

**AEROBISEN KAPASITEETIN VAIKUTUS PALAUTUMISEEN  
KAMPPAILULAJEISSA**

Netta Orava

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Syksy 2022

## TIIVISTELMÄ

Orava, N. 2022. Aerobisen kapasiteetin vaikutus palautumiseen kamppailulajeissa. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 52 s.

Kamppailulajeissa kilpailupäivänä otellaan usein useampi ottelu, jolloin korkeaintensiteettistä kuormitusta toistetaan monta kertaa. Tällaisessa toistettavassa kuormituksessa palautumisella on erittäin suuri merkitys. Aerobinen kapasiteetti vaikuttaa palautumiseen absoluuttisesta kuormituksesta, mutta suhteellisen kuormituksen kohdalla tutkimustietoa ei ole tarpeeksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko aerobisella kapasiteetilla yhteyttä suorituskyvyn ja voimantuotto-ominaisuuksien muutoksiin tai palautumiseen suhteellisesta kuormituksesta kamppailulajeissa.

Tutkimuksessa oli 20 tutkittavaa, jotka olivat kamppailulajien harrastajia ja/tai urheilijoita. Alkutesteissä selvitettiin tutkittavien maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_2\max$   $47,3 \pm 7,1$  ml/min/kg) ja sitä vastaava maksimiteho ( $P_{\max}$   $312 \pm 36$  W) polkupyöräergometrilla suoritettun suorin testin kautta. Tutkittavat jaettiin  $VO_2\max$ :n mukaan kolmeen ryhmään tulosten analysointia varten. Kuormituspäivä sisälsi kolme pyörällä suoritettua kuormitusta  $P_{\max}$ -kuormalla uupumukseen asti. Kuormitusten välillä oli 15 minuutin passiivinen palautusaika. Ennen ja jälkeen jokaista kuormitusta mitattiin voimantuottoa kevennyshypyillä ja maksimaalisella isometrisellä jalkaprässillä sekä veren laktaattipitoisuutta. Kuormituksen aikana mitattiin hapenottoa, sykettä ja suorituksen kestoa (TTE).

Kuormitukset aiheuttivat merkitseviä muutoksia suorituskyvyssä, kun kuormitusta toistettiin (esim. TTE heikkeni kuormien 1 ja 2 välillä 30,4 % koko tutkimuksen otannalla). Tämän lisäksi kuormituksen aikana voimantuotto-ominaisuuksia mittaavat muuttujat heikkenivät kaikkia ryhmiä tarkastellessa merkitsevästi. Aerobisella kapasiteetilla ei ollut yhteyttä mihinkään suorituskykyä tai palautumista mittaavaan muuttujaan. Ryhmäkohtaisessa vertailussa ei löydetty myöskään merkitseviä eroja aerobisen kapasiteetin suhteessa muihin muuttujiin.

Tämän tutkimuksen perusteella aerobisella kapasiteetilla ei ole yhteyttä suorituskyvyn muutoksiin tai palautumiseen kamppailulajeissa, kun kuormituksena on korkeaintensiteettinen aerobiseen kapasiteettiin suhteutettu toistettu kestävyyskuormitus. Kamppailulajeja simuloiva kuormitus aiheuttaa kuitenkin suuria muutoksia suorituskyvyssä ja tarvetta palautumiselle esimerkiksi ennen seuraavaa ottelua. Aerobisen kapasiteetin harjoittelua kamppailulajeissa ei voida perustella palautumiskyvyn näkökulmasta tämän tutkimuksen valossa.

Asiasanat: aerobinen kunto, korkeaintensiteettinen, lyhytaikainen palautuminen, suhteellinen kuormitus, suorituskyky

## ABSTRACT

Orava, N. 2022. The Effect of Aerobic Capacity to Recovery in Combat Sports. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Science of Sport Coaching and Fitness Testing Master's thesis, 52 p.

There is usually more than one match in a combat sports competition. This means that a high-intensity load is repeated many times. Recovery is very important in this kind of repeated loading. Aerobic capacity affects recovery when the load is absolute but there is not enough evidence about the affects when the load is relative. The aim of this study was to figure out if there is a connection between aerobic capacity and performance changes or neuromuscular strength properties in combat sports when the load is relative to aerobic capacity.

In this study there were 20 subjects that were combat sport hobbyists and/or athletes. In the preliminary tests subjects' maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$   $47,3 \pm 7,1$  ml/min/kg) and corresponding maximum power ( $P_{max}$   $312 \pm 36$  W) were measured. The subjects were divided into three groups according to their  $VO_{2max}$ . Second measurement day consisted of three cycling loads that were done with  $P_{max}$  until exhaustion. There was a 15-minute passive recovery time between loads. Strength properties were measured with countermovement jump and maximum isometric leg press and blood lactate was taken before and after every load. Oxygen consumption, heart rate and time to exhaustion (TTE) were measured during the loads.

There were significant changes in performance when the load was repeated (e.g., TTE decreased 30,4 % between loads 1 and 2 when comparing all subjects). In addition to this strength variables also decreased significantly during the loads when analysing all the subjects. There was no connection between aerobic capacity and any performance or recovery variables. In group comparison there were not any significant differences either.

According to this study aerobic capacity does not have a connection to changes in performance or recovery in combat sports when the load is a high-intensity, repeated and relative to aerobic capacity. Simulated combat sports load does leads to significant changes in performance and there is a need for recovery for example before the next match. The training of aerobic capacity cannot be justified with recovery abilities in combat sports according to this study.

Key words: aerobic fitness, high-intensity, martial arts, short-term recovery, relative load

## KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
CMJ	<i>countermovement jump</i> , kevennyshyppy
EIMD	<i>exercise-induced muscle damage</i> , harjoituksen aiheuttama lihasvaurio
HIIT	<i>high-intensity interval training</i> , korkeaintensiteettinen intervalliharjoittelu
HR	<i>heart rate</i> , syke
MVC	<i>maximal voluntary contraction</i> , maksimaalinen tahdonalainen supistus
Pmax	maksimaalista hapenottoa vastaava teho
RFD	<i>rate of force development</i> , voiman tuoton nopeus
RPE	<i>rate of perceived exertion</i> , koettu kuormittuneisuus
rpm	<i>rounds per minute</i> , poljinnopeus, kadenssi
TTE	<i>time to exhaustion</i> , aika uupumukseen
VO <sub>2</sub>	hapenkulutus
VO <sub>2</sub> max	maksimaalinen hapenottoa
MMA	<i>mixed-martial arts</i> , vapaaottelu

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 LYHYTAIKAINEN PALAUTUMINEN KORKEAINTENSITEETTISESTÄ KESTÄVYYSSUORITUKSESTA .....	3
2.1 Korkeaintensiteettinen kestävyysuoritus.....	3
2.2 Hermolihasjärjestelmän palautumisen mittarit .....	4
2.3 Laktaatin yhteys korkeaintensiteettiseen kestävyysuorituskykyyn .....	7
2.4 Suorituskyvyn muutokset .....	8
3 AEROBISEN KAPASITEETIN VAIKUTUS PALAUTUMISEEN .....	10
4 SUORITUSKYKY JA PALAUTUMINEN KAMPPAILULAJEISSA .....	12
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT .....	18
6 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	20
6.1 Tutkittavat.....	20
6.2 Tutkimusasetelma.....	21
6.3 Mittaukset .....	22
6.3.1 Alkutestit .....	22
6.3.2 Kuormituspäivä .....	25
6.3.3 Voimamittaukset.....	28
6.4 Tilastolliset menetelmät.....	30
7 TULOKSET .....	31
7.1 Suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi.....	31
7.2 Suorituskyvyn muutokset toistetuissa kuormituksissa .....	32
7.3 Palautumisajan muutokset .....	38

8 POHDINTA.....	41
8.1 Suorituskyvyn muutokset toistetuissa kuormituksissa .....	41
8.2 Palautumisajan muutokset .....	43
8.3 Tutkimuksen heikkoudet .....	44
8.4 Tutkimuksen vahvuudet .....	46
8.5 Yhteenveto.....	47
9 KÄYTÄNNÖN SOVELLUKSET ERI LAJEISSA .....	48
LÄHTEET .....	49

# 1 JOHDANTO

Kamppailulajien kirjoon kuuluu paljon erilaisia lajeja, joita yhdistää lajien sisältämä fyysinen kamppailu urheilijoiden välillä. Kamppailulajien suosion kasvaessa niitä tutkitaan jatkuvasti enemmän. Jokainen laji vaatii tietynlaisia fyysisiä ominaisuuksia, joiden ymmärtäminen on tärkeää urheilijoiden kehitykselle. Kamppailu-urheilijan suorituskyky on erittäin monipuolinen kokonaisuus, jossa kestävyysominaisuudet usein korostuvat. Kestävyysominaisuuksia voidaan mitata lajispesifeillä tavoilla, mutta myös yleisillä suorituksilla. Lajiominaisuuksien vaikutus kestävyys-suorituskykyyn on kuitenkin vielä epäselvää. Fyysisten ominaisuuksien lisäksi kamppailulajeissa tärkeitä ovat lajikohtaiset tekniset ja taktiset taidot. (Barley ym. 2019) Suorituskyvyn sekä urheilijoiden tarvitsemien ominaisuuksien ymmärtämiseksi tulee tarkastella lajien erilaisia kilpailumalleja sekä vaatimuksia.

Maksimaalinen hapenotto-kyky ( $VO_2\max$ ) kuvaa henkilön aerobista kapasiteettia eli suurinta mahdollista kykyä hyödyntää happea kuormituksen aikana. Aerobisella kapasiteetilla on todettu olevan selkeä yhteys suorituskyvyn muutoksiin ja palautumiseen toistetuissa korkeaintensiteettisissä suorituksissa. Kyky palautua kuormituksesta on erityisen tärkeää lajeissa, joissa tulee paljon toistettuja kuormituksia. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi monet joukkuelajit sekä myös kamppailulajit. Palautumiseen on todettu olevan paljon erilaisia taustatekijöitä, joilla palautumiseroja on todettu eri kuntotasoisten välillä. (McMahon & Wenger 1998, Tomlin & Wenger 2001)

Kamppailulajeissa kilpailupäivänä otteluita on usein monta, jolloin raskasta kestävyyskuormitusta toistetaan useampaan kertaan. Esimerkiksi Judossa erät kestävät neljä minuuttia ja otteluiden välinen aika on vähintään 10 minuuttia (IJF 9.3.2022). Usein kilpailupäivänä otellaan useampi ottelu, jolloin palautumisella on erittäin suuri merkitys. Urheilijat, joilla palautuminen ja esimerkiksi laktaatinpoistokyky on nopeampaa, ovat seuraavan ottelun alkaessa vähemmän väsyneitä ja saavuttavat ottelussa myös paremman suorituskyvyn. Korkeamman tason urheilijoiden on todettu väsyvän otteluiden aikana vähemmän. (Franchini ym. 2003)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako aerobinen kapasiteetti suorituskyvyn muutokseen toistettavasta suhteellisesta korkeaintensiteettisestä kuormituksesta kamppailulajien harrastajilla ja urheilijoilla. Lisäksi tavoite oli selvittää vaikuttaako aerobinen kapasiteetti voimantuotto-ominaisuuksien muutokseen kuormitusten tai kuormitusten välisten palautumisaikojen aikana. Aerobiseen kapasiteettiin suhteutettua kuormitusta on tutkittu todella vähän, joten tällaisen tutkimuksen tekeminen on erittäin tärkeää. Suhteellisen kuormituksen näkökulma tulee esille kamppailulajikilpailuissa, sillä kauemmin kilpailleet ja yleensä parempikuntoiset urheilijat kilpailevat korkeampitasoisissa sarjoissa. Tällöin kuormitus on myös riippuvainen sarjan muiden urheilijoiden tasosta, jolloin kuormitus voi kasvaa tasoittain.



## 2 LYHYTAIKAINEN PALAUTUMINEN KORKEAINTENSITEETTISESTÄ KESTÄVYYSSUORITUKSESTA

Monissa urheilulajeissa on tärkeää palautua nopeasti harjoitusten välissä, jotta harjoittelu olisi optimaalista. Lyhytaikainen palautuminen on tärkeää esimerkiksi kilpailuissa, joissa karsinnat, semifinaalit ja finaalit ovat erikseen. Optimaalinen suoritus vaatii hyvää ja nopeaa palautumista. Urheilijoilla on erilaisia tapoja palautumisen nopeuttamiselle, jotka perustuvat väsymysmekanismien ymmärtämiseen. (Al-Nawaiseh ym. 2016)

### 2.1 Korkeaintensiteettinen kestävyysuoritus

Erilaisissa tutkimuksissa sekä urheilulajeissa korkeaintensiteettinen kestävyysuoritus voi olla hyvin erilainen. Esimerkiksi Messonnierin ym. (2002) tutkimuksessa kuormituksena käytettiin erilaisia kuormia suhteutettuna tutkittavan suorassa maksimaalisessa hapenottokyvyn testissä saavuttamaan maksimitehoon (Pmax). Kuitenkin monissa tutkimuksissa puhutaan korkeaintensiteettisestä intervalliharjoituksesta (HIIT, *high-intensity interval training*), kun kuvataan toistoa sisältäviä korkeaintensiteettisiä kestävyysuorituksia. Esimerkiksi Valezuelan ym. (2018) tutkimuksessa HIIT harjoitus sisälsi 6 x 3 minuutin suorituksia maksimaalisella teholla kolmen minuutin palautuksilla. Toisaalta Al-Nawaisehin ym. (2016) tutkimuksessa kuormituksesta puhuttiin anaerobisena korkeaintensiteettisenä harjoituksena, joka sisälsi 3 x 30 sekunnin Wingaten testejä kolmen minuutin palautuksilla. Korkeaintensiteettisen kestävyysuorituksen suorituskykyä ja palautumista onkin siis tutkittu hyvin vaihtelevien tutkimusasetelmien kautta.

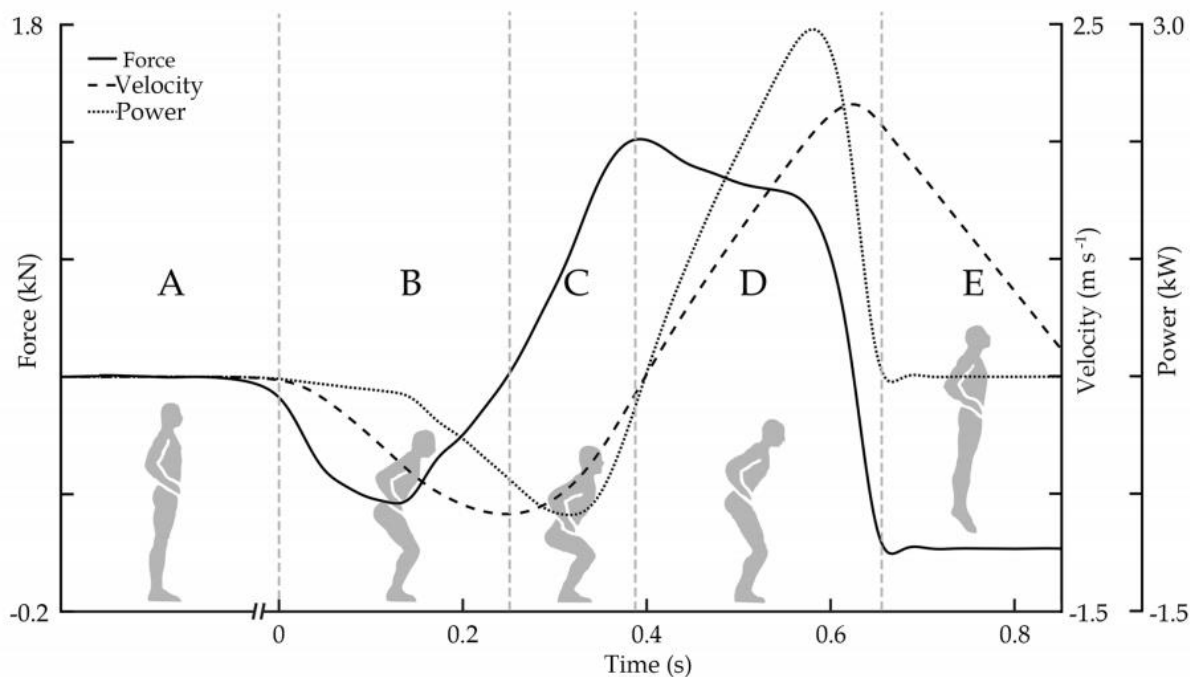
Messonnierin ym. (2002) tutkimuksessa todettiin uupumukseen kestäneen ajan (TTE, *time to exhaustion*) maksimaalista hapenottokykyä vastaavalla teholla (Pmax) olevan yhteydessä laktaatin määrään ja poistokykyyn. Aika uupumukseen Pmax:lla vaihteli tutkimuksessa 192 ja 438 sekunnin välillä ( $328 \pm 19$  s), joka tarkoittaa noin 3–7 minuutin aikaväliä. Uupumukseen kuluneella ajalla oli selkeä yhteys laktaattiarvoon viiden minuutin kuormituksen jälkeen, joka tehtiin 90 % Pmax kuormalla. (Messonnier ym. 2002)

Korkeaintensiteettisessä suorituksessa intensiteetin ylittäessä kriittisen tehon aerobinen energiantuotto ei enää pysty tuottamaan energiaksi kaikkea lihasten tarvitsemaa adenosiinitrifosfaattia (ATP). Aerobisessa energiantuotossa ATP:tä muodostetaan hapettamalla rasvasta tai hiilihydraateista. Kriittisen tehon tason jälkeen työtä joudutaan tekemään myös anaerobisesti ilman happea glykolyysin avulla. Glykolyysin kautta energiaa tuottaessa lihasten laktaatti- ja vetypitoisuudet kasvavat. Nämä lihakseen kertyvät ainekset ovat yhteydessä myös väsymyksen määrään. (Black ym. 2017)

## 2.2 Hermolihasjärjestelmän palautumisen mittarit

Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn mittaukseen käytetään usein erilaisia hyppytestejä (Souza ym. 2020). Erilaisia hyppy- ja sprinttitestejä ovat muun muassa kevennyshyppy, staattinen kyykkyhyppy, pudotushyppy ja 20 metrin sprintti, joista eniten käytetty ja toistettavin on tutkimuksissa ollut kevennyshyppy (Gathercole ym. 2015). Hyppytestien lisäksi tutkimuksissa hermolihasjärjestelmän toimintaa mitataan usein eri lihasten isometrisillä supistuksilla, joista mitataan maksimaalista tuotettua voimaa (Fiorenza ym. 2019, Harden ym. 2018).

