa sillä, mistä kohdasta laktaattinäyte otetaan. Keski-Euroopassa oleva tapa ottaa näyte korvalehdestä tuottaa etenkin submaksimaalisilla kuormilla matalamman laktaattipitoisuuden kuin Suomessa käytetty sormenpääverinäyte (Feliu, 1999). Lisäksi plasmasta määritetyt laktaattinäytteet ovat korkeampia kuin koko laskimoverestä otetut näytteet, kun taas kapillaarinäytteet ovat noin puolessa välissä plasma- ja laskimoverinäytteiden välissä (Hildebrandt, 2000).

Taulukko 2 Eri tutkimuksissa käytettyjä määritelmiä aerobisen kynnyksen määrittämiseksi, mukaeltu (Faude, 2009)

Kohta, jossa laktaatti alkaa nousta perustasostaan
Kohta, jossa laktaatti nousee non-lineaarisesti perustasostaan
Ensimmäinen kohta, jossa laktaatissa tapahtuu muutos, noin 2mmol/l
Ennen laktaatin nousua perustasoltaan enemmän, kuin 0,2 mmol/l
Kohta, jossa laktaatti nousee 0,5 mmol/l yli perustason
Kohta, jossa laktaatti nousee 1,0 mmol/l yli perustason

Kestävyysurheilussa mahdollisimman kovasta kunnosta on yleensä etua kilpailun lopputulosta ajatellen, jolloin useiden valmentajien ja urheilijoiden intresseissä onkin harjoituksilla parantaa kestävyysominaisuuksia osaltaan määrittäviä laktaattikynnyksiä. Etenkin anaerobisen kynnyksen on osoitettu korreloivan voimakkaasti juoksukilpailua simuloivan kokeen tai varsinaisen kilpailutilanteen kanssa (Faude, 2009). Aerobinen kynnyks ei ole niin merkittävä juoksukilpailuita ajatellen, koska ihminen pystyy liikkumaan aerobisen kynnyksen vauhdilla useita tunteja ja huipputasoinen maratoonari juoksee maratoninkin vain hivenen yli kahdessa tunnissa. Aerobisen kynnyksen harjoitteluun voidaan soveltaa matalavauhtisia ja pitkäkestoisia harjoituksia, joissa ainoastaan saatavilla oleva energia voi alkaa rajoittaa suoritusta (Sandbakk, 2012).

Taulukko 3. Eri tutkimuksissa käytettyjä määritelmiä anaerobisen kynnyksen määrittelemiseksi, mukaeltu (Faude, 2009).

Maksimaalinen etäisyys laktaattikäyrän eri päistä vedetyn suoran ja laktaattikäyrän välillä
Toinen laktaatin nousukohta, joka on ainakin 0,5 mmol/l enemmän, kuin ensimmäinen
Juoksunopeus, joka on ollut ennen nopeaa ja yllättävää laktaatin nousukohtaa AERK:n ja VO_{2max} välillä
Piirretty tangentti laktaattikäyrään 51 asteen kulmassa
Piirretty tangentti laktaattikäyrään 45 asteen kulmassa

Tutkimuksissa esiintyy kuitenkin ristiriitaista tietoa sen suhteen, mikä olisi paras tapa kehittää juuri kilpailusuorituksen kanssa korreloivaa (Faria, 2005) anaerobista kynnystä. Osa tutkimuksista esittää, että juuri kilpailuvauhtinen harjoittelu olisi optimaalisin tapa parantaa kynnysominaisuuksia (Kubukeli, 2002). Toisaalta taas Dennis (2002) esittää omassa tutkimuksessaan, että 4 kertaa 8 minuuttia 90 % teholla maksimisykkeestä olisi parempi tapa kehittää anaerobista kynnystä, kuin lyhemmät mutta kovemmat (4 x 4 min/ 94 % HR_{max}) harjoitukset. Helgerud (2007) taas esittää tutkimuksessaan, että anaerobista kynnystä kuvaava harjoitusteho olisi 85 % maksimisykkeestä, mutta toteaa, että urheilijan kannalta paras kehitys saavutetaan harjoittelemalla intervalliharjoituksia kovemmallalla teholla, joka vastaa noin 90–95 % sykemaksimista. Billat'in (2002) tutkimus tukee Helgerudin ajatusta, koska Billat osoitti, että lyhytkestoilla (30 sekuntia) kovatehoisilla (90- 95 % sykereservistä) harjoituksilla voidaan parantaa merkittävästi laktaattikynnyksiä ja niiden juoksunopeutta. Jung (2003) taas toteaa tutkimuskatsauksessaan, että ainakaan voimaharjoittelulla ei voida parantaa laktaattikynnyksiä kokeneemmilla juoksijoilla, mutta saatetaan saada pientä vastetta aikaan aloittelevilla juoksijoilla, koska anaerobinen kapasiteetti paranee voimaharjoittelun seurauksena. Londeree (1997) toteaa omassa tutkimuskatsauksessaan, että ylipäätään aikaisemmin enemmän harjoitelleet tarvitsevat intensiteetiltään selkeästi kovempaa harjoittelua kuin aloittelevat juoksijat, joilla laktaattikynnykset parantuvat myös matalamman intensiteetin harjoittelulla. Myös Midgley'n (2007) tutkimuskatsaus osoittaa, että harjoittelu hivenen määritellyn anaerobisen kynnyksen ylitse tuottaa parhaimman vasteen anaerobisen kynnyksen kehittymiselle.

2.3 Maksimaalinen hapenottokyky ja sen kehittäminen

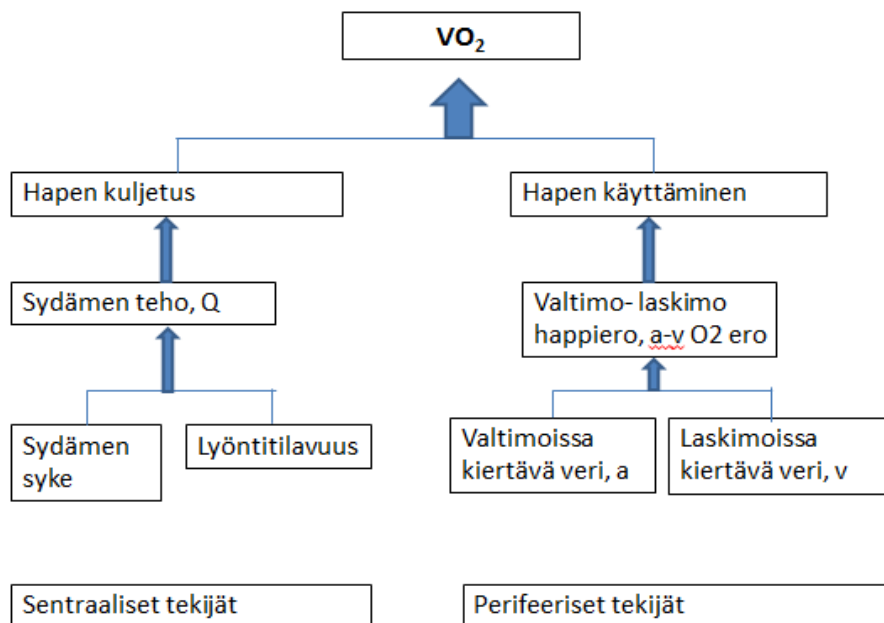
Urheilijan elimistön kyky käyttää happea energiantuotantoon on erittäin tärkeä fysiologinen tekijä kestävyysurheilussa. Muodollisemmin tätä kykyä kutsutaan hapenkulutukseksi, VO_2 , joka ilmoitetaan kulutetun hapen tilavuutena minuutissa (l/min). Hapenkulutus voidaan ilmaista absoluuttisena arvona (l/min⁻¹) tai relatiivisena (ml/kg/min⁻¹). Maksimaalisessa suorituksessa käytetään termiä VO_{2max} , joka tarkoittaa hapenkulutusta maksimaalisessa kuormituksessa. Tavallisilla harjoittelemattomilla ihmisillä tyypilliset mitatut hapenottoarvot ovat naisilla 35- 40 ml/kg/min⁻¹ ja vastaavasti miehillä 45- 50 ml/kg/min⁻¹ (Rynders, 2011). Urheilijoilla suurimmat mitatut arvot ylittävät 90ml/kg/min⁻¹ (Levine, 2008).

Hapenottokyky on henkilökohtainen ominaisuus, johon vaikuttaa sentraaliset ja perifeeriset tekijät. Sentraaliset tekijät vaikuttavat hapen kuljettamiseen sydäimestä happea tarvitseviin lihaksiin, kun taas perifeeriset tekijät vaikuttavat hapen sitoutumiseen lihaksistossa (Randall, 2004). Kestävyysharjoittelun aiheuttama lihasten kapillarisaation lisääntymisen on osoitettu olevan yksi merkittävimmistä VO_{2max} :iin vaikuttavista tekijöistä, mutta lihasfibereiden oksidatiivisen kapasiteetin kehittymisellä ei ole osoitettu olevan merkittävää roolia liittyen VO_{2max} :in parantumiseen, koska lihasten oksidatiivinen kapasiteetti on suurempi kuin hengitys ja verenkiertoelimistön kyky tuottaa happea lihaksille (Midgley, 2006).

Kestävyysurheilijan ominaisuuksiin ja etenkin VO_{2max} :iin voidaan vaikuttaa merkittävästi lisäämällä punasolujen osuutta veressä, koska tällöin voidaan suurentaa veren happipitoisuutta ja kasvattaa valtimoveren ja laskimoveren välistä happieroa. Useissa tutkimuksissa on voitu kokeellisesti osoittaa kasvaneen hematokriitin ja parantuneen VO_{2max} välinen yhteys. Audranin (1999) tutkimuksessa havaittiin, että kasvattamalla hematokriittiä 11 % voidaan vaikuttaa hemoglobiinin lisääntymiseen 9 %, joka tarkoittaa VO_{2max} parantumista noin 9 % verran. Toisaalta joissain tutkimuksissa ei ole pystytty osoittamaan hematokriitin määrän suoraa suhdetta prosentuaaliseen hapenottokyvyn parantumiseen,

koska esimerkiksi Birkelandin (2000) tutkimuksessa hematokriitti parantui 19 %, mutta VO_{2max} vain 7 %.

Kaavamaisena esityksenä hapenottokykyyn voidaan käyttää Fickin laista johdettua kaavaa, jossa Q_{max} kuvaa sydämen tehoa eli sydämen vasemman kammion kautta kulkevaa verimäärää minuutissa (litraa verta/ min^{-1}). Sydämen tehoon vaikuttaa yksilöllinen syke (lyöntiä/minuutti) ja sydämen iskutilavuus (ml verta/yksi lyönti). Valtimo-laskimo happierolla (a-v O_2 ero) tarkoitetaan hapekkaan valtimoveren ja vähähappisen laskimoveren hapen osapaineen erotusta, joka kuvaa lihaksistoon sitoutuneen hapenmäärää elimistössä.

$$VO_2 = O_2 \text{ saanti} \times O_2 \text{ sitoutuminen} \Rightarrow Q_{max} \times (a-v O_2 \text{ ero})$$


Kuva 4 Sentraaliset ja perifeeriset mekanismit, jotka vaikuttavat hapenottokykyyn, mukaeltu (Randall, 2004)

Maksimaalisen hapenottokyvyn on osoitettu olevan merkittävä tekijä, joka määrittää kestävyysjuoksun suorituskykyisyyttä, koska urheilija ei pysty juoksemaan 100 prosenttisella VO_{2max} :lla kovin pitkää aikaa (Levine, 2008), vaikkakin on esitetty, että VO_2 ei ole ainoa suorituskykyä määrittävä tekijä ainakaan hyvätasoisilla juoksijoilla (Arrese,

2005). Urheilijat pyrkivät aina kilpailuissa rikkomaan omia ja muiden urheilijoiden asettamia ennätyksiä, joten suorituskyvyn parantamisesta ollaan laajalti kiinnostuneita niin valmentajien kuin urheilijoiden toimesta. Tästä syystä myös tutkijoita on kiinnostanut selvittää, mikä tapa olisi paras, jolla kestävyysuorituskykyyn vaikuttavaa maksimaalista hapenottoa voitaisiin kehittää eniten ja urheilijan kannalta helpoimmalla tavalla.

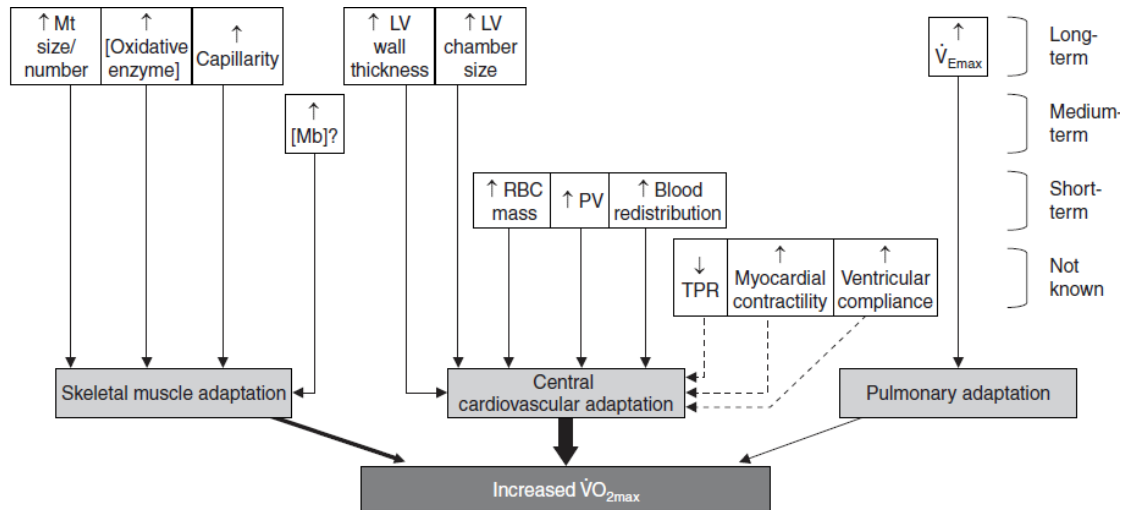
Kestävyysharjoittelun alkuvaiheessa VO_{2max} :ssa voidaan havaita nopeitakin muutoksia ja suurta kehittymistä harjoiteltaessa vain 40- 50 % teholla VO_{2max} :sta. Kuntojuoksijoilla määräharjoittelu tehoilla 65- 80 % VO_{2max} :sta on esitetty riittävän kohottamaan absoluuttista VO_{2max} :ia, koska harjoittelun aiheuttamaa fysiologista rasitusta kyetään jatkamaan pidempään kuin kovatehoisissa intervalliharjoituksissa. Lisäksi on havaittu, että em. tehoilla tehtävä harjoittelu parantaa VO_{2max} :ia jopa 60- 80km viikossa juoksevilla (Midgley, 2006).

Myöhemmässä harjoitteluvaiheessa urheilijan kehittyminen on hitaampaa ja urheilijat saavuttavatkin yleensä tasannevaiheen, jossa hapenottokyky ei kehity samanlaisella harjoittelulla enempää (Arrese, 2005). Harjoitteleilla urheilijoilla harjoittelu lähellä tai jopa yli VO_{2max} :in aiheuttaa maksimaalisen harjoitusärsyksen ja fysiologisen stressireaktion, joka maksimoi sydämen täyttymisen ja siihen kohdistuvan diastolisen paineen (Zhou, 2001). Tämän mekaanisen ylikuormituksen on osoitettu olevan yhteydessä sydämen koon kasvamiseen ja maksimaaliseen sydämen lyöntitilavuuden kasvamiseen ja koska sydämen tilavuus on sykkeen ohella sydämen tehoon vaikuttava merkittävä tekijä (Randall, 2004). Harjoittelemalla VO_{2max} :ia vastaavalla teholla voidaan vaikuttaa eniten juuri VO_{2max} :in kehittymiseen. Kestävyysurheilijat ovat tottuneet harjoittelemaan pitkillä vedoilla, koska on ajateltu kilpailusuoritusta vastaavan harjoituksen toimivan parhaana stimuluksena myös hapenoton kehittämiseksi, mutta useissa tutkimuksissa intervalliharjoittelun teho ja parempi hyöty urheilijan kehittymisen näkökannalta ohjaavat urheilijoita valitsemaan intervalliharjoittelun matalatehoisen harjoittelun sijaan (Midgley, 2006)

Toisaalta Helgerud (2007) osoitti omassa tutkimuksessaan, että submaksimaalinen matalatehoinen (70 % sykemaksimista) voi ylläpitää ja mahdollisesti hivenen kehittää

maksimaalista hapenottokykyä. Merkittävä kehitys hapenotossa saadaan aikaiseksi kuitenkin joko lyhyillä, usein toistettavilla 15 sekuntia kestäville, tai perinteisemmällä 4 kertaa 4 minuuttia kestäväällä kovatehoisella (90–95 % sykereservistä) intervalliharjoituksilla. Myös Gorostiaga (1991) on havainnut lyhyiden 30 sekunnin intervallien toimivan maksimaalisen hapenoton kehittämässä silloin, kun kehitystä verrataan matalammalla (70 % sykereservistä) teholla tehtyyn harjoitteluun. Billat (2002) sen sijaan esittää tutkimuksessaan, että lyhyillä 30 sekunnin vedoilla 90–95% sykereservistä ei voitu merkittävästi parantaa hapenottokykyä, vaikka pystyttiin nostamaan laktaattikynnyksiä. Demarie (2000) taas havaitsi, että intervallityyppistä harjoittelua jaksaa tehdä paremmin, kuin vastaavalla teholla tehtyä yhtäjaksoista juoksua, mutta molemmilla voidaan vaikuttaa samalla tavalla hapenoton kehittymiseen ja kestävyysuorituskykyyn.

Maksimaalisen hapenoton kehittämiseen ei ole siis vielä löytetty parasta ja yksiselitteistä keinoa. Urheilijoiden tulisikin optimoida kaikki mahdolliset tekijät harjoittelussaan, jotta vähäisetkin hyödyt kovatehoisesta harjoittelusta saataisiin otettua irti. Kuvassa 5. on esitetty useita muuttujia, joilla on osoitettu olevan merkittävä rooli, kun kehitetään urheilijan hapenottokykyä. Kuvasta on tärkeää huomata aikaväli, jolla kehitystä voidaan odottaa saatavan. Kuten kestävyysurheilu muutoinkin, niin myös maksimaalisen hapenoton kehittäminen vaatii huipputason juoksijoilla vuosien pitkäjänteisen työn. Tietysti lukuisten intervalliharjoittelua puoltavien tutkimuksien mukaan jo lyhyessä ajassa voidaan saada merkittäviä kehitysaskelaita aikaan myös maksimaalisen hapenoton kannalta.

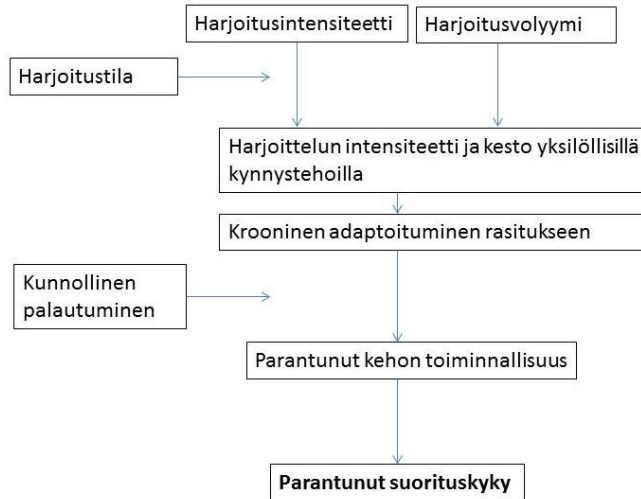


Kuva 5 Harjoitteluun liittyvät fysikaaliset adaptaatiomekanismit, joilla on vaikutusta $\dot{V}O_{2max}$:in kehittymiseen eri aikaväleillä (päivät, kuukaudet, vuodet). Hapenottoikyky on jaettu kolmeen komponenttiin, lihasadaptaatioihin, sydän- ja verisuoniadaptaatioihin ja keuhkoihin liittyvään adaptaatioon. MT= Mitokondrioiden määrä lihaksissa, MB= Myoglobiini määrä, LV= sydämen vasemman kammion tilavuuden ja paksuuden muutos, RBC= punasolujen osuus veressä, PV= Plasman tilavuus, TPR= Perifeerinen verenkierron vastus, V_{max} = Maksimiventilaatio (Midgley,2006).

3 HARJOITTELUN SUUNNITTELU JA KUMULOITUVAN KUORMITUKSEN SEURANTA JUOKSIJOILLA

Jatkuva harjoittelu aiheuttaa urheilijalle kumuloituvaa harjoituskuormitusta, joka voidaan kuvata termillä harjoitustila (Kuva 6.) ja laskennallisesti määrittää ottamalla huomioon harjoittelussa käytetty intensiteetti, kesto ja frekvenssi. Jatkuvan harjoitusprosessin tulisi ottaa huomioon kaikki kolme muuttujaa, jotta harjoittelusta saataisiin paras tulos irti (Smith, 2003). Juoksulajeissa käytetään toisinaan myös harjoitusvolyymien laskentaa, jolloin otetaan huomioon pelkästään kilometrit tai harjoitustunnit. Pelkän volyymin laskennassa ei oteta kuitenkaan huomioon intensiteetin merkittävää vaikutusta koettuun kuormittuneisuuteen, jota on pidetty merkittävänä puutteena urheilijan harjoittelua seurattaessa (Billat, 2003). Harjoittelun aiheuttaman kuormittuneisuuden seurantaan on kehitetty erilaisia valmiita malleja, joilla voidaan mallintaa urheilijan kokemaa harjoituksen kuormitusta. Osa malleista perustuu sykemittaukseen ja siitä laskettavaan sykevälianalyysiin ja osa perustuu manuaalisesti harjoituspäiväkirjoista tai sykemittareista syötettäviin lukuihin, kuten TRIMP, joka kuvaa kumuloituvaa harjoitusimpulssia (Stellingwerff, 2012).

Urheilijan harjoitteluintensiteetin ja volyymin seuranta pidemmällä aikavälillä tehtäessä voidaan alkaa puhua harjoitussuunnitelman laadinnasta ja periodisaatiosta, jolla urheilijan kuntohuippuja pyritään ajoittamaan kilpailuiden kohdille. Urheilijan yhden vuoden mittainen harjoitusajanjakso voi sisältää esimerkiksi vain yhden pääkilpailun, jonne kunto ajoitetaan (Issurin, 2010). Periodisoinnin avulla (Kuva 7.) urheilijan on mahdollista kestää ajoittain volyymiltään ja intensiteetiltään erittäin kovaa harjoittelua, kun samalla huolehditaan riittävästä levosta, jotta superkompensaatiomallin (Kuva 1.) mukainen palautuminen ja kehittyminen on mahdollista. Periodisaatio ei kuitenkaan ole välttämätöntä urheilijan kehittymisen kannalta. Verhoshansky (1998) osoitti tutkimuksessaan, että edes kaikki maailman huipputason juoksijat eivät noudata perinteistä periodisaatioajattelua juoksuharjoittelussaan.



Kuva 6. Fysiologinen kuormitus johtaa lopulta fysiologiseen adaptoitumiseen ja parantuneeseen suorituskykyyn, mukaeltu (Midgley 2007).

Midgley'n mallissa (Kuva 6.) on huomioitava, että jokaiselle urheilijalle määritetään omat kynnystekot urheilijan omien tavoitteiden mukaisesti. Kynnyksiä tulee myös muuttaa ja monitoroida huolellisesti harjoittelun aikana, jos harjoittelua jatketaan pidemmän aikaa. Harjoitusvuoden lisäksi urheilijan harjoittelu suunnitellaan tyyppillisesti lyhyempiin makro-, mikro- ja mesosykleihin, joilla pyritään varmistumaan siitä, että urheilija olisi kilpailupäivänä parhaassa mahdollisessa kunnossa (Smith, 2003).

3.1 Harjoitusvolyymi juoksussa

Tutkijat ovat yrittäneet luoda erilaisia malleja, joilla voitaisiin optimoida fysiologisia muuttujia siten, että urheilijoiden aerobinen kapasiteetti paranisi parhaimmalla mahdollisella tavalla. Lopullista konsensusta ei kuitenkaan vielä ole saavutettu sen suhteen, että kuinka harjoitusvolyymi (juostut kilometrit/viikko), harjoittelun tiheys (harjoituskerrat/viikko) ja harjoitteiden tehojakauma (% sykereservistä) tulisi muodostaa.

