

**10 VIIKON YHDISTETYN PYÖRÄVOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN  
VAIKUTUKSET PYÖRÄILIJÖIDEN KESTÄVYYSOMINAISUUKSIIN,  
PYÖRÄILYSUORITUSKYKYYN JA POLJINVOIMAMUUTTUJIIN**

Samuel Halme

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2019  
Ohjaaja: Juha Ahtiainen

## TIIVISTELMÄ

Halme, Samuel. 2019. 10 viikon yhdistetyn pyörävoima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset pyöräilijöiden kestävyysominaisuuksiin, pyöräily suorituskykyyn ja poljinvoimamuuttujiin. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin pro gradu - tutkielma, 108 s.

Yhdistetyn maksimivoima- ja kestävyysharjoittelun (YVK) on havaittu kehittävän kestävyysurheilijoiden voima- ja kestävyysominaisuuksia yhtä hyvin tai paremmin kuin pelkkä kestävyysharjoittelu. Myös polkupyöräergometrillä tehdyistä lyhyistä 30 sekunnin tehointervalleista on havaittu olevan hyötyä pidempikestoiseen kestävyys suoritukseen. Vielä ei ole kuitenkaan tehty tutkimuksia lyhyiden 6–16 sekunnin pyörävoimaintervallien vaikutuksista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pyörävoimaintervallien vaikutusta pyöräilijöiden kestävyysominaisuuksiin ja pyöräily suorituskykyyn. Tutkimus sisälsi alkutestiviikon, 10 viikon harjoitus- tai seurantajakson sekä lopputestiviikon. Tutkittavat olivat 21–46-vuotiaita pyöräilyä vähintään kaksi vuotta harjoitelleita miehiä, jotka jaettiin kuntosaliryhmään (KSR, n = 14), pyörävoimaryhmään (PVR, n = 15) ja kontrolliryhmään (KOR, n = 12). KSR ja PVR tekivät normaalin omatoimisen kestävyysharjoittelun lisäksi kaksi kertaa viikossa ohjattuja voimaharjoituksia. KSR:n voimatreeni koostui kolmesta eri liikkeestä: takakyykky, polvenojennus ja yhden jalan jalkaprässi. Jokainen liike koostui useammasta sarjasta (3x 3–12 toistoa, 70–90 % 1RM). PVR:n voimatreeni poljettiin Wattbike-kuntopyörillä ja se sisälsi useita voimaintervalleja (3x3 x 6–16 s, 70–90 % maksimitehosta) mahdollisimman raskaalla vastuksella. KOR jatkoi normaalia kestävyysharjoitteluaan. Tutkimuksen polkupyöräergometrimittaukset sisälsivät hapenkulutusta ja harjoitus kynnyn mittaavan VO<sub>2</sub>max-testin, 30 minuutin aika-ajotestin sekä Kansainvälisen pyöräilyliiton (UCI) profiilitestin (2x6 s, 30 s ja 4 min). Tämän lisäksi mitattiin kevennyshyppy ja useita antropometrisia muuttujia.

PVR:n tutkittavat kehittivät anaerobisen kynnyn tehossa ( $2.7 \pm 4.1$  %,  $p=0.025$ ), VO<sub>2</sub>max-testin lopputehossa ( $2.3 \pm 2.7$  %,  $p=0.006$ ), 30 minuutin aika-ajon keskitehossa ( $3.6 \pm 3.4$  %,  $p=0.001$ ) ja 30 sekunnin testin keski- ja maksimitehossa ( $6.9 \pm 9.9$  %,  $p=0.017$ ;  $6.9 \pm 3.4$  %,  $p<0.001$ ). Kaikki ryhmät kehittivät kuuden sekunnin testin maksimitehoissa (PVR  $10.3 \pm 7.2$  %,  $p<0.001$ ; KSR  $6.1 \pm 5.1$  %,  $p<0.001$ ; KOR  $3.5 \pm 4.0$  %,  $p=0.012$ ). Lisäksi PVR ja KSR kehittivät kuuden sekunnin keskitehon osalta (PVR  $8.2 \pm 5.3$  %,  $p<0.001$ ; KSR  $5.6 \pm 5.6$  %,  $p=0.003$ ). PVR kehittyi merkitsevästi KOR:ä paremmin kuuden sekunnin maksimi- ja keskitehossa sekä 30 sekunnin keskitehossa ( $p=0.030$ ;  $p=0.022$ ;  $p<0.001$ ). Ultraäänimittauksessa PVR:n ja KSR:n vastus lateralis -lihas kasvoi hieman paksuutta (PVR  $4.3 \pm 5.6$  %,  $p=0.008$ ; KSR  $6.1 \pm 5.3$  %,  $p=0.001$ ). Poljinvoimamuuttujien osalta KSR:n huippuväännön kulma pieneni 30 minuutin testissä ( $3.1 \pm 5.3$  %,  $p=0.048$ ). Aerobisessa kynnynsä ja pyöräilyn taloudellisuudessa ei havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä. Pyörävoimaharjoittelu näyttäisi olevan toimiva menetelmä pyöräily suorituskyvyn kehittämiseksi. Harjoittelu kehitti pyöräily suorituskykyä paremmin kuin perinteinen YVK-harjoittelu tai pelkkä kestävyysharjoittelu. Kehitys tapahtui lähinnä anaerobisen suorituskyvyn ja irtiottokyvyn kehittymisen johdosta. Pyörävoimaharjoittelua voisi suositella lyhytaikaisena harjoitusmuotona suorituskyvyn maksimoimiseksi esimerkiksi kilpailuun valmistavalla kaudella tai jalostettaessa kuntosaliharjoittelun hyötyjä pyöräilyyn.

Avainsanat: pyöräily, yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu, VO<sub>2</sub>max, teho, poljinvoima, pyörävoima

## ABSTRACT

Halme, Samuel. 2019. The effects of 10 weeks combined bike strength and endurance training on endurance abilities, cycling performance and pedal force characteristics of cyclists. The Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in Science of Sports Coaching and Fitness Testing, 108 pp.

Combined strength and endurance training has been noticed to develop the strength and endurance abilities of endurance athletes as good or better than endurance training alone. Also, short 30 seconds power intervals done by bike ergometer have been useful when developing long-term endurance. There are still none studies about short 6–16 seconds bike strength intervals. The meaning of this study was to investigate the effects of bike strength intervals on cyclists' endurance abilities and cycling performance. The study contained pretest week, 10 weeks training or control period, and posttest week. The subjects were 21–46 years old men who had at least two years cycling experience. They were divided to gym group (KSR, n = 14), bike strength group (PVR, n = 15), and control group (KOR, n = 12). KSR and PVR added two weekly strength training exercises into their normal training programs. Strength exercises were leaded and controlled by researchers. The strength training of KSR were gathered of three movements: back squat, knee extension and single-leg press. Every movement contained several sets (3x 3–12 reps, 70–90 % 1RM (one repetition maximum)). The bike strength training of PVR contained several strength intervals (3x3 x 6–16 sec, 70–90 % maximum power) with a heavy resistant. KOR continued its basic endurance training. The bike ergometer measurements of this study were VO<sub>2</sub>max-test which measured oxygen consumption and training thresholds, 30-minute time-trial and the profile test of International Cycling Union (UCI) (2x6 sec, 30 sec and 4 min). Furthermore, countermovement jump and few anthropometrical variables were measured.

The subjects of PVR got improvements in the anaerobic threshold power ( $2.7 \pm 4.1$  %,  $p=0.025$ ), maximum power of VO<sub>2</sub>max-test ( $2.3 \pm 2.7$  %,  $p=0.006$ ), average power of 30-minute time-trial ( $3.6 \pm 3.4$  %,  $p=0.001$ ), and the average and maximum power of 30 seconds test ( $6.9 \pm 9.9$  %,  $p=0.017$ ;  $6.9 \pm 3.4$  %,  $p<0.001$ ). All groups increased the maximum power of six seconds test (PVR  $10.3 \pm 7.2$  %,  $p<0.001$ ; KSR  $6.1 \pm 5.1$  %,  $p<0.001$ ; KOR  $3.5 \pm 4.0$  %,  $p=0.012$ ). In addition, PVR and KSR got improvements in the average power of six seconds test (PVR  $8.2 \pm 5.3$  %,  $p<0.001$ ; KSR  $5.6 \pm 5.6$  %,  $p=0.003$ ). PVR got significantly better increase compared to KOR in the maximum and average power of six seconds test ( $p=0.030$ ;  $p=0.022$ ) and in the average power of 30 seconds test ( $p<0.001$ ). In ultrasound measurement PVR and KSR had thicker vastus lateralis muscle in posttest (PVR  $4.3 \pm 5.6$  %,  $p=0.008$ ; KSR  $6.1 \pm 5.3$  %,  $p=0.001$ ). Measuring pedal force variables, it was noticed KSR achieved peak torque earlier in 30-minute time trial test ( $3.1 \pm 5.3$  %,  $p=0.048$ ). There were no changes in aerobic threshold or cycling economy in any group. Bike strength training seems to be working method developing cycling performance. PVR got better improvements in cycling performance than KSR and KOR did. These improvements occurred mainly due to the development of anaerobic energy production and capacity. Bike strength training could be recommended for example as a short time training method maximizing and refining gym strength training benefits to cycling performance during competition preparing season.

Key words: cycling, combined strength and endurance training, VO<sub>2</sub>max, power, pedal force, bike strength

## **KIITOKSET**

Haluaisin kiittää ohjaajaani Juha Ahtiaista hyvistä neuvoista, ehdotuksista ja kannustavasta palautteesta. Hän on antanut tutkimuksen suhteen varsin ”vapaat kädet”, mutta samalla hän on haastanut kriittiseen ajatteluun erilaisia tutkimusmenetelmiä ja -välineitä kohtaan. Haluan kiittää erityisesti myös Lauri Malmstedtia, joka teki oman pro gradunsa samaan projektiin liittyen. Hänen kanssaan olen tehnyt paljon yhteisiä mittauksia ja keskustellut tutkimuksen sisällöstä, tuloksista ja kaikesta mahdollisesta muustakin. Hänen huumorinsa ja tsemppinsä ovat auttaneet raskainakin päivinä eteenpäin. Kiitoksen ansaitsee myös koko seminaariryhmäni, jonka jäsenet ovat antaneet rakentavaa palautetta tutkimuksen eri vaiheissa. Näistä haluaisin erityisesti mainita opponenttini Laura Uimosen ja Riikka Varjuksen sekä tutkimuksen mittauksissa avustaneen Vesa Salmelan. Oman suuren kiitoksensa ansaitsee myös Concept Finnrowing Oy, joka lainasi Wattbike-kuntopyörät tutkimuksen ajaksi käyttöön. Ilman tätä tutkimuksen toteuttaminen olisi ollut mahdotonta nykyisessä muodossaan. Lisäksi haluaisin kiittää kaikkia tutkittavia, jotka antoivat oman panoksensa tutkimuksen hyväksi. Ilman teitä tämä tutkimus ei olisi onnistunut. Lopuksi haluaisin vielä kiittää tuesta perhettäni sekä erityisesti rakasta vaimoani Piiaa, joka on jaksanut tukea ja kannustaa minua koko tämän raskaan tutkimusprojektin ajan, vaikka työskentely tutkimuksen parissa on venynyt monena päivänä myöhäiseen iltaan asti. Kiitos teille kaikesta tuesta!

Samuel Halme

Jyväskylässä 19.2.2019

## KÄYTETYT LYHENTEET

|                       |   |
|-----------------------|---|
| AerK                  | aerobinen kynnys  |
| AnK                   | anaerobinen kynnys  |
| BMI                   | kehon massaindeksi (body mass index)  |
| EKH                   | esikevennetty hyppy   |
| HV                    | poljinkierroksen huippuvääntö (Nm)  |
| GME                   | mekaaninen hyötysuhde (gross mechanical index)  |
| Kad                   | kadenssi, poljinnopeus (rpm)  |
| KOR                   | kontrolliryhmä (pelkkää kestävyysharjoittelua)  |
| KSR                   | kuntosaliryhmä (maksimivoima- ja kestävyysharjoittelua)                                       |
| La                    | laktaatti (mmol/l)  |
| LT1                   | ensimmäinen laktaattikynnys (lactate threshold)   |
| LT2                   | toinen laktaattikynnys (lactate threshold)  |
| MV                    | poljinkierroksen minimivääntö (Nm)  |
| OBLA                  | veren laktaatin kertymisen alkaminen (the onset of blood lactate accumulation), (La 4 mmol/l) |
| P                     | pyöräilyteho (W; W/kg)  |
| PVO <sub>2</sub> max  | maksimaalinen aerobinen teho (W; W/kg)  |
| PVR                   | pyörävoimaryhmä (pyörävoima- ja kestävyysharjoittelua)  |
| Rasva%                | kehon rasvaprosentti  |
| RPE                   | koettu kuormittavuus (rate of perceived exertion)   |
| rpm                   | kierrosta minuutissa (rounds per minute)  |
| SRM                   | yksi tehomittarityyppi /-merkki (Schoberer Rad Meßtechnik)                                    |
| UCI                   | Kansainvälinen pyöräilyliitto (Union Cycliste Internationale)                                 |
| VO <sub>2</sub>       | hapenkulutus (ml/kg/min; ml/min; l/min)   |
| VO <sub>2</sub> max   | maksimaalinen hapenottokyky (ml/kg/min; ml/min; l/min)  |
| VO <sub>2</sub> peak  | hapenkulutuksen huippuarvo (ml/kg/min; ml/min; l/min)   |
| Wattbike              | Wattbike-kuntopyörä   |
| UÄ                    | ultraääni   |
| YVK                   | yhdistetty voima + kestävyys (harjoittelu / ryhmä)  |
| 1 RM                  | yhden toiston maksimi (one repetition maximum)  |
| % VO <sub>2</sub> max | prosenttia maksimaalisesta hapenkulutuksesta  |

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

|   |    |
|---|----|
| 1 JOHDANTO.....   | 1  |
| 2 MAANTIEPYÖRÄILYN LAJIANALYYSI.....  | 3  |
| 3 KESTÄVYYSSOMINAISUUKSIA JA PYÖRÄILYSUORITUSTA MÄÄRITTÄVÄT<br>TEKIJÄT JA NIIDEN MITTAAMINEN .....  | 6  |
| 3.1 VO <sub>2</sub> max ja harjoittelukynnykset .....   | 6  |
| 3.2 Maantiepyöräilyn fysiologiset vaatimukset.....  | 8  |
| 3.3 Suorat ja epäsuorat testit.....   | 10 |
| 3.4 Pyöräilyn polkuvoima, kadenssi, teho sekä työ.....  | 12 |
| 4 YHDISTETTY VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELU PYÖRÄILYSSÄ SEKÄ<br>MUISSA KESTÄVYYSLAJEISSA .....  | 16 |
| 4.1 Kuntosalilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutus pyöräily-<br>suorituskykyyn.....   | 16 |
| 4.1.1 Vaikutus pyöräilijöihin .....   | 16 |
| 4.1.2 Vaikutus harjoittelemattomiin ja ikäihmisiin .....  | 20 |
| 4.1.3 Yhteenveto YVK-harjoittelun vaikutuksista pyöräily-<br>suorituskykyyn .....   | 21 |
| 4.2 Kuntosalilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutukset muiden<br>kestävyysslajien suorituskykyyn.....  | 23 |
| 4.3 Pyörällä tehty pyörävoimaharjoittelu, kovatehoinen<br>intervalliharjoittelu tai matalakadenssiharjoittelu ja näiden<br>vaikutus pyöräily-suorituskykyyn ..... | 25 |
| 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEESIT .....   | 30 |
| 6 MENETELMÄT.....   | 33 |
| 6.1 Tutkittavat.....  | 33 |
| 6.2 Tutkimusasetelma.....   | 34 |
| 6.3 Testit.....   | 35 |
| 6.3.1 VO <sub>2</sub> max-testi, esikevennetyt hyppyt, pituus ja paino.....   | 35 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.3.2 | 30 minuutin aika-ajo, rasvaprosentti ja ultraääni.....    | 40 |
| 6.3.3 | UCI-profiilitesti .....                                   | 43 |
| 6.4   | Harjoitusjakso.....                                       | 46 |
| 6.4.1 | Pyörävoimaryhmän harjoittelu .....                        | 47 |
| 6.4.2 | Kuntosaliryhmän harjoittelu .....                         | 49 |
| 6.4.3 | Kontrolliryhmän harjoittelu.....                          | 53 |
| 6.5   | Datan analysointi .....                                   | 53 |
| 6.5.1 | VO <sub>2</sub> max-testi .....                           | 53 |
| 6.5.2 | 30 minuutin aika-ajo.....                                 | 54 |
| 6.5.3 | UCI-profiilitesti .....                                   | 54 |
| 6.6   | Tilastolliset menetelmät.....                             | 55 |
| 7     | TULOKSET .....  | 57 |
| 7.1   | Antropometria.....  | 57 |
| 7.2   | Esikevennetty hyppy .....                                 | 58 |
| 7.3   | VO <sub>2</sub> max-testi .....                           | 58 |
| 7.3.1 | Aerobinen kynnys.....                                     | 58 |
| 7.3.2 | Anaerobinen kynnys .....                                  | 59 |
| 7.3.3 | VO <sub>2</sub> max ja maksimaalinen aerobinen teho ..... | 61 |
| 7.3.4 | Taloudellisuus.....                                       | 62 |
| 7.4   | 30 minuutin testi .....                                   | 64 |
| 7.4.1 | Teho ja fysiologiset muuttujat .....                      | 64 |
| 7.4.2 | Poljinvoimamuuttujat .....                                | 65 |
| 7.5   | UCI-profiilitesti .....                                   | 67 |
| 7.5.1 | 6 sekunnin testi .....                                    | 67 |
| 7.5.2 | 30 sekunnin testi .....                                   | 68 |
| 7.5.3 | 4 minuutin testi .....                                    | 70 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 7.6 | Korrelaatiot eri testien ja muuttujien välillä.....       | 71 |
| 7.7 | Harjoittelujakso .....                                    | 74 |
| 8   | POHDINTA.....   | 77 |
| 8.1 | Pitkäkestoinen pyöräilysuorituskyky.....                  | 77 |
| 8.2 | Lyhytkestoinen pyöräilysuorituskyky .....                 | 81 |
| 8.3 | Taloudellisuus ja poljinvoimamuuttujat .....              | 85 |
| 8.4 | Eri testien ja muuttujien väliset korrelaatiot.....       | 88 |
| 8.5 | Tutkittavien taustatiedot ja antropometria.....           | 90 |
| 8.6 | Harjoittelu ja sen aiheuttamat fysiologiset vasteet ..... | 91 |
| 8.7 | Tutkimuksen vahvuudet ja kehityskohteet .....             | 95 |
| 8.8 | Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset .....           | 96 |
| 8.9 | Käytännön sovellutukset .....                             | 97 |
|     | LÄHTEET .....   | 99 |



## 1 JOHDANTO

Pyöräilyä pidetään fyysisesti hyvin vaativana lajina, sillä yksittäiset kilpailut saattavat kestää useita tunteja tai jopa päiviä. Pyöräilyssä tarvitaan pitkäaikaista aerobista kestävyyttä, joka koostuu fyysisestä kunnosta, väsymisen sietämisestä ja energiavarastojen riittävydestä (Nummela ym. 2007, 333). Maksimaalinen hapenottookyky ( $VO_2\text{max}$ ) on ollut jo pitkään tärkeä kestävyyskuntoa määrittävä tekijä pitkissä ja keskipitkissä kestävyysuorituksissa. Tämän lisäksi tarvitaan myös muita muuttujia, kuten anaerobinen kynnys (AnK), joka kertoo tarkemmin, kuinka paljon pyöräilijä pystyy hyödyntämään hapenottokapasiteetistaan kilpailun aikana. (Bosquet ym. 2002.)

Pyöräilyn kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat maksimaalisen ja pitkäaikaisen kestävyuden lisäksi hermolihasjärjestelmä ja sen voimantuotto-ominaisuudet (Nummela ym. 2007, 345). Viime aikoina monet tutkimukset ovat keskittyneet selvittämään yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun (YVK-harjoittelu) mahdollisia hyötyjä pyöräilyuorituskykyyn ja kestävyysominaisuuksiin suhteessa perinteiseen kestävyysharjoitteluun. Muun muassa Aagaard ym. (2011) havaitsivat, että YVK-harjoittelu kehitti pyöräilijöillä 45 minuutin aika-ajosuoritusta noin 8 %. Vaikka positiivisia vaikutuksia on havaittu useissa tutkimuksissa, niin esimerkiksi Heggelundin ym. (2013) tutkimuksessa kestävyysuorituskyky ei parantunut YVK-harjoittelun seurauksena.

Vaikka on olemassa tutkimuksia YVK-harjoittelun hyödyistä, on myös olemassa useita selityksiä sille, miksi kestävyysharjoittelu ja voimaharjoittelu eivät välttämättä sovi aina yhteen. Yksi yleisimmin käytetyistä selityksistä on, että kestävyysharjoittelun suuri määrä voi johtaa pitkällä aikavälillä elimistön ylikuormittumiseen (Izquierdo ym. 2004). Lisäksi maksimivoimaharjoittelu ja kestävyysharjoittelu ovat toistensa ääripäitä, sillä voimaharjoittelussa pyritään tekemään lyhyitä suorituksia maksimaalisella tasolla, kun taas kestävyysharjoittelussa tehdään pitkiä suorituksia melko matalalla intensiteetillä (Wilson ym. 2012). Molekyylitasolla tarkasteltuna kestävyysharjoittelu saa aikaan proteiinisynteesin muutoksia mitokondrioissa, kun taas voimaharjoittelu edistää lihassolujen proteiinisynteesiä (Hawley 2009).

Pyöräilyn parissa on pitkään keskusteltu voima- ja tehoharjoittelun tärkeydestä ja ratapyöräilijät ovatkin lisänneet kuntosalilla tehtävän voimaharjoittelun osaksi harjoitteluaan. Sen sijaan maantie- ja maastopyöräilyssä ilman pyörää tehtävä voimaharjoittelu ei ole ollut vielä yhtä yleistä, vaikka voimaharjoittelua on kuitenkin tehty jonkin verran valmistavalla kaudella. Pyöräilijät saattavat pelätä saavansa lisää lihasmassaa, mutta tämä huoli ei ole yleensä aiheellinen suuresta kestävyysharjoittelumäärästä johtuen. (Mujika ym. 2016.) YVK-aihe on mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Suurimmassa osassa tutkimuksia pyöräilijöiden voimaharjoittelu on tehty kuntosalilla, vaikka pyörällä tehdyn voimaharjoittelun voisi ajatella olevan lajinomaisempi vaihtoehto. Tätä ei voi kuitenkaan osoittaa vielä todeksi, sillä pyörällä toteutettujen voimaharjoitusten tehokkuudesta ei ole toistaiseksi olemassa paljoa tutkimustietoa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli lisätä tietoisuutta pyörällä tehdyistä intensiivisistä voimaharjoituksista ja niiden käyttömahdollisuuksista pyöräilysuorituskyvyn kehittämiseen. Tarkoituksena oli tutkia, tarjoavatko kuntopyörällä tehdyt 6–16 sekunnin voimavedot korvaavan vaihtoehdon kuntosalilla tehtävälle maksimivoimaharjoittelulle. Tässä tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan 10 viikon YVK-harjoittelujakson vaikutuksia pyöräilijöiden kestävyysominaisuuksiin, pyöräilysuorituskykyyn ja poljinvoimamuuttujiin.

## 2 MAANTIOPYÖRÄILYN LAJIANALYYSI

Maantiepyöräily vaatii harrastajaltaan paljon, sillä lajissa on kovat vaatimukset urheilijan kestävyyskapasiteetille, ja suorituskyvyn pohja luodaan kovalla määräharjoittelulla. Kansainväliselle huipulle pyrkivillä pyöräilijöillä harjoitusmäärä on usein 1000–1400 tuntia vuodessa. (Ahluos 2005, 218.) Maantiepyöräilyn korkeimman tason miesammattilaiset pyöräilevät vuoden aikana noin 30 000–35 000 kilometriä ja kilpailupäiviä kertyy siinä ajassa 90–100 (Lucia ym. 2001). Maantiepyöräilijöiden fysiologiset ja antropometriset ominaisuudet vaihtelevat kuitenkin paljon riippuen ajajan ominaisuuksista ja roolista joukkueesta. Mujika ja Padilla (2001) ovat tutkineet miespyöräilijöiden ja Wilber ym. (1997) naispyöräilijöiden keskimääräisiä ominaisuuksia (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Mieshuippupyöräilijöiden (Mujika & Padilla 2001) ja naishuippupyöräilijöiden (Wilber ym. 1997) keskimääräisiä antropometrisia muuttujia ja fysiologisia ominaisuuksia. Taulukko muokattu edellä mainituista lähteistä. Tulokset on ilmaistu keskiarvoina.

| Muuttuja  | Miespyöräilijät (n=24) | Naispyöräilijät (n=10) |
|---|------------------------|------------------------|
| Ikä (v)   | 26.0                   | 26.0                   |
| Kehon massa (kg)                                | 69.0                   | 60.4                   |
| Pituus (cm)                                     | 180.0                  | 171.0                  |
| VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)                 | 78.8                   | 63.8                   |
| Kehon rasvaprosentti (%)                        | 8.0                    | 11.9                   |
| PVO <sub>2</sub> max (W) ja maks.syke (krt/min) | 439 / 194              | 333 / 188              |
| OBLA teho (W) ja syke (krt/min)                 | 386 / 178              | -                      |
| LT1 teho (W) ja syke (krt/min)                  | 334 / 163              | 224 / 165              |

VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottoakyky, PVO<sub>2</sub>max = maksimaalinen aerobinen teho, OBLA = veren laktaatin kertymisen alkaminen (the onset of blood lactate accumulation), LT1 = ensimmäinen laktaattikynnys.

