

**OPINNÄYTETYÖ**  
**PETTERI POHJA 2010**

**MAAJOUKKUEJUDOKOIDEN AEROBINEN  
JA ANAEROBINEN SUORITUSKYKY,  
KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN  
HARJOITTELU- JA KILPAILUTILANTEESSA**



**Rovaniemen**  
**ammattikorkeakoulu**  
University of Applied Sciences

**TERVEYDEN EDISTÄMINEN**

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA  
Terveysten edistäminen, Ylempi AMK

Opinnäytetyö

**MAAJOUKKUEJUDOKOIDEN AEROBINEN JA  
ANAEROBINEN SUORITUSKYKY, KUORMITTUMINEN  
JA PALAUTUMINEN HARJOITTELU- JA  
KILPAILUTILANTEESSA**

Petteri Pohja

2010

Toimeksiantaja Suomen Judoliitto ry

Ohjaaja Susanna Parkkisenniemi

Hyväksytty \_\_\_\_\_ 2010 \_\_\_\_\_

Työ on kirjastossa lainattavissa

---

<b>Tekijä</b>	Petteri Pohja	<b>Vuosi</b>	2010
<b>Toimeksiantaja Työn nimi</b>	Suomen Judoliitto ry Maajoukkuejudokoiden aerobinen ja anaerobinen suorituskyky, kuormitus ja palautuminen harjoitus- ja kilpailutapahtumassa		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	78+ 7		

---

Opinnäytetyössä tutkittiin suomalaisten maajoukkuejudokoiden aerobista ja anaerobista suorituskykyä, kuormitusta sekä palautumista harjoituksissa ja kilpailuissa. Tavoitteena oli saada selville, millä syke- ja intensiteettialueilla harjoittelussa ja kilpailuissa liikutaan määrällisesti ja suhteellisesti. Tarkemmin tutkittiin maksimisykettä, keskisykettä, laktaattiarvoja harjoittelussa sekä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä harjoittelun yhteydessä. Sykevälivaihtelun mittauksilla tutkittiin palautumista ja energiankulutusta.

Valmennuksessa käydään jatkuvaa keskustelua judon lajisuorituksen fyysisistä vaatimuksista ja niiden harjoittamisen vaikutuksista ja suhteesta toisiinsa. Samaa pohdintaa käyn itsekin jatkuvasti. Tämä työ mahdollisti omien ja yleisienkin valmennus- ja harjoittelukäsitysten tutkimisen ja tarkastelemisen sekä tarkemman omakohtaisen perustellun valmennuskäsityksen luomisen. Tässä tutkimuksessa käytettiin määrällistä tutkimusmenetelmää. Tavoitteena oli kerätä kokonaisvaltaista tietoa suorituskyvystä, kuormituksesta ja palautumisesta sekä syventää ja kuvata kokonaisuutta monipuolisesti, yksityiskohtaisesti ja luontevasti. Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole yleistettävissä, mutta ne antavat uusia ja monipuolisia havaintoja jo tutkituista ja tiedettyistä asioista. Tutkimuksen kohderyhmä oli maajoukkueetason urheilijoita, 11 urheilijaa, joista viisi oli miestä ja kuusi naista. Tutkimukseen osallistuneiden keski-ikä oli 22,5 vuotta ja he sijoituivat painoluokkien alle 52 kg ja alle 73 kg välille.

Tutkimustulosten maksimisykkeet olivat harjoituksien aikana 89-98 % sykemaksimista ja keskisyke 112-122 krt/min ja kilpailupäivänä 93-100 % sykemaksimista ja keskisyke 107-133 krt/min. Intensiteettitasot liikkuivat harjoitusten ja ottelujen aikana anaerobisella kynnyksellä. Laktaattitasot harjoituksissa olivat vaihteluvälillä 4,0-16,3 mmol/l. Energiankulutus harjoituksissa oli 4,7 MET ja kilpailuissa 4,2 MET. Nämä tulokset määrittävät aerobisen ja anaerobisen harjoittelun tavoitteet judossa. Johtopäätöksenä voidaan pitää sitä, että mikään tiedetty valmennuksellinen totuus ei ole muuttunut, mutta pohdittavaksi jää, toteutuvatko nämä totuudet käytännön valmennuksessa ja harjoittelussa.

Avainsanat: Judo, aerobinen ja anaerobinen suorituskyky, kuormitus ja palautuminen, syke- ja sykevälimittaus, laktaatti, hermo-lihasjärjestelmä, energiankulutus

---

<b>Author</b>	Petteri Pohja	<b>Year</b>	2010
<b>Commissioned by</b>	Finnish Judo Association		
<b>Subject of thesis</b>	On Aerobic and Anaerobic Performance, Load and Recovery of Finnish National Judo Team in Exercise and Competition Event		
<b>Number of pages</b>	78 + 7		

---

This Thesis deals with the aerobic and anaerobic performance, load and recovery of the Finnish national team judokas in exercise and competition. The aim of this thesis was to find out in what heartbeat and intensity range the informants were quantitatively and relatively. The maximal heartbeat, mean pulse, lactate values in exercise and capacity of nerve-muscle-system in exercise were studied more closely. The measures of changes in heartbeat intervals indicated recovery and energy consumption.

The different dimensions of training and their effects and relations into the judo-specific physical demands are under constant discussion. In my mind this is also an ongoing topic for pondering. This thesis allowed me to study and scrutinize my own and the common coaching and training perceptions to evolve more precise subjective but justifiable coaching approach. In my study quantitative approaches were used as research methods. The aim was to collect comprehensive data about the performance, workload and recovery and also to deepen and provide a well-rounded picture of the whole topic, in detail and naturally. Conclusions of this thesis can not be generalized. However, they present new and versatile observations of the already known and researched facts. The target group of this research was 11 athletes from the national judo team. Five of the informants were men and six were women. The mean age of this group was 22,5 years and their weight categories varied from under 52 kg to under 73 kg.

The outcomes of this study were that maximal heartbeat levels in training were 89-98 % out of maximal heartbeat and mean pulse 112-122 beats/minute and in competition 93-100 % out of maximal heartbeat and mean pulse 107-133 beats/minute. The intensity levels in competition and practice were ranged in just above the maximal threshold. Lactate levels in training were ranged between 4,0-16,3 mmol/l. Energy consumption were in training 4,7 MET and in competition 4,2 MET. These facts define the objects of aerobic and anaerobic training in judo. The main conclusion of this research is that the already known facts about coaching and training remain untouched. However it remains in consideration, whether these theoretical facts are understood correctly and actualized in practice.

**Keywords:** Judo, aerobic and anaerobic performance, load and recovery, measurement of heartbeat and its intervals, lactate, nerve-muscle system, energy consumption

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SUORITUSKYKY, KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN JUDOSSA</b> .....	<b>3</b>
2.1 SUORITUSKYVYN PERUSTA JA ENERGIA-AINEENVAIHDUNTA JUDOSSA .....	3
2.1.1 Energia-aineenvaihduntatuotteet ja veren happamuus .....	7
2.1.2 Veren laktaattipitoisuudet judokoilla kilpailuissa ja harjoituksissa .....	8
2.1.3 Energia-aineenvaihdunnan yhteys väsymiseen ja palautumiseen .....	11
2.1.4 Energiankulutus ja judokoiden energiantarve .....	13
2.2 AEROBINEN SUORITUSKYKY JUDOSSA .....	15
2.3 ANAEROBINEN SUORITUSKYKY JUDOSSA .....	19
2.3.1 Alaktinen ja laktinen systeemi .....	20
2.3.2 Judokoiden anaerobisen suorituskyvyn mittaaminen Wingate-testillä .....	21
2.4 AEROBINEN JA ANAEROBINEN KUORMITTUMINEN INTERVALLISUORITUKSESSA .....	23
<b>3 SYKE JA SYKEVÄLIVAIHTELU KUORMITUKSESSA JA PALAUTUMISESSA</b> .....	<b>25</b>
<b>4 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTA KUORMITUKSESSA JA PALAUTUMISESSA</b> .....	<b>27</b>
4.1 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄ .....	27
4.2 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN .....	28
4.3 SENTRAALINEN JA PERIFEERINEN KUORMITTUMINEN .....	29
<b>5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT</b> .....	<b>31</b>
<b>6 TUTKIMUS- JA MITTAUSMENETELMÄT</b> .....	<b>32</b>
6.1 TUTKIMUKSEN KOHDERYHMÄ JA TAPAUKSET .....	32
6.2 TUTKIMUKSEN KULKU JA AINEISTON KERUU .....	33
6.2.1 Syke- ja sykevälivaihtelun mittaus .....	34
6.2.2 Laktaatin mittaus .....	37
6.2.3 Hermo-lihasjärjestelmän mittaus .....	38
6.3 AINEISTON ANALYYSIMENETELMÄT .....	40
6.4 TUTKIMUKSEN KOKONAISLUOTETTAVUUS .....	41
<b>7 TULOKSET</b> .....	<b>43</b>
7.1 SYKETIETOMITTAUSTEN JA KUORMITTAVUUDEN TULOKSET .....	44
7.1.1 Syketasot ja kestävyden intensiteettitasot harjoitusleiriltä .....	44
7.1.2 Syketasot ja kestävyden intensiteettitasot pääharjoituksista .....	46
7.1.3 Syketasot ja kestävyden intensiteettitasot kilpailutilanteessa .....	49
7.2 LAKTAATTIMITTAUSTEN TULOKSET HARJOITUKSISSA .....	50
7.3 HERMOSTON TOIMINNAN MUUTOKSET HARJOITUSLEIRILLÄ JA KILPAILUSSA .....	52

7.3.1 Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn muutokset harjoitusleirillä ja harjoitusten aikana .....	52
7.3.2 Parasympaattisen hermoston aktivoituminen palautumistilaan harjoituksissa ja kilpailuissa .....	53
7.4 ENERGIANKULUTUS HARJOITUSLEIRILLÄ JA KILPAILUSSA .....	54
<b>8 POHDINTA .....</b>	<b>56</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>68</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>79</b>

## TAULUKKO- JA KUVIOLUETTELO

TAULUKKO 1. OTTELUAIKOJEN KESKIARVOJA JA VOITTOPROSENTEJA (VRT. PULKKINEN 2001).....	6
TAULUKKO 2. KREATIINI- JA LAKTAATTIARVOJEN PALAUTUMINEN (VRT. DEGOUTTE YM. 2003) .....	10
TAULUKKO 3. ENERGIANTARVE JA -KULUTUS JUDOKOILLA (VRT DEGOUTTE YM. 2003) .....	14
TAULUKKO 4. OTTELUN AIKAINEN HAPENOTTOKYKY JA SYKE (VRT. DEGOUTTE YM. 2003) .....	17
TAULUKKO 5. TESTIEN OTANTATIEDOT .....	33
TAULUKKO 6. LAKTAATTIMITTAUSTEN SIOITTUMINEN HARJOITUSOHJELMAAN.....	38
TAULUKKO 7. NELJÄN VUOROKAUDEN SYKETIETOMITTAUSTEN TULOKSET (N=5) .....	44
TAULUKKO 8. PÄÄHARJOITUS 1 SYKETIETOMITTAUSTEN TULOKSET (N=6) .....	46
TAULUKKO 9. PÄÄHARJOITUS 2 SYKETIETOMITTAUSTEN TULOKSET (N=5) .....	47
TAULUKKO 10. JUDON FINNISH OPEN SYKETIETOMITTAUSTEN TULOKSET (N=7).....	49
TAULUKKO 11. LAKTAATTIMITTAUSTEN TULOKSET PÄÄHARJOITUS 1 (MMOL/L) .....	51
TAULUKKO 12. LAKTAATTIMITTAUSTEN TULOKSET PÄÄHARJOITUS 2 (MMOL/L) .....	51
TAULUKKO 13. HARJOITUSLEIRIN ESIKEVENNYSHYPPYJEN TULOKSET (CM) .....	52
KUVIO 1. LIHAKSEN RAKENNE (VIITASALO 1989, 40.) .....	27
KUVIO 2. MOTORINEN YSIKKÖ (VIITASALO 1989, 41) .....	27
KUVIO 3. TUTKIMUKSEN ETENEMISEN AIKAJANA .....	34
KUVIO 4. SYKEVÄLI (FIRSTBEAT TECHNOLOGIES OY 2010) .....	36
KUVIO 5. LACTATE PROTM LUOTETTAVUUS JA KORRELAATIO (ARKRAY INC.).....	37
KUVIO 6. ESIKEVENNYSHYPPY MIESTEN TULOKSET .....	53

## 1 JOHDANTO

Menestyminen vaatii missä tahansa urheilulajissa tiettyjen välttämättömien ehtojen täyttämistä. Urheilijoiden on harjoitettava tieteellisesti todistettujen periaatteiden mukaisesti ja heidän on pystyttävä toteuttamaan optimaalista ravitsemusta ja palautumista harjoittelusta. Huippu-urheilijoiden tulee olla erittäin motivoituneita pystyäkseen toteuttamaan haluttuja valmennuksen strategioita. Lisäksi kilpailupäivän vireys ja suorituskyky sekä olosuhteet on osattava rakentaa kohdalleen menestymisen saavuttamiseksi.

Kaikkien näiden asioiden merkityksien erottelu on haastavaa johtuen urheilijoiden yksilöllisistä ominaisuuksista, harjoitustaustoista sekä lajikohtaisista erityisvaatimuksista. Yleiset tosiasiat voidaan kuitenkin esittää lajikohtaiset muuttujat huomioiden. Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan aerobisen ja anaerobisen suorituskyvyn, kuormittavuuden ja palautumisen fysiologisia perustoja judon lajisuorituksessa ja tutkitaan fysiologisin mittarein judon lajisuoritusta. Työn tarkoituksena on tutkia suomalaisten maajoukkuejudokoiden harjoittelun ja kilpailun aikaista aerobista ja anaerobista suorituskykyä, kuormitusta ja palautumista. Tutkimuksen pohjalta on mahdollista kehittää fysiologista näkökulmaa judosta huippu-urheilussa.

Taitava ja koordinoitu lihasten voimantuotto johtaa onnistuneeseen urheilusuoritukseen. Voimaa tuotetaan lajikohtaisesti välineeseen, esimerkiksi keihäänheitossa keihäaseen, uinnissa veden pintaan tai kuten judossa vastustajaan. Kaikissa näissä tavoite ja keinot tuottaa onnistunut urheilusuoritus on erilainen, mutta jokaisessa tapauksessa on olemassa yhteiset yleiset periaatteet liikkeiden ja suoritusten tuottamiseksi. (Knuttegen 2000, 3-16.)

Urheilusuorituksissa, joissa mitataan kuinka nopeasti tietty matka liikutaan, merkityksellistä on kyky tuottaa ja ylläpitää mahdollisimman suurta voimaa kyseisen matkan ajan. Tämä riippuu taas suoraan kyvystä voittaa liikkumista vastustavat voimat. Vastustavat voimat riippuvat täysin lajista, pyöräilijän täytyy voittaa ilmanvastus ja kitkat pyörien ja maanpinnan sekä pyörän liikkuvien osien väliltä. Painonnostajien tulee voittaa maan vetovoiman vastus, joka

kohdistuu painonnostotankoon. Judokan tulee voittaa sekä maan vetovoiman vastus, mutta myös vastustajan liikkeen ja lihasvoimien vastustus. (Hargreaves – Hawley 2003, 1-5.)

Kun liikkumisen ja liikkeiden nopeudet kasvavat, ilmanvastus tarjoaa kovimman vastuksen. Nopeuden kaksinkertaistuminen johtaa vastuksen nelinkertaistumiseen. Tällöin voimantuottokin on saatava kasvamaan moninkertaiseksi. Lajeissa, joissa vaaditaan ja halutaan suhteellisen suuria tulosparannuksia, vaaditaan myös joko vastustavien voimien merkittävää vähentämistä tai energiantuoton merkittävää lisäämistä, esimerkiksi voimantuoton suhteen. Vaikka vastuksen vähentämiseksi eri lajeissa on hyviä keinoja, suoritusten parantamiseksi tarvitaan joka tapauksessa, ehdottomasti, parantunutta kykyä tuottaa voimaa aerobisesti ja anaerobisesti. Esimerkiksi judossa tekninen ja taktinen taitavuus vähentää kestävyuden, nopeuden ja voiman tarvetta. (Hargreaves ym. 2003, 1-5.)

Tieteessä on esitetty useita teorioita fysiologisista pääasioista, joista onnistunut urheilusuoritus koostuu. Harjoittelun ja työn aiheuttamat muutokset ja sopeutumiset kehossa koostuvat monien fysiologisten, rakenteellisten ja toiminnallisten tekijöiden yhteisestä summasta, joka määrää merkittävästi jokaiselle henkilökohtaisesti ominaisen suorituskapasiteetin. Useimmissa lajeissa teoria ja käytäntö kohtaavat toisensa kohtuullisen hyvin verrattaessa niitä urheilutuloksiin. (Coyle 1995, 23-63; 1999, 181-189.)



## 2 SUORITUSKYKY, KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN JUDOSSA

Urheilussa suorituskykyä ja kilpailukykyä kehitetään harjoittelulla vastamaan haluttua kilpailusuoritusta. Suorituskyky pohjautuu harjoittelun aiheuttamiin fysiologisiin muutoksiin kehossa, joita saadaan aikaan muuntelemalla kuormitusta (määrä ja intensiteetti) sekä palautumista. Harjoittelu kuormittaa kehoa eri tavoin ja nousujohteisesti lisätty määrä, teho ja niihin oikein suhteutettu palautuminen (ravinto ja lepo) kehittävät suorituskykyä. Tätä kuormittamista ja palautumista säännellään eri tavoin harjoittelun suunnittelussa ja toteutuksessa harjoitusten sisäisesti, harjoituspäivien sisäisesti, viikko- ja kuukausitasolla sekä vuositasolla. Huippu-urheilussa harjoittelun kuormituksen tulisi vastata täsmällisesti lajikohtaisen kilpailusuorituksen suorituskykyvaatimuksia. Pienikin parannus suorituskykyyn vaatii pitkäjännitteistä ja optimoitua harjoittelua. (Uusitalo 2001, 35-45.)

Suorituskykyä, harjoittelun ja kilpailun aiheuttamaa kuormittumista ja kuormituksesta palautumista voidaan seurata useilla eri muuttujilla. Maksimaalista suorituskykyä voidaan seurata  $VO_{2max}$  (maksimaalinen hapenotto) arvoilla, maksimilaktaattiarvoilla ja maksimisykkeellä. Submaksimaalista suorituskykyä voidaan vastaavasti seurata laktaatilla, hapenkulutuksella ja sykkeellä. Samoilla muuttujilla pystytään arvioimaan ja seuraamaan palautumiskykyä kuormittumisesta halutuilla harjoitusjaksoilla. (Uusitalo 2001, 35-45.) Suorituskykyyn vaikuttavat myös osaltaan suorituksen mekaniikka ja sen taloudellisuus sekä taito- ja psyykkiset tekijät. (O'Connor – Morgan – Raglin 1991, 1055-1061.)

### 2.1 Suorituskyvyn perusta ja energia-aineenvaihdunta judossa

Menestyminen urheilusuorituksessa on täysin riippuvainen siitä, kuinka keho pystyy tuottamaan energiaa luurankolihasiston työskentelyä varten. Lihasiston tehtävänä on supistua ja tuottaa maksimaalista voimaa äärimmäisen nopeasti lyhyen aikaa tai tuottaa mahdollisimman korkeaa keskimääräistä voimaa tarvittavan pituisen ajan. Lihasten välitön energianlähde on adenosii-

nitrifosfaatti (ATP), jota tuotetaan solutason hydrolyysillä. Energiantuottamisen kemiallinen kaava on:  $ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i + H^+ + \text{energia}$ . (Hargraves ym. 2003, 27.)

Lihasten sisäiset ATP-varastot ovat hyvin pienet, joten kehon täytyy jatkuvasti tuottaa energiaa eri tavoin tarpeen mukaan, jotta haluttu suoritustaso saadaan ylläpidettyä halutun aikaa (Hargraves ym. 2003, 27-28). Solut tuottavat energiaa (ATP) lihaksille kolmella eri tavalla. Tähän liittyvät anaerobinen aineenvaihdunta, kreatiinifosfaatin (KP) uudelleen muodostaminen ja glykolyysi sekä hiilihydraattien (HH) ja rasvojen (R) aerobinen aineenvaihdunta. (Wilmore – Costill – Kenney 2008, 48-57.) Aineenvaihdunnan laadun merkitys on täysin riippuvainen suorituksen tehosta ja kestosta. Anaerobinen aineenvaihdunta pystyy tuottamaan ATP:a nopeasti, mutta suhteellisen vähän, vastavasti aerobinen aineenvaihdunta tuottaa energiaa käytännössä loputtomasti, mutta suhteellisen hitaasti. (Hargraves ym. 2003, 27-28.)

Judo-ottelun säännöt edellyttävät judokoilta dynaamista ja voimaperäistä suorituskyykyä sekä jatkuvia korkean intensiteetin hyökkäys- ja puolustustoimintoja. Nämä seikat määrittävät pitkälti ne fysiologiset ottelun suoritusvaatimukset, joita urheilijoita vaaditaan menestyksekkääseen suoritukseen yksittäisissä otteluissa. Menestyminen turnauksessa edellyttää kuitenkin myös muunlaisia ominaisuuksia.

Ymmärtääksemme paremmin judo-otteluiden ja harjoittelun aineenvaihdunnallisia ja fysiologisia vaatimuksia, on pystyttävä tutkimaan tarkasti, mitä ottelujen sisällä tapahtuu ja minkälaiset ovat otteluiden ajalliset vaatimukset. Silloin pystytään arvioimaan energiantuottosysteemin toiminnan optimoimista harjoittelussa. Tällöin voidaan kuvata optimaaliset intensiteetit ja kestot harjoittelulle sekä luoda yksilöllisemmät harjoitusohjelmat.

Painissa on tehty useita tutkimuksia ottelujen sisäisistä tapahtumista olympia- ja MM-tasolla. Paini on hyvin lähellä judoa fysiologisilta ja energiantuotovaatimuksiltaan. Otteluanalyysit osoittavat, että painijoilla tapahtuu noin 16 korkean tai maksimaalisen intensiteetin ottelutilannesuoritusta yhden ottelun

aikana. Yksi ottelutilanne kestää 3,1 sekuntia ja palautumisvaihe kestää 23,6 sekuntia (Cipriano 1993, 133-140). Palautumisvaiheiden aikana työteho on submaksimaalista ja sisältää työntöjä, vetoja ja nostoja, joiden aikana urheilija pystyy lyhyisiin palautumisiin ja valmistautumaan seuraavaan hyökkäykseen. Paini on siis myös äärimmäisen dynaamista ja voimaperäistä ja sisältää toistuvia räjähtäviä suorituksia korkealla intensiteetillä, vaihtuen välillä submaksimaaliseksi työnteoksi. Vaikka ottelujen pääasiallisina energianlähteinä ovat anaerobiset energiantuottojärjestelmät, niin ne toimivat aerobisen suorituskyvyn antaman pelivaran sisällä. (Horswill – Miller – Scott – Smith – Welk – Van Handel 1992, 558-561.)

Vastaavasti myös judo on huipputasolla dynaamista, fyysisesti erittäin vaativaa kestävyydelle sekä voima- ja nopeusominaisuuksille. Väsymyksen sekä uupumuksen välttäminen ja siirtäminen ovat suorituskyvyn kannalta oleellisempia asioita kuin kyky ja ominaisuudet sietää niitä. Asiantuntijat luonnehtivat judoa räjähtävän voiman urheiluksi, joka vaatii erityisen suuren anaerobisen tehon ja kapasiteetin, joka toimii hyvin kehittyneessä aerobisessa järjestelmässä. (Callister – Staron – Flek – Tesch – Dudley 1991, 196-203; Takahashi 1992, 29-32.)

Judolle on ominaista lyhytkestoiset korkean intensiteetin epäsäännöllisen kestoiset ottelut, miehillä ja naisilla tehokasta otteluaikaa on viisi minuuttia, mutta ottelut voivat kestää vain muutamia sekunteja tai täyden ajan. Otteluajan päättyessä tasatilanteeseen aloitetaan kolmen minuutin jatko aika golden score –säännöllä (IJF säännöt 2010). Judo-ottelut ovatkin pääasiassa anaerobista 10-30 sekunnin submaksimaalisten suoritusten ja 10-15 sekunnin lepojaksoiden välistä vuorottelua (NCCP 1990). Tästä saadaan työn ja levon suhdeluvuksi suurin piirtein 2:1 tai 3:1. Palautumisjaksot sisältävät submaksimaalista työtä, joka on pääasiassa otetaistelua ja liikkumista hyökkäys- ja puolustusjaksojen välissä. Ottelujen työjaksot on luokiteltu neljään osaan, 0 - 10 sekuntia, 11 - 20 sekuntia, 21 - 30 sekuntia ja yli 30 sekuntia kestävä työjaksot. Suurin osa lepo- ja palautumisjaksoista (80 %) oli kestoiltaan 0-10 sekuntia ja suurin aktiivisuus (39 %) sijoittuu 11 - 20 sekunnin jaksolle. Keskiarvoisesti työjaksot eivät ylitä 25 sekuntia eivätkä lepojaksot 10 sekuntia.

Hyökkäykset tapahtuvat otteluissa joka 10-15 sekunti. Näiden huomioiden perusteella voidaan päätellä, että pääenergiantuottomenetelmä judo-otteluissa on anaerobinen glykolyysi. (Sikorski – Mickiewicz – Maole – Laska 1987, 58-65.)

Taulukko 1. Otteluaikojen keskiarvoja ja voittoprosentteja (Vrt. Pulkkinen 2001)

MIESTEN OTTELUAIKOJEN KESKIARVOT ARVOTURNAUKSISSA JA VOITTOTAVAT (IJF 2001)						
Kilpailu	Otteluaika ka	Ippon %	Nage-waza %	Katame-waza %	Muu %	Varoitus %
1995 MM-kisat	3:43	55	45,3	11	43,7	36
1996 Olympialaiset	3:42	60,1	46,6	5,2	48,2	35,7
1997 Esi-Olympialaiset	3:36	17,8	50,5	4,7	44,7	37,4
1999 MM-kisat	3:31	61,8	48,3	4,1	47,6	31,3
2000 NMM-kisat	3:01	52,7	53,1	4,2	42,7	30,7
Yhteensä	17:55	247,4	243,8	29,2	226,9	171,1
Keskiarvo	3:30	49,5	48,8	5,84	45,4	34,2
Keskihajonta	17,24	18,1	3,1	2,92	2,4	3
NAISTEN OTTELUAIKOJEN KESKIARVOT ARVOTURNAUKSISSA JA VOITTOTAVAT (IJF 2001)						
Kilpailu	Otteluaika ka	Ippon %	Nage-waza %	Katame-waza %	Muu %	Varoitus %
1995 MM-kisat	2:53	47,4	48,3	14,4	37,3	29,9
1996 Olympialaiset	3:06	44,1	55,3	9,3	35,4	23,8
1997 Esi-Olympialaiset	3:12	49,4	49,7	9,3	41	31,1
1999 MM-kisat	3:02	48,9	54,2	9,2	26,5	21,9
2000 NMM-kisat	2:55	59,6	60,4	7,2	32,4	20,8
Yhteensä	16:08	249,4	267,9	49,4	182,6	127,5
Keskiarvo	3:14	49,9	53,6	9,9	36,5	25,5
Keskihajonta	22,9	5,8	4,8	2,7	3,1	4,7

Arvokisoista tehdyt tutkimukset (Taulukko 1.) osoittavat, että noin 50 % kaikista otteluista päättyy ennen täyttä aikaa. Keskiarvoisesti voidaan sanoa otteluiden päättyvän 3:14 - 3:30 minuutin tehokkaan työajan kohdalla ippoiin, eli voittoon täysin pistein. Huomattavaa on myös varoitusten suuri merkitys otteluvoittojen saavuttamisessa ja tämä näkyikin erityisesti ottelutaktiikoissa ja ottelustrategiassa. Etenkin otetaistelu ja aktiivinen hallinnan ja ottelun suunnan johtaminen edesauttavat varoitusten saamista vastustajalle. Yksi judon ottelutaito onkin osata välttää varoituksia tai ajaa niitä vastustajalle. Vahvat otteet ja otetaisteluosaaminen johtavat etuun tilannetaisteluissa, jotka johtavat merkittävästi parempaan mahdollisuuteen suorittaa onnistunut heittoyryitys. Tämä on selkeä viesti harjoitteluun ja harjoittelun suunnitteluun. Harjoittelun tulisi sisältää merkittäviä määriä käsi- ja kyynärvarsien lihasten voima- ja kestävyysominaisuuksien kehittämistä 5-15 sekunnin otetaistelutilanteita varten, joissa täytyy tehdä voimakkaita jännityksiä ja staattisia puristuk-

sia. Tällöin kehitetään väsymyksensietokykyä ja parannetaan maitohappokestävyyttä käsissä. Taktisesti otetaistelu sisältää keinot vaihtaa ja muuttaa hyökkäyksiä ja puolustusta. Otteluaikatutkimukset osoittavat selkeästi energiankäyttötavat otteluissa. Johtopäätöksenä voidaan pitää sitä, että ATP-KP ja laktinen systeemi ovat ottelujen pääenergiantuottotavat, jolle pelivaran antaa aerobinen energiantuottokyky. (Pulkkinen 2001, 22.)