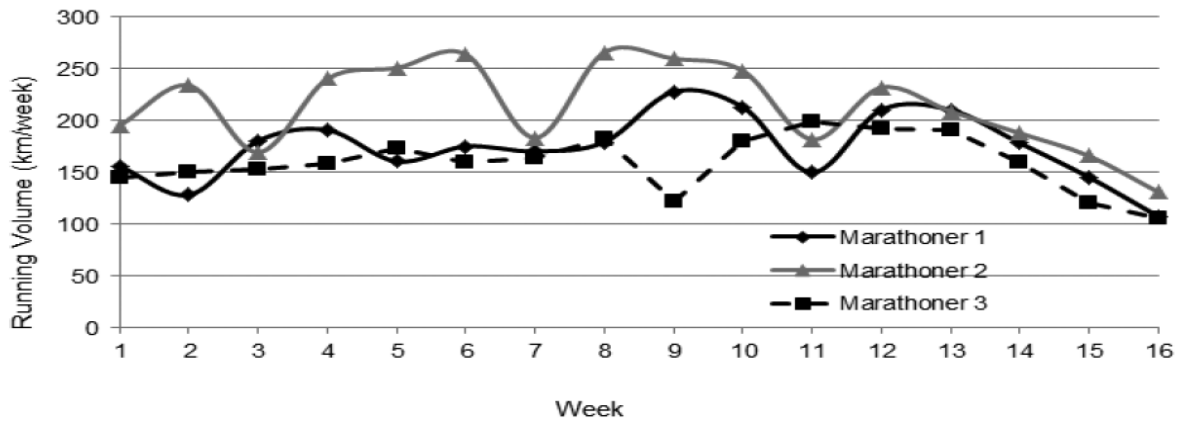
Yleensä kansainvälisten huipputason juoksijoiden harjoittelu perustuu kahteen erilaiseen malliin, joiden on todettu toimivan suorituskyvyn kehittymisen kannalta erittäin hyvin kansainvälisellä tasolla (Ferreira, 2006):

- 1) Malli, jossa painotetaan juostujen kilometrien määrää (200- 260km/vko) mutta ei tehoa, jolloin harjoitusintensiiteetti pidetään noin 60–75 % VO_{2max} :sta.
- 2) Malli, jossa harjoitusmäärä on vähäisempi (150- 200km/vko), mutta jossa on hivenen kovempi juoksunopeus, noin 80–87 % VO_{2max} :sta.

Norjan menestyneimpiä pitkien matkojen juoksijoita tutkinut Enoksen (2011) havaitsi juoksijoiden viikoittaiseksi juoksuvolyymiksi 150–210 kilometriä normaalin harjoittelukauden aikana. Kilpailukaudella ja ylimenokaudella juoksumäärissä tapahtui Enoksenin (2011) mukaan tyypillistä laskua (132–180km/vko). Enoksenin (2011) tutkimuksen mukaan kovalla harjoitusvolyymin nostamisella voidaan saavuttaa huomattavasti parantunut suorituskyky, vaikka samalla laskettaisiin suhteellista tehoharjoittelun määrää. Stellingwerff (2012) havaitsi omassa tutkimuksessaan, että huipputason juoksijoilla harjoitusmäärät saattavat laskea harjoituskauden yli 200km viikoittaisista volyymeistä vain hivenen yli sataan kilometriin viikossa kilpailukaudella (Kuva 7).

Toisaalta Knechtle (2010) tutki omassa tutkimuksessaan kuntoilijoita, jotka juoksivat maratonin ja ultramatkoja ja havaitsi, että myös kuntojuoksijoilla harjoitusvolyymillä oli merkittävä vaikutus siihen, mikä oli juoksijan loppuaika. Knechtle ehdottaa tutkimuksessaan, että kuntojuoksijoiden tulisi huolellisesti analysoida oma harjoittelunsa, jotta voitaisiin päättää lisätäänkö harjoitteluun lisää volyyymiä vai intensiteettiä. Myös harrastajatason triathlonisteilla on tehty vastaavankaltaisia havaintoja, joissa harjoitusvolyymillä on suora yhteys kilpailutuloksen kanssa (Knechtle, 2010). Estevo-Lanao (2007) haastaa Knechtlen (2010) havainnot omassa tutkimuksessaan, jossa havaittiin, että hyvätasoisten juoksijoiden kannattaa mieluummin lisätä harjoittelunsa volyyymiä kuin

intensiteettiä. Lisäksi hän havaitsi, että lisäämällä ei- spesifistä matalatehoista volyyymiä kovatehoisen harjoittelun tilalle auttoi urheilijoita parempiin tuloksiin kilpailuissa.

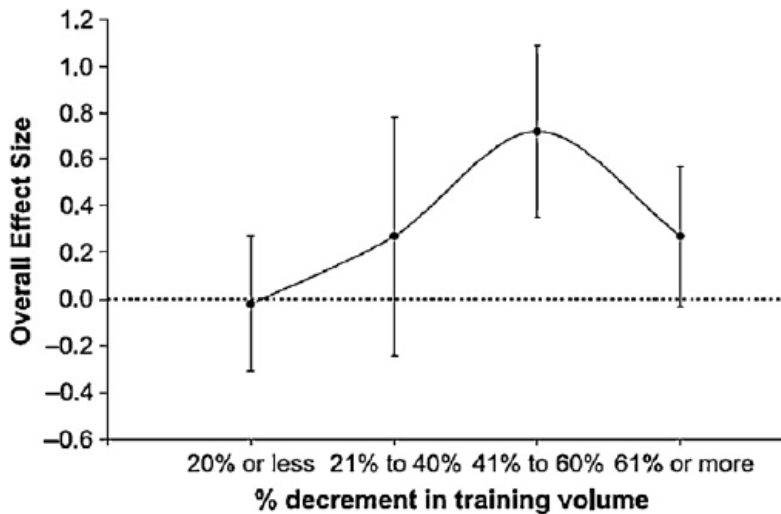


Kuva 7 Huippujuoksijoiden harjoitusvolyymien muutos maratonkilpailua lähestyttäessä, pystyakselilla on juostut kilometrit ja vaaka-akselilla viikot ennen kilpailua. Kuvassa on esitetty kolmen eri urheilijan käyttämä rytmituksen muutos (Stellingwerff, 2012).

Harjoitteluvolyymien vähentämistä ennen kilpailuita kutsutaan kunnon ajoittamiseksi ja sillä pyritään saamaan entistä parempi kunto esiin superkompensaation avulla. Kuvassa 7. havaitaan maratonjuoksijoiden onnistunut yritys ajoittaa kuntonsa kilpailuun.

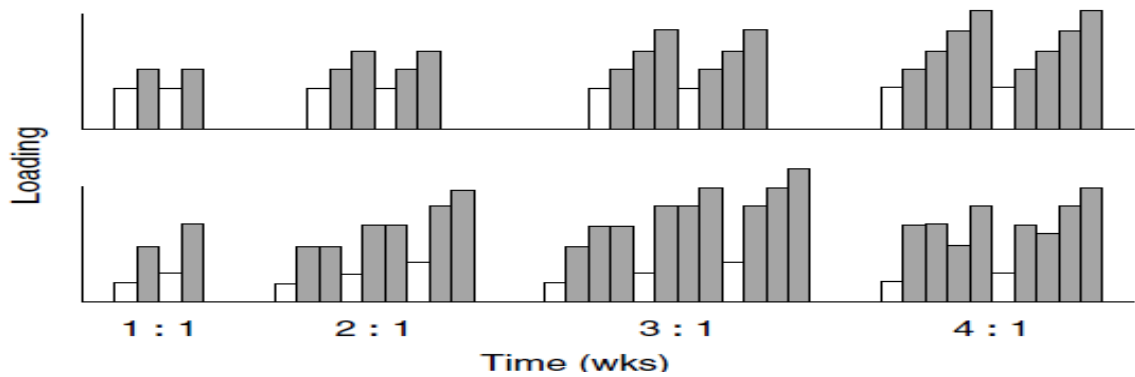
Urheilijoilla tulee valitettavasti vammautumisia silloin tällöin ja siksi myös harjoitteluvolyymia joudutaan vähentämään ilman suunniteltua periodisointia. Niinpä Hickson (1982) tutki harjoitteluvolyymien vähentämistä ja sen vaikutusta suorituskykyyn kuntoilijoilla. Tutkimuksessa henkilöt ensin harjoittelivat 10 viikkoa (40min/ 6krt/vko) ja sitten vähensivät harjoitusvolyymia 33 tai 66 prosenttia. Volyymien vähenemisestä huolimatta VO_{2max} ei muuttunut. Rietjens (2001) teki saman havainnon, että kestävyysurheilijoilla harjoitteluvolyymien vähentäminen puoleen aikaisemmasta volyyymistä ei merkittävästi muuta submaksimaalista tai maksimaalista suorituskykyä, jos harjoitteluvolyymien vähentäminen ei ole kestoaltaan kovin pitkä. On mahdollista, että edellä mainittujen tutkimuksien urheilijat olivat taustaltaan niin vähän harjoitelleita, että varsinaista kunnon kohoamista ei voinut harjoittelun keventämisen seurauksena tapahtua.

Le Meur (2012) kuitenkin esittää, että kovatasoisten urheilijoiden keventäessä harjoitteluaan kunnon tulisi kasvaa suhteessa harjoitteluvolyymin vähentämisen kanssa (Kuva 8), mutta jos harjoittelua kevennetään volyymiltään liikaa, niin vaste heikkenee.



Kuva 8 Kevennetyn volyymin vaikutus kuntoon, kevennetty osuus näkyy prosenttimääräisenä vaak akselilla. Alle 0,2 vaikutus on tulkittava pieneksi, 0,2-0,5 vaikutus on kohtuullinen ja yli 0,5 vaikutus on suuri. Arvot ovat 95 % luottamusvälillä, mukaeltu (Le Meur, 2012).

Issurin (2010) suosittaa urheilijoille käytettäväksi erilaisia malleja (Kuva 9.), joilla harjoittelua tulisi suunnitella, jotta ainakin mahdollisilta yllirasitustiloilta voitaisiin välttyä. Issurin ehdottaa, että urheilijat voisivat suunnitella harjoittelunsa periodisaatiomallien mukaisesti kuhunkin juoksulajiin sopivalla tavalla, jotta voitaisiin saada aikaan kilpailutulosta kehittävä harjoituskokonaisuus, joka ottaa huomioon oikea aikaisen harjoitusvolyymin keventämisen.



Kuva 9 Erilaisia periodisaatiomalleja, joita urheilussa voidaan käyttää, mukaeltu (Issurin, 2010).

3.2 Harjoitusintensiteetti juoksussa

Kun harjoittelussa yhdistetään harjoittelun määrä (volyymi) ja intensiteetti, niin saadaan parempi kuva siitä, miten urheilija kuormittuu. Tästä voidaan sitten johtaa tarkemmin harjoitusohjelma, joka ottaa huomioon yksilöllisen kehityksen ja saa aikaan suorituskyvyn kasvun (Kuva 6.). Harjoitusintensiteetistä puhuttaessa useimmissa tutkimuksissa tarkoitetaan sykeperusteista prosenttiosuutta maksimaalisesta sykkeestä.

Enoksenin (2011) tutkimuksen mukaan norjalaiset huippujuoksijat harjoittelevat valmistavalla kaudella jopa 75–84 % kaikista juostuista kilometreistä matalatehoista peruskestävyysharjoittelua (62–82 % sykereservistä) ja vain 15–25 % anaerobisen kynnyksen (87–92 % sykereservistä) ja sen yli olevilla vauhdeilla. Helgerdud (2007) esittää tutkimuksessaan, että kovatehoinen (90–95 % sykereservistä) aiheuttaisi nopeamman vasteen kunnan kehittymiselle kuin matalatehoinen peruskestävyysharjoittelu. Enoksen (2011) toteaa tutkimuksessaan, että lisäämällä Helgerudin suosittelemaa kovatehoista harjoittelua olisi kenties voitu vielä parantaa juoksijoiden suorituksia. Toisaalta Stellingwerffin (2012) tutkimus puoltaa Enoksenin havaintoja matalatehoisen harjoittelun suosimisesta huipputason maratonjuoksijoilla. Stellingwerffin (2012) tutkimuksessa maratonjuoksijoilla matalatehoista harjoittelua oli noin 74 %, noin 11 % harjoitteista oli kovia anaerobisen kynnyksen tuntumassa olevia harjoituksia ja noin 15 % harjoitteista oli

erittäin kovatehoisia harjoituksia. Lisäksi Esteve- Lanaon (2007) tutkimuksessa havaittiin, että suorituskyky kehittyi paremmin, jos kuntourheilijoiden harjoitusohjelma sisälsi 80 % kevyttä harjoittelua, 12 % anaerobisen kynnyksen harjoituksia ja 8 % maksimiharjoituksia, verrattuna siihen, että harjoitusmäärät anaerobisella kynnyksellä tuplattiin (67 % / 25 % /8 %) mutta maksimiharjoittelun määrää ei muutettu. Laursen (2010) taas epäilee tutkimuksessaan kovatehoisen harjoittelun liiallista suosimista, koska vaikka kovatehoisella harjoittelulla voidaan saada aikaan nopeasti parannuksia suorituskyvyssä, niin urheilijat eivät kestä kovatehoista harjoittelua kovin montaa viikkoa ilman yllirasitusta. Laursen (2010) ehdottaakin, että harjoittelun tulisi sisältää paljon matalatehoista harjoittelua, jonka lisäksi tehtäisiin tiiviitä kovatehoisia harjoitusblokkeja. Sandbakk (2012) on tutkinut norjalaisten hiihtäjien harjoittelua ja se perustuu samoihin periaatteisiin kuin maratonjuoksijoiden harjoittelu. Norjalaisilla harjoitusintensiteetiltään kevyttä (60–82 % sykereservistä) harjoittelua on jopa 90 % kaikesta harjoitusajasta ja vain 10 % harjoittelusta on kovatehoista harjoittelua.

Harjoitteluintensiteetin määrittely yksiselitteisesti on äärimmäisen vaikeaa tasapainoilua sen suhteen, että kestäkö urheilija kovatehoista harjoittelua vai ei. Tarkkoja prosenttiosuuksia intensiteetiltään kovien harjoitusten määräksi ei voida tutkimuksien valossa antaa, mutta oletettavasti kevyttä harjoittelua tulisi olla vähintään 70 % kaikesta harjoitusajasta. Jokaisen urheilijan kohdalla olisi suoritettava yksityiskohtainen lajianalyysi urheilijan omassa kilpailulajissa ja sen jälkeen tulisi analysoida tarkasti urheilijan kestävyysominaisuudet, jotta voitaisiin laatia tarkoituksenmukainen suunnitelma suorituskyvyn parantamiseksi.

3.3 Urheilijan harjoitustilan seuranta sykemuuttujien näkökulmasta

Superkompensaatiomalli (Kuva 1.s.5) edellyttää, että elimistön vallitsevaa tasapainotilaa järkytetään harjoittelulla. Harjoittelun tulisi kuitenkin olla intensiteetiltään ja volyymiltään sellaista, että urheilija pystyisi palautumaan harjoittelusta, mutta samalla järkyttämään tasapainotilaa. Etenkin huipputasen urheilussa marginaalit harjoittelumäärien suhteen ovat verrattain pieniä ja urheilijoiden suorituskyky lähellä toisiaan, joten optimaalisella

palautumisella saatetaan saavuttaa kilpakumppania kovempi suorituskyky. Tämän vuoksi urheilijan harjoitustilan seurantaan on kehitetty erilaisia malleja, joilla pyritään seuraamaan erilaisia fysiologisia muutoksia, jotta ehdittäisiin valmennuksellisesti reagoimaan harjoitustilassa tapahtuviin vääränlaisiin muutoksiin muuttamalla harjoitusten intensiteettiä tai volyyymiä. Palautumista on kuitenkin suhteellisen vaikeaa kontrolloida, koska palautumiseen ja urheilijan kokemaan harjoitustilaan vaikuttavat mm. urheilijan nauttima ruoka, unenlaatu, stressi ja psykologinen sekä sosiaalinen hyvinvointi (Hassmen, 1998).

Harjoitustilan seurantaan ei ole olemassa yhtä ns. ”ainoa oikeaa sääntöä”, jota tulisi noudattaa, vaan asiaan on kehitetty useampi erilainen lähestymistapa. Sykkeeseen perustuvaa harjoitustilasta kertovaa mallia on kehitetty laajalti, koska lähes jokaisella urheilijalla on jatkuvasti käytössään sykemittari ja ennen kaikkea siksi, että sykkeen palautumisen on havaittu olevan yhteydessä suorituskykymuutoksiin. Darr (1988) havaitsi omassa tutkimuksessaan, että sykkeen palautuminen harjoituksen jälkeen ei ole riippuvainen iästä, mutta se on erittäin selkeästi korreloiva ($p < 0.005$) suorituskykymuutoksien kanssa eli parempikuntoisilla syke palautuu nopeammin. Dimkpan (2009) tutkimus tukee Darrin (1988) havaintoja, että iällä ei ole merkitystä sykkeen palautumiseen silloin, kun huomioidaan kaikki palautumiseen vaikuttavat syyt, mutta jos asiaa tarkasteltiin irrallisena asiana, niin silloin nuoremmilla havaittiin nopeampi sykkeenpalautuminen. Myös Yamamoton (2001) tutkimuksessa, jossa tutkittiin terveitä ihmisiä 6 viikon kuormituksen ajan, havaittiin Darrin (1988) kanssa vastaavanlaisia tuloksia kunnon kehittymisen ja sykkeenpalautumisen välisistä yhteyksistä. Lamberts (2009) tutki huipputason urheilijalla kokeellisesti sykkeenpalautumisen ja kuormituksen välistä yhteyttä ja havaitsi, että myös huipputason urheilijoilla syke palautuu nopeammin kunnon kehittyessä, mutta siinä tapahtuu muutoksia, jos urheilijan tilassa on havaittavissa kumuloitunutta väsymystä aikaisempien harjoitusviikkojen vuoksi. Sykkeen palautumiseen perustuvaa harjoitustilan seurantaa voisi siis Lambertsin (2009) mukaan käyttää ainakin suunta-antavana välineenä urheilijan harjoitustilan seurannassa. Lisäksi toisessa tutkimuksessa havaittiin, että kovatehoisen (8 kertaa 4 minuuttia) intervalliharjoituksen jälkeen sykkeen palautumista

voitiin käyttää ennustamaan urheilijan harjoitustilassa tapahtuvia muutoksia ja sitä kautta voitaisiin tehdä hienosäätöä urheilijan harjoitusohjelmaan.

Sykkeenpalautumiseen perustuvaa urheilijan harjoitustilan seurantamenetelmää ei voida pitää aivan aukottomana menetelmänä. On osoitettu, että urheilijan pitäessä pitkän kevennetyn harjoittelujakson sykkeen palautuminen saattaa hidastua merkittävästi, vaikka kuntotasossa tapahtuisi positiivista kehitystä (Borresen, 2007). Lisäksi Georgoulas (2003) havaitsi hidastuneen sykkeen palautumisen olevan mahdollisesti yhteydessä sydänperäiseen iskemiaan ja hidastunut sykkeen palautuminen voi siis kuvata patologista tilaa, joka vaatii lääketieteellistä hoitoa. Sykkeenpalautumiseen liittyvien epävarmuustekijöiden poissulkemiseksi on kehitetty hienostuneempia tapoja analysoida syketietoja. Useat tutkimukset painottavat sykevariaatioissa tapahtuvien muutoksien olevan herkempiä aistimaan urheilijan harjoitustilaa, kuin vain sykkeeseen perustuvat menetelmät.

Kuipers (1997) havaitsi, että sydämeen vaikuttavan autonomisen hermoston tilan ja mahdollisesti kovasta harjoittelusta johtuvaan ylikuormitus- ja yllirasitustilan välillä on yhteys. Kaikkonen (2009) päättelee tutkimuksessaan, että koska sykevariaatio heijastaa autonomisen hermoston tilaa, joka taas säätelee elimistön homeostaasia, niin sykevariaatiota (HRV) voitaisiin käyttää kuvaamaan harjoittelun aiheuttamia muutoksia elimistön tasapainotilassa ja urheilijan harjoitustilassa. Jos HRV:llä pystyttäisiin osoittamaan yhteys urheilijan harjoitustilaan, niin silloin urheilijan päivittäisten harjoitusten kontrollointi olisi helpompaa. Kuitenkin HRV muutoksia tutkineet tutkijat eivät ole yhtämielisiä siitä, tulisiko sykevariaation kasvaa (Hedelin, 2000) liiallisen rasituksen seurauksena vai laskea (Hynynen, 2008). Hedelin (2000) tutki tutkimuksessaan lyhytaikaisesta, mutta intensiivisestä ylikuormituksesta kärsiviä melojia ja ei havainnut mitään lepotilasta poikkeavia muutoksia HRV:ssä. Borresen (2007) kuitenkin osoitti, että runsaan harjoittelumäärän lisäys (55 %) näkyy hidastuneena HRV:n palautumisessa, kun urheilija tekee kontrolloidun submaksimaalisen testin. Lisäksi Lamberts (2009) vahvisti tutkimuksellaan käsitystä, että HRV muutokset muuttuvat samaa tahtia harjoittelussa tapahtuvien muutoksien kanssa. Lamberts havaitsi myös, että etenkin ensimmäisen minuutin

HRV muutokset harjoituksen päättymisen jälkeen ovat merkittävä indikaattori urheilijan palautumisen ja harjoitustilan arvioinnissa.

Sykevariaatio siis tutkimusten valossa toimisi mahdollisesti ennusteena urheilijan harjoitustilan seurannassa, etenkin jos seuranta tehdään pidemmällä aikavälillä (Lamberts, 2009). Tällöin voidaan vakuuttua siitä, että urheilijan HRV muutoksiin ei vaikuta esimerkiksi elimistön dehydraatio tai hetkellinen stressi. Sykevariaation analysointiin on kehitetty lukuisia kaupallisia ohjelmia, mutta myös ilmaisia ohjelmia, joten analysointi ei myöskään tule kovin paljon kalliimmaksi, kuin pelkän sykedatan analysointi. Ehkäpä parhaan tuloksen urheilijan harjoitustilan arvioinnista sykemuuttujien perusteella voisi saada silloin, kun otetaan huomioon muutokset sekä sykkeessä että sykevariaatiossa. Tällöin voidaan tarkemmin päästä käsiksi urheilijan elimistön fysiologisiin muuttujiin ja ehdittää kenties puuttumaan yllämainittuihin ennen ylikunto-oireyhtymää.

4 SUBMAKSIMAALISET JA MAKSIMAALISET TESTIT SUORITUSKYVYN TESTAAMISESSA

Suorituskyvyn testaaminen on tärkeä osa huippu-urheilijoiden arkea ja siitä on tullut myös merkittävä kuntoliikkujien tapa motivoida itseä liikkumaan tavoitteellisemmin. Huippu-urheilussa voittajan ja vaikkapa neljänneksi sijoittuneen urheilijan välinen ero voi fysiologisesti olla todella marginaalinen, joten testaamalla säännöllisesti kuntotasoja harjoituskaudella ja kilpailukaudella voidaan mahdollisesti saada etua kilpakumppaniin nähden ja muuttaa harjoittelua siten, että voittaminen mahdollistuu.

Maksimaalisen hapenoton mittaaminen on yksi perustavimmista mittauksista, jotka liittyvät urheilufysiologiaan. Ajatus siitä, että jokaiselta yksilöltä voidaan mitata tarkasti maksimaalinen hapenmäärä, joka kuljetetaan hengitysilmosta lihasten mitokondrioihin tuottamaan energiaa, on kiehtonut tutkijoita jo A.V. Hillin ajoista alkaen (Levine, 2008). Toisaalta suorituskyvyn testaaminen ei ole pelkästään maksimaalisen suorituskyvyn testaamista, vaan myös erilaisten urheilijaystävällisempien submaksimaalisten ja kenttätestien käyttöä.