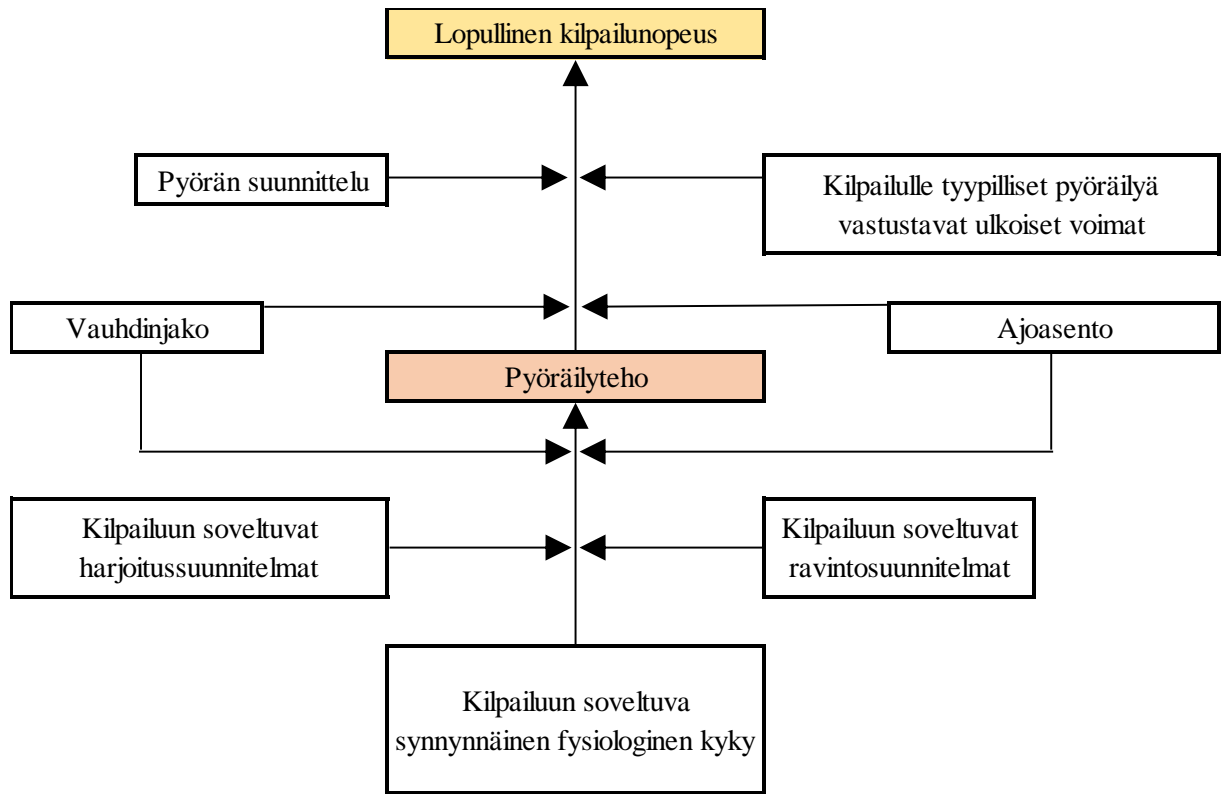
Suurin osa pyöräilyn lajeista perustuu siihen, että pystytään ylläpitämään koko suorituksen ajan hyvää tehoa mahdollisimman vähäisellä energiankulutuksella. Kyseessä on siis yleensä melko aerobinen suoritus. Kuitenkin myös anaerobista kapasiteettia ja maksiminopeutta tarvitaan erilaisissa tilanteissa, kuten irtiottoissa ja loppukireissä. (Mujika ym. 2016.) Pyöräilyssä on useita alalajeja, mutta maantiepyöräily on niistä kaikkein yleisin ja tutkituin.

Maantiepyöräilykilpailuissa ajo on hyvin vaihtelevaa ja keskitehot jäävät yleensä melko alhaisiksi pitkästä matkasta ja ryhmäajosta johtuen. Viikon kestävän australialaisen Tour Down Under -etappikilpailun aikana SRM-tehomittarilla mitatut pyöräilijöiden keskitehot olivat lyhyillä alle 70 kilometrin kaupunkietapeilla noin 262 W, pidemmillä tasamaaetapeilla noin 188 W ja mäkisillä, yli kilometrin mittaisia nousuja sisältävillä etapeilla noin 203 W (Ebert ym. 2006). Pidemmissä etappikilpailuissa tehonvaihtelu voi olla vielä suurempaa. Vogtin ym. (2007) tapaustutkimuksessa pyöräilijän keskiteho oli kolmeviikkoisen Giro d'Italian tasamaaetapeilla noin 132 W ja vuoristoisilla etapeilla noin 235 W. Suurempi vaihtelu johtui fyysisesti erittäin raskaista vuoristoetapeista.

Pyöräilysuorituksessa on tärkeää pystyä saavuttamaan korkea tehontuotto lyhyessä ajassa (Rønnestad ym. 2010a). Maantiepyöräkilpailuissa tehot ovat yleensä kovimmillaan irtiottoyrityksissä ja loppukireissä. Loppukiriin päättyneissä suurissa ammattilaiskilpailuissa huippusprinttereiden (n = 6) viimeisen 60 minuutin keskitehot olivat noin 15 % korkeammat kuin edeltäneinä tunteina. He ajoivat viimeisen minuutin keskimäärin 487 W keskiteholla ja varsinaisen noin 13 sekunnin loppukirin 1020 W keskiteholla. (Menaspa ym. 2015.)

Tuotetun tehon ja pyöräilynopeuden väliseen suhteeseen vaikuttavat monet eri tekijät (kuvio 1). Kilpailijoista joku voi olla kaikkein lahjakkain, harjoitellut parhaiten ja hoitanut ravitsemusasiat huolella. Tämä pyöräilijä saattaa kaiken lisäksi tuottaa kisan aikana eniten tehoja, mutta koska maantiepyöräily on nopea laji ja kilpailut pidetään vaihtelevissa ympäristöissä ja maastoissa, tämä pyöräilijä ei välttämättä voita kilpailua. Ulkoisilla voimilla, kuten tuulella ja painovoimalla on paljon vaikutusta kilpailusuoritukseen. (Atkinson ym. 2003.)

Maantiepyöräilyn henkilökohtaisessa aika-ajoissa käytetään kohtalaisen suurta intensiteettiä verrattuna yhteislähtöisiin maantiekilpailuihin. Padilla ym. (2000) vertailivat erilaisten aika-ajosuoritusten kuormittavuutta. Pyöräilijöiden syke oli niissä keskimäärin 76 % maksimista, kun normaalissa maantiekisassa syke on keskimäärin 50–60 % maksimista. Suurin intensiteetti oli alle 10 kilometrin aika-ajoissa (88–90 % maksimisykkeestä).



KUVIO 1. Tekijöitä, jotka vaikuttavat pyöräilykilpailun tehontuottoon ja nopeuteen. Kuvio on mukailtu Atkinsonin ym. (2003) pohjalta.

### 3 KESTÄVYYSOMINAISUUKSIA JA PYÖRÄILYSUORITUSTA MÄÄRITTÄVÄT TEKIJÄT JA NIIDEN MITTAAMINEN

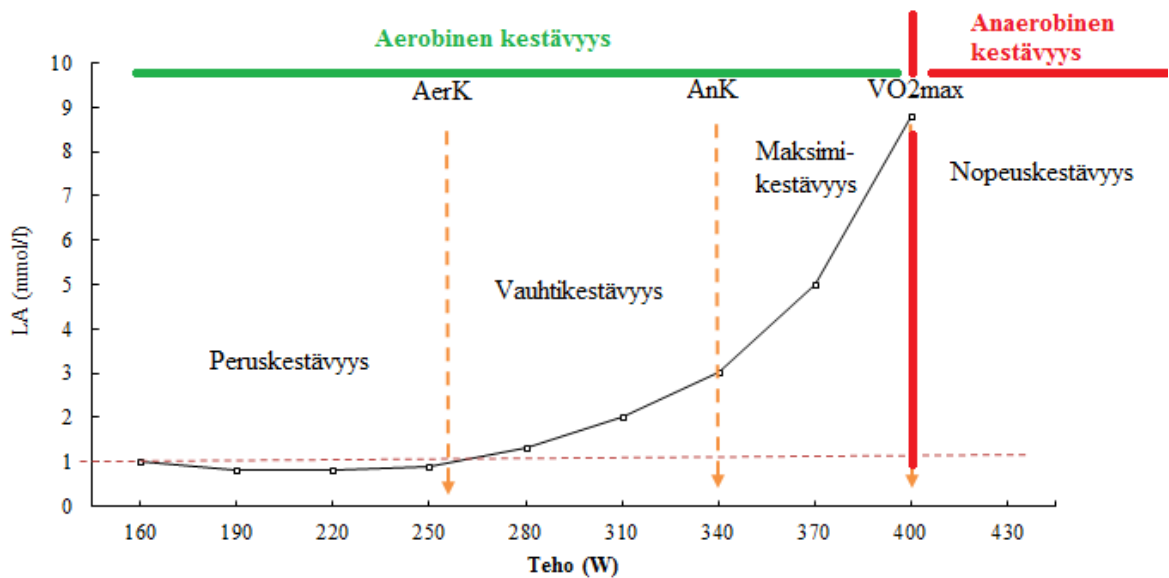
Fysiologia on tärkeä osa kestävyysurheilua ja näin ollen myös maantiepyöräilyä. Harjoittelulla voidaan kehittää pyöräilijän fyysisiä ominaisuuksia, mutta oikeanlaiseen harjoitteluun tarvitaan myös tietoa pyöräilijän sen hetkisestä kunnosta ja suorituskyvystä. Pyöräilijän fysiologiaa voidaan mitata tarkasti  $VO_2max$ :ä mittaavilla suorilla testeillä tai sitä voidaan arvioida epäsuorilla menetelmillä.

#### 3.1 $VO_2max$ ja harjoittelukynnykset

$VO_2max$  on korkein hapenkulutuksen arvo, joka voidaan saavuttaa rasittavassa kuormituksessa (Panzera 2010, 81).  $VO_2max$  on paras indeksi määrittämään aerobista kapasiteettia sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa.  $VO_2max$  määritetään kohtaan, jossa hapenotto ei enää kasva vaan saavuttaa tasannevaiheen, vaikka kuormitusta pystyttäisiinkin vielä jatkamaan hetken aikaa. (Hama & Magied 2014.)  $VO_2max$ :ä vastaavalla maksimaalisella aerobisella teholla ( $PVO_2max$ ) voidaan tuottaa energiaa vain noin 10 minuutin ajan, mutta  $VO_2max$  vaikuttaa silti myös pidempään suoritukseen asettaen rajan aerobiselle energiantuotolle (Nummela ym. 2007, 333).  $PVO_2max$  on noin 25–35 % hetkellisestä maksimitehosta (Bompa & Haff 2009, 82–84). Koska suurin osa kestävyysharjoittelusta tehdään  $VO_2max$ :ä kevyemmällä rasiustasolla, niin harjoittelua varten on tärkeä määrittää erilaisia submaksimaalisia harjoitustehoalueita ja -kynnyksiä. Kynnystehot voidaan määrittää suorasta  $VO_2max$ -testistä. Suomessa käytetään aerobista ja anaerobista kynnystä (kuvio 2). Näiden kynnysten rajaamat tehoalueet ovat perus-, vauhti- ja maksimikestävyys. (Nummela ym. 2007, 360.)

Nummelan (2016, 293) mukaan aerobisella kynnyksellä (AerK) tarkoitetaan suoritustasoa, jolla veren laktaattitaso alkaa ensimmäisen kerran kohota lepotason yläpuolelle. Anaerobisen energiantuoton lisääntyminen vaikuttaa hieman nostavasti laktaattitasoon, mutta laktaatin tuotto ja nopeus ovat edelleen tasapainossa. (Nummela 2016, 293.) Hengitys alkaa kiihtyä AerK:llä suhteessa voimakkaammin kuin hapenkulutus. Veren hiilidioksidipitoisuus nousee laktaatin ja vetyionien määrän kasvaessa ja puskuritoiminnan lisääntyessä. Keuhkotuuletusta lisätään, jotta hiilidioksidi saataisiin poistettua elimistöstä. (Hynynen 2016, 120.) AerK:llä

veren laktaattipitoisuus on kestävyysurheilijoilla yleensä noin 0.5–1.5 mmol/l ja sydämen syke noin 30–40 lyöntiä alle maksimisykkeen. AerK on yleensä noin 60–70 % maksimista. (Nummela 2016, 293.) AerK:n määrittämisessä käytetään yleensä apuna sekä laktaattikäyrää että erilaisia hengityskaasumuuttujia. Pelkkään laktaattiin perustuvaa AerK:ä voidaan kutsua myös ensimmäiseksi laktaattikynnykseksi (LT1) (Hynynen 2016, 120).



KUVIO 2. Aerobisen ja anaerobisen kynnyksen sekä harjoitusalueiden määrittäminen. Muokattu (Nummela 2007a, 72; Nummela 2007b, 51) pohjalta.

Yksi kestävyysurheilun merkittävimmistä muuttujista kuvastaa siirtymistä aerobisesta intensiteetistä anaerobiselle puolelle. Tälle muuttujalle on olemassa useita erilaisia nimityksiä ja selitystapoja. (Ghosh 2004.) Yksi yleinen nimitys on anaerobinen kynnyks (AnK), joka tarkoittaa korkeinta suoritustasoa, jolla laktaatin tuotto ja poisto ovat vielä tasapainossa. Veren laktaattipitoisuuden kasvu nopeutuu tällöin suhteessa suoritustehoon, hengityksen jatkaessa kiihtymistään. (Hynynen 2016, 120.) AnK:llä veren laktaattipitoisuus on yleensä noin 2–4 mmol/l ja syke on noin 10–20 lyöntiä alle maksimisykkeen. AnK on noin 70–90 % maksimista. (Nummela 2016, 293.) AerK:n lisäksi myös AnK:n määrittämisessä käytetään yleensä apuna sekä laktaattikäyrää että erilaisia hengityskaasumuuttujia. Pelkkään laktaattiin perustuvaa AnK:ä voidaan kutsua toiseksi laktaattikynnykseksi (LT2) (Hynynen 2016, 120). OBLA-kynnyks (onset of blood lactate accumulation) on melko lähellä Suomen AnK:tä, mutta OBLA kuvastaa tarkemmin määriteltynä suoritustehoa, jolla laktaattitaso on tasan 4 mmol/l (Mujika & Padilla 2001).

AnK korreloi hyvin kestävyysasuorituksen kanssa, kun sitä vertaillaan PVO<sub>2</sub>max:n tai VO<sub>2</sub>max:n kanssa. Kun AnK on korkea suhteessa VO<sub>2</sub>max:n, urheilija pystyy viivästyttämään metabolista asidoosia. (Ghosh 2004.) Vaikka maantiepyöräilyn yhteislähtökisojen keskiteho on melko alhainen, näille kisoille on tyypillistä jatkuva tehojen vaihtelu. Pyöräilijät ajavat keskimäärin 30–100 minuuttia LT1-kynnyksellä tai sen yli ja 5–20 minuuttia OBLA-kynnyksellä tai sen yli. (Mujika & Padilla 2001.) Korkeintaan 30 minuuttia kestävässä pyöräilyaika-ajoissa OBLA-kynnyksen syke on hyvä metabolisen intensiteetin määrittäjä harjoitteluun sekä kilpailutilanteen optimaaliseen vauhdinjakoon (Padilla ym. 2000).

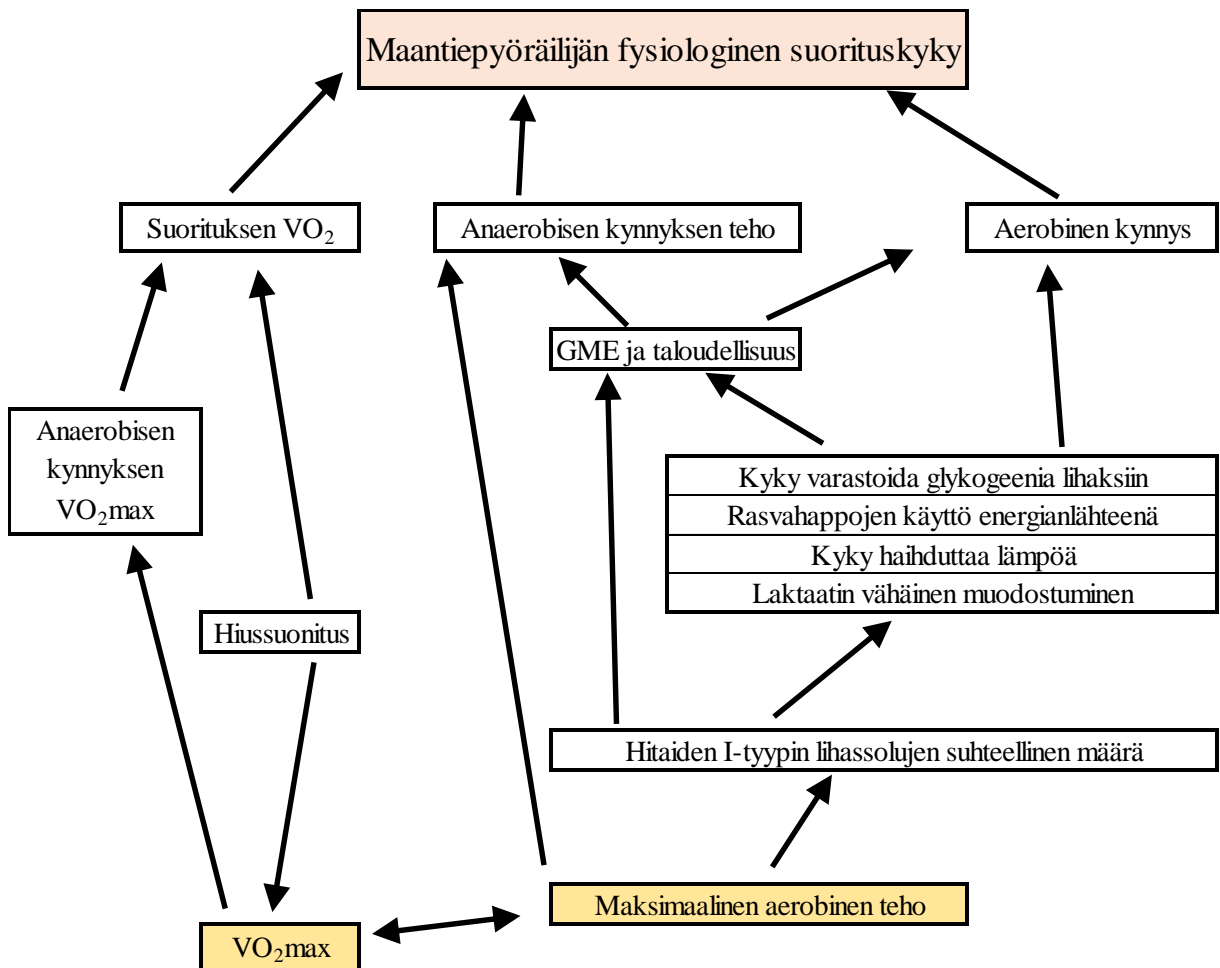
### 3.2 Maantiepyöräilyn fysiologiset vaatimukset

VO<sub>2</sub>max on tärkeä tekijä maantiepyöräilyssä, kuten muussakin kestävyysurheilussa, sillä maantiepyöräilykilpailun aikana käytettävästä energiasta tuotetaan hapen avulla 95 % ja anaerobisesti ilman happea vain 5 % (Bompa & Haff 2009, 82–84). Vaikka korkea VO<sub>2</sub>max on tärkeä kestävyysasuorituskyvyn mittari, saatua tulosta voi verrata lähinnä eri tasoisten urheilijoiden välillä. Suorituksen taloudellisuus vaihtelee suuresti saman VO<sub>2</sub>max-arvon omaavien urheilijoiden välillä ja se erottaa urheilijat toisistaan. Eli on olennaista pystyä ylläpitämään pitkän aikaa mahdollisimman korkeaa suhteellista osuutta VO<sub>2</sub>max:stä (% VO<sub>2</sub>max). (Conley & Krahenbuhl 1980.)

Pyöräilyssä suorituksen taloudellisuuteen vaikuttaa mekaaninen hyötysuhde (GME). Salletin ym. (2006) tutkimuksessa vertailtiin keskenään kansallisen tason pyöräilijöitä ja ammattilaispyöräilijöitä. Ryhmät eivät eronneet fysiologisilta ominaisuuksiltaan toisistaan muuten kuin GME:n osalta (kansallinen taso:  $24.4 \pm 2$  % vs. ammattilainen:  $25.6 \pm 2.6$ ). Tulokset GME:n osalta osoittavat sen, että harjoittelun avulla polkemisen tekniikkaa ja hyötysuhdetta on mahdollista kehittää hieman. (Sallet ym. 2006.) Myöskään Coylen ym. (1991) tutkimuksessa huippupyöräilijät eivät juuri erottuneet heikomman tason pyöräilijöistä VO<sub>2</sub>max:n osalta, mutta pystyivät silti tuottamaan 11 % paremman tehon 60 minuutin suorituksessa. Merkittäväksi tekijäksi havaittiin huippupyöräilijöiden I-tyyppin lihassolujen sekä hiussuonien suurempi määrä työskentelevissä lihaksissa. I-tyyppin lihassolujen prosentuaalisen osuuden on todettu olevan vahvasti kytköksissä harjoitusvuosien määrään. (Coyle ym. 1991.) Myös Faria ym. (2005) korostavat hitaiden ja aerobisten I-tyyppin lihassolujen mahdollisimman suurta osuutta jalkojen ojentajalihaksissa.



VO<sub>2</sub>max:n, taloudellisuuden ja lihastyypin lisäksi moni muukin tekijä määrittelee maantiepyöräilijän fyysistä suorituskyykyä (kuvio 3). Tärkeimpiä tekijöitä ovat tehontuotto LT2-kynnyksellä, AerK sekä PVO<sub>2</sub>max. PVO<sub>2</sub>max:n tulisi olla ammattilaisilla  $\geq 5.5$  W/kg. (Faria ym. 2005.) Tärkeää on myös kyky haihduttaa tehokkaasti lämpöä, varastoida suuria määriä glykogeenia lihaksiin ja maksaan, sekä kyky käyttää rasvahappoja energianlähteenä (Bosquet ym. 2002). Hyvin harjoitelleet kestävyysurheilijat pystyvät tuottamaan paljon tehoa minimaalisella laktaatin tuotolla. Harjoitteleilla urheilijoilla muodostuu vähemmän laktaattia tietyllä submaksimaalisella kuormalla kuin harjoittelemattomilla. Korkeampi laktaatin määrä tarkoittaa lisääntynyttä glykogenolyysiä, mutta myös muutoksia laktaatin tuoton ja poiston suhteessa. (Ghosh 2004.)



KUVIO 3. Tärkeimmät maantiepyöräilijän fysiologista suorituskyykyä määrittävät tekijät. Muokattu eri lähteiden pohjalta (Bosquet ym. 2002; Coyle ym. 1991; Faria ym. 2005; Ghosh 2004; Matomäki 2016; Sallet ym. 2006).

Huippu-urheilijoiden fysiologisia ominaisuuksia testattaessa tulee selvittää, mitkä ovat kutakin lajisuoritusta määrittävät tekijät. On havaittu, että pitkäkestoisissa suorituksissa tärkeimmät tekijät ovat  $VO_2\max$ , energiankulutus, suorituksen teho prosentteina maksimaalisesta hapenottokyvystä ( $\%VO_2\max$ ) sekä se, kuinka pitkään tällä teholla pystytään toimimaan. Tätä jälkimmäistä ominaisuutta kutsutaan kestävyudeksi ja tarkemmin sanottuna aerobiseksi kestävyudeksi, sillä  $VO_2\max$  asettaa ylärajan aerobiselle energiantuotolle. Aerobista kestävyttä voidaan mitata joko suorilla tai epäsuorilla menetelmillä. Suorilla testeillä voidaan mitata todellinen  $VO_2\max$  ja saamaan tarkat arviot harjoittelukynnyksistä ja eri tehoalueista. Epäsuorat menetelmät perustuvat yleensä niin sanotun AnK:n määrittämiseen. (Bosquet ym. 2002.)

### 3.3 Suorat ja epäsuorat testit

Polkupyöräergometri on yleisin kestävyyskunnan testilaite. Eniten käytetään sähköjarrutteisia polkupyöräergometrejä, mutta lisäksi käytössä on myös mekaanisella ja magneettisella vastuksella toimivia ergometrejä. Ergometrillä voidaan tehdä useita erilaisia testejä. Ergometri on tärkeä kalibroida säännöllisin väliajoin. Lisäksi täytyy varmistua, että ergometri on tarvittavaan testikäyttöön soveltuva. Sillä täytyy pystyä tuottamaan tarpeeksi suuria tehoja. Kuntoilijoiden testauksessa 400 W on riittävä, mutta huippupyöräilijöiden kohdalla pitää varautua jopa 600 W tehoihin. (Nummela 2007c, 59.)

Aerobisen suorituskyvyn määrittämiseksi  $VO_2\max$  voidaan mitata luotettavasti ja tarkasti automaattisilla hengityskaasuanalysaattoreilla (Keskinen ym. 2007b, 78).  $VO_2\max$  voidaan mitata testeillä, joissa kuormitus aloitetaan matalasta työtehosta ja kuormitusta lisätään portaittain maksimiin asti. Kuormitusportaat ovat lyhyessä testimallissa 30–60 sekuntia ja pitkässä testissä 2–3 minuuttia. Lyhyt testi on riittävä siihen, jos halutaan määrittää pelkästään  $VO_2\max$ . Pitkässä testissä otetaan laktaattinäyte jokaisen kuorman päätteeksi ja siinä pystytään määrittämään lisäksi kynnystehot. (Nummela 2007a, 64.)

On tärkeää toteuttaa testit mahdollisimman lajispesifisti, sillä urheilijat saavuttavat parhaimman  $VO_2\max$ :n siinä lajissa, mitä ovat harjoitelleet (LaVoie ym. 1988, 141). Pyöräilijät saavuttavat hieman paremmat  $VO_2\max$ -tulokset pyöräilemällä kuin juoksemalla. Juoksijat taas saavuttavat huomattavasti paremmat tulokset juosten kuin pyöräilemällä. (Withers ym. 1981.) Vaikka pyöräilijät tekisivät mieluiten lajispesifejä kenttätestejä,

polkupyöräergometrillä laboratoriossa tehty testi on osoittautunut riittävän päteväksi. Laboratoriossa ajettaessa ei tarvitse ottaa huomioon ulkona vaikuttavia muuttujia. (Mujika & Padilla, 2001.)