Hermolihasjärjestelmän palautumista voidaan mitata muun muassa erilaisten hyppytestien avulla, joista yleisin on kevennyshyppy (CMJ, *countermovement jump*). Kuvassa 1 on esitetty kevennyshypyn suoritustekniikka sekä sen aikana tapahtuvat voima-, teho- ja nopeusmuutokset. Kevennyshyppyä käytetään tutkimusten lisäksi paljon valmentajien ja urheilijoiden toimesta toimivana kenttätestinä esimerkiksi harjoituskuormituksen seurannassa. Muihin mittaustapoihin nähden kevennyshypyn korkeuden mittaaminen ei vaadi paljoa eikä kalliita välineitä. Yleisin analysoitava muuttuja kevennyshypystä on hyppykorkeus, mutta tämä ei välttämättä näytä kaikkia pieniä muutoksia suorituskyvyssä. Kevennyshypystä voidaan analysoida esimerkiksi voimantuottonopeutta (RFD, *rate of force development*), jolla voidaan saada kokonaisvaltaisempaa tietoa hermolihasjärjestelmän toiminnan muutoksista. (Souza ym. 2020)



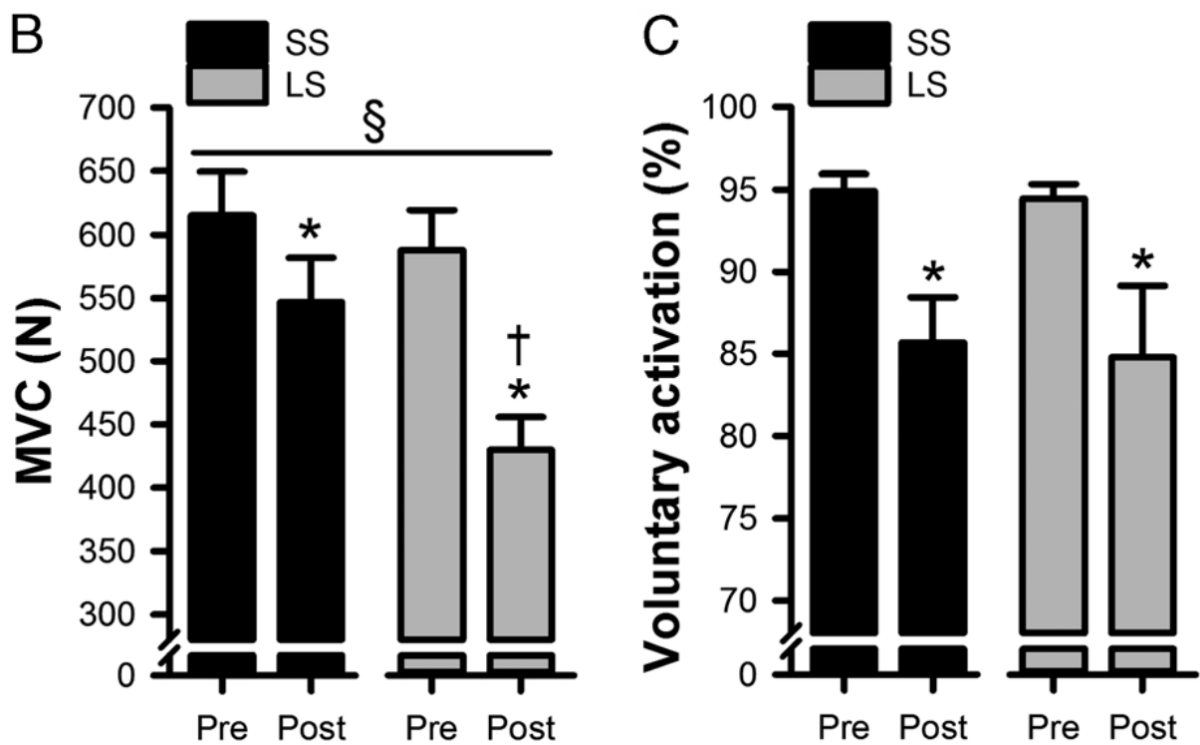
KUVA 1. Kevennyshypyn suoritustekniikka ja vaiheet. A) Tutkittava seisoo paikallaan kehonpainon mittauksen ajan. B) Kevennysvaihe, jolloin kehonpainosta kevenee noin 15 %. C) Jarrutusvaihe, jolloin saavutetaan yleensä suurin voimantuotto suuren lihastyön kautta. D) Työntövaihe, jossa tapahtuu nopea alaraajojen nivelten ojennus ilmaan lähtöön asti. E) Lentovaihe eli aika lähdön ja laskeutumisen välillä, josta lentoajan perusteella voidaan laskea hyppykorkeus. (Souza ym. 2020)

Kevennyshypyn hyppykorkeus kertoo selkeästi alavartalon lihasten tehontuottokyvystä. Tämä korkeus voidaan laskea mittaamalla kevennyshyppysuorituksen lentoaika, joka muutetaan hyppykorkeudeksi (h) kaavalla:  $h = 1/8gt^2$ , missä g = putoamiskiihtyvyyys  $9,81 \text{ m/s}^2$  ja t = mitattu lentoaika. Lentoaikaa voidaan mitata esimerkiksi voimalevyllä tai kontaktimatolla. (Buckthorpe ym. 2012)

Gathercole ym. (2015) totesivat tutkimuksessaan kevennyshypyn olevan erittäin toistettava ja luotettava tapa mitata hermolihasjärjestelmässä tapahtuvaa väsymistä kuormituksen jälkeen. Esimerkiksi Valenzuelan ym. (2018) tutkimuksessa kevennyshyppyä käytettiin suorituskyvyn palautumisen mittarina. Hyppyt tehtiin ennen HIIT kuormitusta sekä välittömästi sen jälkeen.

Kuormituksen jälkeen hyppysuoritus heikkeni huomattavasti lähtötasoon verrattuna ( $25,3 \pm 2,9$  cm vs.  $27,4 \pm 4,0$  cm). Vielä puolen tunnin passiivisen palautumisen jälkeenkin tulokset olivat heikommät kuin lähtötasolla ( $24,8 \pm 4,1$  cm). (Valenzuela ym. 2018)

Maksimaalista tahdonalaista supistusvoimaa (MVC, *maximal voluntary contraction*) voidaan käyttää kevennyshypyn tavoin mittaamaan hermolihasjärjestelmän väsymistä. MVC:tä voidaan mitata erilaisista suorituksista, joissa maksimaalista voimatasoa ylläpidetään isometrisesti muutaman sekunnin ajan. Esimerkiksi sprinttisuorituksen jälkeen MVC polvenojennuksessa heikentyy merkittävästi. Pitkissä sprinttisuorituksissa saadaan aikaan suurempi lasku MVC:ssä sekä tahdonalaisen aktivaation määrässä kuin lyhyissä sprinttisuorituksissa (kuva 2). Tällaiset muutokset suorituskyvyssä johtuvat usein hermolihasjärjestelmässä tapahtuvasta väsymisestä, joka voidaan jakaa sentraaliseen ja perifeeriseen osaan. (Fiorenza ym. 2019) Maksimaalinen isometrinen jalkaprässisuoritus on myös paljon käytetty MVC:n mittaustapa ja se on todettu Hardenin ym. (2018) tutkimuksessa erittäin tarkaksi tavaksi mitata pieniä suorituskyvyn muutoksia.



KUVA 2. Maksimivoiman (MVC) ja tahdonalaisen aktivaation muutokset lyhyissä sekä pitkissä sprinttisuorituksissa. SS = lyhyet sprintit 18 x 5 sekuntia, LS = pitkät sprintit 6 x 20 sekuntia, \* = merkitsevä ero lähtötasoon ( $p < 0,05$ ), § = merkitsevä ero SS ja LS ryhmien muutosten välillä ( $p < 0,05$ ), † = merkitsevä ero SS tulokseen ( $p < 0,05$ ). (mukailtu Fiorenza ym. 2019)

### 2.3 Laktaatin yhteys korkeaintensiteettiseen kestävyysuorituskykyyn

Laktaattia on tutkittu monissa tutkimuksissa suorituskyvyn yhteydessä erilaisissa tilanteissa. Esimerkiksi Messonnierin ym. (2002) tutkimuksessa tehtiin submaximaalinen suhteellinen pyöräergometrikuormitus, jossa veren laktaattipitoisuudella todettiin olevan yhteys maksimaaliseen suorituskykyyn. Parempi laktaatinpoistokyky voi parantaa suorituskykyä maksimaalisella tasolla, sillä homeostaasin ylläpito on helpompaa ja suoritusta pystytään jatkamaan pidempään. (Messonnier ym. 2002) Myös Björklundin ym. (2011) tutkimuksessa korkean tason hiihtäjillä todettiin olevan huomattavasti parempi laktaatinpoistokyky kuin keskitason hiihtäjillä. Korkean tason hiihtäjillä laktaattipitoisuudet eivät myöskään nousseet

niin korkealle. Bjöklund ym. (2011) totesivat laktaatinpoistokyvyn olevan merkittävässä roolissa hiihdon suorituskyvyn määrittämisessä.

Palautumistavalla on myös merkitystä veren laktaattipitoisuuksien muutoksiin toistettujen kuormien välillä. Franchini ym. (2009) tutkivat judo-ottelun jälkeisen palautumistavan vaikutusta veren laktaattipitoisuuksiin sekä suorituskykyyn erilaisissa judolle tyypillisissä suorituskykytesteissä. Päälöydös kyseisessä tutkimuksessa oli, että aktiivisella palautumisella saatiin tehokkaammin laskettua veren laktaattipitoisuutta. Kuitenkaan palautumistavalla ei ollut vaikutusta suorituskykyyn, vaikka laktaattiarvot olivat merkittävästi eri suuruiset. (Franchini ym. 2009.) Samanlaisia tuloksia on saatu myös Franchinin ym. (2003) ja Ouerguin ym. (2014) tutkimuksissa.

Veren laktaattipitoisuutta voidaan käyttää myös selkeänä palautumisen mittarina. Esimerkiksi HIIT harjoituksen jälkeen (6 x 3 min) mitattaessa veren laktaattipitoisuutta metabolisen palautumisen mittarina saatiin selville, että korkein laktaattipitoisuus saavutettiin heti kuormituksen jälkeen (Post 0). HIIT kuormituksen aikana veren laktaattipitoisuus nouseekin siis korkealle, mutta laskee jo palautuksen ensimmäisen kolmen minuutin aikana hieman matalammaksi ja jatkoi laskuaan siitä mitatun puolen tunnin ajan. Laktaattipitoisuus ei kuitenkaan vielä puolen tunnin aikana laskenut lepotasoa vastaavaan arvoon asti. (Valenzuela ym. 2018)

## **2.4 Suorituskyvyn muutokset**

Suorituskyvyn heikkeneminen kuormituksen jälkeen johtuu harjoituksen aiheuttamasta lihasvauriosta (EIMD, *exercise-induced muscle damage*), johon liittyy muun muassa tulehdusta sekä lihaskipua (Al-Nawaiseh ym. 2016). EIMD aiheutuu uudeltaisesta toistuvasta kuormituksesta, mutta erityisesti eksentristä lihastyötä vaativasta työstä. Lihasvauriota voidaan nähdä lihaksen suorituskyvyn lisäksi jopa solutasolla. Varmaa selitystä EIMD:n aiheuttamille muutoksille ei ole löydetty, mutta lihasvaurion aiheuttamat tulehdusreaktiot sekä muut aineenvaihdunnalliset muutokset vaikuttavat suorituskykyyn useamman päivän ajan kuormituksen jälkeen. (Clarkson & Hubal 2002)

Korkeaintensiteettisessä suorituksessa vaaditaan usein anaerobista energiantuottoa, joka aiheuttaa lihaksessa erityisesti fosfaatin ja vedyn kertymistä. Nämä molemmat ovat selkeässä yhteydessä harjoituksen aiheuttamaan laskuun tehontuottokyvyssä muun muassa lihaksen supistumisominaisuuksia heikentämällä. (Sundberg & Fitts 2019) Kestävyyssuorituksissa glykogeenivarastojen vähenemisen on todettu myös heikentävän suorituskykyä. Suorituksen jälkeen nautittu hiilihydraatti taas nopeuttaa palautumista nopeuttamalla glykogeenin uudelleen syntetisointia. (Knuiman ym. 2015) Fyysinen suoritus aiheuttaa aiemmin mainittujen perifeeristen väsymystekijöiden (glykogeenivaraston väheneminen, vedyn ja fosfaatin kertyminen) lisäksi myös sentraalista väsymystä. Sentraalinen väsymys tarkoittaa keskushermoston heikentynyttä kykyä aktivoida lihaksia. (Carroll ym. 2016)

Palautumismuuttujien reaktioita kuormitukseen on tutkittu paljon, mutta suorituskyvyn muutoksia on tutkittu selvästi vähemmän. Suorituskyvyn palautumista tutkitaan tilanteissa, joissa kuormitus toistetaan tietyn ajan jälkeen. Esimerkiksi Al-Nawaisehin ym. (2016) tutkimuksessa selvitettiin heikentykö suorituskyky aamupäivällä ja iltapäivällä tehtyjen toistettujen Wingate-testien välillä. Kuormitusten välillä oli 6,5–7 tunnin palautuminen. Suorituksen keskiteho heikentyi tutkimuksessa huomattavasti aamu- ja iltapäivän välillä ( $496 \pm 114$  vs.  $486 \pm 115$ ). Kyseisen anaerobisen kuormitusmallin (toistettu 30 s Wingate) todettiin olevan riittävä heikentämään suorituskykyä saman päivän aikana. Tapahtunutta lihasvauriota arvioitiin suorituskyvyn lisäksi kreatiinikinaasi-, lihaskipu- sekä RPE-arvojen perusteella. (Al-Nawaiseh ym. 2016)

Suorituskyvyn muutokset ja palautuminen voivat olla myös ikä- ja sukupuoliriippuvaisia. Toistoja sisältävän kovatehoisen harjoituksen sisällä lapset ja vanhemmat ihmiset pärjäävät lyhyemmällä palautuksella kuin aikuiset, mutta kokonaisten harjoitusten välillä tulisi vanhemmilla ihmisillä olla pidemmät lepoajat. Sukupuolten välillä ei ole löydetty palautumisen suhteen selkeitä eroja. Palautumisessa on kuitenkin erityisen paljon yksilöllisiä eroja ja ikää sekä sukupuolta mieluummin tulisi ottaa huomioon henkilökohtainen suorituskykykapasiteetti. Tärkeänä muuttujana palautumisen suhteen on lähtöväsymys ennen harjoitusta, joka voi vaikuttaa suorituskyvyn muutoksiin hyvinkin paljon. (Hottenrott ym. 2021)

### 3 AEROBISEN KAPASITEETIN VAIKUTUS PALAUTUMISEEN

Maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_2\max$ ) kuvaa suurinta mahdollista nopeutta, jolla happea saadaan hyödynnettyä kehossa kuormituksen aikana. Tätä arvoa käytetään usein kuvaamaan yksilön hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa. Kasvu  $VO_2\max$ :ssa on kirjallisuudessa yleisin kuvaus harjoituksen aiheuttamasta kehityksestä. Maksimaalista hapenottokykyä rajoittaa pääasiassa hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea kuormitettaviin lihaksiin. (Bassett & Howley 2000)

Kuormituksen jälkeinen palautuminen voidaan jakaa nopeaan ja hitaaseen vaiheeseen. Nopea vaihe koostuu yhtäkkisestä  $VO_2\max$ :n ja sykkeen laskusta, jonka lisäksi tässä vaiheessa kuormituksen aikana käytetyt lihaksen sisäiset ATP- ja kreatiinifosfaattivarastot palautuvat. Hitaassa vaiheessa voidaan taas havaita kohonnutta kehon aineenvaihduntaa. Lepotasoon asti palautuminen voi kuitenkin kestää useita tunteja. (Rutkowski ym. 2016)

Aerobisen kunnan ja toistettujen korkeaintensiteettisten suoritusten aerobisen vasteen välillä on löydetty selkeä yhteys. Kestävyysharjoittelulla sekä suuremmalla  $VO_2\max$ :lla on todettu yhteys tehontuottokyvyn palautumiseen toistettujen korkeaintensiteettisten suoritusten välillä. Tehontuottokyvyn lisäksi myös aerobisen kapasiteetin ja suorituksen jälkeisen laktaatinpoistokyvyn välillä on todettu yhteys. Kyky nopeampaan palautumiseen on tärkeää, kun tehdään maksimaalisia suorituksia lyhyillä palautuksilla. Tällaisia suorituksia voidaan havaita esimerkiksi monissa joukkuelajeissa. (Tomlin & Wenger 2001)

Aerobisella kapasiteetilla on yhteys palautumiseen korkeaintensiteettisestä kuormituksesta, jonka yksi mahdollinen mekanismi voi olla se, että suuremman hapenottokyvyn omaava urheilija voi suorittaa kuormitukset kuluttamalla enemmän happea eikä turvautumalla anaerobiseen glykolyysiin. Tällöin laktaattia ja vetyä ei muodostu niin paljoa, jolloin korkea teho on helpompi ylläpitää. Suurempi aerobinen kapasiteetti myös kasvattaa suoritusten jälkeistä hapenkulutusta ja mahdollisesti kreatiinifosfaatin uudistamista, joilla on todettu yhteys tehon palautumisen nopeutumiseen. (Tomlin & Wenger 2001) Toisaalta McMahon & Wenger (1998) totesivat, että erityisesti maksimaalisen hapenottokyvyn perifeerisellä komponentilla on



todettu olevan yhteys suorituskykyyn toistetuissa kuormituksissa sekä palautumiseen niiden välissä. Henkilön  $VO_2\max$  kertoo suorituksen tehon ylläpidosta sekä palautumisen tehokkuudesta korkeaintensiteettisissä toistetuissa harjoituksissa, joita selitetään tehokkaammalla pH:n palauttamisella homeostaasiaan kuormituksen jälkeen sekä nopeammalla kreatiinifosfaatin uudelleen syntetisoinnilla (McMahon & Wenger 1998).