### 2.1.1 Energia-aineenvaihduntatuotteet ja veren happamuus

Anaerobinen glykolyysi tuottaa kovatehoisissa suorituksissa maitohappoa ja sen hajoamistuotteena laktaattia. Laktaatti muodostaa vetyioneja ( $H^+$ ), jotka kasaantuessaan aiheuttavat kehon happamuuden lisääntymisen eli pH:n laskun (Sahlin – Edström – Sjöholm – Hultman 1981, 121-126). Urheilu suorituksissa pyritään vähentämään tätä happamuuden aiheuttamaa suorituskyvyn laskua puskuroimalla vetyioneja. Puskurointiin käytetään bikarbonaattia, proteiineja, hemoglobiinia, epäorgaanista fosfaattia sekä kreatiinifosfaattia (KP). Veren laktaattipitoisuudet voivat kasvaa enemmän suhteessa happamuteen, mikäli puskurikapasiteettia pystytään kasvattamaan. (Sharp – Costill – Fink – King 1986, 13-17.)

Anaerobisen kuormituksen aiheuttama happamuus elimistössä lisääntyy enemmän lihaksistossa kuin veressä. Elimistön happamuus ja laktaatin kasautuminen kasvavat suhteessa suorituksen tehon (intensiteetti) sekä keston ja määrän kanssa. Myös lyhyet palautumiset lisäävät laktaatin kasautumista lihaksistoon. (Hirvonen – Nummela – Rusko – Rehunen – Härkönen 1992, 141-144.)

Suuritehoiset suoritukset lisäävät epäorgaanisen fosforin ( $P_i$ ) määrää solussa ATP:n muodostuksen yhteydessä. Tämä vähentää happamuudesta aiheutuvaa suorituskyvyn alenemista. Ammoniakkia ( $NH_3$ ) syntyy sekä lyhyissä kovatehoisissa että kevyemmissä pitkäkestoisissa suorituksissa. Ammoniakki aktivoi ventilaatiota ja se on yhteydessä myös lihasten glykogeenivarastojen

väheneeseen ja lihaskataboliaan. (Graham – Rush – Maclean 1995, 131-175.)

Energia-aineenvaihduntatuotteiden kasaantuminen on yhteydessä hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn heikkenemiseen. Sekä laktaatin, että epäorgaanisen fosfaatin ( $P_i$ ) kasaantuminen aiheuttavat maksimaalisen voiman heikkenemistä. Vastaavasti kasaantumisen nopea poistuminen palauttaa voimatason. Hermo-lihasjärjestelmä aktivoituu siinä vaiheessa, kun laktaattia ei enää pystytä poistamaan riittävästi ja se kompensoi osittain suorituskyvyn heikkenemistä. Energiantuoton ja energian käyttökapasiteetin väheneminen johtavat kuitenkin hermo-lihasjärjestelmän väsymiseen. (Green 1995, 211-256.)

Vetyionit ( $H^+$ ) ja laktaatti heikentävät anaerobista glykolyysia ja hidastavat ATP:n muodostamista. Epäorgaaniset fosfaatit puolestaan edistävät energiainsaantia. Anaerobisen glykolyysin vähentyessä myös vetyionien tuottaminen vähentyy, joten missään vaiheessa lihaksen happamuus ei voi nousta liian korkeaksi. Laktaatin lisääntyminen saattaa vaikuttaa negatiivisesti refleksiherkkyyteen ja siten myös lihassupistumiseen. ATP:n määrä lihaksessa ei koskaan voi radikaalisti heikentyä, joten energian saannilla ei ole merkittävää vaikutusta hermo-lihasjärjestelmän toiminnalle, toisin kuin energiankäyttökapasiteetista, johon energia-aineenvaihduntatuotteet vaikuttavat heikentävästi. (Green 1995, 211-256.)

### 2.1.2 Veren laktaattipitoisuudet judokoilla kilpailuissa ja harjoituksissa

MacDougall – Wenger – Green (1992) mukaan veren laktaatin mittaaminen kertoo urheilijoiden harjoittelun intensiteetistä ja harjoitusvaikutuksista, joten se on siis hyvä apukeino määrittää harjoittelun intensiteettiä. Åstrand – Rodal (1986) esittävät laktaatin kerääntymispisteen veressä olevan noin 4,0 mmol/l kohdalla, jolloin laktaatti alkaa kasaantua kehoon eksponentiaalisesti. Joillain urheilijoilla, joiden elimistö on sopeutunut hyvin tuottamaan energiaa anaerobisesti, on MacDougal ym. (1992) mukaan todettu erityisen korkeita

veren laktaatin kerääntymispisteitä. Siksi on erityisen tärkeää määrittää jokaiselle yksilölle oma laktaatintuotto profiili suorilla sekä lajikohtaisilla testeillä, jotta pystyttäisiin vastaavasti suunnittelemaan optimaalinen harjoitusohjelma. Kanadalaisilla judokoilla ovat veren laktaattiarvot olleet Wingaten anaerobisen alavartalo testin aikana 15,2 mmol/l ja ylävartalossa 14,5 mmol/l. Nämä tulokset ovat hieman alhaisemmat kuin Mickiewiczin ym. (1987) puolalaisille judokoille tekemässä Wingaten aerobisen kapasiteetin testissä, jossa alavartalon keskiarvoinen tulos miehillä oli 19,3 mmol/l, alle 20-vuotiailla miehillä 15,2 mmol/l ja naisilla 15,8 mmol/l.

Callister ym. (1991, 196-203) mittasivat kolmen kuukauden harjoittelujakson aikana Yhdysvaltojen mies- ja naisjudokoiden veren laktaattiarvoja. Mittaukset tehtiin vapaiden otteluharjoitteluiden (randori) jälkeen, josta keskiarvotulokseksi saatiin miehillä 8,4 mmol/l ja naisilla 7,2 mmol/l. Randorit olivat pääsääntöisesti kolmen minuutin mittaisia, 30 sekunnin tauoilla. Callister ym. (1991, 196-203) sai mittauksissa 3-7 randorin jälkeen 9,1 mmol/l keskiarvon veren laktaattipitoisuuksille. Kilpailuissa tutkitut veren laktaattipitoisuudet kumuloituvat kilpailupäivän aikana, vaikka riittävä lepo ottelujen välissä olisikin mahdollinen. Veren laktaattiarvot nousivat samalla kun ottelujen määräkin nousi. Ottelujen jälkeisten laktaattimittausten arvot puolalaisilla judokoilla (Matsumae Cup 1986) nousivat neljän ottelun aikana 10,3 mmol/l, 13,3 mmol/l, 15,9 mmol/l ja 17,2 mmol/l (Sikorski ym 1987). Puolan mestaruuski-soissa keskiarvo tuloksiksi saatiin vastaavasti 13,7 mmol/l viiden ottelun otannasta. (Sikorski ym 1987.)

Mittaamalla veren laktaattipitoisuudet tasaisesti ympäri harjoitusvuoden voidaan määrittää kullekin harjoituskaudelle asianmukaiset harjoitustasot. Suuri osa huippujudokoista saavuttaa harjoittelussa hyvin korkeat veren laktaattipitoisuudet. Monilla laktaatin kerääntymispiste saattaa olla jopa 8,0 mmol/l, mikä on normaalista kaksinkertainen. Korkea veren laktaattitaso yhdessä veren alhaisen happipitoisuuden kanssa on erittäin tehokas ärsyke, joka aiheuttaa tarkoituksenmukaisia harjoitusvaikutuksia soluaineenvaihduntaan. Etenkin judokoille on suurta hyötyä korkeista oksidatiivisten entsyymien määrästä, joka mahdollistaa korkeamman tehon tuottamisen. Käytännössä urhei-

lijalla on siis parempi voimakestävyys toistuvissa ja pitkäaikaisissa lihassu-  
pistuksissa, joita judo-otteluissa tarvitaan. Eli, mitä suurempi tehon tuottamis-  
kyky, sitä vähemmän väsymystä ja sitä suurempi hyökkäystehokkuus myös  
ottelujen loppupuolella. Nämä mittapuut tulisi huomioida valmennuksessa ja  
yleistään niiden tulisi keskittyä pääkisoja edeltävien 12 viikon ajalle, jolloin  
niistä saadaan paras hyöty. (Pulkkinen 2001, 29-31.)

Taulukko 2. Kreatiini- ja laktaattiarvojen palautuminen (Vrt. Degoutte ym. 2003)

	Kreatiini (mmol/l)	Laktaatti (mmol/l)
<b>Lepoarvo</b>	101,6 (1,5)	1,2 (0,1)
<b>3 min ottelun jälkeen</b>	111,6 (1,7) **	12,3 (0,8)***
<b>60 min ottelun jälkeen</b>	107,5 (1,4)*	1,8 (0,2)*
<b>24 h ottelun jälkeen</b>	103,6 (2,4)	1,0 (0,1)
<b>Normaaliarvo</b>	50-120	

Arvot ovat keskiarvoja, n=16. Vastaavasti normaaliarvo on normaali aikuisten.  
Merkittävä eroavaisuus lepoarvoihin: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001.

Degoutte – Jouanel – Filaire (2003, 245-249) mukaan palautumisen aikana  
veren kreatiini- ja laktaattiarvot palautuvat taulukon 2. osoittamalla tavalla.  
Veren laktaattiarvot kohosivat kymmenkertaisiksi lepotasolta (3 min ottelun  
jälkeen) ja kreatiiniarvot kohosivat 10 % lepotasolta. Laktaattiarvot putosivat  
12,3 mmol/l 1,8 mmol/l ensimmäisen tunnin aikana ottelun jälkeen. Krea-  
tiinitasot palautuivat ennalleen 24 tunnin aikana. Tutkimusten mukaan keski-  
raskas intensiteetti (40-65%  $VO_{2max}$ ) lisää veren vapaita rasvahappoja. Vas-  
taavasti korkeat veren laktaattiarvot liittyvät mataliin veren vapaiden rasva-  
happojen tasoon kovilla intensiteettitasoilla. Degouette ym. (2003, 245-249)  
mukaan judo-otteluissa tapahtuu proteiini- ja rasva-aineenvaihduntaa myös  
anaerobisen suorituksen aikana (veren laktaatti ka 12,3 mmol/l). Glykogeeni  
ei siis ole ainoa judo-ottelu ”polttoaine”. Monet tekijät, kuten hiilihydraattien  
saatavuus, harjoitusvaikutukset ja aineenvaihdunnan kuormitus vaikuttavat  
proteiini- ja rasva-aineenvaihdunnan hyödyntämiseen. Nämä tutkimukset  
tarvitsevat vielä kuitenkin jatkotutkimuksia tarkempien johtopäätösten, yleis-  
tysten tai harjoitusohjeiden laatimiseksi.



### 2.1.3 Energia-aineenvaihdunnan yhteys väsymiseen ja palautumiseen

Kuormituksen loputtua elimistö pyrkii palautumaan takaisin kehon normaali-tilaan. Tämä tapahtuu korjaamalla kehossa niitä muutoksia, jotka fyysinen rasitus ja kuormitus ovat aiheuttaneet elimistön aineenvaihdunnalle. Palautuminen riippuu räsitusavasta, kuormituksen määrässtä, intensiteetistä sekä yksilön ominaisuuksista ja harjoitustaustasta. (Gibson – Edwards 1985, 120 – 132.) Palautumiseen voidaan vaikuttaa myös aktiivisesti omalla toiminnalla. Aktiivinen palautuminen vähentää lihasten laktaatti- ja vetyionipitoisuuksia, lisää kreatiinifosfaattisynteesiä sekä aerobisen metabolian kautta energiavaroja. ATP-, KP- sekä glykogeenivarastojen täyttäminen, laktaatin poisto lihaksista ja verestä sekä myoglobiinin täyttö hapella ovat olennaisimmat asiat palautumisen kannalta. (Fox – Robinson – Wiegman 1979, 174-178; Bogdanis – Nevill – Lakomy – Graham – Louis 1996, 461-469.)

Aktiivisen palautumisen hyödyt ovat erittäin merkittäviä etenkin korkealla intensiteetillä tehtyjen suoritusien jälkeen. Optimaalinen palautumisintensiteetti on noin 10 % alle  $VO_{2max}$  aerobisen kynnyksen eli noin 63 % alle maksimaalisen aerobisen tehon  $VO_{2max}$ . (McLellan – Skinner 1982 224-229; Corder – Potteiger – Nau – Figoni – Hershberger 2000, 151-156.) Mitä pidempi korkeaintensiteettinen kuormitus on, sitä suurempi hyöty on aerobisella metabolialla sekä aerobisella kapasiteetilla. (Hoffman – Epstein – Einbinder – Weinstein 1999, 407-411.)

Lihaksen työskennellessä täydellä teholla, lihaksen aineenvaihdunta kasvaa jopa 20-500 -kertaiseksi riippuen lihastyypistä. Näin suuri toiminnan muutos aiheuttaa tietysti merkittäviä muutoksia veren ja lihaksen aineenvaihdunnan aineiden koostumukseen. Nämä muutokset heikentävät voimantuottoa ja lisäävät lihasväsymystä, joko välittömien energialähteiden laskusta johtuvan energian puutteen vuoksi tai lihakseen kasaantuvien erilaisten hajoamistuotteiden vuoksi. (Westerblad – Lee – Lännergren – Allen 1991, 195-209.)

Kun lihasten energiantarve on korkea, energiavaatimukset vaihtelevat nopeasti tai lihas ei saa riittävästi happea, syntyy maitohappoa. Maitohappo hajo-

aa vety- ja laktaatti-ioneiksi. Vetyioneja muodostuu suhteessa yhtä paljon kuin laktaattiakin. Kudokset puskuroivat suurimman osan vetyioneista, mutta pieni osa (0,0001 %) jää vapaiksi ja aiheuttaa pH:n laskun lihaksissa intensiivisissä suorituksissa. Voimantuottokyvyn lasku ja lihasväsymyksen lisääntyminen ovat suorassa yhteydessä pH:n laskuun, sillä pH:n lasku aiheuttaa lihaksessa aktiivisten poikittaissiltojen määrän vähenemistä ja poikittaissiltojen tuottaman voiman vähenemistä. (Sahlin 1986, 83-91.)

Suuritehoisen ja korkean intensiteetin suorituksen jälkeisessä palautumisessa korostuu aktiivinen aerobinen työ. Aktiivisella palautumisella on ratkaiseva merkitys palautumista seuraavissa lihastoiminnoissa (Bond – Adams – Tearney – Gresham – Ruff 1991, 357-361). Optimaalinen palautuminen tapahtuu noin 10%  $VO_{2max}$  aerobisen kynnyksen alapuolella, eli noin 63%  $VO_{2max}$  tasosta (McLellan ym. 1982, 224-229; Corder ym. 2000, 151-156). Aerobisen aineenvaihdunnan merkitys kasvaa sitä suuremmaksi, mitä pidempään korkean intensiteetin suoritus kestää. Näin esimerkiksi kuudesta kahdeksaan tuntia kestävä judoturnauksen aikana aerobisen aineenvaihdunnan ja aerobisen kapasiteetin merkitys korostuu kilpailusuorituksessa ja siitä palautumisessa. (Hoffman ym. 1999, 407-411.)

Kevyen suorituksen jälkeen elimistö palautuu nopeasti normaalitilaan. Lihas-ten välittömät energianlähteet (ATP ja KP) sekä elimistön laktaatti- ja hormonipitoisuudet palautuvat hetkellisestä rasituksesta täydellisesti jo muutamassa minuutissa. Pitkäaikainen ja riittävällä intensiteetillä tehty harjoitus tai kilpailu aiheuttaa elimistössä fysiologisia muutoksia. Lisääntyvään väsymykseen liittyy lihas-ten glykogeenipitoisuuden ja stressihormonitasojen nousu. Tämä vaikuttaa autonomisen hermoston säätelyyn. Hormonaaliset ja fysiologiset muutokset heikentävät lihas-ten positiivista reagoimista stressitilanteessa (Sahlin – Söderlund – Tonkonogi – Hirakoba 1997, 172-179). Välitön palautuminen riippuu kuormituksen määrästä, intensiteetistä, kuormitustavasta sekä henkilökohtaisista ominaisuuksista ja harjoitustaustasta. Pitkät rasitukset pitkillä palautuksilla aiheuttavat enemmän väsymistä kuin lyhyet rasitukset lyhyillä palautuksilla. (Patterson – Pearson – Fisher 1985, 348-352.)

Urheilu suorituksen kuormituksesta palautumiseen vaikuttaa siis ainakin neljä erilaista palautumismekanismia. ATP- ja kreatiinifosfaattivarastojen täydentäminen, laktaatin ja vetyionien poistaminen lihaksista ja verestä, aerobinen rasva-aineenvaihdunta ja glykogeeninvarastojen täyttö sekä muut aineenvaihduntaan liittymättömät tekijät. (Fox ym. 1979, 174-178; Bogdanis ym. 1996, 461-469.)

#### 2.1.4 Energiankulutus ja judokoiden energiantarve

Energiankulutus koostuu kolmesta perustekijästä, perusaineenvaihdunnasta, lämmön tuottamisesta ja fyysisen aktiivisuuden määrästä ja intensiteetistä (Fogelholm 2007, 16–33). Päivittäistä energiankulutusta kuvataan MET -indeksillä. MET -indeksin arvo osoittaa kuinka paljon energiaa kuluu verrattuna lepotilan energiankulutukseen. Istuvan ihmisen energiankulutusta yhtä kilokaloria ja painokiloa kohden tunnissa (kcal/kg/h) vastaa 1 MET -arvo. (Ainsworth ym. 2000, 498–516.)

Perusaineenvaihdunta tarkoittaa elimistön toiminnalle välttämättömien toimintojen aiheuttamaa energiankulutusta. Noin 65-70 % kokonaisenergiankulutuksesta johtuu perusaineenvaihdunnasta. Lämmön tuottamiseen kuluva energiankulutus tarkoittaa energiaravintoaineiden käsittelyyn ja kehon lämpötilanmuutoksista johtuvaa energiankulutusta (McArdle – Katch – Katch 2001, 192-193). Aineenvaihduntaan sisältyy 2-4 % rasvojen, 10 % hiilihydraattien ja 25 % proteiinien sisältämästä energiasta. Ruoan aiheuttama lämmöntuotto on noin 10 % vuorokauden kokonaisenergiankulutuksesta. (Illander 2006, 35-58; McArdle ym. 2001, 188-200.)

Luurankoli hasten tekemä työ kuluttaa energiaa. Fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus johtuu aktiivisuuden kestosta sekä kuormitustasosta. Myös kehon mitat ja koostumus, ikä, sukupuoli ja toiminnan taloudellisuus vaikuttavat energiankulutukseen. Fyysisen aktiivisuuden aiheuttamat erot energiankulutuksessa voivat olla jopa 5000 kcal vuorokaudessa. Fyysinen aktiivisuus on energiankulutuksesta se osa, johon ihminen voi itse vaikuttaa

eniten. Sen osuus vaihtelee noin 15-30 % koko vuorokauden energiankulutuksesta, urheilijoilla se voi olla jopa enemmän. (Fogelholm 2007, 16–33; McArdle ym. 2001, 192-193.)

Energiankulutusta arvioidaan mm. sykkeen avulla. Sykkeen mittaaminen on suhteellisen helppo, halpa ja luotettava tapa arvioida energiankulutusta. Sykkeen ja energiankulutuksen yhteys on lineaarinen keskitason intensiteetin kuormituksessa ja lähes lineaarinen kevyissä ja korkean kuormituksen aktiivisuustasoilla. Sykkeeseen vaikuttavat kuormituksen aiheuttama lihastyötapaa (staattinen, dynaaminen) ja kuormituksessa olevien lihasten määrä (jalat, kädet, koko keho). Muita sykkeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. stressi, ympäristön lämpötila ja kosteus, nestevajaus ja sairaudet. (Ainslie – Reilly – Westerterp 2003, 683–698; Garet ym. 2005, 46–53.)

Degoutten ym. (2003, 245-249) tutkimuksessa on olettaen, että judoharjoituksen aikainen energiankulutus on noin 12 kcal/h/kg ja urheilijat harjoittelevat kaksi tuntia, arvioitu keskiarvoinen energiankulutus judoharjoittelun aikana noin 1743 kcal. Keskiarvoinen päivittäinen energiankulutus 3319 kcal oli suurin piirtein sama kuin päivittäinen energiansaanti (3200 kcal). Proteiinin, rasvan ja hiilihydraattien osuudet olivat 15 %, 33 % ja 51 % kokonaisenergiasta. Monitydyttymättömien rasvojen saanti oli alhaista. Taulukossa 3. esitetään judokoiden päivittäinen ravinnon ja energian tarve.

Taulukko 3. Energiantarve ja -kulutus judokoilla (Vrt Degoutte ym. 2003)

Päivittäisen ravinto- ja energiasisällön määrittely judokoilla		FRDA
Kokonaisenergiansaanti (kcal/vrk)	3200	2985-3486
Energiankulutus ilman harjoittelua (kcal/vrk)	1815	
Energiankulutus harjoittelussa (kcal/vrk)	1743	
Kokonaisenergiankulutus (kcal/vrk)	3319	
Proteiini (%)	15,3	15
Rasva (%)	33,0	<30
Hiilihydraatti (%)	50,9	60
Kokonaisproteiini (g/vrk)	103,4	81
Kokonaisrasva (g/vrk)	100,5	100
Hiilihydraatti (g/vrk)	333,2	450
Vesi (g)	4045,0	3500
Tyydyttynyt rasva (g)	38,8	1/3 kokonaisrasvasta
Tyydyttymätön rasva (g)	31,6	1/3 kokonaisrasvasta
Monitydyttymätön rasva (g)	9,3	1/3 kokonaisrasvasta

Arvot ovat keskiarvoja. Vertailuksi ranskalaiset ravintosuositukset urheilijoille (FRDA).

## 2.2 Aerobinen suorituskyky judossa

Maksimisuorituksissa, jotka kestävät kaksi minuuttia, noin puolet energian tarpeesta tuotetaan aerobisesti. Maksimaalinen aerobinen teho ( $VO_{2max}$ ) on suorituskyvyn tärkein ominaisuus, kun suoritus kestää 5-40 minuuttia, eli käytännössä esimerkiksi juoksumatkoilla 1500 metristä 10 000 metriin. Pitkäkestoisissa suorituksissa lähes kaikki energia tuotetaan aerobisesti hiilihydraateista, jotka ovat varastoituneet lihaksistoon glykokeeniksi, ja rasvoista. Matalilla intensiteettitasoilla ( $< 30 \% VO_{2max}$ ) energia tuotetaan rasvavarastoista, mutta nousevilla intensiteeteillä hiilihydraattien osuus kasvaa. Käytännössä urheilussa kaikkien suoritusten energian lähde on lihaksistosta saatava glykokeeni. Aerobinen energiantuotto pystytään toteamaan mittamalla hapenkulutusta. Lajitaidot kehittävät aerobista taloudellisuutta, joka vaikuttaa merkittävästi kestävyysominaisuuksiin. (Mero – Nummela – Keskinen 1997, 109, 182-195.)

Brooks – Fahey (1985) mukaisesti aerobisen harjoittelun tavoitteena judokalle on lisätä ja kehittää sydämen ja verenkiertoelimistön kapasiteettia työkennellä ja kykyä toimittaa happea lihaksille. Pitkäkestoinen harjoittelu kehittää parhaiten hapenotto- ja hapenkuljetuskykyä lihaksistoon, kun taas intervallinen harjoittelu on tehokkaampaa lihasten hapen käyttökyvyn kehittämisessä. Åstrand ym. (1986) mukaisesti sovellettuna judosuoritukseen, hyvä aerobinen kunto aiheuttaa paremman palautumisen anaerobisesta työstä laktaattiaineenvaihdunnan kautta sekä nopeuttaa kreatiinifosfaatin uudelleen muodostamista. Aerobisen suorituskyvyn mittarina käytetään maksimaalista hapenottokykyä ( $VO_{2max}$ ). Tämä tarkoittaa suurinta hapenottokykyä, johon henkilö pystyy pääsemään yli kahden minuutin maksimaalisella intensiteetillä tehdyssä suorituksessa. Tutkimusten mukaan aerobisella harjoittelulla voidaan lisätä hapenottokykyä 15-20% (NCCP 1990).

Åstrand ym. (1986) esittävät, että aerobisen harjoittelun biokemialliset ja aineenvaihdunnalliset muutokset kohottavat glykolyyttisten entsyymien ja betaoksideation entsyymien tuottoa sekä nopeuttavat Krebsin syklin toimintaa. Suurin hyöty näistä muutoksista tulee energia-aineenvaihdunnan suurempa-

na rasvahappojen käyttönä beta-oksidaatiossa, samalla vähentäen glyko-geenin tuottamisen tarvetta glykolyysissa. Käänteisesti tämä säästää glyko-geenia, joten raskaassa suorituksessa lihasten väsyminen hidastuu. Täten myös judoka palautuu nopeammin anaerobisesta työstä, koska aineenvaih-dunnan sivutuotteiden poistaminen lihaksistosta ja kreatiinifosfaatin tuottami-nen nopeutuvat. Tällainen kyky palautua nopeasti ottelujen aikana ja välillä on erittäin merkittävää, etenkin kovissa turnauksissa, joissa saattaa olla 6-8 ottelua yhden päivän aikana. (Pulkkinen 2001, 24.)

Aerobinen teho on judokalle tärkeää. Tutkimukset osoittavat, että huippuju-dokoiden  $VO_{2max}$  ovat normaalia korkeammalla, mutta ei kuitenkaan niin kor-kealla kuin kestävyysurheilijoilla. Hiihtäjillä ja pitkänmatkan juoksijoilla on mi-tattu tyypillisesti 70-80 ml/kg/min  $VO_{2max}$  arvoja, kun kv. tason judokoille riit-tänee 55-60 ml/kg/min  $VO_{2max}$  haarukka. Kanadan maajoukkue judokoille tehdyssä  $VO_{2max}$  testissä saatiin keskiarvoksi 57,5 ml/kg/min (Taylor – Bras-sard 1981, 160-164). Toisessa Kanadan maajoukkueen miehille tehdyssä  $VO_{2max}$  testissä keskiarvoksi saatiin 59,2 ml/kg/min, vaihteluvälin ollessa 49,7-65,2 ml/kg/min (Thomas – Cox – Legal – Smith – Verde 1989, 142-147). Littlen (1991, 510-520) tutkimusten mukaan  $VO_{2max}$  arvot miesjudokoilla olivat keskiarvolla 53,75 ml/kg/min.