Epäsuorat aerobista kestävyyttä mittaavat testit perustuvat merkittäviin yhteyksiin erilaisten fysiologisten muuttujien, kuten hapenkulutuksen, veren laktaattipitoisuuden ja sydämen sykkeen välillä. Yleisesti tätä suhdetta on kuvailtu kynnyksillä. Kynnys tarkoittaa suoritustasoa, jolla tapahtuu muutoksia fysiologisissa parametreissa suhteessa ärsykkeeseen. (Bosquet ym. 2002.) Sydämen syke on todettu käyttökelpoiseksi muuttujaksi  $PVO_2max$ :n arviointiin. Tämä perustuu siihen olettamukseen, että syke kiihtyy lineaarisesti kuormituksen kasvaessa ja syke saavuttaa maksiminsa  $PVO_2max$ :lla. Epäsuorilla testeillä arvioidaan  $VO_2max$ :ä yhden tai useamman sykemittauksen avulla. Tämä onnistuu yleensä noin  $\pm 10\%$  tarkkuudella. (Keskinen ym. 2007b, 78–79.)

Epäsuorissa testeissä on olennaisinta löytää teho, jota korkeammalla tasolla pyöräilijä ei pysty suoriutumaan tietyn kestoisesta suorituksesta. Laskennalliset testit eivät siis ole suositeltavia, koska ne eivät kerro todellista valmiutta. Kun testi on riittävän pitkä (40–60 min), siitä saadaan karsittua pois anaerobisen energiantuotannon vaikutukset ja päästään lähemmäksi oikeaa aineenvaihduntakynnyksen tehoa. (Martikainen 2018, 142.) Veikkasen ym. (2013, 70) mukaan AnK on hyvä arvioida 60–90 minuutin yhtäjaksoisella maksimaalisella testillä. 60 minuuttia soveltuu sisällä tehtäväksi testiksi ja 90 minuuttia ulkona tehtäväksi testiksi. Alle tunnin kestoiset testit voivat yliarvioida kovakuntoisen pyöräilijän suorituskyykyä AnK:llä. Itse tehty testi on toimiva ja antaa niin sanotun toiminnallisen AnK:n, joka kertoo kestävyyskunnan lisäksi lihaskunnan ja psyyken tilanteen. (Veikkanen ym. 2013, 70.)

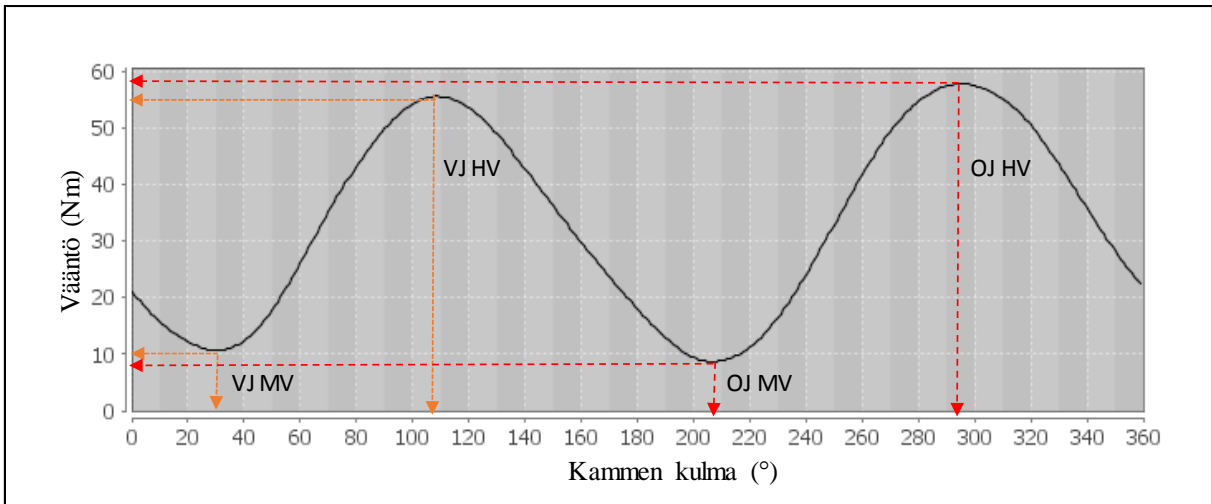
Kestävyyttä voidaan testata myös erilaisilla vakiomittaisilla kenttätesteillä, joista otetaan aikaa. Velodromilla voidaan toteuttaa esimerkiksi 1, 4 ja 10 kilometrin testiajot ja maantiellä voidaan suorittaa vakioituissa olosuhteissa 5, 10 ja 50 kilometrin testiajot. Kun testejä verrataan toisiinsa, tulee ottaa huomioon tuulen voimakkuus ja muut sään vaihtelut. (Nieminen ym. 1987, 206.) Ulkona ajettu 40 kilometrin aika-ajo-suoritus korreloi hyvin yhden tunnin polkupyöräergometritestin absoluuttisen tehon kanssa. Toisaalta yhden tunnin testin teho korreloi vahvasti AnK:n hapenkulutuksen kanssa. (Coyle ym. 1991.) Esimerkiksi AnK ja  $PVO_2max$  antavat harjoitelleilla pyöräilijöillä paremman ennusteen tunnin kestoiseen kestävyysuorituskykytestiin kuin  $VO_2max$  (Bishop ym. 1998).

Myös Borszczin ym. (2018) mukaan eri kestoiset aika-ajosuoritukset korreloivat hyvin laboratoriossa mitattujen  $\text{PVO}_2\text{max}$ :n ja laktaattikynnysten kanssa. Paras korrelaatio oli pitkissä 60 minuutin aika-ajoissa ( $r=0.89$  /  $r=0.75$ ), mutta myös 20 minuutin ( $r=0.84$  /  $r=0.70$ ) ja 5 minuutin aika-ajoista ( $r=0.72$  /  $r=0.58$ ) saatiin hyvä korrelaatio. Pyöräilijöiden olisi siis hyvä kehittää  $\text{PVO}_2\text{max}$ :a riippumatta siitä minkä mittaisia aika-ajosuorituksia he aikovat ajaa. Tämän lisäksi aineenvaihdunnallisten kynnysten kehittäminen on tärkeää pitkiä aika-ajoja ajatellen. (Borszcz ym. 2018.) McNaughton ym. (2006) vertailivat tutkimuksessaan toisiinsa kahden erilaisen nousevan kuormituksen maksimitestin laktaattikynnyksiä ja maksimitehoa. Toisessa testeistä käytettiin kolmen ja toisessa viiden minuutin kuormitusportaita. Kuormannosto oli aina 25 W. Lisäksi testejä verrattiin 30 minuutin aika-ajo-testiin. Nousevan kuormituksen testit olivat keskenään vertailukelpoisia ja ne korreloivat erittäin hyvin 30 minuutin keskitehon kanssa lähes kaikkien muuttujien osalta. (McNaughton ym. 2006.)

### **3.4 Pyöräilyn polkuvoima, kadenssi, teho sekä työ**

Työ määritellään fysiikassa voiman (F) ja matkan tuloksi. Työllä ja energialla on sama yksikkö, joule (J). Polkupyörän kammet pyörivät ympyräradalla, joten työ ilmaistaan kertomalla vääntömomentti kulmalla, jonka yli se vaikuttaa (kuvio 4). Pyöräilijän teho ilmoitetaan watteina (W), joka kuvastaa tietyssä aikayksikössä tehtyä työtä. (Glaskin 2014, 32.) Pyöräilyssä ei voida puhua kovin suurista voimista, koska voimantuottoaika jää kammenpyörähdyksen aikana melko lyhyeksi. Yhteen poljinkierrokseen kuluu aikaa 0.66 sekuntia, jos kadenssi on 90 kierrosta minuutissa. Tästä voimantuoton osuus on poljinkierroksen etuvaiheessa 0.20–0.25 sekuntia ja ala- ja ylävaiheissa 0.05–0.10 sekuntia. Jos poljetaan hitaammalla kadenssilla, voimaa ehditään tuottaa kauemmin. (Ahlroos 2005, 124.)

Metabolisen energian muuttaminen fyysiseksi tehoksi tai nopeudeksi ei tapahdu pyöräilijä-pyörä-kompleksissa yhden suhde yhteen, sillä sekä ympäristötekijät että mekaaniset ja biomekaaniset muuttujat vaikuttavat pyöräilysuoritukseen (Stapelfeldt ym. 2007). Jotta voidaan laskea kokonaisenergiankulutus, täytyy tietää pyöräilyn hyötysuhde (Vogt ym. 2006). Siinä ilmenee usein pientä yksilökohtaista vaihtelua, ja laskutavasta riippuen se on noin 20 – 25 % (Moseley & Jeukendrup 2001; Nimmerichter ym. 2015).



KUVIO 4. Kammen väännön ja kulman suhde yhden kammenkierroksen aikana. Tässä on esimerkki tämän tutkimuksen mittauksista. VJ = vasen jalka, OJ = oikea jalka, MV = minimiväännön kohta, HV = huippuväännön kohta.

Pyöräilyssä alaraajoilla tuotetaan lihasvoimaa, joka siirtyy polkimiin luiden ja jänteiden kautta, mutta voiman suuntautuminen riippuu jalan paikasta suhteessa poljinpintaan (Bini & Carpes 2014, 14). Käytettäessä suurempaa tehoa voimantuotto jakaantuu tasaisemmin koko kammen kierrokselle, jolloin kammen työntövaihe on edelleen tehokkain mutta myös nostovaiheen merkitys korostuu (Hug ym. 2008). Korkean tason maantiepyöräilijöiden lonkan ojentajat ovat vahvin lihasryhmä. Tämän jälkeen tulee polven ojentajat ja lonkan koukistajat. Pyöräilijät käyttävät pyöräilyä harrastamattomia tehokkaammin lonkan ojentajia suhteessa polven ojentajiin. Tähän saattaa vaikuttaa pyöräilyn matala ajoasento, johon täytyy tottua vähitellen. (Rannama ym. 2013.)

Pyöräilyn voimantuotossa voidaan puhua kahdesta eri voimasta: resultanttivoimasta ja kohtisuorasta voimasta. Resultanttivoimalla tarkoitetaan kokonaisvoimaa, jonka pyöräilijä kohdistaa polkimeen. Sen suuruus ja suunta muuttuvat jatkuvasti koko poljinkierroksen ajan. (Candotti ym. 2007.) Resultanttivoima voidaan jakaa analyysiä varten kolmeen kohtisuoraan komponenttiin: vertikaalinen ( $F_y$ ), anterioris-posteriorinen ( $F_x$ ) ja mediaalis-lateraalinen ( $F_z$ ). Ainoastaan vertikaalinen ja anterioris-posteriorinen komponentti heijastuvat suoraan kammen vääntömomenttiin. Tämän takia tutkimuksissa keskitytään yleensä mittaamaan vain näitä kahta, vaikka mediaalis-lateraal-suuntaisella voimalla voi olla vaikutusta esimerkiksi polvinivelen yllirasittumiseen. (Bini & Carpes 2014, 14.) Voimakomponenteista muodostuu

myös kohtisuora voima eli se, joka kohdistuu kohtisuorasti kampeen ja saa sen pyörimään ympyräradalla (Hug ym. 2008).

Polkuvoiman tehokkuus on määritelty kampeen kohtisuorasti kohdistuvan voiman (tehokas voima) ja kampeen kohdistuvan kokonaisvoiman (resultanttivoima) suhteena. Tämä suhde on määritelty tehokkuuden indeksinä (IE), mikä on tehokkaan voiman (EF) impulssin suhde resultanttivoiman (RF) impulssiin kokonaisen kampikierroksen aikana. (Bini ym. 2013.)

$$\text{Tehokkuuden indeksin yhtälö: } IE = \int_0^{360} EF \, dt / \int_0^{360} RF \, dt$$

Polkuvoimien mittaaminen perustuu yleisesti muodonmuutoksiin materiaaleissa, kuten polkimessa. Tämä periaate noudattaa Hookin lakia, jonka mukaan muodonmuutos on suoraan verrannollinen voimaan. Jos voima ylittää kappaleen elastiset ominaisuudet, muodonmuutoksesta tulee pysyvä. Venymisliuskat ovat yleisimmin käytössä polkuvoimien mittaamisessa, koska ne ovat melko edullisia. Venymisliuskat aistivat muodonmuutoksia ja venyessä niiden sähkönjohtavuus muuttuu. Tästä pystytään laskemaan kappaleeseen kohdistuva voima. (Bini & Carpes 2014, 15.)

Tehon mittaus mahdollistaa työskentelytehon suoran ja välittömän mittaamisen toisin kuin esimerkiksi sykkeen mittaaminen. Tehodataa voidaan tarkastella keskitehon avulla mutta se ei kerro vielä todellista kuvaa harjoituksen fysiologisesta rasittavuudesta, ellei harjoitus ole luonteeltaan tasainen. Esimerkiksi mäkinen tai mutkikas pyöräilyreitti aiheuttaa sen, että tehodata ei ole tasaista ja keskiteho saattaa jäädä tasaisen suorituksen keskitehoa pienemmäksi. (Jobson ym. 2009.) Myös harjoituksen rakenteella on merkitystä. Esimerkiksi Theurelin ja Lepersin (2008) tutkimuksessa tutkittavat pyöräilivät 33 minuuttia vakioteholla (70 %PVO<sub>2</sub>max) tai 33 minuuttia vaihtelevilla tehoalueilla (50, 100, 150 ja 200 %PVO<sub>2</sub>max). Keskiteho oli molemmissa kuormituksissa sama, mutta syke ja veren laktaattipitoisuus olivat suurempia vaihtelevatehoisessa harjoituksessa. Vaihtelevatehoinen harjoitus oli siis anaerobisten kuormitusten takia kuormittavampi elimistölle, vaikka keskitehon perusteella molemmat kuormitukset olivat yhtä kuormittavia. (Theurel & Lepers 2008.)

Koska pyöräilysuorituksen aikaisissa tehoissa on yleensä luontaista vaihtelua, suorituksen todellisen kuormittavuuden selvittäminen on haastavaa. Raakadatasta voidaan havainnoida esimerkiksi korkein saavutettu teho sekä intervallien määrä. Tämä ei kuitenkaan anna vielä

kaikkea sitä tietoa, mitä datasta olisi saatavilla. Yksi käyttökelpoinen tapa on jakaa data eri tehoalueisiin ja tarkastella tämän jälkeen, kuinka monta minuuttia pyöräilijä on työskennellyt kullakin tehoalueella. Teho voidaan jakaa myös pyöräilijän massalla, jolloin saadaan melko käyttökelpoinen vertailuarvo eri pyöräilijöiden välillä. (Jobson ym. 2009.)

Toinen käytännöllinen tapa kuormittavuuden tarkasteluun on normalisoitu teho, joka kertoo datan eksponentiaalisesti painotetun keskiarvon, jolloin yksittäiset tehoimpulssit tulevat paremmin huomioiduiksi (Jobson ym. 2009). Tehodataa voidaan tasoittaa käyttäen 30 sekunnin liukuvaa keskiarvoa. Aika perustuu siihen, että monet fysiologiset prosessit, kuten syke ja hapenottokyky reagoivat harjoitusintensiteetin muutoksiin 30 sekunnin kuluessa. Tämä liukuva keskiarvo korotetaan neljänteen potenssiin. Lopuksi muuttuneet arvot keskiarvoistetaan ja niistä otetaan neljäs juuri, jolloin saadaan normalisoitu teho. (Coggan 2003.)

Kadenssin merkitys suorituskykyyn on myös hyvä huomioida. Canivelin ja Wyattin (2016) mukaan samalla teholla ajettaessa korkeampi kadenssi nostaa sykettä. Pyöräilijät polkivat 150 W teholla 50 rpm kadenssilla tai 100 rpm kadenssilla 20 minuutin ajan. Sydämen syke oli suuremmalla kadenssilla noin 15 % korkeampi. Myös systolinen verenpaine oli korkeampi. Kilpapyöräilijälle ja valmentajille tämä tieto on tärkeä. Kisoissa käytettävän optimaalisen kadenssin valinta on olennaista, että vältetään elimistön ylimääräiseltä kuormittamiselta. Monet pyöräilijät suosivat silti korkeaa kadenssia, sillä he pelkäävät, että matala kadenssi ja suurempi välitys väsyttävät jalat. (Canivel & Wyatt 2016.) Kovatehoisessa 10 sekunnin maksimisuorituksissa vastaavasti tehokkain kadenssi maksimitehon saavuttamiseksi on 110–120 rpm välillä (Rannama ym. 2013). Lisäksi on havaittu, että maksimivoimaharjoittelulla on ollut vaikutusta vapaavalintaiseen kadenssiin. 12 viikon maksimivoimaharjoittelu laski submaksimaalisissa suorituksissa (37 %PVO<sub>2</sub>max ja 57 %PVO<sub>2</sub>max) kadenssia noin 9 rpm alkutesteistä ja energiankulutus laski noin 3 %. (Hansen ym. 2007.)

## **4 YHDISTETTY VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELU PYÖRÄILYSSÄ SEKÄ MUISSA KESTÄVYYSLAJEISSA**

Hermolihasjärjestelmän vasteet kestävyysasuoritukseen riippuvat urheilulajista ja kuormituksen suuruudesta. Kestävyysurheilussa ei yleensä päästä samoihin voimantuottoarvoihin, kuin voimaharjoituksissa. Edes ylämäkijuoksu ei aktivoi lihaksia maksimaalisesti. Pidemmän suorituksen aikana tapahtuu kuitenkin voimatasojen tippumista väsymisen seurauksena.

Kestävyysharjoitusta akuutisti edeltävä voimaharjoitus saattaa nostaa kestävyysasuorituksen aikaista hapenkulutusta. Eli toisin sanoen taloudellisuus huononee akuutisti. (Taipale ym. 2015.) Kuitenkin pidemmän ajan harjoitusvasteissa YVK-harjoittelun on havaittu parantavan juuri taloudellisuutta sekä pitkä- ja lyhytkestoista kestävyysasuorituskykyä (Aagaard & Andersen 2010). On myös ehdotettu, että samalla kertaa toteutettuna YVK-harjoittelun suoritusjärjestyksellä on vaikutusta siihen, mitä ominaisuutta halutaan kehittää. Kestävyysominaisuudet paranevat enemmän, kun kestävyysharjoitus tehdään ennen voimaharjoitusta. Sama pätee myös toisin päin. (Varela-Sanz ym. 2017.)

### **4.1 Kuntosalilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutus pyöräilyasuorituskykyyn**

#### **4.1.1 Vaikutus pyöräilijöihin**

Voimaharjoittelu aiheuttaa harjoittelun seurauksena aina sekä akuutin että pidempiaikaisen vasteen. Silva ym. (2014) tutkivat voimaharjoituksen akuuttia vastetta aika-ajoon erikoistuneiden miespyöräilijöiden 20 kilometrin aika-ajosuoritukseen. Jalkaprässillä juuri ennen suoritusta tehty maksimivoimaharjoitus (4x5, 5RM painolla) lyhensi suorituksen aikaa 6.1 %, mikä oli merkitsevä parannus. Aika-ajoa edeltäneen alkulämmittelyn hapenkulutus oli myös hieman pienempää voimaharjoituksen jälkeen. Tämä oli vastoin Taipaleen ym. (2015) taloudellisuus tuloksia. Voimaharjoittelua voisi siis mahdollisesti lisätä mukaan aika-ajoa edeltävään lämmittelyyn. (Silva ym. 2014.)

Pidempiaikaisia vasteita on tutkittu eri mittaisten harjoittelujaksojen avulla. Harjoittelujaksot ovat olleet yleensä vähintään kahdeksan viikkoa ja pyöräilytutkimuksissa ne painottuvat



maksimivoiman harjoitteluun. Psilander ym. (2015) tutkivat kahdeksan viikon YVK-harjoittelun vaikutuksia harjoitteleiden pyöräilijöiden suorituskykyyn. Kuntosaliryhmä (KSR) teki kaksi kertaa viikossa 60 minuutin kovatehoisen kestävyysharjoituksen ja heti tämän perään maksimivoimaharjoituksen. Kontrolliryhmä (KOR) teki pelkät kestävyysharjoitukset. KSR:n Wingaten 30 sekunnin maksimiteho (5 %) ja VO<sub>2</sub>max-testin loppuaika (4 %) kasvoivat jonkin verran. Lisäksi VO<sub>2</sub>max nousi hieman. Vastoin odotuksia 40 minuutin aika-ajossa ei kuitenkaan tapahtunut kehitystä toisin kuin KOR:llä. Kestävyysurheilijoita suositellaan tekemään voima- ja kestävyysharjoitukset erillisinä, sillä voimaharjoittelu ei näyttänyt kehittävän lihasten kykyä käyttää happea energiana. (Psilander ym. 2015.)

Myös Sunde ym. (2010) käyttivät kahdeksan viikon YVK-harjoittelujaksoa. Pyöräilijät tekivät maksimivoimaharjoittelua (4 x 4 toistoa puolikykyä Smith-laitteella) kolme kertaa viikossa kestävyysharjoittelun ohella. KOR jatkoi normaalia kestävyysharjoitteluaan. 70 % VO<sub>2</sub>max-tasolla pyöräilyn taloudellisuus (4.8 %) ja GME (4.7 %) paranivat. Lisäksi PVO<sub>2</sub>max nousi 17.2 %. KOR:llä tapahtui muutosta ainoastaan GME:ssä (1.4 %). VO<sub>2</sub>max:ssä, kehon painossa tai kadenssissa ei tapahtunut muutoksia. (Sunde ym. 2010.)

Rønnestadin ym. (2017) 10 viikon YVK-interventio alkoi heti kilpailukauden päätyttyä. Kansainvälisen tason huippupyöräilijät tekivät maksimivoimaharjoittelua (3x 4–10 toistoa per liike) kaksi kertaa viikossa. Harjoitusliikkeinä olivat puolikyky, yhden jalan jalkaprässi, yhden jalan lonkankoukistus ja nilkan plantaarifleksio. KOR jatkoi pelkkää kestävyysharjoittelua. Wingaten 30 sekunnin huipputeho nousi sekä KSR:llä että KOR:llä, mutta keskiteho nousi merkitsevästi enemmän KSR:llä. Lisäksi KSR:n OBLA-kynnys kehittyi KOR:ä paremmin. PVO<sub>2</sub>max:ssa ja VO<sub>2</sub>max:ssä ei tapahtunut muutoksia, mutta niitä ei myöskään odotettu pyöräilijöiden hyvästä tasosta johtuen. 40 minuutin aika-ajossa havaittiin pientä kehitystä, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää. (Rønnestad ym. 2017.)

Miespyöräilijöihin kohdistuneet tutkimukset ovat olleet yleisimpiä, mutta Vikmoen ym. (2016) tutkivat kuitenkin naispyöräilijöiden kehittymistä 11 viikon YVK-harjoittelun seurauksena. Harjoittelun seurauksena tapahtui kehitystä Wingaten 30 sekunnin testin huipputehossa (12.7 %) ja keskitehossa (3.4 %) sekä 40 minuutin aika-ajon keskitehossa (6.4 %). Lisäksi he pystyivät saavuttamaan suuremman %VO<sub>2</sub>max:n aika-ajon aikana. Paremmalla hapen hyödyntämisellä saattaa olla tärkeä merkitys suorituskyvyn kehittymisen kannalta. KOR:llä ei tapahtunut muutoksia minkään muuttujan osalta. (Vikmoen ym. 2016.)

Kansallisen tason miespyöräilijöille on tehty myös 12 viikon YVK-tutkimus. KSR teki maksimivoimaharjoitteita (4–10 toistoa) noin 90 asteen polvikulmalla. Harjoittelussa pyrittiin lajinmukaisuuteen hyödyntämällä mahdollisuuksien mukaan yhden jalan liikkeitä. KSR kehittyi Wingaten 30 sekunnin huipputehossa yli 9 % ja tämän lisäksi muutoksia tuli myös VO<sub>2</sub>max:ssä (3.3 %), PVO<sub>2</sub>max:ssa (4.3 %), LT1-kynnyksessä (4 %) ja 40 minuutin aika-ajon keskitehossa (6 %). Pelkkää kestävyysharjoittelua tehnyt KOR kehittyi VO<sub>2</sub>max:ssä (6.0 %) ja 40 minuutin aika-ajossa (4.6 %). Voidaan siis todeta, että voimaharjoittelulla ei ollut negatiivisia vaikutuksia VO<sub>2</sub>max:n, sillä tässä tutkimuksessa VO<sub>2</sub>max jopa parani. Tämä voi johtua siitä, että alkutestit tehtiin noin kuukausi kilpailukauden päättymisen jälkeen eli niin sanotun ylimenokauden jälkeen. Tällöin kestävyysharjoittelun määrä on yleensä normaalia alhaisempi. 40 minuutin aika-ajosuorituksen kehittymistä voi selittää PVO<sub>2</sub>max:n paranemisella. (Rønnestad ym. 2010a.)

Aagaard ym. (2011) selvittivät maksimivoimatyypisen YVK-harjoittelun vaikutuksia eri kestoisiin pyöräilysuorituksiin. Nuoret kansallisen huipputason miespyöräilijät kehittyivät 16 viikon YVK-harjoittelujakson aikana sekä viiden minuutin maksimaalisessa pyöräilysuorituksessa (3–4 %) että pidemmässä 45 minuutin aika-ajotestissä (8 %). KOR kehittyi vastaavanlaisesti lyhyemmässä testissä, mutta pidemmässä testissä sillä ei havaittu merkitseviä muutoksia.

Hyvin harjoitelleilla pyöräilijöillä on tutkittu myös 12 viikon YVK-harjoittelun vaikutuksia pitkän, 185 minuutin kestävyysuorituksen (44 %PVO<sub>2</sub>max) jälkeiseen irtiottokykyyn. Maksimivoimaharjoittelua tehtiin kaksi kertaa viikossa ja ohjelma oli sama kuin aiemmin mainitussa Rønnestadin ym. (2017) tutkimuksessa. Irtiottokykyä testattiin viiden minuutin maksimaalisella pyöräilytestillä. Harjoittelu tuotti 7.2 % parannuksen testissä. KOR:llä ei havaittu parannusta. Lisäksi irtiottotestiä edeltäneessä reilun kolmen tunnin kestävyystestissä KSR:n hapenkulutus, syke ja laktaattitasot laskivat lopputesteihin mennessä enemmän kuin KOR:llä. (Rønnestad ym. 2011.)

Jotta YVK-harjoittelu olisi tehokasta, sitä tulee tehdä säännöllisesti. Rønnestad ym. (2010b) tutkivat YVK-harjoittelun ja ylläpitävän YVK-harjoittelun vaikutuksia pyöräilijöiden suorituskykyyn. KSR teki harjoituskaudella 12 viikon ajan kaksi maksimivoimaharjoitusta viikossa ja jatkoi kilpailukaudella 13 viikon ajan kerran viikossa ylläpitävää

maksimivoimaharjoittelua. Harjoittelu tehtiin alaraajoille (3x 4–10 toistoa per liike). KOR teki pelkkää kestävyysharjoittelua koko 25 viikon ajan. YVK-harjoittelua tehnyt ryhmä suoriutui paremmin kaikissa testeissä. Myös ylläpitävän voimaharjoittelujakson aikana tapahtui selkeää kehitystä suhteessa KOR:n. YVK-harjoittelua tehneet onnistuivat säilyttämään kilpailukaudella voimatasonsa ennallaan, saamaan kehitystä VO<sub>2</sub>max:ssä ja kehittymään KOR:ä enemmän sekä lyhyissä että pitkäkestoissa pyöräilysuorituksissa. (Rønnestad ym. 2010b.)