Bellar ym. (2015) tutkivat aerobisen kapasiteetin ja anaerobisen huipputehon vaikutusta CrossFit harjoitukseen. Tutkimuksessa tehtiin kaksi erilaista CrossFitille ominaista harjoitusta, joita käytetään paljon harjoituksissa sekä kilpailuissa. Kokeneemmat urheilijat suoriutuivat molemmista harjoituksista paremmin, mutta aerobinen ja anaerobinen kapasiteetti olivat yhteydessä vain toiseen harjoitukseen. Kuitenkin, kun ryhmät jaettiin kokemuksen mukaan, maksimaalinen hapenottokyky korreloi toiseenkin harjoitusmuotoon kokeneiden ryhmässä. Tutkimuksen tuloksien perusteella voidaan todeta millainen harjoitusmuoto on parempi aloittelijoille. (Bellar ym. 2015) Maksimaalisella hapenottokyvyllä on myös todettu yhteys suorituksen jälkeiseen palautumiseen pyöräilijöillä. Korkeamman aerobisen kapasiteetin omaavilla on suurempi palautumispotentiaali, jota voidaan tarkkailla hapenkulutuksen ja sykkeen palautumisesta kuormituksen jälkeen. (Rutkowski ym. 2016)

#### 4 SUORITUSKYKY JA PALAUTUMINEN KAMPPAILULAJEISSA

Kamppailulajeja on monia erilaisia, joita kuitenkin yhdistää fyysinen kamppailu osallistujien välillä. Kokonaisuudessa lajit ovat hyvin monipuolisia ja niiden suorituskykyyn vaikuttavat monet erilaiset fyysiset ominaisuudet. Kamppailulajit ovat tänä päivänä suosittuja, mutta ne ovat myös fyysisesti koko keholle erittäin vaativia. Lajit vaativat muun muassa kestävyyskuntoa, tehontuottoa sekä voimaa. Fyysisen suorituskyvyn lisäksi kamppailulajeissa korostuvat lajikohtaiset tekniset ja taktiset taidot. Lajit eroavat toisistaan suorituskyvyn lisäksi myös sääntöjen ja ottelurakenteen puolesta, joten lajit keskittyvät hieman eri osa-alueisiin. (Barley ym. 2019) Tässä kappaleessa käsitellään suorituskykyä sekä palautumista muutaman yleisen kamppailulajin näkökulmasta.

Judo-otteluissa on yksi erä, joka kestää neljä minuuttia. Tämän lisäksi ottelussa voi olla lisäerä, mikäli voittajaa ei ole saatu ensimmäisessä erässä selville. Lepoaika otteluiden välillä on minimissään 10 minuuttia. (IJF 9.3.2022) Judossa suorituskykyä on mitattu esimerkiksi Franchinin ym. (2009) tutkimuksessa, jossa korkean tason eli ruskean tai mustan vyön omaavilla judokoilla maksimaalinen hapenottoa (VO<sub>2</sub> peak) oli noin 60 ml/kg/min, kun urheilijat olivat painoltaan keskimäärin 78 kg. Franchini ym. (2003) totesivat tutkimuksessaan, että judokat joutuvat usein kilpailuissa ottamaan useamman ottelun samana päivänä lyhyillä palautuksilla. Keskimääräinen tauko otteluiden välillä on noin 15 minuuttia. Onkin siis todennäköistä, että paremman laktaatinpoistokyvyn omaavilla urheilijoilla on vähemmän väsymystä seuraavan ottelun alkaessa ja siten pystyvät myös saavuttamaan paremman suorituskyvyn, mikäli oletetaan veren laktaattipitoisuuden olevan yhteydessä väsymysprosessiin. Kyseisessä tutkimuksessa kuitenkin todettiin myös, että korkeamman tason urheilijoilla suorituskyky ottelun jälkeen oli korkeampi. Tätä selitettiin paremmalla kapasiteetilla säilyttää anaerobisen suorituksen intensiteettiä. Franchini ym. (2003) totesivat tutkimustulosten perusteella, että judokoiden tasoerot näkyivät toistetuissa Wingaten testeissä. Tutkijoiden mukaan kyseisen mallisia testejä voitaisiinkin käyttää arvioimaan urheilijoiden tasoa toistettua kuormitusta vaativissa lajeissa.

Franchini ym. (2009) tutkivat erilaisten palautumistyyppien vaikutusta veren laktaattipitoisuuteen sekä suorituskykyyn judo-ottelun jälkeen. Suorituskykyä mitattiin ottelun jälkeen sekä judospesifeillä että muunlaisilla suorituskykytesteillä. Suorituskykytesteinä toimivat toinen judo-ottelu, neljä ylävartalon Wingate testiä ja judokuntotesti (*spesial judo fitness test*, SJFT). SJFT koostuu judolle tyypillisistä heitoista sekä juoksusta. Palautusaika suoritusten välillä oli kyseisessä tutkimuksessa 15 minuuttia, joka on yleinen kilpailutilanteissa. Palautusmetodi oli joko passiivinen istuen tai aktiivinen juosten nopeudella, joka oli noin 50 % maksimaalista hapenottokykyhuippua vastaavasta nopeudesta. Franchini ym. (2009) totesivat päälöytönä tutkimuksessa, että aktiivisella palautumisella saatiin nopeutettua laktaatin poistumista ottelun jälkeen. Laktaattipitoisuudella ja palautumistavalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta suorituskykyyn Wingatessa tai SJFT:ssä. Ottelussa kuitenkin voiton todennäköisyys kasvoi kymmenkertaiseksi, jos urheilijan palautuminen oli aktiivista ja vastustajan passiivista. Tutkijat totesivat, että 15 minuuttia on tarpeeksi pitkä aika palauttaa suorituskyky täysin molemmilla palautumistavoilla. Voittamisen todennäköisyyden kasvua selitettiin muun muassa nopeammalla reaktioajalla aktiivisen palautumisen jälkeen, mutta tätä ei voitu todistaa tässä tutkimuksessa. (Franchini ym. 2009)

Tätä ennen Franchini ym. (2003) tutkivat myös palautumistyyppien vaikutusta laktaatin poistoon sekä suorituskykyyn judokoilla. Kyseisessä tutkimuksessa päädyttiin samaan johtopäätökseen, että eroa suorituskyvyssä ei nähdä, vaikka aktiivinen palautuminen nopeuttaa laktaatinpoistoa. Myös Ouergui ym. (2014) tekivät saman tyyppisen tutkimuksen potkunyrkkeilijöillä ja päätyivät samaan lopputulokseen, että palautumismuoto ei vaikuta urheilijan suorituskykyyn, vaikka laktaattipitoisuuksissa oli eroa. Kyseisessä tutkimuksessa mitattiin myös kevennyshyppyjä 10 minuutin palautumisen jälkeen, eikä näissäkään todettu olevan eroa palautumistyyppien välillä. Näiden tulosten perusteella todettiin, että 10 minuutin palautus on riittävä hyödyntää esimerkiksi kilpailurakenteissa. (Ouergui ym. 2014)

Potkunyrkkeily (*kick-boxing*) on yksi pystykamppailulajeista (*striking combat sports*), joihin kuuluvat myös esimerkiksi nyrkkeily ja taekwondo (Ouergui ym. 2014). Amatööriottelussa potkunyrkkeilyssä ottelu kestää 3 x 2 minuuttia yhden minuutin tauolla (Silva ym. 2011). Ouerguin ym. (2014) tutkimuksessa potkunyrkkeilyottelun jälkeen kevennyshyppykorkeus sekä ylävartalon Wingaten tulos heikkenivät merkittävästi lähtötasoon verrattuna, mutta

palautuivat hieman 10 minuutin palautuksen aikana. Muun muassa kevennyshyppykorkeuden heikentymistä selitettiin sillä, että ottelun aikana urheilija joutuu tekemään paljon maksimaalista tehoa vaativia suorituksia sekä muita nopeutta vaativia suorituksia. Kolmen erän aikana tutkimuksessa havaittiin jatkuva veren laktaattipitoisuuden sekä sykkeen nousu. Veren laktaattipitoisuuden maksimiarvo saavutettiin viimeisen erän jälkeen ja se oli n. 15 mmol/l. Syke käyttäytyi samalla tavalla saavuttaen viimeisen erän jälkeen maksimiarvon n. 180 bpm. (Ouergui ym. 2014)

Silva ym. (2011) tekivät tutkimuksessaan potkunyrkkeilyn ja thainyrkkeilyn (*muay thai*) amatööriotteluista aika-liike-analyysijä. Näin pystyttiin selvittämään tehokkaasti ottelun sisältöä ja työmäärää. Lajien välillä ei löydetty selkeitä eroja, mutta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää urheilijoiden teknis-taktiseen valmistautumiseen. Molemmissa lajeissa selkeästi eniten aikaa ottelusta käytettiin observointiin verrattuna suorituksen valmisteluun ja interaktioon. Observoinnissa ei tehdä suorituksia, vaan se sisältää pelkästään vastustajan havainnointia pienellä aktiivisuudella. Tutkijoiden mukaan tällaiset analyysit ovat erittäin hyödyllisiä antamaan tietoa otteluun valmistautumista varten sekä tekniikoiden ja taktiikoiden kehittämisessä. (Silva ym. 2011) Observointi ja vastustajan lukeminen ovat tärkeitä asioita kaikissa kamppailulajeissa, jotta tilanteissa voidaan oppia reagoimaan nopeasti.

MMA (*mixed-martial arts*) eli vapaaottelu on korkeaintensiteettinen kamppailulaji, joka yhdistää monien erilaisten kamppailulajien osa-alueita (Ghoul ym. 2019). Vapaaottelussa voidaan otella amatööri- tai ammattilaissäännöillä, jolloin erien pituudet ja määrät vaihtelevat. Amatöörisarjoissa otellaan sääntöjen mukaan kolme erää, jotka kaikki kestävät kolme minuuttia (IMMAF 2021). Ammattilaissarjoissa taas eriä on enintään viisi ja niiden kesto on viisi minuuttia (ABC 1.8.2018). Molemmissa sääntömuodoissa erätauon pituus on yksi minuutti.

Ghoul ym. (2019) tutkimuksessa simuloitiin vapaaottelukilpailuja kolmen 5 minuutin erän avulla. Tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää millainen fysiologinen ja fyysinen profiili olisi optimaalisin vapaaottelu-urheilijalle sekä millaista väsymistä vapaaottelukilpailu aiheuttaa. Tutkimuksessa todettiin vapaaottelukilpailun aiheuttavan merkittävää väsymystä ja lihasvauriota heti kilpailun jälkeen ja vielä 24 tuntia kuormituksen päätyttyä. Laktaattipitoisuus

nousi erien aikana ja palautui lähemmäs lepotasoa 30 minuutin palautuksen aikana. Samoin kävi myös sykkeelle ja RPE:lle. Vapaaottelua voidaan tutkimuksen mukaan pitää korkeatehoisena toistuvana kamppailulajina, jossa tarvitaan sekä aerobista että anaerobista energiantuottoa, mutta aerobinen systeemi on dominoivampi. Kuormittuneisuus kasvoi kilpailupäivän edetessä. Tutkimuksessa saadut laktaattipitoisuudet olivat yleisesti matalampia kuin aiemmissa tutkimuksissa, mutta tätä selitettiin tutkittavien matalammalla tasolla. Väsymystä ja lihasvaurioita voidaan selittää vapaaottelussa myös lihaksiin tulevilla iskuilla. Kevennyshyppy heikkeni kolmen erän jälkeen 30 minuutin palautuksen aikana merkittävästi verrattuna lepotasoon, mutta puristusvoimassa ei tapahtunut merkittävää muutosta. Oletus oli, että heti kuormituksen jälkeen fyysinen suorituskyky olisi heikointa, mutta tätä ei tutkimuksessa mittaamalla todettu. Tutkimuksessa ei myöskään analysoitu teknis-taktista toimintaa, joka on tärkeä osa vapaaottelua. (Ghoul ym. 2019)

Brasilialainen ju-jutsu (BJJ, *brazilian jiu-jitsu*) on kamppailulaji, joka sisältää muun muassa heittoja, alasvientejä sekä monipuolista mattopainia nivellukkojen ja kuristusten kanssa. Ottelun pituus vaihtelee brasilialaisessa ju-jutsussa ikä- ja vyöarvoluokkien mukaan. Esimerkiksi aikuisilla valkovöisten ottelut ovat viisi minuuttia, kun taas mustavöisten ottelut ovat 10 minuuttia. Karsintaotteluiden välillä tulee olla vähintään otteluajan pituinen tauko ja finaaliottelua ennen kaksi kertaa ottelun ajan mittainen tauko. (IBJJF 2021) Andreato ym. (2017) tutkivat eri mittaisten otteluiden vaikutusta brasilialaisen ju-jutsun ottelijoiden suorituskykyyn. Tutkimuksessa ei löydetty eri mittaisten otteluiden vaikutusta palautumiseen, mutta tutkimuksessa oli ainoastaan korkeantason urheilijoita sekä pieni otanta (n =10).

Kreikkalais-roomalaisessa painissa on kiellettyä muusta painista poiketen kaikki tarttuminen vyötason alapuolelle sekä kamppaaminen tai muu aktiivinen jalkojen käyttö. Aikuisten sarjoissa erää on kaksi ja ne kestävät kolme minuuttia. Erien välissä pidetään 30 sekunnin tauko. Painikilpailut kestävät usein useamman päivän, sillä finaalit käydään yleensä karsintojen jälkeen seuraavana päivänä. (UWW 2022) Yhden päivän painikilpailuja simuloiva päivä vaatii Barbasiin ym. (2011) mukaan merkittävää fysiologista suoritusta painijoilla. Kilpailupäivä vaikuttaa heikentävästi urheilijan suorituskykyyn ja nostaa kehon tulehdustilaa erityisesti päivän loppupuolella. Lihasvaurioita mittaavissa muuttujissa näkyi selkeitä muutoksia kilpailupäivän aikana. Esimerkiksi kyykkyhyppy ja puristusvoimatulokset heikentyivät jopa

13–16 prosenttia kolmanteen otteluun mennessä verrattuna lähtötasoon. Ylävartalon lihasten todettiin kokonaisuudessa olevan alttiimpia suorituskyvyn heikentymiselle ja lihasvaurioille. Kilpailupäivän edetessä muutokset altistavat myös urheilijoita suuremmalle loukkaantumisriskille. Erilaiset kilpailupäivän harjoittelu- ja palautumistavat tulisikin kehittää pienentämään suorituskyvyn ja tulehdustilan muutoksia. Korkean tason painijoilla oli kuitenkin erittäin hyvä kyky palautua painonpudotuksesta ensimmäiseen otteluun. (Barbas ym. 2011)

Suorituskyvyn muutoksia on myös verrattu kamppailulajien välillä. Toistetuissa kamppailulajioituissa suorituskyky heikkeni niin ylä- kuin alavartalossakin, kun mitattiin puristusvoimaa ja hyppysuoritusta. Puristusvoiman merkitys ja muutokset korostuvat lajeissa, joissa pidetään kimonoa (*gi*) ja siitä otetaan kiinni. Kamppailulajien välisissä tutkimuksissa on löydettävissä vajavaisuutta sekä ristiriitoja. On todettu kuitenkin, että brasilialaisen ju-jutsun ja vapaapainin urheilijoilla on suorituskyvyn heikentymistä sekä väsymystä havaittavissa jo ensimmäisen ottelun jälkeen, kun judossa ja kreikkalais-roomalaisessa painissa näitä havaitaan vasta kolmannen ottelun jälkeen. Eroja voidaan selittää muun muassa ottelupituuksilla ja ottelun sisäisillä intensiteettieroilla. (Kons ym. 2020)

Kamppailulajeissa on myös huomioitava painonpudotus kilpailuita varten. Painoluokkien tavoitteena on vähentää koko-, voima- ja ulottuvuuseroja kilpailijoiden välillä (Reale ym. 2017). Barbasin ym. (2011) tutkimuksessa painijoiden piti tutkimusta edeltävän viikon aikana suorittaa noin kuuden prosentin pudotus kehonpainostaan. Punnitus pidettiin 12 tuntia ennen ensimmäistä ottelua, jonka jälkeen he saivat nauttia ravintoa haluamallaan tavalla. Seuraavien 12 tunnin aikana urheilijat nostivat 1,2 % kehonpainoaan. Tutkimuksen tuloksista voidaan kuitenkin todeta, että eliittipainijat näyttivät sopeutuvan ja palautuvan erittäin hyvin painonpudotukseen, sillä suorituskyky ja tulehdusarvot eivät muuttuneet painonpudotuksen aikana. (Barbas ym. 2011) Painonpudotuksia suunnitellessa tärkeintä on huomioida lajin vaatimusten lisäksi palautumisaika punnituksen jälkeen. Nopea painonpudotus on myös riskialtista, sillä painonpudotuksessa on muun muassa tavoitteena vähentää kehon veden määrää. Ravinnon saanti ennen ja jälkeen punnituksen tuleekin olla tarkasti suunniteltua. (Reale ym. 2017)

Painonpudotusta tehdään monissa kamppailulajeissa, mutta Barley ym. (2018) halusivat selvittää painonpudotuksen määrien eroja lajien välillä. Tutkimuksessa lajeina olivat brasilialainen ju-jutsu, nyrkkeily, judo, vapaaottelu, potkunyrkkeily/thainyrkkeily, taekwondo sekä paini. Erilaisia painonpudotustapoja kartoitettiin myös tässä tutkimuksessa. Kaikissa kamppailulajiryhmissä havaittiin painonpudotusta ennen kilpailuja, mutta suurin pudotus nähtiin vapaaottelussa. Pääkeinoina painonpudotuksessa olivat liikkumisen määrän lisääminen sekä nestemanipulaatio. Tämän lisäksi urheilijat muun muassa saunoivat, vähensivät ruuan määrää ja jättivät aterioita väliin. (Barley ym. 2018)

## 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEBIT

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako aerobinen kapasiteetti urheilijan lyhytaikaiseen palautumiseen hermolihasjärjestelmän, aineenvaihdunnan tai suorituskyvyn muuttujissa. Tutkittavat jaettiin aerobisen kapasiteetin mukaan ryhmiin, jolloin tällaisen selvityksen tekeminen on selkeämpää. Tarkoitus oli selvittää palautuvatko aerobisen kapasiteetin perusteella korkeampikuntoiset urheilijat paremmin, vaikka kuormitus oli suhteutettu heidän kuntotasoonsa. Käytännön kamppailulajivalmennuksen näkökulmasta on tärkeää ymmärtää aerobisen kapasiteetin merkitys ottelupäivää simuloivien kuormitusten suorituskyvyssä sekä palautumisessa. Tutkimuskysymykset ja hypoteesit ovat siis seuraavat:

### **1. Vaikuttaako aerobinen kapasiteetti kestävyys suorituskyvyn muutoksiin lyhyellä aikavälillä toistetuista suhteellisesti yhtä raskaissa uupumukseen asti tehdyissä kestävyyskuormituksissa?**

**Hypoteesi: Kyllä.** Raskaalla intensiteetillä tehdyillä toistetuilla suorituksilla voidaan nähdä aerobisen kapasiteetin vaikutus akuuttiin palautumiseen. Suuremman aerobisen kapasiteetin omaavilla palautumista on todettu selittävän muun muassa suurempi aerobisen työn osuus kuormituksessa, tehokkaampi laktaatin poisto sekä nopeampi kreatiinifosfaatin palautuminen. (Tomlin & Wenger 2001) Samanlaiseen tulokseen pääsivät myös McMahon ja Wenger (1998), jotka painottivat samoja selitysmekanismeja.