Australialaisilta, puolalaisilta ja norjalaisilta judokoilta saatujen raporttien  $VO_{2max}$  keskiarvot olivat vastaavasti 53,2 ml/kg/min, 59,0 ml/kg/min ja 58,5 ml/kg/min. Puolalaisten maajoukkue miesten, A- junioreiden ja naisten  $VO_{2max}$  arvot olivat vastaavasti 60,22 ml/kg/min, 60,23 ml/kg/min ja 49,90 ml/kg/min (Mickiewicz – Starczewska – Borkowski 1987). Yhdysvaltalaisilla judokoilla on mitattu  $VO_{2max}$  keskiarvoksi 55,6 ml/kg/min miehillä ja 52,0 ml/kg/min naisilla. (Callister ym. 1991, 196-203.)

Degouette ym. (2003, 245-249) mukaan ottelun aikaisen  $VO_{2max}$  aikainen syke oli 92% maksimisykkeestä. Taulukko 4. näyttää  $VO_{2max}$  ja sydämen sykkeen levossa, ottelun aikana ja  $VO_{2max}$  aikana.

Taulukko 4. Ottelun aikainen hapenotto- ja syke (Vrt. Degouette ym. 2003)

VO <sub>2MAX</sub> , Syke VO <sub>2max</sub> (HR <sub>MAX</sub> ), Syke (HR) levossa, ja keskisyke judo-ottelussa (HRM) mies urheilijoilla (n=16)				
	VO <sub>2MAX</sub> (ml/min/kg)	Vertailuarvo HR (syke/min)	HRM (syke/min)	HR <sub>max</sub> (syke/min)
<b>Keskiarvo</b>	55,0 (0,5)	54,7 (0,2)	182,4 (0,4)	198,2 (0,7)
<b>Vertailuarvo</b>	49-57,5		175-185	

Arvot ovat keskiarvoja. Vertailuarvoina mies judokoiden vastaavat arvot (Pulkkinen 2001)

Vertailun vuoksi  $VO_{2max}$  arvoja huippupainijoilla on mitattu jopa 60-70 ml/kg/min juoksumattotestissä (Cipriano 1993, 133-140). Nämä arvot ovat kuitenkin korkeammat kuin Horswillin ym. (1992) mittaamat arvot, joissa  $VO_{2max}$  vaihteluväli oli 51-62 ml/kg/min käsi- ja jalkaergometritestissä. Tämä ero johtuu todennäköisemmin eri testiprotokollien ja suoritusten aiheuttamista vaikutuksista testituloksen. On myös tutkittu, että  $VO_{2max}$  on käänteisesti verrannollinen kehon painoon siten, että isompien painoluokkien miehillä ja naisilla on vastaavasti pienempi  $VO_{2max}$  ja aerobinen teho (Thomas ym. 1989, 142-147). Tämä johtunee suuremmasta suhteellisesta rasvan määrästä kehossa isommissa painoluokissa.

Käytännössä aerobinen suorituskyky ja kunto eivät ole ottelujen aikana ainoa tärkeä fyysisten ominaisuuksien edellytys huippujudokoilla. Judoka tarvitsee erinomaisen aerobisen pohjan ja aerobisen tehokapasiteetin, jota voidaan osittain luoda tyypillisillä kilpailuharjoitteilla. Judoharjoittelu itsessään voi olla keino kehittää ja ylläpitää yleiskuntoa, mutta esimerkiksi pitkäkestoisella tasavauhtisella juoksulla voidaan huomattavasti tehostaa yleiskunnon kehittämistä (Matsumoto – Shinkichi – Furuta – Ogata 1978, 7-17). Judoharjoittelun tulisi sisältää suorittamista yli 75 % tasolla sykemaksimista 30-40 minuutin ajan otteluharjoitteluna, eli randorina (Kaneko – Iwata – Tomioka 1978, 19-

30). Todennäköisesti paras hyöty aerobisesta harjoittelusta on se, että urheilija pystyy toimimaan korkealla oman henkilökohtaisen aerobisen kapasiteetin ylärajalla. Tutkimuksissa on osoitettu, että hyvässä aerobisessa kunnossa olevat pystyvät työskentelemään 75-85 % aerobisella teholla ennen kuin he kokevat väsymystä ja uupumusta. (NCCP 1990.)

Callister ym. (1991, 196-203) mukaan judokoiden, joiden aerobinen kynnyks on korkea, vastaavasti laktaattitasot juoksumattotestissä olivat matalat. Tämä todennäköisesti johtuu näiden urheilijoiden suuresta määrästä aerobista sekä korkean intensiteetin harjoittelua. Åstrand ym. (1986) mukaan tähän liittyy anaerobisella kynnyksellä harjoittelu, eli siinä pisteessä missä laktaatin tuoton määrä ja nopeus ylittää sen poistamisen suorituksen aikana. Johtuen judon kovasta intensiteetistä judokat toimivat koko ajan anaerobisella kynnyksellä tai sen yläpuolella sekä harjoituksissa että kilpailuissa. Johtopäätöksenä judokoiden tulisi harjoitella mahdollisimman paljon kilpailua vastaavalla tavalla, jolloin urheilija pääsee omalle anaerobiselle kynnykselle lyhyinä jaksoina. Tästä kehittyvät biokemialliset ja fysiologiset muutokset johtavat siihen, että urheilija pystyy suoriutumaan suuremmalla henkilökohtaisella  $VO_{2max}$  -tasolla. Ja vaikka intensiteetti onkin suurempi, myös palautumiskyky on nopeampi. (Pulkinen 2001, 24-26.)

Jokaisen judokan tulisi testata oma  $VO_{2max}$  -taso säännöllisesti. Tuloksia vertaamalla huippujudokoiden tuloksiin, voidaan harjoittelua suunnitella sen mukaisesti. Mikäli  $VO_{2max}$  -taso ei ole riittävä, voidaan harjoittelussa keskittyä riittävien (55-60 ml/kg/min) aerobisten ominaisuuksien kehittämiseen etenkin aikaisessa vaiheessa peruskuntokautta. Menestyminen kansainvälisellä huipulla vaatii teknisten ja taktisten taitojen lisäksi tukea keskivertoa huomattavasti paremmalta aerobiselta kapasiteetilta (Little 1991, 510-520). Aerobisten ominaisuuksien kehittäminen tulisi tapahtua jo varhaisessa vaiheessa urheilijan uraa, paljon ennen kansainvälisen huipun saavuttamista. Aerobiset ominaisuudet kehittyvät säännöllisesti tapahtuvan progressiivisesti kovenevan harjoittelun sivutuotteena useiden vuosien aikana. (Pulkinen 2001, 24-26.)



### 2.3 Anaerobinen suorituskyky judossa

Kovatehoisten ja lyhytkestoisten suoritusten aikana pääasialliset energiantuottotavat ovat suora ATP:n käyttö lihaksen omista varastoista, jonka jälkeen ATP:a tuotetaan KP:sta kreatiinikinaasientsyymillä katalysoimalla reaktiolla, sekä anaerobisen glykolyysin avulla glukoosista ja glykokeenistä. Kuitenkin, aerobinenkin energianmuodostus saattaa olla merkittävää myös lyhytkestoisissa, alle kahden minuutin suorituksissa (Medbo – Tabata 1989, 1881-1886). Lihasten ATP -varastot vähenevät 30-50 % korkean intensiteetin suorituksissa, samalla kun KP -varastot tyhjenevät maksimaalisessa suorituksessa lähes täydellisesti jo 20-30 sekunnin aikana. KP:n merkitys on suurimmillaan alle 10 sekunnin suorituksissa. Lihaskreatiinin määrä laskee 50-60 % riippuen suorituksen tehosta ja kestosta, mutta sen vähenemistä ei pidetä merkittävästi suorituskykyä rajoittavana tekijänä tämän tyyppisissä suorituksissa. Koska ATP:a muodostetaan montaa eri kanavaa käyttäen, niin ATP- ja KP- varastoilla on merkitystä myös pidempikestoisissa (30-60 sekuntia) suorituksissa. (Mero ym. 1997, 107-108, 173-181.)

Glykolyysi on kymmenen kemiallisen reaktion ketju, jossa glukoosia tai glykokeenia hapetetaan palorypälehapoksi ja edelleen maitohapoksi. Glykolyysi on nopeudeltaan kolmikertainen verrattuna aerobiseen energiantuottoon, mutta glykolyysilla voidaan tuottaa vain n. 5 % siitä energiasta joka pystytään tuottamaan aerobisesti. Nopeus- ja teholajeille ominaista on tarve tuottaa energiaa nopeasti. Alle 10 sekunnin suorituksissa tarvitaan suurta anaerobista tehoa, jossa ATP- ja KP- varastot hyödynnetään tehokkaasti. Hieman pidemmissä maksimaalisissa suorituksissa (10-90 sekuntia) anaerobisen tehon rinnalle nousee anaerobinen kapasiteetti, jossa energiaa tuotetaan pääasiallisesti anaerobisen glykolyysin kautta. Täydellisintä anaerobisen kapasiteetin käyttö on 1-2 minuutin suorituksissa. Yli kahden minuutin suorituksissa anaerobisen tehon ja kapasiteetin merkitys vähenee huomattavasti. (Mero ym. 1997, 107-108, 173-181.)

Lyhytkestoiset ja maksimaalisella teholla tehdyt suoritukset tuottavat lihaksissa maitohappoa, jonka määrä on suorassa suhteessa työskentelevien

lihasten massaan ja suorituksen intensiteettiin. Rungas maitohappo lihaksistossa vaikuttaa heikentävästi suorituskykyyn, vaikeuttamalla ja hidastamalla lihassolujen supistumista ja samalla heikentäen energiantuottoa. (Mero ym. 1997, 107-108, 173-181.) Anaerobinen energiantuottosysteemi sisältää ATP-KP (alaktinen) sekä glykolyysi (laktinen) energiantuottotavat. Koska judottelut ovat pääasiallisesti anaerobista suorittamista, myös harjoittelu tulee määrittää sen mukaisesti anaerobisen systeemin kehittämiseksi.

### 2.3.1 Alaktinen ja laktinen systeemi

Åstrand ym. (1986) mukaisesti, kyky palautua nopeasti anaerobisista suorituksista on menestymisen kannalta oleellista. Alaktinen systeemi käyttää kreatiinifosfaattia (KP) muodostamaan voimakkaita intensiivisiä toimintasarjoja. Tällaiset toimintasarjat ovat luonteeltaan maksimaalisia 10-15 sekunnin jaksoja. Alaktisen systeemin merkitys on sen suurenmoisessa kyvyssä täydellisesti uudistaa energiavarastot 2-3 minuutin palautumisen aikana. Näin tapahtuu korkeatehoisten 90 sekuntia kestävien urheilusuorituksen aikana. Tällöin laktaattia tuotetaan ja muodostetaan maitohapoksi palorypälehaposta. Maitohappo hajotetaan laktaatti- ja vetyioneiksi ( $H^+$ ), mikä saa lihasten pH:n laskemaan, josta johtuu lihashappamuuden kasvaminen, joka taas aiheuttaa lihasväsymystä vetyionien kasaantuessa lihakseen. Toinen mahdollinen selitys väsymiselle on se, että fosforifruktokinaasin (PFK) pääsy lihaksiin estyy, mikä on edellytys ATP:n muodostamiseksi oksidatiivisella fosforylaatiolla.

Laktinen systeemi vastaavasti määritellään Åstrand ym. (1986) mukaan anaerobiseksi glykolyysiksi, mikä on glykokeenin epätäydellistä hajottamista ilman happea. Glykolyysi alkaa toimia maksimaalisen noin 90 sekuntia kestäväen suorituksen aikana. Maitohapon poisto on suhteellisen hidasta ja kestää noin 15-20 minuuttia puolittaa veren maitohappopitoisuus (NCCP 1990). Aineenvaihdunnalliset muutokset harjoiteltaessa maitohapollisesti lisäävät glykolyyttisten entsyymien määrää ja lisää lihaksen puskurikapasiteettia lisääntyneen veren bikarbonaattipitoisuuden ansiosta. Harjoitusvaikutuksia

ovat myös verisuoniston sekä glykogeeni ja kreatiinifosfaatti varastojen kasvu. Åstrand ym. (1986) mukaan pitkäaikainen harjoittelu saattaa johtaa myös lihastyypin muutoksiin IIA tyyppistä IIB tyyppiin. Käytännössä urheilijan kyky vastustaa väsymystä kasvaa, koska KP -varastot ovat suuremmat ja aineenvaihdunnalliset puskurit toimivat paremmin. Lisäksi urheilija pystyy tekemään korkeamman tehon suorituksia pidemmän aikaa. Judokalle onkin äärimmäisen tärkeää pystyä kehittämään laktista ja alaktista systeemiä maksimaalisesti, koska ottelujen aikamääreet sisältävät 10-30 sekunnin maksimaalisia suorituksia, joissa anaerobinen energiantuottosysteemi on pääosassa. (Pulkkinen 2001.)

Åstrand ym. (1986) esittävät, että aerobisen kunnon suurin hyöty anaerobisessa systeemissä on se, että se nostaa laktaattikynnystä. Laktaattikynnys on se piste, missä laktaatin muodostus kehossa ylittää sen poistamisen. Judokalle on tärkeää pystyä ylläpitämään tehokkaita maksimaalisen kestävyysintensiteetin suorituskykyä koko ottelun ajan. Tähän päätelmään tullaan energiantuottotapojen ja otteluiden aikamääreitä ja toimintajaksoja tutkimalla. Yleensä ottelutehot ovat laktaattikynnyksellä tai sen yläpuolella. Tällöin tuotetaan paljon laktaattia, joka aiheuttaa ennen aikaista väsymystä, tehottomia yrityksiä, teknistä epävarmuutta ja huonoja taktisia päätöksiä otteluissa. Tämän takia harjoittelussa on otettava huomioon anaerobisen systeemin toiminnan kehittäminen ja käyttäminen kilpailusuoritusta vastaavalla tavalla. Anaerobinen harjoittelu lisää lihasten sisäisiä ATP- ja KP- varastoja, jolloin laktista energiantuottoa ei tarvitse ottaa käyttöön liian varhaisessa vaiheessa. Lyhyesti sanottuna urheilija pystyy toimimaan tehokkaammin korkealla intensiteetillä oman maksimaalisen hapenottokyvyn rajoissa, jolloin myös suorituksen tekeminen otteluissa on tehokkaampaa. (Pulkkinen 2001, 27-28.)

### 2.3.2 Judokoiden anaerobisen suorituskyvyn mittaaminen Wingate-testillä

Judokoiden anaerobista tehoa ja kapasiteettia on tutkittu yleisesti Wingaten anaerobisella ergometritestillä jossa vastus asetetaan urheilijan painon mukaan joko käsille tai jaloille. Anaerobinen kapasiteetti määritetään 30 sekun-

nin keskimääräisestä tuotetusta tehosta. Tämä heijastuu sekä laktiseen että alaktiseen energiantuottotapaan. Huipputeho määritetään suurimmasta tehosta, joka on tuotettu millä viiden sekunnin jakson aikana tahansa testissä. Tämä koskee erityisesti alaktista energiantuottoa ja kertoo kreatiinifosfaattivarastojen käytettävyydestä. Mitatut tulokset esitetään yleisimmin watteina per kilogramma (W/kg) tai joskus jouleina per kilogramma (J/kg). Taylorin (1981, 160-164) tekemässä tutkimuksessa kanadalaisilla judokoilla alavartalon keskiarvoinen huipputeho ja kapasiteetti olivat 13,7 W/kg ja ylävartalolle vastaavasti 11,3 W/kg. Olympiatason painijoille tehtyjen mittausten anaerobinen huipputeho oli vastaavasti 6,1-7,5 W/kg. (Horswill ym. 1992, 558-561.)

Anaerobista tehoa ja kapasiteettia on myös tutkittu yhtäaikaisesti voimisteliijoilla, soutajilla ja judokoilla (Sharp – Koutedakis 1987, 9-13). Sharpin ym. (1987, 9-13) tutkimuksessa Wingate -testissä asetettiin vastukseksi 8 % testattavan kehonpainosta. Judokoiden keskipaino oli tasan 85,0 kg. Brittiläisillä judokoilla saatiin ylävartalon anaerobiseksi kapasiteetiksi 8,5 W/kg ja tehoksi 10,6 W/kg. Nämä arvot olivat pienemmät kuin voimisteliijoilla ja soutajilla, joiden vastaavat arvot olivat 9,5 W/kg ja 11,0 W/kg sekä 10,0 W/kg ja 11,5 W/kg. Sharp ym. (1987, 9-13) päättelivät, että kehon painoon suhteutettu vastus asettaa suuremman painoarvon kuin absoluuttinen lihasvoima mitattaessa anaerobista kapasiteettia ja tehoa. Tähän tulokseen saattaa osittain liittyä myös testattujen suuri kehonpainon vaihteluväli. Tutkimukset suosittavat anaerobisen tehon ja kapasiteetin kehittämistä judokoilla.

Mickiewiczin ym. (1987) tutkimustulokset olivat vastaavia, kun vertailtiin puolalaisten judokoiden jalkojen anaerobista kapasiteettia. Keskiarvot olivat miehillä 11,45 W/kg ja A-junioreilla 11,42 W/kg. Naisilla vastaavat keskiarvot olivat huomattavasti alemmat, 9,53 W/kg. Käsille tehdyn Wingate -testin keskiarvo A-junioreilla oli 8,79 W/kg. Mickiewiczin ym. (1987) mukaan junioreilla tuotettu maksimiteho oli korkeampi alaraajoissa kuin tehon tuotto yläraajoissa. Tulokset eivät olleet erilaisia aikuisilla ja junioreilla, mikä viittaa siihen, että kokemus ja harjoitusvuodet eivät vaikuta anaerobiseen kapasiteettiin. Testeissä saavutetut tulokset ovat yhtenevät muiden anaerobisten lajien edustajien tulosten kanssa, mikä viittaa näihin lajeihin tarkoitettujen harjoitus-

suunnitelmien aiheuttamista samansuuntaisista harjoitusvaikutuksista. Anaerobisen kapasiteetin ja tehon testaaminen tulisi sisällyttää säännölliseksi osaksi valmennusta, jotta anaerobista kuntoa voidaan verrata muiden huippujen testituloksiin. Testitulosten tulisi ohjata harjoittelua tutkimustulosten osoittamien vähimmäisarvojen saavuttamiseksi.

## **2.4 Aerobinen ja anaerobinen kuormittuminen intervallisuorituksessa**

Intervallisuorituksissa kuormitus jaksottuu useisiin lyhyihin ja keskipitkiin toistuviin työ- ja lepojaksoihin, jotka lajikohtaisesti vaihtelevat suurestikin. Energian tuottaminen tapahtuu samalla tavoin kuin yksittäisissä maksimaalisissa tai pitkäkestoisissa suorituksissa anaerobisesti ja aerobisesti. Monet pallopelit ovat pitkäkestoisia intervallilajeja (30 - 180 min) ja kamppailulajit lyhytkestoisia intervallilajeja (3 - 10 min). Työjaksot ovat monesti maksimaalisia tai lähes maksimaalisia, jolloin elimistöön kehittyä laktaattia. Palautumisen aikana pyritään täydentämään kulutettuja energiavarastoja ja poistamaan laktaattia elimistöstä. Judossa intervallit voidaan jakaa lyhyihin 10-30 sekunnin työjaksoihin ja keskipitkiin 1-2 minuutin työjaksoihin. (Mero ym. 1997, 116-118.)

Lyhyihin alle 10 sekunnin intervallikuormituksiin käytetään energiaksi kreatiinifosfaattia. 10-30 sekunnin työssä anaerobisella glykolyysillä on jo tärkein merkitys. KP-varastojen palautuminen alle 10 sekunnin suorituksista tapahtuu osittain jo 30 sekunnin levossa, mutta kovatehoinen työ vaatii jopa kahden minuutin pituisen palautumisajan. Pidempiaikainen kovatehoinen työ vaatii pidemmän palautumisen ja laktaatin poistamisen tehokkaasti, jotta suorituskyky saadaan ylläpidettyä mahdollisimman hyvänä. Yli 30 sekunnin kovatehoisessa suorituksessa kreatiinifosfaatin merkitys energiantuotossa vähenee radikaalisti. Lihasten glykogeenivarastot eivät rajoita suorituskykyä kovatehoisissakaan intervallisuorituksissa, jolloin laktaatin sieto ja poisto näyttelevät pääosaa suorituskyvyn ylläpidossa.

Judossa intervallisjaksojen intensiteetti ei ole ennalta määrättävissä, vaan se muokkautuu valitun taktiikan, vastustajan toimintojen ja ottelutilanteiden mu-

kaan. Intervallien säätelyminen olisi hyvä ottaa vahvasti huomioon luotaessa taktiikkaa otteluihin, sillä tehokkaimpiin työpätköihin olisi hyvä saada ladattua KP -varastot riittävän pitkillä palautuksilla (30-120 s). Liian kovat työpätköt ja liian lyhyet palautumisjaksot aiheuttavat sen, että verenkiertoon kertyy huomattavasti suorituskykyä vähentävää laktaattia, joka johtaa väsymiseen. Laktaatin poisto on huomattavasti hitaampaa, kuin KP -varastojen uudelleen täyttäminen. Judo-otteluissa sydämen syketaaso liikkuu maksimissa tai lähes maksimissa ja veren laktaattipitoisuus nousee jopa 15-20 mmol/l, joten anaerobisella energiantuotolla on hallitseva merkitys judokoiden suorituskykyyn yksittäisissä ottelujen sisäisissä intervallijaksoissa. Yksittäisten intervallijaksojen kasaantuessa tiiviiksi kuormituskokonaisuudeksi aerobisen suorituskyvyn merkitys kasvaa nopeasti. (Mero ym. 1997, 116-118.)

### 3 SYKE JA SYKEVÄLIVAIHTELU KUORMITUKSESSA JA PALAUTUMISESSA

Sydämen sykkeiden välisten aikojen muutoksia ja vaihtelua kutsutaan sykevälivaihteluksi (Heinonen 2007, 8). Elimistö pyrkii kuormituksessa sopeutumaan omiin fysiologisiin muutoksiin sympaattisen ja parasympaattisen hermoston vuorovaikutuksella, joka aiheuttaa sykevälivaihtelua. Sykevälivaihtelua mittaamalla ja seuraamalla saadaan tarkkaa tietoa autonomisen hermoston muutosten vaikutuksista sydämen toimintaan. Autonominen hermosto on sykevälivaihtelun tärkein säätelijä.

Aerobinen kapasiteetti määrittää kuormituksen jälkeisen sykkeen palautumisen. Mitä kovemalla intensiteetillä suoritus on tehty, sitä suurempi on korrelaatio sykkeen ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä. Myös ikä, sukupuoli ja harjoitustausta vaikuttavat sykkeen palautumiseen, jolloin suhteellinen intensiteetti saattaa vaihdella merkittävästi. Myös psykofyysisillä asioilla, kuten kilpailujännityksellä on sykettä nostattava vaikutus. Samoin emotionaaliset tekijät vaikuttavat hidastaen tai vauhdittaen sykkeen palautumiseen suorituksen jälkeen. Toisin sanoen henkinen jännitys hidastaa palautumista suorituksesta tai suoritusten välillä. (Therminarias 1990, 389-396; Hoffman – Epstein – Einbinder – Weinstein 1999, 407-411.)

Kuormituksen loputtua elimistö pyrkii palautumaan välittömästi normaalitilaan. Autonomisen hermoston ohjauksessa olevat toiminnot palautuvat tyypillisestä kestävyys-suorituksista 1-2 vuorokaudessa. Liian nopeasti aloitettu uusi harjoitus saattaa häiritä elimistön toimintaa ja heikentää harjoittelun vaikutuksia (Rusko 2003, 62). Parempi aerobinen kunto on yhteydessä nopeampaan palautumiseen. Myös sykevälivaihtelu palautuu nopeammin hyvän aerobisen kunnan vaikutuksella. Useimmissa sykevälivaihtelua mittaavissa tutkimuksissa on sykemuuttujien palautumista tutkittu lähinnä pelkän sykkeen avulla. Sykevälin palautumista säätelevät sydämen sisäiset neuraaliset ja humoraaliset tekijät, joihin vaikuttaa myös suorituksen intensiteetti (Pierpont – Stolpman – Gornick 2000, 169-174). Uupumukseen asti menevässä suorituksessa sympaattisen hermoston toiminta aktivoituu äärimmilleen ja pa-

rasympaattisen hermoston toiminta passivoituu. Parasympaattinen hermoston aktivoituminen laskee sykettä nopeasti, mutta kovan intensiteetin suorituksen jälkeen sympaattisen hermoston aktivaatio ylläpitää korkeaa syketa-soa (Pierpont ym. 2000, 169-174). Osassa tutkimuksia on havaittu ristiriitaisia tulintoja palautumiseen vaikuttavista tekijöistä, etenkin sympaattisen ja parasympaattisen hermoston vaikutuksista ja merkityksistä lyhyessä ja pitkän ajan palautumisessa, joten näiden toimintaan vaikuttavia tekijöitä tarvitsee vielä tutkia lisää. (Sukanen 2004, 23-34.)

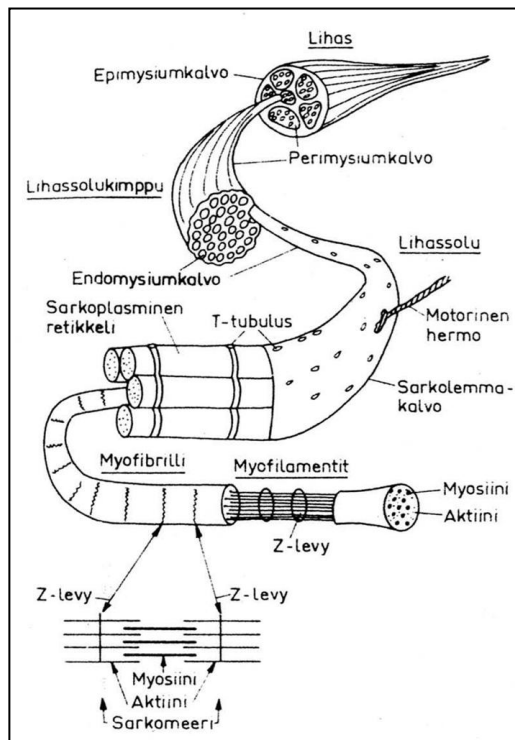
Sykevälivaihtelu pienenee progressiivisesti suorituksen intensiteetin kasvaessa. Välittömän palautumisen aikana sykevälivaihtelu kasvaa, muttei saavuta vielä suoritusta edeltänyttä tasoa. Hyvä aerobinen kunto hidastaa sykevälivaihtelua suorituksessa ja nopeuttaa palautumista (Sukanen 2004, 23-34). RMSSD -luku (Root Mean Square of Successive Differences in RR Intervals) kuvaa parasympaattisen hermoston toimintaa indeksilukuna, jolla elimistön palautuneisuutta voidaan todentaa. Korkea indeksiluku viittaa parasympaattisen hermoston nousseeseen aktiivisuuteen ja palautumiseen. Hyvin matalat arvot kertovat elimistön kuormituksesta harjoituksessa tai muutoin yllirasitustilasta. Raskas fyysisen kuormitus voi laskea indeksiluvun jopa alle 10. Jos indeksiluku jää matalalle myös fyysisen aktiivisuuden jälkeen, palautuminen ei lähde normaalisti käyntiin. (Firstbeat Technologies 2010.)



