

Väsymys psykofysiologisena ilmiönä 10-ottelijan juoksemisessa

Mika Hormalainen

Liikuntapedagogiikan

pro gradu -tutkielma

Kevät 2003

Liikuntakasvatuksen laitos

Jyväskylän yliopisto

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ-----	4
ESIPUHE-----	5
1 JOHDANTO-----	6
2 10-OTTELU LAJINA-----	7
3 VÄSYMYKSEN PSYKOLOGIAA-----	9
3.1 Väsymyksen kokeminen-----	9
3.2 Väsymyksen kokemisen mittaaminen-----	12
4 VÄSYMYKSEN FYSIOLOGIAA-----	15
4.1 Yleinen energia-aineenvaihdunta-----	15
4.1.1 Lihastyön välittömät energianlähteet-----	16
4.1.2 Anaerobinen glykolyysi-----	18
4.1.3 Aerobinen energiantuotto-----	20
4.2 Laktaatti väsymyksen aiheuttajana-----	21
5 VÄSYMYKSEN PSYKOFYSIOLOGIAA-----	25
5.1 Väsymys psykofysiologisena ilmiönä-----	25
6 TUTKIMUSONGELMAT-----	29
7 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN-----	30
7.1 Tutkimusmenetelmät-----	30
7.1.1 Koehenkilöt-----	30
7.1.2 Aineiston keruu-----	31
7.1.3 Aineiston analysointi-----	33
7.2 Tutkimuksen luotettavuus-----	34

8 TULOKSET-----	37
8.1 Parempien ja heikempien juoksijoiden antropometriset erot-----	37
8.2 Parempien ja heikempien juoksijoiden ennätysten erot-----	37
8.3 Väsymyksen kokeminen (RPE) kolmessa juoksusarjassa-----	38
8.4 Laktaattipitoisuudet ja sykereaktiot kolmessa juoksusarjassa-----	40
8.4.1 Laktaattipitoisuudet-----	40
8.4.2 Sykereaktiot-----	41
8.5 Sykkeen yhteydet RPE:hen kolmessa juoksusarjassa-----	42
8.6 Laktaattipitoisuuden yhteydet RPE:hen kolmessa juoksusarjassa-----	43
8.7 Laktaattipitoisuuden ja sykkeen yhteydet kolmessa juoksusarjassa-----	44
8.8 Koettu väsymys kolmessa juoksusarjassa-----	44
8.8.1 Ensimmäinen juoksusarja-----	45
8.8.2 Toinen juoksusarja-----	49
8.8.3 Kolmas juoksusarja-----	54
 9 POHDINTA-----	 63
9.1 Tutkimuksen kulku-----	63
9.2 Tulokset-----	65
9.3 Johtopäätökset-----	76
9.4 Jatkotutkimusehdotukset-----	77
 LÄHTEET-----	 79

TIIVISTELMÄ

Hormalainen, M. 2003. Väsymys psykofysiologisena ilmiönä 10-ottelijan juoksemisessa. Liikuntapedagogiikan pro gradu -tutkielma. Liikuntakasvatuksen laitos. Jyväskylän yliopisto. 89 sivua.

Väsymys on sekä fysiologis-biomekaaninen että psyykkinen ilmiö. Psyykkisesti ihminen voi väsyä, vaikka tehtävä ei ole fyysisesti kuormittava. Toisaalta tehtäväänsä kiinnostavana pitävä henkilö voi siirtää psyykkisen väsymyksensä taka-alalle. Fysiologisesti väsymys johtuu happamien aineenvaihduntatuotteiden kerääntymisestä lihassoluihin. Fysiologiassa todetaan myös, että väsymystä ei voida kokonaan selittää biokemiallisilla ja biofysikaalisilla muutoksilla, joten väsymiseen on oltava muitakin syitä. Biomekaanisesti väsymys jaetaan sentraaliseen ja periferiseen väsymykseen. Sentraalinen on keskushermostossa vaikuttavaa ja periferinen hermolihas-liitoksessa ja sitä alemmalla tasolla ilmenevää väsymystä.

Koehenkilöt olivat maajoukkueen 10-ottelijoita (n=12). Tutkimuksen pääongelmana oli fysiologisten muuttujien ja urheilijoiden subjektiivisten väsymyksen tuntemusten yhteyksien kartoittaminen juoksuharjoituksessa. Lisäksi haluttiin tutkia, onko eritasoisilla juoksijoilla – koeryhmä jaettiin kahteen ryhmään pitkien juoksulajien ennätysten perusteella - samansuuruisessa intervallikuormituksessa eroa väsymyksen kokemisessa tai fysiologisissa muuttujissa. Koettua väsymystä mitattiin Borgin asteikolla sekä avoimella kysymyksellä tuntemuksista. Fysiologisia muuttujia olivat laskimosta otetut laktaattinäytteet ja akuutti sykereaktio.

Laktaattien, sykereaktioiden ja koetun väsymyksen yhteyksiä tutkittiin korrelaatiokertoimella. Kahden ryhmän (n=6+6) antropometristen muuttujien, 10-ottelu-ennätysten, juoksulajien ennätysten, laktaattien, sykkeiden ja koetun väsymyksen keskiarvojen erojen tilastollista merkittävyyttä tutkittiin t-testillä. Väsymyksen tuntemusten ja fysiologisten muuttujien yhteyttä tutkittiin lisäksi laadullisella menetelmällä, joka oli avoimien kysymysten vastausten luokittelu ja näiden pohjalta suoritettu kuvailu.

Fysiologisissa muuttujissa löydettiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien keskiarvojen välillä vain sykereaktioissa. Heikommilla juoksijoilla oli kahdessa ensimmäisessä juoksusarjassa selvästi matalammat sykereaktiot kuin paremmilla juoksijoilla (1.juoksusarja $p=.002^{**}$ ja 2. juoksusarja $p=.022^{*}$). Molemmat ryhmät kokivat juoksemisen keskimäärin yhtä kuormittavana, mistä osoituksena on molempien ryhmien likimain sama keskiarvo RPE-arvioissa. Laktaattiarvojen havaittiin korreloivan RPE-arvoihin sitä voimakkaammin, mitä kovempi kuormitus oli (3. juoksusarjassa Bla/RPE $r = .80^{**}$). Sykkeen ja RPE-arvojen korrelaation havaittiin olevan intervallikuormituksessa ($r = .37$ - $.51$) huomattavasti kestotyyppistä kuormitusta (noin $r = .80$) alhaisempi. Laktaattiarvojen ja sykkeen havaittiin korreloivan intervallikuormituksessa kaikilla nopeuksilla tilastollisesti merkitsevästi ($r = .63^{*}$ - $.77^{**}$). Laadullisessa analyysissä löydettiin erilaisia tapoja kokea ja käsitellä väsymyksen tunnetta.

Fysiologiset erot eivät intervallikuormituksessa muodostuneet suuriksi ryhmien välillä. Havaitut suorituskykyerot (juoksulajien ennätyksissä) parempien ja heikomprien juoksijoiden välillä voivat johtua kivun siedosta, jonka on todettu olevan kokeneilla urheilijoilla parempi. Väsymyksen tuntemuksista havaittiin, että heikommilla sekä paremmilla juoksijoilla tapahtui väsymistä. Paremmat juoksijat eivät kokeneet kuormitusta heikompia juoksijoita kevyemmäksi.

Avainsanat: väsymys, tuntemukset, kymmenottelu, juoksu, laktaatit, syke

ESIPUHE

Pro gradu-tutkielmani valmistumiseen työn eri vaiheissa ovat myötävaikuttaneet useat eri henkilöt ja tahot. Haluan tässä yhteydessä esittää kiitokseni muutamille näistä.

Suomen Urheiluliitolle suuri kiitos taloudellisesta panoksesta tutkimuksen suorittamista varten. Henkilöitynä nämä kiitokset menevät ennen kaikkea 10-ottelun lajivalmentaja, liikuntatieteiden maisteri Jarkko Finnille. Ilman Jarkon tekemiä järjestelyjä tutkimuksen toteuttaminen olisi ollut huomattavasti vaikeampaa. Lisäksi haluan osoittaa kiitokseni tutkimuksessa koehenkilöinä toimineille maajoukkueen 10-ottelijoille ja mittauksissa avustaneelle Kuortaneen testausaseman fysiologi, liikuntatieteiden maisteri Hannu Holapalle.

Erityisen kiitoksen ansaitsee myös Liikuntafysiologian ma. professori, valmennusopin dosentti, liikuntatieteiden tohtori Antti Mero, jonka jatkuva kannustus 10-ottelun fysiologian tutkimiseen lopulta tuotti tämän opinnäytetyön aiheen.

Professori, ortopedian ja traumatologian dosentti, liikuntalääketieteen erikoislääkäri, lääketieteen tohtori Sakari Oravalle kiitos erittäin arvokkaasta henkilökohtaisesta ohjauksesta fysiologian tieteenalalla. "Sakelle" kiitos myös niistä yhdeksästä leikkauksesta, jotka suoritin epäonnistuneelle kymmenottelijalle urani aikana.

Viimeisenä, mutta ei suinkaan vähäisimpänä, kiitokset kasvatustieteiden maisteri, erityisopettaja vaimolleni Elinalle, jonka tuki ja kannustus ovat olleet korvaamattoman tärkeitä. Elinalle kiitos myös jaksamisesta, sillä ensin urheilu-uran ja myöhemmin valmentamisen takia mies on ollut paljon poissa kotoa - ja nyt vielä tutkimustyön vuoksi usein kotona ollessaankin syventyneenä omiin ajatuksiinsa.

Jyväskylässä 23.6. 2003

Mika Hormalainen

1 JOHDANTO

Väsymystä on tutkittu (mm. fysiologisissa, biomekaanisissa ja psykologisissa tutkimuksissa) jo useiden vuosikymmenten ajan. Yksiselitteistä ja tyhjentävää vastausta siihen, mikä väsymyksen aiheuttaa ei silti vieläkään voida antaa. Aiempien tutkimusten perusteella on selvää, että tietyt fysiologiset (mm. happamat aineenvaihduntatuotteet) ja biomekaaniset (mm. hermostollinen väsymys) muutokset kuormituksen aikana ovat merkittävien osasyitä väsymiseen (Avela 2000.; Bigland-Ritchie & Woods 1984.; Enoka & Stuart 1985; Mero ym. 1990.; Nummela 1989.; Nummela 1996.), mutta niillä ei voida selittää väsymystä kokonaan. Tämän vuoksi on ilmeistä, että väsymykselle on olemassa myös ei-fysiologisia syitä.

Tässä tutkimuksessa selvitetään väsymystä psykofysiologisenä ilmiönä 10-ottelijan juoksemisessa. Väsymyksen subjektiivisen kokemisen ja fysiologisten väsymyksen osoittimien yhteyksiä pidempiin juoksumatkoihin tähtäävässä intervallijuoksuharjoittelussa kymmenottelijoilla ei ole aiemmin tutkittu. Keskimatkojen juoksijoilla on tutkittu kymmenottelutyypin intervallikuormituksen (40 sekunnin juoksua yhden minuutin palautuksella) fysiologisia vaikutuksia, mutta siinä tutkimuksessa ei ollut väsymyksen tuntemusten kartoitusta mukana (Schnabel & Kindermann 1983, 42-46). Uudempia kestävyysjuoksuun tai hiihtoon liittyviä tutkimuksia intervallikuormituksesta, jossa on käytetty joko Borgin asteikkoa taikka jotakin toista ”tuntemusmittaria” fysiologisten muuttujien lisäksi toki löytyy. Tässä tutkimuksessa keskitytään väsymyksen tunteen ja fysiologian yhteyksiin kymmenottelun intervallijuoksuharjoittelussa, joka poikkeaa fysiologisessa mielessä merkittävästi esimerkiksi kestävyysjuoksijan taikka hiihtäjän intervalliharjoituksesta juoksujen keston ja vauhtien suhteen.

Sekä kymmenottelukilpailun aikana ilmenevää (Härkönen & Häkkinen 1988) että kymmenotteluharjoittelun aikaista väsymistä on tutkittu fysiologisin (Härkönen 1992.) ja biomekaanisin (Finni 2001.) menetelmin aiemminkin, mutta tämä tutkimus on ensimmäinen, jossa pyritään yhdistämään urheilijoiden subjektiivisten kokemusten ja fysiologisten muuttujien antamat tiedot 10-ottelun suomalaistyyppisessä juoksuharjoittelussa. Ihminen on psykofyysinen kokonaisuus, silti tehdyt tutkimukset väsymyksestä 10-ottelussa ovat valottaneet ainoastaan fysiologista tai biomekaanista puolta asiasta, joten on aiheellista todeta että jotakin oleellista näiden asioiden yhteyksistä 10-ottelussa on saattanut jäädä huomaamatta.

2 10-OTTELU LAJINA

Jo antiikin Kreikassa monipuolisuutta pidettiin yhtenä sotilaallisen kunnan mittarina. Piti osata heittää keihästä, lingota kiviä, painia ja vielä juostakin. (Hannus 1999, 469.) Nykyisellään urheilun kuninkuuslajiksi tituleerattu 10-ottelu on aika kaukana sotilaskuntoisuutta ylläpitävästä monipuolisuudesta, mutta yleisurheilun sisäistä monipuolisuutta siinä on aivan riittävästi.

Kymmenottelu on kaksi vuorokautta kestävä kilpailu, joka sisältää nimensä mukaisesti kymmenen yksittäistä lajia, jotka suoritetaan tietyssä järjestyksessä niiden kahden vuorokauden aikana (Laiho 1983, 255). Nykyaikainen otteluharjoittelu perustuu lajianalyyseistä johdettujen lajivaatimusten takia hyvin pitkälti juoksemiseen (Finni 2002, 3). Kymmenottelussa on neljä puhdasta juoksulajia (100m, 400m, 110m aitajuoksu ja 1500m) ja lisäksi kaikkien kolmen hyppylajin (pituus, korkeus, seiväs) sekä yhden heittolajin (keihäs) perustekniikoiden merkittävänä osana on juoksutaito (Bauersfeldt & Schröter 1989, 315-319).

Mäkelän (1986, 2) mukaan kun ajatellaan kilpailun kokonaiskestoja, lienee selvää, että ottelijan päivittäiseen harjoitteluun on sisällyttävä runsaasti aineenvaihdunnallisia peruskuntotekijöitä korostavaa harjoittelua, joka tyypillisimmillään sisältää juoksemista eri muodoissaan. Vain riittävä peruskuntoisuuden taso varmistaa sen, että ottelija jaksaa suoriutua kymmenestä peräkkäisestä lajista ilman että merkittävimmäksi suorituskykyä rajoittavaksi tekijäksi nousee jaksaminen. (Mäkelä 1986, 2-3.)

Jaksaminen ja toisaalta myös väsyminen eivät ole yksinkertaisia asioita 10-ottelussa. Lajin ominaispiirteisiin kuuluukin urheilijan varsin kokonaisvaltainen kuormittuminen niin aineenvaihdunnan, hermoston kuin psyyken osalta. Tämän "kolmiyhteyden" vaikutukset tulee huomioida jo päivittäisessä harjoittelussa, jotta ottelusuorituskyvyn kehittäminen on mahdollisimman optimaalista ja kokonaisvaltaista. (Flinck 1993, 28-31.) Aikaisemmin - varsinkin Suomessa - sorruttiin herkästi ajatusmalliin, jossa hyvä 10-ottelija yritettiin tehdä yhdistelemällä kymmenen yksittäisen lajin harjoittelusta "parhaat osat". Tämä harjoitustapa tuotti joiltakin osin erittäin suorituskykyisiä urheilijoita, mutta 10-ottelusuorituskyky kokonaisuutena ei ollut paras mahdollinen. (Hormalainen 2003, 5.)

Perinteisesti suomalaiset 10-ottelijat ovatkin olleet hyviä heittäjiä ja kohtuullisia hyppääjiä, mutta ottelun pidemmillä juoksumatkoilla (400m, 1500m) kansainvälisesti vertailtuna heikkoja. Nyt tilanne on kuitenkin selvästi muuttumassa. Suomesta löytyy nuoria ottelijoita, jotka kykenevät kansainvälisestikin hyviin juoksutuloksiin. Osasyyn tähän on varmasti suomalaisen kansallisen otteluvalmennuslinjan muuttuminen yksittäislajeista johdetusta harjoittelusta ottelumaiseen kokonaisvaltaiseen juoksu-, voima- ja taitoharjoitteluun. (Hormalainen 2003, 4.)

3 VÄSYMYSKSEN PSYKOLOGIAA

3.1 Väsymyksen kokeminen

Väsymys ei ole pelkkää fyysisen suorituskyvyn laskua, vaan siihen liittyy saumattomasti monia psyykkisiä ja keskushermostollisia prosesseja sekä muutoksia. Tämän vuoksi onkin oleellista pyrkiä tutkimaan ja selvittämään myös näitä tekijöitä, jotta urheilijan kokonaisvaltainen kehittäminen - niin fyysisellä kuin psyykkisellä osa-alueella - olisi mahdollista. Björkmanin (1982, 79-84) mukaan motivaatio, rohkeus ja itseluottamus sekä positiivinen ajattelu ovat niitä kulmakiviä, joihin urheilijan tulee nojautua voidakseen siirtää omia väsymisen tunteitaan kilpailuissa ja harjoituksissa taka-alalle; vain tällöin edelleen kehittyminen urheilijana on mahdollista. Niinpä väsymyksen ja kuormituksen kokemiseen urheilijoilla on pyritty vaikuttamaan usein psyykkisellä valmennuksella (Björkman 1982, 79-84).

Sihvonen (1998) tutki mentaalista harjoittelua pikajuoksussa. Pohdinnassaan hän toteaa, että urheilijoiden tulisi keskittyä suorituksen aikana joihinkin avainsanoihin (tekniikasta, tuntemuksista, mielikuvista). Näin toimien urheilijat voisivat siirtää väsymyksen tunteet taka-alalle ja samalla säilyttää juoksutekniikka hyvänä. (Sihvonen 1998, 55-62.) Cliff Malletin tutkimuksessa ydin- tai avainsanoja käyttämällä australialaiset urheilijat pystyivät pitämään keskittymisen paremmin omassa suorituksessa ja samalla estämään huomion kiinnittymisen epäoleellisiin asioihin (Liukkonen 1995, 29-32).

Väsymyksen vastustamisen kannalta oleellisiksi mentaaliseksi harjoitteiksi tai taidoiksi voidaan lukea ainakin ajatusten poissuuntaaminen, mielikuva- ja rentousharjoittelu. Rentoutus- ja mielikuvaharjoittelua yhdistelemällä on pystytty parantamaan jopa juoksun taloudellisuutta ja tehokkuutta. Hyötyä ei kuitenkaan havaittu kaikilla koehenkilöillä. (Suinn, Morton & Brammel 1980.) Rentoutus- ja mielikuvaharjoittelun tyypillisin käyttöalue onkin motoristen taitojen oppimisen tehostajana ja se on havaittu myös erittäin tehokkaaksi runsaasti taitoa vaativissa lajeissa (Cratty 1984, 25).

Ajatusten poissuuntaamisen on todettu olevan hyvä mentaalinen keino varsinkin rasittavassa kestävyystyypissä juoksussa. Usein suositellaan, että ajatukset tulisi suunnata varsinaisen

juoksemisen ulkopuolisiin asioihin (esim. perhe, ympäristö), sillä on havaittu että tämä vähentää jännittyneisyyttä ja lisää voiman tunnetta (Goode & Roth 1993).

Fyysisen väsymyksen kokeminen on jokaiselle ihmiselle henkilökohtainen asia. Kukaan ulkopuolinen ei voi sanoa eikä tietää milloin toinen on väsynyt. Väsymykselle ei voida antaa myöskään mitään tarkkoja raja-arvoja fysiologisissa mittauksissa, joten näitäkin muuttujia tulee verrata vain omiin aikaisempiin tuloksiin, ja käsitellä saatuja tuloksia vain suuntaa antavina, eikä yleistää niitä koskemaan mitään suurempaa joukkoa. Fyysisen väsymyksen kokemiseen vaikuttaa huomattavasti fyysinen kunto, eli elimistön suorituskyky ja sen kapasiteetti käsitellä - ja toisaalta myös vastustaa - väsymystä aiheuttavia fysiologisia muutoksia (Grandjean 1988, 156-166). Joku tuntee kovaa väsymystä, kun laskimoverestä mitattu laktaattikonsentraatio nousee hieman yli kymmeneen millimooliin / litra, kun taas jollakin toisella vastaavan tasoisen väsymyksen tunteen voi tuottaa vasta yli viidentoista millimoolin konsentraatio.

Huippu-urheilijat voivat kestää moninkertaisen maitohappomäärän verrattuna ”tavalliseen” ihmiseen, koska heidän elimistönsä on tottunut käsittelemään happamia aineenvaihduntatuotteita ja toisaalta myös toimimaan happamissa olosuhteissa. (Ahonen 1993, 90.) Mikäli ei harjoitelleelle henkilölle tuotettaisiin esimerkiksi yli 30 millimoolin / litra laktaattikonsentraatio lihassoluihin, hän mitä todennäköisimmin kuolisi asidoosiin vetyionien siirtyessä lihassoluista verenkiertoon ja tätä kautta muiden elinjärjestelmien käsiteltäviksi (maksat, sydän- ja luurankolihas), tai ainakin korkea vetyionipitoisuus vahingoittaisi pysyvästi hermoston ja lihaksiston herkkiä säätelymekanismeja (Sakari Orava 2000, suullinen tiedonanto).

Härkönen ja Häkkinen (1988) tutkivat urheilijoiden väsymistä 10-ottelun aikana ja sen vaikutusta fyysiseen suorituskykyyn. Pohdinnassaan he esittivät, että 10-ottelun aikana merkittävimmät väsymysvaikutukset olisivat nimenomaan psyykkisiä. Eli urheilija ei jaksakaan enää, oltuaan lähes kaksi vuorokautta ”yliaktiivisessa” tilassa, psyykkisesti taistella väsymystä vastaan - vaikka fyysistä potentiaalia olisikin vielä jäljellä. (Härkönen & Häkkinen 1988, 29-30.) 10-ottelussa ottelijan pitää latautua psyykkisesti aina uudestaan ja uudestaan sekä lajien että yksittäisten lajisuoritusten välillä ja pyrkiä jokaisessa suorituksessa maksimitulokseen. Tämä on psyykkisesti erittäin kuormittavaa. Tämä on merkittävin yksittäinen seikka, joka

tekee 10-ottelusta kokonaisvaltaisesti erittäin kuormittavan verrattuna johonkin toiseen lajiin. (Flinck 1991, 28-31.) Björkman (1982, 196) onkin todennut, että urheilijan huomiokyvyn intensiteetti on suurimmillaan suorituksen aikana. Ennen suoritusta ja suoritusten välillä huomiokyvyn intensiteetti yleensä laskee ja psyykinen energiankulutus pienenee (Björkman 1982, 196). Kymmenottelussa on erityisen tärkeätä osata säädellä energiankulutusta tarkoituksenmukaisesti kilpailun rakenteen (useita lajeja peräkkäin) ja kokonaiskeston takia.

Härkösen ja Häkkisen (1988, 19-22) mukaan pelkästään fysiologiset ja biomekaaniset muuttujat eivät selittäneet urheilijoiden väsymistä kuin kahdessa lajissa, jotka olivat molempien päivien viimeiset lajit (400m ja 1500m). Mielenkiintoista oli, että myös näiden kahden lajin jälkeen, joissa selvää fysiologista väsymistä havaittiin, sekä lihasten sähköinen aktiivisuus että voimantuottoajat palautuivat kuitenkin nopeasti kuormitusta edeltäneelle tasolle (Härkönen & Häkkinen 1988, 22-23). Sen sijaan psyykkisestä väsymyksestä palautumiseen 10-ottelun jälkeen saattaa kulua jopa useita vuorokausia (Finni 2000, 35). Eli fysiologisilta osiltaan palautuminen saattaa tapahtua varsin nopeasti, kun taas psyykkisten voimavarojen täyttäminen ja takaisin hyvään viretilaan pääseminen 10-ottelun jälkeen vie enemmän aikaa. Tällaisissa tilanteissa väsymyksen kokeminen nousee tärkeäksi; se miten koet psyykkisesti väsymyksen ja miten sitä osaat käsitellä, ohjailee pitkälti myös väsymisen fyysisiä vaikutuksia.

Mero ym. (1990, 163) toteavat, että väsymisen kokeminen nousee merkittäväksi etenkin anaerobisessa lihastyössä, joka on psyykkisiltä vaatimuksiltaan selvästi kuormittavin harjoitusmuoto. Anaerobista harjoittelua ei tulisikaan suorittaa ennen murrosikää, sillä se on psyykkisesti erittäin raskasta. Pahimmassa tapauksessa kovan anaerobisen harjoittelun on todettu aiheuttavan motivaation ja harjoitteluhalukkuuden vähenemistä sekä joissakin tapauksissa urheilun lopettamisen kokonaan. (Mero ym. 1990, 163.)

Liukkonen ym. (1997, 12-14) tutkivat kestävyysurheilijoiden mielialoja ja niiden vaihtelua harjoitusleirin aikana. Tutkimuksessa havaittiin, että kuormituksen ja väsymyksen kasautuessa urheilijoiden tuntemukset ja ajatukset muuttuivat kokoajan negatiivisempaan, kriittisempään sekä helpommin ärsyyntyvään suuntaan. Tutkija esittikin, että urheilijoiden mielialojen ja tuntemusten seuraamisella voitaisiin ennaltaehkäistä myös kovilla harjoitusjaksoilla liiallista ylikuormittumista seuraava ylikunto. (Liukkonen ym. 1997, 12-14.)

Hanin ym. (2000, 200-205) toteavat, että psyykkisillä taidoilla tulee olemaan yhä suurempi merkitys urheilussa. Liukkonen (1997, 136) onkin todennut psyykkisestä valmentautumisesta osuvasti: ”Aivot liikuttavat lihaksia, siksi on ehdottoman tärkeää kehittää myös psyykettä pyrittäessä huipputuloksiin.” Huipputuloksiin pyrittäessä oikeastaan lajissa kuin lajissa oleelliseksi nousee myös väsymyksen kokeminen. On laji mikä hyvänsä, niin ainakin harjoittelussa väsymys on joskus läsnä, joten sen kokeminen ja toisaalta myös käsitteleminen eivät ole mitättömiä tekijöitä.

3.2 Väsymyksen kokemisen mittaaminen

Väsymyksen ja kuormituksen subjektiivista kokemista on käytetty urheilijoiden subjektiivisten tuntemusten seuraamisen lisäksi menestyksekkäästi myös esimerkiksi sydäninfarktipotilaiden kliinisessä tutkimuksessa sekä kuntoutuksessa, joissa ei voida tuijottaa pelkästään fysiologisiin raja-arvoihin, vaan oleellisia ovat potilaan omat tuntemukset (Sakari Orava 2002, suullinen tiedonanto). Borg (1970, 92-98) on kehittänyt asteikon kuormituksen kokemiseen (RPE-asteikko; Rating of Perceived Exertion= koetun kuormituksen luokitus), jonka avulla henkilö voi arvioida omaa kuormittuneisuuttaan / väsymystään jossakin liikuntasuorituksessa.