### **2. Vaikuttaako aerobinen kapasiteetti hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien kuormituksen aiheuttamiin muutoksiin lyhyellä aikavälillä toistetuissa suhteellisesti yhtä raskaissa uupumukseen asti tehdyissä kestävyyskuormituksissa?**

**Hypoteesi: Kyllä.** Raskaan kuormituksen jälkeen hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien on todettu heikentyvän merkittävästi (Fiorenza ym. 2019, Valenzuela ym. 2018). Korkeamman aerobisen kapasiteetin omaavilla henkilöillä voi olla mahdollisuus myös parempaan irtiottokykyyn ja suorituksen tehon ylläpitoon, jolloin he voivat saada suurempia muutoksia aikaan voimantuotto-ominaisuuksissaan (McMahon & Wenger 1998).



**3. Vaikuttaako aerobinen kapasiteetti suhteellisesti yhtä raskaiden uupumukseen asti tehtyjen kuormitusten välisten palautusaikojen aikaisiin muutoksiin hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksissa?**

**Hypoteesi: Kyllä.** Suuremman aerobisen kapasiteetin omaavilla henkilöillä raskaasta kuormituksesta nopeampaa palautumista on selitetty muun muassa tehokkaammalla laktaatin poistolla ja nopeammalla kreatiinifosfaattivarastojen palautumisella, jotka on linkitetty teho-ominaisuuksien nopeampaan palautumiseen (Tomlin & Wenger 2001). McMahon ja Wenger (1998) totesivat myös aerobisten ominaisuuksien olevan yhteydessä palautumiseen toistettujen kuormitusten välisillä palautusajoilla.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 6.1 Tutkittavat

Tässä tutkimuksessa oli 20 tutkittavaa, jotka olivat terveitä 22–44-vuotiaita miehiä. Kohderyhmänä kyseiselle tutkimukselle olivat kamppailulajien harrastajat ja kilpailijat. Tutkittavilla oli kamppailulajeista kokemusta 1–20-vuotta ja lajeina heillä oli muun muassa brasilialainen ju-jutsu, lukkopaini, paini sekä Hokutoryu ju-jutsu. Tutkittavilla ei saanut olla suorituskykytsteihin vaikuttavia sairauksia tai vammoja. Tavoitteena oli saada tutkimukseen hapenottokyvyn osalta eritasoisia tutkittavia, jotta saataisiin eroja suhteellisesti toteutetuissa kuormissa. Tutkittavien joukossa oli henkilöitä harrastajista kilpaurheilijoihin. Tutkimuksessa ei kuitenkaan kartoitettu tutkittavien harjoitusmääriä tai kokemustasoa.

Rekrytointi toteutettiin Jyväskylän alueen kamppailulajiseuroista, joihin lähetettiin rekrytointikirjeet sähköpostitse. Rekrytoinnissa hyödynnettiin tutkijoiden kontakteja eri kamppailulajien harrastajiin. Ensimmäisellä tutkimuskerralla tutkittavat täyttivät terveystarkastukset, joiden perusteella heidät hyväksyttiin osallistumaan tutkimukseen. Tutkittavat antoivat myös suostumuksen tutkimuksen toteuttamiselle.

Tutkittavat jaettiin analysointia varten painoon suhteutetun aerobisen kapasiteetin perusteella kolmeen tasakokoiseen ryhmään: Ryhmä 1  $VO_2\max$  30–44,9 ml/min/kg, Ryhmä 2  $VO_2\max$  45–49,9 ml/min/kg ja Ryhmä 3  $VO_2\max$  50–60 ml/min/kg. Tutkittavien taustatiedot on esitetty taulukossa 1 ryhmittäin sekä kaikkien tutkittavien osalta.

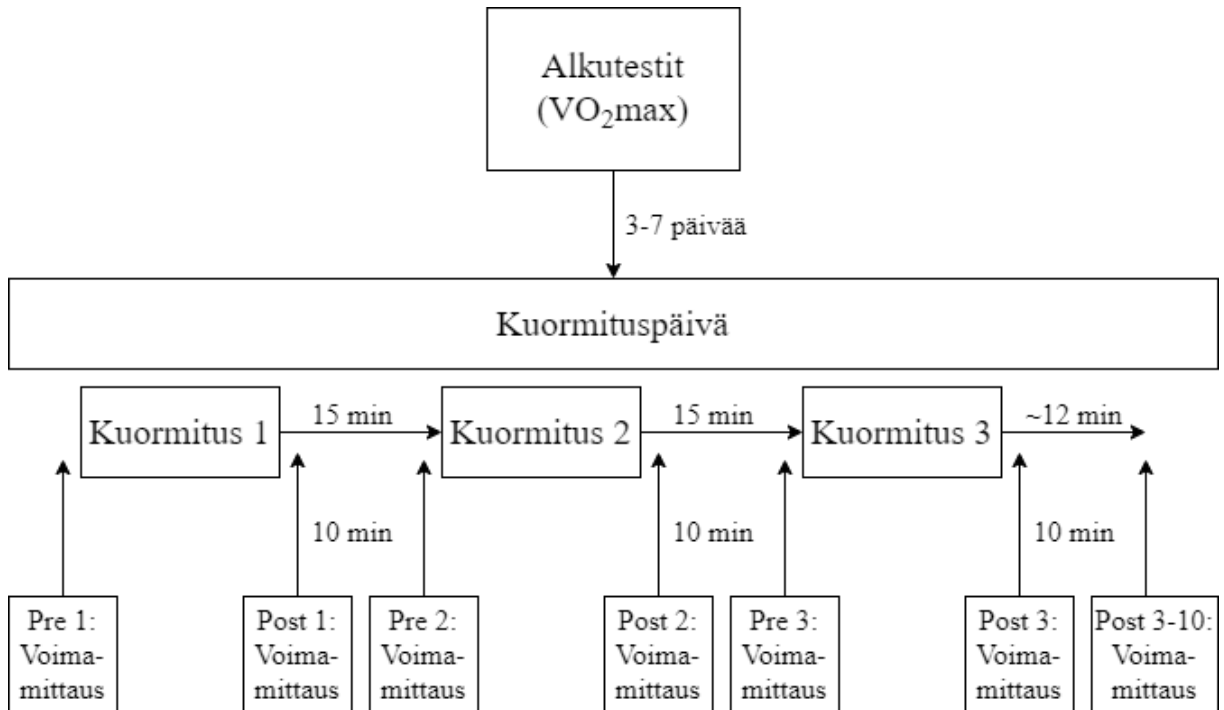
TAULUKKO 1. Tutkimuksen tutkittavien taustatiedot ryhmittäin. Tulokset muodossa: keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

Ryhmä	n	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	VO <sub>2</sub> max (ml/min/kg)	Pmax (W)
1	7	34,1 $\pm$ 6,0	180,1 $\pm$ 10,2	94,3 $\pm$ 9,5	39,5 $\pm$ 3,7	298 $\pm$ 29
2	7	27,7 $\pm$ 3,8	178,0 $\pm$ 7,5	82,6 $\pm$ 11,4	48,1 $\pm$ 1,3	311 $\pm$ 44
3	6	26,8 $\pm$ 4,4	180,8 $\pm$ 6,5	78,6 $\pm$ 7,2	55,4 $\pm$ 3,1	330 $\pm$ 32
Kaikki	20	29,7 $\pm$ 5,7	179,6 $\pm$ 7,9	85,5 $\pm$ 11,4	47,3 $\pm$ 7,1	312 $\pm$ 36

n = tutkittavien lukumäärä, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky, Pmax = maksimiteho suorassa hapenottokykytestissä.

## 6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksessa yhden tutkittavan mittaukset kestivät 1–2 viikkoa. Yhdellä tutkittavalla oli mittauskertoja yhteensä kolme, mutta kolmannen mittauskerran tulokset on käsitelty toisessa opinnäytetyössä. Kaikki mittaukset toteutettiin Jyväskylän yliopistolla liikuntalaboratorion tiloissa. Tutkimuksen rakenne oli samanlainen kaikkien tutkittavien osalta. Tutkittavat suorittivat ensimmäisenä tutkimuspäivänä alkutesteissä suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin sekä tutustuivat hermolihajärjestelmän mittausmenetelmiin. Toinen tutkimuspäivä sisälsi kolme kuormitusta, joiden yhteydessä tehdyt mittaukset olivat kaikilla kerroilla identtiset. Kuvassa 3 on esitelty tämän tutkimuksen tutkimusasetelma.



KUVA 3. Tämän tutkimuksen kulku ja tutkimusasetelma. Pre = ennen kuormitusta, Post = kuormituksen jälkeen.

Tämä tutkimus tehtiin osana Jyväskylän Yliopiston projektia ”Aerobisen kapasiteetin vaikutus fyysisen suorituskyvyn palautumiseen intensiivisen kestävyyskuormituksen jälkeen”, jossa tehtiin useampi opinnäytetyö. Projektissa tehtiin kaksi Pro Gradu -tutkielmaa sekä kaksi kandidaatin tutkielmaa. Ennen tutkimuksen aloittamista tutkimuksesta tehtiin lausuntopyyntö Jyväskylän yliopiston eettiselle toimikunnalle. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi tälle tutkimukselle puoltavan lausunnon kesäkuussa 2021 (866/13.00.04.00/2021).

## 6.3 Mittaukset

### 6.3.1 Alkutestit

Ensimmäisellä mittauskerralla tehtiin alkutestit, jotka sisälsivät suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin polkupyöräergometrillä (Monark LC4, Cycleurope Sverige AB, Ruotsi) sekä hermolihasjärjestelmän mittausten menetelmiin tutustumisen. Tutkimuskerran alussa mitattiin tutkittavien paino (Tanita BWB-800) sekä laktaatin lepoarvo, jonka jälkeen tutkittavat täyttivät

terveyskyselyn sekä tutkimuksen suostumuslomakkeen. Mikäli terveyskyselyn pohjalta ei todettu estettä tutkimukseen osallistumiselle, aloitettiin seuraavana mittaukset lämmittelyllä. Lämmittely sisälsi viiden minuutin pyörällä polkemisen 75 watin kuormalla, joka oli myös testin aloituskuorma. Lämmittelyn yhteydessä pyörä säädettiin myös sopiville asetuksille, jotka otettiin ylös seuraavaa testikertaa varten. Pyöräilyasento näkyy kuvassa 4. Pyöräilylämmittelyn jälkeen tutustuttiin seuraavalla testikerralla käytettäviin hermolihäsjärjestelmän mittaamenetelmiin, mikä toimi lämmittelyn jatkona. Tutkittavat saivat useamman harjoittelusuorituksen sekä jalkaprässissä että kevennyshypyssä. Alkutesteissä suoritusten tekniikka käytiin tutkittavien kanssa läpi. Jalkaprässissä varmistettiin oikea 110 asteen polvikulma ja penkin etäisyys voimalevystä otettiin ylös seuraavaa testikertaa varten.



KUVA 4. Suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi alkamassa ja testien pyöräilyasento.

Lämmittelyn jälkeen tutkittaville asetettiin sopiva hengitysmaski sekä sykevyö suoraan maksimaalisen hapenottokyvyn testiä varten. Suora testi tehtiin polkupyörällä kahden minuutin kuormilla uupumukseen asti. Testi toteutettiin tutkittavan itse valituilla poljinkierroksilla (rpm), joka oli useimmilla tutkittavilla 70–90 rpm. Lopetuskriteereinä olivat poljinkierrosten putoaminen alle 60 rpm tai tutkittavan oma päätös lopettaa testi. Tavoitteena oli saada testissä maksimaalinen tulos, joten tutkittavia kannustettiin erityisesti testin loppupuolella. Kaikki tutkittavat aloittivat kuormitusprotokollan 75 watin aloituskuormalla ja kuorman nosto oli 25 wattia aina kahden minuutin välein.

Suoran testin aikana mitattiin tutkittavien hapenottoa Vyntus-hengityskaasuanalysaattorin (Vyntus CPX, Vyaire Medical GmbH, Hoechberg, Saksa) breath by breath -toiminnolla. Hapenottoarvot määritettiin 30 sekunnin keskiarvoina. Testin aikana mitattiin sykettä Polarin sykevyöllä (Polar Pro Strap, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) ja H10 sykesensorilla (Polar H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), joka oli yhdistetty hengityskaasuanalysaattorin ohjelmaan. Sykearvo saatiin ohjelmasta 30 sekunnin keskiarvoina. Kaikki arvot katsottiin aina kuorman viimeisen 30 sekunnin ajalta. 15 sekuntia ennen kuorman loppumista tutkittavilta kysyttiin koetun rasituksen arvo RPE-asteikolla (6–20).

Näiden lisäksi suorassa testissä mitattiin veren laktaattipitoisuutta sormenpäáverinäytteellä. Verinäyte otettiin 20 µl kapillaareihin, jotka analysoitiin testin jälkeen Biosen S\_line Lab+ -laktaattianalysaattorilla (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Laktaattinäytteenotto otettiin kuorman viimeisen 30 sekunnin aikana, jonka aikana tutkittavat jatkoivat polkemista. Pyöräilyä ei siis lopetettu missään vaiheessa testin aikana. Kuvassa 5 näkyy laktaattinäytteenotto tilanne pyöräillessä. Laktaattinäyte otettiin kuormituksen jälkeen myös 0, 2 ja 5 minuuttia suorituksen lopettamisen jälkeen, jotta saatiin esille mahdollinen kohoava laktaattiarvo. Laktaattinäytteiden avulla analysoitiin kaikille tutkittaville aerobinen- ja anaerobinen kynnyksen sekä maksimaalisen kestävyysuorituskyvyn arvot. Kynnykset määritettiin tutkittaville Suomessa käytetyn lineaarisovitemallin avulla (Keskinen ym. 2018, 97). Maksimiarvoista erityisesti maksimiteho oli tärkeä muuttuja, jota käytettiin tutkimuksen suhteellisen kuormituksen määrittämisessä.

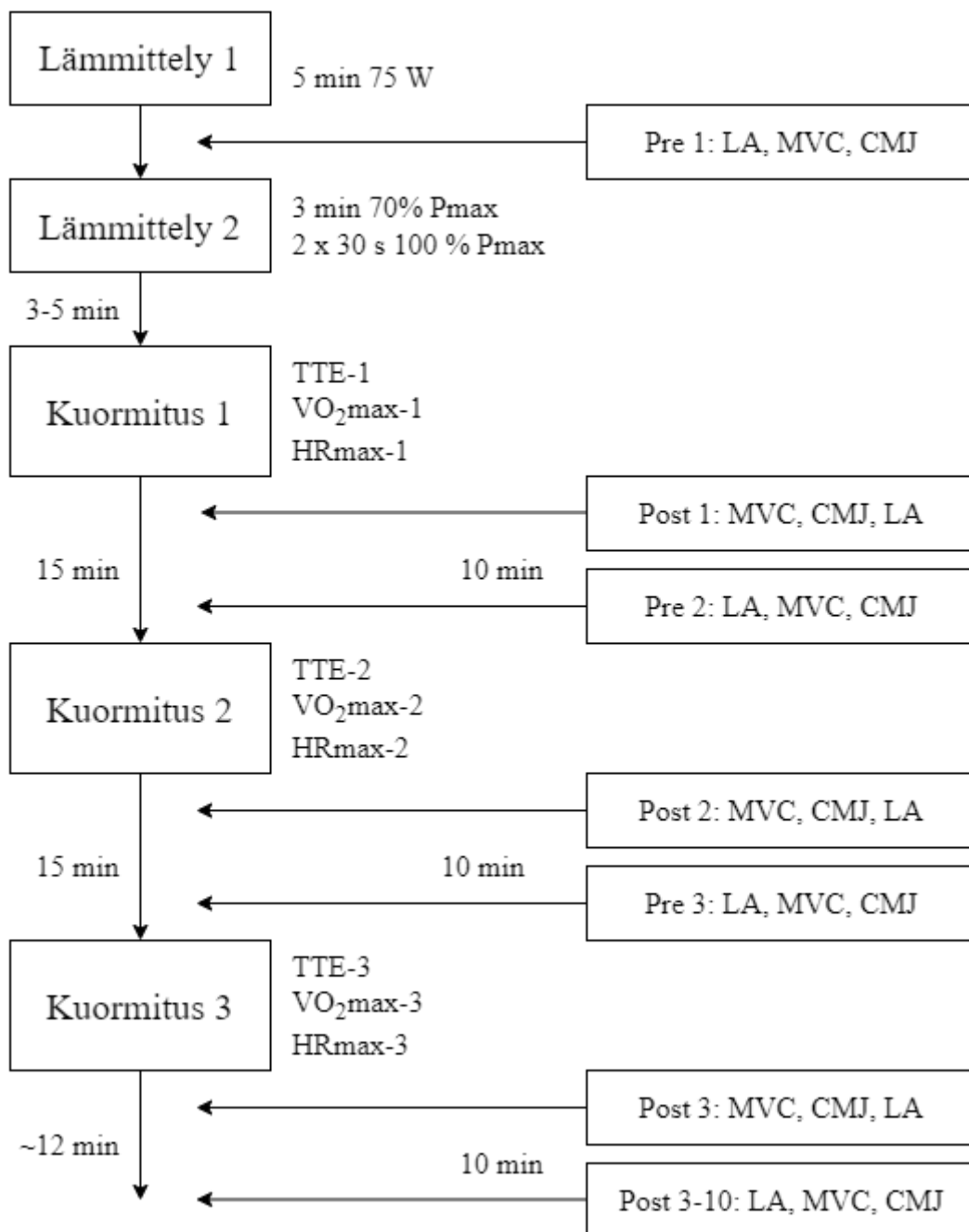


KUVA 5. Laktaatinäytteenotto tilanne sormenpääverinäytteellä tutkittavan pyörällensä.