Myös Rønnestad ym. (2015) tutkivat myöhemmin ylläpitävän YVK-harjoittelun vaikutuksia. Nuoret noin 19-vuotiaat pyöräilijät tekivät YVK-harjoittelua 25 viikon ajan. Maksimivoimaharjoittelu koostui 10 viikon kehittävästä jaksosta, jolloin voimaharjoituksia tehtiin kaksi kertaa viikossa, ja 15 viikon ylläpitävästä voimaharjoittelujaksosta, jolloin harjoituksia tehtiin noin kahdeksan päivän välein. KOR teki pelkkää kestävyysharjoittelua 25 viikon ajan. YVK-ryhmä paransi 30 sekunnin Wingaten testin huipputehoa, PVO<sub>2</sub>max:a, OBLA-kynnyksen tehoa sekä 40 minuutin aika-ajon keskitehoa. (Rønnestad ym. 2015.)

Rønnestadin ym. (2016) tutkimuksessa selvitettiin voimaharjoittelun lopettamisen vaikutuksia. Pyöräilijät tekivät harjoituskauden aikana 25 viikkoa YVK-harjoittelua kaksi kertaa viikossa sekä tämän jälkeen kilpailukaudella kahdeksan viikkoa pelkkää kestävyysharjoittelua. KOR teki 33 viikon ajan pelkkää kestävyysharjoittelua. Voimaharjoittelu vaikutti positiivisesti useisiin ominaisuuksiin, kuten PVO<sub>2</sub>max:n, OBLA-kynnyksen tehoon sekä Wingaten 30 sekunnin testin keskitehoon. Lähes kaikki hyödyt kuitenkin menetettiin YVK-harjoittelua seuranneen kahdeksan viikon kestävyysjakson aikana. Eli voimaharjoittelusta on hyötyä, kun sen avulla saavutettuja ominaisuuksia pidetään yllä koko kilpailukauden ajan. (Rønnestad ym. 2016.)

Kestävyysominaisuuksien ja pyöräilyn suorituskyvyn lisäksi tutkimuksissa mitattiin myös muutoksia voima- ja hyppysuorituksissa sekä kehon massassa. Muun muassa Rønnestad ym. (2017) havaitsivat, että YVK-harjoittelua tehnyt ryhmä paransi kestävyysharjoitteluryhmää enemmän isometristä maksimaalista puolikykyä (20 % vs. 3 %) ja vertikaalihyppyä (8 % vs. 0 %). Kehon alaraajojen massa lisääntyi voimaharjoittelun seurauksena noin 2 %, mutta tässä ei havaittu merkitsevää eroa ryhmien välillä. Pientä hypertrofiaa eli lihaskasvua saattoi silti tapahtua. Voimaharjoittelulla havaittiin olevan selkeä vaikutus tehon tuottoon, sillä tehontuotto riippuu hyvin pitkälti työskentelevän lihassmassan koosta, maksimivoimatasosta ja

vertikaalihyppysuorituksesta. (Rønnestad ym. 2017.) Myös esimerkiksi Rønnestadin ym. (2015) tutkimuksessa ilmeni YVK-harjoittelun seurauksena useita muutoksia edellä mainituissa asioissa. YVK-harjoittelu paransi isometristä maksimikyykkysuoritusta, lisäsi kehon rasvatonta massaa ja aiheutti sen, että poljinvoiman huippuarvo saavutettiin aiemmassa vaiheessa poljinkierrosta. Kun poljinvoiman huippuarvo saavutettiin aikaisemmin, lihasten rentoutumisvaihe kesti pidempään ja alaraajojen lihasten verenkierto parani. Tämän myötä myös kestävyysuorituskyky parani. (Rønnestad ym. 2015.)

Maksimivoimaharjoittelun lisäksi on tutkittu myös muiden voimaharjoittelumuotojen vaikutusta kestävyysuorituskykyyn. Bastiaansin ym. (2001) tutkimuksessa pyöräilijät tekivät yhdeksän viikon ajan YVK-harjoittelua, jossa voimaharjoittelu koostui räjähtävistä, nopeusvoimatyypisistä suorituksista, kuten kyykyistä, jalkaprässistä ja steppauksista. Jokaista liikettä tehtiin yhdessä harjoituksessa 4 x 30 toistoa. KOR jatkoi pelkkää kestävyysharjoittelua. KSR pystyi harjoittelunsa ansiosta ylläpitämään 30 sekunnin testin tehotasoja, kun taas KOR:llä tasot tippuivat. Räjähtävää voimaharjoittelua suositellaan käytettäväksi osana kestävyysharjoittelua esimerkiksi silloin, kun halutaan nopeassa ajassa saada hyviä parannuksia kestävyysuorituskykyyn. (Bastiaans ym. 2001.) Vastaavasti pyöräilyharjoitteluun yhdistetty 20 viikon maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelu paransi kilpatason maantiepyöräilijöiden kuuden sekunnin pyörätestin maksimitheoa (8.4 %) sekä PVO<sub>2</sub>max:a (8.5 %) (Beattie ym. 2017).

#### **4.1.2 Vaikutus harjoittelelemattomiin ja ikäihmisiin**

Harjoitelleiden pyöräilijöiden lisäksi YVK-harjoittelun aikaansaamia pyöräilyuorituskyvyn muutoksia on tutkittu ainakin harjoittelelemattomilla ja ikääntyneillä ihmisillä. Arazi ym. (2011) havaitsivat, että on merkitystä, tekeekö voimaharjoituksen samana vai eri päivänä kestävyysharjoituksen kanssa. Harjoittelelemattomista opiskelijamiehistä muodostetuissa ryhmissä ilmeni selkeä ero. Eri päivinä harjoitukset tehneillä miehillä arvioitu VO<sub>2</sub>max kehittyi keskimäärin paremmin kuin toisella ryhmällä (22.2 % vs. 18.7 %). Myös Burich ym. (2015) tutkivat YVK-harjoittelun aiheuttamia muutoksia arvioituun VO<sub>2</sub>max:een. Kohderyhmänä olivat 50–70-vuotiaat ikäihmiset, jotka harjoittelivat 12 viikon ajan joko pelkkää kestävyysharjoittelua tai YVK-harjoittelua. Voimaharjoittelu oli hypertrofista (10–15 toistoa per sarja). Molemmissa ryhmissä tapahtui merkitsevää kehitystä arvioidussa VO<sub>2</sub>max:ssa, vaikka KOR kehittyi hieman paremmin (27.1 % vs. 19.7 %). Lisäksi YVK-

ryhmän voimatasot paranivat. Tästä voidaan päätellä, että myös YVK-harjoittelulla saadaan aikaan suotuisaa kehitystä kestävyysominaisuuksissa.

Eklundin ym. (2016) mukaan 24 viikon YVK-harjoittelu kehitti harjoittelemattomien naisten pyöräilysuorituskykyä. Tutkimuksessa vertailtiin YVK-harjoittelun aiheuttamia muutoksia kahden ryhmän välillä. Ohjatut voima- ja kestävyysharjoitukset tehtiin aina peräkkäin. Toinen ryhmä aloitti aina voimaharjoituksella ja toinen kestävyysharjoituksella. Maksimivoimaharjoitukset (2–5x 3–12 toistoa) koostuivat jalkaprässistä, takareisiliikkeestä ja polven ojennuksista. Kestävyysharjoituksissa poljettiin AnK:n teholla joko tasavauhtinen ajo tai vaihtelevia intervallisuorituksia. Molemmat ryhmät paransivat PVO<sub>2</sub>max:a, mutta kestävyysharjoitukset ensin tehnyt ryhmä kehittyi paremmin (21 % vs. 16 %). (Eklund ym. 2016.) Tämän lisäksi Loveless ym. (2005) ovat tutkineet harjoittelemattomien adaptoitumista YVK-harjoitteluun. Tällä kertaa kohderyhmänä olivat kuitenkin miehet, jotka harjoittelivat maksimivoimaa alaraajoille kahdeksan viikon ajan kolme kertaa viikossa. Myös tässä tutkimuksessa PVO<sub>2</sub>max kasvoi (3 %) ja lisäksi pyöräilyn taloudellisuus parani. (Loveless ym. 2005.)

Heggelund ym. (2013) tutkivat voimaharjoittelumuodon vaikutusta kestävyysuorituskykyyn. Yhden jalan maksimivoimaharjoittelu (4–5 toistoa) kehitti paremmin kestävyysmuuttujia kuin yhden jalan perinteinen voimaharjoittelu (10 toistoa). Harjoittelemattomat henkilöt tekivät toista treeniä toiselle jalalleen ja toista toiselle jalalleen. Yhden jalan pyöräilyn taloudellisuus parani enemmän maksimaalista voimaharjoittelua tehneillä (30 % vs. 17 %). Taloudellisuus on yksi tärkeimmistä kestävyysuorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä, mutta tässä tutkimuksessa kestävyysuorituskyky ei kuitenkaan parantunut. Parantunut taloudellisuus mahdollistaa kuitenkin tehokkaamman harjoittelun. (Heggelund ym. 2013.)

#### **4.1.3 Yhteenveto YVK-harjoittelun vaikutuksista pyöräilyuorituskykyyn**

Suurin osa YVK-harjoittelututkimuksista on keskittynyt tutkimaan kuntosalilla tehtyjen voimaharjoitusten aiheuttamia adaptaatioita suorituskykyyn, vaikka voimaharjoittelun olisi hyvä olla mahdollisimman lajinomaista. Pyöräilijän on suositeltavaa tehdä voimaharjoitusliikkeen pyöräilyyn tavanomaisempi konsentrinen vaihe mahdollisimman räjähtävästi ja eksentrinen vaihe melko rauhallisesti 2–3 sekunnissa. (Mujika ym. 2016.) Valitut voimaharjoitteluliikkeet muodostavat tärkeän osan kokonaisuudesta. On hyvä valita

mahdollisimman lajinomaiset kuntosaliliikkeet. Esimerkiksi lonkankoukistajalihaksen vahvistaminen voimaharjoittelun yhteydessä voi tehostaa polkiessa jalan ylösnostovaihetta ja näin vähentää pitkässä pyöräilyosuituksessa ilmenevän väsymyksen aiheuttamaa ylösnostovaiheen negatiivista ja jarruttavaa voimaa. Kun jalka tuodaan nopeammin ylös, vastustava voima pienenee. (Hansen ym. 2012.) Pyöräilyssä poljinvoiman huippuarvo saavutetaan 100 asteen polvikulmalla, joten voimaharjoittelu olisi hyvä toteuttaa 90–180 asteen välillä (Rønnestad ym. 2017).

YVK-tutkimukset kestävät yleensä 8–12 viikkoa ja siinä ajassa ei ole yleensä havaittu muutoksia VO<sub>2</sub>max:ssä. Pitkän aikavälin muutoksia on siis vaikea arvioida tämän muuttujan kohdalla. (Mujika ym. 2016.) Perinteisesti pyöräilyn suorituskykyä mitataan 30–60 minuutin aika-ajo-testillä. Voimaharjoittelu on antanut vaihtelevia tuloksia tähän muuttujaan. Kun maksimivoimaa on harjoiteltu useiden eri liikkeiden avulla ja riittävällä kuormalla, tulokset ovat yleensä olleet positiivisia. Räjähävän voiman harjoittaminen ja liian alhainen kuormitus eivät ole yleensä vaikuttaneet juurikaan pyöräilyn suorituskykyyn. Tähän on kuitenkin olemassa poikkeuksia. (Rønnestad & Mujika 2014.)

Voimaharjoittelu saattaa parantaa kestävyys suorituskykyä usean eri tekijän vaikutuksesta. Veren virtaus jaloissa voi parantua, kun samalla kuormitustasolla ei tarvitse käyttää yhtä suurta osuutta maksimivoimasta. Tällöin lihasten hapensaanti voi parantua suuremman verimäärän johdosta. Voimantuotto voi myös tapahtua aikaisemmassa vaiheessa poljinkierrosta, jolloin palautumisvaiheelle jää enemmän aikaa. (Mujika ym. 2016.) Pyöräily suorituskyky paranee voimaharjoittelun seurauksena mahdollisesti sen takia, että tyypin I -lihassolujen voima kasvaa ja tyypin II -lihassoluja ei tarvitse rekrytoida yhtä paljon. Tällöin pyöräily on taloudellisempaa. Muita mahdollisia syitä ovat tyypin IIX- nopeiden lihassolujen muuttuminen väsymystä sietäväksi nopeiksi IIA-lihassoluiksi, ja parantunut hermolihasjärjestelmän tehokkuus. (Rønnestad & Mujika 2014.)

Suurimassa osassa kuntosalilla tehdyistä maksimivoimaharjoittelua ja kestävyys harjoittelua yhdistävistä tutkimuksista on siis havaittu paljon positiivisia vaikutuksia pyöräily suorituskykyyn ja muihin muuttujiin (taulukko 2). Toki on olemassa myös tutkimuksia, joissa ei ole saavutettu hyötyjä, mutta nämä eivät ole yhtä yleisiä ja niissä on käytetty yleensä hieman erilaisia menetelmiä.

TAULUKKO 2. Kuntosalilla tehdyn maksimivoimaharjoittelun ja siihen yhdistetyn kestävyysharjoittelun aiheuttamat vasteet kestävyysominaisuuksiin, poljinvoimamuuttujiin, pitkäkestoisiin pyöräilysuorituksiin ja lyhytkestoisiin pyöräilysuorituksiin. Koontia useista eri tutkimuksista.

| Kategoria                                     | Muuttuja                        | Kehitys (%) | Lähteet  |
|---|---------------------------------|-------------|--|
| Kestävyysominaisuudet ja poljinvoimamuuttujat | VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) | 0.0 - 7.0   | Sunde ym. 2010; Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2010b; Rønnestad ym. 2017; Aagaard ym. 2011; Psilander ym. 2015     |
|   | Taloudellisuus                  | 0.0 - 4.8   | Sunde ym. 2010; Aagaard ym. 2011;  |
|   | GME (%)                         | 1.0 - 4.7   | Sunde ym. 2010; Rønnestad ym. 2016   |
|   | Huippuväännön kulma (°)         | 3.5         | Rønnestad ym. 2015   |
| Pitkäkestoiset pyöräilysuoritukset            | PVO <sub>2</sub> max (W)        | 0.0 - 17.2  | Sunde ym. 2010; Rønnestad ym. 2017; Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2010b; Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2016   |
|   | 40-45 min aika-ajo (W)          | 0.0 - 14.0  | Psilander ym. 2015; Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a; Aagaard ym. 2011; Rønnestad ym. 2010b; Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2017 |
|   | LT1 (2 mmol/l) (W)              | 4.0 - 12.3  | Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2010b;  |
|   | OBLA (4 mmol/l) (W)             | 2.8 - 4.0   | Psilander ym. 2015; Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2016   |
| Lyhytkestoiset pyöräilysuoritukset            | 30 s Wingate P maks (W)         | 2.0 - 12.7  | Psilander ym. 2015; Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2010b; Rønnestad ym. 2015;                                      |
|   | 30 s Wingate P ka (W)           | -2.7 - +3.4 | Rønnestad ym. 2017; Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2010b; Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2016                   |
|   | 5 min aika-ajo (W)              | 3.0 - 7.2   | Rønnestad ym. 2011; Aagaard ym. 2011;  |

VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky, GME = mekaaninen hyötysuhde, PVO<sub>2</sub>max = maksimaalinen aerobinen teho, LT1 = ensimmäinen laktaattikynnys, OBLA = laktaatin kasautumisen alkamista vastaava kynnys (melko vastaava kuin anaerobinen kynnys), P = teho, maks = maksimi, ka = keskiarvo, Wingate = Wingaten testi.

#### 4.2 Kuntosalilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutukset muiden kestävyyslajien suorituskyykyyn

Varela-Sanz ym. (2017) pyrkivät vaihtelevaan YVK-harjoittelun määrää ja intensiteettiä ja etsimään optimaalisinta tapaa toteuttaa harjoittelua. Vertailtavana olivat perinteinen harjoittelumalli, polarisoitu harjoittelumalli sekä KOR. Harjoittelujakso kesti kahdeksan viikkoa. Tutkittavat olivat liikunnan alan opiskelijoita. Maksimaalinen aerobinen nopeus

mitattiin juoksuradalla Montrealin yliopiston ratatestillä, jossa juostiin polkupyörän perässä ja vauhtia nostettiin 1 km/h kahden minuutin välein uupumukseen saakka. Sekä perinteisellä, että polarisoidulla harjoittelulla juoksunopeus kasvoi reilut 4 %, kun KOR:llä ei tapahtunut juuri muutoksia. (Varela-Sanz ym. 2017.)

Nuorille naislentopalloilijoille tehtiin tutkimus YVK-harjoittelusta. Laskennallinen  $VO_2max$  kasvoi kahdeksan viikon YVK-harjoittelujakson aikana noin 7 %. KOR:llä ei tapahtunut muutoksia. Voidaan päätellä, että voimaharjoittelu paransi lyhytkestoista kestävyysuorituskykyä kasvattamalla lihasten fosfaatti- ja glykogeenivarastoja. Nopeiden ja hitaiden lihassolujen suhde on myös saattanut muuttua. Pitkäaikaisen kestävyuden uskotaan paranevan siitä syystä, että korkeamman maksimivoimatason johdosta nopeita lihassoluja ei tarvitse rekrytoida yhtä varhaisessa vaiheessa suoritusta. Voimaharjoittelu voi myös parantaa juoksun tai pyöräilyn taloudellisuutta ja sitä kautta pitkäkestoista kestävyysuorituskykyä. (Hama & Magied 2014.)

Triathlonistit osallistuivat 14 viikon YVK-harjoitteluun talvikauden aikana. Tutkittavat tekivät kaksi kertaa viikossa alaraajoja kehittäviä maksimivoimaharjoitteita (3–5x 3–5 toistoa uupumukseen asti). Juoksun taloudellisuus parani hieman harjoittelujakson aikana, vaikka muutoksia  $VO_2max$ :ssa ei havaittu lainkaan. Urheilijat olivat hyvin harjoitelleita ja taloudellisuuden kehittyminen ei ollut kestävyysarjoittelulla enää kovin selkeää. Tutkijat arvelivat, että taloudellisuuden parantuminen selittyi perifeeristen alueiden, kuten lihasten, paremmalla toiminnalla eikä niinkään sydämen tai hapenkuljetuskyvyn kehittymisellä. Hermolihasjärjestelmän kehittyminen voi mahdollistaa nopeamman tehontuoton juoksuuorituksen aikana. Kun maksimivoimatasot paranevat, pystytään käyttämään enemmän hitaita lihassoluja voimantuotossa ja niiden taloudellisuus on parempaa. Myös triathlonistien kestävyysuorituskyky, kuten maksimaalinen aerobinen nopeus parani, vaikka  $VO_2max$ :ssa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia. Tämän tutkimuksen perusteella on suositeltavaa lisätä voimaharjoittelua kestävyysurheilijoiden harjoitusohjelmaan. (Millet ym. 2002.)

Schumann ym. (2015) keskittyivät tutkimaan YVK-harjoittelun vaikutuksia kestävyysjuoksijoiden suorituskykyyn. KOR teki pelkkää ohjattua kestävyysarjoittelua ja YVK-ryhmä teki kestävyysarjoitusten yhteydessä myös maksimivoima- ja nopeusvoimaharjoitteita. YVK-ryhmällä ei havaittu yhtä suurta parannusta 1000 metrin



juoksusuorituksessa kuin kestävyysharjoitteluryhmällä oli. Myöskään uupumukseen asti juostun nousevatehoisen juoksumattotestin loppuajassa ei havaittu yhtä suurta parannusta YVK-ryhmässä (7 % vs. 10 %). Tosin voimatasot pysyivät voimaharjoitelleilla paremmin samalla tasolla. Kestävyysurheilijoita suositellaan tekemään voima- ja kestävyysharjoitukset erillisinä, jotta lisätystä voimaharjoittelusta voidaan saada paras mahdollinen hyöty. (Schumann ym. 2015.) Jos YVK-harjoittelua tehdään samalla harjoituskerralla, on syytä miettiä oikea suoritusjärjestys. Tutkijoiden mukaan ennen voimaharjoitusta tehty kestävyysharjoitus heikentää voimaharjoituksen suorituskykyä ja sen tehokkuutta. (Jones ym. 2017.)

Harjoittelemattomat miehet jaettiin kolmeen ryhmään: kestävyysharjoittelu, voimaharjoittelu ja YVK. He harjoittelivat 12 viikon ajan. YVK-harjoittelua tehneet saavuttivat yhtä hyvät voimaominaisuudet kuin pelkkää voimaharjoittelua tehneet, mutta he eivät saavuttaneet yhtä hyviä kestävyysominaisuuksia kuin pelkkää kestävyysharjoittelua tehneet. YVK-harjoittelu siis hieman häiritsi kestävyysominaisuuksien kehittymistä. (Glowacki ym. 2004.) Rønnestad ym. (2012) havaitsivat saman ilmiön myös harjoitelleilla urheilijoilla. Pelkkä voimaharjoittelu kehitti kestävyysurheilijoiden voimaominaisuuksia paremmin kuin YVK-harjoittelu. Suuren kestävyysharjoittelumäärän havaittiin siis aiheuttavan jonkinlaista häiriötä voimaominaisuuksien kehittymiseen. (Rønnestad ym. 2012.)

#### **4.3 Pyörällä tehty pyörävoimaharjoittelu, kovatehoinen intervalliharjoittelu tai matalakadenssiharjoittelu ja näiden vaikutus pyöräily-suorituskykyyn**

Pyöräilyssä menestyäkseen tarvitsee erittäin hyvän aerobisen ja anaerobisen kapasiteetin (Coyle ym. 1991). Myös toiminnallisen tehon kehittäminen on tärkeää (Bastiaans ym. 2001). On kuitenkin vielä hieman epäselvää, kuinka pyöräilyssä tarvittavaa toiminnallista voimaa voidaan parhaiten kehittää. Tyypillisesti on kaksi erilaista tapaa kehittää voimaa pyöräilyssä: pyörävoimaharjoittelu tai perinteinen voimaharjoittelu kuntosalilla. Kuitenkin kuntosalilla tehdyt liikkeet eivät ole liikeradoiltaan samanlaisia kuin pyöräilyssä ja lihasmassa saattaa kasvaa. Tällä voi olla vaikutuksia esimerkiksi ylämäkien nousukykyyn. (Koninckx ym. 2010.) Koninckx ym. (2010) viittaavat Kautziin ja Hulliin (1993) ja toteavat, että monet pyöräilijät välttävät perinteistä voimaharjoittelua ja tekevät 1–5 minuutin voimavetoja 40–60 rpm kadenssilla esimerkiksi ylämäessä. Voimantuottonopeudet ovat paljon pienemmät kuin normaalissa pyöräilyssä (80–110 rpm), mutta liikerata on lajispesifimpi kuin kuntosalilla.

Arvioitu voimantuotto on noin 30 % maksimivoimatasosta, minkä seurauksena rekrytoidaan pääasiassa tyyppin I -lihassoluja. (Koninckx ym. 2010.)

McNamaran ja Stearnen (2013) tutkimuksessa toinen ryhmä teki normaalia YVK-harjoittelua ja toinen ryhmä lisäsi siihen mukaan myös polkupyöräergometrillä tehtyjä lyhyitä 10–45 sekunnin maksimivetoja. Hypoteesina oli, että kombinaatioharjoittelua tehnyt ryhmä kehittyisi paremmin kuin normaalia YVK-harjoittelua tehnyt ryhmä. Lisäksi ajateltiin, että anaerobisen glykolyysin terävä stimulointi maksimitehoisilla pyöräilyvedoilla voisi edistää suorituskykyä. Kuitenkin molempien ryhmien voima- ja teho-ominaisuudet kehittyivät yhtä hyvin. Tämän tyyppisen pyöräilyintervalliharjoituksen lisäämisestä YVK-harjoittelun ohkeen ei havaittu olevan mitään lisähyötyä. (McNamara & Stearne 2013.)

Koninckx ym. (2010) vertailivat toisiinsa kahta erilaista harjoitteluryhmää. Molemmat ryhmät tekivät YVK-harjoittelua, mutta toinen ryhmä teki voimaharjoittelua isokineettisellä polkupyöräergometrillä, ja toinen ryhmä teki perinteistä painoharjoittelua kuntosalilla. Tutkittavat olivat harjoitelleita pyöräilijöitä. Tutkimus toteutettiin kilpailukauden päätyttyä ja painoharjoittelu toteutettiin hypertrofis-tyyppisesti (8–15 toistoa). Liikkeenä olivat puolikyökky ja 45 asteen kulmassa oleva jalkaprässi. Astekulman vaihteluväli oli 90–175 astetta. Pyörällä tehtävä voimaharjoittelu taas toteutettiin jokaisen omalla polkupyörällä, joka oli kiinnitetty isokineettiseen ergometriin. Kadenssi vakioitiin 80 rpm suuruiseksi ja jokainen voimaveto koostui 12 poljinkierroksesta, joiden ajan työtä tehtiin maksimaalisesti. Palautus kesti kolme minuuttia ja sen aikana poljettiin 100 W teholla. (Koninckx ym. 2010.)

Maksimaalista tehontuottoa mitattiin testeissä useilla eri kadensseilla ja havaittiin, että painoharjoitteluryhmän maksimiteho kehittyi tasaisesti eri kadensseilla 11–15 %. Isokineettistä pyöräilyharjoittelua tehneillä teho kasvoi 40–100 rpm kadenssilla 10–15 %, mutta 120 rpm kadenssilla ei tapahtunut muutoksia. Suurin muutos ilmeni 80 rpm kadenssilla, jolla oli harjoiteltu. Kestävyysominaisuudet kehittyivät yhtä hyvin molemmilla ryhmillä. 30 minuutin maksimaalinen aika-ajo parani 5–8 %.  $PVO_2\max$  nousi 3–6 % ja OBLA-kynnyksen teho 6–8 %. Toki kehitykseen täytyy ottaa huomioon myös samanaikaisen kestävyysharjoittelun aiheuttama mahdollinen vaikutus. (Koninckx ym. 2010.)