TAULUKKO 1. Borgin asteikko (RPE-asteikko). (lähde: kuormitusfysiologian opetusmateriaali 1996, 9.)

6-7	Hyvin, hyvin kevyt
8-9	Hyvin kevyt
10-11	Kevyt
12-13	Hieman kuormittava
14-15	Kuormittava
16-17	Hyvin kuormittava
18-20	Hyvin, hyvin kuormittava

Borgin asteikosta on tullut varsinkin lääketieteellisessä kliinisessä fysiologiassa erittäin paljon käytetty mittari. Monesti sydän- ja verisuonitaudeista kärsiviä testattaessa tai muutoin kuormitettaessa Borgin asteikkoa käytetään ikään kuin varotoimenpiteenä, sillä henkilön subjektiiviset tuntemukset yleensä kertovat mahdollisista tulossa olevista ongelmista aikaisemmin kuin esimerkiksi EKG-mittaus. Lisäksi Borgin asteikon käyttö soveltuu hyvin tilanteisiin, joissa esimerkiksi liikkujan lääkitys vaikuttaa syketasoon, jolloin henkilön kuormittumista ei voida luotettavasti arvioida pelkästään fysiologisin perustein. (Sakari Orava 2002, suullinen tiedonanto.)

Kuormittuneisuuden ja väsymyksen mittaamiseen käytetään liikunta- ja lääketieteellisessä tutkimuksessa yleensä pelkästään fysiologisia muuttujia, mutta mitattaessa kokonaisväsymystä ja -kuormittuneisuutta on otettava huomioon myös subjektiiviset tuntemukset. Borg (1970, 92-98) on havainnut tutkimuksissaan, että fyysisen kuormituksen kokeminen on eksponentiaalisessa suhteessa kuormituksen suuruuteen. Toisin sanoen kuormituksen kokeminen suhtautuu positiivisesti kiihtyvän käyrän tavoin fyysiseen kuormitukseen. Kokonaisvaltaisessa fyysisessä kuormituksessa (juoksu, pyöräily, hiihto, uinti tietyin varauksin) henkilö kykenee yleensä varsin hyvin ja luotettavasti arvioimaan elimistönsä kohdistuneen kuormituksen suuruuden, kunhan kuormitus on kestoltaan riittävän pitkä. (Borg 1970, 92-98.)

RPE-asteikon mukaan tehdyt itsearvioinnit kasvavat melkein lineaarisesti todellisen kuormituksen suuruuden mukaan, ja RPE-asteikon ja sykkeen välinen korrelaatio on myös korkea (noin $r = .80$) (Borg 1970, 92-98). Lyhyitä työjaksoja käsittävissä intervallityyppisessä kuormituksessa sykereaktioiden ja RPE-asteikon korrelaatiota ei ole juurikaan tutkittu, sillä tyypillisesti kuormitusmallit RPE-asteikkoa käytettäessä ovat olleet luonteeltaan yhtäjaksoisia kesto-suorituksia. Syketason karkea arviointi matalilla ja keskiraskailta kuormitustasoilla kesto-suorituksissa saadaan kertomalla RPE-arvot kymmenellä. (Kuormitusfysiologian opetusmateriaali 1996, 9-11.) Uinnissa on lisäksi otettava huomioon veden hydrostaattisen paineen sykettä laskeva vaikutus (yleensä noin 10-15 lyöntiä / minuutti).

Fyysisen suorituskyvyn tiedetään laskevan iän mukana, jolloin vanhemmat henkilöt kokevat samalla syketasolla tehdyn työn kuormittavampana kuin nuoremmat henkilöt, eli tietyn kuormituksen RPE-arvo kasvaa iän mukana. Iän vaikutuksen poistamiseksi arvioinnista Borg

on laatinut korjauskaavan, joka perustuu oletetun maksimisykkeen korjaamiseen iän mukaiseksi. (Kuormitusfysiologian opetusmateriaali 1996, 10.)

$P_{\max} = 220 - A$, jossa:

- P_{\max} on ikäkorjattu maksimisyke

-A on ikä vuosina

-220 on oletettu 0- vuotiaan maksimisyke

Ikäsuhteutettu maksimisykkeen korjauskaava (mukailtu kuormitusfysiologian opetusmateriaalista 1996, 10.)

Korjauskaava on osoittanut myös käytännössä toimivuutensa, ja sitä käytetään laajasti niin liikunta- kuin lääketieteellisessäkin tutkimus- ja testaustoiminnassa. Onkin todettu, että ikään tai sukupuoleen katsomatta henkilöt, jotka ovat käyttäneet RPE-asteikkoa apuna harjoittelussaan, pystyvät tuottamaan kesto-suorituksissa halutun syketason suhteellisen tarkasti pelkästään subjektiivisten tuntemusten perusteella. (Sakari Orava 2002, suullinen tiedonanto.)

4 VÄSYMYKSEN FYSIOLOGIAA

4.1 Yleinen energia-aineenvaihdunta

Kaikkien solujen elämä edellyttää energian hallittua käyttöä, monia mutkikkaita rakenteita sekä säätelyjärjestelmiä, joiden toimintaa biologinen informaatio ohjaa - lihassolu ei tee tässä mielessä mitään poikkeusta. Kaikkien solujen on saatava jatkuvasti energiaa tavalla tai toisella ympäristöstään, muuten ne kuolevat. (Niemi ym. 1992, 162.) Energian tuotolle ja hyväksikäytölle on olemassa kolme pääreittiä: korkeaenergiset fosfageenit, hiilihydraattien hajotus anaerobisesti ja aerobisesti sekä rasvojen hajotus.

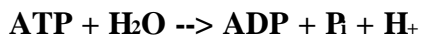
Kaikki ravintoaineet muuttuvat yleisessä energia-aineenvaihdunnassa lopulta samaksi yhdisteeksi - adenosiinitrifosfaatiksi, joka toimii energian luovuttajana soluille ATP-aasi entsyymien katalysoimassa reaktiossa. Ilman entsyymejä monet soluissa tapahtuvista reaktioista olisivat todella hitaita. Entsyymit ovat luonnon katalyytteja, proteiinirakenteisia yhdisteitä, jotka nopeuttavat solussa tapahtuvia biokemiallisia reaktioita. Esimerkiksi ihmisen solujen energiantuotto olisi monissa tapauksissa niin hidasta, että useat solut ehtisivät kuolla energianpuutteeseen ennen kuin reaktio olisi valmis. (Campbell 1995, 136-178.) Entsyymien toimintateho riippuu intrasellulaarimesteen vetyionipitoisuudesta, jota kuvataan pH yksiköillä (Campbell 1995, 156).

TAULUKKO 2. Eri energiantuottotapojen nopeudet ja energian riittävyys lihastyössä (Hultman et al. 1990, 75).

Yhdiste	varaston koko (mmol/kg/kuivapaino)	tuottonopeus (mmol/kg/s)	riittävyys
ATP	30	Välitön	1-3 s.
KP	70	11.2	5-7 s.
Anaerobinen glykolyysi:	~250	6.0	1-2 min
Aerobinen energiantuotto:			
A)hiilihydraatit	130 000	1.2	n.0,5-2h
B) Rasvat	Ei rajoittava	0.6	Ei rajoittava

4.1.1 Lihastyön välittömät energianlähteet

Kaikkien ihmisen solujen primaari energianlähde on siis adensiinitrifosfaatti (ATP), joka koostuu adeniinista, riboosista ja kolmesta fosfaattiryhmästä (Guyton & Hall 1996, 855). Kun jokin ihmisen solu tarvitsee energiaa, hydratoidaan (eli hajotetaan vesimolekyylien avulla) ATP:stä yksi korkeaenerginen fosfaattisidos, jolloin standardiolosuhteissa (25°C ja pH 7.0) energiaa vapautuu 7.3 kcal / mooli ATPaasi-entsyymin katalysoimassa reaktiossa. ATP on ihmiselimistön fysiologisissa olosuhteissa (noin 36°C ja pH noin 7.2) erittäin labiili yhdiste, joten sen fosfaattisidosten hajottaminen tapahtuu sangen nopeasti. (Guyton & Hall 1996, 855.)



(mukailtu Guyton & Hall 1996, 855.)

Reaktiossa muodostuu ADP:a, jossa on kaksi korkeaenergistä fosfaattisidosta, epäorgaanista fosfaattia sekä vetyioneita (Guyton & Hall 1996, 1061). Vetyioneita syntyy siis aina adensiinitrifosfaatin hajotessa, vaikka kyse onkin välittömien energianlähteiden alaktisesta (maitohapottomasta) energiantuotosta. Mikäli solulla on käytössään riittävästi happea, vetyionit eivät muodostu ongelmaksi, sillä ne käytetään solussa tapahtuvissa muissa biokemiallisissa reaktioissa. (Ahonen ym. 1993, 82.) Mikäli energiaa tarvitaan niin paljon, ettei solun hapensaanti vastaa sen hapentarvetta, vetyionit jäävät käyttämättä ja kasautuvat soluihin ja laskevat näin ollen intrasellulaarinesteen pH:ta jolloin solu happamoituu (Guyton & Hall 1996, 1061).

Lihassolu poikkeaa sekä biofysikaalisilta että biokemiallisilta ominaisuuksiltaan hieman elimistömme muista soluista. Biofysikaalisista eroista merkittävin on lihassolun ärsyntyminen ja supistumiskyky liikehermojen ohjaamana. Biokemiallisista eroista merkittävin on lihassolun erittäin nopea energiantuottokyky. Lihassolun supistumiseen tarvittavaa energiaa saadaan sekä biokemiallisista (ATP) että mekaanisista (lihas-jänne-kompleksin elastisiin osiin varastoitunut mekaaninen potentiaalienergia) energianlähteistä. (Guyton & Hall 1996, 80-81.) Edellytys tämän mekaanisen potentiaalienergian hyväksikäytölle on se, että konsentrinen

lihassupistus tapahtuu heti eksentrisen vaiheen jälkeen, sillä muutoin potentiaalienergia muuttuu lämpöenergiaksi ja vapautuu ruumiinlämmön ylläpitämiseen, eikä sitä voida enää käyttää hyödyksi lihassupistuksessa (Cavagna et al. 1965, 157-158). Komin ym. (1978) mukaan ihmisen luonnollisessa liikkumisessa eksentrisen ja konsentrisen lihastyö vuorottelevat (resiprokaalisuus) ja se antaa mahdollisuuden tämän mekaanisen potentiaalienergian hyväksikäytölle. Tällaista lihastyötä kutsutaan venymis-lyhenemis-syklus tyypiseksi lihastyöksi, joka parhaimmillaan on paitsi tehokasta myös varsin taloudellista. (Komi & Bosco 1978, 261-265.)

ATP:a on lihassoluissa varastoituneena vain hyvin pieniä määriä: noin 75 kiloisella miehellä on lihaksistossaan ATP:a noin 4- 7 mmol / kg (märkäpaino). Tämä määrä riittää noin 1- 3 sekunnin mittaiseen maksimaaliseen lihastyöhön. Lisäksi ATP:n kyky läpäistä solukalvo on hyvin heikko, joten sitä ei voida myöskään tuoda veren mukana muualta elimistöstä. Näin ollen ATP:n uudismuodostuksen (resynteesin) lihassolussa on oltava erittäin tehokasta. (Rehunen et al. 1982, 499-506.)

Nopein reitti ATP:n uudismuodostukseen lihassolussa on toisen korkeaenergisien fosfageeniyhdisteen - kreatiinifosfaatin - korkeaenergistien fosfaattisidosten pilkkominen kreatiinikinaasi- entsyymien katalysoimana reaktiossa, jossa kreatiinifosfaatti pilkkoutuu luovuttaen ADP:lle oman fosfaattiryhmänsä. Vetyionikonsentraation (eli happamuuden) nousu lihassolussa kiihdyttää kreatiinifosfaatin hajotusta, eli vetyionikonsentraatio toimii allosterisena säätelijänä kreatiinifosfaatin hajottamisessa. Muodostuu ATP:a ja kreatiinia. Standardiolosuhteissa tässä reversiibelissä reaktiossa vapautuu energiaa 8,5 kcal / mooli (vertaa ATP 7,3 kcal / mooli). Johtuen juuri kreatiinifosfaattimolekyyleihin varastoituneesta suuresta energiamäärästä reaktio on erittäin eksotermien (eli energiaa luovuttava) ja tästä syystä ATP:n resynteesi kreatiinifosfaattia hajottamalla on erittäin nopeaa. Näin ollen ATP-taso solussa ei juuri vähene niin kauan kuin kreatiinifosfaattia on saatavilla. (Guyton & Hall 1996, 904.)



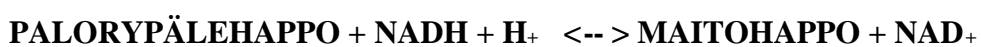
(mukailtu Guyton & Hall 1996, 904.)

Kreatiinifosfaattia on - kuten ATP:akin - varastoituneena lihassoluihin vain hyvin vähäisiä määriä. Rehusen et al. (1982) mukaan noin 75 kiloisella miehellä on lihaksistossaan kreatiinifosfaattia noin 15-25 mmol / kg (märkäpaino). Tämä määrä riittää noin 5-7 sekunnin maksimaaliseen lihastyöhön. (Rehunen et al. 1982, 499-506.)

Toisin kuin ATP, tietyt kreatiiniyhdisteet kykenevät läpäisemään solukalvon, ja siten niitä on mahdollista tuoda soluun myös verenkierron kautta. Kreatiinifosfaatin määrää lihassolussa onkin mahdollista lisätä niin sanotun kreatiinitankkauksen avulla, jossa tyypillisimmillään kreatiinimonohydraattia taikka kreatiinisitraattia nauttimalla lihaksen kreatiinifosfaattitasoa voidaan nostaa jopa yli 20%. Noin 20%:n nousu kreatiinifosfaatin määrässä saattaa olla ensiarvoisen tärkeää nopeata voiman- ja samalla energiantuottoa vaativissa liikuntasuorituksissa. (Jouppila 1998, 37.) Välittömien energianlähteiden (alaktisen energiantuoton) kesto maksimaalisessa lihastyössä on siis noin 7-10 sekuntia. Tämän jälkeen lihastyöhön tarvittava energia on tuotettava muiden reittien kautta.

4.1.2 Anaerobinen glykolyysi

Välittömien energianlähteiden vähentyessä voimakkaasti kovatehoisessa suorituksessa sokerimolekyyleistä rakentuneita hiilihydraatti yhdisteitä - lihassoluihin ja maksaan varastoitunutta glykogeenia tai veren glukoosia - käytetään anaerobiseen energiantuottoon. Anaerobinen glykolyysi tarkoittaa glukoosin tai glykokeenin hapettamista monivaiheisen kemiallisen reaktiosarjan (Embden-Meyerhof - reitti) avulla. Reaktio tuottaa energiaa ATP:n muodossa. (Guyton & Hall 1996, 862-863.) Solun sytoplasmassa tapahtuva glykolyysi tuottaa kuitenkin vain noin 3% glukoosin täydellisessä hapettumisessa (aerobinen energiantuotto) vapautuvasta energiasta (Niemi ym. 1992, 174). Lisääntyneen energiantarpeen seurauksena glykokeeni tai glukoosi pilkotaan palorypälehapoksi ja edelleen maitohapoksi fosfofruktokinaasi-entsyymien katalysoimassa reversiibelissä reaktiossa. (Guyton & Hall 1996, 862.)



(mukailtu Guyton & Hall 1996, 862.)

Anaerobisen glykolyysin monien reaktioiden merkittävin entsyymi on fosfofruktokinaasi (PFK). PFK- aktiivisuuden säätely ja tätä kautta myös koko anaerobisen glykolyysin täydelliset säätelymekanismit ovat toistaiseksi vielä osittain epäselvät. (Guyton & Hall 1996, 862-863.) Aiempien tutkimusten perusteella selvää on, että anaerobista glykolyysiä säädellään myös hormonaalisesti (insuliini, glukagoni, katekoliamiinit sekä kasvuhormoni) sekä -PFK:n lisäksi - tiettyjen muiden entsyymien (heksokinaasi, puryvaattikinaasi, fosforylaasi) toimesta. (Kuoppasalmi & Näveri 1983, 176-178.; Martin et al. 1985, 258-261.)

Maitohapon muodostumisen kannalta keskeinen entsyymi anaerobisessa glykolyysissä on laktaattidehydrogenaasi (LDH). Anaerobisissa (hapettomissa) olosuhteissa palorypälehapo pelkistyy LDH:n katalysoimassa biokemiallisessa reaktiossa maitohapoksi, joka dissosioituu (jakautuu) elimistön normaalissa pH:ssa heti laktaatiksi (Bla) ja vetyioneiksi (H⁺). (Hultman & Sahlin 1980, 112.) Tässä reaktiossa muodostunutta laktaattipitoisuutta taikka pH-arvoja voidaan mitata sitten verestä, ei siis suoraan maitohappoa, kuten arkikielessä usein virheellisesti todetaan.

Myös väsymyksen ilmenemisen kannalta edellä mainitut entsyymit ovat merkittävässä roolissa. Lihassolukossa olevien LDH- ja PFK-entsyymien välisen konsentraatiosuhteen on havaittu kuvaavan hyvin lihaksen kykyä vastustaa lyhytkestoisen maksimaalisen työn aiheuttamaa väsymystä ja toisaalta myös kykyä palautua tästä väsymyksestä. (Tesch et al 1985, 237-243.)

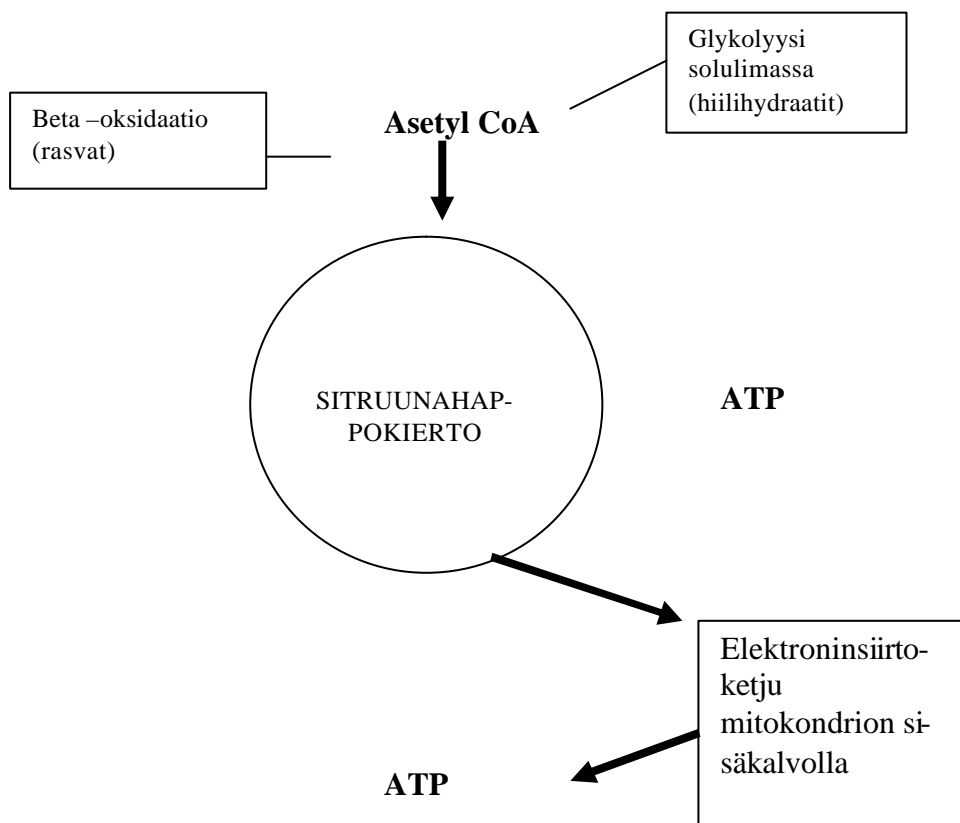
Kun laktaattikonsentraatio nousee lihassolussa n. 7-8 mmol:iin / litra se vaikuttaa huomattavasti laktaatin eliminoitumisnopeuteen (Hirvonen 1983, 16). Lihassolusta poistuttuaan laktaatti kulkeutuu verenkierron mukana muualle elimistöön. Laktaattia poistavia elimiä ovat: maksa, sydän- sekä luurankolihas (Guyton & Hall 1996, 862). Kun laktaattitaso nousee edelleen korkeammaksi poistumisnopeutta ei voida enää lisätä (saturoitumispiste). (Hirvonen 1983, 16.)

Anaerobinen glykolyysi ja samalla laktaatin tuotto on tehokkaimmillaan maksimisuorituksissa, joiden kesto on noin 45 sekuntia. Veren laktaattikonsentraation on havaittu nousevan 45.5 sekunnin suorituksessa (400m juoksu) 24.97 mmol:iin / litra, ja veren pH:n putoavan noin 6.8:aan. (Kindermann & Keul 1977, 177-182.) Samankaltaisia laktaattipitoisuuksia ja pH-

arvoja on saatu myös heikommissakin suorituksissa (400 metriä 47.7 sekuntia / Bla 24, 6) (Osnes & Hermansen 1972, 59-62). Jopa 53-54 sekunnin 400 metrin suorituksessa (10-ottelijoilla) veren laktaatti voi nousta yli 20 mmol:iin / litra. (Härkönen & Häkkinen 1988, 22.)

4.1.3 Aerobinen energiantuotto

Kaikkien eläin- ja ihmissolujen tärkeimmät energianlähteet ovat rasvat ja hiilihydraatit. Rasvat ovat elimistössä vilkkaassa kierrossa, uusia varastoidaan jatkuvasti ja entisiä hajotetaan käyttöön. (Guyton & Hall 1996, 22.) Merkittävä osa ravinnon hiilihydraateista muunnetaan neutraalirasvoiksi, jotka ovat glyserolin ja rasvahapon estereitä. Nämä rasvahapot ovat useimpien solujen tärkein energianlähde, joita solut käyttävät itse asiassa enemmän kuin hiilihydraatteja. (Niemi ym. 1992, 170.)



KUVIO 2. Täydellinen aerobinen aineenvaihduntakierros (mukailtu Guyton & Hall 1996, 855.)

Rasvojen etuna energiantuotossa on, että ne sisältävät painoyksikköä kohti yli kaksi kertaa enemmän vapaata energiaa kuin hiilihydraatit, ja lisäksi niiden muuntuessa energiaksi syntyy huomattavan paljon vettä, jota voidaan käyttää hyväksi useissa aineenvaihduntareaktioissa (Campbell 1995, 446). Neutraalirasvoista poistetaan jo rasvasolujen sytoplasmassa rasvahapot, jotka verenkierto vie muualle elimistöön. Rasvahapot hajotetaan mitokondrioissa ja periksoosomeissa tapahtuvassa beta-oksidaatioissa, tuotoksena on asetyylikoentsyymi A:ta, jonka kautta rasvahappojen aineenvaihdunta liittyy sitruunahappokiertoon. (Niemi ym. 1992, 171.)

Myös hiilihydraatit muutetaan toiseen muotoon ennen kuin niistä voidaan saada energiaa solulle. Lähes kaikki hiilihydraatit muutetaan glukoosiksi ruoansulatuskanavassa ja maksassa, minkä jälkeen verenkierto vie sen soluille käytettäväksi. (Guyton & Hall 1996, 22.) Soluissa energia vapautuu portaittain ja samalla sitä sidotaan adenosiinitrifosfaatin korkeaenergiisiin fosfaattisidoksiin. Näin solu voi sitoa glukoosin hapettuaessa 2/3 vapautuvasta energiasta adenosiinitrifosfaattiin ja vain 1/3 vapautuu lämpönä, joka tosin käytetään ruumiinlämmön ylläpitoon. (Niemi ym. 1992, 171.) Glukoosin hapettamisessa aerobisesti on kolme päävaihetta: glykolyysi sytoplasmassa, sitruunahappokierto mitokondrioissa ja oksidatiivinen fosforylaatio (elektronin siirtoketju) mitokondrion sisäkalvolla (Campbell 1995, 393).

Aerobinen energiantuotto on erittäin taloudellinen tapa tuottaa energiaa, sillä energiasaalis yhdestä aineenvaihduntakierroksesta on huomattavasti välittömiä energianlähteitä tai anaerobista energiantuottoa suurempi. Glukoosin täydellisessä hapettumisessa vapautuu energiaa 686 kcal / mooli (vertaa ATP 7,3 kcal / mooli ja KP 8,5 kcal / mooli) (Guyton & Hall 1996, 855). Lisäksi substraattien (hiilihydraatit ja rasvat) riittävyys harvoin nousee ongelmaksi - paitsi erittäin pitkäkestoisissa suorituksissa. Ongelmana onkin kovatehoisten suoritusten kannalta aerobisen energiantuoton hitaus, eli ATP:n tuottonopeus verrattuna välittömiin energianlähteisiin tai anaerobiseen glykolyysiin on varsin hidas (katso taulukko sivulla 14).

4.2 Laktaatti väsymyksen aiheuttajana

Välittömien energianlähteiden (adenosiinitrifosfaatti ja kreatiinifosfaatti) riittävyys

maksimaalisessa lihastyössä on siis noin 7-10 sekuntia, tämän jälkeen vallitseva energiantuottotapa kovatehoisissa suorituksissa on anaerobinen glykolyysi. Glykolyytinen energiantuotto kasvattaa lihassolun sisäistä vetyioni- ja laktaattikonsentraatiota. Suurimmat laktaattikonsentraatiot on havaittu noin 1 minuutin maksimaalisessa lihastyössä, minkä jälkeen laktaatin tuottonopeus on pienentynyt huomattavasti. (Hermansen 1971, 401- 408.)

Anaerobisen glykolyysin laktaatin tuottonopeus heikkenee eksponentiaalisesti työskentelyajan kasvaessa, sillä laktaatin kasautuminen lihassoluihin vaikuttaa negatiivisen inhibition avulla sen tuottoon, vähentämällä laktaattidehydrogenaasi-entsyymien aktiivisuutta (Tesch 1978, 68-70). FT-tyyppisten (nopeiden) lihassolujen laktaatin tuottonopeus on huomattavasti suurempi kuin ST-tyyppisten (hitaiden) lihassolujen, tästä osoituksena on laktaattidehydrogenaasi-entsyymien suurempi aktiivisuus FT-tyyppisissä lihassoluissa. Lisäksi laktaattia alkaa muodostua ST-tyyppiin lihassoluihin lihastoiminnan aikana myöhemmin kuin FT-tyyppiin lihassoluihin. (Tesch et al 1981, 252 - 255.) Nämä tekijät vaikuttavat siihen, että FT-tyyppisten lihassolujen laktaattikonsentraatio on lihastyössä huomattavasti korkeampi kuin ST-tyyppisten lihassolujen (Tesch 1978, 68-70).