### 6.3.2 Kuormituspäivä

Toinen testipäivä sisälsi kolme uupumukseen asti tehtyä kuormitusta. Koko kuormituspäivän rakenne on esitetty kuvassa 6. Tutkittavia oli ohjeistettu syömään ja juomaan normaalisti ennen kuormitustestejä. Testikerta alkoi punnituksella ja lepolaktaatin näytteenotolla. Kuormituspäivän lämmittely alkoi viiden minuutin polkemisella suoran testin aloituskuormalla 75 W. Tämän jälkeen tutkittava sai tehdä omavalintaisia dynaamisia venytyksiä ja submaksimaalisia lämmittelyhyppyjä noin viiden minuutin ajan. Lämmittelyn jälkeen suoritettiin hermolihaskäytännön testien ensimmäiset mittaukset. Koko testipäivän ajan hermolihaskäytännön mittaukset toteutettiin aina samassa järjestyksessä. Ensin tehtiin MVC jalkaprässissä ja välittömästi sen jälkeen kevennyshyppy. Kappaleessa 6.3.3. on kerrottu tarkemmin näiden testien kulusta ja analysoinnista. Lämmittely jatkui näiden jälkeen pyörällä,

kun tutkittava polki kolme minuuttia 70 prosentilla hänen suoran testinsä maksimitehosta. Minuutin tauon jälkeen tutkittava polki vielä kaksi 30 sekunnin vetoa omalla maksimitehollaan.



KUVA 6. Kuormituspäivän rakenne. LA = laktaattinäyte, MVC = isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, TTE = aika uupumukseen, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottoikyky, HRmax = maksimisyke, Pre = ennen kuormitusta, Post = kuormituksen jälkeen.



Tutkimuksen kuormitukseksi valittiin polkupyöräergometrikuormitus, jotta suoritus oli mahdollisimman hyvin vakioitavissa. Kamppailulajeille ominaisen lajikuormituksen vakiointi todettiin liian haastavaksi. Tällä kuormitusmallilla saatiin valittua jokaiselle tutkittavalle aerobiseen kapasiteettiin suhteutettuna yhtä raskas kuormitus. Kuormituksen suuruus oli tutkittavan suoran maksimaalisen hapenottokykytestin maksimiteho ( $P_{max}$ ). Tällaista kuormitusta on käytetty muun muassa Messonnierin ym. (2002) tutkimuksessa, jossa kuormitus kesti noin 3–7 minuuttia. Vastaavasti Billat ym. (1995) juosten toteutetussa tutkimuksessa aika uupumukseen suoran testin maksiminopeudella oli noin 3–6 minuuttia. Tämän mittaiset kuormitukset sopivat kamppailulajien harrastajille ja kilpailijoille, sillä esimerkiksi painissa ottelut sisältävät kaksi kolmen minuutin erää (UWW 2022) ja judossa ottelut kestävät neljä minuuttia (IJF 9.3.2022).

Lämmittelyiden jälkeen tutkittava sai palautua 3–5 minuuttia ennen ensimmäistä kuormitusta. Tässä vaiheessa tutkittavalle asetettiin sykevyö sekä hengityskaasumaski mittauksia varten. Kuormitusten aikana mitattiin tutkittavan sykettä sekä hapenottoa samoin kuin suorassa testissä ja kaikki mittauslaitteet olivat samat kuin suorassa testissä.

Pyöräily aloitettiin suorassa testissä saavutetulla maksimaalisella teholla, jota oli tarkoitus ylläpitää mahdollisimman kauan uupumukseen asti. Lopetuskriteerit olivat samat kuin suorassa testissä. Testin aikana tutkittavia kannustettiin koko suorituksen ajan. Tutkittava polki omaa maksimaalista hapenottoa vastaavalla teholla (100 %  $P_{max}$ ) niin kauan kun jaksoi. Välittömästi pyöräilyn päätyttyä tutkittava vietiin jalkaprässi- ja kevennyshyppymittauksiin, jotka pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman nopeasti. Hermolihasjärjestelmämittauksen jälkeen tutkittava siirtyi istumaan kymmenen minuutin ajaksi. Tauon alettua tutkittavalta otettiin laktaattinäyte. Kymmenen minuutin ajan tuli istua penkillä, mutta jalkoja sai ravistella halutessaan. Tutkittavat saivat juoda testin aikana ainoastaan vettä, mutta veden määrää ei rajoitettu. Kymmenen minuutin lopussa tutkittavilta otettiin uusi laktaattinäyte. Tämän jälkeen he siirtyivät uudelleen jalkaprässille ja siitä kontaktimatolle hermolihasjärjestelmän mittauksiin. Palautusaika pyöräilykuormitusten välillä oli kokonaisuudessa 15 minuuttia, johon sisältyi istuminen ja hermolihasjärjestelmän mittaukset. Loput 2–3 minuuttia ajasta tutkittavat saivat ravistella ja valmistautua seuraavaan suoritukseen. Kuormituksia tehtiin yhteensä kolme ja ne olivat identtisiä rakenteeltaan.

Tutkimuksessa valittiin palautustavaksi istuminen 10 minuutin ajan. Loput 5 minuuttia palautuksesta käytettiin hermolihaskäytännön palautumistestien tekemiseen. Aiempien tutkimusten mukaan passiivisella ja aktiivisella palautumisella on eroa laktaatin palautumiseen, mutta vaikutusta suorituskykyyn ei ole 15 minuutin palautumisajassa havaittu. (Franchini ym. 2009, Franchini ym. 2003)

### **6.3.3 Voimamittaukset**

Hermolihasjärjestelmän mittaukset suoritettiin osana testikuormituksia aina ennen ja jälkeen jokaista polkupyöraergometrikuormitusta. Kuvassa 6 esitettiin jo aiemmin tutkimuskerran rakenne. Hermolihasjärjestelmämittaukset toteutettiin aina noin viisi minuuttia ennen kuormituksen aloittamista. Kuormituksen jälkeen nämä mittaukset toteutettiin välittömästi, jotta saataisiin akuutin väsymyksen aiheuttama vaikutus esille. Isometrinen jalkaprässi toteutettiin aina hermolihaskäytännön mittauksista ensimmäisenä, jonka jälkeen siirryttiin välittömästi kevennyshyppyjen suorittamiseen.

Isometrisen jalkaprässin avulla mitattiin maksimaalista alavartalon voimantuottoa, jonka avulla voidaan tarkastella hermolihaskäytännön palautumista. Jalkaprässi suoritettiin 110 asteen polvikulmalla, joka mitattiin ensimmäisellä testikerralla goniometrin avulla ja vakioitiin penkin etäisyydellä voimalevystä. Suoritusasento on esitetty kuvassa 7. Tutkivat suorittivat testikuormitusten yhteydessä aina kaksi maksimaalista suoritusta, joista mitattiin voimalevyn tuottama voimaa. Suoritusten välillä pidettiin 10 sekunnin palautusaika. Jalkaprässisuoritukset tehtiin aina samalla laitteella (Jyväskylän yliopisto). Maksimaalisen isometrisen jalkaprässin mittaus ja voima-aika-kuvaajan analyysi tehtiin Signal 4.1 ohjelman avulla. Kuvaajista analysoitiin maksimaalinen voimantuoton arvo (MVC) lähtökohtaisesti aina ensimmäisestä suorituksesta. Toinen suoritus analysoitiin ainoastaan, mikäli ensimmäinen suoritus epäonnistui. Isometrinen jalkaprässi on todettu toistettavaksi ja tarkaksi tutkia pieniäkin muutoksia alavartalon voimantuotossa sekä suorituskyvyssä (Harden ym. 2018).



KUVA 7. Isometrinen jalkaprässi suoritus 110 asteen polvikulmalla.

Jalkaprässisuorituksen jälkeen siirryttiin mittaamaan kevennyshyppyjä (CMJ) kontaktimatolle (Jyväskylän yliopisto). Kevennyshyppy olivat toinen alavartalon voimantuoton mittari tässä tutkimuksessa. Kuten jalkaprässi suorituksia, myös kevennyshyppyjä tehtiin kaksi kappaletta luotettavan ja onnistuneen tuloksen varmistamiseksi. Hyppyjen välissä pidettiin noin 10 sekunnin palautus. Kevennyshyppy suoritettiin kontaktimatolla, jolloin mitattiin suorituksen lentoaikaa. Kevennyshypyn tekniikka ohjeistettiin tutkittaville molemmilla mittauskerroilla, jotta se pysyisi samanlaisena jokaisella kerralla. Tutkittavat pitivät kädet lantiolla koko suorituksen ajan. He saivat itse valita kyykkösyvyyden ja jalkojen leveyden, joista hypyn suorittivat. Ohjeistus oli käydä nopeasti ala-asennossa, josta tuli hypätä mahdollisimman räjähtävästi suoraan ylöspäin. Ilmassa olo ja alastulo pyrittiin suorittamaan mahdollisimman suorilla jaloilla. Kevennyshypyn suoritustekniikka sekä vaiheet on esitetty aiemmin kuvassa 1. Myös kevennyshypystä analysoitiin ensimmäinen suoritus, mikäli se oli onnistunut. Kontaktimaton mittaama lentoaika muutettiin hyppykorkeudeksi ( $h$ ) kaavalla:  $h = 1/8gt^2$ , missä  $g$  = putoamiskiihtyvyys  $9,81 \text{ m/s}^2$  ja  $t$  = mitattu lentoaika (Buckthorpe ym. 2012). Gathercole ym. (2015) totesivat tutkimuksessa kevennyshypyn olevan tarkin ja toistettavin tapa mitata hermolihäsjärjestelmän väsymistä kuormituksen jälkeen, kun he vertasivat tutkimuksessaan erilaisia hyppy- ja sprinttitestejä.

## 6.4 Tilastolliset menetelmät

Tämän tutkimuksen tutkimusaineisto analysoitiin Microsoft Office Excel 2003- ja IBM SPSS Statistics 26.0 -ohjelmilla. Tulokset on ilmaistu tässä työssä muodossa: keskiarvo (KA)  $\pm$  keskihajonta (KH). Tilastolliset analyysit SPSS-ohjelmalla aloitettiin selvittämällä, ovatko tulokset normaalijakautuneita käyttämällä Shapiro-Wilk-testiä. Merkittävä osa tuloksista ei ollut normaalijakautuneita, joten koko tutkimusaineistolle käytettiin ei-parametrisia testejä. Myös ryhmiin jaettaessa pienet otannat tukivat ei-parametristen testien käyttöä. Muuttujien sisäisiä muutoksia analysoitiin Wilcoxonin testiä hyödyntäen kahdelle mittauspisteelle ja Friedmanin testiä useammille mittauspisteille. Friedmanin testissä tulosten merkitsevyyttä analysoidessa hyödynnettiin Bonferroninkorjausta. Ryhmien välisiä eroja muutoksissa tutkittiin lisäksi Mann-Whitney U-testin avulla.

Yksittäisen muuttujan kohdalla tapahtuneita muutoksia käsiteltiin prosentuaalisina muutoksina, joiden yhteyttä maksimaaliseen hapenottokykyyn ( $VO_2\max$ ) tutkittiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla. Kaikki muutokset ja korrelaatiot laskettiin ryhmäkohtaisesti sekä koko tutkimuksen otannalle. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi valittiin  $p < 0.05$  = tilastollisesti merkitsevä;  $p < 0.01$  = tilastollisesti hyvin merkitsevä ja  $p < 0.001$  = tilastollisesti erittäin merkitsevä.

## 7 TULOKSET

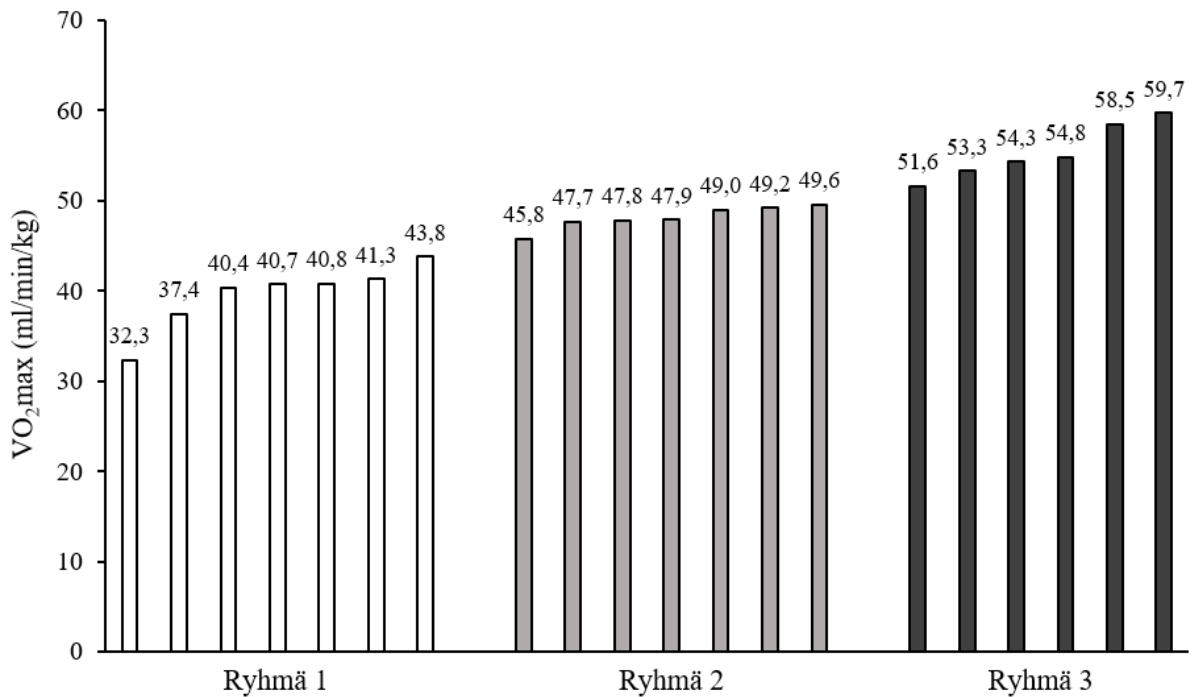
### 7.1 Suora maksimaalisen hapenottoyvyn testi

Suorassa maksimaalisen hapenottoyvyn testissä selvitettiin tutkittavien lähtötietoja, jotka on esitetty taulukossa 2 ryhmittäin sekä kaikkien tutkittavien osalta. Tämän lisäksi kuvassa 8 on eritelty jokaisen tutkittavan maksimaalisen hapenottoyvyn arvo, joiden perusteella tutkittavat ryhmiteltiin. Maksimaalinen hapenottoyky suorassa testissä on ainoa tutkimuksessa jatkossa käsitelty aerobisen kapasiteetin mittari, jota käytetään muiden tulosten analysoinnissa.

TAULUKKO 2. Suoran maksimaalisen hapenottoyvyn testin tulokset ryhmittäin sekä kaikkien tutkittavien osalta.