Tutkimuksen yksi tärkeimmistä huomioista oli se, että hitaalla liikenopeedella tai kadenssilla toteutettu voimaharjoittelu voi kehittää pyöräilijöiden tehontuottoa myös korkealla

kadenssilla. Tutkimuksessa tehdyt puolikyky- ja jalkaprässiliikkeet vastasivat lihasten supistumisnopeudelta 35–40 rpm kadenssia pyöräilyssä ja kehittivät pyöräilytehoa kaikilla kampikierrosnopeuksilla. 80 rpm kadenssilla tehty pyöräily ei taas kehittänyt pyöräilytehoa kaikkein nopeimmilla kampikierroksilla. Julkaisemattoman tutkimusdatan mukaan maksimaalinen tehontuotto 40 rpm kadenssilla on tärkeä 30 minuutin kestävyystestin keskitehoa määrittävä tekijä. (Koninckx ym. 2010.)

Myös Kristoffersen ym. (2014) syventyivät tutkimuksessaan pyörällä tehtyyn voimaharjoitteluun. Heidän mukaansa Norjassa käytetään yleisesti pyörällä tehtävissä voimaharjoituksissa Koninckxin ym. (2010) mainitsemaa 40 rpm kadenssia. Tutkimuksessa oli mukana aktiivisia veteraanipyöräilijöitä ( $47 \pm 6$  vuotta), joilla oli pitkä tausta pyöräilystä. Heidät jaettiin kahteen harjoitteluryhmään, joista toinen ryhmä käytti harjoituksissa 40 rpm kadenssia ja toinen ryhmä vapaavalintaista kadenssia. Harjoitusintensiteetti ja kuormitusmalli olivat molemmilla ryhmillä samat (5 x 6 minuuttia, 73–82 % maksimisykkeestä). Vastoin ennako-oletuksia 40 rpm kadenssilla polkeneet eivät parantaneet mitään muuttujaa, kun taas toisen ryhmän ajajilla kehittyi sekä  $VO_2max$  että 30 minuutin aika-ajon keskiteho. (Kristoffersen ym. 2014.)

Voimaharjoittelua voi tehdä myös sekoittamalla pyöräilyä ja räjähtäviä hyppyjä. Patonin ym. (2009) mukaan pyöräilijöiden kestävyysominaisuudet kehittyivät tekemällä neljän viikon ajan räjähtäviä yhden jalan hyppyjä sekä polkupyöräergometrillä poljettuja 30 sekunnin intervaleja. Pyöräilijöistä muodostettiin kaksi ryhmää. Toinen ryhmä teki intervallit 60–70 rpm kadenssilla ja paransi kestävyysominaisuuksiaan enemmän kuin ryhmä, joka teki intervallit 110–120 rpm kadenssilla, vaikka harjoittelun intensiteetti oli molemmilla ryhmillä sama. Suuremmat muutokset saattavat johtua suuremmista harjoittelussa tuotetuista poljinvoimista sekä harjoittelun paremmasta vaikutuksesta testosteronitasoihin ja  $VO_2max$ :een. Matalalla kadenssilla harjoitellut ryhmä paransi  $PVO_2max$ :a 3.6 % enemmän kuin korkealla kadenssilla harjoitellut ryhmä. Lisäksi se saavutti 7 % enemmän kehitystä OBLA-kynnyksen teholla sekä 3.3 % enemmän parannusta  $VO_2max$ :ssä. Lisäksi taloudellisuus 50 % $PVO_2max$  tasolla parani 5.1 %. (Paton ym. 2009.)

Voimaa voi harjoitella pyörällä myös esimerkiksi eksentrisen pyöräilyn tai yhden jalan pyöräilyn avulla. Yhden jalan pyöräily on tyypillinen harjoittelumuoto pyöräilijälle, mutta se aiheuttaa melko paljon kuormitusta lonkankoukistajille. Harjoittelusta on olemassa myös

versio, missä käytetään vastapainoa toisessa kammassa. Tällöin polkeminen tuntuu luonnollisemmalta. (Mujika ym. 2016.) Eksentristä pyöräilyä on tutkittu Leongin ym. (2014) tutkimuksessa, jossa kahdeksan viikon eksentrisen pyöräilyharjoittelu (2x / viikko; 5–10.5 minuuttia kerta, 20–55 % maksimitehosta) kehitti konsentrisen pyöräilyosuituksen neljän sekunnin maksimitehoa noin 11 %. Kahdeksan viikkoa harjoittelun päättymisestä tehtiin uusintamittaukset ja teho oli kasvanut vielä 5 % lisää. Eksentrisen harjoittelun jälkeen tarvitaan melko pitkä palautusjakso, jonka aikana harjoittelun aiheuttamat lihasvauriot korjaantuvat ja harjoituksesta saadaan täysi hyöty konsentriseen tehontuottoon.

Nebil ym. (2014) vertailivat kovatehoisen pyöräilyintervalliharjoittelun vaikutuksia naisjalkapalloilijoiden suorituskykyyn. Toinen ryhmä jatkoi normaalia jalkapalloharjoittelua ja toinen ryhmä otti harjoitteluun mukaan kovatehoista pyöräilyä ergometrillä 2 x 15 x 5 sekunnin vedoilla. Vetopalautus oli 55 sekuntia ja sarjapalautus 15 minuuttia. Harjoittelua tehtiin kolme kertaa viikossa kolmen kuukauden ajan. Kadenssi oli optimaalinen 100–110 rpm ja vastus 7.5–8.5 % kehon painosta. Pyöräryhmän hetkellinen maksimiteho kehittyi. Lisäksi 5-loikka sekä 20 ja 30 metrin juoksusprinttien nopeus kehittyivät. Perusryhmällä ei havaittu mitään muutoksia. Pyöräily yhdistettynä normaaliin jalkapalloharjoitteluun tarjosi siis tehokkaan tavan kehittää jalkojen tehoa. (Nebil ym. 2014.)

Polkupyöräergometrillä tehty räjähtävä tehoharjoittelu paransi maksimitehoa sekä -voimaa. Lihassolujakauma muuttui hitaista (ST) ja nopeista, helposti väsyvistä (FTb) lihassoluista enemmän kohti nopeaa, väsymystä kestäväää (FTa) lihassolutyyppejä. Treeni (2 x 15 x 5 s / 55 s / 15 min) tehtiin neljä kertaa viikossa. Vetojen aikana saavutettiin yleensä 150 rpm maksimikadenssi. Tutkimuksessa ei käytetty lukkopolkimia tai vastaavia, että tutkimus pystyttiin painottamaan jalan ojentajalihaksiin, ja koska lihasmuutoksia tutkittiin etureiden vastus lateralis -lihaksesta. (Linossier ym. 1997.)

Stepito ym. (1999) selvittivät erilaisten intervallitreenien vaikutusta 40 kilometrin aika-ajosuoritukseen. Alkustestien  $PVO_2max:n$  perusteella määritettiin tehot harjoitteluun. Tutkittavat jaettiin kuuteen eri ryhmään ja lyhimmillään vedot olivat 12 x 30 sekuntia 175 %  $PVO_2max$  teholla ja pisimmillään 4 x 8 minuuttia 80 %  $PVO_2max$  teholla. Suurin kehitys 40 kilometrin aika-ajosuorituksessa tuli kolmen viikon harjoittelun jälkeen näillä kahdella ryhmällä. Eli aika-ajosuoritus paranee, kun harjoitellaan suoritusta vastaavalla teholla tai sitten vastaavasti paljon korkeammalla teholla. Nämä kehitykset tapahtuvat kuitenkin eri

mekanismien kautta. (Stepto ym. 1999.) Myös Gist ym. (2014) havaitsivat, että pelkät lyhyet, esimerkiksi 30 sekunnin intervallit saavat aikaan vastaavaa kehitystä aerobisissa ominaisuuksissa kuin normaali kestävyysharjoittelu. Tämä on mielenkiintoista, sillä 30 sekunnin maksimaalisissa suorituksissa energia saadaan pääasiassa glykolyyttisen anaerobisen energiantuottojärjestelmän kautta (Rønnestad ym. 2010a).

Harjoitelleet pyöräilijät jaettiin kahteen ryhmään. Toinen ryhmä teki normaalia kestävyysharjoittelua ja toinen ryhmä yhdisti harjoitteluun 4x30''/4' maksimaalisen intervallitreenin kaksi kertaa viikossa. Intervallitreeniä tehneiden maksimiteho, keskiteho ja VO<sub>2</sub>max kehittyivät kaikki 5–6 %, mutta myös kontrolliryhmä kehittyi näissä. Kontrolliryhmä teki mahdollisesti joitain vastaavia harjoituksia ulkona normaalin harjoittelun yhteydessä. (Creer ym. 2004.)

Matalakadenssiharjoittelun hyötyjä on tutkittu Nimmerichterin ym. (2012) tutkimuksessa. Toinen ryhmä harjoitteli ylämäessä matalalla kadenssilla (60 rpm) ja toinen ryhmä tasamaalla korkeammalla kadenssilla (100 rpm). Molemmat ryhmät käyttivät anaerobisen kynnyksen tehoa (300 W). Harjoituksia oli neljän viikon ajan kaksi kertaa viikossa ja yksi harjoitus sisälsi 5 x 6 minuutin intervallivedot. Matalan kadenssin ryhmä kehittyi ylämäkiaika-ajossa 4.4 % ja tasaisella ajotussa aika-ajossa 1.5 %. Vastaavasti korkeamman kadenssin ryhmä heikensi tulosta ylämäessä -1.3 % ja paransi tasaisella 2.6 %. Aika-ajot kestivät noin 20 minuuttia. Matalakadenssiharjoittelussa käytettävät suuremmat voimatasot ovat mahdollisesti hyödyllisiä suorituskyvyn kehityksen kannalta. (Nimmerichter ym. 2012.)

Pyöräilijät jaettiin kahteen ryhmään ja he tekivät 4–6 x 4 minuutin intervalliharjoittelua joko 20 % heidän vapaasti valitsemaansa kadenssia suuremmalla kadenssilla tai 20 % pienemmällä kadenssilla. Suuremmalla kadenssilla tehneiden vapaa valintainen kadenssi nousi noin 10 %. Matalamman kadenssin ryhmällä ei tapahtunut tässä muutoksia. Poljinvoimamuuttujissa ei tapahtunut juuri muutoksia kummassakaan ryhmässä. Matalakadenssin intervalliharjoittelu kehitti kuitenkin merkittävästi 15 minuutin aika-ajon keskitehoa (16 %) parantuneen voimantuoton ja mahdollisten hermolihasjärjestelmän adaptaatioiden seurauksena. Tutkijoiden mukaan kadenssin olisi hyvä olla harjoittelussa yli 40 rpm, koska kukaan ei pysty adaptoitumaan tätä matalampaan kadenssiin. Matalakadenssiharjoittelusta on tulossa yhä suositumpaa valmentajien ja liikuntatieteilijöiden keskuudessa ja vaaditaan lisää tutkimuksia, että ymmärretään sen takana vaikuttavat mekanismit. (Whitty ym. 2016.)

## 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Wattbike-kuntopyörällä tehtyjen 6–16 sekunnin pyörävoimavetojen käyttömahdollisuuksia pyöräilijöiden lajiharjoittelun tehostamisessa. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, pystytäänkö 10 viikon pyörävoimaharjoittelulla saamaan kehitystä pyöräilysuorituskyvyssä ja kestävyysominaisuuksissa suhteessa pelkkään kestävyysharjoitteluun tai perinteiseen yhdistettyyn maksimivoima- ja kestävyysharjoitteluun. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös pyörävoimaharjoittelun mahdollisia vaikutuksia pyöräilijöiden taloudellisuuteen ja polkemistehokkuuteen. Lisäksi haluttiin selvittää eroavatko pyörävoimaharjoittelun ja kuntosaliharjoittelun aiheuttamat elimistön fysiologiset vasteet toisistaan.

1. Kehittyvätkö pyöräilijöiden kestävyysominaisuudet ja pyöräilysuorituskyky paremmin kestävyysharjoitteluun yhdistetyllä pyörävoimaharjoittelulla kuin pelkällä kestävyysharjoittelulla?

*Hypoteesi:* Kyllä.

On havaittu, että polkupyöräergometrillä tehdyillä maksimaalisilla viiden sekunnin intervallivedoilla on pystytty kehittämään maksimitehoa ja -voimaa (Linossier ym. 1997; Nebil ym. 2014). Tämä johtaa siihen johtopäätelmään, että myös kestävyysominaisuudet ja pyöräilysuorituskyky kehittyvät voimatasojen kasvamisen seurauksena (Rønnestad & Mujika 2014).

2. Kehittyvätkö pyöräilijöiden kestävyysominaisuudet ja pyöräilysuorituskyky yhtä tehokkaasti kestävyysharjoitteluun yhdistetyllä pyörävoimaharjoittelulla kuin perinteisellä YVK-harjoittelulla?

*Hypoteesi:* Kyllä.

Täysin tätä tutkimusta vastaavaa vertailua näiden kahden harjoittelumuodon välillä ei ole tehty, mutta molempien harjoitusmuotojen on havaittu kehittävän pyöräilysuorituskykyä perinteiseen kestävyysharjoitteluun verrattuna. Koninckxin ym. (2010) mukaan

kestävyysharjoittelu yhdistettynä isokineettiseen pyörävoimaharjoitteluun 80 rpm kadenssilla johti lähes yhtä hyvin tuloksiin pyöräilyosuorituskyvyn kehittymisessä kuin kuntosalilla tehtyyn voimaharjoitteluun yhdistetty kestävyysharjoittelu. Pyörävoimaharjoittelussa käytetään matalampaa kadenssia kuin normaalissa kestävyysharjoittelussa ja matalakadenssinen harjoittelu on Whittyn ym. (2016) mukaan kehittänyt 15 minuutin aika-ajosuoritusta. YVK-harjoittelua on tutkittu paljon ja sillä on havaittu olevan paljon myönteistä vaikutusta pyöräilyosuorituskykyyn (Vikmoen ym. 2016; Rønnestad ym. 2010a).

3. Voidaanko pyörävoimaharjoittelulla vaikuttaa pyöräilyn polkemistehokkuuteen ja taloudellisuuteen?

*Hypoteesi:* Kyllä.

YVK-harjoittelu on kehittänyt pyöräilyn taloudellisuutta ja työskentelytehokkuutta (Sunde ym. 2010). Maksimivoimaharjoittelun seurauksena voimantuotto voi myös tapahtua aikaisemmassa vaiheessa poljinkierrosta, jolloin palautumisvaiheelle jää enemmän aikaa (Mujika ym. 2016). Neljän minuutin polkupyöräergometri-intervallien harjoittelu matalalla kadenssilla ei kuitenkaan vaikuttanut juurikaan poljinvoimamuuttujiin tai polkemistehokkuuteen (Whitty ym. 2016). Toki näissä käytetty voimataso oli melko pieni. Lyhyemmillä isokineettisillä pyörävoimaintervalleilla pystyttiin Koninckxin ym. (2010) mukaan saavuttamaan noin 30 % kuormitusaste suhteessa kuntosaliharjoitteluun. Todennäköisesti pyörävoimaharjoittelu siis vaikuttaa pyöräilyn polkemistehokkuuteen ja taloudellisuuteen, mutta ei välttämättä yhtä paljon kuin kuntosaliharjoittelu.

4. Aiheuttaako pyörävoimaharjoittelu elimistössä samanlaisen fysiologisen vasteen kuin kuntosalilla tehty maksimivoimaharjoittelu?

*Hypoteesi:* Ei.

Pyörävoimaharjoittelu on melko anaerobista harjoittelua, koska suoritus tapahtuu jatkuvana maksimaalisena liikkeenä ilman taukoja. Kuntosaliharjoittelussa liikkeet tehdään yksittäisinä ja peräkkäin, mikä sallii lyhyet palautukset. Kuntosalilla tehty maksimivoimaharjoittelu painottuu eniten hitaiden I-tyypin lihassolujen kehittämiseen ja aerobiseen energiantuoton kehittämiseen (Rønnestad & Mujika 2014; Minahan & Wood 2008). Pyörällä tehtyjen

lyhyiden intervallien on havaittu muuttavan lihassolujakaumaa enemmän tyypin II-  
lihassolujen suuntaan eli nopeiksi väsymistä sietäviksi lihassoluiksi (Linossier ym. 1997).  
Lisäksi intervalliharjoittelu saa aikaa kehitystä sekä aerobisissa että anaerobisissa  
ominaisuuksissa (Creer ym. 2004). Pyörävoimaharjoittelun fysiologiset vasteet siis  
poikkeavat todennäköisesti jonkin verran maksimivoimaharjoittelun vasteista.



## 6 MENETELMÄT

### 6.1 Tutkittavat

Alkutesteihin osallistui 48 tutkittavaa, jotka olivat 21–48-vuotiaita miehiä. He olivat joko kuntoilijoita tai kilpaurheilijoita ja heillä kaikilla oli vähintään kahden vuoden kokemus pyöräilyharjoittelusta. Osalle tutkittavista pyöräily ei ollut oma päälajeja, mutta se oli silti jollain lailla tärkeässä osassa heidän harjoitteluaan. Päälajeja olivat maastopyöräily, maantiepyöräily, pyöräsuunnistus, triathlon, judo, yleisurheilu ja hiihto. Maksimivoimaharjoittelusta sai olla kokemusta, mutta tutkimusta edeltävien 3–6 kuukauden ajalta ei saanut olla kuin korkeintaan ylläpitävää maksimivoimaharjoittelua. Tutkittavilta kerättiin rekrytointivaiheessa tietoja muun muassa laji- ja harjoittelustaustasta, voimaharjoittelukokemuksesta sekä mahdollisista vammoista ja aikatauluhaasteista, joilla saattaisi olla merkittävää vaikutusta tutkimukseen.

Tutkittavat jaettiin alkutietojen perusteella eri tasoryhmiin (kilpailijat, kuntoilijat, harrastelijat) ja vielä eri lajiryhmiin päälajin mukaan (pyöräily, triathlon, muut). Tämän jälkeen tutkittavat ryhmiteltiin satunnaisesti kolmeen ryhmään, niin että jokaisessa ryhmässä oli edustettuna sama määrä tutkittavia kustakin kategoriasta. Tällä pyrittiin siihen, että ryhmistä tulisi mahdollisimman tasaiset. Joidenkin tutkittavien kohdalla käytettiin ryhmävalinnassa myös harkintaa ajankäytön tai vammojen takia. Lisäksi jälkikäteen rekrytoitiin vielä korvaavia henkilöitä tutkimuksesta pois jääneiden tilalle. Kolme ryhmää olivat: kestävyysurheilun lisäksi kuntosalilla maksimivoimaharjoituksia tekevä kuntosaliryhmä (KSR), kestävyysurheilun lisäksi Wattbike-kuntopyörillä pyörävoimaa harjoitteleva pyörävoimaryhmä (PVR) ja kestävyysurheiluaan normaalisti jatkava kontrolliryhmä (KOR).

Tutkimuksessa analysoitiin lopulta 41 tutkittavaa (21–46-vuotiaita) (taulukko 3). Seitsemän tutkittavaa jouduttiin siis poistamaan tutkimuksen analysoinnista. Näistä viisi henkilöä ei pystynyt osallistumaan lainkaan lopputesteihin loukkaantumisten, pitkittyneen flunssan, sydänvaivojen tai aikatauluhaasteiden takia. Kaksi henkilöä osallistui osaan lopputesteistä, mutta nämä tulokset jouduttiin lopulta poistamaan sairastelujen ja iskiasvaivan aiheuttamien

ongelmien vuoksi. Poistetut tutkittavat jakautuivat ryhmittäin seuraavasti: KSR (n = 3), PVR (n = 1) ja KOR (n = 3).

TAULUKKO 3. Tutkimuksessa analysoitujen tutkittavien (n = 41) alkutestien perustiedot ryhmittäin. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Muuttuja                 | Kuntosaliryhmä (n = 14) | Pyörävoimaryhmä (n = 15) | Kontrolliryhmä (n = 12) |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Ikä (v)                  | 34.6 ± 7.9              | 36.7 ± 4.4               | 37.5 ± 5.9              |
| Pituus (cm)              | 182.4 ± 8.2             | 177.4 ± 4.5              | 177.9 ± 5.9             |
| Paino (kg)               | 82.2 ± 8.2              | 73.5 ± 8.1 §             | 77.8 ± 6.8              |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 24.7 ± 2.5              | 23.3 ± 2.3               | 24.6 ± 2.1              |
| Rasva% (%)               | 14.3 ± 3.2              | 14.9 ± 4.0               | 15.1 ± 3.8              |
| UÄ VL (mm) □             | 24.4 ± 4.6              | 23.1 ± 3.3               | 26.3 ± 3.7              |

UÄ VL = ultraäänilaitteella mitattu oikean jalan Vastus lateralis-lihaksen paksuus, BMI = painoindeksi.

□ = kuntosaliryhmä (n=13) ja kontrolliryhmä (n=11), Rasva% = pihdeillä mitattu kehon rasvaprosentti.

§ = p < 0.05, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

Tutkittavia rekrytoitiin pääasiassa Keski-Suomen alueen pyöräily- ja triathlonseurojen sähköpostilistojen sekä sosiaalisen median kanavien kautta. Lisäksi hyödynnettiin valmiita kontakteja, yliopiston sisäistä viestintää ja henkilökohtaista kutsumista. Kaikki tutkittavat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja suurin osa heistä pääsi osallistumaan ennen tutkimuksen alkua järjestettyihin aloituspalaveriin, joissa tutkimuksen sisältö sekä laboratorio- ja harjoittelutilat esiteltiin läpi ja tutkittavilla oli mahdollisuus esittää omia kysymyksiään. Tämän jälkeen jokainen allekirjoitti suostumuslomakkeen. Ennen ensimmäistä alkutestiä tutkittavat täyttivät vielä terveystietokyselyn ja allekirjoittivat sen uudestaan seuraavina alkutestipäivinä, jos terveystietoihin ei ollut tullut mitään muutoksia. Lopputesteissä terveystietokysely täytettiin uudestaan. Terveystietojen osalta tarkistettiin, että tutkittava oli riittävän terve osallistumaan testeihin eikä taustalla ollut mitään merkittäviä riskitekijöitä.

## 6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun (YVK) vaikutuksia pyöräilyn suorituskykyyn. KSR teki normaalin kestävyysharjoittelun ohella kaksi kertaa viikossa ohjattua maksimivoimapainotteista kuntosaliharjoittelua, ja PVR teki normaalin kestävyysharjoittelun ohella kaksi kertaa viikossa ohjattua pyörävoimaharjoittelua Wattbike-kuntopyörillä. KOR jatkoi normaalia kestävyysharjoitteluaan.

Tutkimus sijoittui vuoteen 2017 siten, että alkukesästä Jyväskylän yliopiston eettinen lautakunta myönsi tutkimukselle puoltavan lausunnon, ja touko-heinäkuussa tehtiin tutkimuksen pilottimittauksia ja mittausmenetelmien suunnittelua. Varsinainen tutkimus alkoi elo-lokakuussa porrastetusti alkumittauksilla, joita seurasi 10 viikon harjoittelu- tai seurantajakso. Tämä jakso päättyi vastaavasti porrastetusti loka-joulukuussa loppumittauksiin. Tutkittavat aloittivat käytännön syistä testit ja harjoittelun porrastetusti, mutta tutkimuksessa pyrittiin siihen, että jokaisesta ryhmästä löytyi sekä elo-, syys- että lokakuussa aloittaneita henkilöitä, jotta ulkoilmaolosuhteilla ja kilpailukaudella olisi tasainen vaikutus joka ryhmään. Kaikki testit ja ohjattu harjoittelu toteutettiin Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorion tiloissa.

Alkutestit koostuivat kolmesta testipäivästä ja ne pyrittiin toteuttamaan yhden viikon aikana, jonka jälkeen seuraavalla viikolla alkoi harjoittelu- tai seurantajakso. Lopputestit toteutettiin vastaavasti viimeistä harjoitteluviikkoa seuraavalla viikolla (kuvio 5).

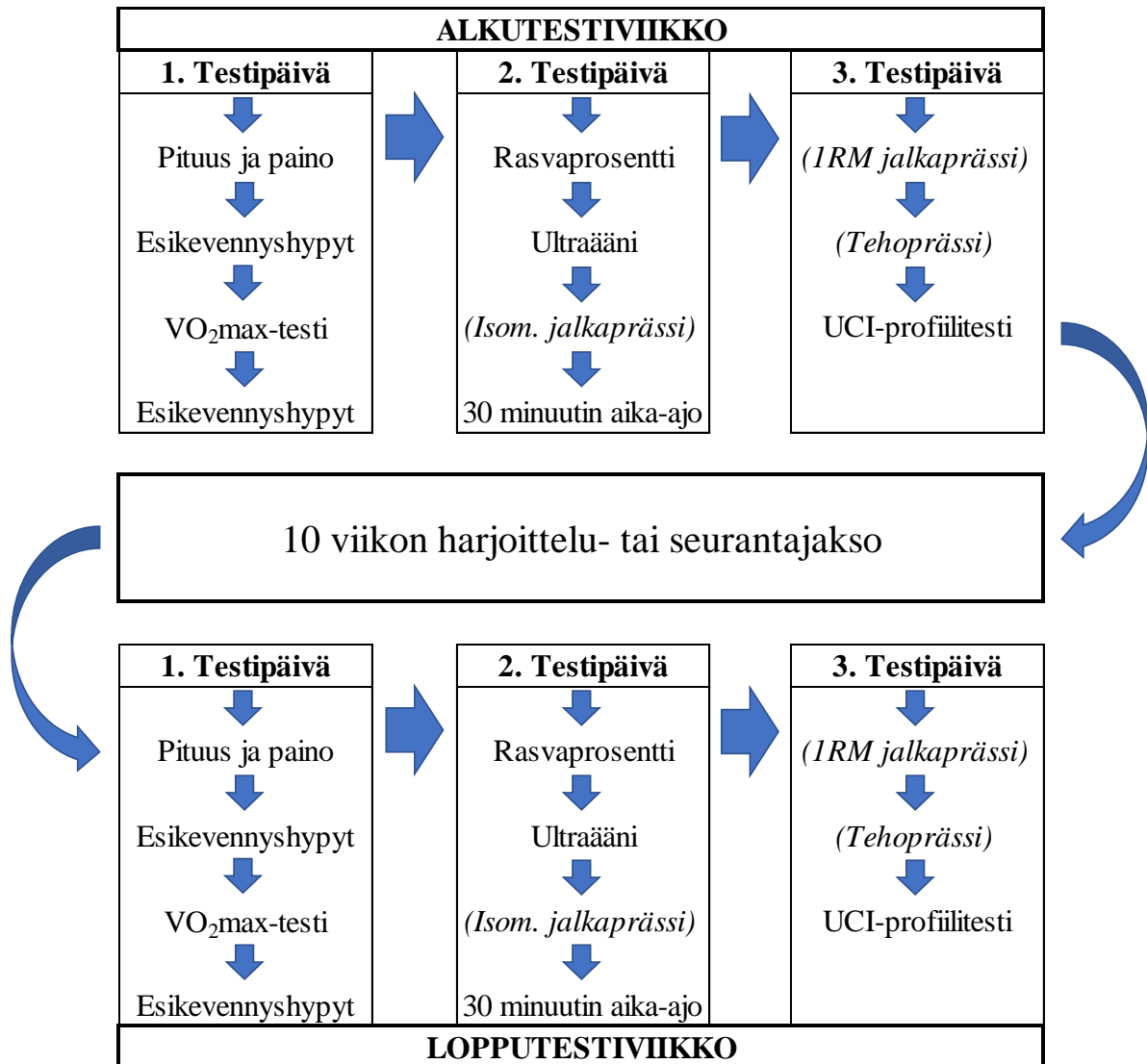
### **6.3 Testit**

Alku- ja lopputestit koostuivat useista erilaisista mittauksista ja menetelmistä, joista tässä työssä hyödynnettiin vain osa. Tutkittavat tekivät lisäksi erilaisia voimamittauksia, joiden tuloksia käsitellään muissa tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa käytetyt menetelmät olivat täysin vastaavia niin alku- kuin loppumittauksissakin. Mittaukset toteutettiin kolmena eri päivänä kello 8–20 välillä ja pyrkimyksenä oli, että jokaisen testipäivän välissä olisi vähintään yksi välipäivä. Lisäksi niin alku- kuin lopputestit pyrittiin tekemään saman tutkittavan kohdalla aina yhden viikon aikana ja mahdollisimman samaan aikaan päivästä.