Vetyionien kerääntyminen lihakseen vaikuttaa lihastyön intensiteettiin ja keston, eli siihen tuotetaan energiaa pääasiassa anaerobisesti vai aerobisesti. Vetyionien tuottonopeus on anaerobisessa glykolyysissa huomattavan nopeaa verrattuna aerobiseen energiantuottoon, koska vetyioneita ei käytetä muihin reaktioihin, kuten oksidatiivisessa energiantuotossa. (Tesch 1978, 68-70.) Työskentelevän lihassolun vetyioni-konsentraatioon vaikuttaa merkittävästi lisäksi solukalvon permeabiliteetti, eli solukalvon kyky läpäistä / poistaa vetyioneja ekstrasellulaarinesteeseen sekä solun sisäinen puskurikapasiteetti. (Tesch 1978, 70-72.)

Aickin ja Thomas (1977, 295-316) esittivät kaksi mekanismia vetyionien vaikutusten vähentämiseksi. Näiden mekanismien toiminta riippuu intrasellulaarinesteen happamuuden lisäksi ekstrasellulaarinesteen pH:sta. Ensimmäinen mekanismi, eli vetyionin siirto ekstrasellulaarinesteeseen heikkenee ekstrasellulaarinesteen pH:n laskiessa (happamoituminen), koska konsentraatioero intra - ja ekstrasellulaarinesteen välillä pienenee (osmoosivaikutus vähenee). Täten ekstrasellulaarinesteellä on tärkeä rooli solun sisäisen vetyionipitoisuuden säätelyssä. (Aickin & Thomas 1977, 295-316.) Toinen mekanismi on

puskurointi. Puskuroinnilla pyritään säilyttämään vakio pH vetyioneja neutraloimalla. Lihassolun sisäisiä puskureita ovat bikarbonaatti-ionit, kreatiinifosfaatti, fosfaatti ja muutamat proteiinit (karnosiini ja histidiini). (Aickin & Thomas 1977, 295-316.)

Ihmiselimistön puskurikapasiteettia vetyionikonsentraation nousua vastaan on pyritty lisäämään myös keinotekoisesti. Tavallisimpia keinoja tähän on niin sanottu emästankkaus, jossa tyypillisimmillään natriumbikarbonaattia käyttämällä sekä veren että solunsisäisen nesteen pH:ta saadaan siirrettyä alkaliseen (emäksiseen) suuntaan. Lisäksi solunsisäinen puskurikapasiteetti (vetyionien neutralointi) tehostuu lihassolussa. (Parry-Billings & MacLaren 1986, 52-58.) Eniten hyötyä emästankkauksesta on noin 1-2 minuutin maksimisuorituksissa ja toisaalta myös suorituksissa joissa tehdään useita lyhyempiä työjaksoja lyhyehköllä palautuksella (intervallityyppinen kuormitus) (Parry-Billings & MacLaren 1986, 52-58).

Sahlin ja Henrikson (1984, 332) pitävät myös lihassolun sisäisiä proteiineja merkittävänä puskureina ja Sahlin (1978, 304) arvioi kreatiinifosfaatin osuuden intrasellulaariseen puskuroinnista olevan noin 33%. Kreatiinifosfaatin pilkkoutumisen optimi pH on 5.0 (Hultman & Sahlin 1980, 112). Vetyionikonsentraation nousu solussa kiihdyttää kreatiinifosfaatin hajotusta, joka taas nostaa solun pH:ta alkaliseen suuntaan. Tämän vuoksi kreatiinifosfaattia pidetään keskeisenä puskurimekanismina happamuutta vastaan. (Keul et al 1972, 44.) Lihaksen laktaattikonsentraation, vetyionipitoisuuden ja pH:n välillä on selvä yhteys (Aickin & Thomas 1977, 295-316.). Sahlin (1978, 305) arvioi, että maitohappo vastaa 85%:sti vetyionien tuotosta. Lihassolun happamuuden lisääntymisen ja väsymyksen välillä on myös selkeä syy-yhteys; absoluuttisen tarkkaa mekanismia ei kuitenkaan vielä tunneta (Aickin & Thomas 1977, 295-316).

Ongelmana on, että useita biokemiallisia ja biofysikaalisia muutoksia tapahtuu väsymyksen kanssa samanaikaisesti, jolloin ei voida olla varmoja syy - seuraus-yhteyksistä. Lihastason väsymystä ei täysin pystytä selittämään vetyionipitoisuuden kasvulla. (Aickin & Thomas 1977, 295-316.) Lisättäessä lihassolun sisäistä vetyionipitoisuutta keinotekoisesti hiilidioksidin avulla, maksimivoima pieneni vain 30%. Fysiologisesti väsytyssä lihaksessa maksimivoiman väheneminen on kuitenkin jopa 70-80%. (Mainwood & Renaud 1985, 403-416.) Tämän vuoksi on ilmeistä, että glykolyyttisen energiantuoton yhteydessä syntyvien

kuona-aineiden ja happamuuden lisäksi on muitakin väsymiseen vaikuttavia tekijöitä.

Mainwood & Renaud (1985, 403 - 416) esittivät, että alhainen (hapan) pH vaikuttaisi suoraan lihaksen aktiini- ja myosiinifilamenttien välisten poikkisiltojen muodostumiseen vaikeuttaen tätä. Vetyionien määrän kasvu lihaksessa heikentää myös kalsiumionien tärkeää toimintaa aktiopotentialin välittäjänä, sekä lihassupistuksen aloittajana. Lisäksi pH:n lasku vaikeuttaa sähköisen impulssin kulkua sekä T-tubuluksissa, että hermo-lihas - liittymässä. (Mainwood & Renaud 1985, 403-416.)

5 VÄSYMYSKSEN PSYKOFYSIOLOGIAA

5.1 Väsymys psykofysiologisena ilmiönä

Väsymys on tuttu tunne kaikille ihmisille, psykofysiologiselta perustaltaan se kytkeytyy aivojen väsymys-pirteysjärjestelmään, joka toimii aivorungon ala-takaosassa sijaitsevassa formatio reticulariksessa (Hirvonen 1989, 126). Sama aivojen osa vastaa myös ihmisen valvetila-vireys suhteesta, joka muuttuu syklisesti vuorokaudenajan mukaan ja vaikuttaa omalla toiminnallaan myös väsymyksen tunteen ilmenemiseen. Väsymisestä ja väsymyksestä kertovia viestejä tulee aivoihin liikehermoista ja lihaksista (fyysinen ja psyykinen väsymys kuormituksesta johtuen) sekä myös parasympaattisesta keskushermostosta (varsinainen “uni-viesti”) serotoniini- ja melatoniini hormoneihin reagoivien reseptorien ja välittäjäaineiden tuomana. (Guyton & Hall 1996, 761-765.)

Yleensä väsymys luokitellaan joko subjektiiviseksi tai objektiiviseksi. Subjektiivisella väsymyksellä tarkoitetaan väsymyksen tunnetta, jonka takia työn jatkaminen - tai joskus jopa hereillä pysyminen - tuntuu vaikealta. Objektiivinen väsymys taas on ulkopuolisenkin silmin havaittavaa kokonaisvaltaista suorituskyvyn heikkenemistä, jolloin työteho laskee ja erilaiset virheet työn suorittamisessa lisääntyvät. Subjektiivinen ja objektiivinen väsymys voivat esiintyä joko yhdessä tai erikseen. (Hirvonen 1989, 126.)

Toiminnastaan aidosti kiinnostunut henkilö voi jatkaa työtään – fysiologisen kestäväyytensä asettamissa rajoissa - väsyneenäkin, mutta sen sijaan motivoitumaton ja tehtävänsä vastenmielisenä pitävä henkilö voi tuntea itsensä väsyneeksi vaikkei olisikaan tehnyt mitään. (Hirvonen 1989, 126.) Väsymys voidaan jakaa myös fyysiseen ja psyykkiseen väsymykseen, joita tosin on vaikea tarkasti erottaa toisistaan, sillä usein väsyminen on näiden molempien yhteisvaikutusta (Ahonen 1993, 90).

Fysiologisessa mielessä väsyminen on elimistön homeostaasitilan järkkymistä. (Ahonen 1993, 90.) Ihmiselimistössä tapahtuu kokoajan niin fyysistä kuin psyykkistäkin kuormittumista, johon elimistö pyrkii sopeutumaan parhaansa mukaan. Tämä mekanismi on ihmiselle monessakin eri mielessä tuiki tärkeä: ihminen kehittyy vähitellen kestävänsä yhä kovempaa väsymystä ja eri elinjärjestelmien kuormittumista lisäten näin “sisäisiä” voimavarojaan.

Urheiluharjoittelunkin voidaan katsoa olevan joukko spesifejä ja tarkoituksenmukaisesti valittuja ärsykejä, joihin kehon elinjärjestelmien toivotaan kehittävän oikeanlaisen muutosvasteen, jotta elimistö seuraavalla kuormituskerralla selviäisi kyseisestä rasituksesta entistä paremmin. Tätä voitaisiin myös kutsua minievoluutioksi, eli yhden yksilön fysiologisissa ominaisuuksissa tapahtuvaksi kehittymiseksi vastaamaan kuormituksen vaatimuksia. (Sakari Orava 2000, suullinen tiedonanto.)

Biomekaanisesti väsymys jaetaan sentraaliseen ja periferiseen väsymykseen. Sentraalinen väsymys tarkoittaa keskushermoston tasolla vaikuttavaa ja havaittavissa olevaa väsymystä. Sentraaliseen väsymykseen luetaankin kuuluvan kaikki lihasten toimintaa ohjaavat mekanismit ja rakenteet alkaen motorisesta korteksista ja päättyen hermo-lihas-liittymään. Sentraalinen väsymys ilmenee yleensä neuraalisen käskyvirran intensiteetin heikkenemisenä, eli keskushermoston väsyessä lihasta ei pystytä käskyttämään tehokkaasti, jolloin voimantuotto laskee. Myös reflektorisessa hermotuksessa tapahtuvat väsymysilmiöt kuuluvat sentraalisen väsymyksen alaisuuteen. (Bigland-Ritchie & Woods 1984, 691-699.)

Perifeerinen väsymys tarkoittaa hermoston hierarkiassa hermo-lihas-liitosta alemmalla tasolla ilmenevää väsymystä. Tyypillisimmiksi perifeerisiksi väsymysmekanismeiksi on ehdotettu esimerkiksi: asetylkoliinin erityksen heikkeneminen motorisessa päätelevyssä, kalsiumionien toiminnan heikkeneminen pH:n laskun takia, poikittaissiltojen muodostumisen vaikeutuminen pH:n laskun takia, energiantuoton hidastuminen sekä lihassolun supistuskyvyn heikkeneminen. (Avela 2000.; Bigland-Ritchie & Woods 1984.; Nummela 1989.)

Liikuntabiologisessa mielessä väsymyksen todetaan olevan tunnistettavissa maksimivoimantuoton laskuna. Syitä tälle voimantuoton laskulle haetaan sekä sentraalisista (keskushermostollisista) että periferisistä (lihastason) tekijöistä. (Bigland-Ritchie & Woods 1984, 691-699.) Selvää toki on, että väsymys ilmenee eritavoin erilaisissa liikuntasuorituksissa, mutta kuitenkin kysymys on samasta ilmiöstä, syyt voivat toki hieman painottua eritavoin kuormituksen luonteesta riippuen. Väsymyksen luonteen onkin tutkimuksissa todistettu olevan voimakkaasti kuormitusmallista riippuvaa (Enoka & Stuart 1985, 2279-2285).

Finni (2001) tutki lihassukkulan, joka vastaa myotaattisesta eli venytysrefleksistä lihaksessa,

väsymistä hyppelytyyppisessä harjoittelussa. Tutkimuksessa oli mukana teholajien urheilijoita. Tulokset olivat mielenkiintoiset, sillä pelkästään fysiologisesti ajatellen mikään mitattu muutos kuormituksen aikana ei ollut riittävä aiheuttamaan väsymystä, mutta väsymistä silti tapahtui urheilijoilla, joiden hyppelytyyppinen harjoittelu on ollut vähäistä (ryhmä ottelijat ja pikajuoksijat). Heillä lihassukkulan venytysrefleksin vaste väheni, pudotushyppyjen kontaktiaika kasvoi ja nilkkanivelen kulmamutokset suurensivat eli nopea voimantuotto heikkeni. Vähän hyppelyharjoittelua tehneiden urheilijoiden neuraalisen käskyvirran intensiteetti ja refleksivasteet heikkenivät ilmeisesti keskushermoston väsymyksestä johtuen verrattuna alkutilanteeseen. Tässä tapauksessa kyse on oltava tyypillisestä sentraalisesta eli keskushermoston väsymyksestä, sillä lihassolutason muuttujista mikään ei selittänyt akuuttia väsymistä. (Finni 2001, 37-48.)

Finnin (2001, 37-48) tutkimuksessa paljon hyppelytyyppistä harjoittelua harrastaneilla urheilijoilla tulokset muodostuivat aivan toisenlaisiksi kuin vähän hyppelyitä tehneillä. Sata maksimaalista pudotushyppyä aiheutti hyppylajien harrastajilla lihassukkulan venytysrefleksin toiminnan tehostumista, kontaktiajan lyhenemisen ja kokonaisvoimantuoton kasvua. Hyppelytyyppistä harjoittelua tehneiden urheilijoiden neuraalisen käskyvirran intensiteetti ja refleksivasteet siis tehostuivat verrattuna alkutilanteeseen. (Finni 2001, 37-48.)

Lisäksi huomioitava on, että verrattaessa ryhmien lihassoluvaurioista kertovaa lihassoluperäisen troponiinin pitoisuutta yksi vuorokausi hyppelyharjoituksen jälkeen havaittiin vahva yhteys määrällisesti runsaan hyppelyharjoittelun ja vähäisten lihassoluvaurioiden välillä. Eli paljon hyppelyitä harrastaneet urheilijat selvisivät tutkimuksesta huomattavasti vähemmän lihassoluvaurioin kuin vähän hyppelytyyppistä harjoittelua tehneet. (Finni 2001, 46-48.)

Nummelan (1989, 49-52) pro gradu- tutkielmassa sen sijaan merkittävimmit väsymyksen aiheuttajiksi todettiin pääasiassa happamat aineenvaihduntatuotteet ja näistä seuranneesta pH:n laskusta johtunut lihasten supistuskonkan häiriintyminen. Tutkimuksessa juostiin 400 metrin juoksu, jonka vaikutuksia voimantuottoon tutkittiin fysiologisten menetelmien lisäksi biomekaanisilla mittausmenetelmillä. (Nummela 1989, 49-52.)

Åstrandin (1986, 159) mukaan subjektiivinen väsymyksen tunne ilmenee yleensä, kun henkilö

työskentelee kahdeksan tuntia, ja käyttää työhön yli 40% maksimaalisesta hapenottokyvystään (max VO₂). Näin tapahtuu vaikka henkilö olisi erittäin motivoitunut työnsä suorittamiseen. Tätä väsymisen tunnetta ei kuitenkaan pystytä selittämään täysin fysiologisilla muutoksilla, sillä elimistön homeostaasitila ei järky vielä näin alhaisilla kuormitustasoilla. (Åstrand 1986, 159.)

Väsymys on jaettavissa myös yleiseen ja paikalliseen väsymykseen. Yleinen väsymys on sekä keskushermostollista, että lihastasolla esiintyvää suorituskyvyn laskua. Paikallinen väsymys on vain lihastasolla ja sen liikehermostossa tuntuva ja vaikuttava väsymystä. (Ahonen 1993, 90.) Tosin psyykeä ja subjektiivisia väsymyksen tunteita ei voida unohtaa paikallisesta väsymyksestäkään puhuttaessa. Positiivisen mielialan ja hyvän työmotivaation ansiosta luurankolihasia hermottavien liikehermosolujen toiminnan arvellaan vapautuvan motorisen aivokuoren estomekanismeista, jolloin suorituskyky on parhaimmillaan, ja toisaalta taas huono työmotivaatio ja "tappiomieliala" tuovat lihastoimintaan estomekanismeja. (Ahonen 1993, 90.) Subjektiivisen väsymyksen tunteen yhteyksiä objektiivisiin fysiologisiin mittauksiin on tutkittu paljon. Yhteyksiä psyykkisen ja fysiologisen väsymyksen välillä löytyy, kun tutkitaan urheilijoita voimakkaissa rasiustilanteissa. (Ahonen 1993, 90.)

6 TUTKIMUSONGELMAT

- 1) Onko paremmilla ja heikommilla juoksijoilla eroa antropometriassa, 10-ottelu ennätyksissä ja juoksulajien ennätyksissä?**

- 2) Onko paremmilla ja heikommilla juoksijoilla kolmella eri nopeudella tehdyissä juoksuissa eroa väsymyksen kokemisessa, laktaattipitoisuuksissa tai sykereaktioissa?**

- 3) Onko laktaattipitoisuudella ja sykereaktioilla yhteyttä koettuun väsymykseen?**

7 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

7.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimukseni on määrällis- laadullinen. Valitsin tällaisen lähestymistavan, koska näin toimien urheilijoiden oma ääni väsymyksen tunteesta tulee parhaalla mahdollisella tavalla kuuluviin ja toisaalta haluan myös saada väsymykseen liittyvistä fysiologisista muutoksista tilastollisen tarkasti analysoidun kuvan. Tutkimusmenetelminä käytettiin kyselylomaketta (liite 1.) ja syke- sekä laktaattimittauksia. Tutkimuksen fysiologisen osan menetelmät ovat liikuntabiologisen mittaus- ja tutkimusprotokollan mukaisia (Thomas & Nelson 1996). Psykologisen osan tarkoituksena on selvittää väsymyksen tunnetta laadullisin menetelmin.

7.1.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimi kaksitoista (n=12) aikuisten tai nuorten 10-ottelumaajoukkueeseen kuuluvaa miesurheilijaa, jotka olivat iältään 18-27 vuotiaita (keski-ikä 22,4 vuotta). Koehenkilöt ovat juosseet samantyyppisiä harjoituksia usein, joten tilanne oli heille tuttu. Koehenkilöt olivat vapaaehtoisia ja heille selvitettiin tutkimuksen tarkoitus. Heille kerrottiin myös, että kaikki tiedot jäävät ainoastaan tutkijalle ja heidän nimiään ei tulla käyttämään tutkimuksessa. Tästä syystä koehenkilöiden taustoja (muun muassa lajiennätykset) sekä antropometrisia tietoja käsitellään vain ryhmien keskiarvoina, jotta tutkija voi taata heidän anonymisyytensä.

Kyselylomakkeen tietoihin perustuen urheilijat jaettiin kahteen ryhmään (R1= paremmat juoksijat, n=6; ja R2=heikommat juoksijat, n=6) pitkien juoksulajien (400 metriä ja 1500 metriä) ennätysten perusteella. Tästä eteenpäin kaikissa taulukoissa ja kuvioissa käytetään ryhmien lyhenteitä (R1 ja R2), mutta tekstissä ryhmiä kuvataan parempina (R1) ja heikompina (R2) juoksijoina. Juoksulajeista painotettiin erityisesti 400 metrin ennätystä, joka jaotteli urheilijat 1500 metrin ennätysiksi selvemmin.

TAULUKKO 3. Koehenkilöiden ikä ja kymmenotteluennätykset.

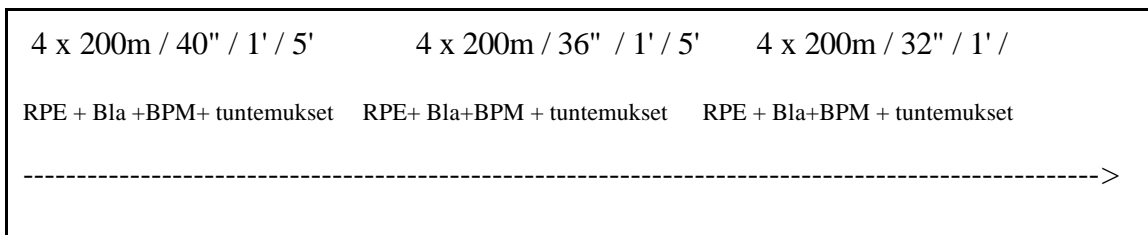
Ryhmä	n	Ikä (v.) ka	kh	10-otteluenn. (p.) ka	kh
R1	6	22.8	2,48	7695	472
R2	6	22.0	4,35	7150	532

7.1.2 Aineiston keruu

Tutkimus toteutettiin 9.12.2002 10-ottelijoiden maajoukkueleirillä Kuortaneen urheiluopistolla. Urheilijoille annettiin ohjeet kyselylomakkeen täyttämisestä ja kaikesta toiminnasta tutkimusta edeltäneellä luennolla. Jokainen urheilija täytti luennolla kyselylomakkeen (liite 1.), jossa kysyttiin muun muassa pituus, paino, 10-ottelu ennätys ja juoksulajien ennätykset.

Juoksijat jaettiin satunnaisesti kolmeen neljän henkilön ryhmään, joissa kaikki 12 ottelijaa juoksivat valojänisohjauksessa (rataa kiertävä valojärjestelmä, jota seuraamalla on mahdollista varmistaa oikea juoksuvauhti) 3 x 4 x 200m juoksuharjoituksen. Ensimmäinen ryhmä juoksi kello 10.30, toinen ryhmä kello 11.30 ja viimeinen ryhmä kello 12.30. Jokaisen ryhmän osalta tutkimuksen suorittaminen kesti noin 50 minuuttia.

Juoksujen etenemisnopeutta lisättiin jokaisessa sarjassa siten, että ensimmäisen sarjan juoksut olivat kestoltaan 40 sekuntia (5 metriä sekunnissa), toisen sarjan 36 sekuntia (5,56 metriä sekunnissa) ja viimeisen sarjan 32 sekuntia (6,25 metriä sekunnissa). Palautusajat sekä juoksujen että sarjojen välillä pysyivät koko tutkimuksen ajan samoina. Aina yksittäisten neljän juoksun välissä palautus oli kestoltaan yksi minuutti ja kaikkien kolmen sarjan välillä viisi minuuttia.



KUVIO 3. Kaavamainen esitys empiirisen aineiston keruusta.

Koehenkilöiden rasvaprosentit mitattiin millimetripihdeillä neljän pisteen menetelmällä. Pisteet olivat kyynärnivelen koukistaja- ja ojentajalihasten distaali- ja proksimaalipäiden puoliväli, suoliluun harja ja lapaluun alakärki. Tulos luettiin pihtien mittariosasta noin kahden sekunnin kuluttua ihopoimun mittaamisen aloittamisesta ja merkittiin paperille. Mitatut ihopoimujen paksuudet millimetreinä laskettiin yhteen ja katsottiin miesten taulukosta vastaava prosenttilukema, joka merkittiin rasvaprosentiksi kyselylomakkeeseen. Menetelmä on laajalti käytössä sekä tutkimus- että testaustoiminnassa. (Durmin & Rahaman 1967.)

Urheilijoilta otettiin sormenpästä laskimoverinäytteet (20 mikrolitraa) heparinisoituihin ja vahatäytteisiin kapillaareihin (EBIO Plus 20, Eppendorf Corp. 2002) heti jokaisen sarjan viimeisen juoksun jälkeen laktaattien määritystä varten. Viimeisen sarjan jälkeen otettiin lisäksi neljän minuutin palautuksen jälkeen palautusnäyte. Verinäytteitä otettaessa sormenpää puhdistettiin aina ensin A12T - liuoksella (96,1 tilavuusprosentti, oy Karl Beus ab) ja kuivattiin, jotta iholla mahdollisesti olevat epäpuhtaudet eivät vaikuttaisi näytteiden analysointivaiheessa tuloksiin. Lansetteina käytettiin 3M Clips-merkkisiä kertakäyttöisiä lansetteja (3M Corp.) Piston jälkeinen ensimmäinen tippa verta pyyhittiin aina pois ja tämän jälkeen kapillaari täytettiin merkkiviivaan asti. Sykereaktiot mitattiin ja tallennettiin Polar-sykemittarilla, jonka tallennusväli oli yksi sekunti (Polar Electro Oy).

Urheilijat merkitsivät heti jokaisen juoksun jälkeen koettua kuormittuneisuuttaan vastaavan numeron kyselylomakkeeseen (Borgin asteikko 6-20, katso sivu 12). Lisäksi urheilijat kuvasivat heti jokaisen sarjan viimeisen juoksun jälkeen muutamalla sanalla, miltä väsymys tuntuu juuri nyt.

7.1.3 Aineiston analysointi

Verinäytteiden laktaattikonsentraatiot analysoitiin perinteistä entsyymimenetelmää soveltavalla EBIO-plus kalvomenetelmä laitteistolla (Eppendorf Corp. 2002). Tässä uudessa menetelmässä otettu verinäyte sijoitetaan kapillaarissa koneeseen, joka imee näytteen sekoituskammioon, jossa on puoliläpäisevä bioaktiivinen kalvo. Kalvo sisältää laktaattioksidaasi - entsyymiä, mikä reagoi verinäytteessä olevien laktaatti-ionien kanssa muodostaen siitä pelkistämällä pyruvaattia ja vetyperoksidia. Muodostunut vetyperoksidi reagoi laitteistossa olevan platinaelektrodin kanssa pelkistyen vedyksi ja hapeksi. Tämän reaktion sähköinen voimakkuus millivolteina (mV) on suorassa suhteessa laktaattikonsentraatioon (Bla). Muodostunut signaali tallennetaan ja analysoidaan ja saadaan tulokseksi laktaattikonsentraatio. Laktaattikonsentraatioiden analyysimenetelmästä löytyy tarkempi selvitys liitteestä 2. Sykereaktiot analysoitiin Polar Electro Oy:n ohjelmalla, joka antaa tulokseksi hetkellisen maksimisykkeen ja sykekäyrän (liite 3).

Tilastolliset analyysit suoritettiin Microsoft Excel (2000) taulukkolaskentaohjelmalla. Tilastollisen merkitsevyyden rajana kaikissa testeissä oli $p < .05$. Muodostuneiden ryhmien urheilijoiden pituudelle, painolle, rasvaprosentille sekä 10-otteluennätyksille ja juoksulajien ennätyksille laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Ryhmien antropometristen muuttujien ja juoksulajien ennätysten sekä kymmenottelu ennätysten keskiarvojen erojen tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin t-testillä. Ryhmien keskiarvojen erojen tilastollista merkitsevyyttä laktaateissa, sykkeissä ja Borgin asteikon numeraalisessa informaatiossa tutkittiin t-testillä.

Ryhmien fysiologisten muuttujien sekä kuormituksen kokemisen yhteyksiä tutkittiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimen avulla. Selvitettävät yhteydet muodostuivat seuraaviksi: laktaattipitoisuuden ja Borgin asteikon yhteys, hetkellisen maksimisykkeen ja Borgin asteikon yhteys ja hetkellisen maksimisykkeen ja laktaattipitoisuuden yhteys.