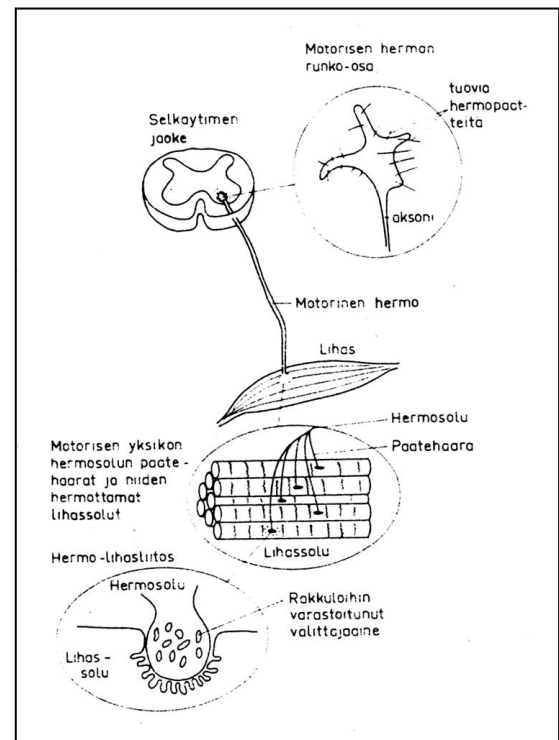
## 4 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTA KUORMITUKSESSA JA PALAUTUMISESSA

### 4.1 Hermo-lihasjärjestelmä

Ihminen liikkuu luiden, lihasten (Kuvio 1.) ja niitä yhdistävien sidekudosten muodostaman koneiston avulla. Tahdonalaisissa urheilu suorituksissa liikekäsyt lähtevät aivoista sähköisenä viestinä keskushermostosta ääreishermostoon ja lopulta lihassoluihin, joissa lihassupistus saa aikaan näkyvän liikkeen kehossa. Tätä prosessia kontrolloi hermo-lihasjärjestelmä lihaksiston motoristen yksiköiden (Kuvio 2.) toimintaa ja voimantuottoa säätelemällä. Voimaa tuotetaan lihassupistuksilla, johon vaikuttavat lihasten, hermoston ja kehon biomekaniikan väliset yhteydet. Lihasten toiminta vaatii hermoston ohjaamista ja säätelemistä. Ohjaus ja sääteily tapahtuvat keskushermoston tahdonalaisina toimintoina, mutta myös refleksitoimintoina. (Pollari 2005, 11; Rusko 1989, 11.)



Kuvio 1. Lihaksen rakenne (Viitasalo 1989, 40.)



Kuvio 2. Motorinen yksikkö (Viitasalo 1989, 41)

Hermo-lihasjärjestelmässä tieto kulkee elimistössä sähköisesti. Hermosolu toimii tiedon siirron toiminnallisena yksikkönä. Toimintakäskyt tahdonalaisissa liikkeissä kulkevat pääasiassa motorista liikehermoa pitkin. Käskyt hermosoluille voivat olla joko aktivoivia tai estäviä (Guyton – Hall 1996, 512 - 538). Motoriset yksiköt jaetaan hitaisiin (I) sekä nopeisiin (IIA ja IIB). Hitaat tuottavat vähän voimaa, supistuvat hitaasti, mutta kestävät hyvin väsymystä ja niillä on korkea aerobinen kapasiteetti. Nopeita motorisia yksikköjä käytetään maksimaalisia ja lähes maksimaalisia voimatasoja tarvittaessa. (Pollari 2005, 11.)

Motoriset yksiköt rekrytoivat ensiksi hitaita motorisia yksikköjä ja vasta tarvittaessa nopeita. Täten kevyemmissä suorituksissa ensiksi aktivoituvat hitaat yksiköt ja suoritustehon noustessa nopeiden yksiköiden rekrytointi nousee progressiivisesti. Kestävyyssuorituksissa motoriset yksiköt toimivat epäsynkronoidusti, jolloin toisten tehdessä töitä, toiset yksiköt voivat palautua. Voiman ja tehon lisääminen lisää nopeiden yksiköiden rekrytoimisen lisäksi myös rekrytoitavien yksiköiden määrää ja niiden käskytystiheyttä. (McArdle – Katch – Katch 1996, 344-351.)

#### **4.2 Hermo-lihasjärjestelmän kuormittuminen ja palautuminen**

Hermo-lihasjärjestelmän kuormittamisesta aiheutuva väsyminen on fyysisen rasituksen aiheuttamaa suorituskyvyn heikkenemistä. Tällöin ei enää kyetä pitämään tarvittavaa voima- ja suoritustasoa yllä. Lihäsväsyminen on fysiologinen prosessi, jossa lihasvoima pienenee ja voimantuotto vähenee. Ennen varsinaista ja merkittävää väsymistä tapahtuu monia eri tapahtumia ja toimintojen pettämisiä. Lihäsväsymys tulee kuitenkin nopeasti esille kovan fyysisen suorituksen aloittamisen jälkeen. Lihäsväsymys on tarkemmin määritelty siten, että suorituskyky on aiemman rasituksen vuoksi heikentynyt, kyky tuottaa haluttua voimaa tai ylläpitää haluttua kuormitustasoa laskee tai halutun submaksimaalisen voimatason ylläpitämiseksi tarvitaan enemmän hermostollista ohjaamista. (Enoka – Stuard 2002, 374; Edwards 1983, 3-28.)

Erilainen rasitus aikaansaa erilaisen väsymisen hermo-lihasjärjestelmässä. Kun maksimaalisella tasolla tehdyssä intervallisuorituksessa voimatasot puutoavat nopeasti jo muutamassa sekunnissa, niin submaksimaalisella tasolla voidaan vielä ylläpitää nopeutta ja intensiteettiä. Jatkuvan maksimaalisen voiman ylläpitäminen onkin mahdotonta. (Bigland – Rithcie – Caffarelli – Vollestad 1986, 137-148.) Väsyminen tai muu toimintahäiriö voi tapahtua keskushermostossa, motorisissa hermoissa, hermo-lihasliitoksessa tai lihaksessa itsessään (Jämsen 2004, 25-26). Väsymys voidaan siis jakaa myös sentraalisen ja perifeeriseen väsymiseen.

Aerobisissa lajeissa väsymiseen johtaa pääasiassa energian loppuminen ja anaerobisissa lajeissa lihaksen happamuuden lisääntyminen. Väsymiseen vaikuttavat aina yksilölliset ominaisuudet, kuten lihaksien solujakauma, lihaksen hypertrofia, energiavarastojen koko jne. Lihas, jossa on enemmän nopeita lihassoluja, väsy nopeammin kuin hitaita lihassoluja sisältävä lihas. Lihamassa ja maksimivoima ovat kääntäen verrannollisia lihaksen väsymisen kanssa, eli mitä suurempi massa ja voima, sitä helpommin lihas väsy. (Mero ym. 1997, 69, 119.)

### **4.3 Sentraalinen ja perifeerinen kuormittuminen**

Hermostollista kuormittumista ja siitä johtuvaa lihasväsymistä tapahtuu sekä sentraalisesti että perifeerisesti. Lihastasolla tapahtuvia väsymisen aiheuttamia muutoksia kutsutaan perifeeriseksi ja keskushermostossa, selkärangassa ja aivoissa tapahtuvaa väsymistä kutsutaan sentraaliseksi väsymiseksi. (Lattash 2008, 19-55.) Lihastasolla tapahtuvaa väsymystä pyritään kompensoimaan lisäämällä sentraalisen hermoston aktiivisuutta (Mero ym. 1996, 123).

Hermosto ei aina kykene toimimaan maksimaalisesti. Kun hermosto ei kykene ärsyttämään lihaksiston motorisia yksiköjä, voimantuotto vähenee sentraalisen väsymisen johdosta. Sentraalinen väsyminen tapahtuu etenkin maksimaalisissa ja submaksimaalisissa suorituksissa ja kuormituksen pitkittyes-

sä. Nopeusvoimaominaisuuksien heikkeneminen johtuu ensisijaisesti sentraalisista häiriöistä, nimenomaan siksi, että nopeusvoimakuormituksissa hermoston aktivaatiotasoa on hyvin korkea ja lihaksiston toiminta-aika vastaavasti hyvin lyhyt. (Häkkinen 1993, 53-59.) Enoka ym. (2002, 1631-1648) esittävät, että motivaatiotasolla on myös mahdollisesti vaikutus keskushermostoon ja sitä kautta sen toiminnan tasoon. Perifeerinen väsyminen johtuu vastaavasti hermo-lihasliitoksessa tapahtuvien hermoimpulssien heikentyneestä johtumisesta lihakseen. Tämä todetaan aktiopotentiaalin siirron heikentymisenä tai lihaksen poikittaissiltojen toiminnan heikentymisenä, jotka johtuvat solunulkoisen natriumin määrän vähenemisestä ja kaliumin määrän lisääntymisestä. (Gibson ym. 1985, 120 – 132.)

## 5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suomalaisten maajoukkuejudokoiden aerobista ja anaerobista suorituskykyä, kuormitusta ja siitä palautumista harjoitusleirillä ja kilpailussa, sekä pohtia näihin vaikuttavia syitä. Taustatietoina käytettiin urheilijoiden kuntotestejä, jotka on tehty Judoliiton valmennuskeskuksessa Pajulahden Urheiluopistolla toukokuussa 2009. Kuntotesteistä huomioitiin taustatietoihin kehon koko ja koostumus, sekä aerobisen ja anaerobisen suorituskyvyn testit. Lisäksi saatuja mittaustuloksia arvioitiin vertaamalla niitä muihin tutkimuksiin ja yleisiin judokoille annettuihin aerobisten ja anaerobisten ominaisuuksien viitearvoihin. Tutkimuksen pohjalta voidaan kehittää valmennuksellista ymmärrystä judoharjoittelun vaikutuksista, kilpailusuorituksen kuormittavuudesta, harjoittelun ja kilpailusuorituksen synkronoisesta toisiinsa, sekä yksittäisen urheilijan henkilökohtaisten ominaisuuksien vaikutuksista ja merkityksestä harjoittelun ja kehittymisen suunnittelussa. Tutkimus käsittelee vahvasti myös aerobisen ja anaerobisen harjoittelun välistä suhdetta judoharjoittelussa.

Tutkimusongelmat:

1. Millä syketasoilla harjoittelussa ja kilpailuissa judokat liikkuvat?
2. Miten fyysinen kuormitus jakautuu harjoitusleirillä ja kilpailuissa?
  - a. Millä kestävyden intensiteettitasoilla judokat liikkuvat harjoituksissa ja kilpailuissa?
  - b. Mitkä olivat judokoiden laktaattitasot harjoituksissa?
3. Miten hermoston toiminta muuttui harjoitusleirillä ja kilpailuissa?
  - a. Miten hermo-lihasjärjestelmän suorituskyky muuttui harjoitusleirin ja harjoitusten aikana?
  - b. Miten parasympaattinen hermosto aktivoitui palautumistilaan harjoitusleirillä ja kilpailuissa?
4. Mikä on judokoiden energiankulutus harjoitusleirillä ja kilpailuissa?

## 6 TUTKIMUS- JA MITTAUSMENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa käytettiin määrällistä tutkimusmenetelmää. Tutkimuksen kohderyhmän valinta on tehty harkinnanvaraisena otantana ja tutkittava aineisto on kerätty määrällisesti. Tutkimuksen tavoitteena oli kerätä kokonaisvaltaista suorituskyykyyn, kuormittumiseen ja palautumiseen liittyvää tietoa, sekä monipuolisesti syventyä ja kuvata tuloksia tarkemmin ja yksityiskohtaisesti sykkeen, sykevälivaihtelun, laktaatin ja hermolihasjärjestelmän mittauksien tuloksia käyttäen. Tämän tutkimuksen tavoitteena ei ole löytää yleistyksiä, tyypillisiä piirteitä tai syy-seuraussuhteita, vaan kuvailla tutkittuja ilmiöitä sekä tehdä niistä uusia ja monipuolisia havaintoja sekä verrata niitä aikaisempiin tutkimuksiin aihepiiristä. (Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2005, 155.)

Tutkimuksessa käytettiin monipuolista aineistoa kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Sykkeen ja sykevälivaihtelun testaamiseen käytettiin Suunnon sykepantoja sekä FirstBeat -ohjelmistoa. Laktaatit mitattiin Lactate Pro -laktaattimittareilla ja hermolihasjärjestelmää mitattiin NewTest -hyppymatolla. Tällaisessa ”Case Study” -menetelmän sisältävässä tutkimuksessa tutkitaan yksittäisiä tapahtumia, rajattuja kokonaisuuksia ja yksilöitä eri menetelmin ja eri lähteistä hankitun tiedon avulla. Tapaustudkimuksessa pyritään kuvailemaan todenmukaisesti ja tarkasti tutkimuskohdetta, ei niinkään selittää ilmiöitä tai tehdä niistä johtopäätöksiä. (Metsämuuronen 2006, 90.)

### 6.1 Tutkimuksen kohderyhmä ja tapaukset

Tutkimuksen kohderyhmäksi valittiin harkinnanvaraisella otannalla suomalaisia maajoukkuejudokoita Suomen Judoliiton aikuisten edustusvalmennusryhmistä (Taulukko 5.). Tutkimukseen osallistui yhteensä 11 urheilijaa, joista viisi oli miehiä ja kuusi naista. Kaikkien tutkimukseen osallistuneiden keski-ikä oli 22,5 vuotta ja he sijoituivat painoluokkien alle 52 kg ja alle 73 kg välille. Harjoitusleirin neljän vuorokauden testeihin osallistui yhteensä viisi urheilijaa, pääharjoitusten testeihin kuusi urheilijaa ensimmäiseen ja viisi urheilijaa

toiseen testiin sekä Judon Finnish Open -turnauksessa tehtyyn testiin seitsemän urheilijaa.

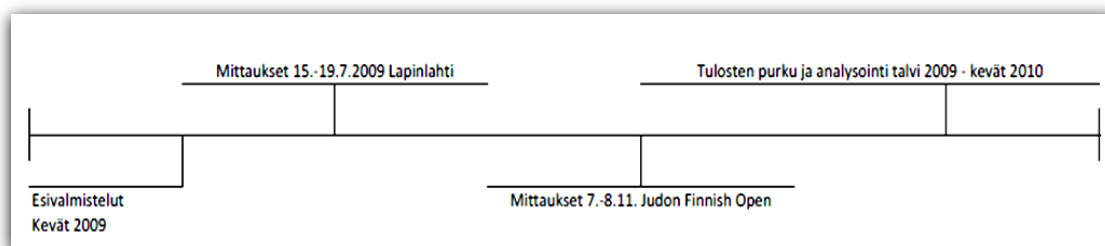
Taulukko 5. Testien otantatiedot

TESTIT	n=	Mies	Nainen	Ikä ka	Paino ka	Pituus ka
Lapinlahti Judo Camp 4vrk	5	2	3	24	65,5	166,5
Pääharjoitus 1	6	2	4	23	64,5	165,0
Pääharjoitus 2	5	2	3	24	65,5	166,5
Judon Finnsih Open	7	4	3	22	64,0	166,5

Tutkimusryhmä oli sekä homo- että heterogeeninen, edustus oli molemmista sukupuolista ja useasta eri paino- ja ikäluokasta, mutta edustus pidättäytyi kuitenkin melko pienessä haarukassa iän, kehon painon ja pituuden suhteen. Tämä mahdollisti tulosten tutkimisen ja vertailun erilaisten tutkimuskohteiden välillä. Tässä tutkimuksessa tutkimukseen osallistuneista henkilöistä käytetään merkintää Mies A, Mies B jne. sekä Nainen A, Nainen B jne. Tapauksia käsitellään tuloksissa kokonaisuuksina, mutta johtopäätöksiä ja tulkintoja tehdään pohdinnassa myös yksityiskohtaisemmin koko aineiston perusteella.

## 6.2 Tutkimuksen kulku ja aineiston keruu

Tutkimus lähti liikkeelle keväällä 2009. Olin toiminut judovalmentajana jo useita vuosia ja kiinnostus aiheeseen oli suuri. Tutkimuksen tekemiseen tarvittavat lähtökohdat eli mahdollisuus sen tekemiseen, motivaatio ja osaaminen olivat tulleet kuntoon, joten esittelin tutkimusidean Suomen Judoliiton valmennusvaliokunnalle, joka antoi tuen asialle. Päävalmentaja Mika Mukkulan kanssa suunnittelimme tutkimukseen liittyvien testien käytännön järjestelyt. Valmennusvaliokunnan puheenjohtaja Harry Halttu toimi ohjaavana asiantuntijana tutkimussuunnitelman tekemisessä ja tutkimuksen suunnittelussa. Judoliiton puolelta koettiin tärkeäksi kehittää suomalaista judovalmennusosaamista sekä judotutkimusosaamista tätä tutkimusta hyödyntäen.



Kuvio 3. Tutkimuksen etenemisen aikajana

Tutkimuksessa päädyttiin tekemään testit Suomen Judoliiton maajoukkueen neljän vuorokauden mittaisella MM-kisojen valmistautumisleirillä Lapinlahdella 15.-19.7.2009. Valmistautumisleirillä tehtiin neljä vuorokautta kestänyt sykkeen ja sykevälivaihtelun mittaus, laktaattimittaukset kahden pääharjoituksen aikana sekä esikevennyshyppymittaukset ennen harjoituksia sekä lämmittelyn ja harjoituksen jälkeen. Näillä mittauksilla pyrimme saamaan tietoa harjoituskuormituksesta ja palautumisesta leirin aikana. Koehenkilöille tehtiin esitieto- ja lupakysely (Liite 2). Koehenkilöille oli aiemmin tehty kuntotestejä Pajulahden urheiluopistolla toukokuussa 2009. Näitä kuntotestejä käytettiin taustatietoina ja vertailutuloksina varsinaisille tutkimusmittauksille.

Toinen testitapahtuma pidettiin Judo Finnish Open -turnauksessa 7.-8.11.2009. Mittaukseen käytettiin Suunnon Memory Belt -sykepantoja, joilla mitattiin koko ottelupäivän aikainen syke aamusta alkaen ennen lämmittelyä, ottelujen aikana ja välillä sekä ottelujen päätyttyä vielä 30 minuuttia. Tällä mittauksella pyrittiin todentamaan ennen kaikkea koko ottelupäivän syketasoa ja kuormitusta, mutta myös yksittäisten ottelujen sisäisiä syketasoa. Tällaista koko kilpailupäivän mittaista syketietoa tai ottelujen sisäisiä syketasoa en ole onnistunut mistään tutkimuksista tai kirjallisuudesta löytämään.

### 6.2.1 Syke- ja sykevälivaihtelun mittaus

Sykkeen ja sykevälivaihtelun mittaamiseen ja analysointiin käytettiin Firstbeat Technologies Oy:n kehittämää Firstbeat 3.0.1.0 -ohjelmistoa ja Suunnon Memory Belt -sykepantoja. Firstbeat -sykeanalyysimenetelmällä pystytään



hyvin tarkkaan mittaamaan ja analysoimaan sydämen sykevälivaihtelua ja saamaan monipuolista tietoa eri kehon toiminnoista. Judon Finnish Openin mittauksia varten pyydettiin erikoislupa käyttää sykepantoja otteluiden aikana, joka muuten on kiellettyä. Lupa pyydettiin ja saatiin Suomen Judoliitto ry:n kilpailu- ja sääntövaliokunnalta ja tuomarikomissiolta.

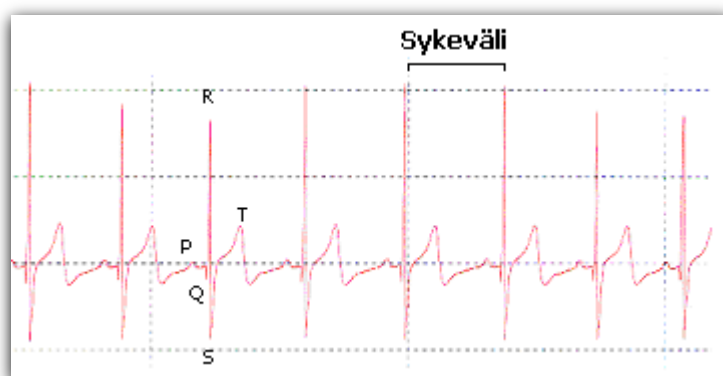
Sykemittaukset suoritettiin käytännössä siten, että mittauspanta kiinnitettiin Judon Finnish Openissa ennen lämmittelyä ja poistettiin 30 minuuttia viimeisen ottelun jälkeen. Panta pidettiin paikallaan koko päivän, myös ottelujen aikana. Mittaus tapahtui tallentavan sykepinnan avulla. Panta kiinnitettiin rintaan ihoa myötäilevällä liimateipillä, joka peitti sykepinnan kokonaisuudessaan ja esti sitä liikkumasta paikoiltaan ja häiritsemästä itse urheilusuoritusta. Mittaus käynnistyy automaattisesti, eikä se vaadi muita toimenpiteitä. Kun panta aktivoituu ja mittaus alkaa, pannassa syttyy vihreä valo. Mittauksen ollessa käynnissä vihreä valo vilkkuu 4 sekunnin välein. Mikäli valo on oranssi tai punainen, on panta vaihdettava kokonaan.

Harjoitusleirillä sykepanta asetettiin paikoilleen ennen ensimmäisiä harjoituksia. Sykepantojen muistikapasiteetti mahdollistaa noin kahden vuorokauden yhtämittaisen syketiedon tallentamisen, joten neljän vuorokauden kestoisella mittausjaksolla mittauksien tulokset piti purkaa tietokoneelle ja muisti tyhjentää kahden vuorokauden kohdalla. Tämä aiheutti noin puolen tunnin keskeytyksen mittauksien tietoihin. Firstbeat -ohjelmisto mahdollistaa tällaisten mittausjaksojen yhdistämisen analysointia varten. Sykepannat olivat urheilijoiden päällä ympäri vuorokauden. Panta asetetaan normaalin sykepinnan tavoin rinnan ympäri pannan omalla kiinnityshihnalla. Hihnan ja pannan ”kiinnitysklipsi” pitää teipata urheiluteipillä huolella kiinni. Tämän jälkeen hihna ja panta päällystetään itsekiinnittyvällä kuitukangasharsolla kaksi kertaa koko kehon ympäri. Tämän lisäksi voidaan käyttää joustavaa liimasidettä tarvittaessa. Pannan kiinnitys tarkastettiin ennen jokaista ottelua.

Mittausten jälkeen sykevälitieto siirrettiin tietokoneelle, jolla analyysi ja raportit muodostettiin. Jokaiselle urheilijalle valittiin oma henkilökohtainen sykepanta, jotka numeroitiin. Jokainen käytti vain itselle merkittävää sykepantaa.

Pääharjoitusten tulokset saatiin ”leikkaamalla” harjoitusaikaiset sykketiedot koko mittausjakson sykketiedoista.

Sykevälit ja niiden vaihtelu ovat suoraan ja epäsuorasti yhteydessä moniin ihmisen elimistön toimintoihin, jotka vaikuttavat sydämen toiminnan säätelyyn. Elimistön toiminnan pienetkin muutokset näkyvät sydämen sykkeessä mikro- ja makroskooppisina muutoksina ja toimintoina. Sydämen syke onkin hyvin harvoin tasainen.

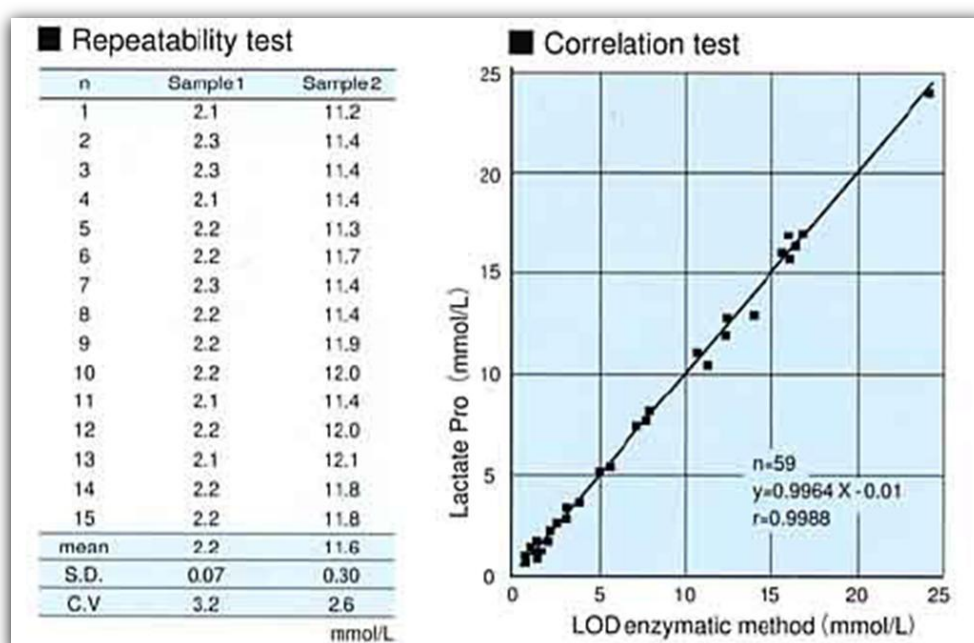


Kuvio 4. Sykeväli (Firstbeat Technologies Oy 2010)

Firstbeat Technologies Oy:n kehittämä sykeanalyysimenetelmä perustuu kehon eri toimintojen ja tapahtumien vaikutusten tunnistamiseen ja erottelemiseen sykkeestä laskennallisesti. Esimerkiksi hengitys ja hengityksen säätely, liike ja asentojen muutokset, autonomisen hermoston reaktiot ja toimintatilat, fyysinen aktiivisuus, kognitiiviset toiminnot sekä hormonaaliset reaktiot ja metaboliset prosessit ovat yhteyksissä sykevälissä tapahtuviin muutoksiin. Sydän jättää kehon eri toiminnoista jälkiä mittaustietoihin, joista Firstbeat -ohjelmisto pystyy laskennallisesti simuloimaan digitaalisen mallin mitatun henkilön toiminnasta.

## 6.2.2 Laktaatin mittaus

Laktaattimittaukset tehtiin Arkrayn Lactate Pro<sup>TM</sup> Blood Lactate Test Meter -kenttämittarilla sekä Arkrayn Lactate Pro<sup>TM</sup> Test Strip -laktaattiliuskoilla. Lactate Pro<sup>TM</sup> mittaa elektrokemiallisella menetelmällä entsyymireaktioita verestä. Lactate Pro<sup>TM</sup> mittaustarkkuus on 3 % ja sitä käytetään fyysisen harjoittelun testaukseen, mutta myös kliniseen testaukseen. Lactate Pro<sup>TM</sup> tuottaa tarkkaa ja luotettavaa tietoa, joka on verrattavissa laajan skaalan mittaustuloksiin sekä korreloi hyvin perinteisten LOD enzymatic -metodin laktaattimittausten kanssa.



Kuvio 5. Lactate Pro<sup>TM</sup> luotettavuus ja korrelaatio (Arkray Inc.)

Laktaattimittaus suoritetaan seuraavasti: Laktaattiliuska asetetaan mittariin. Mitattavan henkilön sormenpää puhdistetaan huolellisesti, jonka jälkeen sormenpästä otetaan verinäyte laktaattiliuskaan. Laktaattimittari automaattisesti aspiroi eli imee veren ja suorittaa mittauksen 60 sekunnissa. Tämä vähentää huomattavasti inhimillisen virheen mahdollisuutta ja tuottaa tarkan laktaattitaso mittauksen. Mittari pystyy mittaamaan veren laktaatin 0.8 ~ 23.3 mmol/l välillä tarkasti vain 5 $\mu$ l veren määrästä. Lisäksi mittari kompensoi automaattisesti ilmalämpötilan vaikutukset sisäänrakennetun sensorin avulla.

Mittarin käyttöalue on 10°-40° C suhteellisen ilmankosteuden ollessa 20-80 % RH. Laktaatit otettiin kahdessa pääharjoituksessa harjoitussuunnitelman mukaisesti (Liite 1; Taulukko 6.).

Taulukko 6. Laktaattimittausten sijoittuminen harjoitusohjelmaan

<b>Pääharjoitus 1</b>	
Laktaattimittaus I	3x2'/2' jälkeen
Laktaattimittaus II	3x2'/2' jälkeen
Laktaattimittaus III	10' jäähdyttelyn jälkeen
<b>Pääharjoitus 2</b>	
Laktaattimittaus I	4' randori + 30'' - 60'' heitot jälkeen
Laktaattimittaus II	4' randori + 30'' - 60'' heitot jälkeen
Laktaattimittaus III	4' randori + 30'' - 60'' heitot jälkeen
Laktaattimittaus IV	10' jäähdyttelyn jälkeen

Mittaukset suorittivat kaksi mittaajaa kahdella laktaattimittarilla. Mittarit kalibroitiin ennen mittauksia. Mittaukset tapahtuivat ns. kenttämittauksena varsinaisen harjoitusalueen reunalla, johon urheilijat tulivat heti suoritettua harjoitteen jälkeen satunnaisessa järjestyksessä. Tämän takia osa mittauksista tapahtui välittömästi harjoitteen jälkeen ja osa noin minuutin harjoitteen loppumisen jälkeen. Tällä voi olla vaikutusta mittaustulokseen.