Ryhmä	VO <sub>2</sub> max (ml/min/kg)	VO <sub>2</sub> max-ab (ml/min)	HR max (bpm)	LA max (mmol/l)	TTE (s)	Pmax (W)
1	39,5 ± 3,7	3706 ± 255	189 ± 5	14,1 ± 4,4	1188 ± 140	298 ± 28,7
2	48,1 ± 1,3	3972 ± 526	191 ± 10	14,7 ± 3,4	1246 ± 211	311 ± 44,0
3	55,4 ± 3,1	4240 ± 301	198 ± 8	16,1 ± 2,6	1344 ± 155	330 ± 31,9
Kaikki	47,3 ± 7,1	3989 ± 447	193 ± 8	14,9 ± 3,5	1255 ± 175	312 ± 36,3

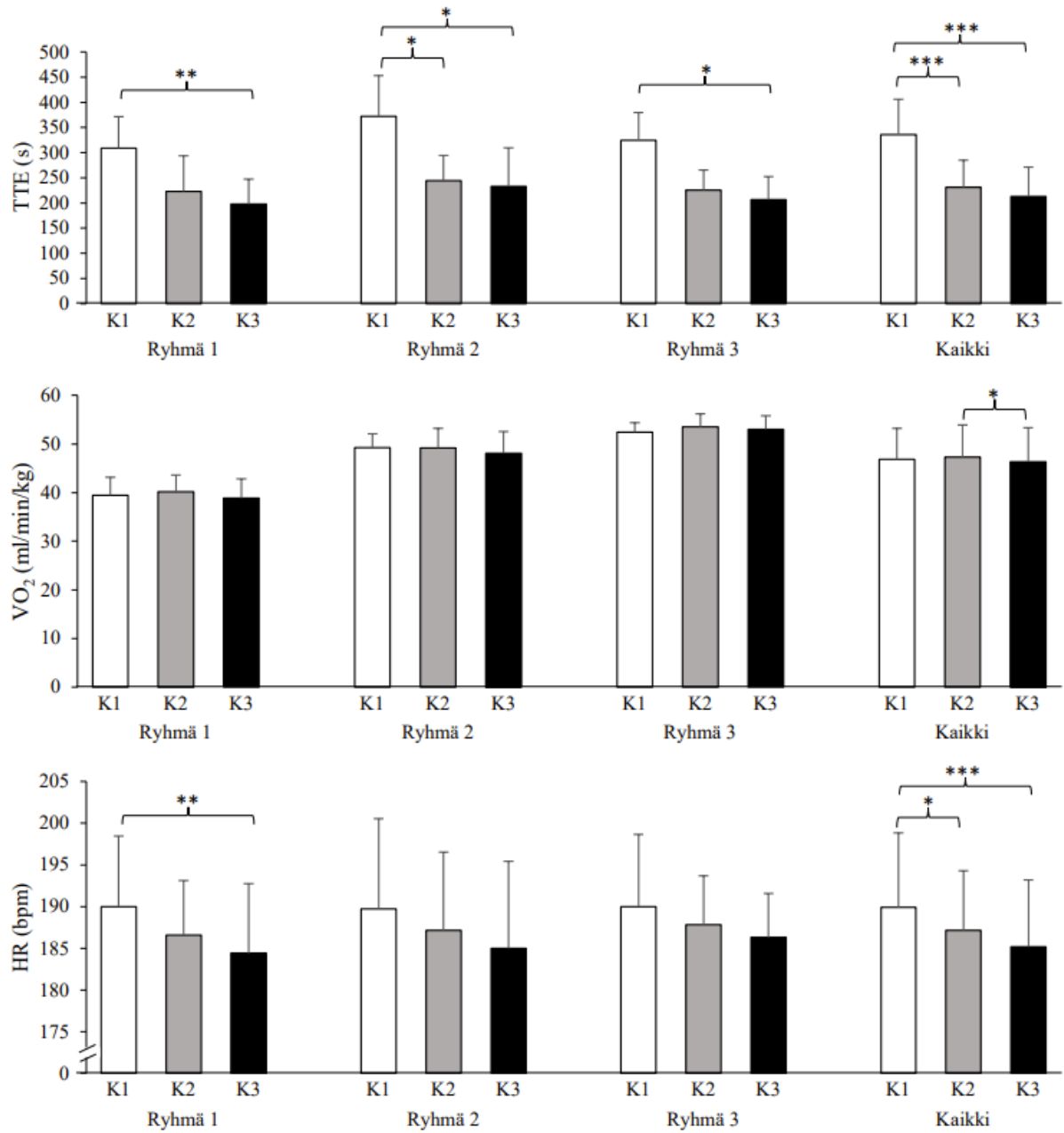
VO<sub>2</sub>max = painoon suhteutettu maksimaalinen hapenottoyky, VO<sub>2</sub>max-ab = absoluuttien maksimaalinen hapenottoyky, HR = syke, LA = laktaatti, TTE = testin aika, P = teho.



KUVA 8. Tutkittavien painoon suhteutettu maksimaalinen hapenotto-kyky, joka saavutettiin suorassa maksimaalisen hapenotto-kyvyn testissä. VO<sub>2</sub>max = painoon suhteutettu maksimaalinen hapenotto-kyky.

## 7.2 Suorituskyvyn muutokset toistetuissa kuormituksissa

Kuormituspäivältä suorituskykyä mitattiin kolmen toistetun kuormituksen ajalta. Kuormitusten aikana mitattiin suorituksen kestoa, hapenottoa ja sykettä. Nämä tulokset sekä niiden muutosten merkitsevyydet on esitetty ryhmittäin kuvassa 9. Kaikkien kolmen muuttujan kohdalla kuormitusten välisissä muutoksissa oli tilastollisia merkitsevyyksiä, kun tarkasteltiin koko tutkimuksen otantaa. Ryhmiä erikseen tarkastellessa kaikki muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta muuttujat reagoivat kaikissa ryhmissä samoin. Taulukossa 3 on myös esitetty kaikki muutokset prosentteina.



KUVA 9. Kuormitusten aikana mitattu suorituksen kesto, suorituksen aikainen maksimihapenotto sekä -syke. Muutokset ryhmittäin kuormitusten välillä. K = kuormitus, TTE = suorituksen kesto, VO<sub>2</sub> = hapenotto, HR = syke, Tilastollinen merkitsevyys: \* = p < 0,05; \*\* = p < 0,01; \*\*\* = p < 0,001.

TAULUKKO 3. Suorituskykymuuttujien prosentuaaliset muutokset, kun kaikkia kuormituksia on verrattu ristiin.

	Muutokset kuormien välillä (%)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>TTE</b>				
K1-K2	-28,1 ± 13,8	-33,1 ± 15,0*	-30,0 ± 9,8	-30,4 ± 12,7***
K1-K3	-35,5 ± 10,3**	-36,9 ± 20,4*	-35,9 ± 11,5*	-36,1 ± 14,2***
K2-K3	-8,4 ± 16,2	-6,5 ± 13,5	-8,1 ± 13,4	-7,6 ± 13,7
<b>VO<sub>2</sub></b>				
K1-K2	2,0 ± 4,2	-0,1 ± 3,0	2,1 ± 2,7	1,3 ± 3,4
K1-K3	-1,5 ± 3,0	-2,5 ± 4,3	1,2 ± 3,7	-1,0 ± 3,8
K2-K3	-3,3 ± 3,0	-2,4 ± 2,6	-0,9 ± 1,3	-2,3 ± 2,5*
<b>HR</b>				
K1-K2	-1,8 ± 1,6	-1,3 ± 1,7	-1,1 ± 1,7	-1,4 ± 1,6*
K1-K3	-2,9 ± 2,1**	-2,4 ± 2,8	-1,8 ± 2,9	-2,4 ± 2,5***
K2-K3	-1,2 ± 1,9	-1,2 ± 1,5	-0,8 ± 1,6	-1,0 ± 1,6

\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ , K = kuormitus, TTE = suorituksen kesto, VO<sub>2</sub> = hapenotto, HR = syke.

Suorituskykymuuttujien prosentuaalisia muutoksia verrattiin maksimaaliseen hapenottokykyyn. Taulukossa 4 on esitetty muuttujien yhteys hapenottokykyyn ryhmittäin sekä koko otannalle. Yhteys aerobiseen kapasiteettiin löydettiin muutaman yksittäisen muutoksen sekä yksittäisten ryhmien kohdalla. Ryhmien välisessä vertailussa ei myöskään löydetty merkitseviä eroja ryhmien välillä.

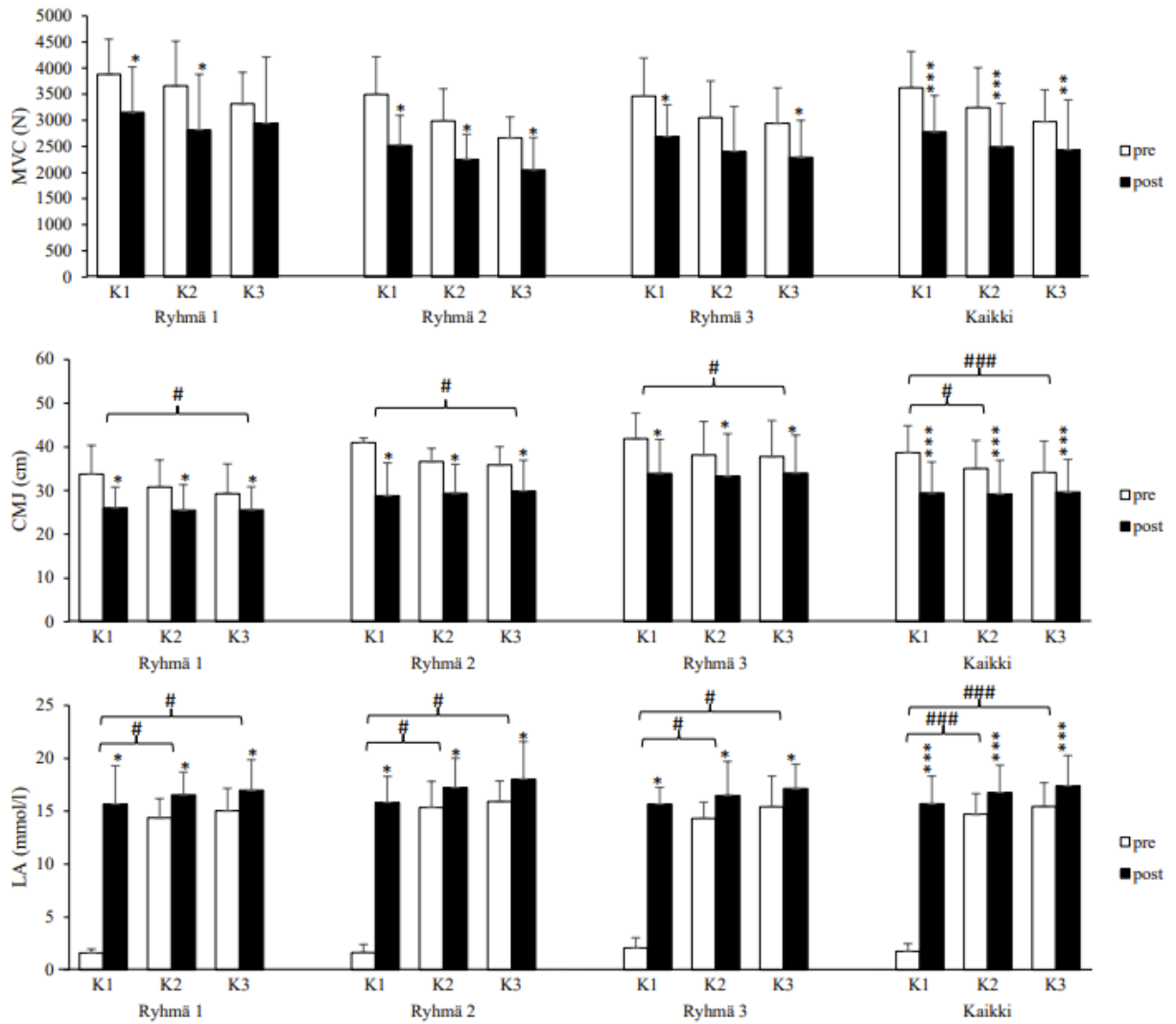


TAULUKKO 4. Suorituskykymuuttujien yhteys maksimaaliseen hapenottokykyyn. Muutokset on laskettu ristiin kaikkien kuormitusten välillä.

	Kuormien välisten muutoksien korrelaatio VO <sub>2</sub> max (r)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>TTE</b>				
K1-K2	0,571	-0,214	0,023	0,080
K1-K3	-0,179	0,321	0,100	-0,007
K2-K3	-0,893**	0,607	0,052	-0,018
<b>VO<sub>2</sub></b>				
K1-K2	-0,143	-0,396	0,829*	0,105
K1-K3	-0,179	-0,429	0,771	0,170
K2-K3	-0,214	0,000	0,086	0,332
<b>HR</b>				
K1-K2	0,286	-0,357	-0,257	0,006
K1-K3	-0,357	-0,179	-0,029	0,015
K2-K3	-0,464	0,214	-0,290	0,075

\* =  $p < 0,05$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ,  $r$  = Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, K = kuormitus, TTE = suorituksen kesto, VO<sub>2</sub> = hapenotto, HR = syke.

Kuormitusta ennen (pre) ja jälkeen (post) tulokset saatiin jalkaprässistä, kevennyshypystä sekä laktaattimittauksista. Kuvassa 10 on esitetty muuttujien reagoiminen jokaisen kuormituksen aikana. Kaikkien muuttujien kohdalla koko otantaa tarkastellessa löydettiin tilastollisia merkitsevyyksiä kuormitusten välillä. Myös ryhmäkohtaisia eroavaisuuksia on havaittavissa. Kuormitusten aikaisten muutosten vertailu ristiin kuormien välillä antoi merkitseviä tuloksia kevennyshypyssä ja laktaatissa, mutta lepolaktaatin matala arvo vaikuttaa muutosprosentteihin. Taulukossa 5 on esitelty muutokset kuormien aikana (pre vs. post) prosentteina.



KUVA 10. Kuorman aikaiset muutokset voima- ja laktaattimittauksissa. K = kuormitus, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti, pre = ennen kuormitusta, post = kuormituksen jälkeen. Tilastollinen merkitsevyys: \*/# =  $p < 0,05$ ; \*\*/## =  $p < 0,01$ ; \*\*\*/### =  $p < 0,001$ . Symbolit: \* = kuormituksen pre ja post arvon ero, # = kuormitusten sisäisten muutosten vertailu.

TAULUKKO 5. Voima- ja laktaattituloksissa tapahtuvat muutokset kuormien aikana.

	Muutokset kuormien välillä (%)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>MVC</b>				
K1	-22,1 ± 13,2*	-26,4 ± 15,8*	-21,5 ± 12,2*	-23,5 ± 13,4***
K2	-24,9 ± 14,3*	-22,7 ± 18,7*	-20,9 ± 19,7	-22,9 ± 16,7***
K3	-12,8 ± 32,0	-21,0 ± 25,0*	-21,8 ± 15,2*	-18,4 ± 24,5**
<b>CMJ</b>				
K1	-22,4 ± 9,4*	-29,3 ± 18,4*	-19,5 ± 7,8*	-23,9 ± 13,0***
K2	-17,2 ± 9,1*	-20,5 ± 13,8*	-13,4 ± 12,6*	-17,2 ± 11,7***
K3	-12,4 ± 4,5*	-17,8 ± 13,4*	-10,4 ± 3,7*	-13,7 ± 8,8***
<b>LA</b>				
K1	875,1 ± 131,7*	1071,5 ± 615,2*	777,5 ± 331,0*	914,5 ± 411,6***
K2	15,2 ± 9,3*	12,2 ± 4,1*	14,7 ± 13,5*	14,0 ± 9,1***
K3	13,2 ± 14,9*	12,6 ± 9,3*	12,1 ± 7,8*	12,7 ± 10,7***

\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ , K = kuormitus, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti.

Voima- sekä laktaattimittausten prosentuaalisia muutoksia tutkittiin myös suhteessa maksimaaliseen hapenottokykyyn. Missään muuttujassa tapahtunut muutos ei korreloinut maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa (Taulukko 6). Kuormitusten aikaiset muutokset laskettiin ristiin kuormitusten välillä ja näitä verrattiin korrelaation avulla maksimaaliseen hapenottokykyyn, mutta mitään merkitseviä yhteyksiä niistä ei löydetty. Myöskään ryhmien välisessä muutosten vertailussa ei löydetty ryhmien välisiä merkitseviä eroja.

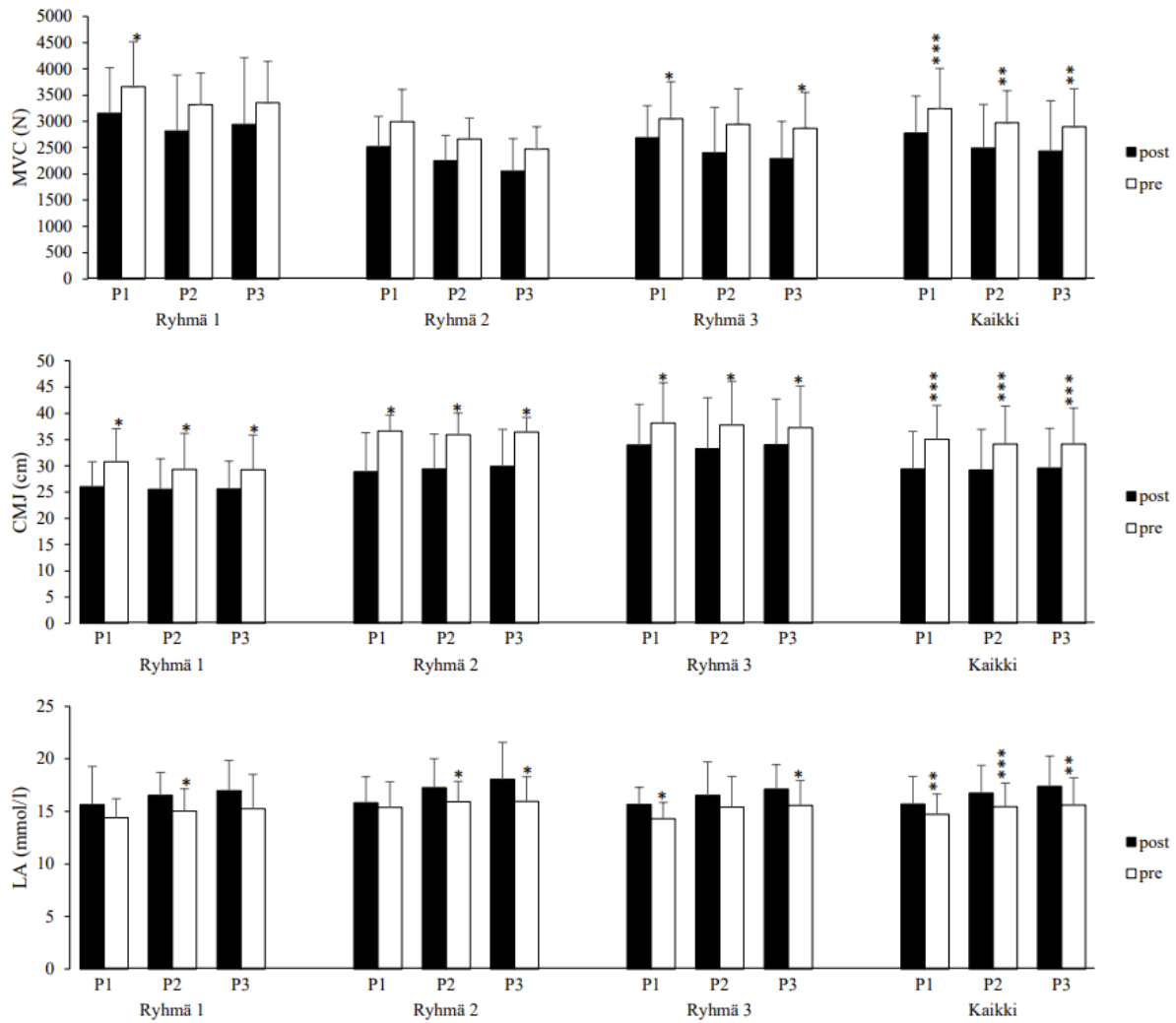
TAULUKKO 6. Voima- ja laktaattituloksissa tapahtuvien muutosten yhteys maksimaaliseen hapenottookykyyn.