Ryhmien ja yksittäisten urheilijoiden subjektiivisia tuntemuksia sekä fysiologisia muuttujia tutkittiin myös laadullisella luokittelulla, jonka pohjalta suoritettiin vielä kuvailua ja pohdintaa fysiologian ja psykologisten aspektien mahdollisista yhteyksistä. Borgin asteikon ja sanallisten tuntemusten yhteyttä tutkittiin vertailemalla niiden antamaa informaatiota. Laktaatteja sekä sykkeitä verrattiin myös sanallisiin tuntemuksiin väsymyksestä laadullisilla menetelmillä.

7.2 Tutkimuksen luotettavuus

Urheilijoiden antropometriset muuttujat (rasvaprosenttia lukuun ottamatta) olivat urheilijoiden omia ilmoituksia asiasta. Kukaan urheilijoista tuskin haluaa johdattaa tahallaan tutkijaa harhaan, koska sille ei ole mitään perusteltavaa syytä, sillä kaikki ryhmän urheilijoista ovat selvästi suomalaisten miesten keskimittaa pidempiä, painoluokitusten mukaan keskipainoisia, mutta kuitenkin fysiologisessa mielessä laihoja. Esitietolomakkeen kyselyosassa kysytyt tiedot ennätöksistä juoksulajeissa sekä 10-ottelussa on tarkastettu Tilastopaja Oy:n www-sivuilta, joten tämäkin virhelähde on suljettu pois.

Urheilijat olivat motivoituneita tutkimuksen suorittamiseen, sillä he saavat tutkimuksesta tarkan palautteen, jota he voivat hyödyntää harjoittelussaan. Lisäksi tutkimus suoritettiin keskellä harjoituskautta, joten kukaan ei ollut valmistautumassa esimerkiksi kilpailuihin ja tehnyt tutkimusta vastentahtoisesti, vaan kaikki saivat tehtyä tutkimuksen lisäksi myös varsin hyvin harjoituskauden siihen vaiheeseen sopivan juoksuharjoituksen. Täten voidaan olettaa, että urheilijoiden antama informaatio väsymyksen tuntemuksista on todellinen.

Suorittamani jako ryhmiin muodostaa tietynlaisen virhemahdollisuuden, sillä urheilijoiden erot pitkien juoksulajien ennätöksissä olivat joissakin tapauksissa varsin marginaalisia, ja muodostunut jako onkin tältä osin hieman teennäinen. Yksi hankala raja-tapaus löytyi 400 metrin juoksun ennätystä painotettaessa. Käytännössä ero 400 metrin ennätöksissä kahdella eri ryhmään sijoitetulla urheilijalla oli niin mitätön, että heidän sijoittamisensa eri ryhmiin oli enemmänkin tarpeen tilastollisia analyysejä varten, kuin siitä syystä että heillä olisi 400 metrin juoksukyvyssä todellista eroa.

Fysiologisten mittausten osalta voidaan todeta, että mittaukset sujuivat ennalta suunnitellusti ja näin ollen niitä voidaan pitää reliaabeleina ja valideina. Mitään ongelmia ei ollut näytteidenotossa, tallentamisessa tai analysoimisessa. Laktaattimittaukset fysiologisena mittarina ovat entsyymimenetelmällä toteutettuina erittäin luotettavia, sillä virhelähteitä laktaattien mittaamisessa ei ole, kunhan verinäytettä on riittävästi. EBIO Plus laitteisto oli kalibroitu juuri ennen tutkimusta ja ennen analysointia kolmesti tehty reagenssimittaus antoi tulokseksi aina saman laktaattiarvon (kolmen peräkkäisen reagenssimittauksen $r = 1.00$).

Juoksujen etenemisnopeudet olivat tarkkoja, sillä valojänis toimi suunnitellusti ja täten eri ryhmien juoksijoiden ajat ovat keskenään vertailukelpoisia. Lisäksi kaikki juoksijat pystyivät suorittamaan testin niin kuin pitikin, eli eri ryhmien urheilijoiden etenemisnopeudet juoksuissa ovat vertailukelpoisia. Sykemittarit toimivat lähes moitteettomasti. Yhdellä urheilijalla yhden juoksun aikana sykemittari otti häiriöitä jostakin sähkölaitteesta ja siksi tämä juoksu kyseisen urheilijan kohdalta jätettiin analysoimatta.

Myös Borgin asteikkoa voidaan pitää fysiologisena mittarina ja sen luotettavuus onkin todistettu lähes fysiologisilta mittareilta vaadittuun tapaan (esim. sykkeen ja RPE arvon korrelaatio kestotyypisessä kuormituksessa on noin $r = .80$) ja näin ollen tutkimuksen tuloksia voidaan pitää tältä osin luotettavina. Ja voidaan ajatella, että asteikko kuvaa luotettavasti juuri senhetkistä urheilijoiden kokonaiskuormittumisen tasoa. Tässä tutkimuksessa sykkeen ja RPE-arvon korrelaatio on yksi tulos, sillä intervallityypisessä kuormituksessa 10-ottelijoilla ei aikaisemmin ole tutkittu sykkeen ja RPE:n korrelaatiota.

Rasvaprosentin mittaamisen luotettavuutta lisää se, että mittaaja pysyi kokoajan samana. Rasvaprosentin mittaamisen luotettavuus niin sanotulla pihtimenetelmällä suoritettuna on varsin heikko, mutta toisaalta tuloksiakin käsitellään aina vain suuntaa antavina. Ainoa tieteellisen kritiikin kestävä ja siten riittävän luotettava keino rasvaprosentin mittaamiseksi on vedenalaispunnitus taikka magneettitutkimus kehon koostumuksesta.

Tilastollisten analyysien tekoa haittaa koeryhmien pieni koko ($n=6+6$), tämän takia tulokset saattavat jäädä joltain osin suuntaa antavaksi kuvailuksi ja tendenssien etsimiseksi, eli tilastollisesti merkitsevien erojen saamiseksi esille ryhmien keskiarvojen on oltava erittäin heterogeeniset. Toisaalta taas liikuntabiologiseen tutkimusprotokollaan peilattuna koeryhmät ovat kohtuullisen kokoisia. Lisäksi juoksu suorituksia ja näistä saatua numeraalista informaatiota tuli kuitenkin varsin mittava määrä, koska jokainen urheilija juoksi yhteensä 12 juoksua (juoksuja kertyi yhteensä 144).

Laadullisessa tutkimuksen osassa luotettavuuden arviointi ei ole yksiselitteistä, koska laadullisen tutkimuksen käsitys totuudesta eroaa perinteisen tutkimuksen totuuskäsityksestä. Laadullisessa tutkimuksessa ei katsota olevan yhtä ainoaa totuutta, vaan oletuksena on, että olemassa on useita totuuksia, joista tutkimus tarjoaa vain tietyn näkökulman ilmiöön. (Tynjälä

1991, 388.) Laadulliselta osaltaan tutkimukseni ei voi olla, eikä pyrikään olemaan absoluuttisen objektiivinen, vaan tutkija työstää omalla ajattelullaan ja pohdinnallaan kyselyn antamaa informaatiota, ja täten tutkijan vaikutus tuloksiin on merkittävä - kuten laadullisen tutkimuksen osalta aina. (Patton 1990, 461). Syrjäläinen (1994, 101) muistuttaakin, että laadullisen tutkimuksen pahimpia luotettavuusuhkia ovat tutkijan omat johtopäätökset ja sympatit sekä antipatit tutkimusta kohtaan.

Lincolnin ja Guban (1985, 300) mukaan objektiivisuus ja neutraalisuus on laadullisessa tutkimuksessa siirretty tutkijasta aineistoon. Laadullisen tutkimuksen piirteisiin kuuluu rikas ja syvällinen yritys ymmärtää ja työstää tieteellisen ajattelun, sekä tutkijan omien ajatusprosessien ja kokemusten kautta saatu aineisto tieteellisesti hyväksyttävään muotoon (Hirsjärvi ym. 1997, 253-256).

Tutkimukseni laadullisen osan luotettavuutta lisää se, että urheilijoiden tuntemusten kirjaamisen sekä RPE-arvon merkitsemisen ja sarjan viimeisen juoksun loppumisen välillä kului aikaa vain sen verran kun verinäytteen ottaminen kesti (eli kyse on muutamista sekunneista). Täten voidaan olettaa että, urheilijoiden tuntemukset väsymyksestä eivät olleet ehtineet vielä muuttua palautumisen vaikutuksesta. Laadullisen osan luotettavuutta on pyritty lisäämään myös erilliselle paperille tehdyllä luokittelulla koehenkilöiden antamista sanallisista tuntemuksista kaikissa juoksusarjoissa. Tämän luokittelun pohjalta urheilijat on sijoitettu eri luokkiin kaikkien kolmen juoksusarjan osalta. Luokittelu selkiyttää ja helpottaa laadullisen aineiston analysoimista ja käsittelyä, kun samantyyppisiä tuntemuksia ilmoittaneet urheilijat on luokiteltu samaan luokkaan. Taulukko urheilijoiden antamista tuntemuksista löytyy liitteistä 4 ja 5. Kuvailua urheilijoiden tuntemuksista ja niihin mahdollisesti liittyvistä psykofysiologisista aspekteista on liitetty laadullisessa osassa fysiologisten mittaustulosten lomaan. Lisäksi olen pyrkinyt kuvaamaan mahdollisimman tarkasti kaikkia tutkimuksen eri vaiheissa tehtyjä valintoja ja perustelemaan näitä.

8 TULOKSET

8.1 Parempien ja heikompien juoksijoiden antropometriset erot

Antropometriset mittaukset osoittavat kymmenottelijoiden olevan suomalaisten miesten keskimittaa pidempiä. Ryhmien pituuksien keskiarvojen erojen tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin t-testillä. Ryhmien pituuksien keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.963$), vaan ryhmien keskiarvot ovat likimain yhtä suuret. Kymmenottelijat ovat painoluokitusten mukaan keskipainoisia. Ryhmien keskiarvojen ero kehonpainossa ei yltänyt tilastollisesti merkitseväksi ($p=.137$). Huolimatta siitä, että 10-ottelijat ovat keskipainoisia he ovat kuitenkin fysiologisesti ajateltuina laihoja. Ryhmien rasvaprosenttien keskiarvojen ero ei muodostunut tilastollisesti merkitseväksi ($p=.285$).

TAULUKKO 4. Antropometriset muuttujat (t-testi).

ryhmä	n	ka	kh	t-arvo	p-arvo
Pituus (cm)					
R1	6	187,2	5,98	0.052	.963
R2	6	187,0	6,23		
Paino (kg)					
R1	6	85,5	2,81	1.307	.137
R2	6	81,3	6,65		
Rasvaprosentti (%)					
R1	6	8,2	1,1	1.001	.285
R2	6	8,9	1,1		

* $p<.05$ ** $p<.01$ *** $p<.001$

8.2 Parempien ja heikompien juoksijoiden ennätysten erot

Ryhmien kymmenottelun ennätyspisteiden keskiarvoissa on selkeä ero. Ryhmien 10-otteluennätysten keskiarvojen ero ei yllä kuitenkaan aivan tilastollisesti merkitseväksi

($p=.075$), mutta tendenssi on kuitenkin selvä. 100 metrin juoksussa ryhmien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=.026^*$), eli paremmat juoksijat ovat tilastollisesti merkitsevästi nopeampia kuin heikommät juoksijat. Myös 400 metrin juoksussa ryhmien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=.012^*$) eli paremmat juoksijat ovat tilastollisesti merkitsevästi nopeampia myös 400 metrin juoksussa kuin heikommät juoksijat. Ryhmien 110 metrin aitajuoksuennätysten keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.412$), eli ryhmien keskiarvot ovat likimain yhtä suuret. 1500 metrin juoksussa ryhmien keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.135$), eli keskiarvot ovat likimain yhtä suuret. Kuitenkin tendenssi on selvä myös tämän juoksulajin kohdalla.

TAULUKKO 5. Kymmenotteluennätysten ja juoksulajien ennätysten keskiarvot (t-testi).

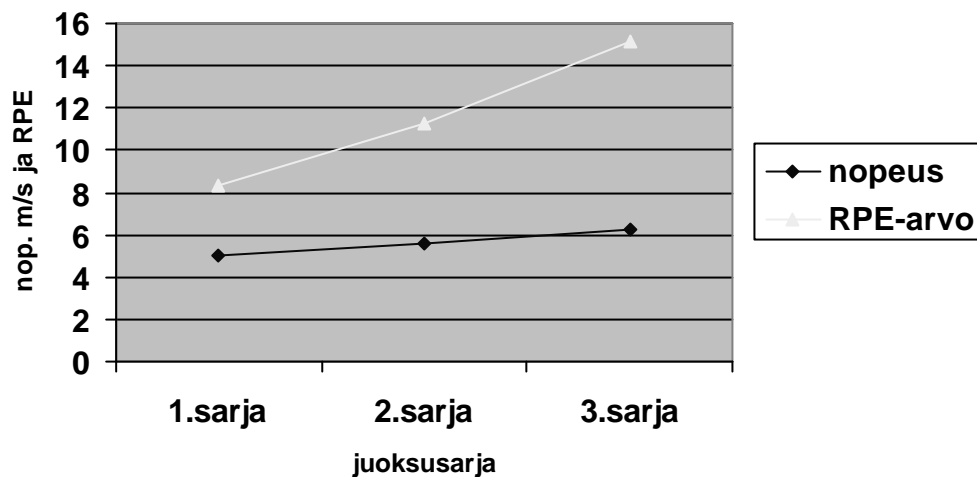
ryhmä	n	ka	kh	t-arvo	p-arvo
10-otteluennätykset (p.)					
R1	6	7695	472	1,999	.075
R2	6	7150	532		
100 metriä (s.)					
R1	6	10.90	0.17	2.386	.026*
R2	6	11.31	0.34		
400 metriä (s.)					
R1	6	49.78	0.66	2.837	.012*
R2	6	52.04	1.68		
110 m aidat (s.)					
R1	6	14.85	0.32	0.428	.412
R2	6	15.08	1,15		
1500 metriä (min / s.)					
R1	6	4.43	8,9	1.382	.135
R2	6	5.08	15,4		

* $p<.05$ ** $p<.01$ *** $p<.001$

8.3 Väsymyksen kokeminen (RPE) kolmessa juoksusarjassa

RPE-asteikolla mitattu väsymyksen kokeminen nousi selvästi jokaisessa juoksusarjassa. Koko

koeryhmän (paremmat ja heikommät juoksijat yhdessä) RPE keskiarvo ensimmäisessä juoksusarjassa oli 8,3. Toisessa juoksusarjassa koko koeryhmän RPE keskiarvo oli 11,3 ja kolmannessa juoksusarjassa 15,1. Juoksujen etenemisnopeuden nousu lisäsi siis juoksemisen koettua kuormittavuutta urheilijoilla.



KUVIO 4. RPE-keskiarvot ja juoksunopeus kolmessa juoksusarjassa.

Molemmat ryhmät kokivat ensimmäisen sarjan juoksut lähes yhtä väsyttävinä. Ryhmien keskiarvojen ero RPE-arvoissa ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=0.315$) eli keskiarvot ovat likimain yhtä suuret. Tulos ei ollut odotetun kaltainen RPE-arvojen osalta tässä ensimmäisessä juoksusarjassa, sillä juoksulajien ennätysten mukaan heikompi ryhmä arvioi väsymyksensä hieman vähäisemmäksi kuin parempi ryhmä.

Molemmat ryhmät kokivat myös toisen sarjan juoksut lähes yhtä väsyttävinä. Ryhmien keskiarvojen ero ei muodostunut tilastollisesti merkitseväksi ($p=0.228$). Merkittävää on kuitenkin keskiarvojen kääntyminen päinvastaisiksi kuin ensimmäisen juoksusarjan jälkeen. Eli paremmat juoksijat kokivat toisen juoksusarjan vähemmän kuormittavana kuin heikommät juoksijat, ero väsymyksen kokemisen keskiarvoissa ei ole tilastollisesti merkitsevä, mutta osoittaa kuitenkin tuntemusten muuttumista heikommilla juoksijoilla väsymyksen suuntaan.

Ryhmät kokivat kolmannenkin juoksusarjan juoksut lähes yhtä väsyttävinä. Ryhmien

keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.876$), vaan keskiarvot ovat likimain yhtä suuret. Yllättävää on tässä kolmannessa sarjassa keskiarvojen muodostuminen hyvin samanlaisiksi. Oletettavaa olisi, että juoksulajien ennätyksissä havaitut tilastollisesti merkitsevät erot ryhmien välillä (400 metrin ennätykset R1 / R2 $p=.012^*$) näkyisivät jollakin tavalla väsymyksen kokemisessa. Tulosten mukaan heikompi ryhmä koki kolmannen juoksusarjan taas hieman parempaa ryhmää helpommaksi, eli keskiarvot kääntyivät jälleen päinvastaisiksi toiseen juoksusarjaan verrattuna.

TAULUKKO 6. Väsymyksen kokemisen (RPE) keskiarvot kolmessa juoksusarjassa (t-testi).

ryhmä	n	ka	kh	t-arvo	p-arvo
1. sarja					
R1	6	8,83	0,98	0.798	.315
R2	6	7,83	1,08		
2. sarja					
R1	6	11,0	1,21	1.104	.228
R2	6	11,5	1,05		
3. sarja					
R1	6	15,25	1,94	0.202	.876
R2	6	15,00	1,97		

* $p<.05$ ** $p<.01$ *** $p<.001$

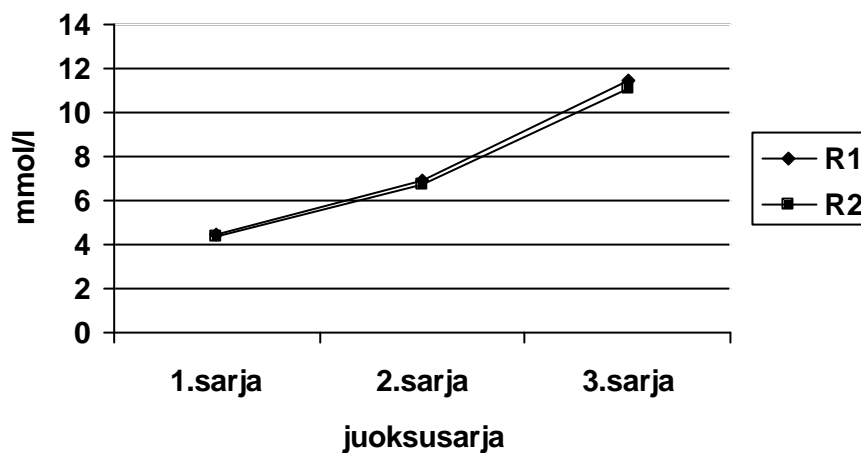
8.4 Laktaattipitoisuudet ja sykereaktiot kolmessa juoksusarjassa

8.4.1 Laktaattipitoisuudet

Laktaattipitoisuudet nousivat koko koeryhmällä jokaisessa juoksusarjassa. Koko koeryhmän laktaattipitoisuuden keskiarvot olivat ensimmäisessä juoksusarjassa 4,5 mmol/l. toisessa juoksusarjassa 6,8 mmol /l ja kolmannessa juoksusarjassa 11,3 mmol/l. Parempien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa ensimmäisen juoksusarjan jälkeen oli 4,5 mmol /l. ja heikompien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa oli 4,4 mmol/l. Ryhmien keskiarvojen ero ei muodostunut tilastollisesti merkitseväksi ($p=.371$).

Parempien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa toisen juoksusarjan jälkeen oli 6,9 mmol/l. ja heikompien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa oli toisen juoksusarjan jälkeen 6,7 mmol/l. Ryhmien keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.514$).

Parempien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa oli kolmannen juoksusarjan jälkeen 11,5 mmol /l. ja heikompien juoksijoiden keskiarvo laktaateissa kolmannen juoksusarjan jälkeen oli 11,1 mmol /l. Ryhmien keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p=.630$).



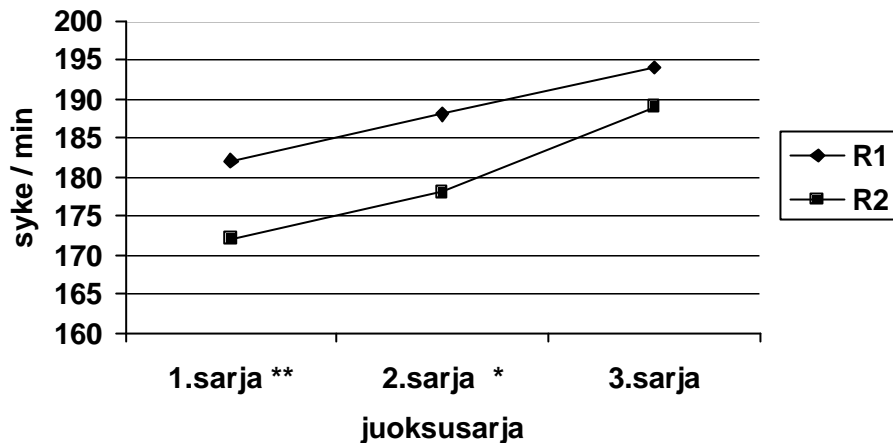
KUVIO 5. Ryhmien laktaatit kolmessa juoksusarjassa.

8.4.2 Sykereaktiot

Myös sykereaktiot nousivat koko koeryhmällä jokaisessa juoksusarjassa. Ensimmäisessä juoksusarjassa koko koeryhmän keskiarvo oli 177 lyöntiä minuutissa, toisessa juoksusarjassa 183 lyöntiä minuutissa ja kolmannessa juoksusarjassa 192 lyöntiä minuutissa. Parempien juoksijoiden maksimisykkeiden keskiarvo ensimmäisessä juoksusarjassa oli 182 lyöntiä minuutissa ja heikompien juoksijoiden maksimisykkeiden keskiarvo oli 172 lyöntiä minuutissa. Ryhmien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=.002^{**}$).

Parempien juoksijoiden keskiarvosyke toisessa juoksusarjassa oli 188 ja heikompien juoksijoiden keskiarvosyke 178. Ryhmien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=.022^{*}$).

Parempien juoksijoiden keskiarvosyke kolmannen juoksusarjan jälkeen oli 194 ja heikompien juoksijoiden sykekeskiarvo 189. Keskiarvojen ero ei yllä aivan tilastollisesti merkitseväksi ($p=.066$), mutta on kuitenkin suuntaa antava.



KUVIO 6. Sykereaktiot kolmessa juoksusarjassa ja niiden tilastollinen merkitsevyys (t-testi).

Yllättävää on, että heikommilla juoksijoilla sekä laktaatit että sykereaktiot olivat keskiarvoina alempana jokaisessa juoksusarjassa. Erot laktaateissa eivät kuitenkaan yltäneet tilastollisesti merkitseviksi missään sarjassa. Sen sijaan sykereaktioiden kohdalla tilanne oli täysin toinen, sillä kolmatta juoksusarjaa lukuun ottamatta heikompien juoksijoiden sykereaktiot olivat tilastollisesti merkitsevästi alhaisemmat kuin paremmilla juoksijoilla.

8.5 Sykkeen yhteydet RPE:hen kolmessa juoksusarjassa

Sykereaktioiden ja koetun väsymyksen yhteyksiä tutkittiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimen avulla. Sykereaktioiden yhteys RPE:hen ensimmäisessä juoksusarjassa oli heikkoa. RPE:n ja sykereaktioiden korrelaatio oli $r = .37$. Sykereaktioiden ja RPE:n korrelaatio toisessa juoksusarjassa oli $r = .40$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Sykereaktioiden ja RPE:n korrelaatio oli kolmannessa juoksusarjassa $r = .51$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio.

TAULUKKO 7. Sykereaktioiden ja RPE-arvojen korrelaatiot kolmessa juoksusarjassa.

RPE / Syke	1.sarja	2.sarja	3.sarja
1.sarja	.37		
2.sarja		.40	
3.sarja			.51

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

Huomioitavaa on korrelaatioiden nousu koko testin ajan eli sykereaktioiden yhteydet RPE:hen vahvistuvat juoksujen tehon noustessa. Merkittävää kuitenkin on sykkeen ja RPE-arvojen korrelaatioiden jääminen noin alhaisiksi kolmannessakin juoksusarjassa, sillä RPE:n ja sykkeen korrelaation on todettu olevan kesto-suorituksissa korkea (noin $r = .80$). Intervallikuormituksen luonne sekä sykereaktioiden mittaustapa selittää alhaiset korrelaatiot. Tavallisesti RPE-asteikkoa sykereaktioihin verrattaessa käytetään sykearvona niin sanottua steady state - sykettä. Steady state – sykkeeseen verrattuna korkein hetkellinen syke yliarvioi kuormituksen.

8.6 Laktaattipitoisuuden yhteydet RPE:hen kolmessa juoksusarjassa

Laktaattiarvojen ja RPE:n korrelaatio ensimmäisessä sarjassa oli $r = .07$, joka on heikko positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja RPE:n korrelaatio toisessa juoksusarjassa oli $r = .49$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja RPE:n korrelaatio kolmannessa juoksusarjassa oli $r = .80$, joka on voimakas positiivinen korrelaatio.

TAULUKKO 8. Laktaattiarvojen ja RPE:n korrelaatiot kolmessa juoksusarjassa.

RPE / Laktaatti	1.sarja	2.sarja	3.sarja
1.sarja	.07		
2.sarja		.49	
3.sarja			.80**

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

Huomioitavaa on korrelaatioiden huima nousu juoksuvauhtien kasvaessa ($r = .07-.80$). Tällaisesta intervallikuormituksesta ei ole olemassa aikaisempaa vertailuaineistoa, mutta tulos on odotetun kaltainen, sillä oletettavaa on että laktaattiarvojen ja väsymyksen kokemisen korrelaatio nousee, kun rasiustasokin nousee. Tämä osoittaa että Borgin asteikko todella mittaa luotettavasti kokonaisväsymyksen kokemista.

8.7 Laktaattipitoisuuden ja sykkeen yhteydet kolmessa juoksusarjassa

Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden korrelaatio ensimmäisessä juoksusarjassa oli $r = .63$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden korrelaatio toisessa juoksusarjassa oli $r = .77$, joka on voimakas positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden korrelaatio kolmannessa juoksusarjassa oli $r = .69$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio.

TAULUKKO 9. Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden korrelaatiot kolmessa juoksusarjassa.

Laktaatti / Syke	1.sarja	2.sarja	3.sarja
1.sarja	.63*		
2.sarja		.77**	
3.sarja			.69*

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

Laktaattiarvojen ja sykkeiden korrelaatio on korkea jokaisessa sarjassa. Eli voidaan sanoa, että molemmat fysiologiset väsymyksen osoittimet käyttäytyvät samantyyppisesti intervallikuormituksessa.