#### **6.3.1 VO<sub>2</sub>max-testi, esikevennetyt hyppyt, pituus ja paino**

Maksimaalista hapenottokykyä ja harjoittelukynnyksiä mittaava VO<sub>2</sub>max-testi toteutettiin ensimmäisenä testipäivänä. Testin aluksi tutkittava täytti terveystarkastuksen ja häntä ohjeistettiin testipäivän kulusta. Tämän jälkeen tutkittavalta mitattiin pituus (0.5 cm tarkkuudella) ja paino

(0.1 kg tarkkuudella). Vaatetuksena olivat lyhytlahkeiset ja -hihaiset pyöräilyvaatteet. Samaa pituutta ja painoa käytettiin koko testiviikon ajan.



KUVIO 5. Tutkimusasetelma. Tässä näkyvät kaikki tutkimuksen testit sekä koko tutkimuksen kulku. Suluissa olevat testit ovat sellaisia, joita ei hyödynnetty tämän gradun analyysissä, mutta ne on esitetty tässä, että testipäivien kokonaisuormittavuuden arviointi olisi helpompaa.

VO<sub>2</sub>max-testissä käytettiin SRM-polkupyöräergometriä (SRM GmbH, Jülich, Saksa) (kuva 1), jonka ajoasento säädettiin jokaiselle tutkittavalle sopivaksi. Säädöt kirjattiin ylös ja samoja säätöjä käytettiin kaikissa tulevissa testeissä. Satulan etäisyyttä ja korkeutta sekä ohjaustangon etäisyyttä ja korkeutta pystyi säätämään. Myös kammien pituuden säätäminen olisi ollut mahdollista, mutta tässä tutkimuksessa kammien pituus vakioitiin 172.5 mm säätöihin, että

siitä ei tulisi muutoksia tutkimukseen. Tutkittavat käyttivät polkiessa lukkopolkimia ja näihin sopivia pyöräilykenkiä. Poljintyyppi vakioitiin niin, että tutkittava teki kaikki testit samoilla polkimilla ja kengillä. Pyörän säätöjen jälkeen tutkittavalta otettiin sormenpäästä 20 µl lepolaktaattinäyte kapillaariin ja näytteet analysoitiin testin jälkeen Biosen C-line -laktaattianalysointilaitteella (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa) (kuva 2).

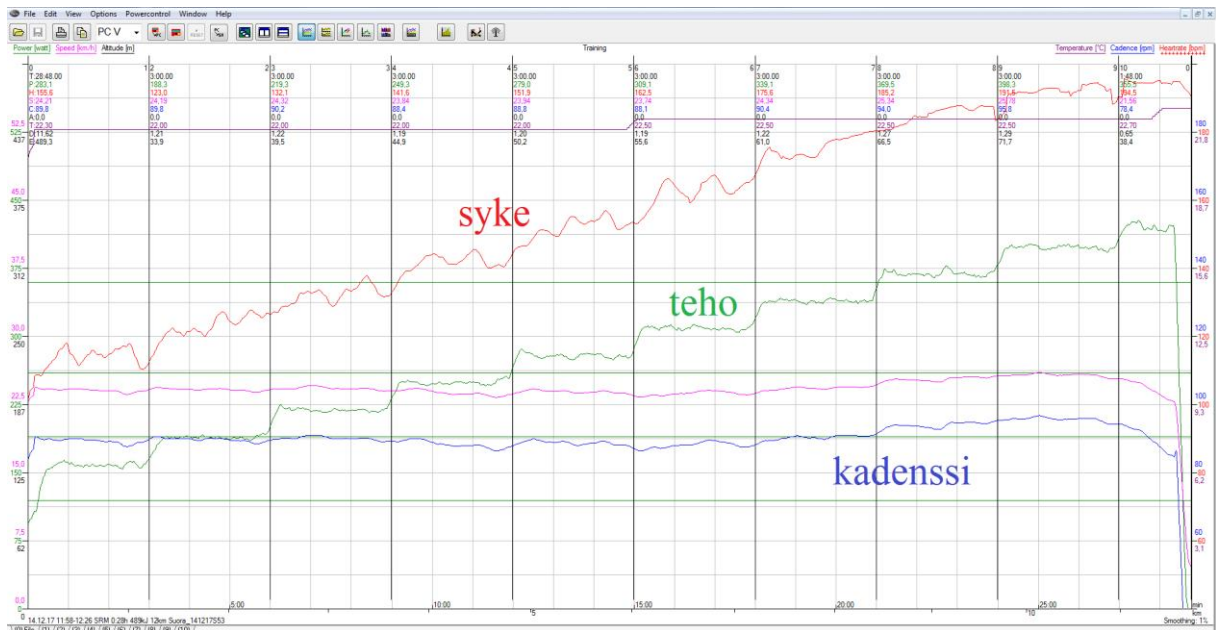


KUVA 1. SRM-polkupyöräergometri.



KUVA 2. Laktaattinäytteen ottamiseen käytetyt välineet ja laktaattianalysointilaitte.

Tutkittava laittoi pyöräilykengät jalkaan sekä asensi paikalleen Polarin sykevyön (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Tutkittava polki 10 minuutin alkuverryttelyn. Se pyrittiin tekemään VO<sub>2</sub>max-testin aloituskuormalla. Tämä oli 70, 100, 130 tai 160 W riippuen tutkittavan taustasta ja mahdollisista aiemmista testituloksista. Vastus vakioitiin SRM-ergometriin kytketyn tietokoneen avulla. Tietokoneella käytettiin valmistajan sivuilta saatavilla olevaa SRM Win-ohjelmaa, jonka avulla kuorma pystyttiin asettamaan halutulle tasolle (kuva 3). Lisäksi sillä luotiin automaattinen protokolla VO<sub>2</sub>max-testiin, jossa kuorma kasvoi säännöllisin väliajoin.



KUVA 3. SRM Win- ja SRM Torque Analysis -ohjelmat.

Alkuverryttelyn jälkeen tutkittava teki esikevennetyt hyppy (EKH) IR ver.1.0 -kontaktimatolla (Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos, Suomi), joka mittasi lentoaikaa. Alkuun otettiin kaksi tutustumishyppyä ja tämän jälkeen kolme maksimaalista suoritusta 30 sekunnin palautuksilla. Jos kolmas hyppy parani vielä yli 5 % niin tutkittava hyppäsi vielä neljännen hypyn. Suorituksessa kädet pidettiin lanteilla ja jalkoja ei saanut vetää ilmalennon aikana koukkuun. Hyppyt tehtiin kengät jalassa tai ilman kenkiä ja tämä toistettiin sitten lopputesteissä samalla tavalla. EKH:n jälkeen tutkittavalle laitettiin oikean kokoinen hengitysmaski kasvoille. Saman kokoista maskia käytettiin sitten myös lopputesteissä. Hengitysmuuttujia mitattiin MasterScreen CPX-hengityskaasuanalysointilaitteella (Jaeger, Care Fusion Germany 234 GmbH, Hoechberg, Saksa) (kuva 4), joka mittaa jokaisesta yksittäisestä hengityksestä hapenkulutuksen, hiilidioksidin tuoton ja ventilaation. Analysointilaitteeseen kalibroitiin ohjeistuksen mukaisesti ja sen jälkeen tutkittavan maskin suukappaleeseen kiinnitettiin virtausmittari sekä hengityskaasuja rekisteröivä kaapeli.



KUVA 4. MasterScreen CPX-hengityskaasuanalysointilaitteeseen ja sen käyttö pyöräilyn aikana.

Testi lähti liikkeelle aloituskuormalla, joka oli yhtä suuri kuin alkuverryttelyssä. Tämän jälkeen kuormaa kasvatettiin kolmen minuutin välein 30 W. Jokaisen kuorman lopussa otettiin laktaattinäyte sormenpäältä sekä kirjattiin syke ylös 30 sekunnin keskiarvona (2.15 –

2.45). Tietokoneohjelma lisäsi vastusta automaattisesti kolmen minuutin välein. Tutkittava sai ajaa testin haluamallaan poljinkadenssilla ja sitä sai vaihdella testin aikana, mutta ohjeistuksena oli, että kadenssia nostettaisiin tai laskettaisiin aina rauhallisesti, jotta tietokoneohjelma pystyisi reagoimaan nopeasti muuttuneeseen kadenssiin. Tietokoneohjelmalla pystyttiin tallentamaan syke, kadenssi ja teho koko testin ajalta.

Tutkittavaa ohjeistettiin polkemaan niin pitkälle kuin mahdollista. Testi lopetettiin, kun tutkittava ei jaksanut enää polkea tai kadenssi putosi selkeästi alle 60 rpm lukemiin. Tutkittavaa kannustettiin testin aikana tekemään parhaansa. Tämän jälkeen tutkittavalta otettiin maski pois päästä ja lopetusaika kirjattiin ylös. Heti perään tutkittava hyppäsi kolme EKH:ä kontaktimatolla 15 sekunnin palautuksilla. Palautuslaktaatinäyte otettiin yhden, kolmen ja viiden minuutin kohdalla testin päättymisestä. Tutkittava sai halutessaan tehdä tämän jälkeen oman loppuverryttelyn. VO<sub>2</sub>max-testin pohjalta määritettiin VO<sub>2</sub>max, PVO<sub>2</sub>max, AnK, AerK sekä taloudellisuus. EKH:stä määritettiin lentoaika.

### **6.3.2 30 minuutin aika-ajo, rasvaprosentti ja ultraääni**

30 minuutin aika-ajo -testi tehtiin toisena testipäivänä. Se toteutettiin VO<sub>2</sub>max-testin tapaan SRM-polukupyöräergometrillä. Sykettä mitattiin Polarin sykemittarilla, ja polukupyöräergometriä ohjattiin tietokoneen SRM Win-ohjelmalla. Tässä yhteydessä käytettiin lisäksi SRM Torque Analysis Win-ohjelmaa, jolla saatiin määritettyä poljinvoimakuvaa. Ergometrin säädöt olivat samat kuin VO<sub>2</sub>max-testissä.

Testi alkoi terveystarkastuksella ja samassa yhteydessä tutkittavaa myös ohjeistettiin testin kulusta. Tämän jälkeen tutkittavaa kehoitettiin lepäämään ennen kehonkoostumusmittauksia makuuasennossa 15 minuuttia elimistön rauhoittamiseksi. Varsinainen testiosio alkoi rasvaprosentin mittaamisella. Mittauksessa määritettiin rasvapihdeillä (kuva 5) ihopoimun paksuus neljän ihopoimun menetelmällä. Mittaukset tehtiin kehon oikealta puolelta ja mittauskohdat olivat: olkavarren ojentajalihas, hauislihas, lavalanus ja suoliluun harju (Durnin & Rahaman 1967). Jokaisesta kohdasta mitattiin ihopoimun paksuus kolmeen kertaan ja näistä määritettiin keskiarvo. Ihopoimujen paksuus summattiin ja rasvaprosentti määritettiin taulukon avulla (Durnin & Rahaman, 1967, Keskisen ym. 2007a, 265 mukaan). Sama tutkija mittasi ihopoimujen paksuuden alku- ja lopputesteissä.



Rasvaprosentin mittaamisen jälkeen tutkittavalta mitattiin oikean jalan Vastus lateralis-lihaksen paksuus Aloka SSD5500-ultraäänilaitteella (Hitachi Aloka Medical, Tokio, Japani) (kuva 5). Mittauspaikan sijainti määritettiin SENIAM-ohjeistuksen mukaisesti mittaamalla vastus lateraloksen pituus suoliluun harjun etuosasta patellan ulkoreunan keskelle. Tämän jälkeen määritettiin paikaksi 2/3 lihaksen pituudesta suoliluun päästä katsottuna. Lisäksi etsittiin vielä sivusuunnassa lihaksen keskikohta (kuva 6). Tähän merkattiin permanenttitussilla merkki ja sijainnista otettiin kuva sekä mitat ylös. Tutkittavaa kehoitettiin vahvistamaan tussimerkkiä, jos se meinas kadota. Ultraäänimittaus tehtiin kaksi kertaa ja näistä määritettiin keskiarvo. Sama tutkija teki mittaukset alku- ja lopputesteissä.



KUVA 5. Rasvapihdit (vasemmalla) ja ultraäänilaitte (oikealla).

Ultraäänimittausten jälkeen otettiin lepolaktaattinäyte sormenpästä. Tätä seurasi 10 minuutin alkuverryttely, joka oli samanlainen kuin VO<sub>2</sub>max-testissä. Lämmittelyn jälkeen polkupyöräergometrin lähtökuormaksi asetettiin maksimitestistä määritetty AnK tai tutkittavan arvion mukaan hieman muokattu teho. 30 minuutin aika-ajossa tarkoituksena oli polkea koko 30 minuutin kuormitus mahdollisimman korkealla keskiteholla pyrkien kuitenkin melko tasaiseen suoritukseen. Vaikka lähtötehona oli AnK teho, vastusta muutettiin

tarvittaessa testin aikana, jos kuorma oli liian raskas tai kevyt. Tutkittavia ohjeistettiin tekemään maksimaalinen suoritus.

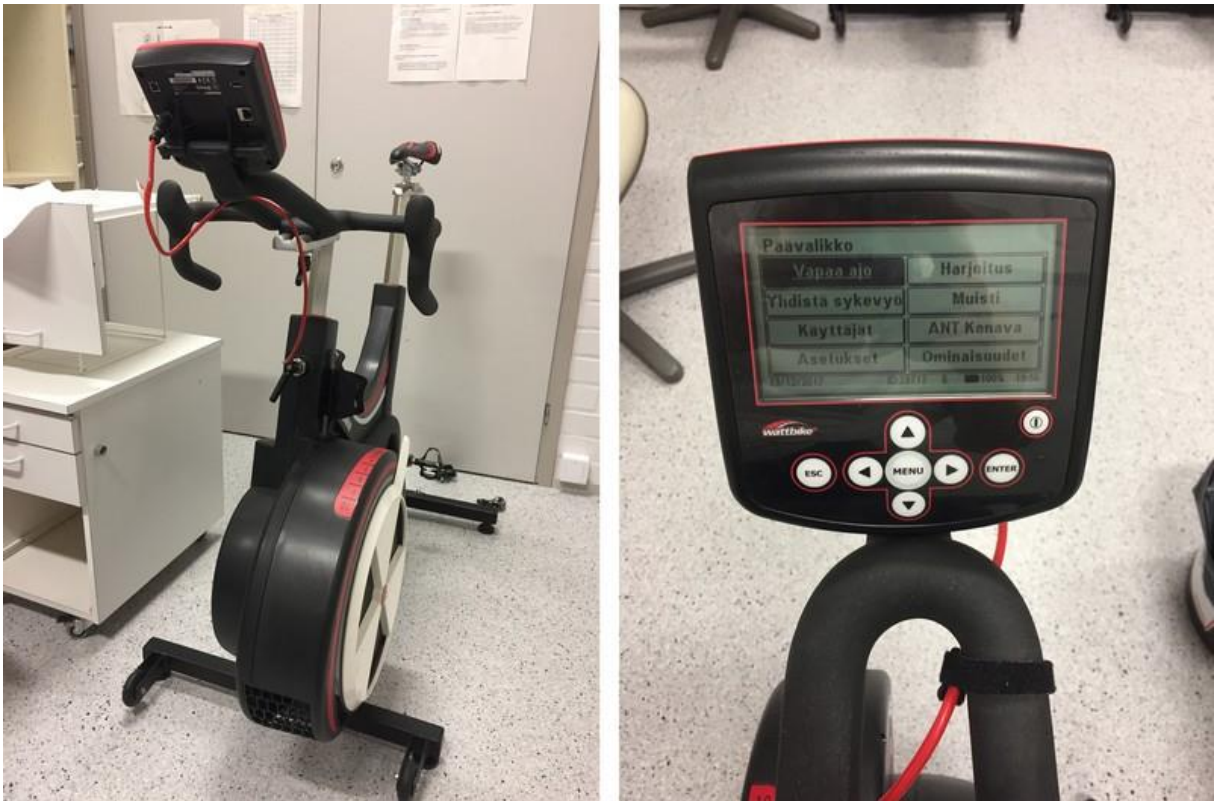


KUVA 6. Ultraäänimittaus.

Tutkittavat polkivat testin läpi valitsemallaan kadenssilla. Juominen oli sallittua testin aikana, koska hapenottomaskia ei käytetty. Laktaatinäyte otettiin sormenpäältä testin aikana 10 minuutin välein (10, 20, 30 minuuttia). Lisäksi syke kirjattiin ylös seitsemän minuutin välein (7, 14, 21, 28 minuuttia). Samoissa kohdissa otettiin talteen myös jalkojen tuottama voimakäyrä 15 poljinkierroksen ajalta. Tutkittavia ohjeistettiin ajamaan mittaushetkillä mahdollisimman normaalisti, että voimakäyrään ei tulisi häiriöitä. Syke + voimakäyrä, ja laktaatti otettiin eri ajankohdista, että laktaatin ottaminen ei vaikuttaisi sen hetkiseen sykkeeseen tai polkemisen voimakäyrään. 30 minuutin aika-ajosta määritettiin tehon, sykkeen ja kadenssin muuttujat. Lisäksi analysoitiin voimantuottoa SRM Torque Win-ohjelman avulla. 30 minuutin aika-ajolla pyrittiin kuvaamaan valmiuksia kilpailunomaiseen pidempikestoiseen suoritukseen.

### 6.3.3 UCI-profiilitesti

Kolmantena testipäivänä tehtiin Wattbiken ja Kansainvälisen pyöräilyliiton (UCI) yhdessä kehittämä pyöräilijän UCI-profiilitesti Wattbike Pro -kuntopyörällä (Wattbike Limited, Nottingham, Iso-Britannia) (kuva 7) (Gonzalez-Tablas ym. 2016). Yleisesti tutkimuksissa on käytetty anaerobisen suorituskyvyn määrittäjänä Wingaten 30 sekunnin testiä, mutta tässä tutkimuksessa päädyttiin profiilitestiin, koska se oli monipuolisempi ja mahdollista tehdä treenikäyttöön tulleilla Wattbikeilla. Tutkimuksessa oli käytössä kaikkiaan kolme samanlaista Wattbike Pro-kuntopyörää, mutta kaikki tutkittavat käyttivät alku- ja lopputesteissä samaa Wattbikea. Tällä saatiin poistettua mahdolliset pyöräkohtaiset erot.



KUVA 7. Wattbike Pro-kuntopyörä.

Päivä alkoi edeltävien testipäivien tapaan terveystarkastuksella. Tämän jälkeen otettiin lepolaktaattinäyte sormenpäältä, ja pyörän ajoasento sekä polkimet säädettiin vastaaviksi kuin SRM:ssä. Tutkittava aloitti sitten alkulämmittelyn. Se toteutettiin Wattbiken virallisen ohjeistuksen mukaisesti (UCI/WCC 2016) ja siihen oli valmis protokolla (taulukko 4). Wattbiken magneettivastus sekä ilmanvastus pidettiin pykälässä 1. Tämän jälkeen tutkittavaa ohjeistettiin pitämään kadenssi Wattbiken ilmoittaman ohjeistuksen mukaisena aina vaaditun

ajan verran. Alkuverryttely oli jonkin verran kovatehoisempi kuin muina testipäivinä ja se kesti kaikkiaan 17 minuuttia. Verryttely oli täysin samanlainen jokaiselle tutkittavalle.

TAULUKKO 4. UCI-profiilitestin alkuverryttelyn intervallien kesto, kadenssi, vastus sekä teho.

| Aika (s) | Kadenssi (rpm) | Vastus | Teho (W) |
|----------|----------------|--------|----------|
| 420      | 90             | 1      | 130      |
| 90       | 95             | 1      | 145      |
| 90       | 100            | 1      | 165      |
| 60       | 105            | 1      | 185      |
| 60       | 110            | 1      | 212      |
| 30       | 115            | 1      | 235      |
| 30       | 120            | 1      | 265      |
| 240      | 90             | 1      | 130      |

Alkuverryttelyn jälkeen poljettiin profiilitesti. Sekin tehtiin Wattbiken antaman ohjeistuksen mukaisesti (UCI/WCC 2016). Testi sisälsi 2 x 6, 30 sekä 240 sekunnin suoritukset ja jokaisen suorituksen jälkeen oli määrätyn mittainen palautus (taulukko 5). Wattbiken magneettivastus pidettiin jokaisessa suorituksessa asennossa 1. Ilmanvastuksen asentoa säädettiin riippuen tutkittavan painosta ja suoran maksimitestin tuloksesta. Kuuden ja 30 sekunnin suorituksissa käytettiin samaa ilmanvastusta ja se säädettiin Wattbiken painosuosituksiin perustuen. Lopputesteissä käytettiin samaa vastusta kuin alkutesteissä, vaikka tutkittavan paino olisi ollut eri. Tutkittava pystyi säätelemään pyöräilyn aikana tehoaan itse. Mitä nopeammin hän polki, sitä parempi tulos oli. Näissä testeissä tutkittavaa ohjeistettiin polkemaan alusta asti mahdollisimman kovaa. Lähtö tapahtui paikaltaan ja tutkittava sai polkea suorituksen parhaaksi katsomallaan tavalla joko seisaaltaan tai satulassa istuen. Testeistä tarkasteltiin maksimi- ja keskitehoa sekä maksimi- ja keskikadenssia. 30 sekunnin testistä analysoitiin lisäksi väsymistä. Laktaattinäyte otettiin minuutti ennen ja jälkeen 30 sekunnin testin.

Neljän minuutin testiin ilmanvastus säädettiin niin, että teho olisi 100 rpm kadenssilla noin 110 % VO<sub>2</sub>max-testin huipputehosta. Tässä hyödynnettiin Wattbiken taulukkoa (Wattbike 2017), josta nähdään, mikä on laskennallinen teho tietyllä vastuksella ja kadenssilla. Profiilitestin ohjeistuksessa suositeltiin käyttämään vastusta, joka vastaisi 100 rpm kadenssilla 90 % kolmen minuutin maksimitestin keskitehosta. Koska tässä tutkimuksessa oli saatavilla ainoastaan kolmen minuutin portailla nousevan VO<sub>2</sub>max-testin tulokset, tutkimukseen

valittiin hieman suurempi vastus. Tämä perustui siihen, että VO<sub>2</sub>max-testissä lopputehoa ennen on tullut jo melko paljon rasitusta. Kolme minuuttia pystyy teoriassa ajamaan kovempaa pelkältään kuin VO<sub>2</sub>max-testin lopussa. Valittu vastus osoittautui myös käytännössä hyvin toimivaksi. Tutkittavia ohjeistettiin tekemään mahdollisimman hyvä suoritus, mutta alussa ei ollut kuitenkaan tarkoitus lähteä maksimiteholla liikkeelle. Tämän testin jälkeen otettiin sormenpäästä laktaattinäyte yhden, kolmen ja viiden minuutin palautuksen jälkeen. Testistä kirjattiin ylös keskiteho, keskikadenssi, keskisyke ja maksimisyke. Lisäksi testin jälkeen tehtiin poljinvoima-analyysiä.

TAULUKKO 5. UCI-profiilitestin testien ja palautusten kesto ja järjestys sekä vastuksen määräytyminen.

| Aika (s) | Nimike   | Vastuksen määritys   |
|----------|----------|--|
| 6        | Testi 1  | Kehon painon perusteella (Wattbiken suositus)                          |
| 234      | Palautus | 1  |
| 6        | Testi 2  | Kehon painon perusteella (Wattbiken suositus)                          |
| 234      | Palautus | 1  |
| 30       | Testi 3  | Kehon painon perusteella (Wattbiken suositus)                          |
| 330      | Palautus | 1  |
| 240      | Testi 4  | Vastus, jolla kadenssi olisi 100 rpm 110 % VO <sub>2</sub> max teholla |

Tutkimuksissa on yleisesti käytetty Wingaten 30 sekunnin testiä määrittämään anaerobista tehoa ja pyöräilyn maksimitehoa. Tässä tutkimuksessa menetelmäksi valittiin UCI-profiilitesti, jonka kuuden ja 30 sekunnin testit korvasivat Wingaten testin. Nämä testimuodot ovat osoittautuneet aiempien tutkimusten perusteella vertailukelpoisiksi ja luotettaviksi testeiksi. Herbert ym. (2015) vertasivat Wattbikella tehtyä kuuden sekunnin maksimitestiä Wingaten 30 sekunnin testiin ja modifioituun kuuden sekunnin Wingaten testiin. Tutkimuksessa ei havaittu merkitsevää eroa huipputehon saavuttamiseen kuluneessa ajassa. Wattbikella tehty kuuden sekunnin testi näytti kuitenkin hieman korkempia teholukemia kuin Wingaten testit. Wattbiken kuuden sekunnin testiä voidaan pitää luotettavana testinä, kun halutaan mitata pyöräilyn huipputehoa. (Herbert ym. 2015.) Lisäksi Wattbikella tehty maksimaalinen 30 sekunnin testi on erittäin hyvin toistettavissa harjoitelleilla pyöräilijöillä. Tehontuotto, kadenssi ja fysiologiset muuttujat (syke ja testin jälkeinen laktaatti) ovat kaikki hyvin toistettavissa. (Driller ym. 2013.) Wingaten 30 sekunnin testissä huipputeho saavutetaan yleensä ensimmäisten viiden sekunnin aikana (Rønnestad ym. 2010a).