	Kuorman aikaisen muutoksen korrelaatio VO <sub>2</sub> max (r)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>MVC</b>				
K1	0,143	-0,179	-0,429	-0,014
K2	-0,286	0,179	-0,429	0,039
K3	-0,357	0,286	0,143	-0,005
<b>CMJ</b>				
K1	-0,143	-0,071	-0,371	0,137
K2	-0,429	0,250	0,257	0,111
K3	0,250	0,571	-0,429	0,206
<b>LA</b>				
K1	-0,643	0,286	0,086	-0,042
K2	0,321	-0,643	0,086	0,014
K3	0,143	-0,143	0,257	0,029

r = Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, K = kuormitus, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti.

### 7.3 Palautumisajan muutokset

Suorituskyvyn muutoksia mitattiin kuormitusten lisäksi myös ennen ja jälkeen kuormitusten välissä olevia palautusaikoja. Näihin suorituskyky mittauksiin kuuluivat voima- sekä laktaattimittaukset. Palautusaikoja oli kolme: P1 kuormien 1 ja 2 välillä, P2 kuormien 2 ja 3 välillä sekä P3 kuorman kolme sekä post 10 min mittausten välillä. Koko dataa tarkastellessa muutos palautusajan suorituskyvyssä oli kaikkien muuttujien kohdalla tilastollisesti hyvin tai erittäin merkitsevä. Palautusaikojen sisäisiä muutoksia verrattaessa ristiin tilastollisesti merkitseviä eroja ei löydetty. (Kuva 11) Taulukossa 7 Palautusvälien aikaiset muutokset on kuvattu prosentteina.



KUVA 11. Palautumisajan muutokset voima- ja laktaattimittauksissa. P = palautusväli, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti, pre = ennen kuormitusta, post = kuormituksen jälkeen. Tilastollinen merkitsevyys: \*/# =  $p < 0,05$ ; \*\*/## =  $p < 0,01$ ; \*\*\*/### =  $p < 0,001$ .

Palautusaikojen muutoksia verrattiin samalla tavalla maksimaaliseen hapenottokykyyn kuin kuormituksen aikana tapahtuvia muutoksia. Taulukossa 8 on kuvattu palautusajan voima- ja laktaattimuutosten yhteys aerobiseen kapasiteettiin. Vertaillessa palautusajan aikaisia muutoksia ristiin palautusaikojen välillä ja verratessa näitä korrelaation kautta maksimaaliseen hapenottokykyyn, ei löydetty yhteyttä muutosten muutoksien ja aerobisen kapasiteetin välillä. Samaan tulokseen päädyttiin ryhmien välisten muutosten vertailussa, jolloin ryhmien välillä ei löydetty merkitseviä eroja.

TAULUKKO 7. Palautusaikoina tapahtuvat prosentuaaliset muutokset.

	Palautusaikana tapahtuva muutos (%)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>MVC</b>				
P1	26,3 ± 20,4*	21,5 ± 28,3	13,6 ± 14,1*	20,5 ± 21,6***
P2	27,0 ± 32,0	21,7 ± 26,3	30,1 ± 38,8	26,1 ± 30,8**
P3	25,6 ± 36,9	37,3 ± 71,5	27,8 ± 22,1*	30,3 ± 46,9**
<b>CMJ</b>				
P1	18,2 ± 7,6*	37,1 ± 37,7*	13,0 ± 6,7*	23,3 ± 29,3***
P2	15,4 ± 7,9*	25,7 ± 18,3*	16,1 ± 16,1*	19,2 ± 14,8***
P3	14,1 ± 8,6*	29,7 ± 36,7*	10,4 ± 8,5*	18,5 ± 24,8***
<b>LA</b>				
P1	-6,2 ± 12,2	-2,7 ± 5,6	-8,5 ± 4,0*	-5,7 ± 8,2**
P2	-9,0 ± 4,3*	-7,0 ± 5,9*	-6,1 ± 12,0	-7,4 ± 7,5***
P3	-9,8 ± 13,4	-10,7 ± 6,9*	-9,2 ± 3,2*	-10,0 ± 8,7**

\* = p < 0,05; \*\* = p < 0,01; \*\*\* = p < 0,001, P = palautusväli, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti.

TAULUKKO 8. Palautusaikojen muutosten yhteys maksimaaliseen hapenottokykyyn.

	Palautusvälin muutoksen korrelaatio VO <sub>2</sub> max (r)			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Kaikki
<b>MVC</b>				
P1	-0,029	0,107	-0,029	-0,260
P2	0,286	-0,214	0,314	0,030
P3	0,357	-0,714	-0,200	-0,032
<b>CMJ</b>				
P1	0,357	-0,357	-0,600	-0,338
P2	0,321	-0,071	-0,143	-0,069
P3	0,357	-0,679	0,543	-0,162
<b>LA</b>				
P1	-0,179	-0,179	0,086	-0,224
P2	-0,360	0,286	0,429	0,093
P3	-0,429	0,429	0,143	0,093

r = Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, P = palautusväli, MVC = maksimaalinen isometrinen jalkaprässi, CMJ = kevennyshyppy, LA = laktaatti.

## 8 POHDINTA

**Päätulokset.** Tutkimuksessa ei löydetty yhteyttä aerobisen kapasiteetin ja suorituskyvyn muutosten tai palautumisen välillä. Tarkastellessa suorituskyvyn muutoksia aerobisen kapasiteetin mukaan jaetuissa ryhmissä, aika uupumukseen (TTE) lyheni jokaisessa ryhmässä merkitsevästi kuormitusta toistettaessa. Kuormituksessa saavutetussa maksimisykkeessä nähtiin kuitenkin merkitsevä muutos ryhmällä 1 ensimmäisen ja kolmannen kuormituksen välillä. Yhteyttä aerobiseen kapasiteettiin ei näiden muuttujien kohdalla nähty kuin yksittäisten kuormien välisten muutosten kohdalla. Voima- ja laktaattituloksia tarkastellessa kuormitukset aiheuttivat kaikissa ryhmissä merkitseviä muutoksia, mutta nämä muutokset eivät olleet yhteydessä aerobiseen kapasiteettiin. Palautumisajan muutokset olivat osan kuormista kohdalla merkitseviä ja erityisesti kevennyshyppytulokset palautui kaikilla ryhmillä merkitsevästi. Palautumisajan muutokset eivät kuitenkaan olleet yhteydessä aerobiseen kapasiteettiin.

### 8.1 Suorituskyvyn muutokset toistetuissa kuormituksissa

**Kuormituksen aikana.** Toistetuissa kuormituksissa suorituskyky heikkeni väsymyksen vuoksi, kuten oli odotettavissa. Aika uupumukseen ja suorituksen maksimisyke heikkenivät merkitsevästi, kun tarkasteltiin koko tutkimuksen dataa. Myös suorituksen aikaisessa maksimihapenotossa havaittiin merkitsevää muutosta toisen ja kolmannen kuormituksen välillä. Väsymystä ovat todennäköisesti aiheuttaneet lihastason perifeeriset tekijät sekä keskushermoston sentraalisen väsymyksen vaikutus. Kun tuloksia tarkastelee ryhmäkohtaisesti muutokset ovat kuitenkin epäselvempiä ja eivät merkitseviä kaikkien kuormien välillä. Mitään selkeää yhteyttä aerobiseen kapasiteettiin ei näissä tuloksissa löydetty.

Toisen ja kolmannen kuormituksen välillä suoritusajalla (TTE) ei ollut suurta eroa. Ensimmäinen kuormitus oli kuitenkin aina näitä kuormituksia merkitsevästi pidempi. Kamppailu-urheilijoilla irtiotto on merkittävä ja hyvä lajiominaisuus, jonka vaikutusta voidaan tässä mahdollisesti havaita. Ensimmäiseen kuormitukseen tuodaan kaikki mahdollinen suorituskyky, jonka jälkeen seuraava suoritus on merkittävästi heikompi. Mikäli kuormitusta toistetaan kuitenkin enemmän, suorituskyky ei välttämättä muutu paljoa. Tällainen

asia pitäisi ottaa harjoitteluissa ja kilpailuissa huomioon, sillä ensimmäinen ottelu ei saisi olla fyysisesti liian kuormittava, jotta suoritustaso säilyy seuraavissa otteluissa. Otteluiden kuormittavuuteen ei toki aina voi vaikuttaa, mutta esimerkiksi erilaisilla urheilijan kykyjä hyödyntävillä taktisilla valinnoilla mahdollisuudet tämän asian huomioimiseen voi löytyä.

Aerobisen kapasiteetin tulisi vaikuttaa palautumiseen, sillä korkeamman aerobisen kapasiteetin omaavilla aerobisen työn hyödyntäminen ja laktaatinpoistonopeus tulisi olla suurempaa (Tomlin & Wenger 2001). Tässä tutkimuksessa suhteellinen kuormitus on kuitenkin eroavaisuus muihin tämän aiheen tutkimuksiin. Suhteellinen kuormitus on aiheuttanut kaiken tasoille tutkittaville todennäköisesti yhtä suuren suhteellisen väsymystilan, jolloin palautuminen ei välttämättä ole parempikuntoisilla nopeampaa. Esimerkiksi vaikka näiden urheilijoiden laktaatinpoistonopeus olisi suurempaa, kuormituksen aiheuttanut laktaattipitoisuuden nousu on suhteessa paljon suurempi kuin matalampikuntoisilla.

Kuormitusten välissä tutkittavat saivat nauttia ainoastaan vettä. Korkeaintensiteettinen kestävyysuoritus kuitenkin vähentää lihasten glykogeenivarastoja, jolla on todettu olevan suorituskykyä heikentävä vaikutus. Suoritusten välillä nautitulla hiilihydraatilla on tutkimuksissa saatu nopeutettua palautumista. (Knuiman ym. 2015) Mikäli tutkittaville olisi annettu hiilihydraattipitoista juomaa tämän tutkimuksen kuormien välissä, muutokset suorituskyvyssä eivät välttämättä olisi olleet näin suuria. Kamppailulajien kilpailuissa usein nautitaan jonkinlaista urheilujuomaa suoritusten välissä, mikä onkin suositeltavaa tämän kaltaisissa kuormituksissa.

***Ennen ja jälkeen kuormituksen.*** Kuormituksia ennen ja jälkeen mitattiin muun muassa voimaominaisuuksia, joissa tapahtui kuormitusten aikana selkeää heikkenemistä. Käytännössä kaikilla ryhmillä sekä koko otannalla havaittiin tilastollisesti merkitsevää heikentymistä MVC:n ja kevennyshypyn kohdalla. Muutokset eivät olleet erilaisia ryhmien välillä. Kuormituksen aiheuttamaa muutosta tuloksissa verrattiin kuormien välillä, jolloin kevennyshypyssä havaittiin merkitseviä eroja jokaisessa ryhmässä ensimmäisen ja kolmannen kuormituksen välillä. Nämä tulokset olivat linjassa aiempien tutkimustulosten kanssa (Fiorenza



ym. 2019, Valenzuela ym. 2018). Kuitenkin verratessa muutoksia aerobiseen kapasiteettiin, ei löydetty mitään yhteyttä.

Laktaattiarvot kasvoivat kuormitusten aikana myös merkitsevästi, mutta näistä ei löydetty yhteyttä aerobiseen kapasiteettiin. Yleisesti katsottuna veren laktaattipitoisuuden taso oli myös erittäin korkea, mikä on kamppailulajeissa tyypillistä. Esimerkiksi Ouerguin ym. (2014) tutkimuksessa kolmen potkunyrkkeilyerän jälkeen laktaattipitoisuus oli noin 15 mmol/l. Tässä tutkimuksessa laktaattipitoisuudet kuormien jälkeen olivat tämän suuntaisia. Suorituksen aikainen laktaatinpoistokyky voisi vaikuttaa muun muassa suorituksen keston. Esimerkiksi Björklundin ym. (2011) tutkimuksessa korkean tason hiihtäjillä laktaatinpoistokyky oli keskitason hiihtäjiä parempi. Näiden tutkimustulosten perusteella voisi olettaa tässä tutkimuksessa aerobisella kapasiteetilla olevan yhteys suorituskäyttöön, mutta kuorman ollessa korkeatasoisilla urheilijoilla rankempi, tällaisia tuloksia ei saatu.

Maksimivoimatuloksia (MVC) verratessa voidaan nähdä, että heikoimman maksimaalisen hapenottokyvyn ryhmällä 1 voimatulokset olivat korkeimmat. Kevennyshyppytuloksissa taas korkeimman maksimaalisen hapenottokyvyn ryhmällä 3 oli parhaat tulokset. Ryhmän 1 korkeita tuloksia voi selittää muun muassa tutkittavien aiempi harjoitustausta, jota ei tässä tutkimuksessa selvitetty. Ryhmän 3 tutkittavista suurempi osa saattaa taas olla pidempään kamppailulajien parissa olleita, jolloin räjähtävät voimantuotto-ominaisuudet ovat kehittyneet lajinomaisella harjoittelulla.

## **8.2 Palautumisajan muutokset**

Palautumisaikana tutkittavat istuivat penkillä paikallaan, mutta sitä ennen ja jälkeen tehtiin voima- ja laktaattimittaukset. Passiivisella palautumisajalla kevennyshyppy parantui aina merkitsevästi 10 minuutin aikana kaikilla ryhmillä. MVC:n kohdalla muutokset ovat epäselvempiä, mutta koko otantaa tarkastellessa palautuminen oli tilastollisesti merkitsevää jokaisen kuorman kohdalla. Samanlainen tulos voidaan havaita laktaattiarvojen kohdalla, jossa merkitseviä muutoksia ei tapahtunut aina ryhmiä tarkastellessa, mutta ne olivat havaittavissa koko otannan kohdalla. Palautumisajan muutoksilla ei ollut yhteyttä aerobiseen kapasiteettiin

korrelaatiota analysoidessa ja muutoksia tarkastellessa ei ollut havaittavissa selkeitä ryhmäkohtaisia eroja.

Veren laktaattipitoisuus oli erittäin korkea seuraavaan kuormaan lähtiessä, koska palautusaika oli passiivista. Vaikka tutkimuksissa on osoitettu, että palautumistavalla ei olisi vaikutusta suorituskykyyn (Franchini ym. 2009, Franchini ym. 2003, Ouergui ym. 2014), voidaan silti pohtia aineenvaihduntatuotteiden merkitystä suoritukseen. Laktaattipitoisuuden ollessa korkealla myös lihaksen vetypitoisuus on koholla, millä taas on todettu olevat suorituskykyä heikentävä vaikutus (Sundberg & Fitts 2019). Voisi siis olla, että aktiivisella palautuksella suorituskyky ei olisi heikentynyt kuormien edetessä niin merkittävästi.

Kevennyshyppy palautui merkitsevästi kaikilla ryhmillä jokaisen palautusajan aikana, mutta samaa palautumista ei havaittu MVC:n kohdalla. Kevennyshypyn mitatessa alaraajojen nopeampaa tehontuottokykyä, voidaan olettaa näiden ominaisuuden palautuneen paremmin. MVC taas mittaa enemmän maksimivoimaa, jonka ominaisuuksilla voi olla pidempi palautumisaika. Kamppailulajien näkökulmasta tehontuottokykyä voidaan pitää erittäin tärkeänä ottelun aikaisten räjähtävien suoritusten vuoksi (Ouergui ym. 2014). Näiden ominaisuuksien nopea palautuminen kamppailulajeja simuloivasta kuormituksesta tukee nopeaa palautumista myös kilpailutilanteissa.

### **8.3 Tutkimuksen heikkoudet**

Kamppailulajeihin sopivan kuormitusmallin valinta päättyi polkupyöraergometrikuormitukseen, jotta suoritus olisi helposti vakioitava. Tämä kuitenkin tarkoitti sitä, ettei suoritus ollut toiminnaltaan lajinomainen. Parempi kuormitus olisi voinut olla jotain lajinomaista suoritusta sisältävä toiminta. Polkemisasentoa ei pyörällä vakioitu, jolloin tutkittavat vaihtelivat istuvan ja seisovan asennon välillä. Tällä asennonvaihtelulla suoritukseen saatiin usein lisäkestoa, mutta se vaikuttaa paljon muun muassa tukilihasten työmäärään ja sitä kautta hapenottotuloksiin. Suoritusasennon vaihtelu onkin siis voinut vaikuttaa suuresti kerättyihin tuloksiin.

Tutkimuksessa ei otettu huomioon sitä, kuinka pitkä kamppailulajien harjoittelutausta tutkittavilla oli. Karkeasti osalla oli noin 2 vuoden kokemus, kun taas osalla yli 10 vuoden kokemus. Tämän vuoksi myös kamppailulajien harjoittelua aiemman taustan merkitys voi kasvaa todella suureksi. Mikäli joku on siirtynyt kestävyyslajeista kamppailulajeihin, tausta ja ominaisuudet ovat hyvin erilaiset kuin voimaharjoittelulla tai harjoittelemattomalla henkilöllä. Tutkittavien valmistautumista testeihin ei myöskään ollut tarkasti vakioitu. Raskasta kuormitusta tuli tutkimusta edeltävinä päivinä välttää, mutta ei ole varmaa tietoa, miten tutkittavat olivat palautuneet edeltävistä harjoituksista. Kovemmassa kunnossa olevat tutkittavat saattavat myös harjoitella enemmän, jolloin heillä voi kehossa olla enemmän kuormitusta aiemmista harjoituksista. Mikäli tutkittavat eivät olleet palautuneet kunnolla ennen mittauksia, vaikutus tällaisessa maksimaalisessa suorituksessa voi olla erittäin suuri (Hottenrott ym. 2021).

Tarkastellessa tutkittavien ryhmäjakoja, voidaan todeta iän kasvavan kuntoluokkien mukaan. Ryhmä 1 on iältään vanhin sekä kehonpainoltaan suurin ryhmä. Ikähaarukan vaihtelulla voi olla merkittäviä vaikutuksia tutkimuksen tuloksiin. Hottenrott ym. (2021) totesivat kuitenkin, että tärkeämpää on tarkastella henkilön harjoitustaustaa kuin pelkästään ikää. Koska harjoitustaustasta ei ole tietoa, tässä tutkimuksessa iän vaikutusta ei voida jättää sivuuttamatta.