8.8 Koettu väsymys kolmessa juoksusarjassa

Tässä tutkimuksen laadullisessa osassa teen läpileikkauksen urheilijoiden sanallisista tuntemuksista sekä fysiologisten mittareiden yhteyksistä näihin. Olen luokitellut laadullisen

aineiston jokaisen juoksusarjan osalta luokkiin, jotka tulivat selvästi esiin sanallisissa tuntemuksissa. Samalla pyrin johdattamaan lukijaa väsymyksen tunteen ymmärtämiseen ja tarjoamaan selitysmalleja tuntemuksille väsymyksestä tiettyjen psykofysiologisten taustatietojen avulla. Pyrin myös peilaamaan fysiologisten muuttujien syy-seuraus - suhteita psyykkisiin tuntemuksiin väsymyksestä. Myös ryhmien välisiä mahdollisia eroja tutkitaan tässä osassa tutkimusta. Tulosten tulkinta ja urheilijoiden tuntemukset etenevät vuoropuheluna, jotta lukijan on helppo seurata ja ymmärtää väsymyksestä löytyviä psykofysiologisia аспекteja.

8.8.1 Ensimmäinen juoksusarja

“Jotain ongelmia”

R1a: “jaloissa ei tunnu mitään, mutta henkeen ottaa kummallisesti”

Tämän urheilijan kohdalla voidaan sanoa, että varsinaista väsymystä urheilija ei ensimmäisten neljän juoksun jälkeen vielä tuntenut, mutta hengityselimistön kuormittuminen on selkeästi havaittavissa. Hengityselimistön ärsyntyminen onkin yksi merkittävä tekijä, kun juostaan sisähallissa, jossa ilma on yleensä varsin kuivaa. Jo tässä kommentissa tulee hyvin esiin intervallityyppisen kuormituksen vaikutus ihmisen fysiologisissa toiminnoissa (“henkeen ottaa”) mutta toisaalta myös sen fyysinen helppous (“jaloissa ei tunnu mitään”). On paljon helpompaa juosta 800 metriä 200 metrin osissa, pitäen lyhyt tauko juoksujen välissä, kun että juoksisit tuon 800 metriä yhtäjaksoisesti. Intervallityyppinen kuormitus on “salakavalaa” eli urheilija ei välttämättä tiedosta heti omaa kuormittumistaan - ainakaan samalla tavalla kuin silloin kun kyse on yhtäjaksoisesta kesto-suorituksesta.

Kuitenkin tiettyjen fysiologisten muuttujien vasteet saattavat intervallityyppisessä harjoittelussa olla korkeammat (ainakin nopeus- ja nopeusvoimalajien urheilijoilla) kuin kesto-tyyppisessä juoksemisessa. Jo tässä ensimmäisessä sarjassa sykereaktio kyseisellä urheilijalla (R1a) viimeisen juoksun jälkeen oli 181 lyöntiä minuutissa, laktaatti arvo 5,7 ja Borgin asteikolla ilmoitettu väsymyksen kokeminen 8 (sanallinen vaste hyvin kevyt).

Intervallikuormituksen aiheuttamat sykereaktiot ovat ylimitoitettuja kuormituksen kokemiseen verrattuna peilattuna esimerkiksi siihen, että kestotyypisessä työssä sykkeen karkea arviointi saatiin kertomalla RPE-arvo kymmenellä. Tässä tapauksessa tuolla laskutavalla toteutettuna urheilijan sykkeen tulisi olla siis 80 (RPE-arvo 8), eli intervallityyppisen työn syke oli tällä urheilijalla noin sata lyöntiä minuutissa korkeampi kuin RPE-arvo antaisi olettaa. Huomioitavaa on toki myös se, että intervallikuormituksessa käytetään viimeisen juoksun jälkeen mitattua maksimisykettä fysiologisen kuormittuneisuuden arviointiin, ja RPE-taulukko on tarkoitettu käytettäväksi nimenomaan kuormituksessa, jossa syke ehtii vakiintua tietylle kuormituksen suuruutta vastaavalle tasolle (niin sanottu sykkeen steady state-taso), jollaista ei siis saavuteta missään vaiheessa intervallikuormituksen aikana. Kuitenkin RPE-asteikkoa voidaan pitää luotettavana elimistön kokonaiskuormituksen mittarina, joka varmasti näin ollen kertoo myös intervallikuormituksen väsymysvaikutuksista.

R1b: “ selkään sattuu, ei väsyttä ”

Tämä sama asia näkyy ja toistuu aineistossa läpi koko tutkimuksen ja leirin jälkeen tehdyissä lääketieteellisissä tutkimuksissa syykin selkäkipuun selvisi. Tämän urheilijan psykofysiologinen kuormittuneisuus näytti sanallisissa tuntemuksissa peittyvän jo tässä ensimmäisessä juoksusarjassa voimakkaasti selän kiputilan varjoon. Fysiologiset muuttujat olivat ensimmäisen juoksusarjan jälkeen: syke 186 lyöntiä minuutissa, laktaatti arvo 4,1 ja Borgin asteikon numero 10 (sanallinen vaste kevyt).

Kun verrataan R1a:n ja R1b:n väsymyksen kokemista (RPE) niin huomataan, että selkäivuista kärsivällä (R1b) RPE on kaksi numeroa korkeampi kuin ryhmän parhaalla (R1a) juoksijalla. Sykkeet ovat R1b:llä 5 lyöntiä korkeammat kuin R1a:lla, mutta laktaattiarvot ovat muodostuneet selkeästi alhaisemmiksi kuin R1a:lla. Eli tässäkin on havaittavissa RPE:n ja sykkeiden muotoutumista erityyppisiksi kuin kesto-suorituksissa. Kun ajatellaan selkäkipua, voi niitä kokenut ymmärtää, että se voi nostaa väsymyksen kokemista, sillä kivullahan on todettu olevan voimakkaita psykofysiologisia vasteita, kuten esimerkiksi pahoinvointi, kipushokki tai tajunnan menetys (Sakari Orava 2002. Suullinen tiedonanto).

Fysiologisessa mielessä jo tässä vaiheessa on yllättävää RPE:n ja sykkeiden isot erot, sillä

aikaisemmissa tutkimuksissa RPE:n ja sykkeen korrelaation on todettu olevan korkea (noin $r = .80$). Tässä tutkimuksessa korrelaatio ensimmäisessä juoksusarjassa on ($r = .37$). Toisaalta tämä liittyy juuri siihen, että sykevaste intervallityyppisessä työssä muodostuu suureksi, johtuen suurelta osin todennäköisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön reflektorisen säätelyn suuresta kuormittumisesta työ- ja palautusjaksojen vaihdellessa tiuhaan. Tämä seikka on nimenomaan merkittävin asia, kun ajatellaan sitä miksi nopeus- ja voimalajien urheilijat käyttävät pääasiassa intervallityyppistä kestävyysharjoittelua: tietyiltä osin harjoitusvasteet saattavat olla jopa kestotyypistä harjoittelua korkeammat. Käytännön kokemuksina on lisäksi havaittu, että intervallit eivät heikennä nopeata voimantuottoa yhtä selkeästi kuin kestotyypinen harjoitustapa, ja juostavat vauhdit pysyvät riittävän kovina, jotta juoksutekniikka palvelee myös nopeata juoksua.

“Ei väsyttä”

Tähän luokkaan kuuluivat ensimmäisen sarjan jälkeen koehenkilöjoukon kaikki loput urheilijat. Seuraavassa muutamia poimintoja sanallisista tuntemuksista ensimmäisen sarjan jälkeen. Mukaan mahtui kuitenkin muutamia mielenkiintoisia seikkoja.

R1c: “ tota joo, eipä paljon tunnu miltään - aika helppoo on ”

R1c:n fysiologinen kuormittuneisuus näytti ensimmäisen juoksusarjan jälkeen seuraavalta: syke 180, laktaatti arvo 4,7 ja RPE 10 (sanallinen vaste kevyt). Jo tässä vaiheessa voidaan sanoa, että tarkastelemalla pelkästään fysiologisia arvoja juoksijoiden juoksulajien ennätykset olisi voitu arvioida myös toisenlaisiksi. Koettu väsymysluku tällä juoksijalla oli 10 ja sekä sykkeet että laktaatit olivat samansuuntaisia kuin ryhmän muillakin urheilijoilla.

Myös R1c:n tulosten pohjalta ensimmäisen sarjan jälkeen havaitaan, että laktaattiarvot ja koettu väsymys sekä RPE-mittarilla että tuntemuksina esitettyinä ovat hyvin samantyyppisiä, kun taas sen sijaan sykkeet muodostuvat korkeiksi verrattuna sekä laktaatteihin että varsinkin koettuun väsymykseen ja sanallisiin tuntemuksiin väsymyksestä. Sykereaktionä esimerkiksi 180 lyöntiä minuutissa on varsin korkea, mutta silti koettu väsymys tai sanalliset tuntemukset

ovat tyyppiä “hyvin kevyt” tai “ei väsyttä”.

R2c: “helppoo kun heinänteko, ei ongelmia”

R2c:n fysiologiset muuttujat muodostuivat seuraaviksi R2c:llä: syke 174, laktaatti arvo 4,6 ja RPE 6 (sanallinen vaste hyvin, hyvin kevyt). Eli sekä fysiologisten muuttujien että omien tunteustensa perusteella R2c oli ensimmäisen sarjan jälkeen erittäin hyvävoimainen. Tämä on varsin yllättävää, sillä aikaisemmissa testitilanteissa kyseinen urheilija on osoittautunut varsin heikoksi juuri tämän tyyppisessä juoksemisessa.

R2a: “ ihan jees, ei mitään valittamista, hyvin kulki”

Fysiologiset muuttujat R2a:lla olivat seuraavat: syke 173, laktaatti arvo 4,4 ja RPE 9 (sanallinen vaste hyvin kevyt). Merkillepantavaa R2a:n tuloksissa ensimmäisen sarjan jälkeen on, että syke on varsin alhaalla ja laktaattiarvot muiden tasolla, mutta RPE on kuitenkin kolme numeroa korkeampi kuin esimerkiksi R2c:llä. R2a:lla havaitaan jo tässä kommentissa tunteustensa muotoutuvan tunteustensa lisäksi teknisen suorittamisen kautta (“ ei valittamista, hyvin kulki”). R2a onkin urheilijana omia suorituksiaan varsin kriittisesti arvioiva, ja usein tämä itsearviointi perustuu nimenomaan tekniseen suorittamiseen.

Ensimmäisen juoksusarjan tunteustensa sanallisten arvioiden tuloksissa ei tullut vastaan mitään yllättävää. Ellei R1a:n “henkeen ottaa” ja R1b:n “selkään sattuu” sekä R2c:n “helppoo kuin heinänteko” ilmoituksia luokitella sellaisiksi. Ensimmäisen sarjan tuleekin olla tunteustensa puolelta erittäin helppo, sillä mikäli jo ensimmäisessä sarjassa tuntuisi pahalta ja tunteustensa väsymyksestä ilmenisi, olisi enemmän kuin todennäköistä että seuraavien sarjojen vauhtien juokseminen muodostuisi mahdottomaksi. Ensimmäisen sarjan jälkeen ei havaittu psykologisessa mielessä merkittäviä väsymysvaikutuksia, vaan kaikki urheilijat olivat psykologisten tunteustensa perusteella hyvävoimaisia.

Fysiologisesti ajatellen kuormittumista varmasti tapahtui jo ensimmäisessä juoksusarjassa (urheilijoiden fysiologiset muuttujat vaihtelivat seuraavasti: sykkeet 173-186, Bla 4,1-5,7 ja

RPE 6-10). Väsymyksen on todettu olevan myös kumuloituvaa eli kasautuvaa ja oletettavaa on, että toisessa sarjassa urheilijoilla alkaa jo esiintyä psykofysiologista väsymistä.

Mielenkiintoista on, että ryhmien välillä havaittu ero kääntyi niin, että ainoat koehenkilöt, jotka ilmoittivat joistain ongelmista kuuluivat parempien juoksijoiden ryhmään (R1). Kyseiset urheilijat ovat koko joukon parhaita juoksijoita. Väsymyksen tuntemuksissa tai fysiologisissa muuttujissa ei sen sijaan ollut mitään eroja koehenkilöiden välillä - ainakaan vielä ensimmäisen juoksusarjan jälkeen. Pikemminkin heikommalla ryhmällä sekä tuntemukset että myös fysiologiset mittaukset ilmoittivat vähäisemmästä kuormittumisesta kuin paremmilla juoksijoilla.

8.8.2 Toinen juoksusarja

“Jotain ongelmia”

R1a: “jaloissa ei tunnu, mutta meinaa yskittää”

Toisessa sarjassa R1a:n tuntemukset ovat samantyyppisiä kuin ensimmäisessäkin sarjassa. Henkeen ottaminen on vain muuttunut yskimiseksi. Fysiologiset muuttujat olivat seuraavat: syke 187, laktaatti 7,7 ja RPE 10 (sanallinen vaste kevyt). Mielenkiintoista on RPE:n ja laktaattien tasainen nousu (8-10 ja 5,7-7,7) ja se että lähes 8 millimoolin / litra laktaattitasolla tuntemukseksi ilmoitetaan “kevyt” tai “jaloissa ei tunnu”. Todennäköisesti tässä tapauksessa kyse on siitä, että kyseisen urheilijan laktaatintuottokyky (anaerobinen kapasiteetti) on hyvä ja hän on tottunut korkeisiin laktaattipitoisuuksiin. Esimerkiksi jonkin kestävyyslajin urheilija ei välttämättä pystyisi edes tuottamaan laktaattia näin paljon, tai jos pystyisi niin RPE saattaisi olla 20, joten väsymyksen kokeminen on todellakin sekä yksilöllistä että voimakkaasti riippuvaista harjoitustaustasta ja aineenvaihduntakapasiteetista.

R1b: “vihloo selkään niin pirusti”

R1b:n sanallisissa tuntemuksissa korostuu edelleen selkäkipu ja sen hän myös tuo selkeästi

esille. Tuntemusten muodon voidaan havaita kuitenkin muuttuneen huomattavasti ensimmäisestä sarjasta. Liukkosen ym. (1997, 12-14) tutkimuksessa väsymisen ja ylikuormittumisen yhteydessä tapahtuva ärsyyntyminen näkyy tämän urheilijan tuntemuksissa selvästi. Mukaan tuntemuksiin on tullut selkeä negatiivinen sävy, joka ilmenee muun muassa sanavaraston muuttumisena kirosanujen suuntaan. Tosin tässä tapauksessa perimmäinen syy lienee kuitenkin selkäkipu, mutta myös väsymisellä on varmasti oma vaikutuksensa.

Fysiologiset mittaukset olivat seuraavanlaiset: syke 187, laktaatti 7,4 ja RPE 12 (sanallinen vaste hieman kuormittava). Laktaateissa on tapahtunut selvä nousu ensimmäisestä sarjasta (4,1-7,4), mutta sykereaktio juoksujen jälkeen on lähes sama (186-187) kuin ensimmäisessä sarjassa. RPE-arvo on noussut 2 numeroa (10-12). Voidaan kuitenkin todeta, että urheilijan RPE on noussut sanallisiin tuntemuksiin verrattuna vain vähän, ja tuo kahden numeron nousu on vielä varsin pieni. Laktaatin ja sykkeen nousun suhteen perusteella voidaan sanoa tämän toisen sarjan jo olleen selkeän anaerobinen R1b:lle, sillä sykereaktion vähäinen kasvu kertoo suunnilleen saman suuruisesta hapenkulutuksesta (aerobisesta aineenvaihdunnasta) toisessa sarjassa kuin ensimmäisessäkin. Sen sijaan selvä nousu laktaateissa on merkki anaerobisen aineenvaihdunnan tehostumisesta, sillä mikäli hapen avulla (aerobisesti) tuotettu energiamäärä pysyy lähes tulkoon samana, niin ainoaksi lisäenergian tuottoreitiksi jää anaerobinen aineenvaihdunta. Ja lisäenergiaa lisääntyneestä etenemisnopeudesta johtuen toisessa sarjassa täytyi myös tuottaa.

R2d: "Muuten ihan ok, mut ei rullaa vaan juoksu yhtään"

R2d:n fysiologinen profiili näytti toisen juoksusarjan jälkeen tältä: syke 170, eli koko joukon alhaisin, laktaatti 6,0 ja RPE-arvo 11 (sanallinen vaste kevyt). R2d:n kommentissa tulee ilmi selkeästi tekninen käsitys juoksemisesta, kun urheilija ilmoittaa tuntemuksinaan väsymyksestä, että juoksu ei rullaa, mutta muuten ok. Muuten ok ilmeisesti tarkoittaa hänen fyysistä sekä psyykkistä olotilaansa, mutta teknisessä suorittamisessa hän tuntee olevan selkeitä puutteita.

“Ei väsyttä”

R1c: “hyvin hikoo ja hengästyttää mut eipä viel väsyttä”

R1c:n tuntemukset ovat muuttuneet hieman väsymystä osoittavaan suuntaan, sillä hikoilu ja hengästyminen liitetään usein kuormittumiseen ja väsymykseen. Voidaankin sanoa, että sanallisissa tuntemuksissa on suuri ero ensimmäisen “eipä tunnu juuri miltään” ja toisen sarjan “hikoilemisen ja hengästyksen” välillä. R1c on persoonaltaan aina peruspositiivinen ja harvoin häneltä kuulee juurikaan valituksen sanoja oikeastaan mistään asiasta. Tämä seikka näkyy R1c:n vastauksissa läpi koko tutkimuksen. “Eipä viel väsyttä”-ilmauksesta voitaisiin sanoa, että varmasti urheilija on kokenut useasti huomattavasti kovempaakin väsymystä ja näin hän ilmeisesti vertaa väsymystään kovimpaan mahdolliseen kokemaansa väsymykseen.

Fysiologiset muuttujat olivat: syke 186, laktaatti 6,9 ja RPE 13 (sanallinen vaste hieman kuormittava). R1c:n fysiologiset muuttujat nousivat varsin tasaisesti ja ovat linjassa etenemisnopeuden lisääntymiseen. Mitään merkittävän nopeaa nousua ei tullut ilmi missään muuttujassa, joten fysiologisesti kyseinen urheilija jaksoi juoksut varsin hyvin.

R2b: “hengästyttää kyl, mut ei pahasti hapota tai väsyttä”

R2:n toiseksi paras juoksija koki toisen juoksusarjan näin. Merkillepantavaa verrattuna ensimmäiseen sarjaan on, että “hyvin menee” - tyyppiset kokemukset ovat muuttuneet “hengästyttää” - tyyppisiksi. Eli selkeätä kuormittumista on havaittavissa. Mielenkintoista on urheilijoiden keskuudessa hyvin yleinen “hapotuksen” tunteen ottaminen mukaan sanallisiin tuntemuksiin. Yleisesti voidaan sanoa, että silloin kun “hapotus”-tyyppiset ajatukset alkavat tulla ilmi, niin todennäköisesti urheilija tuntee maitohapon “kangistavan” lihaksiaan. En ainakaan usko, että “hapotus”-sana muutoin tulisi esille tuntemuksissa. Ja näyttäisikin siltä, että ensimmäisen juoksusarjan jälkeisissä tuntemuksissa kukaan ei vielä puhunut mitään “hapotuksesta”. Ja nyt toisen juoksusarjan jälkeen “hapotuksen” oireita alkoi ilmestyä lähes jokaiselle urheilijalle. Tämän asian voi näiden tuloksien pohjalta jopa yleistää niin, että kun hapotus-sana alkaa esiintyä urheilijan tuntemuksissa, väsymystä aletaan tuntea. Fysiologiset muuttujat olivat seuraavat: syke 185, laktaatti 6,6 ja RPE 12 (sanallinen vaste hieman

kuormittava).

“Tuntu jo”

R2c: “ vähän kovempi oli, tuntu”

R2c:n tuntemukset olivat erittäin helpot ensimmäisen sarjan jälkeen, johon verrattuna toisen sarjan tuntemukset olivat jo selkeästi erilaiset. Tämä seikka näkyy erityisesti RPE:ssä, joka nousi tässä toisessa sarjassa lukuun 12 (sanallinen vaste hieman kuormittava) (ensimmäisessä sarjassa RPE 6). Nousua voidaan toki selittää monilla muillakin tekijöillä kuin pelkästään väsymyksen tuntemusten rajulla nousulla, mutta osansa on varmasti myös väsymyksen lisääntymisellä.

Todennäköisesti R2c on arvioinut kuormittumisensa liian alhaiseksi ensimmäisen sarjan jälkeen (jonka tosin pitikin olla helppo), sillä R2c:n fysiologiset muuttujat ensimmäisessä sarjassa viestittivät samanlaista kuormittumista kuin muillakin koehenkilöillä. R2c:llä oli kuitenkin ainoana koehenkilöjoukosta ensimmäisen sarjan jälkeinen kuormittumisen taso niin alhainen kuin se RPE- asteikossa yleensä voi olla. Peilattuna siihen, että hän on koko joukon heikoin juoksija on oletettavaa, että tämä kokemus väsymyksestä ei ole todellinen. R2c:n fysiologiset muuttujat olivat toisen sarjan jälkeen seuraavat: syke 178, laktaatti 6,1 ja jo edellä mainittu RPE 12.

R2a: “ lopus tuntu jo aika tavalla”

R2:n paras juoksija antoi tällaisen sanallisen arvion väsymyksen tunteistaan toisen sarjan jälkeen. Ilmeisesti “lopus tuntu” - tarkoittaa sitä että viimeisen juoksuvedon loppupuolella hän koki itsensä jo aika väsyneeksi. Fysiologiset mittaukset osoittivat seuraavaa tämän toisen juoksusarjan jälkeen: syke 178, laktaatti 8,0 ja RPE 13 (sanallinen vaste hieman kuormittava). Huomioitavaa on, että laktaattiarvo kyseisellä juoksijalla on tämän toisen sarjan jälkeen koko joukon korkein ja noussut merkittävästi ensimmäisestä sarjasta (4,4-8,0). Kuitenkin urheilija toteaa RPE-asteikolla hieman kuormittava ja sanallisissa tuntemuksissa että ”tuntu jo aika

tavalla”. Näyttää siltä, että RPE-asteikon sanalliset vasteet ovat liian ”kevyitä” verrattuna urheilijoiden ilmoittamiin sanallisiin vasteisiin.

Sykereaktio sen sijaan on vielä varsin alhainen - tai sitten kyse on siitä, että tällä urheilijalla sykevaste kuormitukseen on kohtuullisen alhainen. Kyse voi myös olla siitä, että hänen maksimisykkeensä ei ole kovin korkea. Toinen sarja oli kyseiselle juoksijalle jo selkeästi varsin kuormittava, sillä kaikki fysiologiset muuttujat nousivat selvästi. Tällä omien suoritustensa tekniseen arviointiin taipuvaisella urheilijalla tämän toisen juoksusarjan jälkeen sanalliset tuntemukset ovat jopa yllättävän paljon keskittyneet nimenomaan ”sisäisiin” tuntemuksiin - ainakin verrattuna ensimmäiseen juoksusarjaan.

Näyttää siltä, että toisen sarjan juoksut toimivat koko koeryhmän osalta ikään kuin vedenjakajana, sillä kenelläkään urheilijoista ei ollut enää ”todella helppoa” - tyyppisiä tuntemuksia. Fysiologisesti ajatellen 6-8 millimoolin laktaattitasot vaikuttavat jo huomattavasti lihaksen koko supistusmekanismin toimintaan ja ollaan jo varmastikin lähellä laktaatin saturoitumispiiristä (katso sivu 18). Odotin kuitenkin, että laktaatit olisivat nousseet vielä hieman korkeammiksi tämän toisen sarjan jälkeen.

Merkittävää on myös tässä toisessa sarjassa se, että kuten jo ensimmäisen sarjan jälkeen huomattiin sykereaktiot eivät seuraa RPE-asteikon arvoja ($r = .40$) intervallityyppisessä kuormituksessa yhtä hyvin kuin laktaattiarvot ($r = .48$). Kaikilla urheilijoilla sykereaktiot alkoivat olla jo varsin korkeita (yksilöllisyys huomioiden), mutta sekä sanalliset tuntemukset, että RPE-asteikon luvut olivat vielä yllättävän vähäisestä väsymyksestä viestittäviä. Tässä tulee esiin hyvin harjoittelun vaikutus (vertaa mini-evoluutio, sivu 24), sillä kuten todettua harjoittelemattomalle yksilölle noin 185 lyönnin syke yhdistettynä noin 8 millimoolin laktaattiin voisi hyvinkin RPE-asteikossa antaa tuloksen 20. Puhumattakaan siitä, että harjoittelematon ei pystyisi juoksemaan 800 metriä 200 metrin pätkissä lyhyillä palautuksilla vauhtia, joka vastaa 4000 metrin Cooperin-testin tulosta.

8.8.3 Kolmas juoksusarja

“Jotain ongelmia”

R1a: “viimeinen veto hapotti, mut jakso hyvin, hengitys ei pelaa”

R1a:n tuntemukset viimeisen sarjan jälkeen olivat seuraavat. “Hyvin jaksaminen” tarkoittanee juoksutekniikan säilymistä siten, että juokseminen säilyi teknisesti korkeatasoisena. Viimeinen eli 12. veto oli selvästi ollut kovin tälle kyseiselle urheilijalle. Tämä on varsin loogista, sillä kuten todettua väsymys kumuloituu tämän tyyppisissä lyhyillä palautuksilla tehdyissä juoksusarjoissa. Koko tutkimuksen ajan tällä urheilijalla esille tulleet hengityksen ongelmat kulminoituivat selvästi tässä viimeisessä sarjassa, sillä kahden ensimmäisen sarjan “henkeen ottaa” oli muuttunut “hengitys ei pelaa” - kommentiksi. Myös tällä urheilijalla tuli tässä viimeisessä sarjassa esille “hapotus”.

Ilmeisesti on niin, että urheilijat mieltävät hyvin voimakkaasti maitohapon muodostumisen ja väsymyksen tunteen olevan lähes synonyymejä keskenään. Asia ei todellakaan ole näin yksiselitteinen, sillä väsymyksen ilmaantumisen mekanismit saatikka väsymyksen aiheuttajat eivät ole vielä lopullisesti ja täysin aukottomasti selvillä. Urheilijoilla tuntuu olevan se näkemys, että maitohappo yksinään aiheuttaa väsymisen - mikä ei siis pidä paikkaansa. Eri asia on, että kannattaako tätä asiaa lähteä selvittelemään sen tarkemmin urheilijalle, joka tuntee maitohapon olevan se väsymyksen aiheuttaja - ja käsittelee väsymystä ilmeisesti vain ja ainoastaan maitohapon tuottamisen ja eliminoimisen kautta.