Suorituskyvyn testaamiselle on useita syitä, jotka kaikki eivät liity puhtaasti kuntotekijöiden kartoittamiseen. Urheilijan näkökulmasta suorituskykyä on hyvä testata, jotta selvitettäisiin selkeät heikkoudet ja vahvuudet urheilijana. Lisäksi valmentajan näkökulmasta on tärkeää seurata jatkuvasti urheilijan kehittymistä, joten testaamalla voidaankin saada yksi ”jäädetyt kuva” urheilijan sen hetkisestä kunnosta. Testit antavat urheilijalle myös paljon palautetta siitä millaista harjoittelua viimeisen testin jälkeen on tehty, mutta samalla ne toimivat valmentajalle ja urheilijalle opettavaisina kokemuksina siitä mitä ylipäättään urheilijan fysiologialta vaaditaan. Yhtenä näkökulmana on testauksen kyky tuottaa ennuste urheilijan menestymiskapasiteetista, koska jokaisessa lajissa testituloksia voidaan verrata kriteeristöön, että mitä lajin huipulla fysiologisesti vaaditaan. (Gore, 2000)

4.1 Submaksimaaliset testit

Maksimaaliset testit (kts. kappale 4.3) on mielletty laajalti ns. standarditesteiksi, kun halutaan määrittää urheilijan hapenottokyky. Erilaiset submaksimaaliset testit tarjoavat useammin toistettavan mahdollisuuden saada arvio hapenottokyvystä ja samalla seurata sekä kuntomuutoksia että harjoittelun vaikutusta. Submaksimaaliset testit perustuvat muutamiaan perusolettamaan, kuten että lyhytkestoisessa suorituksessa voidaan havaita lineaarinen yhteys sydämen sykkeen, harjoituksen tehon ja hapenkulutuksen välillä (Arts, 1994). Tästä voidaan johtaa päätelmä, että sydämen syke toimii ennustajana harjoituksen rasittavuudesta (Belcher, 2009) ja siitä taas voidaan päätellä, että jos syke laskee tietyllä aikaisemmin testatulla submaksimaalisella harjoitusteholla, niin kuntotasossa tapahtuu parantumista. Toisaalta, jos syke nousee aikaisemmista testeistä, niin kyseessä voi olla ylikunto-oireet (Hedelin, 2000) tai esimerkiksi kuivuminen (Lamberts, 2004). Submaksimaalisia testejä voidaan siis käyttää urheilijan harjoitustilan kontrollointiin ja harjoittelun seurantaan (Bucheit, 2011).

Submaksimaalisia testejä on kehitetty useita erilaisia niin uintiin, pyöräilyyn, palloilulajeihin, kuin eri juoksulajeihin. Juoksijat kannattaa aina testata juoksemalla, koska tulos voi olla kuntotasosta poikkeava, jos testaustapa on erilainen, kuin normaalisti harjoittellessa käytetty (Gore, 2000). Submaksimaalisia testejä juoksijoille tehdään yleensä joko yksiportaisena tai useampiportaisella mallilla. Ehkä tunnetuin yksiportainen juoksutesti on ns. Cooperin testi, jossa juostaan mahdollisimman pitkä matka 12 minuutin aikana. Testin on osoitettu olevan erittäin toistettava ja luotettava mittamaan kuntoilijoiden suorituskykyä ja laskennallista hapenottoa (Noonan, 2000). Toisaalta Andersen (2008) ehdottaa kuntoilijoille mieluummin käytettäväksi helposti järjestettävää viivajuoksutestiä, jossa juostaan 15 sekuntia ja levätään 15 sekuntia ja tätä toistetaan 10 minuuttia. Andersen (2008) havaitsi voimakkaan korrelaation näin mitatun juoksutuloksen ja maksimaalisessa testissä mitatun VO_{2max} välillä. Lamberts (2004) taas ehdottaa submaksimaalisen testin peruseriaatteen useampiportaista mallia, joka perustuu tarkkaan sykkeen ja koetun rasituksen (RPE) seurantaan. Lambertsin (2004) mukaan syke olisi hyvä nostaa

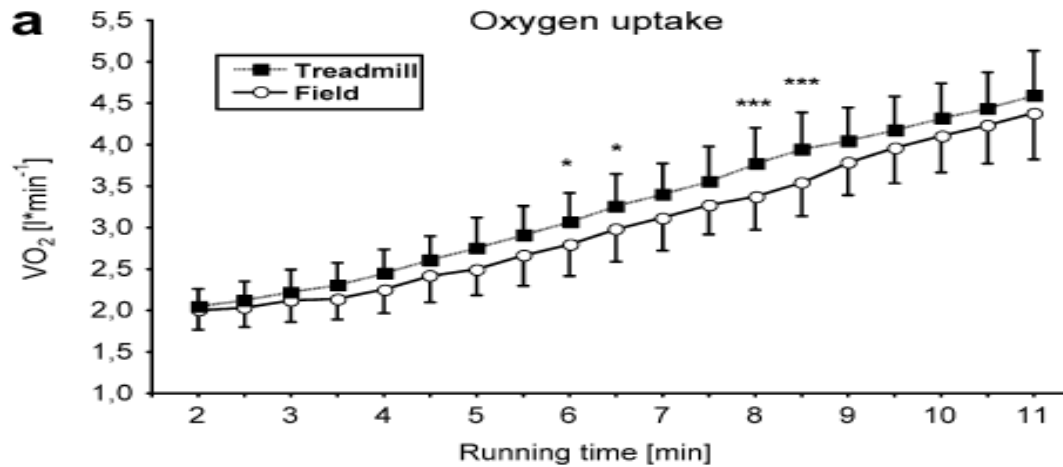
submaksimaalisessa testissä viimeisellä kuormalla 90 % tasolle maksimista, jolloin sydämen sykkeen vaihtelu on ainoastaan noin ± 7 lyöntiä eri testikertojen välillä. Saunders (2004) tutki kansainvälisen tason juoksijoita submaksimaalisella juokсутestillä, jossa juostiin 3 x 4 minuutin kuormilla ja havaitsi testituloksen korreloivan kuormaportailta mitatun VO_2 arvon ja juoksun taloudellisuuden kanssa. Lisäksi Saundersin (2004) mielestä melko pitkää, neljän minuutin, kuormaporrasta voidaan käyttää lyhyessä submaksimaalisessa juokсутestissä silloin, kun kyseessä on harjaantunut juoksija. Tosin Saunders (2004) toteaa, että juoksijat saavuttivat tasannevaiheen hapenkulutuksessa jo kahden minuutin kohdalla jokaisella kuormalla.

Beneke (2003) taas painottaa laktaattimittauksiin perustuvaa kuormitusmallia submaksimaalisessa testissä. Maksimaalinen laktaattitaso, jolla elimistö vielä pysyy tasapainossa laktaatin tuoton ja poiston välillä (anaerobinen kynnys) on merkittävä tekijä kuntotason seurannassa (Beneke, 2003). Bosquet (2002) täydentää Beneken (2003) havaintoja kokoelmatutkimuksessaan, josta käy ilmi, että useimmissa tutkimuksissa suorituskyvyn kanssa korreloiva anaerobinen kynnys määrittyy 70- 80 % kohdalle VO_{2max} :sta. Beneken (2003) ja Bosquetin (2002) havaintoja täydentää Billatin (1994) aiemmin tekemä havainto, jossa submaksimaaliset 20 minuutin kuormat tehtiin 65 ja 80 % tehoilla VO_{2max} :sta ja näin pystyttiin määrittämään laktaatin avulla anaerobinen kynnys ja saamaan arvio hapenottokyvystä. Lisäksi Nicholson (2001) vahvisti omassa tutkimuksessaan juuri laktaattikynnyksen olevan erittäin vahvasti korreloiva 10km submaksimaalisen juoksunopeuden kanssa. Toisaalta Larson (2006) havaitsi tutkimuksessaan, että samalla sykkeellä tehdyssä submaksimaalisessa työssä voi olla täysin erilaiset laktaattitasot, jos urheilijat harrastavat muuta lajia, kuin heidän päälajiaan, jossa laktaatti- ja syketasot on määritetty. Larsonin (2006) havainnot ovat merkittäviä urheilijoiden valmennussuunnitelmien kannalta, koska kestävyysurheilijat tekevät paljon harjoitteita myös tukevilla tai korvaavilla liikuntatavoilla ja silloin laktaattitasoissa olevat erot tulee ottaa tarkasti huomioon (Sandbakk, 2012).

4.2 Kenttätестit ja niiden sovellettavuus

Kenttätesteillä voidaan testata juoksijan kuntoa luonnollisemmassa olosuhteessa kuin laboratoriossa. Uusimmat kannettavat happianalysointilaitteet voidaan laittaa urheilijan selkään kenttätestin ajaksi ja niiden avulla voidaan tallentaa hapenottoarvoja suorituksen aikana (Keskinen ym, 2004). Kenttätestit perustuvat usein kuitenkin submaksimaaliseen testaukseen ja siten pelkkään juostuun matkaan tai tiettyyn sykkeeseen, jota pidetään koko harjoituksen ajan yllä.

Meyer (2003) tutki maksimaalisten kenttätestien ja laboratoriotestien yhteyttä juoksijoilla ja havaitsi, että laboratoriossa mitataan hivenen kovemmat hapenottoarvot jokaisella kuormalla (Kuva 10), mutta kenttätestissä juostaan kovemmalla vauhdilla. Meyer (2003) esittää mitattujen erojen johtuvan siitä, että kenttätestissä urheilija omaksuu luonnollisemman juoksuaskeleen, joka on tehokkaampi ja siten lihaksisto pystyy käyttämään paremmin hyväkseen oksidatiivista kapasiteettia verrattuna laboratoriotesteihin. Hodges (2006) toteaa tutkimuksessaan, että urheilijoiden kunnossa tapahtuvat vaihtelut kilpailukaudella ovat noin 1,5 %, joten kenttätestin tulisi olla sitä tarkempi, jotta sillä voitaisiin monitoroida kehitystä. Hodges (2006) havaitsi, että 1500m juoksussa luotettavuus on noin 0,82 joka tarkoittaa, että 1500m juoksutestiä voidaan käyttää urheilijoiden seurannassa. Mielenkiintoista on se, että Meyerin (2003) havainnot matalammasta hapenottokyvystä kenttätesteissä saavat tukea Tongin (2001) tutkimuksesta, jossa havaittiin, ettei 5 minuutin maksimaalinen juoksutesti korreloi hyvin mitatun VO_{2max} :in kanssa silloin, kun kyseessä on tottumaton juoksija. Tong (2001) esittää hapenoton jäävän matalammaksi kenttätestissä, koska juoksijat eivät pysty pitämään sykettänsä maksimissa koko juoksutestin ajan, vaan se laskee kuormituksen aikana.



Kuva 10 Hapenotossa, VO₂, tapahtuvat muutokset kenttä (field) ja laboratoriotestissä (treadmill), mukaeltu (Meyer, 2003).

Koska hapenottoarvojen arvioiminen kenttättestillä ei ole aivan varmaa, niin kuntojuoksijoille testiksi ja mahdollisesti urheilijoiden harjoitustilan seurantaan Schnitzler (2010) ehdottaa käytettäväksi protokollaa, jossa kentällä juostaan 10 kertaa 3 minuuttia 75 % teholla maksimaalisesta aerobisesta vauhdista (laktaattiarvot $3,1 \pm 1,0$ mmol/l) 30 sekunnin passiivisen palautuksen kanssa. Schnitzlerin (2010) mukaan harjoitus on sopiva urheilijoille, koska se on helppo juosta, ja se antaa kuitenkin melko tarkan arvion kestävyysominaisuuksien kehityksestä.

4.3 Maksimaalisen hapenoton testaaminen

Fysiologisten muuttujien kuten maksimaalisen työtehon, maksimaalinen hapenoton (VO_{2max}) ja laktaattikynnyksien on osoitettu korreloivan kestävyyslajien suorituskykyisyyden kanssa ja niitä on yhdessä ja erikseen käytetty urheilijan harjoitustilan arvioinnissa, ja harjoitussuunnitelmien laadinnassa (Bentley, 2007). Vahva korrelaatio on havaittu etenkin VO_{2max} arvojen ja kestävyysjuoksukyvyn kanssa, mutta toisaalta on muistettava, että useat biomekaaniset, ravinnosta, harjoitustaustasta ja erilaisista psykologisista muuttujista johtuvat tekijät vaikuttavat lopulliseen kestävyys suorituskykyyn

(Bentley, 2008). Maksimaalisen hapenottokyvyn mittaaminen voidaan siis nähdä perusteltuna perustoimenpiteenä ja osana urheilijan harjoitustilan ja kuntotason selvittämisestä, kunhan valitaan urheilijalle omaan urheilulajiin parhaiten sopiva testimalli (Gore, 2000).

Maksimaalinen hapenotto voidaan testata ja mitata suoralla testillä tai epäsuorasti erilaisiin laskennallisiin kaavoihin perustuen. Suorassa testissä mitataan tyypillisesti juoksumatolla juostaessa hengityskaasuanalysaattorin avulla hapenkulutusta ns. avoimella menetelmällä. Avoimessa menetelmässä urheilija hengittää sisään vakiokoostumuksen omaavaa huoneilmaa (79,04 % typpeä, 20,93 % happea, 0,03 % hiilidioksidia), josta voidaan mitata sisäänhengitys- ja uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta sekä hengitettävän ilman tilavuutta, josta voidaan laskea hapenkulutus ja sitä kautta myös energiankulutus. Suora testi voi olla ns. lyhyt testi, jossa kuormitusportaat ovat lyhyitä (30-60sekuntia) tai pitkä testi, jossa kuormitusportaat ovat 2-5 minuuttia. Tyypillisesti lyhyttä testiä voidaan käyttää, jos on tarkoituksena määrittää ainoastaan VO_{2max} tai polkupyöräilijöillä maksimaalinen poljettu teho. Muissa tapauksissa käytetään tyypillisesti pidempiä kuormia, jolloin voidaan määrittää myös laktaattikynnykset mittaamalla veren laktaattitasot jokaisen kuormaportaan jälkeen (Kuntotestauksen käsikirja, 2004).

Suorassa juoksumattotestissä kuormitusmallin valintaan vaikuttaa urheilijan tausta ja urheilijan oma juoksulaji. Kestävyysjuoksijalle tyypillinen testimalli on kiinteällä kulmalla oleva mutta vauhtia lisäävä testi. Testiprotokollia on monia erilaisia, joilla voidaan saada erilaisia hapenottoarvoja samalta ihmiseltä eri testikerroilla. McNaughton (2006) havaitsi, että verrattaessa kolmen minuutin kuormitusporrasta viiden minuutin kuormitusportaaseen, niin ei voitu havaita eroa urheilijan saavuttamassa maksimaalisessa tehossa. Toisaalta Pierce (1999) havaitsi, että kestoltaan 1-4 minuuttia olevat kuormitusportaat tuottavat samankaltaisen maksimaalisen hapenoton, mutta 5 minuuttia kestäväällä kuormitusmallilla maksimaalinen hapenotto jää selkeästi ($p < 0,05$) matalammalle tasolle verrattuna 1-4 minuuttisiin kuormiin. Pierce (1999) ehdottaa, että 3-4 minuuttia kestävät kuormat toimivat parhaiten urheilijoiden testauksessa, kun halutaan määrittää maksimaalinen hapenotto.

Bentley (2007) toteaa tutkimuksessaan, että kolmen minuutin kuormaportaita käyttäen on helpompi havaita urheilijan suorituskyvyssä tapahtuneita muutoksia ja lisäksi siitä on helpompi määrittää laktaattikynnykset (Kuva 3) kuin lyhyempiä kuormaportaita käyttämällä.

Toisaalta Gaeini (2008) toteaa, että pienintä nopeutta, jolla urheilija saavuttaa VO_{2max} :in voidaan käyttää harjoittelun suunnittelussa keski- ja pitkän matkan juoksijoilla. Gaeinin (2008) tutkimuksessa ammattilaisjuoksijoilla tehtyjen mittauksien mukaan nopeus maksimaalisella hapenottotasolla (vVO_{2max}) on merkittävämpi lopputuloksen kanssa korreloiva tekijä kuin puhdas maksimaalinen hapenotto VO_{2max} . Esfarjanin (2007) tutkimus puoltaa Gaeinin havaintoja, koska Esfarjani havaitsi, että kovatehoisen vVO_{2max} vauhdilla juostun intervallikuormituksen jälkeen havaittiin selkeä parannus maksimaalisessa hapenottokyvyssä VO_{2max} ja lisäksi harjoittelu paransi kuntojuoksijoiden 3000m juoksuaikaa todella huomattavasti.

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tutkimuksen tarkoitus. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko submaksimaalista juoksutestiä käyttää kestävyysjuoksijoiden harjoitustilan seurannassa ja kuinka se on yhteydessä urheilijan tekemän harjoittelun kanssa. Lisäksi oli tarkoituksena tutkia, voidaanko submaksimaalista juoksutestiä tehdä kotioloissa osana viikoittaista normaaliharjoittelua ja onko se verrattavissa laboratoriossa tehtyihin mittauksiin.

Tutkimusongelma 1. Miten submaksimaalinen ja maksimaalinen suorituskyky ovat yhteydessä toisiinsa silloin, kun urheilija on harjoitellut eri intensiteeteillä (kovatehoinen harjoittelu/ määräharjoittelu) ja onko testi yhteydessä urheilijan harjoitustilaan?

Hypoteesi 1. Lyhyellä aikavälillä kovatehoisella harjoittelulla saadaan nopeasti ja enemmän kehitettyä urheilijan suorituskykyä kuin vastaavan ajan aikana tehdyllä matalatehoisella harjoittelulla, joten submaksimaalisessa testissä kovatehoista harjoittelua tehneet erottuvat joukkona määräharjoitelleista (Laursen, 2010), (Schumacher, 2006). Testi on siis yhteydessä urheilijan harjoitustilaan (Lamberts, 2009).

Tutkimusongelma 2. Havaitaanko korrelaatiota submaksimaalisen ja maksimaalisen juoksutestin kanssa, ja kuvastaako se sydämen sykkeen ja harjoitusintensiteetin välistä yhteyttä?

Hypoteesi 2. Submaksimaalinen juoksutesti on luotettava ennustamaan urheilijan maksimaalista suorituskykyä, ja sen korrelaatio maksimaalisessa testissä mitattujen muuttujien kanssa on suhteellisen voimakas myös suorituskykymuutosten jälkeen (Tong, 2001), (Noonan, 2000).

Tutkimusongelma 3. Onko kotona tehty submaksimaalinen juoksutesti yhtä luotettava, kuin laboratoriossa tehty testi? Voiko kotona juosta yhtä tarkasti samoilla sykkeillä kuin laboratoriossa?

Hypoteesi 3. Laboratoriotesti on tarkempi mutta kotona tehdyt testit yltyvät riittävään tarkkuuteen urheilijan viikoittaisessa harjoitustilan seurannassa ja analysoinnissa.

6 TUTKIMUSMETODIT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimusta varten rekrytoitiin syksyn 2012 aikana Jyväskylän alueelta yhteensä 40 juoksijaa, joista valikoitui tutkimukseen 20 miestä ja 20 naista. Tutkimukseen osallistuneilta edellytettiin säännöllistä harjoittelutaustaa, lisäksi tutkittavien BMI piti olla alle 30. Tutkimukseen hyväksyttiin terveydentilaltaan sellaiset koehenkilöt, joilla ei ollut harjoitteluun vaikuttavia sairauksia tai riskitekijöitä tai sykevaihteluun vaikuttavaa lääkitystä. Kaikille tutkittaville suoritettiin EKG-tutkimus ja lääkäri tarkasti ennakkoon, että mitään estettä tutkimukseen osallistumiselle ei ollut.

Tutkittavista kaikki eivät pystyneet osallistumaan koko harjoitusjaksoon. Ensimmäisen kahdeksan viikon perusharjoittelujakson aikana kolme koehenkilöä joutui keskeyttämään tutkimuksen. Seuraavien kahdeksan viikon aikana keskeyttäneitä tuli kaksi lisää ja lisäksi kaksi muuta joutuivat muokkaamaan harjoittelua suunnitellusta. Kokonaisuudessaan tutkimuksen siis suoritti 35 koehenkilöä, mutta vain 33 koehenkilöä täysin suunnitellulla tavalla. Tutkimuksen keskeyttämiset johtuivat erilaisista loukkaantumisista kaikkien paitsi yhden motivaatio-ongelmista kärsineen koehenkilön kohdalla. Lopullisista tuloksista on jätetty pois loukkaantuneiden tiedot ja lisäksi joidenkin analyysien kohdalla on poistettu selkeät mittarista johtuvat mittausvirheet, jolloin kyseisen kohdan koehenkilömäärä saattaa olla todellista hivenen pienempi.

6.2 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus jakaantui esimitauksiin, joissa varmistettiin tutkittavien terveydentila ja lähtötaso. Esimittausten jälkeen aloitettiin yhteensä kahdeksan viikon mittainen perusharjoittelujakso, jossa pääpainona oli peruskestävyyden kehittäminen ja vahvistaminen.

Perusharjoittelujakson jälkeen tutkittavat jaettiin seuraavaksi kahdeksaksi viikoksi joko teho- tai määräryhmään ja harjoittelua muutettiin määrällisesti tai tehollisesti vaativammaksi kuin perusharjoittelukaudella. Jokainen koehenkilö kävi kuormituslaboratoriossa suoran maksimitestin harjoittelujaksojen päätteeksi ja kontrollitestiksi tarkoitetun submaksimaalisen juoksutestin neljän viikon välein. Lisäksi koehenkilöt juoksivat jokaisena harjoitusviikkona kotona submaksimaalisen juoksutestin omatoimisesti. Tämä Pro- Gradu työ oli osa isompaa Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksessa tehtävää väitöstutkimusta, jonka päävastuussa on väitöskirjaansa tekevä Ville Vesterinen.

Aikataulullisesti tutkimuksen rakenne muotoutui seuraavalla tavalla:

Marraskuu, viikot 44 – 46: Rekrytointi

Marraskuu, 47- 48: Alkuinfo, jossa kerrottiin tutkimuksesta

Marras- Joulukuu, 48 – 50: Terveystarkastus (verikoe, verenpaine, EKG)

Joulukuu, 51: 3000 m juoksutesti

Alkumittaukset

Tammikuu, 2 – 5: (Maksimaalinen juoksutesti ja submaksimaalinen testi)

Tammikuu, 3 – 4: Fysioterapia, kartoitus + ohjeistus omatoimista harjoittelua varten

Perusharjoittelujakso 1/2

Helmikuu, 7 – 10: 5. Viikon mittaukset (Submaksimaalinen testi)

Perusharjoittelujakso 2/2

Maaliskuu, 11 – 14: Välimittaukset (Maksimaalinen juoksutesti ja submaksimaalinen testi)

Määrä-/teoharjoittelujakso 1/2

Huhtikuu, 16 – 19: 14. Viikon mittaukset (Submaksimaalinen testi)

Määrä-/teoharjoittelujakso 2/2 loppumittaukset

Toukokuu, 20 – 23: (Maksimaalinen juoksutesti, submaksimaalinen testi, 3000 m juoksutesti)

Toukokuu, 21 – 24: Fysioterapia, kartoitus ja palaute tehdystä harjoittelusta

6.3 Harjoittelu

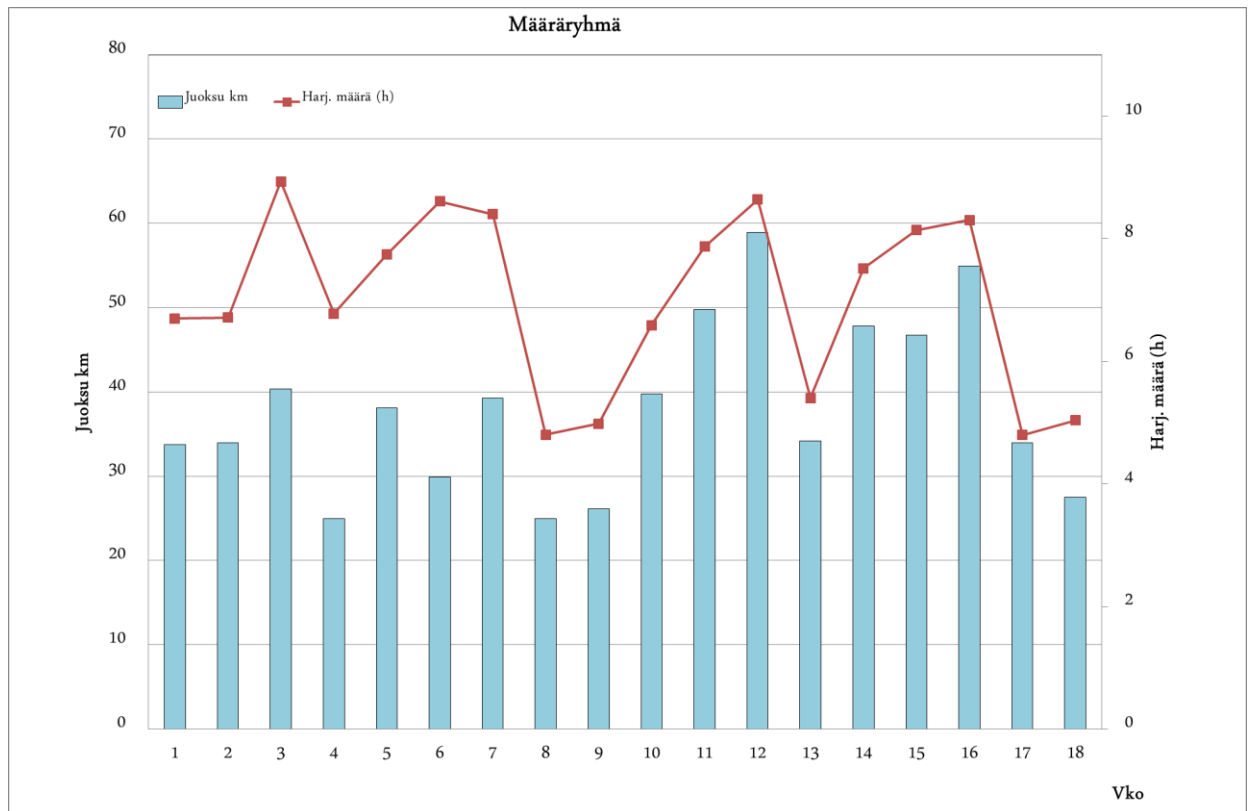
Jokainen tutkimukseen osallistunut henkilö aloitti harjoittelun samalla tavalla yksilöllisesti laaditun ohjelman puitteissa. Ensimmäisen kahdeksan viikon aikana oli tarkoitus kehittää perustaa juoksuharjoittelulle ja vasta seuraavan kahdeksan viikon aikana koehenkilöt jaettiin kahteen eri ryhmään (määrä- ja tehoryhmä). Ryhmiin koehenkilöt jaettiin ensimmäisen kahdeksan viikon aikana tapahtuneen kehittymisen perusteella siten, että molemmissa ryhmissä olisi yhtä paljon samalla tavalla kehittyneitä koehenkilöitä, molempiin ryhmiin pyrittiin saamaan myös yhtä monta naista ja miestä. Taulukoissa 4. ja 5. on kuvattu koko harjoittelujakso (16 viikkoa) ryhmittäin eriyttynä, jotta taulukoista olisi helpompi hahmottaa määrä- ja tehovaiheen harjoittelumuutokset ensimmäisen 8 viikon perusharjoittelun jälkeen.