### 6.2.3 Hermo-lihasjärjestelmän mittaus

Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä, kuormittumista ja siitä palautumista pyrittiin mittaamaan New Test -kontaktimattolla tehtävillä esikevennyshypyillä. Kontaktimatto on suunniteltu erilaisia hyppytestejä varten, mittaamaan mm. elastisuutta, räjähtävää voimantuottoa ja anaerobista kapasiteettia. New Test -kontaktimatto laskee kehon painopisteen lentoajan, josta saadaan laskettua hyppyjen nousukorkeus senttimetreinä.

Laskentakaava: Painopisteen nousukorkeus eli hyppykorkeus ilmoitetaan senttimetreinä (cm),  $h = g \cdot t^2 \cdot 8^{-1}$ .

$h$  = painopisteen nousukorkeus, senttimetreinä (cm)

$g$  = 9.81 m/s<sup>2</sup>, maanvetovoiman kiihtyvyys

$t$  = mitattu lentoaika, sekuntia (s)

(New Test User Manual 2004)

Tässä tutkimuksessa käytimme esikevennettyä hyppyä testisuorituksena, koska se on luonteeltaan lähempänä judon lajisuoritusta kuin esimerkiksi staattinen hyppy. Tutkimuksessa tehtiin yksittäisiä hyppyjä eikä hyppysarjoja, koska tarkoitus oli nimenomaan tutkia hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutoksia, eikä esimerkiksi anaerobista tehoa. Hyppytestit kertovat testattavan voima-, nopeus ja räjähtävyysominaisuuksista, lähinnä alaraajojen ojentajalihasten osalta ja tulokset ovat hyvin vertailukelpoisia eri lajiryhmien välillä.

Esikevennetyssä hypyssä voima tuotetaan ns. luonnollisen liikkeen aikana reaktiivisesti, lihakseen ja lihaksiston sidekudosrakenteisiin varastoitunutta elastista energiaa hyödyntäen. Elastinen energia pystytään hyödyntämään voimantuotossa, mikäli lihas aktiivisesti ja riittävän nopeasti supistuu uudelleen konsentrisesti eksentrisen venytyksen jälkeen. Tätä voimantuottotapaa sanotaan isoinertiaaliseksi.

Esikevennyshypyn suoritustapa testeissä oli seuraava: Testattava seiso kontaktimatolla hartioiden levyisessä haara-asennossa, vartalo suorassa, kädet kiinni lantiolla. Hypyn esikevennys tapahtui pudottamalla kehon paino kyykistymällä mahdollisimman nopeasti 90<sup>0</sup> polvikulmaan, jota seuraa välitön maksimaalinen ponnistus kohtisuoraan ylöspäin. Laskeutuminen tehtiin polvet suorina päkiöille.

Testissä suoritettiin kolme hyppyä ennen harjoituksia sekä lämmittelyn jälkeen ja harjoituksen lopussa ennen jäähdyttelyä. Kaikki hypyt merkittiin tuloksiin. Hyppyjen välissä ei ollut erillistä palautumista. Hypyt tehtiin peräk-

käin, mutta kuitenkin yksittäisinä suorituksina. Ohjeet kerrattiin tarpeen mukaan ja suoritustapaa tarkkailtiin, jotta suoritukset pysyivät ohjeiden mukaisina. Mittaukset suoritti aina sama mittaaja. Mittaukset suoritettiin yhdellä kontaktimatolla ja testattavat tekivät omat hyppynsä satunnaisessa järjestyksessä, kuitenkin niin, että kaikki testihypyt tehtiin kymmenen minuutin sisällä. Testit suoritettiin ns. kenttätestinä, eli testimatto oli sijoitettu välittömästi harjoitusalueen viereen.

### **6.3 Aineiston analyysimenetelmät**

Tässä tutkimuksessa aineiston kerääminen ja sen analysointi tapahtuvat yhtäaikaaisesti tai lomittain. Tässä tutkimuksessa määrällisiä testituloksia tuotettiin ja ne hajotettiin erillisiksi käsitteiksi analyysia ja johtopäätöksiä varten. Testitulokset koottiin yhteiseen taulukkoon, josta ne voitiin abstrahoida, eli irrottaa yksilöt tapahtumista ja johtopäätöksistä ja näin saatiin aikaan yleisempiä käsitteitä ja teoriaa. Tulosten kokoamisen ja yleisten johtopäätösten tekemisen jälkeen testituloksia alettiin tutkia pienemmän ja tarkemman tarkastelun avulla. Mittausten tuloksista laskettiin koko otannalle keskiarvot ja keskihajonnat.

Perinteiset harjoituksen intensiteettiä kuvaavat mittarit, kuten sydämen syke ja veren laktaatti pitoisuus ovat käyttökelpoisia kuormituksen mittareita. Sykeanalyysi on kuormittavuuden seurantaan luotettava väline ja intensiteetin kuvaamiseksi parhaita muuttujia ovat harjoituksen ja kilpailusuorituksen keskisyke, korkein syke sekä maksimikestävyys harjoittelun osuus kokonaisajasta. (Nummela ym. 2008.) Näihin muuttujiin tässäkin tutkimuksessa keskitytään ja lisäksi uutena komponenttina testattiin hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutoksia esikevennyshyppytestillä.

Harjoittelun kuormittavuutta hermo-lihasjärjestelmälle pyrittiin todentamaan esikevennyshyppytestillä. Sykevälivaihtelun mittaamisella tutkittiin parasympaattisen hermoston aktiivisuutta (RMSSD –indeksi), jolla voidaan todentaa elimistön palautumistilaa sekä energiankulutusta.

## 6.4 Tutkimuksen kokonaisluotettavuus

Tutkimuksen kokonaisluotettavuuteen kuuluu tieteellisten vaatimustasojen täyttäminen. Vaatimustaso kertoo miten tutkimus tulee tehdä. Arvioimalla tutkimuksen suunnittelua, toteutusta sekä saatujen tulosten pätevyyttä voidaan määrittää tutkimuksen kokonaisluotettavuus. Tutkimuksessa ei voi välttyä käsittely- ja mittausvirheiltä, joten tutkimustulosten hyödyntämisen ja soveltamisen takia tutkimusvirheiden esille tuominen ja arvioiminen on tehtävä rehellisesti. (Vilkkä 2007, 149-154.)

Tässä tutkimuksessa tutkimuskohde oli hyvin tarkkaan määritelty. Toisaalta otanta oli hyvin pieni. Tutkimuksessa tutkittiin ensimmäistä kertaa syketietoja ottelujen aikana ja kaikkia syketietoja analysoitiin ensimmäistä kertaa First-beatin ohjelmistolla ja intervallityyppisen taito-teholajin harjoittelussa. Tutkimuksen kaikki tieto on ollut tutkimukseen osallistuvilla avointa ja teoreettinen viitekehys tukee ja täsmentää tutkimuksen aihealuetta. Tutkimuksessa pystyttiin tutkimaan niitä asioita, joita oli tarkoituskin, eli tutkimus oli validi.

Tutkimustulokset ovat puolueettomasti tuotu esille, eikä tuloksia ole muutettu tai vääristelty. Laktaatti- ja esikevennyshyppymittauksien toistettavuus täsmälleen samanlaisina voi olla haastavaa ja niiden testausjärjestelyihin olisi pitänyt lisätä täsmällisyyttä ja kontrollia. Tältä osin tutkimus ei ollut täysin reliabeli. Sykemittaukset pystytään toteuttamaan vastaavasti ja harjoitustilanne uusimaan täsmällisesti, mutta kilpailujen yhteydessä suoritettujen sykemittausten uusiminen on mahdotonta, kilpailutilanteiden ennalta määräämättömyyden takia. Tältä osin sykemittaukset ovat aina tulkinnanvaraisia.

Tutkimustulosten vertaaminen teoreettiseen viitekehukseen antaa kuvan tulosten yleisestä vertailukelpoisuudesta. Samoin pystytään hahmottamaan, voidaanko näillä mittaustavoilla mitata samoja asioita, vai muuttaako testipa testituloksia. Tällä tavoin voidaan myös arvioida, pystytäänkö esimerkiksi syketiedoilla suorittamaan harjoittelun kuormittavuuden ja palautumisen seuranta judokoiden harjoittelussa ja onko sen tuottama tieto luotettavaa.

Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan aloittaa keskustelu tulosten merkittävyydestä ja käyttökelpoisuudesta. Tutkimus on ollut sekä ajankohtainen, mutta myös päivittänyt tutkimustapoja ja -tietoa.

Sykeperusteisessa arvioinnissa on hapenkulutuksen, aktiivisuuden intensiteettitasojen ja energiankulutuksen osalta useita rajoituksia, vaikka syke heijastaakin läheisesti niiden muutoksia. Sykettä sellaisenaan on suhteutettava yksilöllisiin raja-arvoihin ( $HR_{max}$ ,  $VO_{2max}$ , HRR). Menetelmien tarkkuus ja luotettavuus on kehittynyt vuosikymmenten aikana, mutta lopullista ja vakiintunutta käytäntöä ei epäsuorasta sykeperusteisesta arvioinnista ole olemassa. (Lamonte – Ainsworth 2001, 370-378.)

Sykkeeseen perustuva arviointimenetelmä pohjautuu sykkeen ja hapenkulutuksen korkeaan korrelaatioon ns. ”steady state” -tilassa (Åstrand ym. 1986, 372-378). Energiankulutusta voidaan arvioida keskisykettä käyttämällä. Tarkimmat tulokset saadaan, kun yksilöllinen suhde sykkeen ja hapen- ja energiankulutuksen välille on mitattu rasisuorassa laboratorioissa. Myös ryhmätason suhteutettua yhtälöä sykkeen ja hapenkulutuksen maksimin sekä syke- ja hapenkulutuksen reservien välillä voidaan käyttää, koska niiden välillä on havaittu käytännössä täysin lineaarinen suhde riippumatta sukupuolesta, iästä tai fyysisestä kunnosta. (McArdle ym. 2000, 197-198; Swain – Leutholtz 1997, 410-414; Swain – Leutholtz 1998, 318-324)

Riittävä tarkkuus sykeperusteisille arviointimenetelmille saadaan, kun ne perustuvat yksilöllisille taustatiedoille. Ilman taustatietoja sykeperusteiset arviot voivat olla pahasti virheellisiä. (Hiilloskorpi ym. 1999, 438-443.) Vastaavasti kuormituksen arvioimiseen veren laktaattia käyttäen, on laktaattimittausten tarkkuus ja luotettavuus Lactate Pro<sup>TM</sup> kenttämittarilla todettu tutkimusti hyväksi. Niiden käyttöä urheilututkimuksissa voidaan pitää hyvin perusteltuna. (Baldari ym. 2009, 105-111.)



## 7 TULOKSET

Tulokset esitellään järjestyksessä siten, että ensimmäiseksi esitetään mitatut syketasot harjoituksissa ja kilpailuissa. Toiseksi esitetään sykemittauksilla mitatut eri kestävyiden intensiteettitasot harjoituksissa ja kilpailuissa. Kolmanneksi esitetään laktaattimittausten tulokset harjoittelussa. Taulukoissa esitetään kyseisen testitapahtuman koko otannan yhteen vedetyt tulostiedot. Yksittäisten tapausten eli henkilöiden (Mies A, B, Nainen A, B jne.) tulokset esitetään kokonaisuudessaan liitteissä 3-7. Sykemittauksista saatujen tulosten taulukoissa esitetään tarkemmin mittausten taustatiedot, mittausjakson tiedot, fyysisen kuormituksen tunnusluvut, fyysisen aktiivisuuden intensiteettitasot sekä mittausvirheprosentti.

Tuloksista nostetaan tarkemmin esille kuormituksen intensiteetin kuvaamiseksi parhaita muuttujia harjoitusleirillä, pääharjoituksissa ja kilpailuissa. Harjoituksen keskisyke, harjoituksen korkein syke sekä maksimikestävyysharjoittelun osuus kokonaisajasta kuvaavat tutkimusongelmia tarkimmin. Seuraavaksi esitetään pääharjoituksissa tehtyjen laktaattimittausten tulokset, jotka kuvaavat harjoittelun intensiteettiä ja anaerobista energia-aineenvaihduntaa.

Tulososiossa esitetään myös hermoston suorituskykyä kuvaavat harjoitusleirillä tehtyjen esikevennyshyppyjen mittaustulokset sekä palautumisen tasoa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta kuvaavan RMSSD –indeksin avulla harjoitusleirillä ja kilpailuissa. RMSSD –indeksi saadaan muodostettua sykevälivaihtelun mittauksen kautta. Kaikki esikevennyshyppyjen tulokset löytyvät liitteestä 7 ja kaikki RMSSD –indeksit liitteistä 3-6. Lopuksi esitetään sykemittausten perusteella johdetut energiankulutuksen tiedot MET –arvoina ja kilokaloreina harjoitusleirillä, pääharjoituksissa sekä kilpailujen aikana. Kaikissa tuloksissa esitetään koko kyseisen otannan keskiarvo, keskihajonta ja vaihteluväli.

## 7.1 Syketietomittausten ja kuormittavuuden tulokset

### 7.1.1 Syketasot ja kestävyiden intensiteettitasot harjoitusleiriltä

MM-valmistautumisleirillä koko leirin kestävään neljän vuorokauden syketietojen mittaukseen osallistui kaksi miestä ja kolme naista (n=5). Mittausjakson ka pituus oli 85:34:59. Taulukossa 7. näkyvät mittausjakson taustatiedot, mitaustulokset, keskiarvot (ka), vaihteluvälit ja keskihajonnat (kh).

Taulukko 7. Neljän vuorokauden syketietomittausten tulokset (n=5)

LAPINLAHTI JUDOCAMP	TAPAUS KESKIARVO & KESKIHAJONTA (n=5)		
<b>TAUSTATIEDOT</b>			
IKÄ	24		2,1
PITUUS (cm)	166		3,0
PAINO (kg)	66		6,2
PAINOINDEKSI (BMI)	24		1,9
LEPOSYKE (krt/min)	37		1,1
MAKSIMISYKE (krt/min)	189		9,2
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>			
MITTAUSJAKSON PITUUS	85:34:59		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	17:56:08-13:38:51		
MATALIN SYKETASO	37		1,1
KORKEIN SYKETASO	179		6,1
KESKISYKE (krt/min)	65		4,0
VO2max (ml/kg/min)	54		4,9
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELU VÄLI</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
SYKE % maksimista	34 %	18 % - 98 %	2,5
%HRR	18 %	0 % - 98 %	2,9
VO2 (ml/kg/min)	4,9	2 - 45,7	0,5
%VO2max	10 %	4 % - 93 %	1,7
MET	1,4	0,6 - 13,1	0,1
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	2	1 - 16	0,5
VENTILAATIO (l/min)	8	3 - 94	1,3
HENGITYSTIHEYYS (krt/min)	14	6 - 46	2,1
RMSSD	71	0 - 275	5,6
ENERGIANKULUTUS (kcal)	<b>KESKIARVO</b> 7853		1348,3
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAISAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTEINA</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
0-30% VO2max	81h 66min	95 %	1,3
31-50% VO2max Peruskestävyys	1h 57min	2 %	0,5
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	1h 39min	2 %	0,8
76-100% VO2max Maksimikestävyys	53min	1 %	0,5
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>4h 28min</b>		

Koko valmistautumisleirin otannan keskisykkeeksi mitattiin 65 krt/min, keskihajonnalla 4. Korkein syketaso oli 179 ja vaihteluväli 6,1. Matalin mitattu sy-

ketaso oli 37 krt/min ja sykereservistä oli käytössä 0%-98%. Syketietoja analysoitaessa on hyvä muistaa, että sykeet ovat keskiarvoja ja ne on mitattu vuorokauden ympäri, myös öisin pitkän levon aikana.

Leirin aikaisista intensiteettitasoista oli kokonaisajasta 95 % (81h 66min) hyvin alhaisella lepotasolla, 2 % (1h 57min) kokonaisajasta oli peruskestävyysalueella, vauhtikestävyysalueella (submaksimaalinen) liikuttiin 2 % kokonaisajasta (1 h 39 min) ja maksimikestävyys alueella on oltu keskimäärin 1 % kokonaisajasta, eli 53 minuuttia. Kuormittavuutta oli leirin aikana keskimäärin yhteensä 4 tuntia ja 28 minuuttia. Kokonaisuutena tuloksista voidaan todeta, että fyysinen kuormitus on ollut kaikilla testattavilla hyvin lähellä toisiaan.

Edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että harjoittelun kuormitus ja rytmitys on onnistuttu optimoimaan suhteessa judo-ottelujen aikaiseen rasiustasoon. Hieman alhainen maksimisyketaso puolestaan saattaa viitata judokoiden normaalia suuremman lihasmassan osuuteen kehon kokonaispainosta, joka vaikuttaa alentavasti maksimisykearvoihin. Mitattu maksimaalisen hapenottokyvyn vaihteluvälin yläpää 45,7 ml/kg/min osoittaa sen, että vaikka judoharjoittelu intensiteetiltään onkin erittäin kuormittavaa, se ei kestoiltaan riitä saavuttamaan arvioituja  $VO_{2max}$  arvoja (ka 54 ml/kg/min). Testattavien  $VO_{2max}$  arvot ovat hieman alhaisemmat kuin muissa tutkimuksissa todettujen huippujudokoiden arvot. Erilaiset testimenetelmät voivat selittää tämän eron.

## 7.1.2 Syketasot ja kestävyiden intensiteettitasot pääharjoituksista

Harjoitusleirin ensimmäiseen pääharjoitukseen osallistui kaksi miestä ja neljä naista (n=6). Mittausjakson pituus oli 01:45:00. Taululukossa 8. näkyvät kaikki sykemittausten tulokset, keskiarvot (ka), vaihteluvälit ja keskihajonnat (kh).

Taulukko 8. Pääharjoitus 1 sykietomittausten tulokset (n=6)

PÄÄHARJOITUS 1	TAPAUKSEN KESKIARVO & KESKIHAJONNA n=6		
<b>TAUSTATIEDOT</b>			
IKÄ	23		3,2
PITUUS (cm)	165		3,8
PAINO (kg)	65		6,2
PAINOINDEKSI (BMI)	23,6		1,7
LEPOSYKE (krt/min)	38		2,0
MAKSIMISYKE (krt/min)	191		8,9
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>			
MITTAUSJAKSON PITUUUS	1:45:00		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	16:45-18:30		
MATALIN SYKETASO	68		8,4
KORKEIN SYKETASO	180		5,6
KESKISYKE (krt/min)	121		4,7
VO2max (ml/kg/min)	53		4,3
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELU VÄLI</b>	<b>KESKIHAJONNA</b>
SYKE % maksimista	63 %	30 % - 98 %	4,7
%HRR	54 %	14 % - 98 %	5,9
VO2 (ml/kg/min)	17	2 - 45,7	2,7
%VO2max	35 %	4 % - 93 %	4,2
MET	4,7	0,6 - 13	0,8
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	5	1 - 16	1,0
VENTILAATIO (l/min)	28	3 - 92	5,9
HENGITYSTIHEYYS (krt/min)	24	10 - 45	1,2
RMSSD	17	3 - 151	6,1
	<b>KESKIARVO</b>		
ENERGIANKULUTUS (kcal)	541,5		126,3
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAISAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTTEINA</b>	<b>KESKIHAJONNA</b>
0-30% VO2max	61min	60 %	6,4
31-50% VO2max Peruskestävyys	9min	8 %	1,9
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	14min	14 %	3,5
76-100% VO2max Maksimikestävyys	19min	19 %	5,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>42min</b>		

Ensimmäisen pääharjoituksen keskisykkeeksi mitattiin 121 krt/min, keskihajonnalla 4,7. Korkein syketaso oli 180 ja vaihteluväli 5,6. Matalin mitattu syketaso oli 68 krt/min ja sykereservistä oli käytössä 14%-98%. Ensimmäisen pääharjoituksen aikaisista intensiteettitasoista oli kokonaisajasta 60 % (61 min) hyvin alhaisella lepotasolla, 8 % (9 min) kokonaisajasta oli peruskestä-

vyysalueella, vauhtikestävyysalueella (submaksimaalinen) liikuttiin 14 % kokonaisajasta (14 min) ja maksimikestävyys alueella on oltu keskimäärin 19 % kokonaisajasta, eli 19 minuuttia. Kuormittavuutta oli pääharjoituksen aikana keskimäärin yhteensä 42 minuuttia, kun mittauksen kokonaisaika oli 1 tunti ja 45 minuuttia.

Harjoitusleirin toiseen pääharjoitukseen osallistui kaksi miestä ja kolme nais- ta (n=5). Mittausjakson pituus oli 01:54:00. Taulukossa 9. näkyvät kaikki mit- tausjakson tulokset, keskiarvot (ka), vaihteluvälit ja keskihajonnat (kh).

Taulukko 9. Pääharjoitus 2 sykätietomittausten tulokset (n=5)

PÄÄHARJOITUS 2	TAPAUS KESKIARVO & KESKIHAJONTA n=5		
<b>TAUSTATIEDOT</b>			
IKÄ	24		2,1
PITUUS (cm)	166		3,0
PAINO (kg)	66		6,2
PAINOINDEKSI (BMI)	23,7		1,9
LEPOSYKE (krt/min)	37		1,1
MAKSIMISYKE (krt/min)	189		9,2
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>			
MITTAUSJAKSON PITUUS	1:54:00		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	16:45-18:45		
MATALIN SYKETASO	69		11,5
KORKEIN SYKETASO	177		7,6
KESKISYKE (krt/min)	119		8,1
VO2max (ml/kg/min)	53		4,8
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELU VÄLI</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
SYKE % maksimista	63 %	29 % - 95 %	4,9
%HRR	54 %	13 % - 94 %	5,8
VO2 (ml/kg/min)	16,4	2,0 - 45,7	3,0
%VO2max	35 %	4 % - 87 %	5,8
MET	4,7	0,6 - 13,1	0,8
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	5	1 - 16	1,5
VENTILAATIO (l/min)	27	3 - 90	6,2
HENGITYSTIHEYS (krt/min)	23	10 - 44	2,5
RMSSD	16	2 - 143	4,4
ENERGIANKULUTUS (kcal)	<b>KESKIARVO</b> 597,6		110,1
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAISAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTEINA</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
0-30% VO2max	1h 7min	59 %	10,2
31-50% VO2max Peruskestävyys	14min	13 %	4,4
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	14min	13 %	5,9
76-100% VO2max Maksimikestävyys	18min	17 %	5,2
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>47min</b>		

Toisen pääharjoituksen keskisykkeeksi mitattiin 119 krt/min, keskihajonnalla 8,1. Korkein syketaso oli 177 ja vaihteluväli 7,6. Matalin mitattu syketaso oli 69 krt/min ja sykereservistä oli käytössä 13%-94%. Ensimmäisen pääharjoituksen aikaisista intensiteettitasoista oli kokonaisajasta 59 % (1 h 7 min) hyvin alhaisella lepotasolla, 13 % (14 min) kokonaisajasta oli peruskestävyysalueella, vauhtikestävyysalueella (submaksimaalinen) liikuttiin samoin 13 % kokonaisajasta (14 min) ja maksimikestävyys alueella on oltu keskimäärin 17 % kokonaisajasta, eli 18 minuuttia. Kuormittavuutta oli pääharjoituksen aikana keskimäärin yhteensä 47 minuuttia, kun mittauksen keskimääräinen kokonaisuika oli 1 tunti ja 54 minuuttia.

### 7.1.3 Syketasot ja kestävyiden intensiteettitasot kilpailutilanteessa

Judon Finnish Openin yhteydessä mittauksiin osallistui neljä miestä ja kolme naista. Mittausjakson keskiarvoinen kesto oli 06:12:14. Taulukossa 10. ovat mittausjakson taustatiedot, mittaustulokset, keskiarvot (ka), vaihteluvälit ja keskihajonnat (kh).

Taulukko 10. Judon Finnish Open sykietomittausten tulokset (n=7)

JFO	TAPAUS KESKIARVO & KESKIHAJONTA n=7		
<b>TAUSTATIEDOT</b>			
IKÄ	22		2,2
PITUUS (cm)	166		6,5
PAINO (kg)	64		7,8
PAINOINDEKSI (BMI)	23,1		1,4
LEPOSYKE (krt/min)	49		11,0
MAKSIMISYKE (krt/min)	194		6,2
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>			
MITTAUSJAKSON PITUUS	6:12:14		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	07:22:43 - 16:42:05		
MATALIN SYKETASO	76		20,9
KORKEIN SYKETASO	186		8,9
KESKISYKE (krt/min)	118		11,8
VO2max (ml/kg/min)	56		5,3
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>			
	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELU VÄLI</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
SYKE % maksimista	60,6 %	34 % - 100 %	5,7
%HRR	47,3 %	5 % - 100 %	9,5
VO2 (ml/kg/min)	14,5	2,0 - 45,1	3,0
%VO2max	29,0 %	5,0 % - 100 %	5,8
MET	4,2	0,6 - 12,9	0,9
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	5	1 - 12	1,3
VENTILAATIO (l/min)	24	3 - 76	6,3
HENGITYSTIHEYYS (krt/min)	21	8 - 44	2,0
RMSSD	12	0 - 84	6,6
ENERGIANKULUTUS (kcal)	<b>KESKIARVO</b> 1563,3		<b>KESKIHAJONTA</b> 513,8
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>			
	<b>KOKONAISAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTTEINA</b>	<b>KESKIHAJONTA</b>
0-30% VO2max	4h 17min	68 %	11,2
31-50% VO2max Peruskestävyys	39min	11 %	4,2
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	32min	9 %	2,9
76-100% VO2max Maksimikestävyys	32min	10 %	6,1
YHTEENSÄ	1h 44min		

Kokonaisuutena tuloksista tulee todeta, että fyysinen kuormitus on ollut kaikilla testattavilla hyvin eritasoiset. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että kilpailupäivän rakenne, ottelu- ja kuormitusmäärät ovat olleet hyvin erilaiset. Keskimääräiset syketasot olivat seuraavat: keskisyke oli 118 krt/min, matalin syke-

taso 76 krt/min, korkein syketaso 186 krt/min ja sykereservistä käytössä oli 5 % - 100 %. Korkea keskisyke voi viitata heikkoon aerobiseen kuntoon, korkean henkisen kuormittumisen aiheuttamaan jännitystilaan tai judon kilpailusuorituksen aerobisiin vaatimuksiin, mutta myös kaikkien näiden tekijöiden yhteisvaikutus on otettava huomioon.

Kilpailujen aikaisista intensiteettitasoista oli keskimäärin kokonaisajasta 68 % (4 h 17 min) hyvin alhaisella lepotasolla, 11 % (39 min) kokonaisajasta oli peruskestävyysalueella, vauhtikestävyysalueella (submaksimaalinen) liikuttiin 9 % kokonaisajasta (32 min) ja maksimikestävyys alueella on oltu keskimäärin 10 % kokonaisajasta, eli 32 minuuttia. Kuormittavuutta oli kilpailujen aikana keskimäärin yhteensä 1 tunti ja 44 minuuttia, kun mittauksen keskimääräinen kokonaisaika oli noin 6 tuntia ja 12 minuuttia. Edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että kilpailupäivän kuormitus on ollut korkealla tasolla.

## **7.2 Laktaattimittausten tulokset harjoituksissa**

Laktaattimittaukset (Taulukko 11.) ensimmäisessä pääharjoituksessa (Liite 1) osoittivat suuria yksilöllisiä eroja. Vaihteluvälit kahdessa ensimmäisessä mittauksessa olivat 4,0-15,7 mmol/l ja 6,0-16,3 mmol/l sekä palautumisen jälkeen 2,9-11,4 mmol/l. Keskiarvot vastaavasti olivat 10,6 mmol/l ja 11,8 mmol/l sekä palautumisen jälkeen 6,3 mmol/l.