Fysiologiset muuttujat tämän kolmannen sarjan jälkeen olivat seuraavat: syke 190, laktaatti 12,5 ja RPE 15 (sanallinen vaste kuormittava). Arvoista havaitaan, että syke ei noussut enää paljonkaan (187-190), tästä voidaan päätellä, että ollaan hyvin lähellä kyseisen urheilijan maksimisykettä. Lisäksi voidaan todeta, että anaerobinen energianmuodostus on hyvin merkittävässä roolissa jo tässä sarjassa, sillä kuten jo aikaisemmin on todettu, lisäenergian muodostamisen on täytynyt tapahtua anaerobisesti, koska sydämen pumppaama verimäärä - ja samalla hapen kuljetus - ei juuri ole muuttunut toisesta sarjasta. Lisäksi “hengitys ei pelaa” - kommentista voidaan johtaa tuota anaerobisen energianmuodostuksen lisääntymistä, sillä nimenomaan hengityksen kautta mahdollistuu aerobinen aineenvaihdunta, ja jos urheilijalla on

tuntemuksena se, että hengitys ei kulje niin kuin pitäisi, niin on varsin luonnollista että tämä asia näkyy myös tuloksissa.

Anaerobisen aineenvaihdunnan tehostumisesta kielii toki myös laktaattiarvo, joka nousi sarjan jälkeen 12,5 millimooliin (7,7-12,5). RPE-arvo kohosi viisi numeroa (10-15, sanallisesti kevyestä kuormittavaan), joka on varsin merkittävä kasvu, ja näin ollen voidaan todeta että, urheilija koki kolmannen sarjan merkittävästi kuormittavammaksi kuin kaksi ensimmäistä sarjaa. Tämä siis näkyi myös sykkeissä ja laktaateissa. Sarjojen jälkeen otetussa palautusnäytteessä neljän minuutin kuluttua juoksujen lopettamisesta kyseisen urheilijan laktaattiarvo oli noussut vielä 12,8 millimooliin. Mainittakoon tässä yhteydessä, että tämä urheilija oli toinen niistä, joilla laktaattiarvo oli neljän minuutin palautuksen jälkeen korkeampi kuin heti kuormituksen loputtua. Tämä antaa olettaa, että laktaattiarvo on saattanut olla korkeimmillaan näiden kahden näytteenotto hetken välillä, sillä neljän minuutin palautuksen aikana elimistö alkaa jo eliminoimaan laktaattia, mutta silti R1a:n palautuslaktaatti oli heti sarjan jälkeen otettua korkeampi.

R2b: “ hapottaahan tää ei sille mitää voi, ei täs ny ihan rikki kuitenkaa oo”

R2b:n tuntemukset viimeisen juoksusarjan jälkeen näyttivät sanallisessa muodossa tältä. “Hapottaa” tulee taas ilmi urheilijan ilmoittamana tuntemuksena. Varsin mielenkiintoista on, että kangistuu tai väsyttää tai ei jaksa tyypisiä tuntemuksia ei tullut esille juuri ollenkaan, vaan väsymys todellakin kiteytyi hapotuksen tunteeseen. Olisiko kyse siitä, että urheiluyhteisössä on muodikkaampaa “hapottaa” kuin myöntää, että väsyttää. Kuten todettua vain yksi urheilija koko koehenkilöjoukosta ilmoitti tuntemuksikseen viimeisen sarjan jälkeen, että väsyttää. Tavallisilla ihmisillä väsymyksen tunteen myöntäminen ei ilmeisesti ole niin kova paikka kuin urheilijoilla, jotka mieluummin käyttävät selvästi kiertoilmaisuja väsymyksestä.

Tämän urheilijan fysiologinen kuormittuneisuus näytti viimeisen juoksusarjan jälkeen seuraavalta. Syke 192, laktaatti 11,6 ja RPE-arvo 14. Syke oli noussut merkittävästi toisesta sarjasta (185-192). Samoin käyttäytyi myös laktaatti, jossa tapahtui varsin suuri nousu (6,6-11,6). Tällainen nousu laktaattiarvossa tarkoittaa sitä, että elimistö on ollut jo varsin

kuormittunut, koska anaerobinen aineenvaihdunta on noussut noin selkeästi. Lisäksi tällä urheilijalla on otettava huomioon, että laktaattiarvot ovat hänellä olleet koko joukon alhaisimpien luokkaa tähän asti, mutta viimeisessä sarjassa hän on kuitenkin noussut samaan kastiin muiden kanssa. Näihin asioihin peilaten on mielenkiintoista, että urheilija ilmoittaa RPE-arvokseen 14, ja kaiken lisäksi arvo on noussut sangen vähän toisesta sarjasta (12-14). Tuleeko tässä esille tuntemusten “ei täs ny ihan rikki kuitenkaa oo”- kommentti. Eli kokiko urheilija todella juoksemisen näin helpoksi, vai onko kyse jostakin muusta?

Fysiologisten muutosten pohjalta voisin epäillä, että kyse on tuntemusten aliarvioinnista. Lisäksi kyseinen urheilija oli kahden ensimmäisen sarjan kommentteissaan varsin vähäpuheinen, mutta tässä kolmannessa sarjassa sanainen arkku sitten aukesi. Onko tästä pääteltävissä, että tämä urheilija on halunnut purkaa väsymyksen tunnettaan kolmannessa juoksusarjassa oltuaan varsin pidättyväinen kommentteissaan kahden ensimmäisen sarjan jälkeen. Myös tämä kielii mielestäni selvästi kuormittumisen ja väsymyksen lisääntymisestä. Sama ilmiö oli nähtävissä myös muilla urheilijoilla - sillä lähes säännönmukaisesti tuntemusten muoto muuttui enemmän informaatiota sisältävään suuntaan kolmannessa juoksusarjassa. Ilman tutkimista voisi ajatella myös asian olevan toisin eli väsymystä tunnettaessa ei jaksaisi enää kirjoittaa tuntemuksiaan muistiin, mutta tutkimukseni mukaan tämä ei siis pidä paikkaansa.

Psykologisiin aspekteihin peilattuna kyse on todennäköisesti kehittyneestä coping / defenssi mekanismista väsymystä vastaan. Eli urheilijan tuntiessa väsymystä sitä ei näytetä, mutta kuitenkin hyvän mahdollisuuden tarjoutuessa - kuten tässä tapauksessa yksityisesti, mutta ei siis julkisesti - halutaan tuota väsymyksen tunnetta kuitenkin käsitellä ja pohtia. Tämä osoittaa mielestäni hyvin väsymyksen voimakasta psykofysiologista luonnetta. Kyse ei ole pelkästään “hapotuksen” tunteesta urheilijan lihaksistossa vaan monisäikeisestä ja vaikeasti lähestyttävissä olevasta kokonaisvaltaisesta psyykkisestä ja fyysisestä olotilasta.

R2d: “Toisiks vika veto oli pahin, joutu tekee tosissaan töitä, tekniikka hajos täs vikas sarjas”

Kyseinen urheilija erittelee varsin tarkasti, mikä kohta tutkimuksessa oli väsymisen kannalta tiukin paikka. Kuitenkin peruspositiivisuus näkyy tämänkin urheilijan vastauksissa, sillä

urheilijan ilmoitus siitä, että “joutu tekee töitä” tarkoittaa sitä, että hän on kuitenkin puristamalla tiukasti selviytynyt kyseisestä haasteesta, ja voi olla tyytyväinen omaan suoritukseensa. Mielenkiintoista on myös juoksun tekninen analyysi: “tekniikka hajos täs vikas sarjas”. Voidaan todeta, että happamalla aineenvaihduntatuotteilla on nimenomaan merkittävä vaikutus sekä lihaksen supistuskyykyyn että sitä kautta sen koordinaatioon ja voimantuoton säätelyyn. Tämä seikka tulee selvästi ilmi hieman kiertotietä “tekniikka hajos” -kommentissa.

“Ei väsyttä”

R1c: “eipä juur hapottele, juostaanks lisää”

R1:n heikoin juoksija ilmaisi tuntemuksensa kaikkien juoksujen jälkeen näin. Hikoaminen ja hengästyminen muuttui “eipä juur hapottele”-tyyppiseen ilmaukseen. Tälläkin urheilijalla on siis huomattavissa maitohapon tuleminen mukaan tuntemuksiin, vaikka tämä urheilija sanoo, että ei hapottele. Voitaneen kuitenkin sanoa, että perustuen aikaisempien kahden urheilijan tuntemuksista johdettuun “hapotuksen” käsitteeseen, tämäkin urheilija on tuntenut väsymystä. R1c on peruspositiivisena urheilijana kääntänyt vain tuntemuksensa kieltävään muotoon, mutta sama väsymyksestä viestivä sana on silti hiipinyt myös tämän urheilijan tuntemuksiin.

Olen varma, että myös tällä urheilijalla tuntui väsymystä, mutta syystä tai toisesta hän ei halunnut myöntää sitä. “Juostaanks lisää”-kommentin otan pikemminkin vitsinä, kuin tosissaan, sillä ainakin ulkoisesti näytti siltä, että kyseinen juoksija ei olisi välttämättä enää pystynyt juoksemaan - ainakaan montaa vetoa - lisää. Kuten jo aikaisemmin on mainittu tällä urheilijalla on aina peruspositiivinen suhtautuminen kaikkeen, ja ilmeisesti hän suhtautui varsin positiivisesti omaan väsymykseensäkin ja ilmaisi tuntemuksensa näin ollen kieltävässä, mutta itselleen positiivisessa muodossa. Yksi mahdollinen selitysmalli on myös se, että kyseinen urheilija halusi näyttää tutkijalle tai jollekin muulle, ettei tunne väsymystä ja että on kovemmassa kunnossa kuin välttämättä onkaan.

Fysiologiset muuttujat olivat seuraavat: syke 196, laktaatti 11,5 ja RPE 15 (sanallinen vaste kuormittava). Syke oli noussut merkittävästi edellisestä sarjasta (186-196). Eli ainakin

sykkeen puolesta näyttää siltä, että lisää ei olisi tarvinnut juosta. Myös laktaatti oli noussut - kuten muillakin urheilijoilla - varsin huomattavasti (6,9-11,5), eli myös laktaatti osoittaa suurta fysiologista kuormittumista. RPE sen sijaan nousi vain kaksi numeroa (13-15), eli tuntemukset väsymyksestä eivät nousseet aivan yhtä paljon kuin monilla muilla urheilijoilla. Toinen seikka on sitten se, onko RPE-arvokin yhtä peruspositiivinen kuin sanallisetkin tuntemukset, sillä luulen, että fysiologisesti urheilija oli hyvinkin kuormittunut.

Neljän minuutin palautumisen jälkeen laktaatti oli 9,9 eli eliminoitumista oli tapahtunut huomattavasti (11,5-9,9). Täten on luultavaa, että laktaattiarvot ovat olleet korkeimmillaan heti juoksujen päätyttyä, tai ainakin hyvin pian niiden jälkeen. Yleisenä kommenttina voidaan sanoa, että ilmeisesti R1c:n laktaatin poisto toimii tehokkaasti, tosin hieman edellisiä urheilijoita matalammat lähtöarvot nopeuttavat eliminaatioprosessia, sillä pienemmän konsentraation jakaantuessa tasaisesti elimistön nesteisiin eliminoitumisnopeus nousee.

R1e: "Aika helposti tuli, eipä kummempia tuntemuksia - hyvää päivänjatkoa"

Kyseinen urheilija ilmoittaa viimeisen juoksusarjan jälkeen tuntemuksinaan, että ei kummempia tuntemuksia. Kommentti vaikuttaa hieman oudolta kun ajatellaan, että kyseistä urheilijaa huomattavasti paremmatkin juoksijat osoittivat väsymystä sekä fysiologisin mittarein että tuntemuksien kautta tutkittuna. Todennäköisesti tällä urheilijalla on tarve esittää olevansa niin kovassa kunnossa että tällainen harjoitus ei tunnu milteään.

Fysiologiset mittaukset osoittaisivat kuitenkin, että myös tällä urheilijalla on täytynyt juoksemisen jo tuntua jossakin. Fysiologinen kuormittuneisuus oli seuraava: syke 196, laktaatti 9,0mmol /l. ja RPE-arvo 12 (sanallinen vaste hieman kuormittava). On toki otettava huomioon, että kyseisellä urheilijalla laktaatit olivat koeryhmän alhaisimpia, mutta mielenkiintoiseksi asian tekee neljän minuutin palautusnäyte, joka kyseisellä urheilijalla oli noussut arvoon 9,6 mmol /l. Tämä tarkoittaa, että urheilijan laktaattiarvot ovat todennäköisesti olleet vielä huomattavasti korkeammalla mittausten välissä, sillä 0,6 mmol:n nousu näyttäisi siltä. Kun ajatellaan, että kyseisen urheilijan elimistö ei ole kyennyt poistamaan laktaattia neljän minuutin aikana yhtään, vaan arvot ovat nousseet merkittävästi, niin väittäisin, että kuormituksen on täytynyt paitsi olla elimistölle varsin kova, niin myös tuntua psyykkisesti

myös väsymyksenä.

“Voimasanat käyttöön”

R1b: “selkä tosi arkana, ihan paskana perkele, hapotti kyl”

R1b:n tuntemuksia hallitsee selkäkipu, joka ilmenee vielä voimakkaammin kuin aikaisemmissa sarjoissa. “Ihan paskana, perkele” ja “hapotti kyl” -olivat selvästi uusia kokemuksia verrattuna edellisiin sarjoihin, sillä “vihloo selkään” ja “ihan paskana, perkele” ovat aika kaukana toisistaan. Voidaan sanoa, että kyseisellä urheilijalla juokseminen oli todella vaikeata, ja se näkyi näin vierestä seuranneelle. “Ihan paskana” oli varmastikin rehellinen tuntemus siitä, miltä hänestä tuntui juuri sillä hetkellä.

Vaikeampaa on sanoa sen sijaan, kuinka suuri osa tuntemuksista johtuu väsymyksestä ja kuinka suuri osa selkä kivusta, mutta ehdottoman psykofysiologinen kommentti tämä on. Tässä kommentissa näkyy vielä edellistä sarjaa selvemmin tuo Liukkosen ym. (1997, 12-14) tutkimuksessa esille tullut tuntemusten muuttuminen negatiiviseen ja helposti ärsyyntyvään suuntaan - joka siis Liukkosen tutkimuksessa liittyi selvästi väsymiseen ja ylikuormittumiseen. Myös tällä urheilijalla sanallisiin tuntemuksiin tuli mukaan tuo “hapotus”, eli voitaneen sanoa, että suomalaisilla urheilijoilla väsymys kiteytyy pitkälti “hapotuksen” tunteeseen ja sen käsittelyyn.

Fysiologiset muuttujat muodostuivat seuraaviksi: syke 193, laktaatti 12,8 ja RPE 18 (sanallinen vaste hyvin, hyvin kuormittava). Syke oli tällä urheilijalla noussut edellisen sarjan lukemista kuusi lyöntiä (187-193). Mielenkiintoinen seikka sykereaktioissa tällä urheilijalla on ensimmäisen kahden sarjan välissä tapahtunut vain yhden lyönnin nousu (186-187) ja sitten kahden viimeisen sarjan välillä tapahtunut kuuden lyönnin nousu. Selitystä tälle ilmiölle on vaikea antaa pelkästään fysiologisilla perusteilla. Saattaa olla, että selkäkipu on vaikuttanut asiaan jotenkin. Kivulla on todettu olevan monentyyppisiä sekä psykofysiologisia että psykosomaattisia vasteita, joten on varsin vaikea selittää mistä sykereaktioiden muutos johtui.

RPE-arvoissa tapahtui erittäin merkittävä nousu viimeisessä sarjassa. RPE-arvo nousi kuusi

arvoa (12-18), mielenkiintoista oli että myös sykkeessä tapahtui kuuden lyönnin nousu. Kun katsotaan kahta aikaisempaa sarjaa kyseisellä urheilijalla, niin RPE:n ja sykereaktioiden käyttäytyminen on varsin samantyyppistä (ensimmäisestä toiseen sarjaan syke nousi yhden lyönnin ja RPE kaksi numeroa).

Laktaatti nousi merkittävästi toisen sarjan arvosta (7,4-12,8) eli kolmas sarja oli selkeästi enemmän anaerobinen kuin toinen sarja. Mutta mielenkiintoista tässäkin oli kuuden lyönnin nousu sykkeissä, joka kielisi myös aerobisen aineenvaihdunnan tehostumisesta. Neljän minuutin palautuksen jälkeen otettu laktaattiarvo oli R1b:llä 12,6, eli laktaattiarvo on neljän minuutin palautuksen aikana pudonnut vain hieman. Myös tämän urheilijan kohdalla voidaan siten olettaa, että korkeimmillaan laktaattiarvot ovat olleet tuon palautuksen aikana, sillä eliminoitu laktaattimäärä vaikuttaisi muuten varsin vähäiseltä.

R2a: “ kaks vikaa vetoo oli ihan perseestä, ei pystyny yhtään pitää rytmiä, kanttas niin saatanasti, ristus pojat perkele ku väsyttää”

R2a:n sanalliset tunteukset kolmannen juoksusarjan jälkeen olivat melko selkeät. Samantyyppinen ärsyntyminen kuin R1b:llä ja R2c:llä on havaittavissa myös R2a:n tunteuksissa. Kaksi viimeistä juoksua olivat erityisen vaikeita R2a:lle ja tunteuksissa tulee jälleen esiin myös hänen tapansa analysoida teknistä suorittamista osana tunteuksiaan: “ei pystyny yhtään pitää rytmiä”. Hän myös myöntää avoimesti, että on erittäin väsynyt ja lisää joukkoon muutamia voimasanoja. “Kanttas niin saatanasti”, tarkoittaa yleisurheilukielessä kangistumista (joka siis mitä todennäköisimmin olisi urheilijalta kysyttäessä johtunut “hapottamisesta”). Tämä urheilija on kuitenkin ainoa, jolla tulee tunteuksissa esiin sana “väsyttää”, mutta toisaalta tämä urheilija ei käytäkään tunteuksissaan sanaa “hapottaa” - tosin kuten todettua “kanttaa” ja “hapottaa” tarkoittavat yleisurheiluslangissa samaa ilmiötä.

R2a:n fysiologiset muuttujat näyttivät kolmannessa sarjassa seuraavilta: syke 186, laktaatti 13,2 ja RPE 18 (sanallinen vaste hyvin, hyvin kuormittava). Syke nousi selvästi edellisen sarjan arvoista (178-186), samoin laktaatti (8,0-13,2) ja tällä urheilijalla olikin korkein mitattu laktaattiarvo tässä tutkimuksessa. Myös RPE-arvo nousi selvästi edellisestä sarjasta (13-18) ja sanallinen vaste hyvin, hyvin kuormittava varmastikin piti paikkansa - ainakin peilattuna

tuntemuksissa esille tullee kommentteihin. Mielenkiintoinen seikka tämän urheilijan RPE-arvossa on myös se, että yhdessä R1b:n (selkäkipu) kanssa hän on ainoa, joka on arvioinut väsymyksensä hyvin, hyvin suureksi.

Mielenkiintoista R2a:n tuloksissa oli, että vaikka hän on selvästi paras juoksija R2:sta, niin nopeuden kuin nopeuskestävyydenkin osalta, tuntemuksista tai fysiologisista muuttujista arvioituna olisi varsin vaikea uskoa tätä asiaa. Tässä tulee hyvin esille jo aiemmin mainitsemani harjoittelun vaikutus. Tiedän kyseisen urheilijan harjoittelun olleen kohtuullisen matalatehoista ja rauhallista vielä tässä vaiheessa kautta. R2a tekikin tässä tutkimuksessa ensimmäisen kovempivauhtisen nopeuskestävyyteen tähtäävän juoksuharjoituksen - ja tämä näkyy tutkimustuloksissa.

“Verrataan edellisiin harjoituksiin”

R2c: “ hapottaa piru, mut helpommi tuli ku enne, ihan ok”

Tässä kolmannessa sarjassa R2c:n kommentista näkyy hyvin kokonaiskuormittuminen, joka on ilmeisesti kohtuullisen suurta, sillä tuntemukset ovat muuttuneet toisesta sarjasta huomattavasti. Samantyyppinen “ärsyyntyminen” tai ainakin “voimasanojen” käyttö tulee ilmi myös näissä tuntemuksissa aivan kuin R1b:n kohdalla. Tosin R1b:n kohdalla on vaikea päätellä paljonko ärsyyntymisestä ja negatiivisista tuntemuksista voidaan laittaa selkävun piikkiin. R2c:n kohdalla muuta selittävää tekijää kuin väsymys ei ole näille ärsyyntymiselle ja negatiivisille tuntemuksille. Huomion arvoista on myös tuntemusten muoto, eli urheilijan ensimmäinen paperille laittama tuntemus on “hapottaa piru”, mutta sen jälkeen tulevat tuntemukset lieventävät asiaa “helpommi tuli ku enne” ja lopuksi vielä “ihan ok”. Todennäköisesti tässä tapauksessa kyseessä on tyyppi, joka olisi hieman tutkimuksen jälkeen ilmoittanut tuntemuksikseen “ihan hyvin meni, ei väsyttäny”, sillä ainakin vastauksen edetessä (ja urheilijan palautuessa samalla) akuutit tuntemukset laimenevat selvästi.

R2c vertaa väsymystään ainoana vanhoihin samantyyppisiin juoksuharjoituksiin. Kuten jo aiemmin todettua kyseinen urheilija on koko joukon selkeästi heikoin juoksija ja täten hän ilmeisesti huomasi kehittyneensä, koska tuntemuksena oli, että juoksut sujuivat helpommin

kuin ennen. Tämä on tietysti hyvä asia, sillä on ensiarvoisen tärkeää urheilijan itseluottamukselle ja uskolle omiin kykyihin huomata kovan työn tuottaneen myös tulosta. Tiedän, että tämä kyseinen urheilija on panostanut pitkään juoksemiseen tänä harjoitusvuonna erityisen paljon ja on tietenkin hienoa, että se myös näkyy sekä välillisesti tuntemuksissa “helpommi tuli ku enne” ja lisäksi vielä fysiologisissa mittauksissa entiseen verrattuna. Kyseinen urheilija on varsin isokokoinen, joten on helppo uskoa, että kehittyminen kestävyystyypissä juoksemisessa ei varmasti tule aivan ilmaiseksi hänelle.

Fysiologiset muuttujat R2c:llä kolmannen juoksusarjan jälkeen näyttivät seuraavilta: syke 190, laktaatti arvo 11,1 ja RPE 15 (sanallinen vaste kuormittava). Syke oli noussut merkittävästi (178-190) ja oletettavaa onkin, että liikutaan kyseisen urheilijan maksimisykkeissä. Myös laktaatit olivat nousseet selvästi (6,1-11,1), mutta RPE sen sijaan oli noussut vain kolme numeroa (12-15). Urheilija näytti ulkoisesti olevan aika väsynyt, mutta RPE-arvoksi hän ilmoitti silti vain 15 - tosin sama urheilija ilmoitti ensimmäisessä sarjassa RPE-arvoksi 6, joten merkittävä nousu oli joka tapauksessa tapahtunut koetussa kuormittumisessa. Eri asia on, osuiko tuo koettu väsymys vielä kolmannessakaan sarjassa kohdalleen tällä urheilijalla. Neljän minuutin palautumisen jälkeen urheilijan laktaattiarvo oli 9, joten se oli kääntynyt jo selvään laskuun.

9 POHDINTA

9.1 Tutkimuksen kulku

Koehenkilöiden toiminta oli kaikilta osin jopa hieman odotettua parempaa eli he olivat varsin innostuneita mittauksista. Pelkäsin hieman etukäteen maajoukkueurheilijoiden suhtautumista tällaiseen tuntemuksia kartoittavaan tutkimukseen. Pelko osoittautui kuitenkin turhaksi. Ainoastaan koehenkilöjoukon supistuminen aiotusta 15:sta urheilijasta 12:sta urheilijaan, tiettyjen valitettavien loukkaantumistapausten vuoksi, vaikeutti hieman tutkimusaineiston tilastollista käsittelyä.

Tutkimuksen luotettavuutta tarkastelevassa osassa totesin jo suorittamani jaon ryhmiin muodostavan virhelähteen. Ongelmana urheilijoiden jakamisessa ryhmiin oli se, että osa urheilijoista on pitkien matkojen juoksuhyvyytään varsin lähellä toisiaan, ja tämä saattoi siis sekoittaa tutkimuksen tuloksia. Tämä asia vaikutti siihen, että tutkimuksen tilastollinen käsittely ei välttämättä ollut tarpeeksi sensitiivistä tulosten taustalla olevien ilmiöiden esiin saamiseksi. Monet ilmiöt väsymyksen psykofysiologiassa jäivätkin koehenkilöjoukon koosta ja homogeenisuudesta johtuen lähinnä suuntaa antavaksi kuvailuksi.

Kritiikkiä koeryhmän valinnasta ja toisaalta ryhmiin jakamisen perusteista voi aina esittää. Koeryhmän valintaan ei tutkijalla ollut juurikaan mahdollisuutta vaikuttaa, sillä koeryhmänä toimivat maajoukkueen 10-ottelijat. Ryhmiin jakamisessa olisi ollut tietysti muitakin vaihtoehtoja kuin yksinkertainen jako parempiin ja heikompiin juoksijoihin, mutta jos ryhmää olisi jaettu jotenkin muuten, tällöin jo valmiiksi niukka koehenkilöryhmä olisi kutistunut tilastollisia analyyseja silmälläpitäen aivan liian pieneksi. Paras kriteeri järkevän jaon tekemiseksi oli mielestäni nimenomaan todistettu suorituskyky (kilpailutulos). Ja kuten todettua, jako oli selvintä suorittaa 400 metrin ennätystä painottaen. Edellä mainittu seikka näkyi varsin selvästi myös 400 metrin juoksun ennätysten keskiarvojen eroja tarkasteltaessa: paremmat juoksijat olivat tilastollisesti merkitsevästi parempia 400 metrin juoksussa kuin heikommat juoksijat ($p=0.012^*$).

Väsymyksen psykofysiologista luonnetta tutkittaessa olisi ollut tietysti mahdollista yrittää käyttää tutkimuksessa jotakin valmista psykologista testiä, mutta näitä testejä ei ole sovellettu

mielestäni riittävän hyvin tällaiseen tutkimukseen sopiviksi, ja näin ollen kokosinkin oman kyselylomakkeen väsymyksen tuntemuksista. Lisäksi väsymyksen ja kuormittumisen tunteen tutkimiseen soveltuu mitä parhaalla tavalla myös tässä tutkimuksessa käytetty Borgin asteikko, jonka luotettavuus ja toimivuus on todettu useissa tutkimuksissa viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana. Borgin asteikko täydennettynä avoimella sanallisia tuntemuksia väsymyksestä kartoittavalla kyselylomakkeella on varmastikin riittävän tarkka ja käyttökelpoinen mittaustapa väsymyksen psykofysiologiaa tutkittaessa. Kritiikkiä tekemääni kyselylomaketta kohtaan voidaan toki esittää, mutta testitapa palveli varsin hyvin minun tutkimustani.