## 6.4 Harjoitusjakso

Tutkimuksen harjoittelu- tai seurantajakso kesti 10 viikkoa. Kaikki tutkittavat pitivät tältä ajalta harjoituspäiväkirjaa, josta selvisi, kuinka paljon heille oli kertynyt harjoittelua. Lisäksi tutkittavat pitivät alkumittauksia ennen harjoituspäiväkirjaa vähintään kahden viikon ajan. Pyrkimyksenä oli, että ryhmät harjoittelisivat kuten ennenkin, mutta PVR ja KSR korvaisivat osan kestävyysharjoittelustaan voimaharjoittelulla. Kaikki voimaharjoitukset olivat ohjattuja, mutta muuta harjoittelua ei ohjattu. Muuhun harjoitteluun annettiin vain ohjeistus, että harjoitusryhmät vähentäisivät kestävyysharjoittelustaan tasaisesti sekä tehoharjoittelua että kevyttä harjoittelua niin, että näiden suhde pysyisi samana. Myöskään ylävartalon tai keskivartalon voimaharjoittelua ei kontrolloitu. Niillä ei katsottu olevan tutkimuksen kannalta merkitystä. Keskivartalon harjoittamista jopa suositeltiin kaikille muun harjoittelun tueksi. KOR jatkoi normaalien aiempien harjoitusohjelmiensa mukaisesti ja he eivät saaneet tehdä alavartalolle kehittäväää voimaharjoittelua. Ainoastaan ylläpitävä harjoittelu oli sallittua, jos sitä oli ollut jo pidempään ennen tutkimusta.

Harjoittelussa pyrittiin progressiivisuuteen eli painoja tai tehoja lisättiin ja toistomääriä tai vetojen kestoja vähennettiin. Toistomäärät olivat kaiken kaikkiaan pieniä ja palautukset pitkiä eli harjoittelulla pyrittiin kehittämään hermostollista maksimivoimaa. Viimeisillä harjoitusviikoilla mukaan otettiin myös nopeusvoimaa kontrastivoimaharjoitteluna. Pyörävoimaharjoittelusta pyrittiin saamaan mahdollisimman saman tyyppistä kuin kuntosaliharjoittelusta, mutta lajinmukaisempaa.

PVR ja KSR harjoittelivat ohjatusti kaksi kertaa viikossa Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorion tiloissa. Tutkittavilta vaadittiin vähintään 80 % osallistumista harjoituksiin, mikä tarkoitti 16 harjoituskertaa 10 viikon aikana. Ohjattujen harjoitusten kuormittavuutta seurattiin kolmen eri viikon aikana. Ohjattujen harjoitusten kuormittavuuden seurantaan valittiin satunnaisesti kolme tutkittavaa molemmista ryhmistä ja heille tehtiin harjoittelun sykkeen, laktaatin ja kuormittavuuden (RPE) seuranta treeniviikkojen 2, 6 ja 9 jälkimmäisissä harjoituksissa. Laktaatinäyte otettiin voimaharjoituksissa aina minuutti joka kolmannen sarjan tai vedon jälkeen. Tämä tarkoitti esimerkiksi kuntosalilla jokaisen liikkeen viimeistä sarjaa. Näin saatiin mitattua koko liikesarjan aiheuttama kuormitus.

### 6.4.1 Pyörävoimaryhmän harjoittelu

PVR teki 10 viikon ajan kaksi pyörävoimaharjoitusta viikossa. Harjoitukset tehtiin valvotusti Wattbike Pro-kuntopyörillä (kuva 8) Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorion tiloissa. Wattbiket säädettiin jokaiseen treeniin samoihin säätöihin, mitä käytettiin alkutesteissä. Näin tutkittavat pystyivät aina treenaamaan heille optimaalisilla säädöillä. Kaikki harjoitukset tehtiin lukkopolkimilla, jolloin voimantuotto oli mahdollisimman tasaista ja tehokasta.



KUVA 8. Wattbike-treeniä.

Harjoitukset sijoittuivat tyypillisesti niin, että viikon ensimmäinen harjoitus oli maanantaina tai tiistaina ja viikon toinen harjoitus oli torstaina tai perjantaina. Tässä oli joitain poikkeuksia, mutta pyrkimys oli se, että jokaisen harjoituksen välissä oli vähintään yksi välipäivä. Suurin osa tutkittavista harjoitteli iltapäivisin ja iltaisin kello 15–20 välillä, mutta osa harjoitteli aamuisin aikatauluhaasteiden vuoksi. Wattbikeja oli kaikkiaan kolme, joten samaan aikaan oli polkemassa 1–3 henkilöä.

Yksi harjoituskerta kesti noin yhden tunnin ja se sisälsi omatoimisen alkuverryttelyn, ohjatun alkuverryttelyn, ohjatun harjoituksen ja mahdollisen omatoimisen loppuverryttelyn. Ohjattu

alkuverryttely sisälsi aina kolme voimavetoa Wattbikella (taulukko 6). Tämän jälkeen jokaisessa harjoituksessa oli yhdeksän voimavetoa lukuun ottamatta kontrastivoimaviikkoja sekä yhden jalan harjoituksia (taulukko 7). Voimavetojen perusideana oli, että vastus olisi aina mahdollisimman raskas. Pyörävoimaharjoittelu pyrittiin toteuttamaan kestoaltaan, kuormittavuudeltaan ja palautusajoiltaan mahdollisimman vastaavaksi kuntosaliryhmän harjoittelun kanssa.

TAULUKKO 6. Pyörävoimaharjoittelun alkulämmittely. Samaa ohjelmaa käytettiin joka viikko, mutta tehoja nostettiin hieman kehityksen mukaan.

| Lämmittely         | 1. Veto | 2. Veto | 3. Veto |
|--------------------|---------|---------|---------|
| Vedon kesto (s)    | 10      | 10      | 10      |
| Teho (% Pmax)      | 30      | 50      | 70      |
| Palautusaika (min) | 1.5     | 1.5     | 1.5     |

% Pmax = vedon teho prosentteina hetkellisestä maksimitehosta.

Ensimmäisen harjoituksen yhteydessä tehtiin 16 sekunnin maksimaalinen voimavetotesti, jonka perusteella pystyttiin laskemaan ensimmäisen viikon suoritusteho. Lisäksi käytettiin apuna kuuden sekunnin maksimitestin tuloksia. Tämän jälkeen tulevien viikkojen harjoittelun teho perustui aiempien viikkojen harjoitteluun. Harjoittelua kontrolloitiin tehoon perustuen. Jokaisesta voimavedosta kirjattiin lomakkeelle ylös keskiteho ja -kadenssi. Tavoitteena oli, että voimavedon teho oli aina sellainen, että sitä jaksot pitää tasaisesti yllä juuri ja juuri vaaditun ajan verran. Kehityksen ja vetojen lyhenemisen myötä tavoitetasoa nostettiin progressiivisesti. Lisäksi kaikki pyörävoimaharjoittelun harjoitusohjelmat ohjelmoitiin valmiiksi Wattbike-kuntopyörien monitoreihin. Tällöin tutkittavat pystyivät tekemään harjoituksia melko omatoimisesti ja kaikki voimavetojen kestot ja palautusajat olivat aina täsmälliset. Lisäksi tutkittavia ohjeistettiin aloittamaan voimavedot vuorojaloin, niin että jalat kehittyisivät tasavahvasti.

Pyörävoimaharjoitteluun oli suunniteltu melko paljon vaihtelua johtuen polkemisen yksipuolisesta liikeradasta verrattuna kuntosaliharjoitteluun. Vaihtelua saatiin muuttamalla ajoasentoa välillä satulassa istumisesta seisaaltaan ajamiseen, ja tekemällä kahden ja yhden jalan harjoitteita sekä kontrastivoimavetoja. Yksi voimaveto kesti aina 6 – 16 sekuntia viikosta riippuen ja mahdollinen kontrastivoimaveto oli aina viisi sekuntia. Yhden jalan harjoituksissa suoritus tehtiin erikseen molemmille jaloille ja jalanvaihdon välissä oli 10



sekunnin palautus. Kun molemmat jalat oli tehty, seurasi normaali pitkä palautus. Samoin voimavedon ja kontrastivoimavedon välillä oli aina 10 sekunnin palautus. Alkuverryttelyjä, yhden jalan suorituksia ja paria poikkeusta lukuun ottamatta Wattbiken magneetti- sekä ilmanvastus olivat harjoitusvedoissa aina suurimmalla pykälällä. Vastaavasti kontrastivoimavetojen vastus oli pienin mahdollinen.

TAULUKKO 7. Pyörävoimaryhmän voimaharjoitteluohjelma. Samaa ohjelmaa käytettiin aina viikon molemmissa harjoituksissa.

| VIKKO | Sarjat (kpl) | Vedon kesto (s) | Teho (% Pmax) | Palautusaika (min) | Huomiot             |
|-------|--------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------|
| 1     | 3 x 3        | 16              | 70            | 3 / 5              | Testiveto           |
| 2     | 3 x 3        | 12              | 78            | 3 / 5              |                     |
| 3     | 3 x 3        | 8               | 78            | 3 / 5              | Kevyt               |
| 4     | 3 x 3        | 10              | 82            | 4 / 5              | Vikat seisten       |
| 5     | 3 + 4 + 2    | 10              | 82            | 4 / 5              | 2. setti 1-jalka    |
| 6     | 3 x 3        | 8               | 86            | 4 / 5              | Seisten             |
| 7     | 3 x 3        | 8               | 86            | 4 / 5              | Vikat kontrastina   |
| 8     | 3 x 3        | 8               | 82            | 4 / 5              | Kevyt               |
| 9     | 3 x 3        | 6               | 90            | 5 / 5              | Seisten + kontrasti |
| 10    | 3 x 3        | 6               | 90            | 5 / 5              | Kontrasti           |

% Pmax = vedon teho prosentteina hetkellisestä maksimitehosta.

#### 6.4.2 Kuntosaliryhmän harjoittelu

Kuntosaliryhmä teki kaksi kuntosaliharjoitusta viikossa 10 viikon ajan. Harjoitusajankohdat olivat vastaavat kuin pyörävoimaryhmällä. Yhtä aikaa oli harjoittelemassa 1–4 henkilöä. Harjoittelu oli hermostollista maksimivoimaharjoittelua, mutta viimeisillä viikoilla mukaan otettiin myös hieman kontrastivoimaharjoittelua. Esimerkiksi Beattie ym. (2017) ovat hyödyntäneet yhdistettyä maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelua onnistuneesti pyöräilijöillä. Tällä saatiin myös mukaan hieman nopeaa voimantuottoa ja liikettä ja näin ollen harjoittelua hieman lähemmäksi pyörävoimaharjoittelun nopeampaa voimantuottoa. Harjoitukset tehtiin ohjatusti Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorion tiloissa. Neljä tutkittavaa teki pitkän välimatkan ja aikatauluhaasteiden vuoksi itsenäisesti etäharjoittelua, mutta heillekin ohjeistettiin harjoittelu tarkasti ja näytettiin liikkeet ja tekniikat. He myös raportoivat harjoittelustaan useita kertoja 10 viikon jakson aikana.

Yksi harjoituskerta kesti noin yhden tunnin ja se sisälsi omatoimisen alkuverryttelyn, ohjatun alkuverryttelyn, ohjatun harjoituksen ja mahdollisen omatoimisen loppuverryttelyn. Ensimmäisellä kerralla harjoiteltiin aluksi tekniikkaa ja etsittiin sopivia harjoituspainoja. Jokainen harjoituskerta alkoi omatoimisen alkuverryttelyn jälkeen vapailla painoilla tehdyillä kolmella alkuverryttelysarjalla takakyykyä (taulukko 8). Tämän jälkeen alkoi varsinainen maksimivoimaharjoitus (taulukko 9), jossa tehtiin kolme sarjaa takakyykyä, kolme sarjaa yhden jalan jalkaprässiä molemmille jaloille sekä kolme sarjaa kahden jalan polvenojennusta laitteella.

TAULUKKO 8. Kuntosaliryhmän alkulämmittely. Samaa ohjelmaa käytettiin joka viikko, mutta kuormaa nostettiin kehityksen mukaan.

| Lämmittely         | 1. Sarja | 2. Sarja | 3. Sarja |
|--------------------|----------|----------|----------|
| Toistot (kpl)      | 5        | 5        | 5        |
| Kuorma (% 1RM)     | 30       | 50       | 70       |
| Palautusaika (min) | 1.5      | 1.5      | 1.5      |

% 1RM = kuorma prosentteina arvioidusta yhden toiston maksimista.

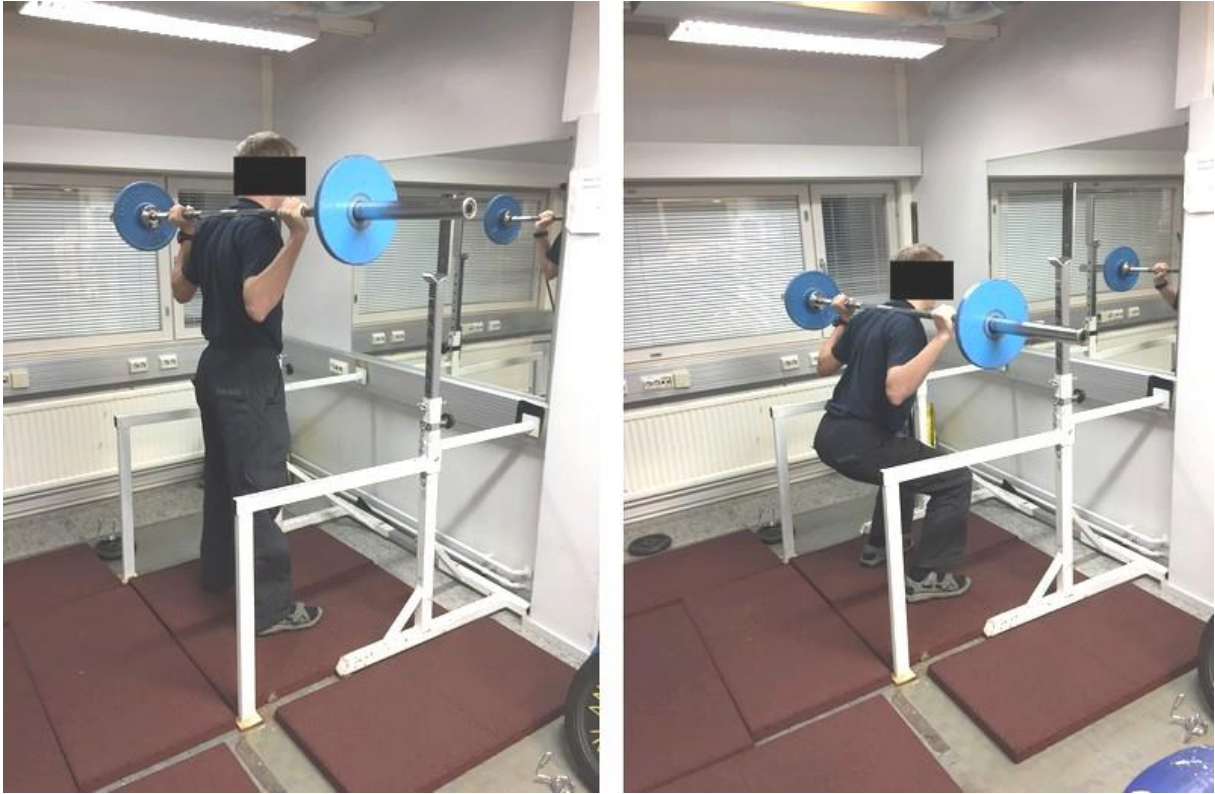
TAULUKKO 9. Kuntosaliryhmän voimaharjoitteluohjelma. Samaa ohjelmaa käytettiin aina viikon molemmissa harjoituksissa.

| VIKKO | Sarjat (kpl) | Vedon kesto (s) | Kuorma (% 1RM) | Palautusaika (min) | Huomiot           |
|-------|--------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------------|
| 1     | 3 x 3        | 8               | 70             | 3 / 5              | Tutustumista      |
| 2     | 3 x 3        | 6               | 78             | 3 / 5              |                   |
| 3     | 3 x 3        | 4               | 78             | 3 / 5              | Kevyt             |
| 4     | 3 x 3        | 5               | 82             | 4 / 5              |                   |
| 5     | 3 x 3        | 5               | 82             | 4 / 5              |                   |
| 6     | 3 x 3        | 4               | 86             | 4 / 5              |                   |
| 7     | 3 x 3        | 4               | 86             | 4 / 5              | Vikat kontrastina |
| 8     | 3 x 3        | 4               | 82             | 4 / 5              | Kevyt             |
| 9     | 3 x 3        | 3               | 90             | 5 / 5              | Kontrasti         |
| 10    | 3 x 3        | 3               | 90             | 5 / 5              | Kontrasti         |

% 1RM = kuorma prosentteina arvioidusta yhden toiston maksimista.

Ensimmäisellä treeniviikolla hyödynnettiin 1RM jalkaprässitestin tuloksia. Tästä sai melko suoraan laskettua treenipainon jalkaprässiin ja samalla pystyi jotenkin arvioimaan takakyykyn suorituskykyä. Takakyykyssä laskeuduttiin silmämääräisesti 90 asteen polvikulmaan (kuva 9),

kuten esimerkiksi Rønnestadin ym. (2017) tutkimuksessa. Tutkittavia ohjeistettiin tekemään konsentrisen ylösnostovaihe mahdollisimman terävästi (Mujika ym. 2016). Kyykyssä käytettiin 20 kilogramman painoista levytankoa ja irtopainoja. Kyykkyjä tehtiin telineillä, joissa oli alhaalla varmistusraudat, painojen mahdollista alas jäämistä varten.



KUVA 9. Takakyykyn ylä- ja ala-asento.

Yhden jalan jalkaprässi tehtiin David M14-jalkaprässillä (kuva 10). Myös jalkaprässissä käytettiin 90 asteen polvikulmaa. Tämä kulma mitattiin ensimmäisellä kerralla ja varmistettiin, että se on lähellä tavoitetta. Penkin säädöt menivät pykälittäin, joten kaikille tutkittaville kulmaa ei saatu tarkasti 90 asteeseen. Tässäkin liikkeessä pyrittiin mahdollisimman terävään suoritukseen. Molemmilla jaloilla tehtiin yksi sarja ja vasta sitten pidettiin sarjapalautus. Viikon ensimmäisessä harjoituksessa aloitettiin aina oikealla jalalla ja viikon toisessa harjoituksessa vasemmalla. Polvenojennus tehtiin kahdella jalalla David F200-laitteella ja siinäkin pyrittiin mahdollisimman nopeaan konsentrisen vaiheen voimantuottoon (kuva 11).

Harjoitteluohjelma muuttui progressiivisesti 10 viikon aikana. Liikkeet pysyivät samoina, mutta toistomäärät pienenevät 8–10 toistosta kolmeen toistoon ja palautusajat kasvoivat

kolmesta minuutista viiteen minuuttiin. Lisäksi kuormaa ja painoja kasvatettiin viikko viikolta. Harjoittelujakson loppupuolella mukaan otettiin myös nopeusvoimaa kontrastiliikkeinä. Nämä tehtiin aina noin 10 sekunnin kuluttua maksimivoimasarjan päättymisestä. Käytännössä se tapahtui niin, että takakyökkysarjan jälkeen tehtiin viisi maksimaalista kyykkyhyppyä omalla kehonpainolla ja jalkaprässisarjan jälkeen 3 + 3 (molemmat jalat) yhden jalan ”räjähtävää” jalkaprässiä noin 35 % 1 RM kuormalla.



KUVA 10. Yhden jalan jalkaprässin alku- ja loppuasento.



KUVA 11. Polvenojennuksen ala- ja yläasento.

### **6.4.3 Kontrolliryhmän harjoittelu**

Kontrolliryhmä jatkoi omaa normaalia kestävyysharjoitteluaan. Harjoitteluun annettiin ohjeistus, että sitä ei saanut muuttaa aiemmasta. Voimaharjoittelun aloittaminen ei ollut sallittua, mutta mahdollisen pitkään jatkuneen, säännöllisen ylläpitävän voimaharjoittelun jatkaminen sallittiin, koska sen ei katsottu tuovan muutoksia, jos sitä oli tehnyt jo säännöllisesti pidemmän aikaa.

Kontrolliryhmän harjoittelua seurattiin ainoastaan jälkikäteen harjoituspäiväkirjojen avulla. Tämän perusteella pystyttiin analysoimaan, oliko kontrolliryhmän harjoittelu ollut tarkoituksen mukaista.

## **6.5 Datan analysointi**

### **6.5.1 VO<sub>2</sub>max-testi**

VO<sub>2</sub>max-testin SRM-data tallennettiin ja sitä pystyttiin tarkastelemaan jälkikäteen SRM Win-ohjelman avulla. Ohjelmalla pystyttiin tarkastamaan testin tarkka lopetusaika sekä määrittämään syke jokaisen kuorman lopusta 2.15–2.45 aikavälin keskiarvona. Myös maksimisyke ja suorituksen keskikadenssi määritettiin ohjelman avulla.

Tämän jälkeen määritettiin AerK ja AnK (kuvio 2). Kynnysten määrittämisessä käytettiin apuna laktaattinäytteitä sekä hengityskaasuja. Laktaattiarvoja painotettiin, mutta hengityskaasut otettiin myös huomioon. Muuttujista tehtiin Excel-taulukkolaskentaohjelman (Office 365, Microsoft Corporation, USA) avulla kuvaajia ja tätä menetelmää käytettiin merkittävimpänä keinona kynnysten määrittämisessä. Lisäksi käytettiin apuna hengityskaasuanalysointin tietokoneohjelmaa, jonka avulla pystyttiin tarkentamaan kynnyksiä.

VO<sub>2</sub>max-testin taloudellisuus määritettiin noin AerK:n kohdalla. Alkutestien keskimääräinen hapenkulutus AerK:llä oli tutkittavilla 69.5 % VO<sub>2</sub>max ja tätä lukua hyödynnettiin laskennassa. Jokaiselta tutkittavalta katsottiin kohta, jossa saavutettiin tämä aiemmin mainittu hapenkulutus. Sitten otettiin 2.5 minuutin ajanjakso ennen ja jälkeen tämän kohdan ja

laskettiin näin yhteensä viiden minuutin keskiarvo hapenkulutukselle. Samalla määritettiin tätä kohtaa vastaava keskimääräinen teho, syke, laktaatti ja kadenssi. Tämän jälkeen lopputestien analysoinnissa käytettiin täsmälleen samaa ajanjaksoa ja saatiin näin vertailtua hapenkulutusta alku- ja lopputestien välillä samalla polkemisteholla. Lopuksi tarkastettiin, että kenenkään tutkittavan kohdalla viiden minuutin ajanjakso ei ylitä AnK:tä alku- tai lopputesteissä.

### **6.5.2 30 minuutin aika-ajo**

30 minuutin aika-ajon analysoinnissa käytettiin samaa SRM Win-ohjelmaa kuin VO<sub>2</sub>max-testin analysoinnissa. Ohjelmalla pystyttiin määrittämään jälkikäteen keskimääräinen teho, syke ja kadenssi sekä maksimisyke.

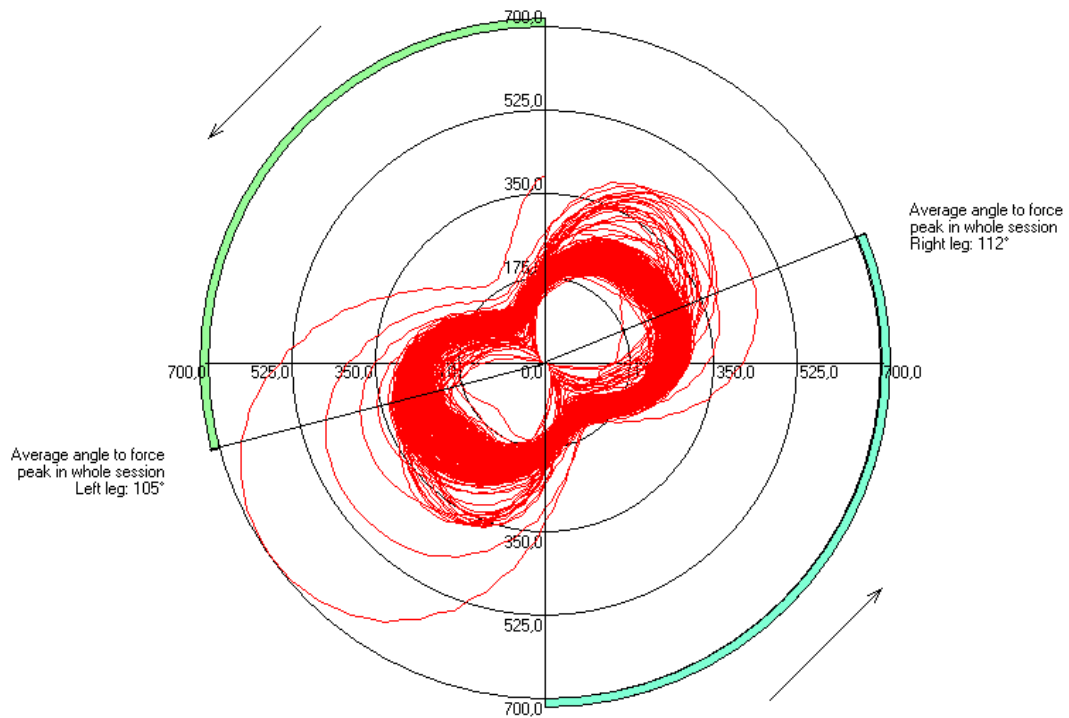
30 minuutin testiä analysoitiin myös SRM Torque Analysis Win-ohjelmalla. Testin aikana mitattiin seitsemän minuutin välein 15 poljinkierrosta, joista SRM Torque Analysis Win-ohjelma tallensi poljinvoimakuvaajat. Näin ollen testin aikana kertyi yhteensä 60 poljinkierrosta ja näistä otettiin keskiarvo. Keskiarvon kuvaajasta määritettiin minimi- ja maksimiväännön suuruudet ja voimantuottokulmat erikseen molemmille jaloille. Koska vasemman ja oikean jalan erillisiä tuloksia ei katsottu erityisen hyödyllisiksi tutkimuksen kannalta, päädyttiin ottamaan vielä molempien jalkojen yhteinen keskiarvo ja käyttämään tätä vertailussa tutkittavien välillä.