Koko kevään 2013 aikana juoksuharjoittelua kilometrimääräisesti kertyi määräryhmään valituille ensimmäisen kahdeksan harjoitusviikon aikana $33,2 \pm 6,0$ km/ viikko ja varsinaisen määräharjoittelun aikana $47,2 \pm 10,5$ km/ viikko. Määräryhmällä juoksukilometreissä tapahtui siis erittäin merkittävä, noin 42 %, harjoituskilometrien lisäys aikaisempaan harjoitusjaksoon verrattuna. Määräryhmällä juoksuharjoittelua kaikesta kestävyysharjoittelusta oli ensimmäisellä jaksolla 66,9 % ja se kasvoi toisen jakson aikana 78,6 % tasolle. Harjoittelua analysoitaessa huomattavaa on erittäin selvästi havaittavat

kevyiden viikkojen aiheuttamat harjoitusmäärien vähentyminen ja juostujen kilometrien vähentyminen kyseisinä viikkoina.

Harjoittelua seurattiin koehenkilöille jaettujen Garmin- Forerunner 610- sykemittareiden avulla. Mittari tallentaa sykedatan lisäksi myös GPS- signaalin matkan ja nopeuden mittaamiseksi. Koehenkilöt lähettivät harjoitustiedot päivittäin tutkijoille, jotka seurasivat harjoittelun toteutumista ja ohjeistivat mahdolliset muutokset harjoitteluun esimerkiksi koehenkilön sairastuessa tai tuntiessa itsensä sairaaksi.

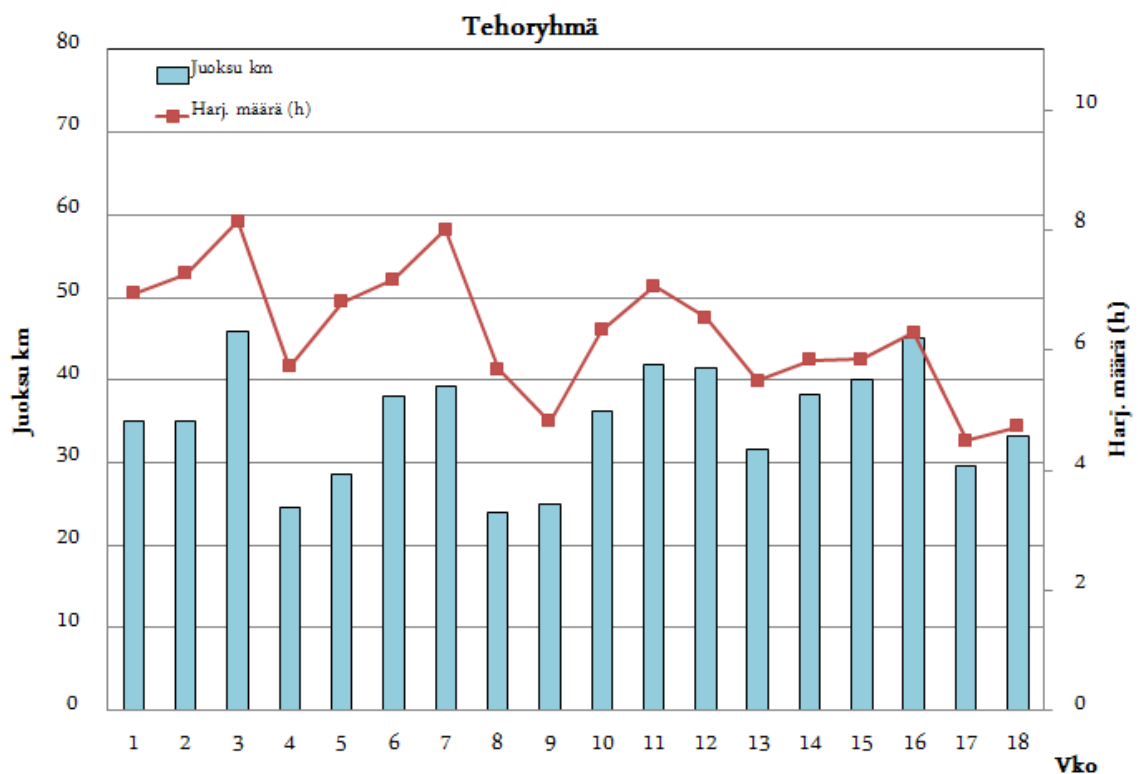
Taulukko 4. Määräryhmän harjoittelu koko harjoitusjakson aikana. Taulukossa on kuvattu juostut kilometrit sinisillä tolpile ja punaisella viivalla harjoitusmäärät tunteina. Kaikki arvot ovat keskiarvoja.



Tehoryhmään (Taulukko 5.) valituilla juoksuharjoittelua kertyi ensimmäisen kahdeksan viikon aikana keskimäärin $33,8 \pm 7,6$ km/ viikko. Tehoryhmällä juostut kilometrit

lisääntyivät $38,0 \pm 5,2$ km/ viikko tasolle, joka vastaa noin 12 % juoksumäärän lisääntymistä. Tehoryhmällä juoksumäärä kaikesta kestävyysharjoittelusta oli ensimmäisellä jaksolla 68,8 % ja kasvoi toisen jakson aikana 79,2 % tasolle. Myös tehoryhmän harjoittelussa näkyy määrän vähentyminen kevyiden harjoitusviikkojen aikana, mutta harjoitusmäärän vähentyminen on pienempää, kuin määräryhmällä.

Taulukko 5 Tehoryhmän harjoittelu. Taulukkoon on sinisellä merkitty juostut kilometrit ja punaisella viivalla on merkitty harjoitustunnit. Kaikki arvot ovat keskiarvoja



Harjoittelun sisältö vaihtui harjoitusjaksojen aikana, seuraavassa on esitetty harjoitusjaksojen sisältö, rytmitys (Taulukko 6.) ja aikataulus molempien ryhmien osalta:

Taulukko 6. Harjoittelujaksojen rytmitys, P= perusviikko, K= kovaviikko, KE= Kevytviikko. Perusharjoittelukausi toteutettiin tammi-helmikuussa ja määrä- ja tehoharjoittelu maaliskuu- kesäkuussa. Mittaus kuvaa laboratorioissa tehtyä alku-, väli-, tai loppumittausta.

Vko	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Jakso		Perusharjoittelujakso									Määrä- ja tehoharjoittelujakso								
Rytmitys		P	P	K	KE	P	P	K	KE	KE	P	K	K	KE	P	K	K	KE	KE
Mittaus	X				X	X				X				X	X				X

Perusharjoittelujakson sisältö (8 viikkoa)

Perusharjoittelujakso koostuu nousujohteisesta kestävyysharjoittelusta, jonka pääpaino on matalatehoisissa ja keskiraskaissa harjoitteissa. Harjoittelumuotona on pääasiassa juoksu, mutta suosituksena on vähintään kerran viikossa jokin muu kestävyysharjoitus. Jokaisella viikolla on 1-3 lepopäivää ja harjoituksia yhteensä 3-6 krt. Harjoitusviikkoja muokataan yksilöllisesti siten, että aikaisempi harjoitustausta huomioidaan harjoitusten pituutta määriteltäessä. Lisäksi tutkittaville lisätään lihaskuntoharjoittelua kevyiden peruskestävyysharjoitteiden yhteyteen (Harjoitus koostuu: 2 hyppyä, kevennyshyppy 2-3 sarjaa, vuoroloikat 2-3 sarjaa ja lihaskuntopiiri 20-30 min)

Määrä- ja tehoharjoittelujakso (8 viikkoa)

Välimittausten perusteella määrä- ja tehoryhmät muodostetaan siten, että ryhmissä on yhtä paljon naisia ja miehiä ja ne ovat testitulosten suhteen homogeenisiä ryhmiä (VO_{2max} ja vVO_{2max} , AnK, AerK, HRV). Omatoiminen submaksimaalinen harjoitus kuuluu kummankin ryhmän viikoittaiseen harjoitteluun.

Määräryhmän harjoittelu

Määräryhmällä juoksuharjoittelutunnit ja kilometrit lisääntyvät 30 – 50 % jakson aikana. Lisäys tehdään kasvattamalla peruskestävyysharjoittelun määrää ja pidentämällä yksittäistä harjoitusta. Kerran viikossa tehtävä lihaskuntoharjoitus pysyy samanlaisena kuin perusharjoittelujakson aikana.

Tehoryhmän harjoittelu

Tehoryhmällä 3 peruskuntoharjoitusta muuttuvat kovatehoisiksi harjoituksiksi, juoksutunnit ja kilometrimäärä säilyvät samana kuin 1. jaksolla. Kevyen harjoitusviikon aikana ei ole lainkaan kovia harjoituksia. harjoitusjakson aikana lihaskuntoharjoittelu on samanlaista, kuin perusharjoittelujaksolla. Harjoituksien kokonaismäärä on yksilöllinen ja vaihtelee 4-6 krt/ vko. Kovatehoiset harjoitukset jaetaan kolmeen erilaiseen harjoitukseen:

- 1) Tasavauhtinen: 40 VK > 30min VK-MK > 20 min MK
- 2) Intervalli: 4 x 4min 90 % HR_{max} / palautus vetojen välissä 3 min
- 3) Intervalli: 6 x 2min 100 % vVO_{2max} / palautus vetojen välissä 2min

Vko	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Jakso		Perusharjoittelujakso									Määrä-/tehoarjoittelujakso								
Rytmitys		P	P	K	L	P	P	K	L	L	P	K	K	L	P	K	K	L	L
Mittaukset	X				x	x				X				x	x				X

6.4 Mittaukset

Mittaukset toteutettiin Jyväskylässä Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen rasislaboratoriossa joulukuun 2012 ja kesäkuun 2013 välillä. Ennen mittaukseen tuloa koehenkilöitä ohjeistettiin välttämään kovatehoista liikuntaa. Lisäksi mittausaikataulu rakennettiin siten, että koehenkilöt suorittivat laboratoriotestit aina samaan vuorokauden aikaan, jolloin vuorokausirytmii ei sekoittanut mittauksia. Koehenkilöt juoksivat pääsääntöisesti maksimaaliset juoksutestit testausviikon maanantaina tai tiistaina ja vastaavasti submaksimaaliset juoksutestit joko torstaina tai perjantaina.

Koehenkilöiden oma harjoittelu ja siinä käytetyt sykkeet ja nopeudet tallennettiin koehenkilöille jaetuilla Garmin 610 sykemittareilla. Mittari mahdollistaa langattoman syke (syke sykkeeltä tallennus, RR) ja nopeus tallennuksen ja niiden edelleen lähettämisen tietokoneella tutkijoille. Tutkijat kokosivat jokaisen koehenkilön kaiken harjoittelun koko harjoitusjaksolta koehenkilöittäin omaksi tiedostokseen Excel- muodossa.

6.4.1 Maksimaalisen juokсутestin rakenne

Maksimaalista juokсутestiä ennen koehenkilöt kävivät aamulla (0600-0800) verikokeissa, jonka jälkeen tulivat takaisin vasta omalla mittausajallaan (0800-1600). Juokсутesti alkoi koehenkilöiden punnituksella ja rasvaprosentin mittaamisella, jonka jälkeen alkoi kevyellä kuormalla tapahtuva viisi minuuttia kestänyt lämmittely (vauhti miehillä 8km/h ja naisilla 7 km/h). Lämmittelyn jälkeen koehenkilöiltä mitattiin räjähtävä esikevennyshyppy voimalevyllä. Hyppyjä suoritettiin kolme kappaletta puolen minuutin palautuksella.

Hyppytestin jälkeen koehenkilöt siirtyivät juoksumatolle, jossa heidät kiinnitettiin turvavaljaisiin ja laitettiin hengityskaasuanalyssaattoriin kiinnittyvä maski kasvoille. Ennen juokсутestin aloittamista koehenkilöiltä mitattiin aloituslaktaatti sormenpääverinäytteellä. Juokсутesti käynnistettiin vakiona pysyvään 0,5° ylämäkeen ja aloitusvauhtina pidettiin miehillä 8 km/h ja naisilla 7 km/h. Jokainen kuormaporras kesti 3 minuuttia, jonka jälkeen juoksumatto pysäytettiin noin 15 sekunnin ajaksi, jolloin koehenkilöiltä otettiin pitkään kapillaariin sormenpääverinäyte laktaattitasojen määrittämiseksi. Kuormannousu oli 1 km/h/kuormitusporras. Testiä jatkettiin koehenkilön lopettamispäätökseen saakka ja jokaista koehenkilöä kannustettiin voimakkaasti tekemään oma paras tulos. Välittömästi juoksun keskeytymisen jälkeen otettiin sormenpääverinäyte, jonka jälkeen koehenkilö ohjattiin voimalevyllä hyppäämään kaksi maksimaalista esikevennyshyppyä. Esikevennyshyppyjen jälkeen (kaksi minuuttia juokсутestin päättymisestä) otettiin vielä viimeinen sormenpääverinäyte. Laktaatin määrittämiseksi sormenpääverinäytteet analysoitiin välittömästi kunkin testin päätyttyä KIHU:n omalla laktaattianalyssaattorilla (Biosen C-Line, EKF Diagnostic Bmgh, Barleben, Saksa).

Suorassa testissä hengityskaasut (Hapenkulutus VO_2 (L/min ja ml/kg/min) ventilaatio (VE), hiilidioksidintuotto (VCO_2), hapenkulutuksen ekvivalentti (EqO_2), hiilidioksidintuoton ekvivalentti ($EqCO_2$) ja hengitysosamäärä (RER)) mitattiin kannettavalla ja langattomalla Jaeger Oxygon Mobile (Viasys Healthcare, Hoechberg, Saksa) hengityskaasuanalyssaattorilla. Hengityskaasuja mitattaessa käytettiin hengitys-

hengitykseltä tapahtuvaa mittausmenetelmää ja tulokset keskiarvoistettiin 20 sekunnin jaksoihin. Tulokset analysoitiin käyttämällä Kilpa- ja Huippu-urheilun tutkimuskeskuksen laatimaa excel- laskentapohjaa. Tulosten analysoinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että sama henkilö määritti kynnsarvot samalle henkilölle koko harjoitusjakson ajan. Ennen jokaista mittausta hengityskaasuanalysointoriin vaihdettiin puhdas ja kuiva maski, kapillaari ja virtausmittari, jonka jälkeen laite kalibroitiin kahdesti mittaustarkkuuden parantamiseksi.

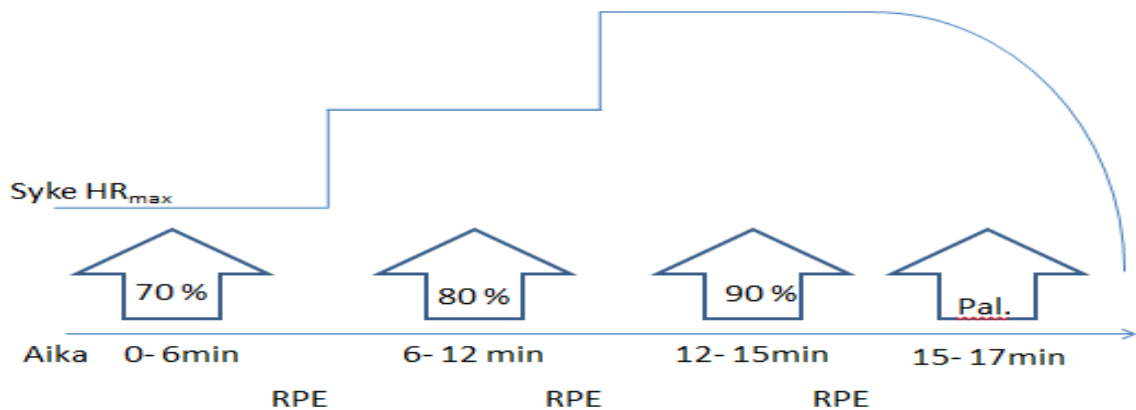
Syke mitattiin rasituslaboratoriossa Suunto T6- sykemittareilla (Suunto Oy, Vantaa, Suomi) ja sykedata analysoitiin edelleen Firstbeatin Sports- ohjelmalla (versio 4.0.0.5 Firstbeat Technologies Ltd., Jyväskylä).

6.4.2 Submaksimaalisen juoksutestin rakenne

Submaksimaalista juoksutestiä ennen koehenkilöitä ohjeistettiin välttämään raskasta liikuntaa vastaavalla tavalla, kuin ennen maksimaalista juoksutestiä. Submaksimaalinen testitilaisuus alkoi koehenkilöiden punnituksella, oman subjektiivisen kipukyselyn täyttämällä ja viiden minuutin lämmittelyllä (miehillä vauhti 8 km/h ja naisilla 7 km/h). Lämmittelyn jälkeen koehenkilöt ohjattiin voimalevyllä hyppäämään kolme kappaletta maksimaalisia esikevennyshyppyjä (palautus 30 sekuntia), jonka jälkeen koehenkilöt siirtyivät juoksumatolle. Juoksumatolla koehenkilöt kiinnitettiin turvavaljaisiin ja heille asetettiin kasvoille hengityskaasuanalysointiin käytettävä maski ja selkään itse analysaattori. Ennen testin alkua koehenkilöille kerrattiin vielä turvallisuusmääräykset ja ohjeistettiin tavat keskeyttää tutkimus, mikäli tavanomaisesta poikkeavia kipuja alkaa esiintyä testin aikana.

Submaksimaalinen juoksutesti (Kuva 11.) koostui kahdesta kuuden minuutin ja yhdestä kolmen minuutin kuormasta, jotka juostiin ilman taukoa. Kuormat määritettiin yksilöllisesti kullekin koehenkilölle sopivaksi ensimmäisen maksimaalisen juoksutestin perusteella. Määrittämisessä käytettiin kolmea eri syketasoa (70 % 6 min, 80 % 6 min ja 90 % 3 min

HRmax), jonka jälkeen jokaisessa testissä käytettiin samoja syketasoja koko mittausjakson ajan. Mikäli syke ei noussut tavoitetasoon (± 2 lyöntiä kustakin tasosta) tai se nousi liikaa, niin nopeutta muutettiin välittömästi 0,2 km/h, kunnes tavoitetaso saavutettiin. Jokaisen kuorman viimeisen 30 sekunnin aikana koehenkilöltä kysyttiin RPE, eli koettu raskautuntumus Borgin asteikolla 1-10. Testin päättyessä matto pysäytettiin ja koehenkilö seiso paikallaan hiljaisessa mittaustilassa kahden minuutin ajan, jolloin mitattiin sykkeen ja hengityskaasujen palautumista raskautuksesta. Tämän jälkeen koehenkilö päästettiin pois valjaista ja irrotettiin maski kasvoilta ja ohjattiin hyppäämään voimalevyllä esikevennyshyppy (2 kappaletta).



Kuva 11. Submaksimaalisen juokсутestin rakenne. Kuvassa syke on vakioitu testin kuormatasoittain (nuolet), jonka jälkeen seuraa kahden minuutin mittainen passiivinen palautus, jonka aikana palautussyke mitataan (Pal.).

6.4.3 Mittauksissa käytetty juoksumatto

Kaikki tutkimuksen submaksimaaliset ja maksimaaliset juokсутestit tehtiin Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen raskautslaboratoriossa. Tila on ilmava ja väljä, lämpötila pysyi noin 20- 22 asteessa kaikissa mittauksissa. Juoksumattona toimi Skating Treadmill RL 3500E (Rodby Innovation AB, Vänge, Ruotsi), joka mahdollisti juoksijoille leveän juoksualueen ja lähes asvalttipintaa vastaavan juokсутuntuman. Maton nopeutta voi säätää

0,2 km/h aina 40 km/h vauhtiin asti. Testin aikana juoksumaton kulma pidettiin vakiona puolessa asteessa. Juoksumaton nopeutta seurattiin matolle tarkoitettusta hallintapaneelistä ja lisäksi juoksumaton nopeus kalibroitiin ennen koko projektin alkua juoksumaton toimittaneen tehtaan asentajan toimesta.

6.5 Tilastolliset analyysit

Tilastollisissa analyyseissä on jätetty selvyuden vuoksi pois sellaiset koehenkilöt, joiden mittausdata ei ollut tallentunut oikein tai jos se on ollut erittäin häiriöistä. Jokaisen koehenkilöryhmän kohdalla on merkitty yläsarakeeseen kyseiseen analyysiin hyväksytyjen koehenkilöiden lukumäärä (N). Koehenkilöitä on aina verrattu itseensä, jolloin koehenkilön on täytynyt suorittaa molemmat testit tullakseen hyväksytyksi esitettyihin tuloksiin.

Tilastollisissa analyyseissä on käytetty Excel 2010 Professional (Microsoft Corporation)-taulukkolaskentaohjelmaa ja SPSS-ohjelmaa (IBM, SPSS-Statistics, versio 20.00). Mittauksien välisiä muutoksia on tutkittu T-testillä ja ryhmien välisiä korrelaatioita kaksisuuntaisella Pearsonin korrelaatiolla.

Analyyseissä tulokset esitetään ryhmäkohtaisina keskiarvoina hajontalukuineen. Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p < 0,001 = ***$), tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01 = **$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05 = *$).

7 TULOKSET

7.1 Alkumittausten tulokset

Alkumittauksien tulokset esitetään sukupuolittain eriteltynä taulukossa 7.

Taulukko 7. Koehenkilöiden suorituskyky maksimaalisessa hapenottotestissä harjoitusjakson alussa sukupuolittain esitettynä (keskiarvo \pm keskihajonta (SD)).