Fysiologisten mittausten määrää jouduttiin supistamaan hieman aiotusta niiden korkean hinnan takia, joten tämäkin seikka on otettava huomioon. Mutta koska tarkoituksena oli tutkia väsymyksen psykofysiologiaa, pelkkien fysiologisten mittarien lisääminen tuskin olisi parantanut asiaa. Eli koen saaneeni riittävästi tietoa fysiologisista muutoksista, jotta niiden yhteyksiä tuntemuksiin voidaan - ja on ennen kaikkea mielekästä tutkia. Tässä tutkimuksessa olisikin mielestäni ollut turha lähteä tutkimaan mahdollisimman tarkasti mitä urheilijoiden aineenvaihdunnassa - saatikka sitten muissa solunsisäisissä toiminnoissa - tapahtuu harjoituksen aikana ja jälkeen, ja verrata näitä sitten tuntemuksiin väsymyksestä. Mielestäni laktaatit ja sykkeet palvelivat tarpeeksi reliaabeleina ja valideina sekä kohtuullisen helposti mitattavina osoittimina fysiologisista muutoksista väsymyksen aikana.

On varmaa, että jo näiden fysiologisten mittausten yhdistäminen urheilijoiden subjektiivisiin tuntemuksiin tuottaa synteesin, josta löytyy uutta ajateltavaa urheiluvalmennuksen - ja varmasti myös tutkimuksen - parissa toimiville. Sillä olkoon kyseessä perus- tai soveltava tutkimus, niin käytännön valmennustyössä mukana olevat odottavat tutkimuksilta "eväitä" harjoittelun optimaaliseen ohjelmointiin ja seurantaan sekä evaluointiin. Tämä tutkimus lisää varmasti tietoa suomalaisen 10-otteluvalmennuksen käyttöön juuri näille alueille. Usein joidenkin asioiden poissulkeminenkin on arvokasta tietoa, joka oikein käytettynä ja sovellettuna vie asiaa eteenpäin.

9.2 Tulokset

Antropometria. Antropometrisista mittauksista selvisi joitakin mielenkiintoisia seikkoja. Kymmenottelijat ovat suomalaisten miesten keskimittaa selvästi pidempiä ja painoluokitusten mukaan keskipainoisia, mutta kuitenkin fysiologisesti ajateltuina laihoja. Kymmenottelijoiksi kaikki nämä urheilijat ovat painoluokitusten alapäässä, sillä aikuisen miesottelijan painotavoitteena on usein pidetty: “kiloja saman verran kuin senttejä päälle metrin”, josta yhtä lukuun ottamatta kaikki koeryhmän ottelijat jäävät hieman.

Ihanteellisena 10-ottelijatyypinä on pidetty pituudeltaan keskimäärin 185-195 senttiä ja painoltaan keskimäärin 85-95 kiloa olevia urheilijoita (Bauersfeldt & Schröter 1989, 315). Keskimäärin tämän tutkimuksen paremmat juoksijat -ryhmä täyttää nämä ehdot sekä pituuden että kehonpainon suhteen, ja heikommat juoksijat -ryhmä täyttää ehdot pituuden suhteen, mutta painossa heikommat juoksijat ovat keskimäärin hieman suositusten alapuolella. Syykin tähän on varsin selvä: heikommat juoksijat -ryhmä koostuu lähinnä nuorista urheilijoista, jotka eivät ole vielä ehtineet hankkia kokonaan lajin vaatimaa lihasmassaa.

Ryhmien pituuden keskiarvot ovat erittäin lähellä toisiaan, eli pituuden suhteen ryhmät ovat erittäin homogeeniset. Kymmenottelussa pituudesta on hyötyä (esimerkiksi hypyt, heitot ja aitajuoksu), ja niinpä maajoukkueryhmään onkin valikoitunut suhteellisen pitkiä urheilijoita.

Ryhmien kehonpainossa sen sijaan on selvä ero, joka ei kuitenkaan yltänyt aivan tilastollisesti merkitseväksi ($p=.136$). Myös rasvaprosenttien keskiarvoissa on selvä ero ryhmien välillä, mutta myöskään se ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=.285$). Huolimatta siitä, että parempien juoksijoiden ja heikompien juoksijoiden pituudessa ei ole juurikaan eroa, vaan ryhmät ovat erittäin lähellä toisiaan, kehonpainossa ja rasvaprosentissa selvä ero ryhmien keskiarvojen välillä kuitenkin löytyy. Ja mikä merkittävästi paremmat juoksijat, joiden rasvaprosentti keskimäärin on alhaisempi, ovat kehonpainoltaan keskimäärin painavampia. Eli parempien juoksijoiden suuremman painon on oltava rasvatonta kehonpainoa, joka tarkoittaa käytännössä lihasmassaa.

Väsymyksen fysiologiasta puhuttaessa niin sanottua ylimääräistä massaa on ottelijan aivan turha kantaa mukanaan, eli rasvaprosentin tulisi olla mahdollisimman pieni. Esimerkiksi

maksimaalinen hapenotto (maxVO₂) paranee kehonpainon laskiessa, koska se ilmoitetaan millilitroina / painokiloa / minuutti. Tämä ei tarkoita, että ottelijan kehonpainon tulisi olla mahdollisimman alhaalla, sillä ottelun heittolajit vaativat kehonpainoa ja lihasvoimaa. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että väsymyksen ilmenemisen kannalta pitkissä juoksuissa, ei mitään ylimääräistä rasvakudosta ja näin ollen turhaa painoa ottelijassa saisi olla.

Uskon myös, että urheilijoiden antamat tiedot vastaavat varsin hyvin senhetkistä tilannetta, sillä maajoukkue ryhmän urheilijat seuraavat vakituisesti aamupainoa. Koska mittaukset tehtiin kahden ryhmän osalta aamupäivällä, ja yhden ryhmän osalta iltapäivän aluksi, painon mittaamisen ja tutkimuksen toteuttamisen välillä on huonoimmassakin tapauksessa ollut korkeintaan muutaman tunnin väli, jonka aikana paino ei juuri vaihtelee. Pituuden taas tiedetään vaihtelevan kehonpainoa vähemmän, joten antropometriset tulokset ovat näiltä osin riittävän tarkkoja. Aamupainon seuraamisella pyritään seuraamaan kehon nestetilannetta sekä arvioimaan epäsuorasti lihassoluvaurioiden suuruutta ja samalla solutason kuormittuneisuutta.

Edellä mainittu lihassoluvaurioiden määrän arviointi on toki varsin karkea arvio ja perustuu lähinnä tietoon siitä, että lihassolujen vaurioiden korjaantumiseen vaadittava vilkas anabolinen proteiiniaineenvaihdunta kerää sekä lihaskudokseen että muuallekin elimistöön huomattavan paljon nestettä. Nesteen kerääntyminen soluvaurioalueelle johtuu lähinnä solussa olevasta tulehdusreaktiosta ja vaurioituneen solun ulkokalvon läpi vuotavat proteiiniyhdisteet keräävät nestettä myös solunulkoiseen tilaan. Trimetyylhistidiini-, lihassoluperäinen troponiini- ja myoglobiini proteiinit sekä kreatiini-kinasi-entsyymi ovat tyypillisimmät lihassolun vauriota osoittavat fysiologiset osoittimet, joiden pitoisuuksia seurataan tyypillisimmillään aamuvirtsasta tai verikokein.

Soluvaurioasiaan viittaa sen vuoksi, että aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu soluvaurioiden vaikuttavan subjektiiviseen väsymyksen kokemiseen. Mielestäni väsymyksen psykofysiologiaa tutkittaessa tätä asiaa ei todellakaan voida ohittaa olankohautuksella. Tämä väsymyksen lisääntyminen soluvaurioiden vuoksi perustuu ainakin viiteen asiaan: 1) solukalvon ja aktiini-myosiini kompleksin mekaaniset vauriot heikentävät solun supistuskäkyä (elektromekaaninen viive lihaksessa kasvaa) 2) mekaanisista vaurioista johtuva lihaskipu aiheuttaa hermoimpulssin johtumiseen ongelmia (inhibitio vapaiden hermonpäätteiden kautta) 3) lihassupistuksen kannalta tärkeitä aineita vuotaa ulos solusta vaurioiden vuoksi

(myoglobiini, tietyt entsyymit) 4) tulehdusaineiden kerääntyminen soluun häiritsee solun energiantuottoa sekä vetyionien puskurointia 5) lihastoiminnan taloudellisuus kärsii (johtuu kaikista edellä mainituista asioista). Vähäinen ei liene myöskään lihaskivun psyykkinen vaikutus: ei ole mukava urheilla kipeillä lihaksilla. Siis monimutkainen biologinen tapahtuma (lihassoluvauriot) saattaa vaikuttaa merkittävästi väsymyksen psyykkiseen kokemiseen. Tässä tulee hyvin ilmi se seikka, että ihminen todellakin on psykofysiologinen kokonaisuus.

Kymmenotteluennätykset ja juoksulajien ennätykset. Ryhmien kymmenotteluennätysten keskiarvojen ero on tilastollisesti suuntaa antava ($p=.075$). Paremmat juoksijat ovat siis tilastollisesti suuntaa antavasti parempia 10-ottelussa kuin heikommat juoksijat. Odotin, että kymmenotteluennätysten keskiarvojen ero olisi ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta johtuen ilmeisesti koehenkilöjoukon koosta t-testi antoi tulokseksi vain suuntaa antavan eron. Tulos on kuitenkin odotetun kaltainen, sillä paremmat juoksijat ovat tämän hetken kansainvälisiä huippuottelijoitamme ja heikommat juoksijat taas nuoria maajoukkueurheilijoita. Tosin ryhmät sekoittuivat siten, että suoraan ei voida sanoa, että heikommat juoksijat ovat nuorempia, sillä keskiarvoit olivat varsin lähellä toisiaan (paremmat juoksijat 22,8 vuotta ja heikommat juoksijat 22,0 vuotta). Tämä vähäinen ero keskiarvoissa johtuu siitä, että kolme vielä nuorten sarjoissa urheilevaa urheilijaa sijoittuivat juoksulajien ennätystensä perusteella parempaan ryhmään, ja vastaavasti kolme vanhempaa urheilijaa heikompaan ryhmään, joten koehenkilöjoukon ollessa näin pieni tämä vaikuttaa merkittävästi keskiarvoihin.

Selitys kymmenotteluennätysten keskiarvojen tilastollisesti suuntaa antavalle erolle löytyy, kun tarkastellaan kaikkien juoksulajien keskiarvojen erojen tilastollista merkitsevyyttä. Kun kyseessä on kymmenen lajin yhdistelmä, johon kuuluu neljä puhdasta juoksulajia ja lisäksi neljän muun lajin suorittaminen perustuu juoksemiseen, on varsin ymmärrettävää, että erot juoksemisen tasossa vaikuttavat huomattavasti myös lajin kokonaistulokseen.

Nopeuden fyysisenä ominaisuutena sanotaan olevan merkittävin asia 10-ottelussa. Kun ajatellaan, että ryhmien 10-otteluennätyksissä oli suuntaa antava ero, niin 100 metrin juoksun ennätysten tilastollisesti merkitsevä ero ei ollut yllätys ($p=.026^*$). Nopeuskestävyyslajin eli 400 metrin juoksun tasoerot ryhmien välillä (paremmat juoksijat tilastollisesti merkitsevästi nopeampi kuin heikommat juoksijat, $p=.012^*$) selittyy hyvin pitkälle maksiminopeustason (100 metrin ennätys) erolla. 400 metrin juoksu lajina on sellainen, että nopeus on lopulta

kaikkein merkittävin fyysinen ominaisuus. Eli mikäli urheilija ei pysty juoksemaan kovaa 100 metriä, niin on varsin vaikea juosta lähes samaa vauhtia 400 metriä. Onkin arvioitu, että maksimoimalla nopeuskestävyys fyysisenä ominaisuutena ja juokсутekniikan taloudellisuus teknisenä ominaisuutena, 400 metrin juoksun matkavauhti / 100 metriä olisi keskimäärin noin 85-90 %:a urheilijan maksiminopeudesta 100 metrin juoksussa.

Tässä laskutoimituksessa tulee karusti esiin maksiminopeuden vaikutus 400 metrin juoksussa. Esimerkki: jos urheilijan ennätys 100 metrillä on 10 sekuntia ja hän kykenee pitämään 85% maksimista matkavauhtia se tarkoittaa 11,5 sekunnin satametrisiä. 400 metrin loppuajaksi muodostuu tällöin 46 sekuntia. Jos urheilijan ennätys onkin 11 sekuntia sadalla metrillä 85%:a 11 sekunnin sadasta metrillä tarkoittaa 12.65 sekuntia, jolloin 400 metrin tulokseksi muodostuu 50.6 sekuntia.

Mielenkiintoinen seikka on myös 1500 metrin juoksun ennätysten keskiarvojen suuntaa antava ero. Eli nopeus- ja nopeuskestävyysominaisuuksiltaan paremmat juoksijat, ovat selvästi heikompia juoksijoita parempia myös kestävyysjuoksussa. Näin voidaan tämän tutkimuksen perusteella linjata, vaikka ryhmien keskiarvojen ero 1500 metrin juoksussa ei muodostunutkaan tilastollisesti merkitseväksi ($p=0.135$). Perinteisesti, valmennusopillisessa mielessä, nopeuden ja kestävyuden on sanottu olevan toisilleen vastakkaisia ominaisuuksia, mutta tämän tutkimuksen perusteella voidaan yleistää, että 10-ottelussa hyvä juoksija on hyvä juoksija kaikissa juoksuissa nopeudesta, nopeuskestävyyden kautta aina kestävyteen saakka. Tähän nykyaikaisella otteluharjoittelulla juuri pyritään: tasaisen hyviin juoksuasuorituksiin kaikilla juoksumatkoilla. Yllättävä 1500 metrin ennätysten ero on myös siihen peilattuna, että parempien juoksijoiden kehonpaino oli keskimäärin selvästi korkeampi kuin heikompien juoksijoiden. Eli paremmat juoksijat huolimatta suuremmasta kehonpainosta - ja näin ollen myös hapenkulutuksesta - pystyvät aerobisessakin suorituksessa heikompia juoksijoita parempaan tulokseen.

Ryhmien aitajuoksuennätysten keskiarvojen ero ei yltänyt läheskään tilastollisesti merkitseväksi ($p=0.412$). Ideaalinen selitysmalli tälle asialle olisi aitajuoksun tekninen vaativuus, eli aitajuoksussa puhdas juoksuukyky (nopeus, nopeuskestävyys, kestävyys) ei ilmeisesti ole niin ratkaisevassa roolissa kuin muissa juoksulajeissa, vaan merkittäviksi nousevat muut asiat. Useissa aitajuoksua käsitelleissä tutkimuksissa onkin todettu sen

poikkeavan merkittävästi juoksusta. Nämä erot eivät liity pelkästään aidanylitykseen - jonka aikana kehon massakeskipistettä joudutaan nostamaan ylöspäin optimaaliselta radaltaan, jotta päästään 106,7 senttiä korkean aidan yli - vaan ennen kaikkea aitojen välissä tapahtuvan juoksun liikeratarakenteisiin ja askelrytmeihin.

Toinen hyvä selitysmalli pieneen eroon ryhmien välillä on se, että aitajuoksussa askelpituus on "määrätty", eli aitojen välissä otettavilla kolmella askeleella urheilijan täytyy edetä 9 metriä 14 senttiä ei enempää, eikä vähempää. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kun askelpituus on määrätty, niin etenemisnopeuden ratkaisee askeltiheys (etenemisnopeus juoksussa on askelpituuden ja askeltiheyden tulo). Tämän päättelyn perusteella heikommat juoksijat ovat lähempänä parempia juoksijoita siis askeltiheydessä kuin askelpituudessa. Useissa tutkimuksissa on myös havaittu, että nopeimmilla juoksijoilla on nopein askelfrekvenssi, mutta keskitasoisetkin juoksijat yltyvät käytännössä samaan askeltiheuteen, joten nämä tutkimustulokset tukevat aiempia havaintoja.

RPE-arvot. Ensimmäisen juoksusarjan RPE-arvojen keskiarvojen ero heikompien juoksijoiden "hyväksi" oli yllätys, vaikka kyseinen ero ei yltenykään tilastollisesti merkitseväksi ($p=.315$). Loogisesti ajateltuna parempien juoksijoiden pitäisi kokea saman etenemisnopeuden juokseminen keskimäärin helpommaksi ja vähemmän kuormittavaksi kuin heikompien juoksijoiden. Hieman yllättäen tämä ei näytä pätevän tutkimustuloksien mukaan ainakaan tällä koehenkilöryhmällä ensimmäisessä juoksusarjassa.

Sytä tälle epäloogisuudelle voidaan pohtia monelta kantilta. Eräs merkittävimmistä syistä on jo aiemmin mainittu ryhmien pieni tasoero juoksulajeissa, joka saattaa vaikuttaa siihen, että merkittäviä eroja ei tule olemaan väsymyksen kokemisessakaan. Huomioon on kuitenkin otettava, että tutkimus suoritettiin ajallisesti varsin kaukana kilpailukaudesta, ja näin ollen on vaikea sanoa luotettavasti, millainen kunkin urheilijan suorituskyky juuri tuossa harjoituskauden vaiheessa sattui olemaan. Tämän selvittäminen taas on enemmän kuin hankalaa, sillä fyysisten ominaisuuksien (lähinnä nopeus ja nopeusvoima / kestävyys) harjoituspainotuksissa on suuria eroja ryhmän urheilijoiden välillä, jotka saattavat vaikuttaa suoraan tutkimustuloksiin.

Vähäinen vaikutus ei ole myöskään yksittäisten urheilijoiden antamalla selvästi muista

poikkeavilla RPE-arvoilla, johtuen siitä, että koehenkilöjoukko oli näin pieni. Heikompien juoksijoiden ryhmässä olleen urheilijan antama selvästi kaikista muista poikkeava RPE-arvo ensimmäisessä juoksusarjassa (RPE-arvo 6) vaikuttaa suuresti siihen, että nimenomaan heikommat juoksijat muodostuivat tuntemuksiltaan vähemmän kuormittuneeksi kuin paremmat juoksijat. Tällaiset yksittäiset poikkeukset eivät muodostuisi niin merkittäviksi mikäli koehenkilöjoukko olisi suurempi, jolloin yksi selvästi keskiarvosta poikkeava tulos "hukkuisi" suureen tapausmäärään.

Ovatko paremmat juoksijat kokeneempia urheilijoita ja kriittisempiä omia väsymyksen tuntemuksiaan ja kuormittumistaan kohtaan kuin heikommat juoksijat? Fysiologisesti ajateltuna ensimmäisen sarjan täytyi olla jo tuntemuksia herättävä. Osaavatko paremmat juoksijat arvioida kuormittumistaan totuudenmukaisemmin, vai onko heillä sittenkin kyse kuormittumisen yliarvioinnista? Olivatko paremmat juoksijat jo valmiiksi väsyneempiä kuin heikommat juoksijat? Tämä selitysmalli tuskin on oikea, sillä leiriohjelma oli ennen tätä tutkimusta identtinen molemmilla ryhmillä. Aiemmissä tutkimuksissa sen sijaan on todettu, että hyvillä urheilijoilla on varsin tarkka sisäisen palautteen saannin järjestelmä. Tämän sisäisen palautteen järjestelmän toiminnan tarkkuuden erot hyvillä ja huonoilla juoksijoilla voisi olla eräs selitysmalli muodostuneelle tulokselle. Näihin aiempiin tutkimustuloksiin nojautuen väittäisin, että paremmat juoksijat arvioivat oman kuormittumisensa tarkemmin ja totuudenmukaisemmin kuin heikommat juoksijat.

Myös tutkimustilanteeseen liittyvä psykologis-sosiaalinen aspekti on otettava huomioon. Eli onko heikommilla juoksijoilla tarve osoittaa pätevyyttään. Eli ilmoittavatko he tietoisesti - taikka alitajuisesti - hieman todellista kuormittumistaan alhaisempia RPE- lukuja, jotta he voivat näyttää ja todistella tutkijalle - ja samalla itselleen - omaa pätevyyttään? Lukuisissa psykologisissa tutkimuksissa on todettu alemmuuden-, tai epäpätevyyden tunteiden aiheuttavan oman suorituskapasiteetin yliarviointia ja halua olla parempi kuin mitä todellisuudessa onkaan. Oliko heikommilla juoksijoilla kyse tästä? Esimerkiksi tutkittaessa liikeanalyysin ja itsearvioinnin avulla heittämissä perusliikemallia 8. luokkalaisilla pojilla, todettiin taitotasoltaan heikkojen oppilaiden lähes systemaattisesti yliarvioivan oman heittotaitonsa (Hormalainen & Pulli 2003, 20-23). Voidaan olettaa, että paremmat juoksijat saattavat avoimemmin myöntää väsymyksensä, kun heillä on tietty asema ja status urheilijayhteisössä jo saavutettuna. Toisaalta taas yleinen ilmapiiri otteluryhmässä on niin

avoin ja hyvä, että en usko, että joku urheilija ei uskaltaisi ilmaista omia väsymyksen tuntemuksiaan peläten joutuvansa “silmätikuksi” tai naurunalaiseksi.

Poissuljettava vaihtoehto ei siis ole myöskään se, että heikommat juoksijat todellakin kokivat ensimmäisen sarjan juoksut hieman vähemmän kuormittavina kuin paremmat juoksijat. Kuten todettua kuormittumisen ja väsymyksen kokeminen on varsin yksilöllistä, ja näin ollen väsymyksen tuntemuksille ei voida antaa myöskään fysiologisia raja-arvoja, joista saataisiin helposti totuus esiin. Tätä vaihtoehtoa puoltaa myös se, että ainoa tilastollisesti merkitsevä ero fysiologisissa mittauksissa ensimmäisen juoksusarjan jälkeen ryhmien välillä osoitti heikompien juoksijoiden vähäisempää kuormittumista (heikompien juoksijoiden sykereaktiot tilastollisesti merkitsevästi alhaisemmat kuin paremmilla juoksijoilla). Näin ollen voidaan todeta, että heikompien juoksijoiden alhaisemmaksi koettu väsymys voi pitää tässä ensimmäisessä juoksusarjassa paikkansa. Itse asiassa koko koeryhmän parhaan juoksijan laktaattiarvot, jotka kertovat siis anaerobisesta aineenvaihdunnasta, olivat huomattavasti korkeammat kuin kenelläkään muulla kummassakaan ryhmässä ensimmäisessä juoksusarjassa.

Paremmat juoksijat kokivat toisen juoksusarjan hieman helpommaksi kuin heikommat juoksijat (RPE arvojen keskiarvot 11,0-11,5 $p=.228$). Ero ei ole tilastollisesti merkitsevä, mutta tendenssi on kuitenkin selvä, sillä heikommat juoksijat kokivat ensimmäisen sarjan juoksut helpommaksi kuin paremmat juoksijat, ja nyt toisessa juoksusarjassa tulos on päinvastainen. Eli paremmat juoksijat kokivat vauhdin kasvaessa juoksemisen hieman vähemmän väsyttäväksi kuin huonommat juoksijat. Tällainen suuntaus olikin odotettavissa vauhtien lisääntyessä, sillä taloudellisuus tulee voimakkaasti mukaan juoksemiseen kun etenemisnopeudet nousevat. Aiempien tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että nopeuksien kasvaessa paremmat juoksijat juoksevat taloudellisemmin kuin heikommat juoksijat.

Kolmannen juoksusarjan tulokset toivat taas uutta pohdittavaa, sillä paremmat ja heikommat juoksijat kokivat kolmannen juoksusarjan lähes yhtä kuormittavaksi (RPE keskiarvot 15,25-15,00). Heikommat juoksijat, jotka kokivat toisen sarjan keskimäärin hieman kuormittavampana kuin paremmat juoksijat, kokivat kolmannen juoksusarjan keskimäärin hieman vähemmän kuormittavana kuin paremmat juoksijat. Tilastollisesti tarkasteltuna eroa ei ole ($p = .876$), mutta otettaessa huomioon edellisen sarjan tulokset, tämä asia nousee esiin.

Oletuksena oli, että juoksuvauhdin lisääntyessä erot väsymyksen kokemisessa olisivat muuttuneet yhä enemmän parempien juoksijoiden eduksi. Näin ei kuitenkaan käynyt.

Laktaatit ja sykereaktiot. Ensimmäisessä juoksusarjassa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä laktaateissa ($p=.371$), mutta sen sijaan sykereaktioissa ensimmäisessä juoksusarjassa löytyi tilastollisesti merkitsevä ero ($p=.002$ **). Molempien ryhmien fysiologinen kuormittuneisuus / väsymys laktaatin osalta oli siis samaa luokkaa, mutta verenkiertoelimistön kuormitusvasteet (sykereaktiot) muodostuivat yllättäen paremmilla juoksijoilla huomattavasti suuremmiksi kuin heikommilla juoksijoilla. Tämä on aivan uusi havainto, jolle ei löydy valmista selitysmallia.

Kun verrataan ryhmien urheilijoiden fysiologisia mittauksia toisessa juoksusarjassa niin voidaan todeta, että sekä sykereaktioiden että laktaattiarvojen osalta tilanne ei ole muuttunut ensimmäisestä sarjasta mihinkään. Heikompien juoksijoiden sykkeet ja laktaatit ovat keskiarvoistettuina hieman alempana kuin parempien juoksijoiden. Ero laktaateissa ei ole tilastollisesti merkitsevä, mutta yllättävä silti ($p=.514$). Laktaattiarvoista voidaan päätellä, että väsymyksen tuntemusten lähes identtiset keskiarvot molemmilla ryhmillä voivat hyvinkin pitää paikkansa. Mielenkiintoista tässä asiassa on se, että juoksutuloksiltaan eritasoiset urheilijat tuntevat ja kokevat saman etenemisnopeuden juoksemisen yhtä väsyttäväksi, ja myös laktaattiaineenvaihdunta osoittaisi juoksijoiden samantyyppistä kuormittumista.

Sykereaktioissa ryhmien keskiarvojen ero oli tässä toisessakin sarjassa tilastollisesti merkitsevä ($p=.022$ *). Eli heikompien juoksijoiden sykereaktiot olivat edelleen tilastollisesti merkitsevästi matalammat kuin parempien juoksijoiden. Tämä pistää miettimään, onko tässä kyse ryhmien välisestä erosta maksimisykkeissä? Asia ei kuitenkaan ole näin yksiselitteinen. Helpoin selitys olisi tietenkin, että paremmilla juoksijoilla olisi keskimäärin korkeampi maksimisyke kuin heikommilla juoksijoilla, jolloin saman energiantuoton (aerobisen) saavuttamiseksi voitaisiin ajatella tarvittavan suhteessa hieman korkeampia sykkeitä. En kuitenkaan usko, että paremmilla juoksijoilla olisi yksinkertaisesti korkeampi maksimisyke, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa on jopa osoitettu, että hyvillä juoksijoilla on todennäköisesti alhaisempi maksimisyke kuin heikommilla juoksijoilla. Tämä johtuu muun muassa sydämen tehokkaammasta toiminnasta (supistustehokkuus) ja tietyistä rakenteellisista sekä toiminnallisista muutoksista sydämen onteloissa, sydänlihaksessa ja sen

johtoratajärjestelmässä.