Kuormitusten aikana suoritukseen saattoi vaikuttaa oppiminen, sillä ensimmäinen kuormitus oli jokaiselle uusi tilanne ja uudenlainen suoritus. Toistettaessa kuormitusta tutkittavilla oli jo tieto siitä, miltä kuormitus tuntuu ja maksimaalinen suoritus oli myös helpompi saada aikaan. Suorituksen aika oli tutkittaville näkyvissä, jolloin toisessa ja kolmannessa kuormituksessa tutkittavilla oli selkeä tavoiteaika, jota kohti lähteä. Tämä saattaa vääristää aikatuloksia suorituskyvyn näkökulmasta erityisesti ensimmäisen kuormituksen kohdalla, jolloin selkeää tavoitetta ei ollut. Kuormitusten aikana monille tutkittavista tuli erittäin huono olo, sillä kuormitus oli fyysisesti erittäin kova. Tämä paha olo saattoi johtaa kuormitusten välillä jopa oksentamiseen, millä oli varmasti vaikutusta seuraavan kuormituksen suoritukseen. Tärkeää on myös huomioida, että tässä tutkimuksessa ei toteutettu kamppailulajeihin tyypillistä painonpudotusta ennen kuormituspäivää. Painonpudotuksen aiheuttamat nestetasapainon muutokset voivat olla merkittävässä roolissa toistetuista kuormituksista palautumisessa, vaikka eliittipainijoilla tällaisia muutoksia ei Barbasin ym. (2011) tutkimuksessa todettu.

Polkupyöräergometri kuormituksen valinta saattoi vaikuttaa myös tutkittavien mahdollisuuteen saada suorituksesta niin sanotusti kaikki irti. Kamppailulajeissa harjoitteita tehdään pääasiassa lajinomaisesti esimerkiksi sparraamalla, joten pyöräily voi monelle olla kuormitusmuotona vieraampi. Tämä on voinut vaikuttaa irtiottokykyyn erityisesti maksimaalisissa vaiheissa suoritusta niin suorassa testissä kuin kuormituspäivänäkin. Pyöräilyssä työtä tehdään pääasiassa alavartalon lihaksilla, kun kamppailulajeissa työ tapahtuu koko keholla. Suoritustavan lisäksi mittaaajien vaikutusta ei voi olla huomioimatta, sillä kaikki testaajat olivat tässä tutkimuksessa opiskelijoita. Vaikka testaamista harjoiteltiin pilottimittausten muodossa, virheitä esimerkiksi laktaattien mittauksessa tai tulosten analysoinnissa on aina voinut tapahtua.

#### **8.4 Tutkimuksen vahvuudet**

Tämän tutkimus oli tiedettävästi ensimmäinen, jossa suhteellista kuormaa tutkittiin nimenomaan kamppailulajien näkökulmasta. Aerobiseen kapasiteettiin suhteutetun kuormituksen tutkimuksia on myös tätä ennen tehty vain muutamia. Uudenlaisen näkökulman avaaminen sekä tutkimustarpeen luominen ovat selkeitä tutkimuksen vahvuuksia. Tutkimuksessa käytettyä kuormitusmallia (maksimiteholla uupumukseen asti) on käytetty muutamissa tutkimuksissa aiemmin, mutta sitä voidaan käyttää myös enemmän tulevaisuuden tutkimuksissa. Kamppailulajeja simuloivan kuormituksen vieminen tällaiseen vakioitavaan muotoon on erittäin tärkeää jatkon tutkimisen kannalta. Polkupyöräergometri valikoitui tutkimukseen juuri sen selkeän vakioinnin vuoksi. Esimerkiksi juoksukuormituksessa juoksuvauhti ja -tekniikka olisivat voineet olla monelle tutkittavalle suoritusta rajoittavia tekijöitä ja toisaalta esimerkiksi soutukuormituksen käyttäminen olisi vaatinut uusia laitteita sekä kuormitusmallien kehittämistä ja vakioimista aivan alusta asti.

Kaikki tutkittavat olivat kamppailulajien harrastajia ja/tai urheilijoita, jolloin kamppailulajeja simuloiva kuormitus oli heille optimaalinen. Tutkittavat olivat hyvin eritasoisia kunnon sekä lajitaustan mukaan. Kuten kuvasta 8 nähtiin, aerobista kapasiteettia kuvaava maksimaalinen hapenottokyky vaihteli erittäin suuresti tutkittavien välillä. Tällaisen suuren tasoeron tarkoitus oli yrittää saada suhteellisen kuorman vaikutus selkeämmin esille. Tutkittavien määrä oli

suhteessa tutkimusaiheen uutuuteen erittäin hyvä, sillä pienemmällä otannalla erot aerobisessa kapasiteetissa olisivat voineet jäädä pieneksi.

Yksittäisten kamppailulajien urheilijoita on tutkittu jonkun verran erilaisissa tutkimuksissa, mutta suorituskyky ja palautuminen eivät ole se selkein tutkimuksen kohde. Monipuolinen tutkimus kamppailulajien urheilijoiden suorituskyvyn taustatekijöistä onkin siis vielä puutteellista. Erityisesti Suomessa kamppailulajeja on tutkittu todella vähän. Monipuolisen lajikirjon tutkiminen antaisi mahdollisuuksia niin lajien ja urheilijoiden kehittymiselle kuin kamppailulajien harjoittelun ja tulosten viemiselle myös muiden lajien kontekstiin.

## **8.5 Yhteenveto**

Tämän tutkimuksen perusteella aerobinen kapasiteetti ei vaikuttanut kestävyys suorituskyvyn ja voimantuotto-ominaisuuksien palautumiseen tai muutoksiin toistetuilla suhteellisilla kuormituksilla. Suorituskyky heikkeni kuormitusta toistettaessa, mutta kaikilla ryhmillä samassa suhteessa. Palautumisajalla muutokset olivat kaikilla ryhmillä myös samanlaisia. Kaikki tutkittavat siis palautuivat kuormituksista samalla tavalla, kun kuormituksen suuruus oli suhteutettu heidän aerobiseen kapasiteettiinsa.

Tulosten valossa ei voi perustella aerobisen kapasiteetin merkitystä kamppailulajeissa ainakaan suhteellisen kuormituksen ja sen suorituskyvyn palautumisen näkökulmasta. Mikäli kuormitus olisi absoluuttinen, paremman aerobisen kapasiteetin omaavat henkilöt voisivat palautua siitä nopeammin (Tomlin & Wenger 2001). Paremmassa kunnossa olevat urheilijat voivat myös yleensä harjoitella määrällisesti ja tehollisesti enemmän, jolloin esimerkiksi kamppailulajien lajitaitoja sekä lajikuntaa voidaan kehittää tehokkaammin.

## 9 KÄYTÄNNÖN SOVELLUKSET ERI LAJEISSA

Kamppailulajien suorituskyky eroaa tietyiltä osin paljonkin muista lajeista, mutta toki eri kamppailulajienkin välillä on paljon eroavaisuuksia. Juuri kamppailulajeille ominaisen kuormituksen kautta suorituskykyä ja palautumista oli mielenkiintoista tutkia. Aerobisella kapasiteetilla ei löydetty olevan yhteyttä palautumiseen suhteellisesta kuormituksesta, mutta absoluuttisen kuormituksen kohdalla korkeamman aerobisen kapasiteetin omaavat urheilijat palautuvat todennäköisesti paremmin. Kilpailuottelussa parempikuntoinen urheilija kykenee suoriutumaan korkeammalla intensiteetillä, jolloin hän pystyy tekemään enemmän työtä voiton eteen. Hyvällä aerobisella kapasiteetilla on myös suuri merkitys harjoittelun määrän mahdollistamisessa.

Kamppailulajien kuormitus on korkeaintensiteettinen kestävyysuoritus, mikä haastaa urheilijaa aerobisesti sekä anaerobisesti. Myös tehontuotto-ominaisuudet ovat tärkeässä roolissa monia kamppailulajeja. Monipuolisuutensa vuoksi kamppailulajien palautumista ei voida katsoa vain kestävyysominaisuuksien näkökulmasta. Esimerkiksi iskuja sisältävissä kamppailulajeissa myös näiden parantumisen merkitys on isossa roolissa. Erilaisten palautumisen edistäjien sekä kamppailulajeille omaisen painonpudotuksen merkityksiä tulee pohtia jokaisen urheilijan kohdalla. Palautuminen onkin siis kokonaisvaltainen prosessi, jossa suorituskykyominaisuuksien lisäksi ravinnon, levon ja harjoituskuormituksen tasoa tulee tarkkailla kilpailuiden lähentyessä.

Yleisesti kamppailulajeilla tehtyjen tutkimusten tuloksia voidaan soveltaa muiden kamppailulajien lisäksi myös sellaisiin lajeihin, jotka sisältävät korkeaintensiteettistä kestävyysuoritusta (esimerkiksi CrossFit ja kahvakuularheilu). Esimerkiksi CrossFitissä kilpailupäivänä tehdään useita ”lajeja”, jolloin kuormitus on toistuvaa samoin kuin kamppailulajeissa. Lisäksi osassa lajeissa käydään erikseen alkuerät, välierät sekä finaalit, jolloin kuormitus toistuu päivän tai päivien aikana. Tällainen laji on erimerkiksi sprinttihiihto. Valmennustoiminnassa tuleekin huomioida aina myös muiden lajien tutkimustieto sekä niistä sovellettavat hyödyt.

## LÄHTEET

- Al-Nawaiseh, A. M., Pritchett, R. C. & Bishop, P. A. (2016). Enhancing short-term recovery after high-intensity anaerobic exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research* 30 (2), 320–325. doi: 10.1519/JSC.0000000000001060.
- ABC. (1.8.2018). Unified Rules of Mixed Martial Arts. Association of Boxing Commissions and Combative Sports.
- Andraeto, L. V., Esteves, J. V. D. C., Julio, U. F., Panissa, V. L. G., Hardt, F., Franzoi de Moraes, S. M. & Franchini, E. (2017). Physical Performance, Time-Motion, Technical-Tactical Analyses, and Perceptual Responses in Brazilian Jiu-Jitsu Matches of Varied Duration. *Kinesiology* 49 (1), 30–40. doi: 10.26582/k.49.1.11.
- Barbas, I., Fatouros, I. G., Douroudos, I. I., Chatzinikolaou, A., Michailidis, Y., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Parotsidis, C., Theodorou, A. A., Katrabasas, I., Margonis, K., Papassotiriou, I. & Taxildaris, K. (2011). Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. *European Journal of Applied Physiology* 111, 1421–1436. doi: 10.1007/s00421-010-1761-7.
- Barley, O. R., Chapman, D. W. & Abbiss, C. R. (2018). Weight Loss Strategies in Combat Sports and Concerning Habits in Mixed Martial Arts. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13, 933–939. doi: 10.1123/ijsp.2017-0715.
- Barley, O. R., Chapman, D. W., Gubby, S. N. & Abbiss, C. R. (2019). Considerations When Assessing Endurance in Combat Sport Athletes. *Frontiers in Physiology* 10 (205). doi: 10.3389/fphys.2019.00205.
- Bassett, D. R. Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (1), 70–84. doi: 0195-9131/00/3201-0070/0.
- Bellar, D., Hatchett, A., Judge L. W., Breaux, M. E. & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of Sport* 32, 315–320. doi: 10.5604/20831862.1174771.
- Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B. & Koralsztein, J. P. (1995). Times to Exhaustion at 90, 100 and 105% of Velocity at VO<sub>2</sub> max (Maximal Aerobic Speed) and Critical

- Speed in Elite Longdistance Runners. *Archives of Physiology and Biochemistry* 103 (2), 129–135. doi: 10.3109/13813459508996126.
- Björklund, G., Laaksonen, M. S. & Holmberg H-C. (2011). Blood lactate recovery and respiratory responses during diagonal skiing of variable intensity. *European Journal of Sport Science* 11 (5), 317–326. doi: 10.1080/17461391.2010.521580.
- Black, M. I., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Bailey, S. J., Wylie, L. J., McDonaght, S. T. J., Thompson, C., Kelly, J., Sumners, P., Mileva, K. N., Bowtell, J. L. & Vanhatalo A. (2017). Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. *Journal of Applied Physiology* 122, 446–45. doi: 10.1152/jappphysiol.00942.2016.
- Buckthorpe, M., Morris, J. & Folland, J. P. (2012). Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences* 30 (1), 63–69. doi: 10.1080/02640414.2011.624539.
- Caroll, T. J., Taylor, J. L. & Gandevia, S. C. (2016). Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of Applied Physiology* 122, 1068–1076. doi: 10.1152/jappphysiol.00775.2016.
- Clarkson, P. M. & Hubal, M. J. (2002). Exercise-Induced Muscle Damage in Humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 81 (Suppl), S52–S69. doi: 10.1097/01.PHM.0000029772.45258.43.
- Fiorenza, M., Hostrup, M., Gunnarsson, T. P. Shirai, Y., Schena, F., Iaia, F. M. & Bangsbo, J. (2019). Neuromuscular Fatigue and Metabolism during High-Intensity Intermittent Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 51 (8), 1642–1652. doi: 10.1249/MSS.0000000000001959.
- Franchini, E., de Moraes Bertuzzi, R. C., Takito, M. Y. and Kiss, M. A. P. D. M. (2009). Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *European Journal of Applied Physiology* 107, 377–383. doi: 10.1007/s00421-009-1134-2.
- Franchini, E, Takito M. Y., Nakamura, F. Y., Matsushigue, K. A., Kiss, M. A. P. D. M. (2003). Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 43, 424–431. doi: 10.1007/s00421-009-1134.
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T. & Sleivert, G. C. (2015). Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *Journal*



- of Strength and Conditioning Research 29 (9), 2522–2531. doi: 10.1519/JSC.0000000000000912.
- Ghoul, N., Tabben, M., Miarka, B., Tourny, C., Chamari, K. and Coquart, J. (2019). Mixed martial arts induces significant fatigue and muscle damage up to 24 hours post-combat. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (6), 1570–1579. doi: 10.1519/JSC.0000000000002078.
- Harden, M., Wolf, A., Hicks, K. M. & Howatson, G. (2018). Familiarisation, reproducibility, sensitivity and joint angle specificity of bilateral isometric force exertions during leg press. *Isokinetics and Exercise Science* 26, 291–298. doi: 10.3233/IES-183163.
- Hottenrott, L., Ketelhut, S., Schnider, C., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2021). Age- and Sex-Related Differences in Recovery From High-Intensity and Endurance Exercise: A Brief Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 16, 752–762. doi: 10.1123/ijsp.2020-0604.
- IBJJF. (2021). Rules Book: General Competition Guidelines, Competition Format Manual. International Brazilian Jiu-Jitsu Federation.
- IJF. (9.3.2022). SOR Document: Sport and Organisation rules. International Judo Federation.
- IMMAF. (2021). Mixed Martial Arts Unified rules for Amateur Competition. International Mixed Martial Arts Federation.
- Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (2018). Testimenetelmiä. Luku 3.2.2. Nummela, A. & Peltonen, J: Suorat testit. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M., *Fyysisen kunnan mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaaajille*. 2018. Liikuntatieteellinen Seura. Julkaisu nro 174. Helsinki.
- Knuiman, P., Hopman, M. T. E. & Mensink, M. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutrition & Metabolism* 12:59. doi: 10.1186/s12986-015-0055-9.
- Kons, R. L., Orsatto, L. B. R. & Detanico, D. (2020). Acute performance responses during repeated matches in combat sports: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* 23, 512–518. doi: /10.1016/j.jsams.2019.12.004.
- McMahon, S. & Wenger, H. A. (1998). The Relationship Between Aerobic Fitness and Both Power Output and Subsequent Recovery During Maximal Intermittent Exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 1 (4), 219–227. doi: 10.1016/s1440-2440(09)60005-0.

- Messonnier, L., Freund, H., Denis, C., Dormois, D., Dufour, A.-B., Lacour, J.-R. (2002). Time to Exhaustion at VO<sub>2</sub>max is Related to the Lactate Exchange and Removal Abilities. *International Journal of Sports Medicine* 23, 433–438. doi: 10.1055/s-2002-33740.
- Ouergui, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Gmada, N. & Franchini, E. (2014). Effects of Recovery Type after a Kickboxing Match on Blood Lactate and Performance in Anaerobic Tests. *Asian Journal of Sports Medicine* 5 (2), 99–107.
- Reale, R., Slater, G. & Burke, L. M. (2017). Individualised dietary strategies for Olympic combat sports: Acute weight loss, recovery and competition nutrition. *European Journal of Sport Science* 17 (6), 727–740. doi: 1080/17461391.2017.1297489
- Rutkowski, Ł., Zatoń, M. & Michalik, K. (2016). Maximum Oxygen Uptake and Post-Exercise Recovery in Professional Road Cyclists. *Human Movement* 17 (3), 185–189. doi: 10.1515/humo-2016-0024.
- Silva, J. J. R., de Vecchio, F. B., Picanço, L. M., Takito, M. Y. & Franchini, E. (2011). Time-Motion analysis in Muay-Thai and Kick-Boxing amateur matches. *Journal of Human Sport and Exercise* 6 (3), 490–496. doi:10.4100/jhse.2011.63.02.
- Souza, A. A., Bottaro, M., Rocha Junior, V. A., Lage, V., Tufano, J. J. & Vieira, A. (2020). Reliability and Test-Retest Agreement of Mechanical Variables Obtained During Countermovement Jump. *International Journal of Exercise Science* 13 (4), 6–17.
- Sundberg, C. W. & Fitts, R. H. (2019). Bioenergetic basis of skeletal muscle fatigue. *Current Opinion in Physiology* 10, 118–127. doi: 10.1016/j.cophys.2019.05.004.
- Tomlin, D. L. & Wenger, H. A. (2001). The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. *Sports Medicine* 31 (1): 1-11. doi: 0112-1642/01/0001-0001/\$22.00/0.
- UWW. (2022). *International Wrestling Rules: Greco-Roman Wrestling, Freestyle Wrestling & Women's Wrestling*. United World Wrestling.
- Valenzuela, P. L., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Montalvo, Z., Lucia, A. & de la Villa, P. (2018). Enhanced External Counterpulsation and Short-Term Recovery from High-Intensity Interval Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, 1100–1106. doi: 10.1123/ijsp.2017-0792.