Huomattava ero syntyi myös miesten ja naisten välille samassa harjoituksessa. Tämä ero voi johtua sukupuolten aiheuttamien erojen lisäksi esimerkiksi miesten suuremmasta suhteellisesta lihasmassasta tai naisten paremmasta aerobisesta kunnosta. Tarkastellessa miehiä ja naisia erikseen yksilölliset erot tasoittuvat. Pääharjoitus 1:n harjoitusvaikutus on saattanut olla toisille riittävä, mutta esim. Nainen A ei välttämättä ole saanut tavoiteltua harjoitusvaikutusta. Tämä voi johtua erinomaisesta aerobisesta kunnosta, yllirasitus- tai ylikuntotilasta tai lihasten glykogeenivarastot ovat olleet jo ennen harjoitusta vajaat, mutta varmat johtopäätökset vaatisivat tarkempia tutkimuksia.



Taulukko 11. Laktaattimittausten tulokset Pääharjoitus 1 (mmol/l)

		TORSTAI					
		Pääharjoitus 1					
TAPAUS / TESTI NRO	1	2		3	KA	KH	VV
NAINEN A	4,0	6,0	10 min palautus	2,9	4,3	1,6	2,9-6,0
NAINEN C	7,7	9,9		3,3	7,0	3,4	3,3-9,9
NAINEN D	10,7	10,7		6,0	9,1	2,7	6,0-10,7
MIES A	15	16,3		8,0	13,1	4,5	8,0-16,3
MIES B	15,7	16,0		11,4	14,4	2,6	11,4-16,0
Keskiarvo	10,6	11,8		6,3			
Keskihajonta	4,9	4,4		3,5			
Vaihteluväli	4,0-15,7	6,0-16,3		2,9-11,4			

Laktaattimittaukset toisesta pääharjoituksesta (Taulukko 12.) osoittavat myös suuria yksilöllisiä eroja. Vaihteluvälit kolmessa ensimmäisessä mittauksessa olivat 5,7-15,7 mmol/l, 5,8-15,6 mmol/l ja 5,1-15,4 mmol/l sekä palautumisen jälkeen 3,1-13,1 mmol/l. Keskiarvot vastaavasti olivat 11,7 mmol/l, 11,3 mmol/l ja 10,7 mmol/l sekä palautumisen jälkeen 6,8 mmol/l. Suurimmat laktaattimäärät mitattiin jo ensimmäisessä mittauksessa. Harjoitus ei enää edessänsä nostanut laktaattimääriä. Tämä voi johtua siitä, että urheilijoiden elimistö on alkanut poistaa laktaattia tehokkaasti elimistöstä, tai siitä, että harjoittelun kuormitustaso ei ole enää nostettu tai pystytty nostamaan. Laktaattimittaukset osoittavat kuitenkin sen, että harjoitusvaikutus on riittävä anaerobisen kunnan kehittämiseen ja laktaatin poistamisen nopeuttamiseen kehossa.

Taulukko 12. Laktaattimittausten tulokset Pääharjoitus 2 (mmol/l)

		LAUANTAI						
		Pääharjoitus 2						
TAPAUS / TESTI NRO	1	2	3		4	KA	KH	VV
NAINEN A	5,7	5,8	5,1	10 min palautus	3,1	4,9	1,3	3,1-5,8
NAINEN D	12,6	11,9	11,4		5,8	10,4	3,1	5,8-12,6
MIES A	12,6	11,8	11		5,2	10,2	3,4	5,2-12,6
MIES B	15,7	15,6	15,4		13,1	15,0	1,2	13,1-15,7
Keskiarvo	11,7	11,3	10,7		6,80			
Keskihajonta	4,2	4,1	4,2		4,36			
Vaihteluväli	5,7-15,7	5,8-15,6	5,1-15,4		3,1-13,1			

### 7.3 Hermoston toiminnan muutokset harjoitusleirillä ja kilpailussa

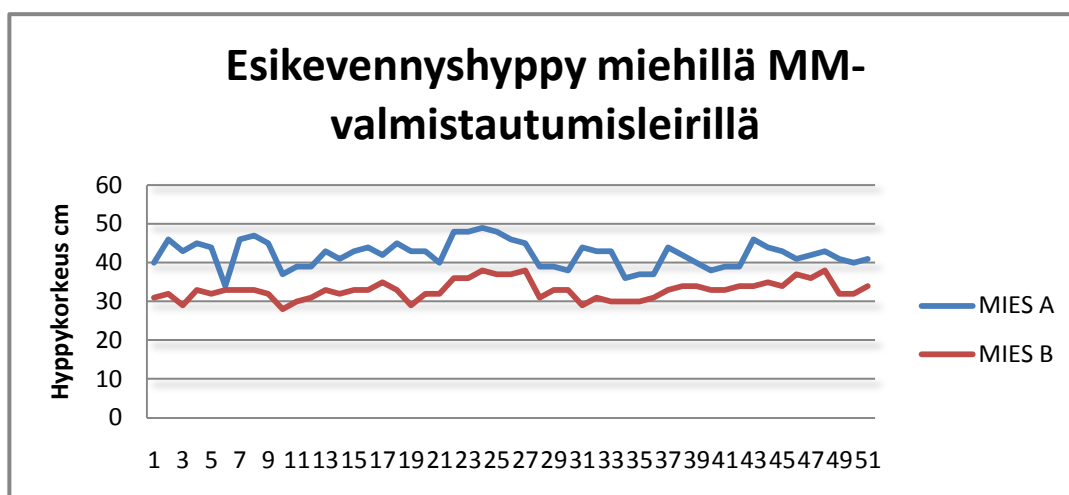
#### 7.3.1 Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn muutokset harjoitusleirillä ja harjoitusten aikana

Hermosto-lihasjärjestelmän (sympaattinen hermosto) suorituskyvyn mittaustuloksista (Liite 7) voidaan todeta, että koko neljän vuorokauden mittausten perusteella harjoitusleirin vaikutusta hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia (Kuvio 6.). Useamman vuorokauden aikainen ja harjoitusten aikainen suorituskyky esikevennyshypyissä ei heikkene, vaan tulokset pysyvät samalla tasolla. Yksittäiset tulokset jopa parantivat päivän aikana pääharjoitusten yhteydessä, verrattuna esimerkiksi aamuharjoitusten yhteydessä tehtyihin mittauksiin. Tämä voi viitata siihen, että palautumisen rytmi on ollut onnistunut ja että kova harjoittelu on stimuloinut hermo-lihasjärjestelmää tai harjoittelun kuormitus ei ole kohdistunut hermo-lihasjärjestelmään.

Taulukossa 13. huomataan yksilöllisten erojen olevan suuria vaihteluvälin ollessa 26-42 cm, keskiarvolla 34 cm. Samoin yksilöiden erot esikevennyshypyn suorituksessa vaihtelivat suuresti vuorokauden aikojen ja päivien välillä vaihteluvälien ollessa noin 9-15 cm. Vuorokausien välillä vastaavaa vaihtelua ei voitu todeta.

Taulukko 13. Harjoitusleirin esikevennyshyppyjen tulokset (cm)

TAPAUK	ka	kh	vv
NAINEN A	33	2,2	29-39
NAINEN C	26	2,1	22-32
NAINEN D	35	2,3	31-40
MIES A	42	3,4	34-49
MIES B	33	2,5	28-38
KESKIARVO	34		
KESKIHAJONTA	5,9		
VAIHTELUVÄLI	26-42		



Kuvio 6. Esikevennyshyppy miesten tulokset

### 7.3.2 Parasymptaattisen hermoston aktivoituminen palautumistilaan harjoituksissa ja kilpailuissa

Palautuminen MM-kisojen valmistautumisleirillä (Liite 3, RMSSD -indeksi) on ollut kokonaisuutena hyvää neljän vuorokauden indeksiluvun keskiarvon ollessa 71, keskihajonnalla 5,63. RMSSD -indeksin vaihteluväli (0-275) osoittaa parasymptaattisen hermoston toiminnan suurta vaihtelua, jolloin kovassa kuormituksessa sen toiminta on lähes pysähdyksissä, mutta levossa indeksiluku nousee huomattavan korkealle, eli palautumisen voidaan todeta olevan käynnissä ja riittävää.

Ensimmäisen pääharjoituksen sisäinen palautuminen näyttää toteutuvan RMSSD -indeksin keskiarvon ollessa mittausjaksolla 17, vaihteluvälillä 3-151. Myös toisen pääharjoituksen sisäinen palautuminen näyttää toteutuvan RMSSD -indeksin keskiarvon ollessa mittausjaksolla 16, vaihteluvälillä 2-143.

Judon Finnish Openin aikainen RMSSD -indeksi vastaavasti oli huomattavasti alhaisempi. Kilpailupäivän sisäinen palautuminen näyttää olevan harjoittelutapahtumia heikompaa RMSSD -indeksin keskiarvon ollessa mittausjaksolla 12, vaihteluvälillä 0-84. Lepo- ja palautumisjaksot ovat merkittävästi suurem-

pia kilpailupäivänä kuin harjoituksissa, silti palautuminen ei tahdo lähteä liikkeelle eikä ole riittävää suorituskyvyn ylläpitämiseksi koko kilpailupäivän ajan. Tämä ei välttämättä tarkoita sitä, että kilpailusuoritus olisi fyysisesti vaativampi, vaan kuvaa pikemminkin henkisen kuormituksen määrää tai osamattomuutta palautua ja rentoutua ottelujen välillä.

#### **7.4 Energiankulutus harjoitusleirillä ja kilpailussa**

Energiankulutus MM-kisojen harjoitusleirin neljän vuorokauden aikana (85:34:59) oli keskimäärin 7853 kcal, tältä osin yksilöllinen vaihtelu oli suurta, keskihajonnan ollessa 1348 kcal. Vaihtelun selittää osittain sukupuoli sekä yksilöiden eri intensiteettitasoilla kulutettu aika (Liite 3). Samojen harjoitteiden kuormittavuuserot syntynevät henkilökohtaisten kunto-ominaisuuksien eroista. MET (metabolic equivalent) keskiarvo neljän vuorokauden aikana oli 1,38 ja vaihteluväli 0,6-13,1.

Energiankulutuksen keskiarvo ensimmäisen pääharjoituksen mittausjaksolla (01:45:00) oli 541,5 kcal, keskihajonnalla 123,3 kcal. Mikäli vastaavaa keskimääräistä energiankulutusta pidettäisiin yllä koko vuorokauden, kokonaiskulutus olisi jopa 7426 kcal/vrk, eli noin neljä kertaa normaalia suurempi. MET – keskiarvo oli 4,7 ja vaihteluväli 0,6-13.

Energiankulutuksen keskiarvo toisen pääharjoituksen mittausjaksolla (01:54:00) oli 597,6 kcal, keskihajonnalla 110,1 kcal. Mikäli vastaavaa keskimääräistä energiankulutusta pidettäisiin yllä koko vuorokauden, kokonaiskulutus olisi jopa 7171,2 kcal/vrk, eli noin neljä kertaa normaalia suurempi. Ero pääharjoitusten välisessä kokonaisenergiankulutuksesta johtuu osittain mittausjaksojen keston muutoksesta. MET –keskiarvo oli toisessakin pääharjoituksessa 4,7 ja vaihteluväli 0,6-13.

Energiankulutus kilpailupäivän mittausjaksolla (ka 06:12:14) oli keskiarvolta 1563 kcal, keskihajonnalla 513,8 kcal. Suuret yksilölliset erot johtuvat mittausjakson pituudesta ja ottelumäärien vaihtelusta. Energiankulutuksen vaihte-

luväli oli 699-2263 kcal kilpailupäivän aikana. Tähän kun arvioidaan koko muun vuorokauden energiantarve ja –kulutus, niin päästään jopa yli 4000 kcal kulutukseen vuorokaudessa. Tällaiset energiankulutusmäärät tulisi huomioida sekä valmistautumisessa, kilpailusuorituksen aikana ja palautumisen optimoimisessa. Kilpailupäivän mittausjakson MET –keskiarvo oli 4,2 ja vaihteluväli 0,6-12,9.

## 8 POHDINTA

### Yleistä

Judovalmennuksessa ja huippu- ja kilpaurheilussa joudutaan aina tasapainoilemaan ja vertailemaan eri fyysisten ominaisuuksien merkityksiä onnistuneen tuloksen ja menestymisen tavoittelussa. Monipuoliset motoriset ja kognitiiviset taidot, tekniikka ja taktiikka ratkaisevat judo-ottelun lopputuloksen silloin, kun voittoon edellytettävät riittävät fyysiset ominaisuudet ovat olemassa. Kysymys kuuluukin, mitkä ovat ne fyysisen suorituskyvyn minimitasot ja kuinka ne saavutetaan ja miten ne suhteutetaan toisiinsa harjoittelussa? Ja riittääkö minimitasot keskimääräisesti maailman huipun ja menestyksen saavuttamiseksi? Kysymysten asetteluun vastaamiselle haasteen asettaa tarvittavien fyysisten ominaisuuksien luonteiden väitetty äärimäisyys ja erityisyys.

Maailman huipulle tähtäävä judoka tarvitsee erinomaisen hyvän aerobisen kunnon pystyäkseen suorittamaan erittäin vaativan anaerobisen suorituksen, joka sisältää lyhyitä maksimaalisia voima- ja nopeussuorituksia sekä pitkäkestoista lihaskestävyyden- ja voimakestävyystyyppistä työtä. Oman haasteen valmennukseen lisää turnausten ja ottelujen sisäinen rakenne, jossa turnauksen ottelut jakaantuvat pitkään intervalliin useamman tunnin ajalle ja jossa ottelujen sisäiset lyhyet intervallit, työjaksot 10-30 sekuntia ja lepojaksot 10-15 sekuntia (Sikorski ym. 1987; Callister ym. 1991; Takahashi 1992), määrittävät energia-aineenvaihdunnan toiminnan vaatimukset palautumisen optimoimiseksi ja kehittämiseksi.

Jokaisella urheilijalla on oma henkilökohtainen suorituskapasiteetti, jota voidaan kehittää työllä ja harjoittelulla. Suorituskapasiteetti kertoo myös hyvin yksiselitteisesti mikä on urheilijan menestymiskapasiteetti. Suorituskapasiteetin määrittämiseksi ja kehittämiseksi liikuntatiede ja -teoria antavat riittävät keinot, joilla sekä urheilija itse että valmentaja pystyvät määrittämään tulevaisuuden kehityssuunnat ja kilpailulliset menestymistavoitteet. Teoriat tulee kuitenkin hallita huomattavasti tarkemmin kuin ”musta tuntuu, että se on näin”

-tasolla. Urheilukentillä liikkuu monenlaisia tulkintoja periaatteessa yksinkertaista fysiologisista totuuksista.

Urheilusuoritus perustuu energia-aineenvaihdunnan kykyyn tuottaa energiaa lihaksille. Judo-ottelu on luonteeltaan intervallinen suoritus. Energian tuottaminen tapahtuu kuitenkin täysin samalla tavalla kuin kestävyysurheilusuorituksessa tai yksittäisessä maksimaalisessa suorituksessa. Maksimaalisissa suorituksissa nopeasti kuluvat energiavarastot eivät rajoita hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyä, vaan energiaa on aina riittävästi käytettävissä. Merkittäväksi suorituskyvyn heikentäjäksi muodostuukin elimistöön muodostuva laktaatti, jonka sieto- ja poistokyky määrittävät kuinka korkealla judokan suorituskyky pystytään pitämään ja kuinka kauan. Elimistön korkeat laktaattimäärät heikentävät refleksiherkkyyttä ja siten myös lihassupistumista. Lihaksille on siis aina tarjolla siittävästi energiaa, mutta aineenvaihduntatuotteet estävät lihaksia hyödyntämästä sitä, ellei energiankäyttökapasiteettia ole kehitetty tarpeisiin riittäväksi.

Voidaan myös sanoa, että laktaatti on elimistön oma suojausmekanismi, kun kehoa käytetään anaerobisesti yli sen suorituskykykapasiteetin. Silloin laktaatti kuvainnollisesti painaa kehossa jarrua, ettei moottori ylikuumene ja leikkaa kiinni. Hyvin viritetty ja voideltu aerobinen kone ei ajaudu yli oman suorituskykykapasiteetin ja pitää siis yllä jatkuvaa korkeaa suorituskykyä myös korkean intensiteetin suorituksissa.

Hermosto-lihasjärjestelmä kontrolloi lihasten toimintaa. Lihassolujen motoristen yksikköjen jakaantuminen hitaisiin ja nopeisiin määrittää myös fyysisen suorituskyvyn edellytyksiä kehittyä. Hitaat lihassolut kestävät paremmin väsymystä, mutta pystyvät tuottamaan vähemmän voimaa kuin nopeat, jotka puolestaan väsyvät helpommin. Harjoittelun optimoimisen kannalta olisi jokaisen urheilijan äärimmäisen tärkeää selvittää oma lihassolujakauma ja lihasrakenne lihasbiopsiatekniikalla. Tällöin on mahdollista hyödyntää perinnöllisten ominaisuuksien lähtökohtia fyysisen harjoittelun suunnittelussa ja ymmärtää paremmin yksilöllisiä fyysisen harjoittelun vaikutuksia.

Maksimaalisen hapenottokyvyn merkitystä ja vaikutuksia judokalla rajoittavat tietyt fysiologiset seikat. Huippu-judokoille on tutkimuksissa määritelty hapenottokyvylle viitearvot. Judokan  $VO_{2max}$  tulisi olla vähintään 55 ml/kg/min, mutta yli 60 ml/kg/min arvoista ei enää tutkimusten mukaan saada hyötyä sen saavuttamiseksi tarvittavaan työmäärään ja aikaan nähden (Taylor ym. 1981; Thomas ym. 1989; Little 1991). Kuitenkin monilla huipuilla on mitattu jopa lähes 70 ml/kg/min arvoja, eikä heidän nopeus- tai voimaominaisuuksien voida katsoa kärsineen, pikemminkin päinvastoin. Tarvittaisiin lisää tutkimuksia aerobisen kunnan merkityksestä kaikkien muiden ominaisuuksien kehittymisen pohjana, sillä jatkuvasti kehittyvä käytännön valmennustietous kestävyyslajeista sekä voima- ja nopeuslajeista antaa vahvoja viitteitä siitä, samalla kyseenalaistaen ja haastaen aiempia tutkimustuloksia.

Kova aerobinen kunto antaa valtavat edellytykset kehittää myös nopeus- ja voimaominaisuuksia. Kritiikki kohdistuu siihen, että aerobiseen harjoitteluun käytetty aika on pois muusta harjoittelusta ja harjoitusvaikutus ”syö” tai estää muiden ominaisuuksien kehittymistä. Tässä kohtaa tulee huomioida se, että heikon aerobisen kunnan kohdalla näin saattaa ollakin, koska silloin ei ole edellytyksiäkään kehittyä. Erinomaisen hyvä aerobinen kunto puolestaan tukee kaikkea muuta harjoittelua. Huippu-urheilussa ei voi myöskään laskea suoraan käytetyn ajan määrää eri ominaisuuksien harjoittelun välillä, vaan kokonaisuormituksen ja lepo- ja palautumisaikojen välillä.

Kestävyysurheilijat saavuttavat yleisesti näitä arvoja vielä huomattavasti korkeampia  $VO_{2max}$  arvoja (70-80 ml/kg/min), mutta se johtuu enimmäkseen siitä, että judokoilla suhteellinen lihasmassa on selkeästi korkeampi sekä harjoittelun spesifisyys on erilainen. Suuri lihasmassa laskee sykettä sekä ventilaatiota, joka korreloi maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa. Suuri lihasmassa on kuitenkin edullinen hyvin lyhyissä anaerobisissa korkean tehon suorituksissa (esim. voimanosto), koska suurella lihasmassalla on suuremmat anaerobiset energiavarastot. Lyhyissä korkean intervallin suorituksissa saavutettuja hapenottokyvyn arvoja ei myöskään voida suoraan verrata harjoituksen intensiteettiin, koska aerobiset energiantuottotavat eivät ehdi so-



peutua suoritustehon tasalle. Tämänkin vuoksi myös otteluiden intensiteettitaso on yleensä submaksimaalinen.

Koska maksimaalisella intensiteetillä tehdyn intervallisuorituksen jälkeen lihaksiston voimataso laskee muutamassa sekunnissa, on judoka ”pakotettu” käyttämään suoritukseensa submaksimaalista intensiteettiä, jota voidaan ylläpitää pidempään, menettämättä suorituskyvyn voima- ja nopeusominaisuuksia. Judokalle lihasväsymyksen aiheuttaa ensisijaisesti siis lihaksen happamuuden lisääntyminen, jonka ehkäiseminen ja vähentäminen ovat intervallisuorituksissa tärkeitä. Submaksimaalisen suorituskyvyn ylläpitämiseksi voidaan lihasväsymystä kompensoida lisäämällä lihaksiston hermostollista ohjausta. Näillä edellä mainituilla seikoilla voidaan perustella erinomaisesti judokan suhteellisen kehon painon ja voimantuoton merkitystä sekä hermostollisen voimaharjoittelun merkitystä voiman ja nopeuden tuottamisen maksimoimiseksi ja ylläpitämiseksi maksimaalisessa ja submaksimaalisessa työssä.

Kuormituksesta palautumisen kannalta aerobisella aineenvaihdunnalla ja aerobisella kapasiteetilla on erittäin merkittäviä hyötyjä pitkien submaksimaalisten intervallisuoritusten jälkeiseen palautumiseen. Aktiivinen noin 10 % aerobisen kynnyksen alapuolella ( $63\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ) tehty palautuminen on kaikkein tehokkainta ja vähentää erityisesti lihasten laktaattipitoisuuksia. (McLellan ym. 1982; Corder ym. 2000.)

### **Teoria, tulokset ja johtopäätöksiä**

Tämä tiedetään teoriasta varmaksi: Elimistö pyrkii palautumaan normaalitilaan välittömästi suorituksen jälkeen. Palautumiseen vaikuttavat suoritustekijät ovat suorituksen kesto ja intensiteetti. Parempi aerobinen kunto on suorassa yhteydessä parempaan palautumiseen suorituksen aikana ja suorituksen jälkeen. Psykofyysiset ja emotionaaliset tekijät vaikuttavat sykkeen palautumiseen joko hidastaen tai nopeuttaen sitä. Hermoston merkitystä ja vaikutuksia palautumiselle tarvitsee vielä tutkia tarkemmin yleisempien johtopäätösten tekemiseksi.

Judo on määritelty fysiikaltaan räjähtävän voiman urheiluksi, joka vaatii erityisen suuren anaerobisen tehon ja kapasiteetin, joka toimii erityisen kehittyneessä aerobisessa järjestelmässä. Tähän tiiviiseen määritelmään on helppo yhtyä, se kertoo judon fysiikkavalmennuksesta oikeastaan kaiken.

Judo-ottelujen pääenergiantuottomenetelmä on pidetty anaerobista glykolyysia (Sikorski ym. 1987) aina kahteen minuuttiin asti, sen jälkeen aerobinen energiantuottokyky (Degoutte ym. 2003) painottuu määrittämään suorituskyvyn ylläpidon. Tilastoista nähdään (Pulkkinen 2001), että ottelut loppuvat ipponiin (=voitto täysin pistein) karkeasti keskimäärin kolmen ja puolen minuutin kohdalla yleisissä sarjoissa sekä miehillä että naisilla. Tämä voi antaa vinkin siitä, että kahden minuutin kohdalla muuttuva karkea painotus energiantuottotapojen välillä voi vaikuttaa suoraan ottelujen lopputulokseen ja siten myös keskimääräiseen ottelujen keston. Toisin sanoen toisella ottelijalla saattaa suorituskyky heikentyä suhteessa vastustajaan niin merkittävästi jo kahden minuutin jälkeen, että ratkaisu välttämättä tapahtuu ennen täyttä aikaa. Tilastot eivät kerro kuitenkaan taitoerojen merkitystä nopeisiin voittoihin tai tasaväkisten ottelijoiden täysiaikaisten ottelujen merkitystä tilastoihin. Tutkimuksissa otteluaikojen kestoista on tehty useampana vuotena useasta eri turnauksesta ja ottelumäärät ovat olleet suuret, joten vahvoja viitteitä ja tarkempien tutkimusten aiheita ne antavat energiantuottotapojen ja suorituskyvyn ylläpitämisen merkityksestä ottelujen kestolle ja lopputulokselle.

Toinen erittäin mielenkiintoinen aikaan ja energiantuottotapoihin liittyvä pohdinta liittyy täysiaikaisten ottelujen suorituskykyyn vaikuttaviin tekijöihin. Täysiaikaiset ottelut kestävät taukoineen 7-8 minuuttia. Jatkoajalle menevät ottelut joskus yli 10 minuuttia. Tehokasta aikaa täysiaikaisessa ottelussa on 5 minuuttia ja jatkoajalla 3 minuuttia. Tutkitusti tiedetään, että maksimisuorituksessa, joka kestää yli kaksi minuuttia noin puolet energian tarpeesta tuotetaan aerobisesti. Aerobinen energiantuotto saattaa olla merkittävää myös alle kahden minuutin suorituksissa.

Tähän perustaen voidaankin judon pääenergiantuottotavaksi nimetä aerobinen energiantuotto. Vaikka glykolyysi on nopeudeltaan kolminkertainen aerobiseen energiantuottoon verrattuna, tuottaa se vain 5% siitä energiasta, joka pystytään tuottamaan aerobisesti. Tästäkin johtuen kaikessa urheilussa suoritusten pääenergianlähde on lihaksistosta aerobisesti käytettävä glykogeeni.

Tutkimusten mukaan judokoille riittää 55-60 ml/kg/min  $VO_{2max}$  suorituskykyarvot kansainvälisellä tasolla ottelemiseen. Tämä ei vielä tarkoita sitä, että se riittäisi saavuttamaan mitaleja tai mestaruuksia, joihin todennäköisesti tarvitaan lähemmäs 70 ml/kg/min  $VO_{2max}$  arvoja. Suomalaisilla judokoilla oli tämän tutkimuksen mukaan  $VO_{2max}$  arvot harjoitusleirin yhteydessä keskiarvolla 54 ml/kg/min (vaihteluväli 49-58) ja kilpailujen yhteydessä 56 ml/kg/min (vaihteluväli 49-61). Tässä tarkastelussa pitää huomioida, että tuloksiin sisältyy sekä miesten, että naisten tulokset. Naisilla pääsääntöisesti  $VO_{2max}$  arvot ovat muutaman yksikön pienemmät kuin miehillä. Toinen huomioitava seikka on erilaisten testiprotokollien aiheuttamat erot. Aiemmissä tutkimuksissa maksimaalista hapenottoa on mitattu suorissa testeissä, ja tässä tutkimuksessa epäsuorasti sykkeen kautta. Lähtökohtaisesti suorat testit antavat tarkemman ja luotettavamman tuloksen, mutta maksimaalisella intensiteetillä tehdyllä suorituksella on suuri korrelaatio sykkeen ja maksimaalisen hapenotokyvyn välillä. Näin voidaan perustellusti esittää kysymys, onko suomalaisten judokoiden aerobinen kunto riittävä saavuttamaan arvokisamitaleja?

Ottelujen  $VO_{2max}$  aikaisten sykkeiden on tutkittu olevan noin 92% maksimisykkeestä (Degoutte ym. 2003). Tässä tutkimuksessa suomalaisten mitatut arvot olivat hieman korkeammat, liikkuen kilpailuissa välillä 93%-100% sykkemaksimista. Harjoitusleirillä  $VO_{2max}$  aikaiset sykkeet liikkuvat välillä 92%-98% sykkemaksimista. Pääharjoitusten  $VO_{2max}$  aikaiset sykkeet olivat 89%-98% sykkemaksimista. Tästä voidaan vetää sellaisia johtopäätöksiä, että harjoittelu leirillä on vastannut tarkkaan judo-ottelujen fyysisiä vaatimuksia, sykkeen liikkua samalla kuormitusalueella tai vähän kilpailusuorituksen vaatimusten yläpuolella. Toisaalta kilpailuaikaiset aikaisempia tutkimuksia korkeammat mittaustulokset viittaavat joko kovempitehoiseen suoritukseen tai hiiven heikompaan aerobiseen kuntoon tai henkisen jännityksen ja stressin,

johtamaan korkeampaan sykkeeseen saman tehoisessa kuormituksessa ja siten myös nopeammin laskevaan suorituskykyyn.