	Naiset (N=20)	Miehet (N=20)	Kaikki (N=40)
Ikä (v)	34,9 \pm 9,7	34,8 \pm 6,0	34,9 \pm 7,9
Pituus (cm)	165,6 \pm 6,5	176,0 \pm 6,5	170,8 \pm 8,3
Paino (kg)	60,4 \pm 7,1	77,9 \pm 7,5	69,2 \pm 11,4
Rasvaprosentti (%)	23,7 \pm 4,4	15,2 \pm 4,2	19,5 \pm 6,0
BMI (kg/m ²)	22,0 \pm 1,9	24,9 \pm 1,7	23,5 \pm 2,3
Syke Max (krt/min)	184,9 \pm 10,6	190,4 \pm 10,3	187,6 \pm 10,7
Syke AerK (krt/min)	153,1 \pm 10,4	152,6 \pm 9,7	152,8 \pm 9,9
VO ₂ AerK (ml/kg/min)	34,0 \pm 3,2	35,9 \pm 2,9	34,9 \pm 3,2
VAerK (km/h)	9,4 \pm 1,1	10,2 \pm 0,9	9,8 \pm 1,0
LaAerK (mmol/l)	1,6 \pm 0,2	1,9 \pm 0,4	1,8 \pm 0,4
Syke Ank (krt/min)	170,9 \pm 10,7	171,8 \pm 9,2	171,3 \pm 9,9
VO ₂ AnK (ml/kg/min)	41,2 \pm 4,5	44,4 \pm 3,2	42,8 \pm 4,2
VAnk (km/h)	11,7 \pm 1,1	12,8 \pm 0,9	12,3 \pm 1,2
LaAnk (mmol/l)	3,2 \pm 0,4	3,9 \pm 0,7	3,5 \pm 0,7
SykeMax (krt/min)	184,9 \pm 10,6	190,4 \pm 10,3	187,6 \pm 10,7
VO ₂ max(ml/kg/min)	47,4 \pm 5,5	52,8 \pm 4,7	50,1 \pm 5,8
VMax (km/h)	14,1 \pm 1,0	15,8 \pm 1,0	14,9 \pm 1,3
LaMax (mmol/l)	10,3 \pm 2,2	12,3 \pm 1,9	11,3 \pm 2,3

Submaksimaalisen testin syketasot määritettiin ensimmäisen suoran maksimitestin maksimisykkeen (HR_{max}) mukaan laskennallisesti vastaamaan submaksimaalisessa testissä käytettyjä kuormitustasoja. Submaksimaalisen testin lähtötaso havaitaan taulukosta 8.

Taulukko 8. Submaksimaalisen testin alkuarvot (Keskiarvo \pm keskihajonta SD.)

Kuorma 1 (70 % HR_{max})	Naiset (N=20)	Miehet (N=20)	Kaikki (N=40)
Hapenkulutus (ml/kg/min)	22,7 \pm 11,9	27,2 \pm 12,0	24,9 \pm 12,0
Nopeus (km/h)	7,5 \pm 1,2	8,8 \pm 1,1	8,1 \pm 1,3
Syke (krt/min)	130,0 \pm 8,0	133,3 \pm 8,3	131,6 \pm 8,2
Syke (%:a maksimista)	70,2 \pm 1,4	70,0 \pm 1,2	70,1 \pm 1,3
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	1,8 \pm 0,9	2,1 \pm 0,8	1,9 \pm 0,9
Kuorma 2 (80 % HR_{max})			
Hapenkulutus (ml/kg/min)	26,8 \pm 14,2	32,3 \pm 14,4	29,5 \pm 14,3
Nopeus (km/h)	9,2 \pm 1,4	10,7 \pm 1,2	9,9 \pm 1,5
Syke (krt/min)	148,4 \pm 9,2	153,0 \pm 8,6	150,7 \pm 9,0
Syke (%:a maksimista)	80,2 \pm 0,7	80,4 \pm 0,7	80,3 \pm 0,8
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	3,3 \pm 1,0	3,7 \pm 1,0	3,5 \pm 1,0
Kuorma 3 (90 % HR_{max})			
Hapenkulutus (ml/kg/min)	31,6 \pm 16,9	38,1 \pm 16,9	34,9 \pm 16,9
Nopeus (km/h)	11,5 \pm 1,4	13,4 \pm 1,3	12,4 \pm 1,6
Syke (krt/min)	165,6 \pm 9,9	169,5 \pm 9,5	167,5 \pm 9,8
Syke (%:a maksimista)	89,5 \pm 0,8	89,0 \pm 0,9	89,2 \pm 0,9
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	5,5 \pm 1,5	5,9 \pm 1,6	5,7 \pm 1,5
Syke 1 min palautuksen jälkeen	122,7 \pm 15,0	127,6 \pm 14,9	125,1 \pm 15,0
Sykkeeseen lasku 1 min jälkeen (krt/min)	43,5 \pm 9,9	43,2 \pm 12,7	43,3 \pm 11,2
Sykkeeseen lasku 2 min jälkeen (krt/min)	56,7 \pm 7,5	55,0 \pm 9,1	55,9 \pm 8,2

7.2 Perusharjoittelujakson aiheuttama kehitys maksimaaliseen hapenottokykyyn

Maksimaalisen hapenoton ja kynnystasojen kehittyminen perusharjoittelujakson aikana on esitetty taulukossa 9. Perusharjoittelujakson aikaisia muutoksia tarkasteltaessa havaittiin, että naisilla prosentuaalinen muutos maksimaalisessa hapenottokyvyssä (VO_{2max}) oli

maltillisempi $-0,3 \pm 5,2$, kuin miehillä $-1,2 \pm 5,5$. Kun muutoksen yhteyttä tarkasteltiin koko koehenkilöjoukossa hapenottokyvyn ja perusharjoittelujakson aikana tehtyjen harjoitustuntien ($r=0,002$; $p<0,991$) tai juoksukilometrien ($r=0,324$, $p<0,050$) välillä, niin havaittiin, että hapenottokyky ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi kummankaan muuttujan kanssa. Naisilla hapenottokyky perusharjoittelujakson jälkeen sen sijaan korreloi jakson aikaisten harjoituskilometrien ($r=0,710$; $p<0,000$), mutta ei harjoitustuntien ($r=0,345$; $p<0,136$) kanssa. Miehillä hapenottokyvyssä jakson aikana tapahtunut absoluuttinen muutos korreloi jakson aikana tehtyjen harjoitustuntien ($r=-0,643$; $p<0,005$) kanssa, mutta perusharjoittelujakson jälkeen tehdyssä maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä ei havaittu merkitsevää korrelaatiota juoksukilometrien ($r=-0,374$; $p<0,139$) tai harjoitustuntien ($r=-0,87$; $p<0,739$) kanssa.

Molemmilla ryhmillä havaittiin muita tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p<0,001$) muutoksia aerobisen- ja anaerobisen kynnyksen juoksunopeuden kasvaessa ja naisilla lisäksi maksimaalisen juoksunopeuden noustessa. Miehillä havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä muutos painossa ($p<0,001$) ja sitä kautta merkitsevä muutos ($p<0,01$) myös painoindeksissä (BMI) ja rasvaprosentissa. Lisäksi miehillä myös aerobisen kynnyksen hapenottokyky parantui tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,01$), kun taas naisilla vastaava muutos on heikompi, vaikkakin merkitsevä ($p<0,05$).

Taulukko 9. Kahdeksan viikon perusharjoittelujakson aiheuttamat muutokset (arvot keskiarvoja± keskihajonta SD). Harjoittelujakson (8 viikkoa) aiheuttamat tilastolliset muutokset on merkitty sukupuolittain eriteltynä ja alkumittauksiin verrattuna. Tilastollisesti merkitsevinä tasoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p<0,001=***$), tilastollisesti merkitsevä ($p<0,01=**$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p<0,05=*$).

	Naiset 8vkoa (N=20)	Muutos (Sig.)	Miehet 8vkoa (N=17)	Muutos (Sig.)
Paino (kg)	60,1 ± 7,7	0,255	75,7±7,3***	0,001
Rasvaprosentti (%)	23,0 ± 4,4*	0,033	14,0 ± 3,8**	0,006
BMI (kg/m ²)	21,9 ± 2,0	0,415	24,6 ± 1,4**	0,004
Syke AerK (krt/min)	152,8 ± 9,9	0,750	150,6 ± 9,2	0,812
VO ₂ AerK (ml/kg/min)	34,9 ± 3,5*	0,039	37,5 ± 2,7**	0,002
VAerK (km/h)	9,9 ± 1,0***	0,000	10,7±0,8***	0,001
LaAerK (mmol/l)	1,5 ± 0,4	0,220	1,6 ± 0,5*	0,031
Syke Ank (krt/min)	171,1 ± 10,3	0,840	170,5 ± 9,8	0,740
VO ₂ AnK (ml/kg/min)	44,2 ± 9,4	0,169	45,7 ± 3,4*	0,036
VAnk (km/h)	12,2±1,0***	0,000	13,4±0,8***	0,001
LaAnk (mmol/l)	3,3 ± 0,7	0,676	3,6 ± 0,9	0,081
SykeMax (krt/min)	185,0 ± 10,5	0,869	187,5 ± 9,1	0,663
VO ₂ max(ml/kg/min)	47,2 ± 5,8	0,695	52,3 ± 3,5	0,265
VMax (km/h)	14,5±1,0***	0,000	16,0 ± 0,7	0,173
LaMax (mmol/l)	10,7 ± 2,4	0,100	11,1 ± 2,6	0,081

7.3 Submaksimaalisen testin yhteys perusharjoittelujaksoon

Analysoitaessa koko koehenkilöjoukkoa yhdessä (Taulukko 10.) havaittiin, että tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p<0,001$) muutoksia tapahtui kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana kaikkien kuormitustasojen juoksunopeudessa ja hapenkulutuksessa. Submaksimaalisen testin juoksunopeudet korreloivat erittäin merkitsevästi ($p<0,001$) jakson jälkeen mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Submaksimaalisen testin 70 % taso korreloi vahvasti maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO_{2max}) ($r=0,726$; $p<0,001$) ja lisäksi hapenottoon aerobisella (VO_{2AerK}) kynnyksellä ($r=0,790$; $p<0,001$), mutta ei lainkaan

hapenottoon anaerobisella (VO_{2Ank}) kynnyksellä. Samoin 80 % taso korreloi maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}) kanssa ($r=0,788$; $p<0,001$) ja aerobisen kynnyksen hapenoton kanssa ($r= 0,817$; $p<0,001$), mutta ei anaerobisen kynnyksen hapenoton kanssa. Vahvin korrelaatio havaitaan kuitenkin submaksimaalisen testin 90 % tason hapenkulutuksen ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä ($r=0,843$; $p<0,001$).

Myös maksimaalisen juoksunopeuden absoluuttisella muutoksella perusharjoittelujakson aikana havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä ($p<0,05$) yhteys kaikkien submaksimaalisten juoksunopeuksien kanssa. Anaerobisen ja aerobisen kynnyksen juoksunopeuksissa havaitut absoluuttiset muutokset eivät olleet tilastollisesti yhteydessä submaksimaalisten juoksunopeuksien kanssa. Harjoitusjakson aikana juostut harjoituskilometrit olivat yhteydessä ainoastaan submaksimaalisen tason 80 % HRmax:sta kanssa.

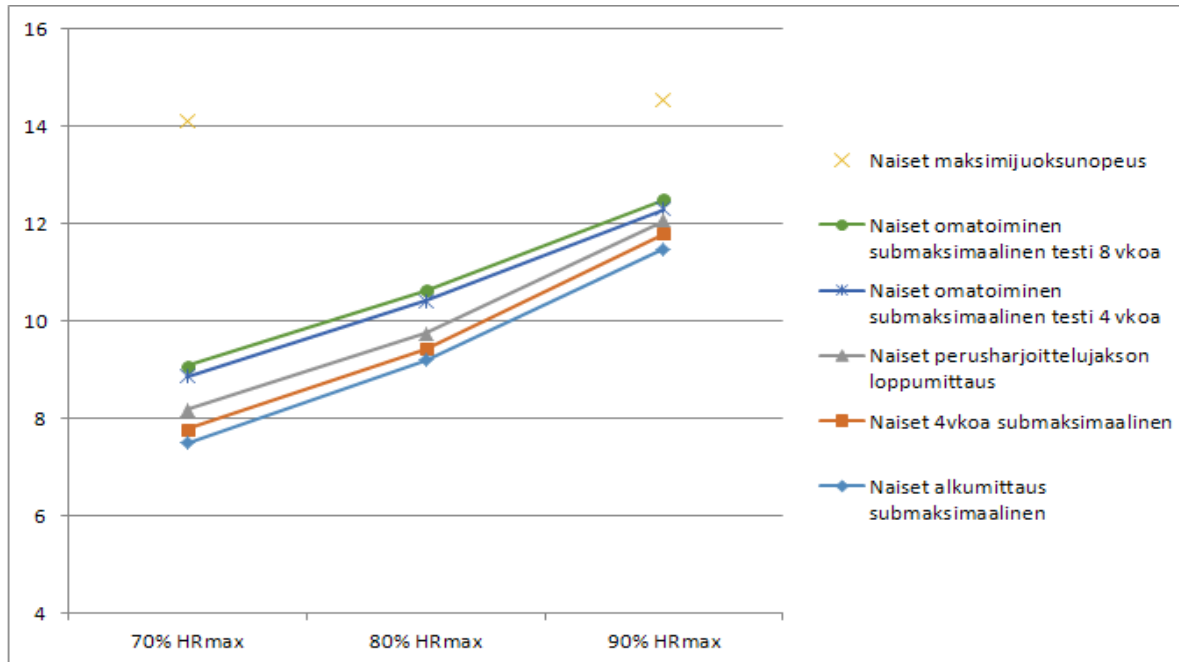
Taulukko 10. Koko koehenkilöjoukon submaksimaalisen testin kehittyminen perusharjoittelujakson aikana. Taulukossa kuvattuna alkutilanne (kaikki alussa), neljän viikon harjoittelun jälkeen (kaikki 4 vkoa) ja koko harjoitusjakson aikainen muutos (kaikki 8 vkoa). Lisäksi taulukkoon on merkitty tilastollinen muutos alkutilanteesta neljän viikon mittaukseen ja kahdeksan viikon mittaukseen. Kaikki arvot ovat keskiarvoja \pm SD. Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p < 0,001 = ***$), tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01 = **$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05 = *$).

	Kaikki Alussa (N=40)	Kaikki 4 vkoa (N=40)	Muutos 0-4 vko Sig.	Kaikki 8 vkoa (N=36)	Muutos 0-8vko Sig.
Kuorma 1 (70 % HRmax)					
Hapenkulutus (ml/kg/min)	24,9 \pm 12,0	30,6 \pm 3,7**	,004	31,4\pm3,7***	,001
Nopeus (km/h)	8,1 \pm 1,3	8,4 \pm 1,3**	,003	8,8 \pm 1,3***	,000
Syke (krt/min)	131,6 \pm 8,2	132,3 \pm 7,5	,063	131,4 \pm 6,6	,299
Syke (%:a maksimista)	70,1 \pm 1,3	70,6 \pm 1,4*	,030	70,3 \pm 0,9	,314
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	1,9 \pm 0,9	1,7 \pm 0,7	,026	1,5 \pm 0,8	,024
Kuorma 2 (80 % HRmax)					
Hapenkulutus (ml/kg/min)	29,5 \pm 14,3	36,1 \pm 4,8**	,004	36,9\pm4,7***	,001
Nopeus (km/h)	9,9 \pm 1,5	10,3 \pm 1,4***	,000	10,5\pm1,5***	,000
Syke (krt/min)	150,7 \pm 9,0	151,1 \pm 8,54	,078	150,2 \pm 7,6	,721
Syke (%:a maksimista)	80,3 \pm 0,8	80,6 \pm 0,6*	,030	80,4 \pm 0,7	,687
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	3,5 \pm 1,1	3,3 \pm 1,1	,157	3,3 \pm 0,9	,113
Kuorma 3 (90 % HRmax)					
Hapenkulutus (ml/kg/min)	34,9 \pm 16,9	42,9 \pm 5,5**	,003	43,7\pm5,5***	,001
Nopeus (km/h)	12,4 \pm 1,6	12,7 \pm 1,7***	,000	13,1\pm1,7***	,000
Syke (krt/min)	167,5 \pm 9,8	168,7\pm9,2***	,000	168,1 \pm 8,4**	,003
Syke (%:a maksimista)	89,2 \pm 0,9	89,9 \pm 0,9***	,000	90,0 \pm 1,1**	,003
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	5,7 \pm 1,6	5,4 \pm 1,4	,029	5,5 \pm 1,5	,300
Syke 1 min palautuksen jälkeen	125,1 \pm 15,0	124,4 \pm 14,6	,698	123,1 \pm 12,9	,800
Sykkeenkasku 1 min jälkeen (krt/min)	43,3 \pm 11,2	44,8 \pm 9,7	,330	45,8 \pm 11,0	,249
Sykkeenkasku 2 min jälkeen (krt/min)	55,9 \pm 8,2	59,2 \pm 15,2	,198	59,9 \pm 12,3	,080

Sukupuolittain tarkasteltuna tilastollisesti merkittävää parannusta havaittiin naisilla ensimmäisen neljän viikon aikana submaksimaalisen testin toisella (80 % HR_{max}) kuormalla, jossa käytetty nopeus ($p < 0,05$) ja hapenkulutus ($p < 0,05$) nousivat alkutilanteesta. Muilla kuormatasoilla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta juoksunopeudessa,

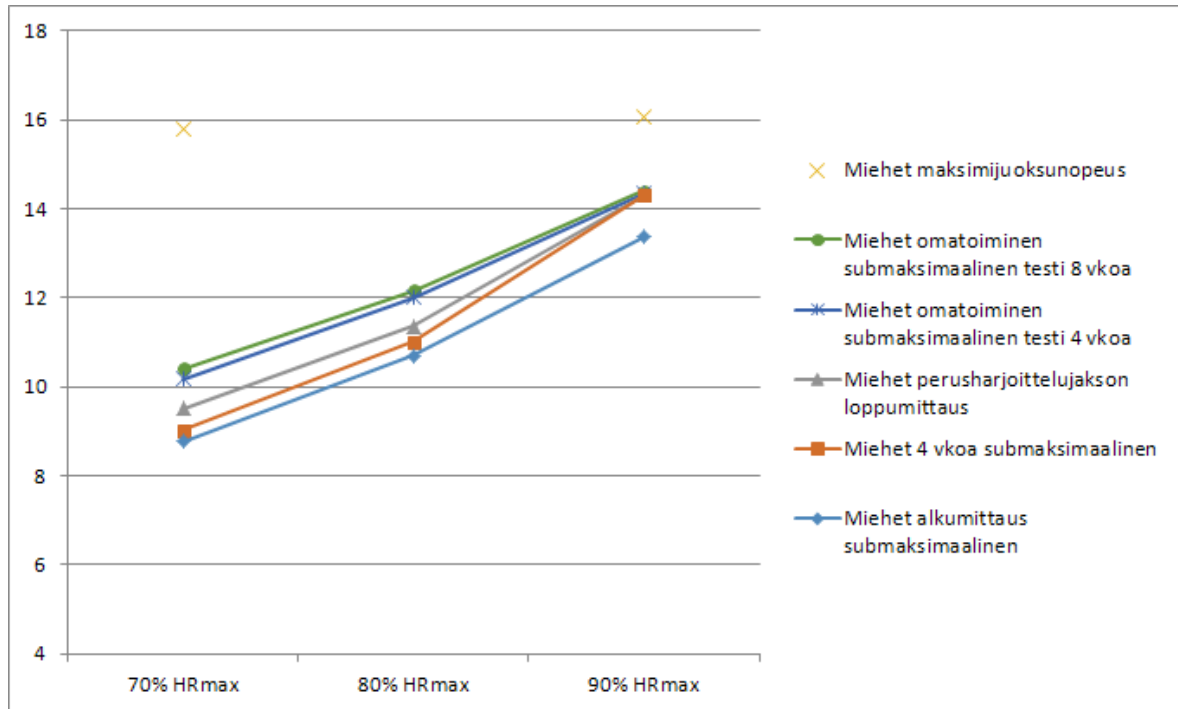
mutta havaittiin merkitsevästi noussut ($p<0,05$) hapenkulutus. Juoksunopeudessa tapahtui kaikilla kuormitustasoilla tilastollisesti merkitsevää ($p<0,01$) kehitystä. Tilastollisesti merkitsevin ($p<0,001$) kehitys juoksunopeudessa tapahtui matalimmalla kuormitustasolla. Naisilla harjoitusmäärän havaittiin olevan yhteydessä ($p<0,05$) mitattuun maksimaaliseen juoksunopeuteen (V_{\max}), mutta ei submaksimaalisessa testissä käytettyihin juoksunopeuksiin. Toisaalta perusharjoitusjakson aikana juostut viikoittaiset harjoituskilometrit olivat yhteydessä ($p<0,05$) submaksimaalisen testin 70 % HR_{\max} tasolle ja vahvemmin ($p<0,01$) 80 ja 90 % HR_{\max} tasoille. Kuvassa 12. on esitetty juoksunopeuden kehittyminen perusharjoittelujakson aikana.

Verrattaessa naisten submaksimaalisia juoksunopeuksia maksimaalisessa testissä saavutettujen eri kynnyksarvojen kanssa, niin havaitaan maksimaalisen juoksuvauhdin (V_{\max}) olevan yhteydessä vahvimmin 90 % HR_{\max} :sta juostavan nopeuden kanssa ($r= 0,773$; $p<0,001$) ja vastaavasti anaerobisen kynnyksen nopeuden (V_{ank}) olevan yhteydessä 80 % tasolla juostuun nopeuteen ($r=0,803$; $p<0,001$) ja aerobisen kynnyksen (V_{aerk}) olevan yhteydessä 70 % tasolla juostavan nopeuden kanssa ($r=0,800$; $p<0,001$).



Kuva 12. Naisten submaksimaalisen testin juoksunopeuden kehittyminen harjoitusjakson aikana. Kuvassa pystyakselilla on juoksunopeus ja vaaka-akselilla on syketaaso prosentteina maksimisykkeestä. Kuvaan on merkitty maksimaalinen juoksunopeus rastilla ennen ja jälkeen harjoitusjakson (perusharjoittelujakso). Kuvassa on lisäksi esitetty submaksimaalisessa testissä käytetyt syketasot ja juoksunopeus (km/h). Kaikki arvot ovat koehenkilöjoukon keskiarvoja.

Miehillä (Kuva 13) ainoa tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) muutos neljän viikon harjoitusjakson jälkeen havaittiin juoksunopeudessa 90 % HR_{max} tasolla. Matalammilla rasiustasolla juoksunopeudessa havaittiin juoksunopeuden tilastollisesti pienempää kehittymistä, kuin kovimmalla rasiustasolla ($p < 0,01$ tasolla 80 % HR_{max}) ($p < 0,05$ tasolla 70 % HR_{max}). Kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen merkitsevimmät ($p < 0,001$) parannukset tapahtuivat juoksunopeuksissa tasoilla 70 ja 90 % HR_{max}:sta, mutta samalla hapenkulutuksen eri kuormitustasolla nousi ($p < 0,05$) jokaisella kuormitustasolla.



Kuva 13. Miesten juoksunopeudet submaksimaalisessa testissä perusharjoittelujakson aikana. Kuvassa pystyakselilla on juoksunopeus (km/h) ja vaaka-akselilla on syketaso prosentteina maksimisykkeestä. Kuvaan on merkitty maksimaalinen juoksunopeus rastilla ennen ja jälkeen harjoitusjakson (perusharjoittelujakso). (Kuvassa on lisäksi esitetty submaksimaalisessa testissä käytetyt syketasot ja juoksunopeus (km/h). Kaikki arvot ovat keskiarvoja

Miehillä submaksimaalisen testin juoksunopeus 90 % tasolla korreloi vahvasti maksimaalisen juoksunopeuden ($r= 0,608$; $p<0,01$), mutta myös anaerobisella kynnyksellä käytettävän juoksunopeuden ($r= 0,835$; $p<0,001$) ja kaikkein vahvimmin aerobisella kynnyksellä käytettävän juoksunopeuden kanssa ($r= 0,838$; $p<0,001$). Juoksunopeus 80 % HR_{max} - tasolla korreloi maksimaalisessa testissä anaerobisen- ($r=0,727$; $p<0,001$), aerobisen kynnyksen ($r=0,687$; $p<0,01$) ja maksimaalisen juoksuvauhdin kanssa ($r=0,507$; $p<0,05$). Juoksunopeus 70 % (HR_{max}) on selkeimmin yhteydessä maksimaalisessa testissä määritetyn aerobisen kynnyksen juoksunopeuden kanssa ($r=0,658$; $p<0,01$). Maksimaalisen juoksunopeuden absoluuttinen muutos perusharjoittelujakson aikana korreloi vahvimmin ($r=-0,638$; $p<0,01$) 70% HR_{max} - juoksunopeuden kanssa, muilla syketasoilla korrelaatio ($p<0,05$) on myös merkitsevä.

7.4 Määrä- ja tehoharjoittelujakson tulokset

Kappaleissa 7.4.1 ja 7.4.2 on kuvattu teho- ja määräryhmien tulokset teho- ja määräharjoittelujakson aikana (perusharjoittelujakson jälkeiset 8 viikkoa).