Mistä johtuu se, että vaikka heikommat juoksijat kokivat toisen sarjan hieman väsyttävämmäksi kuin paremmat juoksijat, niin heidän fysiologiset muuttujansa (laktaatti ja syke) osoittavat vähäisempää kuormittumista. Ideaalinen selitysmalli olisi se, että paremmilla juoksijoilla on suurempi laktaatin tuottokyky kuin heikommilla juoksijoilla, ja siten he kokevat saman laktaattitason helpommaksi tuottaa - ja toisaalta myös toimia tällä laktaattitasolla.

Kärjistetysti voidaan sanoa, että mitä alempana laktaattiarvot ovat vielä toisessa juoksusarjassa, niin sitä parempi. Anaerobisen tehon ja -kapasiteetin alueelle päästään vasta kolmannen juoksusarjan viimeisissä juoksuissa. Aiempien tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että paremmilla juoksijoilla on suurempi solunsisäinen puskurikapasiteetti vetyioneita vastaan ja lisäksi laktaatin eliminoimiskyky ja solukalvon permeabiliteetti kuin heikommilla juoksijoilla, jolloin heidän laktaattiarvojensa tulisi olla alempana kuin heikommilla juoksijoilla. Näin ei ollut tässä tutkimuksessa.

Syitä ja selityksiä voidaan pohtia, mutta aukotonta selitystä näillä mittauksilla tuskin pystyy antamaan. Jo useasti edellä mainittu ryhmien pieni tasoero juoksukyvyssä on tietysti yksi selitys tähän, lisäksi on otettava huomioon ryhmien pieni koko, joten voidaan kaiketi sanoa, että yksilölliset eroavaisuudet selittävät suuren osan sekä laktaattien että sykereaktioiden käyttäytymisestä. Mutta silti se seikka, että kaikki yksilöllisesti alhaisemmat sykkeet ja laktaattiarvot submaksimaalisessa kuormituksessa omaavat olisivat heikompia juoksijoita, sotii vahvasti aiempia tutkimuksia ja käsityksiä vastaan. Laktaattien kohdalla yllättävää on sekin, että keskimäärin myös 1500 metrin juoksussa paremman ennätyksen omaavilla laktaattitasot nousivat korkeammalle kuin heikomman ennätyksen omaavilla. Kun ajatellaan nimenomaan 1500 metrin juoksua, niin mitä vähemmän tuotetaan laktaattia sitä paremmin jaksetaan juosta.

Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden keskiarvojen erot eivät muodostuneet tilastollisesti merkitseviksi kolmannessa sarjassa. Syy siihen, miksi sykereaktioiden keskiarvojen ero ($p=.066$) tasoittui kokoajan liittyä todennäköisesti siihen, että ryhmät eivät eroa maksimisykkeiltään toisistaan merkittävästi.

Kolmannen sarjan juoksunopeus on jo sellainen, että erittäin nopeasolukkoisilla urheilijoilla laktaattiarvot saattavat nousta kohtuullisen ylös. Selitys parempien juoksijoiden keskimäärin hieman korkeammille laktaattiarvoille tässä kolmannessa sarjassa voisi olla FT-tyyppin lihassolujen lisääntynyt rekryointi ja aktivaatio sekä samalla laktaatin tuotto. Näillä tutkimusmenetelmillä tämän todistaminen on tosin mahdotonta, mutta aiempien tutkimusten perusteella on selvää, että motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssien noustessa (nopeat motoriset yksiköt) myös laktaattiarvot alkavat nousta. Kuitenkin laktaattiarvojen erot ryhmien välillä ovat olleet kaikissa juoksusarjoissa hyvin samantyyppisiä, eli mitään räjähdysmäistä laktaatin tuoton lisääntymistä paremmilla juoksijoilla verrattuna heikompiin juoksijoihin ei havaittu.

Oletettavaa on, että paremmilla juoksijoilla on keskimäärin enemmän nopeita soluja kuin heikommilla juoksijoilla, sillä 100 metrin juoksun ennätysistä löytyi tilastollisesti merkitsevä ero. Ja kuten tiedetään 100 metrin juoksun merkittävin ominaisuus on nopeus, ja nopeuden edellytyksenä on ennen kaikkea nopea voimantuotto-kyky. Nopeilla lihassoluilla on todistettu olevan huomattavasti paremmat edellytykset nopeaan voimantuottoon kuin hitailla lihassoluilla. Toisaalta ero ryhmien maksiminopeudessa selittyy osin sillä, että heikommat juoksijat ovat keskimäärin hieman nuorempia kuin paremmat juoksijat, joten nopeus- ja nopeusvoimatasoon merkittävästi vaikuttavaa maksimivoimaa ei vielä ole ehditty kehittää huippuunsa. Tämän seikan puolesta puhuu myös lähes merkitsevä ero ryhmien kehonpainossa ja samalla rasvattomassa kehonpainossa.

Tämä asia voi jopa kumota ajatuksen siitä, että paremmilla juoksijoilla olisi keskimäärin enemmän nopeita lihassoluja kuin heikommilla juoksijoilla. Ero nopeassa voimantuotossa voi siis johtua myös erosta maksimivoimassa. Tätä seikkaa puoltaa edellä mainittu rasvattoman kehonpainon tilastollisesti suuntaa antava ero parempien ja heikompien juoksijoiden välillä. Lihaskudoksen voimantuotto-kyky suhteutettuna pinta-alaan ei juuri vaihtelee eri ihmisillä (noin 3-4 kg/ neliösenttimetri), joten näin ollen voidaan todeta, että mitä enemmän lihaskudosta on, sitä enemmän on voimantuottokapasiteettia. Pieniä eroja tosin voimantuottokapasiteetissa neliösenttimetriä kohti on kun verrataan nopeita ja hitaita lihassoluja (Komi ym. 1977, 385-392).

Fysiologian ja RPE:n yhteydet. Ensimmäisessä juoksusarjassa laktaattiarvot ja sykereaktiot

korreloivat keskenään kohtalaisesti ($r = .63$). Laktaattiarvojen ja RPE-arvojen korrelaatio ensimmäisessä juoksusarjassa oli erittäin heikko ($r = .07$), kun sen sijaan sykereaktioiden ja RPE-arvojen korrelaatio oli kohtalainen ($r = .40$). Intervallikuormituksen luonne ilmeisesti sekoittaa RPE-arvojen ja sykkeen korrelaation, jonka on siis todettu olevan kestotyyppisessä yhtäjaksoisessa kuormituksessa varsin korkea (noin $r = .80$). Laktaattiarvojen korrelaatiota RPE-arvoihin intervallikuormituksessa kymmenottelijoilla ei ole ennen tutkittu, mutta niiden voidaan tämän tutkimuksen ensimmäisen juoksusarjan tulosten perusteella todeta korreloivan heikommin kuin sykereaktioiden. Ilmeisesti kyse on siitä, että laktaatin tuotto on vielä ensimmäisessä juoksusarjassa niin vähäistä, että yksilöllinen vaihtelu laktaatin lähtötasoissa ja sen tuotto- sekä eliminaationopeudessa sekoittaa laktaattien ja RPE:n korrelaation.

Sykereaktioiden ja laktaattien korrelaatio toisessa juoksusarjassa nousi vielä ensimmäisen sarjan arvosta ($r = .77$), joka on voimakas positiivinen korrelaatio. RPE-arvojen ja laktaattiarvojen korrelaatio tässä toisessa sarjassa oli $r = .49$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Merkittävää on laktaatin ja väsymyksen kokemisen korrelaation huima nousu toisessa sarjassa (1. sarja $r = .07$ ja 2. sarja $r = .49$). Eli näyttää siltä, että laktaattien ja RPE-arvojen korrelaatio nousee vauhtien kasvaessa. Tämä on varsin loogista, sillä sekä laktaattiarvojen että RPE-arvojen tulosten yksilöllinen heittäily urheilijoiden välillä väheni selvästi toisessa juoksusarjassa.

Sykkeen ja RPE-arvojen korrelaatio sen sijaan seurasi hyvin pitkälti ensimmäisen sarjan tuloksia. Sykkeen ja RPE:n korrelaatio oli toisessa sarjassa $r = .40$ (1. sarja $r = .37$). Eli voidaan sanoa, että sykkeen ja RPE:n korrelaatio on huomattavasti pysyvämpi kuin laktaattien ja RPE:n, mutta kesto-suorituksen korrelaatioista jäädyään selvästi.

Sykereaktioiden ja RPE:n korrelaatio oli kolmannessa juoksusarjassa $r = .51$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja RPE:n korrelaatio kolmannessa juoksusarjassa oli $r = .80$, joka on voimakas positiivinen korrelaatio. Laktaattiarvojen ja sykereaktioiden korrelaatio kolmannessa juoksusarjassa oli $r = .69$, joka on kohtalainen positiivinen korrelaatio. Näyttää siltä, että kaikkien muuttujien keskinäiset korrelaatiot nousevat vähintään kohtalaiseen kuormituksen tehon noustessa myös intervallityyppisessä harjoituksessa. Tämän perusteella voidaan todeta, että kaikki muuttujat mittaavat luotettavasti urheilijoiden kuormittumista myös intervalliharjoituksessa.

Koettu väsymys. Ensimmäisen juoksusarjan jälkeisistä sanallisista kommentteista (laadullinen analyysi) oli luokiteltavissa vain kaksi luokkaa, eli ”jotain ongelmia” ja ”ei mitään ongelmia”. Yllättävää sanallisten tuntemusten luokittelun perusteella on se, että luokkaan ”jotain ongelmia” sijoittuneet urheilijat olivat molemmat parempia juoksijoita. Sen sijaan heikommista juoksijoista kukaan ei ilmoittanut tuntemuksissaan minkäänlaista väsymystä.

Toisessa juoksusarjassa esiin nousi lisää luokkia. ”Jotain ongelmia” ja ”Ei väsyttä” – luokat saivat seurakseen ”Tuntu jo” – luokan, johon kuului urheilijoita, jotka olivat ensimmäisen juoksusarjan jälkeen todenneet kommentteinaan, että ”Ei väsyttä”. Eli selkeätä kuormittumista ja väsymystä oli havaittavissa enemmän kuin ensimmäisen juoksusarjan jälkeen. Yllättävää tämän toisenkin juoksusarjan jälkeen on kuitenkin se, että tuntemuksissa ei ole parempien ja heikompien juoksijoiden välillä mitään merkittäviä - saati systemaattisia - eroja. Samaa pätee myös siihen, että fysiologisissa mittauksissa ei havaittu muuta kuin sykkeen osalta tilastollisesti merkitsevä ero.

Kolmannessa juoksusarjassa psykofysiologista väsymystä esiintyi urheilijoilla jo huomattavasti kahta ensimmäistä sarjaa enemmän. Liukkosen ym. (1997, 12-14) tutkimuksessaan havaitsemaa tuntemusten muuttumista negatiiviseen suuntaan on havaittavissa useilla urheilijoilla. Kolmannessa juoksusarjassa oli löydettävissä neljä luokkaa: ”jotain ongelmia” ja ”ei väsyttä”- luokat saivat seurakseen ”voimasanat käyttöön” ja ”verrataan edellisiin” –luokat.

9.3 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen fysiologisten ja psykologisten mittausten mukaan sekä heikommat että paremmat juoksijat kokevat tällaisen juoksuharjoituksen yhtä väsyttävänä. Ilmeisesti on niin, että paremmat juoksijat saavat kilpailussa itsestään enemmän irti kuin heikommat juoksijat. Psykye korostuu kilpailuissa huomattavasti tällaista harjoitusta enemmän. Sykereaktioiden ja laktaattiarvojen havaittiin korreloivan keskenään kohtalaisesti tai voimakkaasti oli juoksunopeus mikä hyvänsä, yllättävää oli tosin korkeimman korrelaation osuminen toiseen juoksusarjaan. Laktaattiarvojen ja koetun väsymyksen havaittiin korreloivan voimakkaasti juoksunopeuden noustessa. Sykereaktioiden ja koetun väsymyksen korrelaatiot jäivät kaikissa

juoksusarjoissa kohtalaisiksi, mutta nekin nousevat juoksunopeuden kasvaessa.

Laktaateissa ei ryhmien välillä ole tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta sykereaktioista ja juokсутuloksista keskiarvoina tilastollisesti merkitsevä ero löytyy. Selityksen juokсутulosten tilastollisesti merkitsevään eroon täytyy olla löydettävissä täten maksimaalisessa juoksemisessa (nopeus, nopeuskestävyys ja kestävyys), sillä tällaisessa submaksimaalisessa juokсутutkimuksessa merkitseviä eroja ryhmien fysiologisten mittaustulosten välillä ei ollut. Todennäköisin selittäjä juokсутulosten tilastollisesti merkitsevälle erolle on maksiminopeus ja urheilijoiden kivunsieto- ja irtiottokyky.

Tutkimuksen laadullisessa osassa ei havaittu mitään systemaattista eroa parempien ja heikompien juoksijoiden välillä. Tulosten mukaan heikommat juoksijat sekä kokivat, että olivat myös fysiologisin mittarein tutkittuna yhtä väsyneitä tai väsymättömiä kuin paremmat juoksijat. Tämän tutkimuksen yhtenä merkittävänä antina on johtopäätös siitä, että käytännön valmennustilanteessa näiden muuttujien seuraaminen (syke, laktaatti taikka RPE) kertoo luotettavasti kuormituksen ja väsymyksen suuruudesta. Ja näyttää siltä, että kuormituksen ja väsymyksen tason arviointi on luotettavaa myös intervallikuormituksessa.

9.4 Jatkotutkimusehdotukset

Mahdollisissa jatkotutkimuksissa tulisi pyrkiä selvittämään, missä määrin koehenkilöiden solusuhde selittää fysiologisissa mittauksissa havaittuja keskimäärin korkeampia laktaattiarvoja nopeammilla juoksijoilla. Tämä antaisi eväitä väsymyksen tunteen pohtimiseen ja tietoa siitä, millaisia eroja koehenkilöiden fysiologisissa ominaisuuksissa on. Tiettyjen solunsisäisistä tapahtumista kertovien osoittimien käytöllä voitaisiin selvittää tarkemmin myös solutason kuormittumista. Maksimisykkeen ja maksimilaktaattien selvittäminen toisi uutta pohjaa pohdiskeluun siitä, miksi laktaatit ja sykkeet käyttäytyvät submaksimaalisessa kuormituksessa näin kun ne tässä tutkimuksessa käyttäytyivät. Koehenkilöjoukon tulisi olla huomattavasti suurempi, jotta tilastollinen testaus toimisi. Eri asia on mistä tällaisiin tutkimuksiin löytyy riittävästi koehenkilöitä.

Jatkotutkimuksen kohteena tulisi olla myös väsymyksen kokemisen ja arvioinnin

tutkimusmenetelmien kehittäminen. Pidemmälle vietyä olisi tietysti hyvä tutkia mitä aivoissa tapahtuu väsymyksen aikana myös suorilla menetelmillä (esimerkiksi EEG:n avulla) ja suhteuttaa myös näitä muutoksia fysiologisiin mittaustuloksiin sekä tuntemuksiin väsymyksestä. Esimerkiksi kartoittamalla urheilijoiden mentaalisia taitoja ja tutkimalla laktaattipitoisuutta, sykereaktioita ja motoriselta korteksilta lähtevän neuraalisen käskyvirran intensiteettiä kuormituksen aikana voitaisiin selvittää kokonaisvaltaisesti väsymystä sekä psykologisena, aineenvaihdunnallisena että keskushermostollisena tapahtumana. Urheilijoiden mentaalisten taitojen tutkiminen olisi oleellista myös siksi, että tällöin voitaisiin pohtia syitä siihen, miksi hyvinkin erilaisia juoksutuloksia tekevät urheilijat kokevat submaksimaalisen kuormituksen yhtä väsyttävänä, mutta maksimisuorituskyvyssä on urheilijoiden välillä silti merkittäviä eroja.

LÄHTEET

- Ahonen, J. (toim.), Lahtinen, T., Sandström, M., Bogliani, G. & Wirhed, R. 1993 Kehon rakenne, toiminta ja lihaskunto, osa 3. Jyväskylä: Gummerus.
- Aickin, C. & Thomas, R. C. 1977. An Investigation of the ionic mechanism of intracellular pH regulation in mouse soleus muscle fibres. *Journal of Physiology* 273: 295-316.
- Avela, J. 2000. Stretch Reflex Adaptation in Man: interaction between load, fatigue and muscle stiffness. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 57. University of Jyväskylä.
- Bauersfeldt, K-H. & Schröter, G. 1989. Yleisurheiluvalmennuksen perusteet. Jyväskylä: Gummerus.
- Bigland-Ritchie, B.R. & Woods, J.J. 1984. Changes in Muscle Contractile Properties and Neural Control during Human Muscular Fatigue. *Muscle & nerve* 7, 691-699.
- Björkman, A. 1982. Psykkinen valmennus. Henkisten voimavarojen hyödyntäminen, osa 1. Vaasa: Valmennuskirjat Oy.
- Borg, G. 1970. Perceived Exertion as an Indicator of Somatic Stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 2, 92-98.
- Campbell, M. K. 1995. Biochemistry. 2. painos. Orlando: Saunders College Publishing.
- Cavagna, G.A., Saibene, F.B. & Margaria, R. 1965. Effect of Negative Work on the Amount of Positive Work Performed by An Isolated Muscle. *Journal of Applied Physiology* 20, 157-158.
- Cratty, B. 1984. Psychological preparation and athletic excellence. New York, N.Y.: Movement.
- Durmin, J.V.G.A. & Rahaman, M.M. 1967. The Assessment of Fat in the Human Body from Measuring of Skin Fold Thickness. *British Journal of Nutrition* 21, 681-689.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. 1985. The Contribution of Neuroscience to Exercise Studies. *Federation Proc* 44, 2279-2285.
- Finni, J. 2000. 10-ottelijan kehittävin harjoitus on ottelukilpailu. Raportti venäläisestä pitkäkestävyydestä. *Huippu-urheilu Uutiset*. Nro 5 / 2000. Suomen Urheiluliitto.

- Finni, J. 2001. Maksimitehoisen hyppelyharjoituksen välittömät vaikutukset reflektoriseen säätelyyn. Biomekaniikan Pro gradu-tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Finni, J. 2002. Urheilun kuninkuuslaji - 10-ottelu. Moniottelukarnevaali julkaisu 2002. Kuortaneen urheiluopisto.
- Flinck, J. 1993. 10-ottelun historia. SUL-ottelut-lehti. Nro 3 / 1993.
- Grandjean, E. 1987. Fitting The Task to The Man. London: Taylor & Francis.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. 1996. Textbook of Medical Physiology. Philadelphia: W.B. Saunders Company
- Goode, K. & Roth, D. 1993. Actor Analysis of Cognitions During Running: Association with Mood Change. Journal of Sport & Exercise Psychology 15, 375-389.
- Hanin, Y.L. (Editor) 2000. Emotions in Sport. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Hannus, M. 1999. Kultaiset kentät – suomen yleisurheilun vuosisata. WSOY.
- Hermansen, L. 1971. Lactate production during exercise. In Pernow, B. & Saltin, B. (Editors) Muscle Metabolism during exercise. New York: Plenum Press, 401-408.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 2. painos. Tampere: Kirjayhtymä.
- Hirvonen, J. 1983. SUL, tiedote 11, 1-28.
- Hirvonen, L. 1989. Soveltavaa fysiologiaa. Oulun yliopiston fysiologian laitos. Oulu: Oulun yliopiston monistus- ja kuvakeskus.
- Hormalainen, M. 2003. Määrä- ja tehointervalli juoksuharjoituksen fysiologinen kuormittavuus 10-ottelijoilla. Johdatus omatoimiseen tutkimustyöhön. Liikuntafysiologia (LFY.203). Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Hormalainen, M. & Pulli, K. 2003. Heittoliikkeen perusliikemalli ja sen itsearviointi 8. luokkalaisilla pojilla. Kasvatustieteen proseminaari-tutkielma. Opettajankoulutuslaitos. Jyväskylän yliopisto.

- Hultman, E. & Sahlin, K. 1980. Acid-Base Balance During Exercise. *Sports Science Review* 8, 41-128.
- Hultman, E., Bergström, M., Spriet, L.L. & Söderlund, K. 1990. Energy Metabolism and Fatigue. In Taylor, A.W., Gollnick, P.D., Green, H.J., Iamzzo, R., Noble, E.G., Metivier, G. & Sutton, J.R. (Editors) *International series of Sport Sciences* 21. *Biochemistry of Exercise*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 73-92.
- Härkönen, A. & Häkkinen, K. 1988. Lihasten hermotuksessa ja voimantuotto-ominaisuuksissa ilmenevä väsyminen 10-ottelun aikana. Helsinki: SVUL.
- Härkönen, A. 1992. Maksimaalisen voima- ja nopeuskestävyys harjoituksen yhteisvaikutukset voimantuottoon. Liikuntafysiologian Pro gradu- tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Jouppila, J. 1998. Kreatiini ravintolisänä. *Huippu-urheilu Uutiset*. Nro 2 / 1998. Suomen Urheiluliitto.
- Keul, J., Doll, E. & Kepler, D. 1972. *Energy Metabolism of Human Muscle*. S. Karger. Basel. Munchen.
- Kindermann, W. & Keul, J. 1977. Lactate Acidosis in Different Forms of Sport Activities. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences* 2, 177-182.
- Komi, P.V., Viitasalo, J., Havu, M., Thorstensson, A., Sjodin, B. & Karlsson, J. 1977. Skeletal muscle fibers and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica* 100, 385-392.
- Komi, P.V. & Bosco, C. 1978. Utilization of Stored Elastic Energy in Men and Women. *Medicine and Science in Sports* 10, 261-265.
- Kuoppasalmi, K. & Näveri, H. 1983. Liikunta ja hormonaalinen kuormitusreaktio. *Duodecim* 99, 176-178.
- Kuormitusfysiologian opetusmateriaali. 1996. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Laiho, A. 1983. 10-ottelu – valmentajan näkemys. Teoksessa *Psyykinen valmennus, osa 2 Lajisovellukset*. Seppo Heino (toim.) Vaasa: Valmennuskirjat Oy.
- Lincoln, Y.S. & Guba, E.G. 1985. *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills: Sage.
- Liukkonen, J. 1995. Kongressiraportti – Urheilupsykologiaa Australian Brisbanessa. *Urheilupsykologia*, 29-32.

- Liukkonen, J. 1997. Psykykinen valmennus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K.L. (toim.) 1997. Nykyaikainen urheiluvalmennus. Jyväskylä:Gummerus.
- Liukkonen, J., Jylhä, R. & Savonen, K. 1997. Psykologisilla mittareilla ylläpitämiä ennakoimaan: kehon ja mielen kuuntelua oppimaan. Liikunta ja tiede 3, 12-14.
- Mainwood, G. W. & Renaud, J. M. 1985. The effect of Acid-base Balance on Fatigue of Skeletal Muscle. Canadian Journal of Physiology. Pharmacol 63, 403-416.
- Martin, D.W., Mayes, P.A., Rodwell, V.W. & Garner, D.K. 1985. Harpers Review Biochemistry. Los Altos, California: Lange Medical Publications, 258-261.
- Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus.
- Mäkelä, J. 1986. Hyppyjen ja moniotteluiden harjoituspäiväkirja. Helsinki: SVUL.
- Niemi, M., Korhonen, L. K. & Virtanen, J. 1992. Solu- ja molekyylibiologia. Tampere: Weilin-Göös.
- Nummela, A. 1989. Väsymys 400 m:n juoksussa. Liikuntafysiologian pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Nummela, A. 1996. A New Laboratory Test Method for Estimating Anaerobic Performance Characteristics with special reference to sprint running. Studies in sport, Physical Education and Health 44. University of Jyväskylä.
- Orava, S.Y. 2000. Suullinen tiedonanto. Kuortaneen urheiluopistolla tammikuussa 2000. Suomen Urheiluliiton maajoukkueleirillä. Rakentava harjoittelu - lääketieteellinen näkemys - luennon aikana.
- Orava, S.Y. 2002. Suullinen tiedonanto. Helsingin urheilulääkäriasemalla leikkauksen jälkitarkastuksen yhteydessä.
- Osnes, J. & Hermansen, L. 1972. Acid-Base Balance After Maximal Exercise of Short Duration. Journal of Applied Physiology 12, 59-62.
- Parry-Billings, M. & MacLaren, D. 1986. The Effect of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate Ingestion on Anaerobic Power During Intermittent Exercise. European Journal of Applied Physiology 55, 524-529.
- Patton, M.Q. 1990. Qualitative Evaluation and Research Methods. 2. painos. Newbury Park: Sage.

- Rehunen, S., Näveri, H., Kuoppasalmi, K. & Härkönen, M. 1982. High Energy Phosphate Compounds During Exercise in Human Slow-Twitch and Fast-Twitch Muscle Fibers. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigations* 42, 499-506.
- Sahlin, K. 1978. Intracellular pH and Energy Metabolism in Skeletal Muscle in Man. *Acta Physiologica Skandinavica* (suppl.) 455.
- Sahlin, K. & Henriksson, J. 1984. Buffer Capacity and Lactate Accumulation in Skeletal Muscle of Trained and Untrained Man. *Acta Physiologica Skandinavica* 122, 331-339.
- Schnabel, A. & Kindermann, W. 1983. Assessment of Anaerobic Capacity in Runners. *European Journal of Applied Physiology* 52, 42-46.
- Sihvonen, A. 1998. Mentaalinen harjoittelu pikajuoksussa. Liikuntapedagogiikan pro gradu-tutkielma. Liikuntakasvatuksen laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Suin, R., Morton, M. & Brammell, H. 1980. Psychological and mental training to increase efficiency in endurance athletes. Technical Report to Developmental Subcommittee, U.S. Olympic Womens Athletics.
- Syrjäläinen, E. 1994. Etnografisen opetuksen tutkimus: kouluetnografia. Teoksessa Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E. & Saari, S. (toim.) Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Helsinki: Kirjayhtymä, 75-89.
- Tesch, P. 1978. Muscle Fatigue and Lactate Concentration. In Asmussen, E. & Jorgensen, K. (eds.) *Biomechanics IV-A*. University Park Press, Baltimore. 68-72.
- Tesch, P., Sharp, D. & Daniels, W. L. 1981. Influence of Fiber Type Composition and Capillary Density on Onset of Blood Lactate Accumulation. *International Journal of Sports Medicine* 2, 252-255.
- Thomas, J.R. & Nelson, J.K. 2001. *Research Methods in Physical Activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Åstrand, P-O. 1986. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. New York: McGraw-Hill.