Yksittäisen judoharjoituksen tulisi sisältää suorittamista yli 75% tasolla sykemaksimista, suositusten mukaan 30-40 minuutin ajan. Käytännössä tähän päästään randorilla, eli otteluharjoittelulla. Harjoitusleirin molemmissa pääharjoituksissa testatut pääsivät yli 75% sykemaksimista keskimäärin 18-19 minuutiksi vaihteluvälin ollessa 11-27 minuuttia. Tämä suosituksesta alemmaksi poikkeava kuormitustason määrä johtuu siitä, että harjoitusleiri oli MM-kisoihin valmistava leiri, jolloin tarkoituksen mukaista on ollut pitää kuormituksen kesto lyhyempänä ja tehot korkeammalla. Tässä on mielestäni onnistuttu tavoitellusti ja järkevästi. Harjoituskuormituksen määrän vaihteluvälin suuruus samassa harjoituksessa viittaa yksilöllisiin ominaisuuksiin ja yksilöiden erilaisiin kuntotasoihin. Sama harjoitus ei siis ymmärrettävästi antanut samaa harjoitusvaikutusta kaikille. Tämä onkin judovalmennuksen yksi suurimpia haasteita, kun harjoitusryhmissä on hyvin erilaisilla harjoitustaustoilla ja ominaisuuksilla varustettuja urheilijoita. Tässä tutkimuksessa oli kuitenkin painon mukaan kohtuullisen homogeeninen ryhmä alemmista sarjoista, joten harjoituskuormituksen suuret erot selittyivät paremmin aerobisen kunnon eroilla.

Kokonaisuudessa pitää tämän tutkimuksen kohdalla huomioida hyvin tarkkaan se, että otantaan ei kuulunut yhtään miestä yli 73 kg sarjoista, eikä yhtään naista yli 63 kg sarjoista. Tutkitusti on todettu, että  $VO_{2max}$  on käänteisesti verrannollinen kehon painon kanssa siten, että isompien painoluokkien miesten ja naisten  $VO_{2max}$  ja aerobinen teho ovat pienemmät. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka onkin kyse samasta lajista, voi fyysiset perusedellytykset painoluokkien välillä olla merkittävästi erilaiset. Kuitenkin käytännössä on huomattu, että monissa painoluokkalajeissa myös raskaiden sarjojen urheilijat ovat huomattavasti kehittyneet monipuolisemmiksi ja urheilullisemmiksi myös aerobiselta kunnon osalta, mikä on johtanut fyysisten menestymisvaatimusten lähenemiseen eri sarjojen välillä.

Muulla kuin viimeistelyleireillä tulisi tietenkin varmistaa, että riittävällä kuormitustasolla pysytään riittävän kauan. Hyvän aerobisen kunnon omaavat urheilijat pystyvät työskentelemään 75%-85% aerobisella teholla ennen kuin kokevat väsymystä tai uupumusta. Tämä kuormitustaso vastaa judo-ottelujen keskimääräistä kuormitustasoa. Vastaavasti myös laktaattitasot pysyvät kauemmin matalammalla ja siten suorituskyky pysyy yllä pidempään.

Anaerobisen kunnon kehittämiseksi pitää harjoitella anaerobisella kynnyksellä ja sen yläpuolella. Tämä vastaa siis maksimaalisen ja submaksimaalisen intensiteetin rajaa, jonka yläpuolella judo-ottelut pääsääntöisesti käydään. Tämä tutkimus vahvisti tätä näkemystä sekä kilpailuista saatujen tietojen mukaan, mutta myös harjoitteluleirin osalta. Judo-ottelun intervalliluonteen ja ottelujen aikarajoitusten mukaisesti on lähes mahdotonta saavuttaa täydellistä uupumukseen päätyvää kuormitusta, ellei ole huonokuntoinen tai sairas. Judoharjoittelun tulisi vastata mahdollisimman tarkasti lajin kilpailusuoritusta ja niin tämän tutkimuksen mukaan ainakin maajoukkueen valmistautumisleirillä tapahtui. Kokonaisen kilpailupäivän fyysisten vaatimusten ”simulointi” harjoituksissa tai harjoituspäivänä voisi olla erittäin mielenkiintoinen kokeilun ja tutkimuksen aihe.

Judoleireillä voi olla hankalaa tai tavoitteiden vastaista pyrkiä erityisesti aerobisen kunnon kehittämiseen. Judoharjoitusten ja -leirien päätavoitteena on yleensä saada paljon lajinomaista otteluharjoitusta erilaisten vastustajien kanssa sekä saada lajin tekniikkaopetusta, varsinkin kun harjoitusvastustajia eikä parhaita valmentajia aina ole saatavilla kotisaleilla. Judoleirit ovat myös kestoltaan yleensä muutamasta päivästä viikkoon, mikä ei riitä aerobisen kunnon kehittämiseen. Näillä seikoilla voidaan perustella perinteistä judoleiren harjoitusten ohjelmointia. Tutkimusmiehellä voisi ”simuloida” kilpailupäivän harjoitusleirille ja pyrkiä sitä kautta saadun tiedon perusteella optimoimaan suorituskyvyn ja palautumisen, sekä puuttumaan ilmenneisiin ongelmiin. Joka tapauksessa kotisaliharjoittelun tulisi sisältää paljon aerobista harjoittelua, myös siksi, että leireiltä vastaavasti pystyisi fyysisesti vastaanottamaan parhaan hyödyn.

Tähän asti pohdintaa on käyty lähinnä suorituksen kuormituksen kautta ilmenneiden asioiden pohjalta. Menestyminen sekä yksittäisessä ottelussa että kokonaisessa turnauksessa määräytyy myös vahvasti kyvyssä palautua ottelun sisäisissä palautumisjaksoissa sekä ottelujen välisinä aikoina. Lisäksi nuoruudessa progressiivisesti etenevän ja kovenevan harjoittelun mahdollistaa pitkälti riittävä lepo ja palautuminen kuormituksista.

Ottelujen sisäisen intervallin mukaan suoritus muodostuu päällekkäisistä alaktisista ja laktisista jaksoista. Alaktisista 10-15 sekunnin maksimaalisista työjaksoista palautumiseen menee 2-3 minuuttia. Se on erinomaisen nopeaa toimintaa, mutta siitä ei ole juurikaan hyötyä judo-ottelussa. Laktinen systeemi alkaa toimia maksimaalisen noin 90 sekuntia kestävässä suorituksessa. Laktinen systeemi tuottaa maitohappoa, jonka poistaminen on suhteellisen hidasta, sen puolittaminen verestä kestää jopa 20 minuuttia. Nämä systeemit tuottavat nopeasti energiaa, mutta vähän ja palautuvat judossa vaadittavan suorituskyvyn kannalta liian hitaasti. Harjoittelulla pystytään kehittämään elimistön kykyä vastustaa maitohapon aiheuttamaa väsymystä, mutta kokonaisuuden kannalta huomattavasti merkittävämpää on pystyä siirtämään väsymyksen tuloa, kuin vasta pyrkiä sietämään sitä. Jälleen huomataan aerobisen systeemin merkitys, tällä kertaa laktaattikynnyksen nostajana.

Varsinaisen tutkimuksen ulkopuolisia havaintoja tein kaksi, jotka haluan tuoda esille, koska ne liittyvät tiiviisti edellisiin pohdintoihin. Ensinnäkin aerobisen energiantuoton merkitys, joka perustuu lihaksiin varastoituneisiin hiilihydraatteihin eli glykokeeniin. Hiilihydraatit sitovat nestettä kehoon. Suorituskyvyn kannalta kannattaisi kilpailuja edeltävinä päivinä tankata hiilihydraatteja, jotta lihasten energiavarastot olisivat täynnä. Kuitenkin käytännössä painoluokkalajeissa viimeiset päivät useimmiten käytetään painonpudotukseen, jolloin pyritään vähentämään nesteen määrää kehossa sekä vältetään hiilihydraattia. Ristiriita painonpudotuksen hyödyn ja suorituskyvyn laskun suhteen on ehkä merkittävämpi kuin uskalletaan todeta, sillä pelkkä kehon nestevajaus aiheuttaa jo usean prosentin heikennyksen suorituskykyyn. Hiilihydraatin väheneminen lihaksistosta painonpudotuksen yhteydessä tulisi tutkia tarkoin. Myös siksi, että pienentyneiden lihasten hiilihydraattivarastojen joh-

dosta elimistö käyttää energia-aineenvaihduntaan rasvoja ja proteiineja. Pitkäaikainen laihduttaminen ja painon pitäminen liian alhaalla aiheuttavat elimistöön katabolisen tilan, jolloin energiaa tuotetaan lihaksiston valkuaisaineista, mikä johtaa lihassolujen vähentymiseen, suorituskyvyn heikkenemiseen ja kehityksen hidastumiseen tai jopa pysähtymiseen.

Myös kreatiini sitoo nestettä ja on hyödyksi maksimaalisissa ja lyhyissä suorituksissa, joten senkin merkitys tulisi tutkia, koska hiilihydraattien ja kreatiinin yhteisvaikutus niiden vajaustilassa voi olla erittäin merkittävä suorituskyvyn kannalta. Erinomainen aerobinen kunto toimii painonpudotuksen yhteydessä ”puskurina”, eli vähentää painonpudotuksen negatiivisia vaikutuksia.

Toinen havainto liittyy hermostolliseen voimantuottoon. Anaerobisen suorituskyvyn kannalta on huomattava lihasten massan suora vaikutus maitohapon tuottoon. Mitä enemmän lihasmassaa, sitä enemmän on myös maitohapon tuottoa korkean intensiteetin kuormituksessa. Tämä johtaa siihen, että judokan kannattaa välttää liiallista lihasmassaa ja kehittää hermostollista voimantuottoa. Tämäkin aihe vaatii lisää tutkimista tarkempien harjoitusohjeiden aikaansaattamiseksi. Hermostollinen harjoittelu ja väsyneenä tehtävät taito- ja nopeusharjoitteet kehittävät elimistöä kompensoimaan maitohapon aiheuttamaa lihasväsymistä ja väsymisestä johtuvia huonotasoisia ja tehotomia yrityksiä ja toimintapäätöksiä otteluissa.

Veren laktaattipitoisuuden mittauksilla pyrittiin havainnoimaan harjoittelun intensiteettiä ja vertailemaan tuloksia eri maiden maajoukkueille tehtyihin tutkimuksiin. Täsmälleen samanlaista testiprotokollaa aiempien tutkimusten suhteen ei ollut käytössä, joten tulokset ja vertailu on vain suuntaa antavaa. Wingaten anaerobisen tehon testin aikana mitatut laktaattiarvot judokoilla ovat liikkuneet miehillä korkeimmillaan keskiarvolla 19,3 mmol/l ja naisilla 15,8 mmol/l. Lajinomaisen suorituksen (randori) aikaiset mittaukset ovat olleet keskiarvolta 8,4 mmol/l ja naisilla 7,2 mmol/l. Tässä tutkimuksessa saattujen laktaattiarvojen vaihteluväli oli pääharjoituksissa 4,0-16,3 mmol/l ja 5,1-15,7 mmol/l. Yksilölliset erot ovat huomattavia ja eri testien antamien tulosten suuri vaihtuvuus viittaa eri testiprotokollien vaikutuksiin tuloksissa, joita ei

siksi voi suoraan verrata keskenään. Yksilölliset erot voivat johtua yksilöllisistä kuntoeroista, ylläsitius- tai ylikuntoilasta tai lihasten glykogeenivarastojen vajauksesta. Viitteet ovat kuitenkin siihen suuntaan, että tässä tutkimuksessa saadut laktaattiarvot ja niiden tulkinta ei merkittävästi poikkea muista tutkimuksista saaduista tuloksista.

Tässä tutkimuksessa mitattiin myös laktaatin poistumista elimistöstä 10 minuutin palautumisen jälkeen. Mitatut laktaattiarvot olivat lähes puolittuneet 10 minuutissa, vaikka teoria antaa ymmärtää siihen menevän 15-20 minuuttia. Nopea laktaatin puolittuminen kertoo hyvin anaerobiseen kuormitukseen sopeutuneesta elimistöstä ja erinomaisesta aerobisesta kunnosta.

### **Loppukevennys: Judo on sittenkin pitkänmatkan painia**

Usein kuulee sanottavan, että judo ei ole pitkänmatkanpainia tai että judokalle riittää Cooperin testissä 2600 metrin juoksutulos. Näillä väittämillä viitataan kiertäen siihen, että judo perustuu nopeuteen, voimaan ja anaerobiseen tehoon. Tulkinta on kuitenkin lähtökohtaisesti väärä ja sillä on valitettavasti voitu selitellä määräharjoittelun vähyyttä ja lenkkeilyn tarpeettomuutta. Kuitenkin, judokankin todellinen suorituskyky perustuu täysin aerobiseen kapasiteettiin ja tehoon. Ne luovat pohjan anaerobiselle suorituskyvyille. Käytännössä siis mitä parempi aerobinen kestävyys, sitä kauemmin urheilija jaksaa toimia kovalla kuormituksella ilman väsymistä ja sitä nopeammin ja täydellisemmin kuormituksesta palautuu. Tämän merkitys korostuu kovissa kansainvälisissä turnauksissa, joissa ottelupäivä saattaa kestää 10 tuntia ja sisältää 6 täysiaikaista ottelua. Mitalit joka tapauksessa ratkaistaan viimeisissä otteluissa ja niissäkin pitäisi olla täydessä iskussa.

Tutkimuksessa mitattu sydämen keskisyke kilpailupäivänä ei kenelläkään mitatuista laskenut alle 107 lyönnin/min, keskisykkeen vaihteluvälin ollessa 107-133 krt/min. Tämä kertoo valmennuksen ammattilaisille sen, että judo on puhtaasti aerobinen laji. Mittausjaksojen keskipituus oli kuusi tuntia. Siis kuuden tunnin yhtäjaksoinen suoritus yli sadan sykkeellä, ilman palautumisjaksoja. Korkeaan keskisykkeeseen voi vaikuttaa myös heikko aerobinen kunto tai



korkean henkisen kuormituksen aiheuttama jännitys. Fyysisesti suoritus on kuitenkin sama ja vaikutus suorituskyvyn heikkenemiseen on erittäin merkittävä päivän aikana. Siksi on siis panostettava aerobiseen kuntoon. Väitän, että aerobisen kunnan merkitys tiedetään, mutta ei ymmärretä miksi, eikä se konkretisoidu käytännön valmennukseen ja harjoitteluun. Tässäkin kohtaa moni ihminen haluaa oikaista onneen.

Mikä on sitten riittävä aerobinen kunto ja miten sitä harjoitetaan? Tutkimusten mukaan judokan maksimaalinen hapenotto- ja verenkierto- ja verenkierrokyky ( $VO_{2max}$ ) tulisi olla vähintään 55 ml/kg/min, mutta huipuilta on mitattu lähes 70 ml/kg/min arvoja, joka vastaa jo huippuhiittäjien aerobista suorituskykyä. Cooperin testissä nämä tiedot tarkoittavat kutakuinkin 3600m suoritusvaatimusta. Aika kova vaatimus? Huippu-urheilu on kuitenkin huippu-urheilua tässäkin kohtaa. Kritiikki kohdistuu siihen, että judoka ei tarvitse juoksukuntoa. Mutta judoka tarvitsee erinomaisen kehittyneen hapenotto- ja verenkiertojärjestelmän menestykseen vaadittavan suorituskyvyn ylläpitämiseksi koko kilpailupäivän ajan. Tämän järjestelmän harjoittamiseksi tasavauhtinen lenkkeily, pyöräily tai hiihtäminen on tehokkainta. Lajinomaisenkin aerobinen harjoittelu on suotavaa, mutta isoilla lihasryhmillä tehty aerobinen harjoittelu on elimistön kehittämisessä tehokkainta.

Nuorten valmentajana ei voi olla huomauttamatta tai osoittamatta sormella jo b-nuorilla yleistä riittämätöntä kestävyyskuntoa. Kovaa randoria jaksetaan kyllä vääntää, mutta todellisuus tulee liian rajuna vastaan, kun edellytykset kehittymiselle kansainväliselle tasolle eivät kerta kaikkiaan riitä. Väitän, että siinä on myös yksi iso syy miksi nuorissa kilpailijoissa käy kova kato kotimaisilla kilpatatameilla. On henkisesti raskasta olla huonossa kunnossa, vaikka luulee toisin. Hyvä aerobinen kunto mahdollistaa myös progressiivisesti kovenevan harjoittelun.

Valmentajien on syytä ottaa vinkistä vaariin päivittäisharjoittelussa. Edellytykset kehittymiselle on taattava jo nuorena. Pelkkä tatamiharjoittelu ei riitä. Kun perusedellytykset ovat kunnossa, voidaan pohtia tekijöitä, jotka vaikuttavat menestykseen. Sekin on tutkittu juttu.

## LÄHTEET

- Ainslie, P. – Reilly, T. – Westerterp, K. 2003. Estimating human energy expenditure: a re-view of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Medicine* 33 (9), 683–698.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. N., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplaincourt, P. O., Jacobs, D. R., Leon, A. S. 2000. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine Science of Sports Exercise* 39 (2), 498–516.
- Baldari, C. – Bonavolontà, V. – Emerenziani, G.P. – Gallotta, M.C. – Silva, A.J. – Guidetti, L. 2009. Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. *European Journal of Applied Physiology* 107 (1), 105-111.
- Bangsbo, J. – Michalsik, L. – Petersen, A. 1993. Accumulated O<sub>2</sub> deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International Journal of Sports Medicine* 14, 207-213.
- Bigland-Ritchie, B. – Cafarelli, E. – Vollestad, N.K. 1986. Fatigue of submaximal static contraction. *Actuell Physiology of Scandinavia* 128.
- Bogdanis, G. – Nevill, M. – Lakomy, H. – Graham, C. – Louis, G. 1996. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology* 74, 461-469.
- Bond, V. – Adams, R. – Tearney, R. – Gresham, K. – Ruff, W. 1991. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *The Journal of Sports Medicine and Physical fitness* 31 (3), 357-361.

- Brooks, G.A. – Fahey, T.D. 1985. Exercise Physiology: Human bioenergetics and its applications. New York: Macmillan Publishing Company.
- Callister, R. – Staron, R.S. – Fleck, S.J. – Tesch, P. – Dudley, G.A. 1991. Physiological characteristics of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine* 12 (2):196-203.
- Cipriano, N.1993. Technical-tactical analysis of free-style wrestling. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 7 (3):133-140.
- Corder, K. – Potteiger, J. – Nau, K. – Figoni, S. – Hershberger, S. 2000. Effects of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion, and performance during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 14(2), 151-156.
- Coyle E. 1995. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Volume 23(1), 25-64.
- Coyle E. 1999. Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of Science Medicine of Sport* 2(3), 181-189.
- Degouette, F – Jouanel, P – Filaire E. 2003. Energy demands during a judo match and recovery. *British Journal of Sports Medicine* 37, 245-249.
- Edwards, R.H.T 1983. Biomechanical bases of fatigue in exercise performance: Catastrophe theory of muscular fatigue. Teoksessa Knuttegen, H.G. – Vogel, H.G. – Poortmans, J. *Biochemistry of exercise*, International Series of Sports Science. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 3-28.

- Enoka, R.M. – Stuart, D.G. 1992. Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology* 72 (5), 1631-1648.
- Firstbeat Technologies 2010. Työn fyysinen kuormitus. Mitä RMSSD tarkoittaa. Osoitteessa <http://www.firstbeat.fi/index.php?page=13&category=16>. Luettu 2.5.2010
- Fogelholm, M. 2007. Energiankulutus ja -tarve. Teoksessa Borg P., Fogelholm M., Hiilloskorpi H., (toim.) Liikkujan ravitsemus - teoriasta käytäntöön. Helsinki: Edita Prima Oy, 16–33.
- Fox, E. – Robinson, S. – Wiegman, D. 1979. Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology* 27 (2), 174-178.
- Garet, M. – Boudet, G. – Montaurier, C. – Vermorel, M. – Coudert, J. - Chamoux, A. 2005. Estimating relative physical workload using heart rate monitoring: a validation by whole-body indirect calorimetry. *European Journal of Applied Physiology* 94(1-2):46–53
- Gibson, H. – Edwards, R.H.T. 1985. Muscular exercise and fatigue. *Sports Medicine* 2: 120 – 132.
- Graham, T.E. – Rush, J.W.E. – Maclean, D.A. 1995. Skeletal muscle amino acid metabolism and ammonia production during exercise. – Teoksessa *Exercise Metabolism* (toim. Hargreaves, M.). Champaign: Human Kinetics Publishers, 131-175.
- Green, H.J. 1995 Metabolic determinants of activity induced muscular fatigue. – Teoksessa *Exercise Metabolism* (toim. Hargreaves, M.). Champaign: Human Kinetics Publishers, 211-256.

- Guyton, A. C. - Hall, J. E. 1996. Textbook of medical physiology, W.B. USA: Saunders Company.
- Hawley, J.A. – Burke, L.M. 1998. Peak Performance: Training and Nutrition Strategies for Sport. Sydney: Allen & Unwind.
- Hargreaves, M. – Hawley J. 2003. Physiological Bases of Sports Performance. Sydney: McGraw-Hill Australia Pty Ltd.
- Heinonen, R. 2007. Sykevälivaihteluanalyysin soveltuvuus rentoutumisen ja työn kuormittavuuden arviointiin. Pro-gradu tutkielma, Jyväskylän Yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Hiilloskorpi, H. – Fogelholm, M. – Laukkanen, R. – Pasanen, M. – Oja, P. - Mänttari, A. – Natri, A., 1999. Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. International Journal Sports Medicine 20, 438-443.
- Hirsjärvi, S. – Remes, P. –Sajavaara, P. 2005. Tutki ja kirjoita. Helsinki, Tammi.
- Hirvonen, J – Nummela, A. – Rusko, H – Rehunen, S. – Härkönen, M. 1992. Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400- m sprint. Canadian Journal of Applied Sport Sciences 17, 141–144.
- Hoffman, J.R. – Epstein, S. – Einbinder, M. – Weinstein, Y. 1999. The Influence of Aerobic Capacity on Anaerobic Performance and Recovery Indices in Basketball Players. Journal of Strength and Conditioning Research 13(4), 407-411.
- Hopkins, W.G. 1991. Quantification of Training in Competitive Sports. Methods and Applications. Sports Medicine 12 (3), 161 – 183.

- Horswill, C.A., Miller J.E., Scott J.R., Smith C.M., Welk G., Van Handel P. 1992. Anaerobic and aerobic power in arms and legs of elite senior wrestlers. *International Journal of Sport Medicine*. 13 (8), 558-561
- Häkkinen, K. 1993. Neuromuscular Fatigue and Recovery in Male and Female Athletes During Strenuous Heavy Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine* 14 (2), 53 - 59.
- Ilander, O. 2006. Energia: Aineenvaihdunta, kulutus ja tarve. Teoksessa Ilander O., Borg P., Laaksonen M., Mursu J., Ray C., Pethman K., Marniemi A., (toim.) Liikuntaravitsemus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 35-58.
- Jämsen, S. 2004. Kahden erilaisen muuttuvan vastuksen periaatteella toimivan voimaharjoittelulaitteen väliset erot nopeusvoimaväsytyksessä: Akuutit vaikutukset miehillä ja naisilla. Biomekaniikan Pro gradu-tutkielma, Jyväskylän Yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Kaneko, M. – Iwata, M. – Tomioka, S. 1978. Studies on the Oxygen Uptake and Heart Rate During Judo Practice. *Bulletin of the Association for the Scientific Studies on Judo, Kodokan* (5), 19-30.
- Knuttegen, H. 2000. Basic exercise physiology. *Nutrition in Sport*. Oxford: Blackwell Science.
- Lamonte, M.J. – Ainsworth, B.E. 2001. Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(6), 370-378.
- Latash, M.L. 2008. *Neurophysiological Basis of Movement*, Second edition. Urbana, Illinois: Human Kinetics.

- Little, N.G. 1991. Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior, and senior men judokas. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 31(4), 510-520.
- MacDougall, J.D. – Wenger, H.A. – Green, H.J. 1992. Physiological testing of the high-performance athlete, 2. painos. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Matsumoto, Y. – Shinkichi, O. – Furuta, Y. – Ogata, T. 1978. Studies in the Training of Judoist, Investigation in the Effect of Training General Endurance. *Bulletin of the Association for the Scientific Studies on Judo, Kodokan* (5), 7-17.
- McArdle, W.D. – Katch, F.I. – Katch, V.L. 1996. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance, Fourth edition. USA: Williams & Williams.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. 2001. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins.
- McLellan, T. – Skinner, J. 1982. Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 3 (4), 224-229.
- Medbo, J.I. – Mohn, A.C. – Tabata, I. – Bahr, R. – Vaage, O. – Sejersted, O.M. 1988. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of Applied Physiology* 64, 50-60.
- Medbo J. – Tabata I. 1989. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology* 67 (5), 1881-1886.

- Mero, A. – Nummela, A. – Keskinen, K. 1997. Nykyaikainen urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Metsämuuronen, J. 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Gummerus, Jyväskylä.
- Mickiewicz, G. – Starczewska, J. – Borkowski, L. 1987. Physiological characteristics of Polish national team judoist in 1981-1987. Department of Physiology. Warsaw, Poland: Institute of Sport.
- National Coaching Certification Programme (NCCP) 1990. Level III: Judo technical manual. Gloucester, Ontario: Judo Canada.
- Nienstedt, W. – Hänninen, O. 1987. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY.
- Nummela A. – Ekblom T. – Finni J. – Jouste P. – Kemppainen J. – Mikkola J. – Vääntinen S. 2008. Intervalliharjoittelun kuormitusseuranta. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus.
- O'Connor, P.J. – Morgan, W.P. – Raglin, J.S. 1991. Psychobiological effects of 3 d of increased training in female and male swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23, 1055-1061.
- Patterson, R. – Pearson, J. – Fisher, S. 1985. Work-rest periods: Their effects on normal physiologic response to isometric and dynamic work. *Arch Physiological Medicine Rehabilitation* 66, 348-352.
- Pierpont, G. - Stolpman, D. - Gornick, C. 2000. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *Journal of the autonomic nervous system* 80, 169 – 174.
- Pollari, H. 2005. Yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset kestävyys suorituskykyyn ja hermo-lihasjärjestelmän voima-



ominaisuuksiin nuorilla kestävyysjuoksijoilla. Valmennuksen ja testauksen Pro-gradu tutkielma, Jyväskylän Yliopisto, Liikunta-biologian laitos.

Pulkkinen, W.J. 2001. The Sport Science of Elite Judo Athletes. A Review & Application for Training. Guelph, Ontario: Pulkinetics.

Rusko, H. 1989. Fysiologian ja energianmuodostuksen perusteet. Teoksessa Suomalainen Valmennusoppi. Harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 11.

Rusko, H. 2003. Cross country skiing. USA, Massachusetts: Blackwell Science.

Sahlin, K 1986. Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Actuell Physiology of Scandinavia* 128 (556), 83-91.

Sahlin, K. – Edström, L – Sjöholm, H – Hultman, E 1981. Effects of lactic acid accumulation and ATP decrease on muscle tension and relaxation. *American Journal of Physiology* 240 (3), 121-126.

Sahlin, K. – Söderlund, K. – Tonkonogi, M. – Hirakoba, K. 1997. Phospho-creatine content in single fibers of human muscle after sustained submaximal exercise. *American Journal of Physiology* 273, C172-178.

Sharp, N.C. – Koutedakis, Y. 1987. Anaerobic power and capacity measurements of upper body in elite judo players, gymnasts and rowers. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 19 (3), 9-13.

Sharp, R.L. – Costill, D.L. – Fink, W.J. – King, D.S. 1986. Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sport Medicine* 7, 13-17.