7.4.1 Tehoryhmän tulokset

Maksimaalinen hapenottokyky ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutus paranivat merkitsevästi ($p < 0,01$) tehoharjoittelujakson aikana. Lisäksi ($p > 0,05$) muutoksia tapahtui aerobisen (V_{Aerk}) ja anaerobisen (V_{Ank}) kynnyksen juoksunopeudessa ja lisäksi aerobisen kynnyksen sykkeissä ($Syke_{Aerk}$). Anaerobisella kynnyksellä juoksuvauhdissa tapahtunut absoluuttinen muutos korreloi tehoharjoitusjakson aikana havaittuun VO_{2max} absoluuttiseen muutokseen ($r = 0,494; p > 0,05$). Maksimaalisen juoksuvauhdin (V_{max}) absoluuttinen muutos havaittiin olevan yhteydessä jakson jälkeen mitatun anaerobisen kynnyksen juoksunopeuden (V_{ank}) muutoksen kanssa ($r = 0,609; p < 0,01$), mutta myös jakson jälkeen mitatun submaksimaalisen testin kolmannen juoksunopeuden ($V_{90\%HR_{max}}$) kanssa.

Tehoharjoitteluryhmän tulokset kahdeksan viikon tehoharjoittelujakson jälkeen esitetään taulukossa 11 ja submaksimaalisen testin muutoksia tehoharjoittelujakson jälkeen tarkastellaan laajemmin kappaleessa 7.5.

Sukupuolittain eriteltynä naisilla tehoharjoittelujakson jälkeen havaittiin tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) muutos maksimaalisessa hapenottokyvyssä (VO_{2max}), mutta ei muutosta muissa mitatuissa arvoissa. Miehillä tehoharjoittelujakson jälkeen havaittiin tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$) muutos aerobisen kynnyksen juoksuvauhdissa (V_{Aerk}). Juoksuvauhdin lisäksi havaittiin tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) muutos aerobisen kynnyksen hapenkulutuksessa (VO_{2Aerk}).

Taulukko 11. Tehoryhmän tulokset ja kehittyminen perusharjoittelujakson (8 viikkoa) loputtua koko harjoittelujakson (16 vkoa) loppuun. Lisäksi taulukkoon on merkitty tilastollinen muutos teoharjoittelujakson alusta (8vkoa) teoharjoittelujakson loppuun (16vkoa) erikseen naisille ja miehille, sekä yhdistettynä koko koehenkilöjoukolla. Kaikki arvot ovat keskiarvoja \pm SD. Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p < 0,001 = ***$), tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01 = **$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05 = *$).

	Naiset alussa (8vkoa) (N=10)	Naiset lopussa (16vkoa) (N=9)	Miehet alussa (8vkoa) (N=9)	Miehet lopussa (16vkoa) (N=8)	Kaikki alussa (8vkoa) (N=19)	Kaikki lopussa (16vkoa) (N=17)
Paino (kg)	60,4 \pm 7,7	61,3 \pm 7,9	73,0 \pm 5,0	72,2 \pm 5,3	66,3 \pm 9,1	66,4 \pm 8,7
Rasvaprosentti (%)	23,2 \pm 5,6	24,3 \pm 5,3	15,0 \pm 4,5	14,7 \pm 4,7	19,3 \pm 6,5	19,8 \pm 6,9
BMI (kg/m ²)	22,3 \pm 2,4	22,7 \pm 2,1	24,5 \pm 1,4	24,5 \pm 1,7	23,3 \pm 2,2	23,6 \pm 2,1
Syke AerK (krt/min)	157,4 \pm 10,7	155,8 \pm 9,8	150,7 \pm 9,7	146,8 \pm 8,4	154,2 \pm 10,6	151,6 \pm 10,*
VO ₂ AerK (ml/kg/min)	35,5 \pm 3,9	35,9 \pm 5,2	36,5 \pm 2,4	38,5 \pm 2,2*	35,9 \pm 3,2	37,2 \pm 4,2
VAerK (km/h)	9,9 \pm 1,2	9,9 \pm 1,3	10,4 \pm 0,8	10,9 \pm 0,9**	10,2 \pm 1,0	10,4 \pm 1,2*
LaAerK (mmol/l)	1,5 \pm 0,3	1,6 \pm 0,4	1,7 \pm 0,5	1,9 \pm 0,1	1,6 \pm 0,4	1,7 \pm 0,4
Syke Ank (krt/min)	174,2 \pm 12,2	174,7 \pm 12,4	170,1 \pm 11,3	168,0 \pm 10,9	172,2 \pm 11,7	171,5 \pm 11,9
VO ₂ AnK (ml/kg/min)	42,1 \pm 6,0	43,7 \pm 7,3	45,5 \pm 3,7	47,5 \pm 2,5	43,7 \pm 5,2	45,5 \pm 5,8**
VAnk (km/h)	12,1 \pm 1,4	12,3 \pm 1,4	13,2 \pm 0,8	13,8 \pm 0,7	12,6 \pm 1,3	12,9 \pm 1,3*
LaAnk (mmol/l)	2,9 \pm 0,7	3,0 \pm 0,5	3,4 \pm 1,0	3,7 \pm 0,8	3,2 \pm 0,9	3,3 \pm 0,7
SykeMax (krt/min)	186,7 \pm 12,0	187,6 \pm 12,3	188,0 \pm 9,9	186,3 \pm 10,3	187,3 \pm 10,7	186,9 \pm 11,0
VO ₂ max(ml/kg/min)	47,2 \pm 7,6	49,1 \pm 9,5*	52,8 \pm 3,8	54,5 \pm 3,9	49,8 \pm 6,6	51,6 \pm 7,7**
VMax (km/h)	14,5 \pm 1,4	14,5 \pm 1,7	15,9 \pm 0,5	16,3 \pm 0,9	15,2 \pm 1,3	15,4 \pm 1,7
LaMax (mmol/l)	9,7 \pm 1,9	9,7 \pm 1,9	10,3 \pm 2,0	10,9 \pm 1,6	9,9 \pm 1,9	10,3 \pm 1,8

7.4.2 Määräryhmän tulokset

Määräryhmän kahdeksan viikon määräharjoittelujakson tulokset esitetään taulukossa 12. Naisilla havaittiin tilastollisia ($p < 0,05$) muutoksia maksimaalisessa laktaattitasossa (La_{Max}) ja maksimaalisessa sykkeessä ($Syke_{Max}$), jotka molemmat laskivat lähtöarvoistaan.

Miehillä kuntotekijöissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia, mutta miesten kehonkoostumus muuttui ($p < 0,05$), kun paino, painoindeksi (BMI) ja rasvaprosentti laskivat. Kehonkoostumuksen muutokset eivät kuitenkaan olleet merkitsevästi yhteydessä mihinkään mitattuun kuntomuuttujaan.

Taulukko 12. Määräryhmän tulokset ja kehittyminen perusharjoittelujakson (8 viikkoa) loputtua koko harjoittelujakson (16 vkoa) loppuun. Lisäksi taulukkoon on merkitty tilastollinen muutos määräharjoittelujakson alusta (8vkoa) määräharjoittelujakson loppuun (16vkoa) erikseen naisille ja miehille, sekä yhdistettynä koko koehenkilöjoukolle. Kaikki arvot ovat keskiarvoja \pm SD. Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p < 0,001 = ***$), tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01 = **$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05 = *$).

	Naiset alussa (8vkoa) (N=10)	Naiset lopusa (16vkoa) (N=10)	Miehet alussa (8vkoa) (N=8)	Miehet lopusa (16vkoa) (N=8)	Kaikki alussa (8vkoa) (N=18)	Kaikki lopusa (16vkoa) (N=18)
Paino (kg)	59,9 \pm 8,2	59,3 \pm 7,3	78,7 \pm 8,6	77,4 \pm 9,0*	68,3 \pm 12,6	67,4 \pm 12,1**
Rasvaprosentti (%)	22,9 \pm 2,9	23,0 \pm 3,3	12,8 \pm 2,6	12,7 \pm 3,4*	18,5 \pm 5,8	18,5 \pm 6,2*
BMI (kg/m ²)	21,6 \pm 1,7	21,4 \pm 1,6	24,9 \pm 1,7	24,4 \pm 1,6*	23,0 \pm 2,3	22,7 \pm 2,2**
Syke Aerk (krt/min)	148,3 \pm 6,9	146,6 \pm 6,5	150,6 \pm 9,3	149,0 \pm 9,2	149,3 \pm 7,9	147,7 \pm 7,7
VO ₂ Aerk (ml/kg/min)	34,3 \pm 3,2	34,8 \pm 2,4	38,8 \pm 2,8	39,3 \pm 2,9	36,3 \pm 3,8	36,8 \pm 3,4
VAerk (km/h)	9,9 \pm 1,0	9,8 \pm 1,1	10,9 \pm 0,8	11,1 \pm 0,8	10,3 \pm 1,0	10,4 \pm 1,0
LaAerk (mmol/l)	1,6 \pm 0,5	1,5 \pm 0,5	1,6 \pm 0,5	1,7 \pm 0,4	1,6 \pm 0,5	1,6 \pm 0,4
Syke Ank (krt/min)	168,1 \pm 7,5	166,1 \pm 6,2	171,0 \pm 8,6	169,8 \pm 9,4	169,4 \pm 7,9	167,8 \pm 7,8
VO ₂ Ank (ml/kg/min)	46,3 \pm 11,9	42,8 \pm 2,7	46,0 \pm 3,4	47,9 \pm 3,5	46,2 \pm 8,9	45,0 \pm 3,9

VAnk (km/h)	12,5 ± 0,7	12,3 ± 0,9	13,6 ± 0,7	13,8 ± 0,8	12,9 ± 0,9	12,9 ± 1,2
LaAnk (mmol/l)	3,6 ± 0,7	3,6 ± 0,9	3,8 ± 0,5	3,7 ± 0,6	3,7 ± 0,6	3,7 ± 0,7
SykeMax (krt/min)	183,3±9,0	180,3 ± 7,3	187,1±8,8	186,3±9,6	185,0±8,9	182,9 ± 8,7
VO2max(ml/kg/min)	47,2 ± 3,8	47,5 ± 3,3	51,7 ± 3,0	54,7 ± 4,0	49,2 ± 4,1	50,7 ± 5,0
VMax (km/h)	14,6 ± 0,6	14,5 ± 0,8	16,1 ± 0,9	16,4 ± 0,4	15,3 ± 1,0	15,3 ± 1,3
LaMax (mmol/l)	11,7 ± 2,4	10,0 ± 1,6*	12,1 ± 2,9	11,6 ± 2,9	11,9 ± 2,6	10,7 ± 2,4

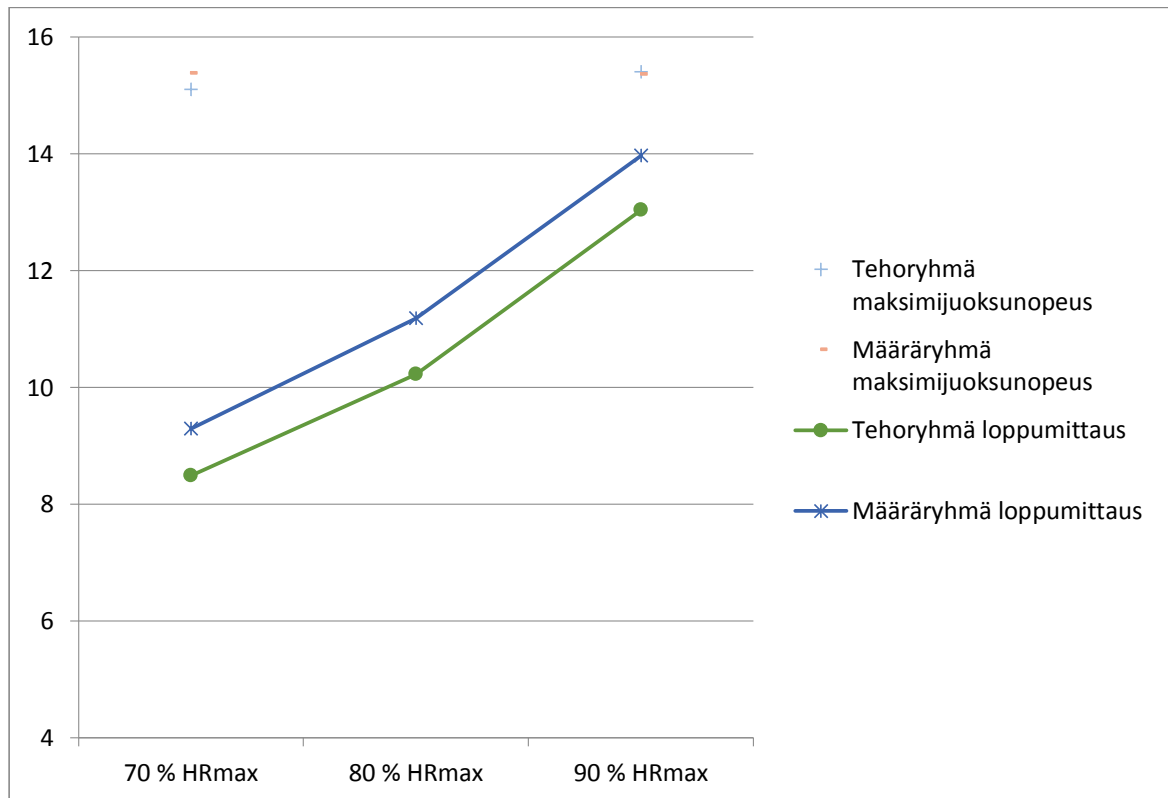
7.5 Submaksimaalisen juoksutestin yhteys määrä- ja tehoharjoitteluun

Tutkittavia yhtenä joukkona tarkasteltaessa maksimaalisen juoksunopeuden absoluuttinen muutos korreloi ($p < 0,05$) submaksimaalisessa testissä tapahtuneiden juoksunopeuksien absoluuttisten ja prosentuaalisten muutosten kanssa. Lisäksi maksimaalinen juoksunopeus (V_{max}) teho- ja määräharjoittelujakson jälkeen korreloi vahvasti ($r = 0,690 - 0,858$; $p < 0,001$) kaikkien submaksimaalisten juoksunopeuksien kanssa, mutta ei korreloi submaksimaalisten testien absoluuttisten muutosten kanssa. Submaksimaalisen testin kehittyminen on kuvattu graafisesti kuvassa 14.

Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) **määräharjoittelujakson** jälkeen mitattuna ei muuttunut merkitsevästi, mutta se korreloi ($p < 0,01$) jakson jälkeen tehdyn submaksimaalisessa testissä käytettyjen juoksuvauhtien rasitustasoilla 80 % HR_{max} ja 90 % HR_{max} kanssa. Juoksukilometreillä jakson aikana tai harjoitusmäärällä ei löydetty korrelaatiota hapenoton kehittymisen tai submaksimaalisten juoksuvauhtien muutoksien kanssa. Määräryhmällä sen sijaan havaittiin korrelaatio ($p < 0,05$) maksimaalisen juoksunopeuden (V_{max}) absoluuttisen muutoksen ja kaikkien submaksimaalisten juoksunopeuksien absoluuttisten muutoksien kanssa.

Tehoharjoittelujakson jälkeen maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) korreloi vahvasti ($p < 0,001$) jakson jälkeen mitattujen submaksimaalisten juoksunopeuksien kanssa, mutta ei submaksimaalisessa testissä jakson aikana tapahtuneiden absoluuttisten muutosten kanssa.

Tehoryhmällä havaittiin juoksunopeuksien laskevan kahdella ensimmäisellä rasiustasolla (vauhti hidastui $0,21 \pm 0,57$ km/h 70 % HR_{max} tasolla ja $0,13 \pm 0,64$ km/h 80 % HR_{max}-tasolla), mutta nousevan $0,24 \pm 0,70$ km/h tasolla 90 % HR_{max}.



Kuva 14. Submaksimaalisen testin kehittyminen määrä- ja teoharjoitusjakson aikana esitettynä graafisena kuvaajana, jossa juoksunopeus (pystyakselilla (km/h)) ja syketasot (vaaka-akselilla) on yhdistetty samaan kuvaajaan. Kuvaan on lisäksi merkitty maksimaalinen juoksunopeus keltaisella täplällä ja sinisellä rastilla ennen ja jälkeen harjoitusjakson (teho- tai määräharjoittelujakso). Maksimijuoksunopeudet on esitetty merkillä ennen ja jälkeen harjoitusjakson.

7.5.1 Sukupuolen vaikutus määrä- ja tehoharjoittelujakson aikana submaksimaaliseen testiin

Naisilla juoksukilometreillä teho- ja määräharjoittelujakson aikana havaittiin olevan yhteys jakson loputtua mitattuun maksimaaliseen juoksunopeuteen ($r=0,684; p<0,001$) (V_{\max}) ja maksimaaliseen hapenottokykyyn ($r=0,583; p<0,01$) ($VO_{2\max}$). Naisilla havaittiin maksimaalisessa juoksunopeuden absoluuttisen muutoksen korreloivan ($p<0,05$) kaikkien submaksimaalisten juoksunopeuksien absoluuttisten muutosten kanssa. Kolmannen kuorman juoksunopeus on tilastollisesti yhteydessä maksimaaliseen hapenottokykyyn ($p<0,001$).

Miehillä ei havaittu yhteyttä maksimaalisen juoksunopeuden absoluuttisen muutoksen (V_{\max}) ja submaksimaalisten testien absoluuttisten muutosten välillä. Jakson aikaisilla juoksukilometreillä sen sijaan havaitaan yhteys maksimaalisen juoksunopeuden absoluuttisen muutoksen kanssa (V_{\max}). Miehillä havaittiin (Taulukko 13) juoksunopeudessa ja hapenkulutuksessa kasvua ($p<0,05$) 90 % HR_{\max} teholla juostessa. Miehillä maksimaalinen ($VO_{2\max}$) hapenottokyky korreloi ensimmäisen kuorman juoksunopeuden ($r=0,527; p<0,05$) ja hapenkulutuksen ($r=0,621; p<0,01$) kanssa. Toisella ja kolmannella kuormalla juoksunopeuden ja maksimaalisen hapenottokyvyn korrelaatio vahventuu suhteessa ensimmäiseen kuormaan ($p<0,01$). Kolmannella kuormalla hapenkulutuksen suhde maksimaaliseen hapenottokykyyn on tilastollisesti erittäin merkitsevää ($p<0,001$).

Taulukko 13. Ryhmien kehittymistä on verrattu perusharjoittelujakson viimeisen viikon aikana tehtyyn submaksimaaliseen testiin (vko8). Kaikki arvot ovat keskiarvoja \pm SD. Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina on käytetty: erittäin merkitsevä ($p<0,001=***$), tilastollisesti merkitsevä ($p<0,01=**$) ja tilastollisesti merkitsevä ($p<0,05=*$).

Teho Naiset (16vkoa) (N=8)	Teho Miehet (16vkoa) (N=8)	Määrä Naiset (16vkoa) (N=8)	Määrä Miehet (16vkoa) (N=8)	Kaikki Naiset (16vkoa) (N=16)	Kaikki Miehet (16vkoa) (N=16)

Kuorma 1 (70 % HRmax)

Hapenkulutus (ml/kg/min)	28,7 ± 3,1	32,8 ± 3,7	30,4 ± 3,0	34,4 ± 3,1	29,6 ± 3,1	33,6 ± 3,4
Nopeus (km/h)	7,7 ± 1,3	9,5 ± 1,0	8,9 ± 1,2	9,7 ± 1,3	8,3 ± 1,3	9,6 ± 1,2
Syke (krt/min)	135,6 ± 8,2	132,0 ± 6,0	127,8 ± 7,4	131,1 ± 6,6	131,7 ± 8,5	131,6 ± 6,1
Syke (%:a maksimista)	71,2 ± 0,9	70,4 ± 1,3	70,0 ± 0,7	70,0 ± 0,7	70,6 ± 1,0	70,2 ± 0,9
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	1,4 ± 0,8	1,5 ± 0,5	1,4 ± 1,0	1,9 ± 0,7	1,4 ± 0,9	1,7 ± 0,6

Kuorma 2 (80 % HRmax)

Hapenkulutus (ml/kg/min)	33,4 ± 4,4	39,4 ± 4,1	36,8 ± 3,9	41,4 ± 4,3	35,1 ± 4,4	40,4 ± 4,2
Nopeus (km/h)	9,1 ± 1,6	11,3 ± 0,8	10,6 ± 1,0	11,8 ± 1,3	9,9 ± 1,5	11,5 ± 1,0
Syke (krt/min)	153,8 ± 9,6	150,3 ± 7,8	147,5 ± 7,9	150,7 ± 7,0	150,7 ± 9,1	150,5 ± 7,2
Syke (%:a maksimista)	80,8 ± 0,3	79,9 ± 0,7	80,7 ± 0,5	80,6 ± 0,5	80,7 ± 0,4	80,3 ± 0,7
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	3,1 ± 0,8	3,3 ± 0,9	3,6 ± 1,2	3,6 ± 1,3	3,4 ± 1,0*	3,4 ± 1,1*

Kuorma 3 (90 % HRmax)

Hapenkulutus (ml/kg/min)	40,5 ± 6,6	48,4 ± 4,5	43,7 ± 3,7	50,0 ± 4,6	42,1 ± 5,4	49,2 ± 4,5*
Nopeus (km/h)	11,6 ± 1,5	14,5 ± 1,0	13,0 ± 0,7	14,9 ± 1,0	12,3 ± 1,4*	14,7 ± 1,0*
Syke (krt/min)	172,4 ± 10,9	167,7 ± 9,0	165,6 ± 9,0	169,6 ± 7,4	169,0 ± 10,3	168,6 ± 8,0
Syke (%:a maksimista)	90,6 ± 0,5	89,3 ± 0,9	90,5 ± 1,0	90,6 ± 1,0	90,6 ± 0,8	89,9 ± 1,1
Kuormittavuustuntemus (RPE, 0-10)	4,9 ± 1,2	5,8 ± 1,4	5,8 ± 1,3	5,8 ± 1,7	5,3 ± 1,3	5,8 ± 1,5
Syke 1 min jälkeen Sykkeenlasku 1 min jälkeen (krt/min)	127,3 ± 15,4	119,6 ± 11,1	116,5 ± 17,9	127,0 ± 16,4	121,9 ± 17,1	123,6 ± 14,3
Syke 2 min jälkeen Sykkeenlasku 2 min jälkeen (krt/min)	45,1 ± 9,6	49,4 ± 11,0	49,7 ± 12,9	44,5 ± 15,7	47,4 ± 11,2	46,8 ± 13,5
	60,5 ± 5,3	65,9 ± 11,3	61,1 ± 17,3	60,2 ± 13,9	60,8 ± 12,7	62,6 ± 12,7

7.6 Omatoimiset submaksimaaliset juoksutestit ja niiden yhteys laboratoriossa tehtäviin testeihin

Omatoimisten juoksutestien tulokset esitetään taulukossa 14. Taulukossa esitetään, että kovempien juoksunopeuksien kanssa myös juoksussa käytetyt sykkeet ovat olleet omatoimisissa testeissä korkeammat. Kuitenkin jos omatoimisia testejä ja laboratoriossa

juostuja testejä verrataan harjoitusjakson jälkeen mitattuun maksimaaliseen juoksunopeuteen (Kuva 15), niin havaittiin, että juoksunopeuksien korrelaatio ($r=0,737 - 0,619; p<0,001$) maksimaalisen juoksunopeuden kanssa on yhtä vahva omatoimisessa, kuin laboratoriossa tehdyssä juoksutestissä. Omatoimisten ja laboratoriossa juostujen submaksimaalisten testien yhteys harjoitusjakson jälkeen mitatun maksimaalisen testin eri kynnystasojen kanssa on esitetty taulukossa 15. Kynnystasojen havaittiin olevan yhteydessä submaksimaalisen testin kanssa, oli se juostu omatoimisesti tai rasislaboratoriossa. Taulukossa 16 esitetyt korrelaatiot vahvistavat submaksimaalisen testin ja maksimaalisessa testissä määritettyjen kynnysten ennustettavuutta.

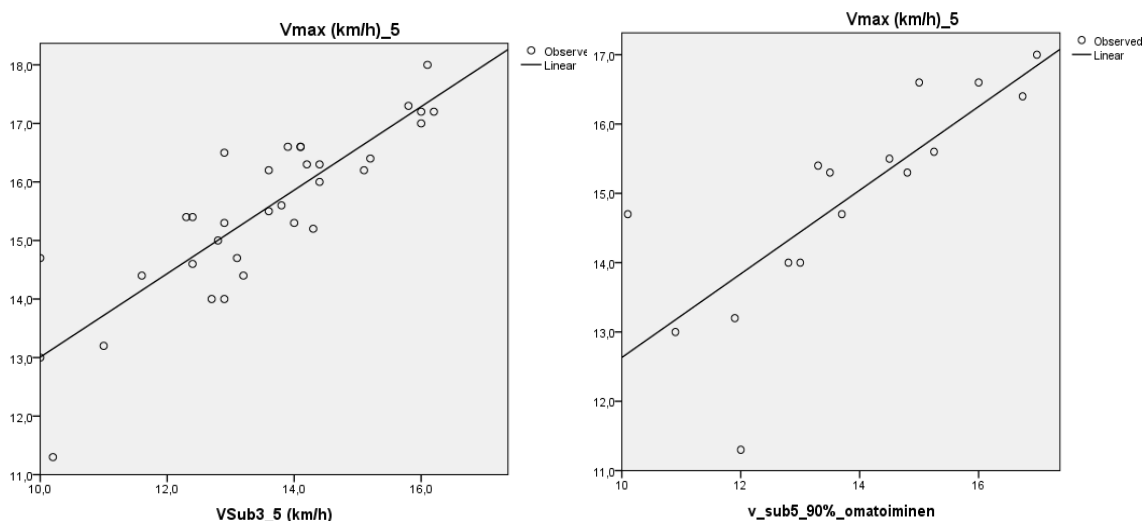
Taulukko 14. Submaksimaalisen juoksutestin vertailu omatoimisesti juostun ja rasislaboratoriossa mitatun testin välillä koko harjoitusjakson (16vkoa) loputtua. Taulukossa harjoitusryhmät on yhdistetty

	Omatoimiset Naiset (16vkoa) (N=10)	Labra Naiset (16vkoa) (N=16)	Omatoimiset Miehet (16vkoa) (N=10)	Labra Miehet (16vkoa) (N=16)	Omatoimiset Kaikki (16vkoa) (N=22)	Labra Kaikki (16vkoa) (N=3)
Nopeus (km/h)	9,3±1,4	8,3 ± 1,3	11,0±0,9	9,6 ± 1,2	10,2 ± 3,2	8,9 ± 1,4
Syke (krt/min)	136,9±5,8	131,7±8,5	135,8±6,8	131,6±6,1	135,2±7,2	131,6±7,3
Nopeus (km/h)	10,6±1,6	9,9 ± 1,5	12,9±0,6	11,5±1,0	11,7 ± 3,7	10,7 ±1,5
Syke (krt/min)	151,8±8,7	150,7±9,1	154,0±7,9	150,5±7,2	151,5 ± 8,8	150,6 ±8,0
Nopeus (km/h)	12,6±1,5	12,3±1,4	15,4±0,6	14,7±1,0	13,9 ± 5,0	13,5 ±1,7
Syke (krt/min)	169,6±9,8	169,0±10, 3	171,7±6,5	168,6±8,0	169,2 ± 8,9	168,8 ±9,1
Sykkeenlasku 1 min jälkeen (krt/min)	53,5±16,9	47,4±11,2	53,4±17,6	46,8±13,5	44,3 ± 10,9	47,1±12,2

Taulukko 15. Harjoitusjakson (16 vkoa) jälkeen mitattujen submaksimaalisten juoksutestien yhteys maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO_{2max}), maksimaaliseen juoksunopeuteen (V_{max}),

juoksunopeuteen aerobisella kynnyksellä (V_{aerk}) ja juoksunopeuteen anaerobisella kynnyksellä (V_{ank}) harjoitusjakson jälkeen. Taulukossa on kuvattu rasisuslaboratoriossa juostut testit eri syketasoilla juostuilla vauhdeilla (labra) ja koehenkilöiden juoksemat omatoimiset (omatoiminen) juoksutestit. Koko koehenkilöjoukko on yhdistetty samaan taulukkoon. Tilastollisena merkitsevyyden raja- arvona on käytetty: erittäin merkitsevä ($p < 0,001 = ***$),

	VO_{2max} (ml/kg/min)	V_{max} (km/h)	V_{ank} (km/h)	V_{aerk} (km/h)
Nopeus 70 % HR_{max} labra (km/h)	,622**	,690**	,747**	,766**
Nopeus 80 % HR_{max} labra (km/h)	,714**	,764**	,801**	,799**
Nopeus 90 % HR_{max} labra (km/h)	,757**	,858**	,852**	,812**
Sykkeen palautuminen (krt/min)	-,164	-,093	-,229	-,029
Nopeus 70 % HR_{max} omatoiminen (km/h)	,816**	,791**	,834**	,833**
Nopeus 80 % HR_{max} omatoiminen (km/h)	,856**	,819**	,823**	,824**
Nopeus 90 % HR_{max} omatoiminen (km/h)	,795**	,787**	,817**	,813**
Sykkeen palautuminen (krt/min)	,305	,188	,218	,037



Kuva 15. Koko harjoitusryhmä on yhdistetty samaan kuvaajaan ja verrattu juoksunopeuden suhdetta submaksimaalisen juoksutestin 90 % HR_{max} tasolla juostuun nopeuteen. Rasisuslaboratoriossa mitattu (vasen kuva) submaksimaalisen juoksunopeuden korrelaatio $r=0,737$; $p < 0,001$ on liki vastaava, kuin omatoimisen (oikea kuva) submaksimaalisen testin $r=0,619$; $p < 0,001$).

Taulukko 16. Submaksimaalisen testin yhteys maksimaaliseen testiin perusharjoittelujakson jälkeen koko koehenkilöryhmällä. Taulukossa on esitetty submaksimaalisen testin juoksunopeuksien suhdetta maksimaalisessa testissä määritettyihin kynnyksiin Pearsonin korrelaatiolla, taulukkoon on merkitty perusharjoittelujakson jälkeen (8 vkoa) vahvimmin korreloivat yhteydet ja 90 % tasolla myös yhteys maksimaaliseen suorituskyykyyn.

Taulukossa on kuvattuna myös teho- ja määräharjoitusjakson jälkeen ryhmien submaksimaalisen testin nopeuksien, maksimaalisessa testissä määritettyjen kynnsnopeuksien ja maksimaalisen juoksunopeuden vertailu viikon 16 kohdalla Arvot on ilmoitettu Pearsonin korrelaationa ja erittäin merkitsevää tilastollista yhteyttä kuvaa $p < 0,001$.

Korrelaatiot Perusharjoittelujakson jälkeen (N=36)	Aerobisen kynnyksen nopeus (V_{aerk})	Anaerobisen kynnyksen nopeus (V_{ank})	Maksimaalinen juoksunopeus (V_{max})
Nopeus 70 % HR_{max}	$r = 0,799; p < 0,000$		
Nopeus 80 % HR_{max}		$r = 0,829; p < 0,000$	
Nopeus 90 % HR_{max}		$r = 0,845; p < 0,000$	$r = 0,843; p < 0,000$
Korrelaatiot tehoarjoitusjakson jälkeen (N=17)	Aerobisen kynnyksen nopeus (V_{aerk})	Anaerobisen kynnyksen nopeus (V_{ank})	Maksimaalinen juoksunopeus (V_{max})
Nopeus 70 % HR_{max}	$r = 0,787; p < 0,001$	$r = 0,768; p < 0,001$	$r = 0,751; p < 0,001$
Nopeus 80 % HR_{max}	$r = 0,847; p < 0,001$	$r = 0,852; p < 0,001$	$r = 0,818; p < 0,001$
Nopeus 90 % HR_{max}	$r = 0,840; p < 0,001$	$r = 0,884; p < 0,001$	$r = 0,869; p < 0,001$
Korrelaatiot määräharjoitusjakson jälkeen (N=16)	Aerobisen kynnyksen nopeus (V_{aerk})	Anaerobisen kynnyksen nopeus (V_{ank})	Maksimaalinen juoksunopeus (V_{max})
Nopeus 70 % HR_{max}	$r = 0,729; p < 0,001$	$r = 0,699; p < 0,05$	$r = 0,591; p < 0,05$
Nopeus 80 % HR_{max}	$r = 0,828; p < 0,000$	$r = 0,751; p < 0,001$	$r = 0,710; p < 0,01$
Nopeus 90 % HR_{max}	$r = 0,849; p < 0,000$	$r = 0,814; p < 0,000$	$r = 0,859; p < 0,000$

8 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää submaksimaalisen juoksutestin käytettävyyttä ja sen yhteyttä maksimaaliseen kestävyysuorituskyvyn testaamiseen kestävyysjuoksijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli saada selville, miten submaksimaalinen juoksutesti voisi toimia harjoitustilan seurannassa eri tehoalueilla harjoitteleilla urheilijoilla ja voisiko sitä käyttää harjoitustilan monitoroinnissa säännöllisemmin kuin suoraa maksimaalista juoksutestiä. Yhtenä tarkoituksena oli myös selvittää, että toimiiko submaksimaalinen juoksutesti kotiloissa riittävällä tarkkuudella, vai onko testi suoritettava aina kuormituslaboratoriossa. Tutkimukseen osallistui lähtötilanteessa neljäkymmentä koehenkilöä, joilla kaikilla oli kestävyysjuoksutaustaa, mutta vain harvalla oli kilpailulisenssi ja kilpailullisia tavoitteita.

Tuloksia analysoitaessa selkeimmäksi havainnoksi voi nostaa sen, että submaksimaalisessa testissä saavutettu kehitys tapahtuu verrattain nopeasti harjoittelun mukaan. Niin ikään se on suhteessa maksimaaliseen suorituskykyyn sekä siinä tapahtuneeseen kehittymiseen, jolloin se kuvastaa urheilijan sen hetkistä harjoitustilaa. Toinen merkittävä havainto koko tutkimusjakson ajalta on se, että määrä- ja tehoharjoitelleet kehittyivät saman verran, vaikka tutkimushypoteesina esitettiin tehoryhmän kehittyvän paremmin, koska harjoittelu poikkesi ryhmien välillä merkittävästi toisistaan. Kolmas tutkimustulos oli se, että omatoimiset submaksimaaliset juoksutestit ovat sovellettavissa urheilijoiden harjoitustilan seurannassa, urheilijat pystyvät harjoittelemaan riittävällä tarkkuudella oikeilla sykealueilla ja lisäksi testissä käytetyt juoksunopeudet ovat matalinta (70 % HR_{max}) kuormitustasoa lukuun ottamatta yhteydessä myös laboratoriossa mitattuihin nopeuksiin.

Perusharjoittelujakso

Assumpcao (2013) havaitsi, että kestävyysjuoksu johtaa elimistön adaptoitumiseen sille annetun ärsykkeen mukaisesti, jolloin submaksimaalinen juoksuharjoittelu mahdollistaa lihaksiston oksidatiivisen kapasiteetin kasvamisen parantamalla lihaksiston mitokondrioiden toimintaa. Tällöin juoksija käyttää vähemmän happea jokaista mitokondrioketjua kohden. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että kahdeksan viikon mittainen perusharjoittelujakso aiheutti sekä naisille että miehille liki toisiaan vastaavan kehityksen. Molemmilla juoksunopeudet aerobisella, anaerobisella kynnyksellä ja maksimaalisella tasolla nousivat merkitsevästi ja lisääntynyt säännöllinen harjoittelu aiheutti myös painon laskua, joka miehillä suuremmasta lähtöpainosta johtuen oli merkitsevämpää. Goren (2001) tutkimus puoltaa tutkittavien kuntotason muutoksia, sillä hän esittää, että urheilijan nopeahkon kehittymisen taustalla saattaa olla myös lisääntyneestä harjoittelusta johtuva lihastasolla tapahtunut puskurointikapasiteetin kasvaminen.

Perusharjoittelujakso koostui peruskuntoa kehittävästä harjoittelusta, joten on ymmärrettävää, että maksimaalinen hapenottokyky ei parantunut jakson aikana. Maksimaalinen hapenottokyky oli kahdeksan viikon perusharjoittelun jälkeen matalampi kuin alkutestissä.

Koehenkilöt raportoivat omassa viikoittaisessa harjoituspäiväkirjassaan, että varsinkin matalimmalla teholla tehdyt harjoitukset olivat haasteellisia juosta, koska juoksuvauhdit tuntuivat monen koehenkilön mielestä liian hitailta. Tullessaan laboratoriotesteihin koehenkilöt usein spekuloivat, että eivät ole kehittyneet lainkaan, koska juoksunopeudet ovat olleet merkittävästi hitaampia kuin heidän aikaisemmin käyttämänsä nopeudet ovat olleet. Tuloksissa havaitaan myös, että perusharjoittelujakso aiheuttaa koehenkilöiden maksimaalisen laktaatintuoton vähentymisen, joka voisi kuvastaa irtiottokyvyn heikentymistä matalatehoisen harjoittelun johdosta. Aerobisella kynnyksellä laktaattitasot olivat matalammat naisilla ja miehillä, mutta miehillä ne madaltuivat myös anaerobisella kynnyksellä.

Tarkasteltaessa perusharjoittelun aiheuttamia vaikutuksia eri kynnyksillä kulutetun hapen määrään havaittiin, että sekä miehet ja naiset kuluttivat enemmän happea aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä kuin alkutesteissä. Green (2000) toteaa tutkimuksessaan, että harjoittelu järkyttää elimistön homeostaasia parantamalla sentraalisia ja perifeerisiä adaptaatioita, joilla on suora vaikutus urheilijan aineenvaihduntaan ja sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Harjoitusjakson jälkeen mitattu suurempi hapenkulutus voisi viitata tutkittavilla tapahtuneeseen aineenvaihdunnan tehostumiseen, koska hapenkulutus ja juoksunopeudet kasvoivat, laktaattitasot madaltuivat ja syke pysyi muuttumattomana. Toisaalta Saunders (2004) esittää, että juoksun taloudellisuutta ja juoksussa tarvittavaa energian määrää kuvaa hapenkulutuksen (VO_2) määrä jollain submaksimaalisella juoksunopeudella, jolloin voitaisiin päätellä tutkittavien juoksun taloudellisuuden heikentyneen perusharjoittelujakson aikana. Juoksun taloudellisuus on yksi juoksijoiden suorituskykyisyyttä ennustava tekijä, joten tulosta ei voida pitää toivottavana. On kuitenkin muistettava, että juoksun taloudellisuus on haasteellinen asia tutkittavaksi, ja Barnes (2014) toteaaakin juoksun taloudellisuuden koostuvan hapenkulutuksen lisäksi useista muista tekijöistä kuten urheilijan nauttimasta ravinnosta, harjoittelun tehoskaalasta, korkeanpaikan harjoittelusta ja lihasadaptaatioista voimaharjoitteluun liittyen.

Submaksimaalisen testin yhteys perusharjoittelujaksoon

Tutkittavat suorittivat submaksimaalisen juoksutestin perusharjoittelujakson aikana kahdeksan kertaa, joista kolme kertaa kuormituslaboratoriossa. Submaksimaalisessa testissä perusharjoittelun aikana koehenkilöillä kasvoivat eniten juoksunopeus ja hapenkulutus jokaisella kuormitustasolla.

Verrattaessa alkutestien (ennen harjoittelun alkamista) arvoja toisiinsa juoksunopeuden osalta havaitaan, että juoksunopeudet submaksimaalisessa testissä korreloivat voimakkaimmin maksimaalisen juoksunopeuden ja maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Tarkasteltaessa koko koehenkilöjoukkoa kahdeksan viikon harjoitusjakson jälkeen (Taulukko 16), havaitaan, että juoksunopeus on selkeästi yhteydessä maksimaalisessa

testissä määritettyjen kynnsarvojen kanssa. Verrattaessa hapenkulutusta eri submaksimaalisen testin tasoilla maksimaaliseen testiin ei voida havaita yhtä vahvoja ja selkeitä yhteyksiä kynnsarvojen välillä.

Testien välisestä yhteydestä voidaan siis päätellä, että juoksemiseen tottumisen ja säännöllisen harjoittelun aiheuttaman ärsyksen jälkeen submaksimaalista testiä voitaneen käyttää kuvaamaan ainakin juoksunopeuden ennakoitua kehittymistä maksimaalisessa testissä.

Teho- ja määräharjoittelujakso

Tuloksissa teho- ja määräryhmän kehittymistä on verrattu teho- ja määräharjoitusjakson alussa tehtyihin testeihin, jolloin jokainen tutkittava saadaan verrattua nimenomaan sen suhteen onko kehittymistä tapahtunut teho- tai määräharjoitusjaksolla.

Tehoryhmäläisillä tehoharjoitusjaksolla havaittiin verrattain maltillista kehittymistä maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}) tai maksimaalisen juoksunopeuden (V_{max}) suhteen. Tuloksia puoltaa Laken (1996) tutkimus, jossa havaittiin, että kuuden viikon kovatehoinen harjoittelu ei korreloinut suorituskyvyn, maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}), juoksun taloudellisuuden tai biomekaanisten muuttujien kanssa. Gibala (2006) havaitsi tutkimuksessaan, että kovatehoinen ja määräharjoittelu aiheuttavat samanlaisen lihasadaptaation, vaikka kovatehoisesta harjoittelua tehdään määrällisesti vähemmän.

Naisilla maksimaalinen hapenottokyky kehittyi jakson aikana tilastollisesti enemmän kuin miehillä, joilla tilastollisesti merkitsevää muutosta ei havaittu. Miehillä aerobisen kynnyksen juoksunopeus ja hapenkulutus kasvoivat, jota ei havaittu naisilla. Toisaalta koko koehenkilöjoukkoa tarkasteltaessa havaitaan, että tehoharjoittelujakso aiheutti merkitseviä ($p < 0,01$) muutoksia maksimaaliseen hapenottokykyyn ja hapenkulutukseen anaerobisella (VO_{2Ank}) kynnyksellä. Tehoryhmän anaerobinen kynnyks nousi lähtötasolta 87,8 % tasolle 88,2 % VO_{2max} :sta, jota voidaan pitää aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna melko korkeana

lukuna (Bosquet, 2002) mutta prosentuaalisesti maltillisena kehittymisenä. Tehoryhmällä absoluuttinen maksimaalisen hapenottokyky nousi tasolta $49,8 \pm 6,6$ tasolle $51,6 \pm 7,7$ ml/kg/min. Maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen voi johtua hemoglobiinimassan kasvusta urheilijoilla. Schmidt (2008) havaitsi tutkimuksessaan, että maratonjuoksijoilla kovatehoinen harjoittelu kasvatti hemoglobiinimassaa noin 4 %, joka on merkittävä maksimaalisen hapenottokyvyn määrittäjä Heinicke (2001).

Tehoharjoitusjakson aikana naisilla havaittiin kehonpainon nousseen liki kilon, mutta samalla kehonpainoon suhteutettu hapenottokyky (VO_{2max}) parantui. Koko tutkittavien ryhmää tarkasteltaessa havaittiin keskimääräisen painon nousseen yli kilon harjoitusjakson aikana, mutta hapenottokyky parani silti ($p < 0,01$) merkitsevästi. Ryhmänä tarkasteltaessa voidaan siis todeta, että tehoharjoittelujakso on vaikuttanut positiivisesti sykealueen yläosiin, kynnyksillä käytettäviin juoksuvauhteihin, anaerobisen kynnyksen hapenottoon ja maksimaaliseen hapenottokykyyn. Maksimaalinen juoksuvauhti ei sen sijaan ole parantunut, jota voisi pyrkiä selittämään koehenkilöiden harjoittelulla. Useimmiten tutkittavien tehoharjoitukset olivat juuri anaerobista kynnystä ja maksimaalista hapenottokykyä parantavia vetoharjoitteita, mutta ei juurikaan maksimaaliseen juoksuvauhtiin keskittyviä harjoitteita, jolloin on todennäköistä, että harjoitusvaikutus kohdistuu nimenomaan harjoitettuihin ominaisuuksiin. Näitä päätelmiä tukee myös norjalaisten juoksijoiden harjoittelua tutkinut Enoksen (2011), joka havaitsi nopeutta kehitettävän pääasiassa vain sprinttityyppisellä harjoittelulla ja anaerobista kynnystä ja laktaatin sietokykyä juoksemalla anaerobisen kynnyksen tuntumassa tai ylitse.

Määräharjoitelleella ryhmällä havaittiin kehonkoostumuksessa päinvastainen kehitys kuin tehoryhmällä. Määräharjoitelleilla rasvaprosentti ja kehonpaino laskivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) harjoitusjakson aikana. Romjin (1993) havaitsi tutkimuksessaan, että määräharjoittelu lisää urheilijan rasva- ja glukoosiaineenvaihduntaa ja johtaa painonlaskuun, josta on hyötyä pitkäkestoisessa kestävyysuorituksessa. Määräharjoittelu ei kuitenkaan aiheuta elimistöön niin suurta stressiä, että se kasvattaisi maksimaalista hapenottokykyä urheilijoilla (Laursen, 2010). Mahdollisesti johtuen matalatehoisesta

harjoittelusta koehenkilöryhmällä ei havaittu harjoitusjakson aikana muita merkitseviä muutoksia kuin kehonkoostumuksen muutokset.

Kun teho- ja määräharjoitelleita verrataan toisiinsa koko harjoitusjakson (16 viikkoa, perusharjoitusjakso + määrä- tai tehoharjoitusjakso) aikana tapahtuneen kehittymisen suhteen, niin tehoryhmäläiset kehittyivät enemmän niin hapenottokyvyn kuin anaerobisen- ja aerobisenkynnyksen juoksuvauhtien suhteen. Tutkimuksen havaintoa tukee Rönne­stadin (2014) tutkimus, jossa esitetään, että tiivis kovatehoinen harjoittelu aiheuttaa urheilijalle paremman harjoitusvasteen ja sen avulla urheilija saavuttaa paremman tason, kuin harjoittelemalla määrällisesti paljon.

Submaksimaalisen testin yhteys teho- ja määräharjoitteluun

Tutkimuksen yksi tarkoitus oli selvittää submaksimaalisen juoksutestin yhteys maksimaaliseen suorituskyykyyn silloin, kun tutkittavat ovat harjoitelleet määrällisesti ja tehollisesti eri tavalla. Verrattaessa tehoryhmän maksimaalista suorituskyykyä tehoharjoitusjakson päätteeksi tehtyyn submaksimaaliseen juoksutestiin, niin havaittiin, että useimmilla muuttujilla oli vahva ($p < 0,001$) tilastollinen yhteys toisiinsa. Merkittävin havainto oli se, että taulukossa 16. esitetyt yhteydet juoksunopeuksien suhteen olivat edelleen voimassa myös tehoharjoitusjakson jälkeen. Taulukosta havaitaan, että aerobisen kynnyksen juoksunopeutta kuvastaa voimakkaimmin submaksimaalisen testin juoksunopeus 80 % tasolla maksimisykkeestä, kun se aikaisemmin oli 70 % nopeus. Tästä voidaan päätellä, että koska tehoryhmäläisten juoksunopeus (Taulukko 11.) nousi, niin vastaava muutos näkyi myös submaksimaalisessa testissä.

Määräharjoitteluryhmällä (Taulukko 12.) ei määräharjoitusjakson aikana tapahtunut käytännössä minkäänlaista kehittymistä juoksunopeuksissa, mutta silti submaksimaalisessa testissä käytetyt juoksunopeudet ja hapenkulutus olivat naisilla ja miehillä tehoryhmää suuremmat jokaisella kuormitustasolla. Havainto on sikäli mielenkiintoinen, että maksimaalisessa testissä arvot olivat toisinpäin ja tehoryhmäläiset saivat niukasti paremmat

tulokset. Tutkimuksen havaintoa puoltaa Esfarjanin tutkimus (2007) jossa havaittiin, että kovatehoinen juoksuharjoittelu parantaa juoksunopeuksia ja maksimaalista hapenottokykyä merkittävästi enemmän, kuin matalatehoisempi harjoittelu.

Verrattaessa määräryhmän submaksimaalisia juoksunopeuksia maksimaaliseen testiin ja siinä määritettyihin kynnyksarvoihin, niin havaitaan, että määräryhmäläisillä ei voitu löytää selkeää yhteyttä eri kynnyksnopeuksien ja submaksimaalisen testin kanssa (Taulukko 16.). Poikkeava havainto verrattaessa tehoryhmään oli määräryhmäläisillä se, että eri kynnyksien kanssa vahvin korrelaatio oli 90 % tasolla juostessa. Samoin on huomattavaa, että verrattaessa määräharjoittelujakson lopussa tehtyä submaksimaalista testiä harjoittelujakson alussa (Taulukko 16.) tehtyyn testiin, niin vahvin korrelaatio aerobisen kynnyksen kanssa oli siirtynyt tasolta 70 % tasolle 90 %. Suoraa syytä ennakko-oletusten vastaiselle muutokselle ei ole löydetty.

Yleistettäessä testi koskemaan koko koehenkilöjoukkoa, niin havaitaan submaksimaalisen testin kolmannen kuorman juoksunopeuden ja hapenkulutuksen olevan ($p < 0,001$) yhteydessä maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}), maksimaalisen juoksunopeuden (V_{max}) ja rasvaprosentin kanssa. Submaksimaalisen testin kuormat 70 % HR_{max} ja 80 % HR_{max} olivat myös yhteydessä ($p < 0,001$) maksimaaliseen suorituskyykyyn, mutta eivät yhtä vahvasti, kuin 90 % HR_{max} kuorma.