- Sikorski, W. – Mickiewicz, b. – Maole, B. – Laska, C. 1987. Structure of the contest and work capacity of the judoist. International Congress on Judo Contemporary Problems of Training and Judo Contest 1987. Polish Judo Association. Warsaw, Poland: Institute of Sport.
- Sterkowicz, S. – Zuchowicz, A. – Kubica, R. 1999. Levels of Anaerobic and aerobic Capacity Indices and Results for the Special Fitness Test in Judo Competitors. *Journal of Human Kinetics*, Volume 2, 115-135.
- Sukanen, P. 2004. Erialaisten tehoharjoitusten akuutti vaikutus sykevaihteluun kestävyysurheilijoilla. Liikuntafysiologian Pro Gradu –tutkielma, Jyväskylän Yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Swain, D.P. – Leutholtz, B.C. 1997. Heart rate reserve is equivalent to % VO<sub>2</sub>Reserve, not to % VO<sub>2</sub>max. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (3), 410-414.
- Swain, D.P. – Leutholtz, B.C. – King, M.E. – Haas, L.A. – Branch, J.D. 1998. Relationship between % heart rate reserve and % VO<sub>2</sub>Reserve in treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (2), 318-324.
- Takahashi, R. 1992. Power training for judo: plyometric training with medicine balls. *National Strength and Conditioning Association Journal* 14(1), 29-32.
- Taylor, A.W. – Brassard, L. 1981. A physiological profile of the Canadian judo team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 21, 160-164.

- Therminarias, A. 1990. Effects of age on heart rate response during a strenuous match of tennis. *Journal of Sports Medicine and Physical fitness* 30(4), 389-396.
- Thomas, S. – Cox, M.H. – Legal, Y.M. – Smith, H.K. – Verde, T.J 1989. Physiological profiles of the Canadian national judo team. *Canadian Journal of Sport Science* 14(3), 142-147.
- Tiihonen, K. 2003. Hermo-lihasjärjestelmän väsyminen submaksimaalisissa lyhytkestoisissa nopeuskestävyys harjoituksissa 400 metrin juoksijoilla. Valmennus- ja testausopin Pro-gradu tutkielma, Jyväskylän Yliopisto, Liikuntabiologian laitos.
- Uusitalo, A.L. 2001. Overtraining. *The Physician and Sportsmedicine*, 29(5), 35-45.
- Viitasalo, J. 1989. Hermo-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Kantola, H. (toim.). *Suomalainen valmennusoppi. Harjoittelu*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 40-41.
- Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Vuori, I. – Taimela, S. 1999. *Liikuntalääketiede*. Duodecim. Vammalan kirjapaino.
- Westerblad, H. – Lee, J.A. – Lännergren, J. – Allen, D.G. 1991. Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *American Journal of Physiology* 261, 195-209.
- Wilmore, J.H. – Costill, D.L. – Kenney W.L. 2008. *Physiology of Sport and Exercise*, Fourth edition. Champaign: Human Kinetics.

Åstrand, P. – Rodhal, K. 1986. Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise. New York: McGraw Hill Book Company.

## LIITTEET

### LIITE 1

#### Lapinlahti Judo Camp MM-harjoitusleirin ohjelma

##### Keskiviikko 15.7.2009

18.00-20.00 Kevyt harjoitus, tekniikkaa ja randoria Tehot 1-2

##### Torstai 16.7.2009

10.00-11.15 Valmistava ne-waza harjoitus, tehot 2-3

17.00-18.15 Pääharjoitus 1, teho 5

Lämmittely 10´

Uchi-komi 5´

Lämmittelyrandori 3´

2 x (3x2´/2´/12´) (randori 105´´+ 15´´ heittomyllly)

Jäähdyttely

1. Laktaattimittaus I 3x2´/2´ jälkeen
2. Laktaattimittaus II 3x2´/2´ jälkeen
3. Laktaattimittaus III 10´ jäähdyttelyn jälkeen

##### Perjantai 17.7.2009

10.00-11.00 Palauttava jumppa/tekniikka, tehot 1-2

##### Lauantai 18.7.2009

10.00-11.15 Valmistava harjoitus, tehot 2-3

17.00-18.15 Pääharjoitus 2, teho 5

Lämmittely 15´

Lämmittelyrandori 5´/5-10´

4 x 4´ randori + 30´´- 60´´ heitot / 12´

Jäähdyttely

1. Laktaattimittaus I 4´ randori + 30´´- 60´´ heitot jälkeen
2. Laktaattimittaus II 4´ randori + 30´´- 60´´ heitot jälkeen
3. Laktaattimittaus III 4´ randori + 30´´- 60´´ heitot jälkeen
4. Laktaattimittaus IV 10´ jäähdyttelyn jälkeen

##### Sunnuntai 19.7.2009

10.00-11.00 Palauttava jumppa/tekniikka, tehot 1-2

**LIITE 2****Esitieto- ja lupalomake (YAMK opinnäytetyö, Petteri Pohja)**

Kaikki antamasi tiedot ovat luottamuksellisia ja jäävät vain tämän tutkimuksen tutkijoiden tietoon. Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Lopputuloksia julkaistaessa tutkimukseen osallistuneiden nimiä ei julkisteta. Yhteenveto tuloksista tulee julkiseksi.

**Henkilötietojasi koskevat kysymykset**

1. Nimi: \_\_\_\_\_

2. Sukupuoli: [ ] Nainen [ ] Mies

3. Ikä: \_\_\_\_\_ vuotta. Syntymäaika: \_\_\_\_\_

4. Painoluokka: \_\_\_\_\_ kg

5. Pituus ja paino (harjoituskaudella): \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ kg

6. Urheilumenestys:	Olympialaiset/MM-kisat	1.-5. [ ]	7.-9. [ ]
	EM-kisat	1.-5. [ ]	7.-9. [ ]
	Grand Slam / A-turn.	1.-5. [ ]	7.-9. [ ]
	World-cup / B-turn.	1.-5. [ ]	7.-9. [ ]
	PM-kisat	1.-3. [ ]	
	SM-kisat	1.-3. [ ]	
	FJO / SWOP	1.-3. [ ]	

7. Urheilullinen tavoitteeni: \_\_\_\_\_ Sijoitus \_\_\_\_\_

8. Harjoitteluvuodet (ohjelmoitu): \_\_\_\_\_ vuotta

9. Harrastanut judoa: \_\_\_\_\_ vuotta

10. Harjoitusmäärät (kerta):	PK-kausi	_____
	LAJI-kausi	_____
	KV-kausi	_____
	K-kausi	_____

11. Henkilökohtainen valmentaja: On [ ] Ei [ ]

12. Suostun luovuttamaan Suomen Judoliiton pitämien kuntotestien tulokset tutkimuksen käyttöön: Kyllä [ ] En [ ]

13. Suostun vapaaehtoisesti minulle laadittuihin testeihin: Kyllä [ ] En [ ]

Aika ja paikka: \_\_\_\_\_

Allekirjoitus: \_\_\_\_\_

### LIITE 3

### MM-valmistautumisleirin syketietomittausten tulokset, Lapinlahti 15.-19.7.2009

LAPINLAHTI JUDOCAMP	TAPAU S MIES A		TAPAU S MIES B		TAPAU S NAINEN A		TAPAU S NAINEN C		TAPAU S NAINEN D		TAPAU S KESK IARVO & KESK IHAIJONTA		
<b>TAUSTATIEDOT</b>													
IKÄ	25		26		24		21		26		24		2,07
PITUUS (cm)	165		164		168		171		164		166		3,05
PAINO (kg)	70		65		65		72		56		66		6,19
PAINOINDEKSI (BMI)	25,7		24,2		23		24,6		20,8		24		1,87
LEPOSYKE (krt/min)	38		37		37		35		37		37		1,10
MAKSIMISYKE (krt/min)	180		198		194		196		179		189		9,15
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>													
MITTAUSJAKSON PITUUS	88:19:21		88:07:16		73:40:22		89:36:59		88:10:33		85:34:59		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	17:56:08-10:15:29		17:59:36-10:06:52		09:56:34-13:38:51		18:01:47-11:38:46		17:56:52-10:07:25		17:56:08-13:38:51		
MATALIN SYKETASO	38		37		37		35		37		37		1,10
KORKEIN SYKETASO	172		187		178		184		176		179		6,07
KESKISYKE (krt/min)	63		60		68		70		64		65		4,00
VO2max (ml/kg/min)	58		58		49				50		54		4,92
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESK IARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESK IARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESK IARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESK IARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESK IARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESK IARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELUVÄLI</b>	
SYKE % maksimista	35 %	21 % - 96 %	30 %	19 % - 94 %	35 %	19 % - 92 %	36 %	18 % - 94 %	36 %	21 % - 98 %	34 %	18 % - 98 %	2,51
%HRR	18 %	0 % - 95 %	14 %	0 % - 93 %	19 %	0 % - 90 %	22 %	0 % - 92 %	19 %	0 % - 98 %	18 %	0 % - 98 %	2,88
VO2 (ml/kg/min)	5	2 - 45,7	4,1	2 - 45,7	5,4	2 - 36,3	5,2	2 - 37,3	4,6	2 - 41,1	4,9	2 - 45,7	0,52
%VO2max	10 %	4 % - 88 %	8 %	4 % - 87 %	12 %	5 % - 84 %	12 %	5 % - 86 %	10 %	5 % - 93 %	10 %	4 % - 93 %	1,67
MET	1,4	0,6 - 13	1,2	0,6 - 13,1	1,5	0,6 - 10,4	1,5	0,6 - 10,7	1,3	0,6 - 11,7	1,4	0,6 - 13,1	0,13
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	2	1 - 16	1	1 - 15	2	1 - 11	2	1 - 13	1	1 - 11	2	1 - 16	0,55
VENTILAATIO (l/min)	8	3 - 91	6	3 - 94	9	3 - 72	9	3 - 83	7	3 - 75	8	3 - 94	1,30
HENGITYSTIHEYS (krt/min)	13	6 - 42	12	6 - 46	17	6 - 42	16	6 - 45	14	6 - 39	14	6 - 46	2,07
RMSSD	72	0 - 272	74	0 - 236	61	0 - 260	75	0 - 269	72	0 - 275	71	0 - 275	5,63
	<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KESK IARVO</b>		
ENERGIANKULUTUS (kcal)	8815		6846		7373		9691		6540		7853		1348
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAISA IKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISA IKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISA IKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISA IKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISA IKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISA IKA KA</b>	<b>KA PROSENTEINA</b>	
0-30% VO2max	83h 36min	95 %	85h 2min	96 %	69h 7min	94 %	83h	93 %	84h 44min	96 %	81h 65,8min	95 %	1,30
31-50% VO2max Peruskestävyy s	1h 58min	2 %	1h 27min	2 %	2h 22min	3 %	2h 5min	2 %	1h 56min	2 %	1h 57min	2 %	0,45
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	1h 46min	2 %	56 min	1 %	1h 37min	2 %	3h 4min	3 %	50min	1 %	1h 39min	2 %	0,84
76-100% VO2max Maksimikestävyys	1h	1 %	43 min	1 %	34min	1 %	1h 28min	2 %	40 min	1 %	53min	1 %	0,45
YHTEENSÄ	4h 44min		3h 5min		4h 34min		6h 37min		3h 26min		4h 28min		
Mittausvirhe %	8 %		5 %		40 %		19 %		33 %				

# LIITE 4

## Judon Finnish Openin sykätietomittausten tulokset, Vantaa 7.-8.11.2009

JFO	TAPAUS MIES A		TAPAUS MIES C		TAPAUS MIES D		TAPAUS MIES E		TAPAUS NAINEN A		TAPAUS NAINEN B		TAPAUS NAINEN F		TAPAUS KESKIARVO & KESKIHAJONTA	
<b>TAUSTATIEDOT</b>																
IKÄ	25		21		21		19		25		22		22		22	2,19
PITUUS (cm)	165		170		175		170		168		162		155		166	6,50
PAINO (kg)	66		66		73		73		63		57		52		64	7,78
PAINOINDEKSI (BMI)	24,2		22,8		23,8		25,3		22,3		21,7		21,6		23,1	1,38
LEPOSYKE (krt/min)	38		45		60		40		37		60		60		49	10,98
MAKSIMISYKE (krt/min)	180		196		196		198		194		196		197		194	6,23
<b>MITTAUSIAKSON TIEDOT</b>																
MITTAUSIAKSON PITUUS	08:22:04		04:49:21		04:15:19		05:50:32		06:46:37		09:19:22		02:31:42		6:12:14	
MITTAUSIAKSON AIKAVÄLI	07:45:34-16:07:38		08:30:20-13:29:41		08:13:52-12:29:11		07:12:23-13:02:55		08:09:07-14:55:44		07:22:43-16:42:05		08:03:20-10:35:02		07:22:43 - 16:42:05	
MATALIN SYKETASO	54		99		65		72		66		67		112		76	20,92
KORKEIN SYKETASO	170		193		187		190		181		183		197		186	8,91
KESKISYKE (krt/min)	110		132		108		125		109		107		133		118	11,80
VO2max (ml/kg/min)	58		61		61		60		49		51		51		56	5,30
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELUVÄLI</b>
SYKE % maksimista	61 %	30 % - 95 %	68 %	50 % - 98 %	55 %	33 % - 95 %	63 %	36 % - 96 %	56 %	34 % - 93 %	54 %	34 % - 93 %	67 %	57 % - 100 %	60,6 %	34 % - 100 %
%HRR	51 %	11 % - 93 %	58 %	36 % - 98 %	35 %	4 % - 94 %	54 %	20 % - 95 %	46 %	19 % - 92 %	34 %	5 % - 91 %	53 %	38 % - 100 %	47,3 %	5 % - 100 %
VO2 (ml/kg/min)	14,2	2,3 - 45,3	18,4	5,4 - 52,3	13,4	2,2 - 48,6	15,6	3 - 48,8	11,2	2 - 37,2	10,9	2,2 - 39	18,1	2,5 - 45,1	14,5	2,0 - 45,1
%VO2max	27 %	4 % - 85 %	33 %	10 % - 94 %	24 %	4 % - 89 %	29 %	5 % - 86 %	26 %	5 % - 87 %	24 %	5 % - 87 %	40 %	6 % - 100 %	29,0 %	5,0 % - 100 %
MET	4	0,7 - 12,9	5,3	1,5 - 14,9	3,8	0,6 - 13,9	4,5	0,9 - 14	3,2	0,6 - 10,6	3,1	0,6 - 11,2	5,2	0,7 - 12,9	4,2	0,6 - 12,9
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	5	1 - 15	6	2 - 17	5	1 - 18	6	1 - 18	3	1 - 11	3	1 - 11	5	1 - 12	5	1 - 12
VENTILAATIO (l/min)	23	3 - 83	35	7 - 108	24	5 - 108	28	6 - 107	20	3 - 77	15	3 - 66	24	3 - 76	24	3 - 76
HENGITYSTIHEYYS (krt/min)	20	8 - 39	25	15 - 48	20	10 - 47	22	12 - 49	21	10 - 44	19	12 - 39	22	8 - 37	21	8 - 44
RMSSD	13	3 - 86	7	2 - 32	17	2 - 62	6	2 - 32	21	3 - 84	16	0 - 82	3	0 - 42	12	0 - 84
	<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KESKIARVO</b>	
ENERGIANKULUTUS (kcal)	2263		1768		1217		1935		1380		1681		699		1563,3	513,81
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAISAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTEINA</b>
0-30% VO2max	6h 6min	73 %	3h 20 min	67 %	3h 12min	75 %	4h 6min	70 %	5h 1min	74 %	7h 8min	76 %	1h 7min	44 %	8h 15min	68,4 %
31-50% VO2max Peruskestävyys	58min	12 %	24min	8 %	21min	8 %	47min	13 %	35min	9 %	56min	10 %	31min	35min	39min	11,4 %
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	41min	8 %	23min	8 %	26min	10 %	21min	6 %	46min	11 %	44min	8 %	23min	15 %	32min	9,4 %
76-100% VO2max Maksimikestävyys	37min	7 %	52min	18 %	16min	6 %	35min	10 %	25min	6 %	32min	6 %	30min	20 %	32min	10,4 %
YHTEENSÄ	2h 16min		1h 40min		1h 3min		1h 44min		1h 46min		2h 12min		1h 24min		1h 44min	
Mittausvirhe %	2 %		10 %		2 %		1 %		4 %		13 %					



# LIITE 5

## Pääharjoitus 1 syketytomittausten tulokset, Lapinlahti 16.7.2009

PÄÄHARJOITUS 1	TAPAU S MIES A		TAPAU S MIES B		TAPAU S NAINEN A		TAPAU S NAINEN C		TAPAU S NAINEN D		TAPAU S NAINEN E		TAPAU S KESKIA RVO & KESKIHAJONTA	
<b>TAUSTATIEDOT</b>														
IKÄ	25		26		24		21		26		18		23	3,20
PITUUS (cm)	165		164		168		171		164		160		165	3,78
PAINO (kg)	70		65		65		72		56		59		65	6,16
PAINOINDEKSI (BMI)	25,7		24,2		23		24,6		20,8		23		23,6	1,69
LEPOSYKE (krt/min)	38		37		37		35		37		41		38	1,97
MAKSIMISYKE (krt/min)	180		198		194		196		179		198		191	8,91
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>														
MITTAUSJAKSON PITUUS	1:45:00		1:45:00		1:45:00		1:45:00		1:45:00		1:45:00		1:45:00	
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	16:45-18:30		16:45-18:30		16:45-18:30		16:45-18:30		16:45-18:30		16:45-18:30		16:45-18:30	
MATALIN SYKETASO	77		60		71		67		77		57		68	8,45
KORKEIN SYKETASO	172		187		178		179		176		185		180	5,61
KESKISYKE (krt/min)	125		120		123		124		120		112		121	4,72
VO2max (ml/kg/min)	58		58		49		49		50		51		53	4,32
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>														
	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO	VAIHTELUVÄLI	KESKIA RVO KA	KOKONAISVAIHTELUVÄLI
SYKE % maksimista	70 %	43 % - 96 %	60 %	30 % - 94 %	63 %	37 % - 92 %	63 %	34 % - 92 %	67 %	43 % - 98 %	57 %	31 % - 94 %	63 %	30 % - 98 %
%HRR	62 %	27 % - 95 %	51 %	15 % - 93 %	54 %	22 % - 90 %	55 %	20 % - 90 %	58 %	28 % - 98 %	45 %	14 % - 92 %	54 %	14 % - 98 %
VO2 (ml/kg/min)	21,5	4,2 - 45,5	16,7	2 - 45,7	15,8	3,4 - 36,4	16,1	2,1 - 36	16,4	4,2 - 41,1	13,2	2 - 39,1	17	2 - 45,7
%VO2max	41 %	8 % - 88 %	32 %	4 % - 87 %	36 %	8 % - 84 %	37 %	5 % - 83 %	37 %	9 % - 93 %	29 %	4 % - 86 %	35 %	4 % - 93 %
MET	6,1	1,2 - 13	4,6	0,6 - 13	4,5	1 - 10,4	4,6	0,6 - 10,3	4,7	1,2 - 11,7	3,8	0,6 - 11,2	4,7	0,6 - 13
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	7	1 - 16	5	1 - 15	5	1 - 12	6	1 - 13	5	1 - 12	4	1 - 11	5	1 - 16
VENTILAATIO (l/min)	37	4 - 88	30	4 - 92	27	3 - 74	30	3 - 75	26	3 - 75	19	3 - 65	28	3 - 92
HENGITYSTIHEY S (krt/min)	24	12 - 40	24	10 - 45	25	13 - 43	25	12 - 42	23	12 - 40	22	10 - 43	24	10 - 45
RMSSD	9	3 - 36	21	3 - 151	12	3 - 47	18	3 - 110	17	4 - 66	26	3 - 113	17	3 - 151
	KOKO JAKSO		KOKO JAKSO		KOKO JAKSO		KOKO JAKSO		KOKO JAKSO		KOKO JAKSO		KOKO JAKSO	KESKIA RVO
ENERGIANKULUTUS (kcal)	774		561		527		512		474		401		541,5	126,34
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>														
	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA	PROSENTEINA	KOKONAISA IKA KA	KA PROSENTEINA
0-30% VO2max	53min	51 %	1h 9min	66 %	1h 1min	58 %	51min	57 %	1h	57 %	1h 11min	68 %	61min	59,50 %
31-50% VO2max Peruskestävyys	11min	10 %	7min	6 %	9min	9 %	5min	6 %	10min	10 %	9min	9 %	9min	8,30 %
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	14min	14 %	13min	12 %	16min	16 %	18min	20 %	12min	11 %	12min	11 %	14min	14,00 %
76-100% VO2max Maksimikestävyys	27min	26 %	16min	15 %	18min	18 %	16min	18 %	23min	22 %	13min	12 %	19min	18,50 %
YHTEENSÄ	52min		36min		44min		39min		45min		34min		42min	
Mittausvirhe %	12 %		12 %		9 %		4 %		11 %		6 %			

# LIITE 6

## Pääharjoitus 2 sykietomittausten tulokset, Lapinlahti 18.7.2009

PÄÄHARJOITUS 2	TAPAU S MIES A		TAPAU S MIES B		TAPAU S NAINEN A		TAPAU S NAINEN C		TAPAU S NAINEN D		TAPAU S KESKIARVO & KESKIHAJONTA		
<b>TAUSTATIEDOT</b>													
IKÄ	25		26		24		21		26		24	2,07	
PITUUS (cm)	165		164		168		171		164		166	3,05	
PAINO (kg)	70		65		65		72		56		66	6,19	
PAINOINDEKSI (BMI)	25,7		24,2		23		24,6		20,8		23,7	1,87	
LEPOSYKE (krt/min)	38		37		37		35		37		37	1,10	
MAKSIMISYKE (krt/min)	180		198		194		196		179		189	9,15	
<b>MITTAUSJAKSON TIEDOT</b>													
MITTAUSJAKSON PITUUS	1:45:00		2:00:00		2:00:00		1:45:00		2:00:00		1:54:00		
MITTAUSJAKSON AIKAVÄLI	16:45-18:30		16:45-18:45		16:45-18:45		16:45-18:30		16:45-18:45		16:45-18:45		
MATALIN SYKETASO	80		57		68		58		81		68,8	11,52	
KORKEIN SYKETASO	171		186		173		184		170		176,8	7,60	
KESKISYKE (krt/min)	122		117		111		132		115		119,4	8,08	
VO2max (ml/kg/min)	58		58		49		49		50		52,8	4,76	
<b>FYYSISEN KUORMITUKSEN TUNNUSLUVUT</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO</b>	<b>VAIHTELUVÄLI</b>	<b>KESKIARVO KA</b>	<b>KOKONAISVAIHTELUVÄLI</b>	
SYKE % maksimista	68 %	45 % - 95 %	59 %	29 % - 94 %	57 %	35 % - 89 %	67 %	29 % - 94 %	65 %	45 % - 95 %	63 %	29 % - 95 %	4,92
%HRR	59 %	30 % - 94 %	49 %	13 % - 93 %	47 %	20 % - 86 %	60 %	14 % - 92 %	55 %	31 % - 94 %	54 %	13 % - 94 %	5,83
VO2 (ml/kg/min)	19,9	3,9 - 45,1	16	2,2 - 45,7	12,5	2 - 35	18,7	2,6 - 37,3	15	4,2 - 38,5	16,4	2,0 - 45,7	2,95
%VO2max	38 %	8 % - 87 %	30 %	4 % - 87 %	29 %	5 % - 81 %	43 %	6 % - 86 %	34 %	10 % - 87 %	35 %	4 % - 87 %	5,81
MET	5,7	1,1 - 12,9	4,6	0,6 - 13,1	3,6	0,6 - 10	5,3	0,8 - 10,7	4,3	1,2 - 11	4,7	0,6 - 13,1	0,83
ENERGIANKULUTUS (kcal/min)	7	1 - 16	5	1 - 15	4	1 - 11	7	1 - 13	4	1 - 11	5	1 - 16	1,52
VENTILAATIO (l/min)	34	3 - 90	25	4 - 87	21	3 - 68	34	3 - 81	23	4 - 69	27	3 - 90	6,19
HENGITYSTIHEYYS (krt/min)	24	12 - 41	21	10 - 44	22	11 - 42	27	10 - 44	21	12 - 38	23	10 - 44	2,55
RMSSD	10	4 - 54	22	3 - 143	17	2 - 77	14	2 - 141	17	4 - 45	16	2 - 143	4,42
	<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		<b>KOKO JAKSO</b>		
ENERGIANKULUTUS (kcal)	715		610		478		693		492		597,6		110,11
<b>FYYSISEN AKTIIVISUUDEN INTENSITEETTITASOT</b>	<b>KOKONAI SAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAI SAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAI SAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAI SAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAI SAIKA</b>	<b>PROSENTEINA</b>	<b>KOKONAI SAIKA KA</b>	<b>KA PROSENTEINA</b>	
0-30% VO2max	57min	54 %	1h 21min	68 %	1h 19min	66 %	45min	43 %	1h 14min	62 %	1h 7min	58,6 %	10,24
31-50% VO2max Peruskestävyys	11min	11 %	9min	7 %	22min	19 %	13min	13 %	16min	14 %	14min	12,8 %	4,38
51-75% VO2max Vauhtikestävyys	17min	16 %	12min	10 %	7min	6 %	22min	21 %	12min	10 %	14min	12,6 %	5,9
76-100% VO2max Maksimikestävyys	20min	19 %	18min	15 %	11min	10 %	25min	24 %	18min	15 %	18min	16,6 %	5,22
YHTEENSÄ	48min		39min		40min		60min		46min		47min		
Mittausvirhe %	20 %		20 %		23 %		4 %		8 %				

# LIITE 7

## Esikevennyshyppyjen tulokset, Lapinlahti 15.-19.7.2009

TAPAUS	KESKIVIikko 15.7.									TORSTAI 16.7.									TORSTAI 16.7.								
	Testi 1			Testi 2			Testi 3			Testi 1			Testi 2			Testi 3			Testi 1			Testi 2			Testi 3		
NAINEN A										32	32	30	38	31	33	33	30	36				33	32	33	34	33	34
NAINEN B	31	33	34	33	33	31	33	34	35	31	30	30	31	29	31	34	35	31				33	32	31	33	34	34
NAINEN C	23	25	25	28	25	24	26	26	26	24	23	26	23	26	27	26	29	26							23	24	27
NAINEN D	35	36	35	32	36	32	37	37	36	37	36	34	31	31	31	35	36	36	35	33	35	39	39	37	40	39	39
NAINEN E	32	58	35	37	36	35	35	34	33	31	31	32	33	32	34	37	32	35				35	33	33	37	35	32
MIES A	40	46	43	45	44	34	46	47	45	37	39	39	43	41	43	44	42	45	43	43	40	48	48	49	48	46	45
MIES B	31	32	29	33	32	33	33	33	32	28	30	31	33	32	33	33	35	33	29	32	32	36	36	38	37	37	38

TAPAUS	PERJANTAI 17.7.									LAUANTAI 18.7.									LAUANTAI 18.7.								
	Testi 1			Testi 2			Testi 3			Testi 1			Testi 2			Testi 3			Testi 1			Testi 2			Testi 3		
NAINEN A	34	31	32				32	32	32	32	31	32				36	34	35	33	31	32	34	32	32	36	38	39
NAINEN B	31	31	29				32	35	34																		
NAINEN C	22	26	25				26	26	25	24	26	27				31	27	29	24	22	24				23	27	27
NAINEN D	35	36	37				34	34	32	36	34	33				34	36	37	35	34	33	36	32	32	38	39	39
NAINEN E	30	33	35				35	36	36																		
MIES A	39	39	38				44	43	43	36	37	37				44	42	40	38	39	39	46	44	43	41	42	43
MIES B	31	33	33				29	31	30	30	30	31				33	34	34	33	33	34	34	35	34	37	36	38

TAPAUS	SUNNUNTAI 19.7.		
	Testi 1		
NAINEN A	31	29	31
NAINEN B			
NAINEN C	26	26	32
NAINEN D	36	36	35
NAINEN E			
MIES A	41	40	41
MIES B	32	32	34