Submaksimaalinen juoksutesti näyttää olevan erittäin hyvä käytännön apuväline valmennuksessa, koska sillä voidaan mitata urheilijan sen hetkistä suorituskyykyä. Testillä tosin on haastavaa erottaa tarkasti se, onko urheilija harjoitellut määräpainotteisesti vai tehopainotteisesti. Testi kuitenkin kertoo sen, onko urheilija harjoitellut vai ei mikä myös, myös näkyy testituloksissa vastaavan kaltaisena kehityksenä kuin maksimaalisessa testissä saavutetaan riippumatta sen suuremmin tehdyn harjoittelun muodosta. Lamberts (2004) havaitsi, että submaksimaalisessa testissä syketaso pysyessä vakiona ja intensiteetin kasvaessa voidaan olettaa urheilijan kehittyneen toivotulla tavalla. Lamberts kuitenkin toteaa, että syketasossa voi tapahtua muutoksia myös dehydraation tai yllirasituksesta

johtuvan väsymyksen vuoksi. Urheilijan ja valmentajan on syytä analysoida suorituksia pidemmällä aikajänteellä, jolloin urheilijan elimistön käyttäytyminen tunnetaan riittävän tarkasti.

Omatoimiset submaksimaaliset juoksutestit

Tutkittavat ohjeistettiin juoksemaan omatoiminen submaksimaalinen harjoitus kerran viikossa koko harjoitusjakson ajan. Suurin osa suoritti harjoituksen osana viikoittaista harjoittelua mutta muutamilta testattavilta testejä jäi välistä sairauksien tai muiden syiden takia. Harjoitus koettiin olevan mahdollinen suorittaa myös ulkona ja pakkasella, mutta palautusaikana käytettiin tällöin vain yhtä minuuttia sairastumisriskin minimoimiseksi. Tässä tutkimuksessa yksi tutkimuskysymys käsitteli omatoimisen testin toimivuutta.

Omatoimiset testit olivat erittäin lähellä (Taulukot 14 ja 15.) laboratoriossa juostuja testejä sykkeen suhteen mutta nopeuksien suhteen eroa oli etenkin matalammilla kuormilla paljon. Sykkeet ja nopeuden ero tasoittuvat mitä kovemmin koehenkilöt juoksivat. Matalimmalla syketasolla (70 % HR_{max}) juoksunopeuksissa oleva ero oli naisilla 1,0 km/h ja miehillä jopa 1,4 km/h, jota ei voida pitää mahdollisena päivittäisenä vaihteluna, etenkään kun kovemmilla juoksunopeuksilla ero tasoittui laboratoriotestiin verrattuna. Lamberts (2004) havaitsi, että sydämen syke vaihtelee 90 % teholla juostaessa päivittäin ainoastaan ± 3 lyöntiä. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että koehenkilöt pystyivät juoksemaan liki samalla tarkkuudella sykkeiden mukaan mutta nopeuksissa oli pientä eroa 90 % tasolla, joten nopeuden erot saattoivat johtua päivittäisestä sykevaihtelusta. Meyer (2003) esittää, että omatoimisessa submaksimaalisessa radalla juostussa ja laboratorion juoksumatolla juostussa harjoituksessa sykkeissä on eroa vain ± 2 lyöntiä samalla rasiustasolla juostaessa.

Mahdollinen selittävä tekijä kovempiin juoksunopeuksiin omatoimisissa testeissä paremman juoksun taloudellisuuden lisäksi voisi olla ”jännitys” laboratoriotestien aikana. Tätä asiaa ei kuitenkaan puolla se, että taulukoissa esitetyt tulokset on koostettu vasta harjoitusviikon 12 ympärillä tehtyjen submaksimaalisten testien tuloksista, jolloin koehenkilöt olivat juosseet

laboratoriossa useita kertoja ja tutustuneet testihenkilökuntaan. Meyer (2003) osoitti tutkimuksessaan, että juoksijat juoksevat kovempaa radalla ulkona kuin juoksumatolla. Samassa tutkimuksessa esitettiin, että ventilaatio ja hapenkulutus ovat suurempia juostaessa laboratoriossa juoksumatolla kuin ulkoradalla samalla vauhdilla. Toinen mahdollinen virhelähde suurempiin nopeuksiin voisi olla koehenkilöiden käyttämän sykemittarin GPS-signaalissa. Periaatteessa GPS- signaali pitäisi olla tarkka tapa mitata matkaa mutta on muistettava, että se ei ole häiriötön systeemi ja riippuen satelliittien sijainnista ja suuntasignaalin voimakkuudesta, niin paikkatiedoissa voi olla merkittävää vaihtelua lyhyellä matkalla matkaa mitattaessa (Soycan, 2011). Lisäksi yksi mahdollinen syy mittauseroihin voi johtua koehenkilöiden harjoittelusta. Koehenkilöt oli ohjeistettu saapumaan laboratoriotesteihin kevyen harjoituspäivän tai lepopäivän jälkeen, mutta vastaavaa ohjeistusta ei ollut omatoimisten submaksimaalisten testien suhteen. Tällöin voidaan ajatella, että koehenkilöt saattoivat olla palautuneemmassa tilassa laboratoriotesteissä, jolloin syke on voinut nousta herkemmin ja siten juoksuvauhti on voinut jäädä omatoimisia testejä matalammaksi.

Voidaanko submaksimaalista juokсутestiä sitten käyttää laboratoriotestien sijaan? Mikäli urheilija juoksee sykkeiden mukaan ja käyttää mitatessaan aina samaa mittaria, jolloin urheilijasta johtuvat mittavirheet minimoituvat, niin testiä voidaan käyttää seurantatestinä urheilijalle. On toki muistettava, että tämä tutkimus toteutettiin talvella, jolloin juoksunopeudet vaihtelevat myös alustan ja päällä olevan vaatetuksen mukaan. Pidemmällä aikavälillä testi näyttäisi toimivan ja omatoimisessa testissä juostut nopeudet, etenkin kovalla teholla (90 % HR_{max}), ovat jo suhteellisen lähellä (ero noin 6 %) mitattuja arvoja. Toisaalta on esitetty, että juuri omatoimisissa testeissä pitäisikin olla kovemmat juoksunopeudet, koska juoksun taloudellisuus on omatoimisessa testissä havaittu olevan parempi kuin laboratoriossa (Meyer, 2003).

LOPPUSANAT

Lopuksi haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat osaltaan tukeneet minua tämän välillä ikuisuusprojektille tuntuneen työn valmistumisessa. Suurin kiitos kuuluu Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen väelle, jotka ottivat opiskelijan vastaan osaksi työryhmää tasavertaiseksi työntekijäksi ja antoivat opiskelijalle oikeasti mahdollisuuden tehdä työtä käytännön ja tutkimuksellisten ammattilaisten joukossa. Haluan kiittää työni ohjaajia ja erityisesti Ari Nummelaa ansiokkaasta ja kärsivällisestä ohjauksesta työhön liittyen. Täysipainoinen opiskelu oli hauskaa puuhaa muutaman talven ajan, mutta työelämän puristuksessa Pro Gradun tekeminen ei ole erityisen virkistävää ja sitä ei voi suositella kenellekään.

9 LÄHTEET

- Andersen L, A. T.-E. (2008). *An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness; Dec 2008;48,4;Proquest Central pg.434.
- Arrese, O. E. (2005). *The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training en elite athletes*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness; Dec 2005;45;4 pg.435.
- Arts F, K. H. (1994). *The Relation Between Power Output, Oxygen Uptake and Heart Rate in Male Athletes*. International Journal of Sports Medicine 19940701 15 (5):p.228.
- Assumpcao C, L. L. (2013). *Exercise induced muscle damage and running economy in humans*. The Scientific World Journal 2013.
- Audran M, G. R.-T. (1999). *Effects of erythropoietin administration in training athletes and possible indirect detection in doping control*. Medicine and Science in Sports and Exercise 31:639-645.
- Barnes K, K. A. (2014). *Strategies to Improve Running Economy*. Sports Medicine.
- Belcher C. (2009). *The development and testing of a standardized system of training intensity guidelines, based upon the blood lactate curve, for the sports of track and field and cross-country*. ProQuest Dissertations and Theses (2009).
- Beneke R. (2003). *Methodological aspects of maximal lactate steady state- implications for performance testing*. European Journal of Applied Physiology.

- Bentley D, C. G. (2008). *Maximising performance in triathlon: Applied physiological and nutritional aspects of elite and non-elite competitions*. Journal of Science and Medicine in Sport vol. 11, no. 4 (Jul 2008), p. 407-416.
- Bentley D, N. J. (2007). *Incremental Exercise Test design in endurance athletes*. Sports Medicine 2007;37 (7) 576-586.
- Billat V, D. F. (1994). *A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration*. European Journal of Applied Physiology 1994;69;196-202.
- Billat V, L. P.-M.-M.-H. (2003). *Training and bioenergetic characteristics in Elite Male and Female Kenyan runners*. Medicine and Science in Sports and Exercise; Vol.35,No.2,pp.297-304.
- Billat VV, M.-h. L. (2002). *Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs*. European Journal of Applied Physiology vol. 87, no. 6 (Oct 2002), p. 496.
- Billat, S. J.-P. (2000). *Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs*. European Journal of Applied Physiology, 2000, Vol.81(3), pp.188-196.
- Birkeland KI, S. G. (2000). *Effect of fhEPO administration on serum levels of sTfR and cycling performance*. Medicine and Science in Sports and Exercise 32:1238-1243.
- Borresen J, L. M. (2007). *Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load*. European Journal of Applied Physiology (2007)101:503-511.

- Bosquet L, L. L. (2002). *Methods to Determine Aerobic Endurance*. Sports Medicine 20020101 32 (11):p.675.
- Buchheit M, S. M.-V. (2011). *Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players*. European Journal of Applied Physiology, 2012, Vol.112(2), pp.711-723.
- Darr KC, B. D. (1988). *Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise*. The American journal of physiology,1988, Vol.254(2Pt2),pp.H340-3.
- Demarie S, K. J. (2000). *Time limit and time at VO₂max during a continuous and an intermittent run*. The Journal of sports medicine and physical fitness, 2000, Vol.40(2), pp.96-102.
- Dennis S C. (2002). *Training Techniques to Improve Endurance Exercise Performances*. Sports Medicine, 32, 8, 489-509(21).
- Dimkpa U, I. K. (2009). *Assessment of the influence of age on the heart rate of heart rate decline after maximal exercise in non-athletic adult males*. Clinical Physiology and Functional Imaging Vol.29(2009), p.68-73.
- Enoksen E, T. A. (2011). *Distribution of training volume and intensity of elite male and female track and marathon runners*. International Journal of Sports Science & Coaching Volume 6, number 2, 2011.
- Esfarjani F, L. P. (2007). *Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO₂max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained mates*. Journal Of Science And Medicine In Sport, 2007, Vol.10(1), pp.27-35.

- Estevo-Lanao J, F. C. (2007). *Impact of training intensity on performance in endurance athletes*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(3), 943-949.
- Faria I E. (2005). *The Science of Cycling: Physiology and Training - Part 1*. Sports Medicine, 35, 4, 285-312(28).
- Faude, K. W. (2009). *Lactate threshold concepts How valid are they?* Sports Medicine; 2009; 39, 6; ProQuest Central pg.469.
- Feliu J, V. J. (1999). *Differences between lactate concentration of samples from ear lobe and the finger tip*. Journal of physiology and biochemistry, 1999, Vol.55(4), pp.333-9.
- Ferrauti A, B. M. (2010). *Effects of a Concurrent Strength and Endurance Training on running Performance and running economy in recreational marathon runners*. Journal of Strength and Conditioning Research; Oct 2010; 24, 10; ProQuest Central pg.2770.
- Ferreira RL, R. R. (2006). *The evolution of marathon training:A comparative analysis of elite runners' training programs*. New Studien in Athletics,2006,21(1),29-37,108-111. Noudettu osoitteesta http://www.coachr.org/evolution_of_marathon_training.htm
- Gaeini A, R. N. (2008). *The relationship between vLTP and vVO2max during incremental test to exhaustion in professional endurance runners*. Sport Science and Health (2008) 3:53-56.
- Georgoulas P, O. A. (2003). *Abnormal heart rate recovery immediately after treadmill testing: Correlation with clinical, exercise testing, and myocardial perfusion*

parameters. Journal of Nuclear Cardiology Volume 10, Number 5;498-505
September/October 2003.

Gibala M, L. J. (2006). *Short- term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and endurance performance*. Journal Of Physiology.

Gore CJ. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Australian Sport Commission.

Gore CJ, H. A. (2001). *Live High: Train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency*. Acta Physiological Scandinavica Journal.

Gorostiaga EM, W. C. (1991). *Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity*. European Journal of Applied Physiology 1991; 63: 101-7.

Hassmen P, K. G. (1998). *Overtraining and Recovery: A Conceptual Model*. Sports Medicine Jul1998, Vol. 26 Issue 1, p1-16.

Hayes, W. A. (2007). *Pre-exercise stretching does not impact upon running economy*. Journal of Strength and Conditioning Research; Nov 2007;21,4;ProQuest Central pg.1227.

Hedelin R, K. G. (2000). *Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability*. Medicine and Science in Sport and Exercise, Vol.32, No.8, pp.1480-1484, 2000.

Hedelin R, W. U.-L. (2000). *Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete*. Medicine and Science in Sports Exercise, Vol.32, No.9, pp.1531-1533, 2000.

- Heinicke K, W. B. (2001). *Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines*. International Journal of Sports Medicine.
- Helgerud. (1994). *Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1994;68(2):155-61.
- Helgerud J., H. K. (2007). *Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training*. Medicine and science in sports and exercise, 2007, Vol.39(4), pp.665-71.
- Helgerud, S. Ö. (2010). *Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners?* European Journal of Applied Sport Physiology (2010) 108:1099-1105.
- Hespanhol, Y. S. (2012). *What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries?* Sports Medicine vol. 42, no. 10 (Oct 2012), p. 891-905.
- Hewson, H. W. (1995). *Prescribed and self-reported seasonal training of distance runners*. Journal of Sports Sciences 1995;13 (6):p.463.
- Hickson R, K. C. (1982). *Reduced training duration effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth*. Journal of Applied Physiology 1982; 53: 225-9.
- Hildebrandt A, L. W. (2000). *Lactate concentration in plasma and red blood cells during incremental exercise*. International journal of sports medicine, 2000, Vol.21(7), pp.463-8.

- HJ., G. (2000). *Altitude acclimatization, Training and performance*. Journal of Science and Medicine in Sport.
- Hodges K, H. S. (2006). *Pseudoephedrine Enhances Performance in 1500-m Runners*. Medicine & Science in Sports & Exercise Feb2006, Vol. 38 Issue 2, p329-333.
- Hynynen E, U. A. (2008). *Cardiac Autonomic responses to standing up and cognitive task in overtrained athletes*. International Journal Of Sports Medicine, 2008, Vol.29(7),pp.552-558.
- Issurin. (2010). *New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization*. SportM«12010;40(3) 189-206011Z-1M2/10/0003-0ia9/M'.9&/0.
- Joyner, C. E. (2008). *Endurance exercise performance: the physiology of champions*. J Physiol 586.1 (2008) pp 35–44.
- Jung A P. (2003). *The Impact of Resistance Training on Distance Running Performance*. Sports Medicine, 33, 7, 539-552(14).
- Kaikkonen P, H. E. (2009). *Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises?* European Journal of Applied Physiology(2010) 108:435–442.
- Keskinen K L, H. K. (2004). *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 - Helsinki 2004.
- Keskinen K, H. K. (2004). *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro. 156.

- Knechtle B, W. A. (2010). *Training volume and personal best time in marathon, not anthropometric parameters, are associated with performance in male 100-km ultrarunners*. Journal of Strength and Conditioning Research; Mar 2010; 24, 3; ProQuest Central pg.604.
- Knechtle B;& Wirth A, B. B. (2010). *Differential correlations between anthropometry, training volume, and performance in male and female ironman triathletes*. Journal of Strength and Conditioning Research; Oct 2010; 24, 10; ProQuest Central pg.2785.
- Kubukeli Z, N. T. (2002). *Training Techniques to Improve Endurance Exercise Performances*. Sports Med 2002; 32 (8): 489-509 0112-1642/02/0008-0489/\$25.00/0.
- Kuipers H, F. C. (1997). *Training and overtraining: an introduction*. Medicine and Science in Sports and Exercise Vol.30(7),July1998,pp.1137-1139.
- Lake M, C. P. (1996). *Six Weeks of Training Does Not Change Running Mechanics or improve Running Economy*. Medicine and Science in Sports and Exercise.
- Lamberts P, S. J. (2009). *Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists*. European Journal of Applied Physiology (2009)105:705-713.
- Lamberts R, L. M. (2009). *Day-to-day variation in heart rate at different levels of submaximal exertion: implications for monitoring training*. Journal of Strength and Conditioning Research; May 2009; 23, 3; ProQuest Centralpg.1005.

- Lamberts R, R. G. (2009). *Measuring submaximal performance parameters to monitor fatigue and predict cycling performance: a case study of a world-class cyclo-cross cyclist*. European Journal of Applied Physiology (2010) 108:183–190.
- Lamberts RP, L. K. (2004). *Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2004, 18(3), 641-645.
- Larson A. (2006). *Variations in heart rate at blood lactate threshold due to exercise mode in elite cross- country skiers*. Journal of Strength and Conditioning Research vol. 20, no. 4 (Nov 2006), p. 855-860 .
- Laursen, P. B. (2010). *Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?* Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 2010: 20 (Suppl. 2): 1–10.
- Le Meur Y, H. C. (2012). *Tapering for competition: A review*. Science & Sports April 2012: (Volume 27, Issue 2) p. 77-87.
- Levine BD. (2008). *VO₂max: what do we know, and what do we still need to know?* J Physiol 586.1(2008)pp 25-34.
- Londeree BR. (1997). *Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis*. Medicine and science in sports and exercise, 1997, Vol.29(6), pp.837-43 .
- McArdle, K. F. (2010). Exercise physiology. Wolters Kluwer, Lippincott, Williams&Wilkins.

- McNaughton LR, R. S. (2006). *The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: Effects of incremental exercise test design*. Journal Of Strength And Conditioning Research, 2006, Vol.20(1), pp.157-161.
- Meyer T, W. J.-P. (2003). *Maximal oxygen uptake during field running does not exceed that measured during treadmill exercise*. European Journal of Applied Physiology (2003);88: 387-389.
- Midgley, A. W. (2006). *Time at or near VO_2^{max} during continuous and intermittent running: A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near VO_2^{max}* . Journal of Sports Medicine and Physical Fitness vol. 46, no. 1 (Mar 2006), p. 1-14.
- Midgley, M. J. (2007). *Training to Enhance the Physiological Determinants of Long-Distance Running Performance*. Sports Med 2007; 37 (10): 857-880 0112-1642/07/0010-0857/\$44.95/0.
- Midgley, M. L. (2006). *Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners?* Sports Med 2006; 36 (2): 117-132 0112-1642/06/0002-0117/\$39.95/0.
- Morgan, C. M. (1994). *Daily variability in running economy among well-trained male and female distance runners*. Research Quarterly for Exercise and Sport vol. 65, no. 1 (Mar 1994), p. 72-77.
- Mujika I, P. S. (2001). *Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans*. Medicine and science in sports and exercise, 2001, Vol.33(3), pp.413-21.

- Myers J, A. E. (1997). *Dangerous curves: A perspective on exercise, lactate, and the Anaerobic Threshold*. Chest;Mar;1997;111,3;ProQuest Central pg.787.
- Nicholson R, S. G. (2001). *Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity*. Medicine And Science In Sports And Exercise, 2001, Vol.33(2), pp.339-342.
- Noakes, M. K. (1990). *Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance*. Journal of Sports Sciences 19900101 8 (1):p.35.
- Noonan V, D. E. (2000). *Submaximal Exercise testing: Clinical application and interpretation*. Physical Therapy;Aug2000; 80,8;ProQuest Central.
- Pate RR, M. C. (1992). *Physiological, Antropometric, and training correlates of running economy*. Med Sci Sports Exerc 1992;24:1128-33.
- Pierce S, H. A. (1999). *Prolonged incremental tests do not necessarily compromise $\dot{V}O_{2max}$ in well-trained athletes*. Journal of Science and Medicine in Sport December 1999: (Volume 2, Issue 4) p. 356-363.
- Randall LW. (2004). *Altitude training and athletic performance*. Windsor: Human Kinetics.
- Reilly T, W. W. (1999). *Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves*. International Journal of Sports Medicine, 1999, Vol.20(02), pp.93-97.
- Rietjens GJWM, H. H. (2001). *A reduction in training volume and intensity for 21 days does not impair performance in cyclists*. British Journal of Sports Medicine vol. 35, no. 6 (Dec 2001), p. 431-434.

- Romjin J, C. E. (1993). *Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration*. American Journal Of Physiology.
- Rynders CA, A. S. (2011). *Oxygen uptake and ratings of perceived exertion at the lactate threshold and maximal fat oxidation rate in untrained adults*. European Journal of Applied Physiology vol. 111, no. 9 (Sep 2011), p. 2063.
- Rönnestad B, E. S. (2014). *Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well- trained cyclists*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.
- Sand O, S. Ö. (2011). *Ihminen Fysiologia ja anatomia*. Gylendal Norsk Forlak AS 2007/ WSOYpro OY.
- Sandbakk Ö, T. E. (2012). *Den norske langrennsboka*. H. Aschehoug & Co., Oslo.
- Saunders P, P. D. (2004). *Reliability and variability of running economy in elite distance runners*. Medicine And Science In Sports And Exercise, 2004, Vol.36(11), pp.1972-1976.
- Saunders PU, P. D. (2004). *Factors affecting running economy in trained distance runners*. Sports Medicine.
- Scherr, W. B. (2013). *Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity*. Eur J Appl Physiol (2013) 113:147–155.
- Schmidt W, P. N. (2008). *Effects Of various training modalities on blood volume*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.

- Schnitzler C, H. G.-C. (2010). *A simple field test to asses endurance in inexperienced runners*. Journal of Strength and Conditioning Research vol. 24, no. 8 (Aug 2010), p. 2026-2031.
- Schumacher YO, M. R. (2006). *Success in elite cycling: a prospective and retrospective analysis of race results*. Journal of Sport Sciences 2006: 24: 1149–1156.
- Sjödín, S. J. (1985). *Applied physiology of marathon running*. Sports Med. 1985 Mar-Apr;2(2):83-99.
- Skiforbundet, N. (2010). *Norges Skiforbund Langrennstrening*. Haettu 06. 03 2013 osoitteesta
<http://www.skiforbundet.no/langrenn/langrennstrening/artiklerogfagstoff/Documents/Langrennsboka%20figurar%20og%20tabellar%2001.pdf>
- Smith D J. (2003). *A Framework for Understanding the Training Process Leading to Elite Performance*. Sports Medicine, 33, 15, 1103-1126(24).
- Soycan M, O. T. (2011). *A Regression Study on Relative GPS Accuracy for Different Variables*. Survey Review.
- Stellingwerff T. (2012). *Case Study: Nutrition and Training Periodization in Three Elite Marathon Runners*. International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism Oct2012, Vol. 22 Issue 5, p392-400.
- Suomen Kuntoliikuntaliitto, N. S. (2010). *Liikuntatutkimus aikuiset 2009- 2010*. Haettu 04. 03 2013 osoitteesta http://slu-fi-bin.directo.fi/@Bin/2c007329398307855188d402daa1c754/1362410163/application/pdf/3244706/Liikuntatutkimus_aikuiset_2009_2010.pdf

- Tong T, F. F. (2001). *Reliability of a 5-min running field test and its accuracy in VO₂max evaluation*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness vol. 41, no. 3 (Sep 2001), p. 318-323.
- Verhoshansky Y. (1998). *The end of "periodization" in the training of high- performance sport*. Leistungssport, Germany, Vol. 28, No.5, September 1998.
- Westhoff, M. . (2013). *Positional paper of the German working group "cardiopulmonary exercise testing" to ventilatory and metabolic (lactate) thresholds*. Deutsche Medizinische Wochenschrift Volume 138, Issue 6, 2013, Pages 275-280.
- Yamamoto K, M. M. (2001). *Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control*. Medicine and Science in Sport Exercise, Vol 33, No.9, 2001, pp.1469-1502.
- Yamamoto L, L. R. (2008). *The Effects of Resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: A systematic review*. Journal Of Strength and Conditioning research.
- Zhou B, C. R. (2001). *Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners*. Med Sci Sports Exercise 2001;33:1849-54.