### **6.5.3 UCI-profiilitesti**

Wattbikella tehdyn UCI-profiilitestin tulokset tallentuivat testin jälkeen suoraan Wattbiken monitoriin. Monitorien data purettiin lopuksi tietokoneelle ja sitä pystyttiin analysoimaan Wattbiken omalla Wattbike Expert-ohjelmalla. Ohjelmalla pystyttiin tarkastelemaan jokaista polkaisua erikseen tai sitten määrittämään keski- ja maksimiarvoja. Esimerkki ohjelman määrittämästä polaarista voimakäyrästä on esitetty kuvassa 12.

Wattbike Expert-ohjelmasta saatiin kaikkien poljettujen testien teho, syke ja kadenssiarvot sekä lisäksi pystyttiin tarkastelemaan polaarista voimakäyrää, jonka avulla saatiin määritettyä voimantuoton muuttujia. Voimantuoton muuttujien tarkastelemista ei katsottu järkeväksi

kuuden ja 30 sekunnin testien kohdalla, koska suoritukset olivat melko lyhyitä ja ajotekniikka ja -asento vaihtelivat niissä jatkuvasti. Sen sijaan neljän minuutin testin poljinvoimamuuttujia tarkasteltiin ohjelman avulla. Tässäkin päädyttiin 30 minuutin aika-ajon mukaisesti käyttämään lopulta ainoastaan molempien jalkojen yhteisiä keskiarvo tuloksia.



KUVA 12. Esimerkki Wattbike Expert -ohjelman määrittämästä polaarista voimakäyrästä. Kuva on otettu neljän minuutin testistä ja siinä näkyy jokainen yksittäinen polkaisu.

## 6.6 Tilastolliset menetelmät

Tilastollisiin analyyseihin käytettiin IBM SPSS Statistics 24 -tilastoanalyysiohjelmaa (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) sekä Excel-taulukkolaskentaohjelmaa (Office 365, Microsoft Corporation, USA). Muuttujille laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Normaalijakautuneisuuden testaamiseen käytettiin Shapiro-Wilkin testiä ja varianssien yhtä suuruuden testaamiseen Levenen testiä. Kaikki muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneita. Normaalijakautuneisuuden toteutuessa ryhmien välisiä eroja alkutesteissä, lopputesteissä ja näiden välisessä muutoksessa (erotus) tarkisteltiin ANOVAn varianssianalyysillä. Mikäli ryhmien välillä löytyi merkitseviä eroja ANOVAn varianssianalyysillä, ryhmien välisten erojen selvittämiseen käytettiin Bonferronin menetelmää, jos varianssien yhtä suuruus oli voimassa, ja Tamhanen menetelmää, jos varianssit olivat eri suuret. Alku- ja lopputestien

välisiä ryhmien sisäisiä keskiarvoeroja testattiin kahden riippuvan otoksen t-testillä. Jos muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneita, ryhmien välisiä eroja testattiin Kruskal-Wallis testillä ja ryhmien sisäisten muutosten analysointiin käytettiin Wilcoxonin testiä. Lisäksi muuttujien välisiä korrelaatioita tarkasteltiin normaalisti jakautuneiden muuttujien osalta Pearsonin testillä ja epänormaalisti jakautuneiden muuttujien osalta Spearmanin testillä. Merkitsevyyden rajoina käytettiin kaikissa testeissä ja menetelmissä  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  ja  $p < 0.001$ .



## 7 TULOKSET

### 7.1 Antropometria

Ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja alku- ja lopputesteissä kehon painoindeksissä, rasvaprosentissa eikä ultraäänellä mitatun oikean jalan vastus lateralis-lihaksen paksuudessa (taulukko 10). Kehon painon osalta PVR poikkesi kuitenkin merkitsevästi KSR:stä niin alkutesteissä ( $p = 0.015$ ) kuin lopputesteissä ( $p = 0.016$ ). Alku- ja lopputestien välisessä muutoksessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä kuin ultraääni mittauksessa, jossa KSR poikkesi merkitsevästi KOR:stä ( $p = 0.006$ ).

Ryhmien sisäisissä muutoksissa alkutesteistä lopputesteihin oli jonkin verran merkitsevyyksiä. Kehon paino ( $p = 0.009$ ) ja painoindeksi ( $p = 0.019$ ) kasvoivat merkitsevästi KOR:ssä, ja PVR:n rasvaprosentti taas pieneni merkitsevästi ( $p = 0.043$ ). Ultraäänellä mitattu lihaksen paksuus oli merkitsevästi suurempi sekä KSR:ssä ( $p = 0.001$ ) että PVR:ssä ( $p = 0.008$ ).

TAULUKKO 10. Taulukossa on esitelty ryhmittäin tutkittavien kehonkoostumuksen tiedot alku- ja lopputesteistä sekä näiden välinen ero. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja                 | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                |                     | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                  |                   |
|--------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------------|------------------|-------------------|
|                          | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero                 | Alkutesti                | Lopputesti       | Ero               |
| Paino (kg)               | 82.2 $\pm$ 8.2          | 82.6 $\pm$ 8.3 | 0.4 $\pm$ 3.1       | 73.5 $\pm$ 8.1 §         | 74.1 $\pm$ 7.7 § | 0.5 $\pm$ 1.3     |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 24.7 $\pm$ 2.5          | 24.9 $\pm$ 2.7 | 0.1 $\pm$ 1.0       | 23.3 $\pm$ 2.3           | 23.5 $\pm$ 2.1   | 0.2 $\pm$ 0.4     |
| Rasva% (%)               | 14.3 $\pm$ 3.2          | 13.5 $\pm$ 3.4 | - 0.8 $\pm$ 1.9     | 14.9 $\pm$ 4.0           | 14.1 $\pm$ 3.9   | - 0.8 $\pm$ 1.4 * |
| UÄ VL (mm) □             | 24.4 $\pm$ 4.6          | 25.9 $\pm$ 4.0 | 1.5 $\pm$ 1.3 ** ## | 23.1 $\pm$ 3.3           | 24.1 $\pm$ 3.4   | 1.0 $\pm$ 1.3 **  |
| Muuttuja                 | Kontrolliryhmä (n = 12) |                |                     |                          |                  |                   |
|                          | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero                 |                          |                  |                   |
| Paino (kg)               | 77.8 $\pm$ 6.8          | 79.0 $\pm$ 7.2 | 1.2 $\pm$ 1.4 **    |                          |                  |                   |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 24.6 $\pm$ 2.1          | 25.0 $\pm$ 2.3 | 0.4 $\pm$ 0.4 *     |                          |                  |                   |
| Rasva% (%)               | 15.1 $\pm$ 3.8          | 15.2 $\pm$ 4.1 | 0.2 $\pm$ 0.8       |                          |                  |                   |
| UÄ VL (mm) □             | 26.3 $\pm$ 3.7          | 26.1 $\pm$ 3.2 | - 0.2 $\pm$ 1.0     |                          |                  |                   |

UÄ VL = ultraäänilaitteella mitattu oikean jalan vastus lateralis-lihaksen paksuus, BMI = painoindeksi.

□ = kuntosaliryhmä (n = 13) ja kontrolliryhmä (n = 11), Rasva% = pihdeillä mitattu kehon rasvaprosentti.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestien välillä.

##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

§  $p < 0.05$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

## 7.2 Esikevennetty hyppy

EKH tehtiin ennen ja jälkeen VO<sub>2</sub>max-testin. Tuloksiin analysoitiin kahden parhaan hypyn keskiarvo joko testejä edeltävästä hyppysarjasta tai testin jälkeisestä hyppysarjasta (taulukko 11). KSR (p = 0.015) ja PVR (p = 0.006) kehittyivät alkutesteistä lopputesteihin merkitsevästi (kuvio 10). Eri ryhmien välillä ei ollut kuitenkaan merkitseviä eroja.

TAULUKKO 11. Esikevennetty hyppy. Tuloksissa on kahden parhaan hypyn keskiarvot. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Ryhmä               | Alkutesti (cm) | Lopputesti (cm) | Ero (cm)     |
|---------------------|----------------|-----------------|--------------|
| Kuntosali (n = 14)  | 34.7 ± 5.2     | 36.5 ± 6.0      | 1.8 ± 2.4 *  |
| Pyörävoima (n = 15) | 33.4 ± 4.5     | 35.0 ± 4.4      | 1.6 ± 1.9 ** |
| Kontrolli (n = 12)  | 37.8 ± 5.2     | 38.6 ± 5.9      | 0.8 ± 1.7    |

\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestien välillä.

## 7.3 VO<sub>2</sub>max-testi

VO<sub>2</sub>max-testin perusteella analysoitiin aerobinen kynnys, anaerobinen kynnys ja VO<sub>2</sub>max. Lisäksi laskettiin taloudellisuus aerobista kynnystä vastaavalla teholla ja anaerobista kynnystä edeltävällä teholla. Analyysin tulokset on esitelty omina alaotsikoinaan.

### 7.3.1 Aerobinen kynnys

VO<sub>2</sub>max-testistä määritetyn AerK:n arvoissa ei ollut alkutestien osalta eroja ryhmien välillä kuin mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhteessa, joka oli PVR:ssä merkitsevästi KSR:ää pienempi (p = 0.028) (taulukko 12). Lopputesteissä KSR:n teho (p = 0.013) sekä mitattu hapenkulutus (p = 0.011) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä. Samoin PVR:n painokiloon suhteutettu teho (p = 0.043), syke (p = 0.019), mitattu hapenkulutus (p = 0.026) ja teoreettinen hapenkulutus olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä. Lisäksi mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde oli merkitsevästi pienempi (p = 0.029) PVR:ssä kuin KSR:ssä. Ryhmien sisäisissä muutoksissa alkutesteistä lopputesteihin oli vain yksi merkitsevä ero. PVR:n laktaatti kasvoi merkitsevästi (p = 0.011).

TAULUKKO 12. Polkupyöraergometrillä tehdystä VO<sub>2</sub>max-testistä määritetyn aerobisen kynnyksen tulokset. Taulukossa on esitelty tehon, sykkeen, laktaatin ja hapenkulutuksen arvot. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Muuttuja                             | Kuntosaliryhmä (n = 14) |              |             | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |              |             |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|-------------|--------------------------|--------------|-------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti   | Ero         | Alkutesti                | Lopputesti   | Ero         |
| P (W)                                | 198 ± 36                | 201 ± 39 #   | 3 ± 12      | 184 ± 25                 | 184 ± 25     | - 0 ± 13    |
| P (W/kg)                             | 2.4 ± 0.5               | 2.5 ± 0.5    | 0.0 ± 0.2   | 2.5 ± 0.4                | 2.5 ± 0.4 #  | - 0.0 ± 0.2 |
| Syke (krt/min)                       | 140 ± 9                 | 143 ± 10     | 3 ± 8       | 141 ± 8                  | 145 ± 12 #   | 4 ± 8       |
| La (mmol/l)                          | 1.7 ± 0.6               | 1.9 ± 0.5    | 0.2 ± 0.6   | 1.6 ± 0.5                | 1.8 ± 0.5    | 0.3 ± 0.3 * |
| VO <sub>2</sub> 60s (ml/kg/min)      | 35.0 ± 4.8              | 34.9 ± 5.5 # | - 0.0 ± 2.3 | 34.4 ± 5.9               | 34.2 ± 4.5 # | - 0.2 ± 2.9 |
| VO <sub>2</sub> teor (ml/kg/min)     | 32.9 ± 6.0              | 33.1 ± 6.4   | 0.3 ± 2.3   | 34.4 ± 4.9               | 34.1 ± 4.9 # | - 0.3 ± 2.3 |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 107 ± 6                 | 106 ± 7      | - 1 ± 5     | 100 ± 8 §                | 101 ± 3 §    | 0.7 ± 7.5   |
| % VO <sub>2</sub> max (%)            | 70 ± 3                  | 71 ± 5       | 1 ± 4       | 69 ± 7                   | 70 ± 7       | 1 ± 6       |

| Muuttuja                             | Kontrolliryhmä (n = 12) |            |             |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti | Ero         |
| P (W)                                | 168 ± 23                | 165 ± 20   | - 4 ± 15    |
| P (W/kg)                             | 2.2 ± 0.3               | 2.1 ± 0.3  | - 0.1 ± 0.2 |
| Syke (krt/min)                       | 135 ± 12                | 133 ± 9    | - 2 ± 10    |
| La (mmol/l)                          | 1.6 ± 0.4               | 1.8 ± 0.5  | 0.1 ± 0.6   |
| VO <sub>2</sub> 60s (ml/kg/min)      | 31.3 ± 4.3              | 29.3 ± 3.6 | - 2.0 ± 3.2 |
| VO <sub>2</sub> teor (ml/kg/min)     | 30.0 ± 4.0              | 28.9 ± 3.3 | - 1.0 ± 2.3 |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 105 ± 7                 | 101 ± 7    | - 3 ± 6     |
| % VO <sub>2</sub> max (%)            | 70 ± 5                  | 67 ± 4     | - 3 ± 6     |

P = teho, Syke = sydämen syke, La = veren laktaattipitoisuus, VO<sub>2</sub> 60s = hapenkulutus 60 sekunnin keskiarvona, VO<sub>2</sub> teor = teoreettinen hapenkulutus, VO<sub>2</sub> suhde (mit/teor) = mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde, % VO<sub>2</sub>max = hapenkulutus prosentteina testin VO<sub>2</sub>max:stä.

\* p < 0.05, tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

# p < 0.05, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

§ p < 0.05, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä

### 7.3.2 Anaerobinen kynnys

VO<sub>2</sub>max-testistä määritetyn AnK:n alkutestien arvoista teho (p = 0.003) ja mitattu hapenkulutus (p = 0.036) olivat KSR:llä merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä (taulukko 13). Samoin PVR:n kehon painoon suhteutettu teho (p = 0.018), mitattu hapenkulutus (p = 0.031) ja teoreettinen hapenkulutus (p = 0.018) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:n vastaavat arvot.

Lopputesteissä KSR:n teho ( $p = 0.003$ ) (kuvio 6) ja mitattu hapenkulutus ( $p = 0.022$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä. Lisäksi PVR:n kehon painoon suhteutettu teho ( $p = 0.012$ ), sydämen syke ( $p = 0.026$ ), mitattu hapenkulutus ( $p = 0.026$ ) ja teoreettinen hapenkulutus ( $p = 0.012$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä.

KSR:n laktaatti kasvoi merkitsevästi ( $p = 0.041$ ) alkutesteistä lopputesteihin samoin kuin KOR:llä ( $p = 0.034$ ) ja PVR:llä ( $p < 0.001$ ). Lisäksi PVR:n teho ( $p = 0.025$ ) ja syke ( $p = 0.036$ ) nousivat merkitsevästi.

TAULUKKO 13. Polkupyöräergometrillä tehdystä VO<sub>2</sub>max-testistä määritetyn anaerobisen kynnyksen tulokset. Taulukossa on esitelty tehon, sykkeen, laktaatin ja hapenkulutuksen arvot. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Muuttuja                             | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                    |             | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |              |               |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|--------------|---------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti         | Ero         | Alkutesti                | Lopputesti   | Ero           |
| P (W)                                | 269 ± 38 <b>##</b>      | 276 ± 44 <b>##</b> | 8 ± 18      | 249 ± 25                 | 256 ± 23     | 7 ± 10 *      |
| P (W/kg)                             | 3.3 ± 0.5               | 3.4 ± 0.6          | 0.1 ± 0.3   | 3.4 ± 0.4 #              | 3.5 ± 0.4 #  | 0.1 ± 0.2     |
| Syke (krt/min)                       | 165 ± 8                 | 167 ± 9            | 2 ± 7       | 166 ± 9                  | 169 ± 11 #   | 3 ± 5 *       |
| La (mmol/l)                          | 3.8 ± 1.3               | 4.4 ± 0.7          | 0.6 ± 1.0 * | 3.6 ± 1.0                | 4.4 ± 0.8    | 0.8 ± 0.6 *** |
| VO <sub>2</sub> 60s (ml/kg/min)      | 44.0 ± 5.4 #            | 44.0 ± 6.2 #       | 0.1 ± 2.6   | 44.0 ± 5.5 #             | 43.8 ± 5.2 # | - 0.2 ± 1.7   |
| VO <sub>2</sub> teor (ml/kg/min)     | 43.2 ± 6.5              | 44.1 ± 7.3         | 0.9 ± 3.2   | 45.1 ± 5.3 #             | 45.9 ± 5.4 # | 0.8 ± 2.0     |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 102 ± 5                 | 100 ± 6            | - 2 ± 5     | 98 ± 4                   | 96 ± 5       | - 2 ± 4       |
| % VO <sub>2</sub> max (%)            | 88 ± 4                  | 89 ± 4             | 1 ± 5       | 88 ± 4                   | 89 ± 5       | 1 ± 4         |

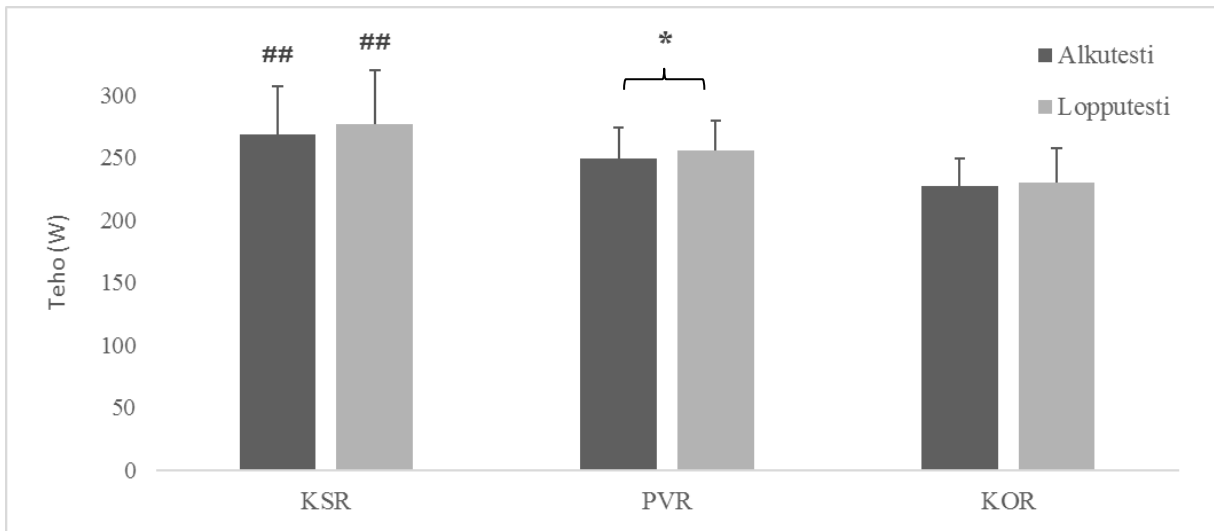
  

| Muuttuja                             | Kontrolliryhmä (n = 12) |            |             |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti | Ero         |
| P (W)                                | 227 ± 22                | 230 ± 28   | 3 ± 19      |
| P (W/kg)                             | 2.9 ± 0.3               | 2.9 ± 0.4  | - 0.0 ± 0.2 |
| Syke (krt/min)                       | 159 ± 12                | 158 ± 9    | - 0 ± 7     |
| La (mmol/l)                          | 3.6 ± 0.6               | 4.1 ± 0.5  | 0.5 ± 0.8 * |
| VO <sub>2</sub> 60s (ml/kg/min)      | 38.6 ± 4.5              | 38.0 ± 4.7 | - 0.6 ± 3.3 |
| VO <sub>2</sub> teor (ml/kg/min)     | 39.0 ± 3.8              | 38.9 ± 4.6 | - 0.1 ± 2.5 |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 99 ± 7                  | 98 ± 6     | - 1 ± 5     |
| % VO <sub>2</sub> max (%)            | 86 ± 45                 | 86 ± 4     | 0 ± 4       |

P = teho, Syke = sydämen syke, La = veren laktaattipitoisuus, VO<sub>2</sub> 60s = hapenkulutus 60 sekunnin keskiarvona, VO<sub>2</sub> teor = teoreettinen hapenkulutus, VO<sub>2</sub> suhde (mit/teor) = mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde, % VO<sub>2</sub>max = hapenkulutus prosentteina maksimaalisesta testin maksimaalisesta hapenkulutuksesta.

\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , ##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.



KUVIO 6. Anaerobisen kynnyksen teho alku- ja lopputesteissä.

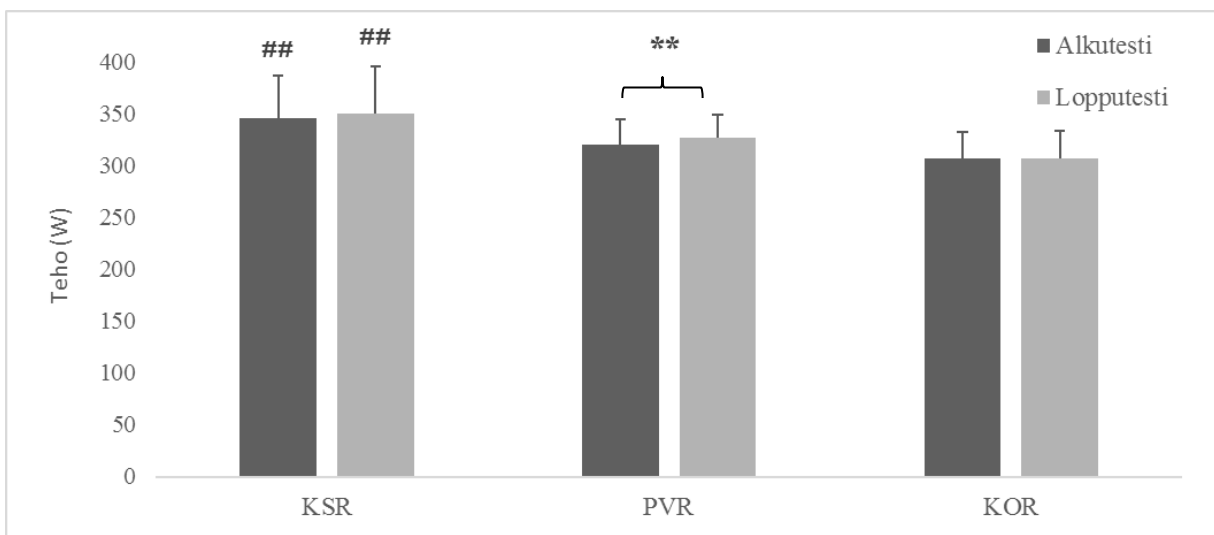
KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, AnK = anaerobinen kynnyks.

\*  $p < 0.05$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

### 7.3.3 VO<sub>2</sub>max ja maksimaalinen aerobinen teho

Alkutesteissä VO<sub>2</sub>max-testin maksimiarvoissa oli yksi merkitsevä ero (taulukko 14). KSR:n teho ( $p = 0.008$ ) oli merkitsevästi suurempi kuin KOR:llä (kuvio 7). Lopputesteissä KSR:n teho ( $p = 0.005$ ) sekä PVR:n kehon painoon suhteutettu teho ( $p = 0.023$ ) ja teoreettinen hapenkulutus ( $p = 0.023$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä.



KUVIO 7. Maksimaalinen aerobinen teho alku- ja lopputesteissä.

KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, PVO<sub>2</sub>max = maksimaalinen aerobinen teho.

\*\*  $p < 0.01$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

KSR:llä laktaatti nousi alkutesteistä lopputesteihin merkitsevästi ( $p = 0.025$ ). PVR:llä teho ( $p = 0.006$ ) ja laktaatti ( $p < 0.001$ ) nousivat merkitsevästi, ja tämän lisäksi mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde pieneni merkitsevästi ( $p = 0.027$  WI).

TAULUKKO 14. Polkupyöräergometrillä tehdyn VO<sub>2</sub>max-testin maksimiarvot. Taulukossa on esitelty tehon, sykkeen, laktaatin ja hapenkulutuksen maksimiarvot. Lisäksi taulukossa on koko testin keskikadenssi. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Muuttuja                             | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                |             | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |              |               |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------|-------------|--------------------------|--------------|---------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero         | Alkutesti                | Lopputesti   | Ero           |
| P (W)                                | 346 ± 41 ###            | 351 ± 45 ###   | 4 ± 16      | 320 ± 25                 | 328 ± 22     | 7 ± 9 **      |
| P (W/kg)                             | 4.2 ± 0.6               | 4.3 ± 0.6      | 0.0 ± 0.3   | 4.4 ± 0.5                | 4.5 ± 0.5 #  | 0.1 ± 0.1     |
| Syke (krt/min)                       | 186 ± 6                 | 187 ± 7        | 1 ± 4       | 185 ± 11                 | 186 ± 12     | 1 ± 2         |
| La (mmol/l)                          | 12.1 ± 2.6              | 13.2 ± 2.1     | 1.0 ± 1.5 * | 11.4 ± 2.7               | 13.5 ± 2.7   | 2.0 ± 1.7 *** |
| Kad ka (rpm)                         | 95 ± 4                  | 93 ± 5         | - 2 ± 5     | 88 ± 9                   | 90 ± 8       | 3 ± 8         |
| VO <sub>2</sub> max 60s (l/min)      | 4.1 ± 0.4 ####          | 4.1 ± 0.5 #### | -0.0 ± 0.2  | 3.6 ± 0.3 §§             | 3.6 ± 0.3 §  | -0.0 ± 0.1    |
| VO <sub>2</sub> max 60s (ml/kg/min)  | 49.9 ± 5.7              | 49.4 ± 6.0     | - 0.5 ± 3.5 | 50.0 ± 6.0               | 49.4 ± 6.1   | - 0.5 ± 1.7   |
| VO <sub>2</sub> max teor (ml/kg/min) | 54.6 ± 7.0              | 54.9 ± 7.5     | 0.3 ± 3.8   | 56.8 ± 6.1               | 57.6 ± 6.4 # | 0.8 ± 1.8     |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 92 ± 5                  | 90 ± 6         | - 1 ± 4     | 88 ± 3                   | 86 ± 6       | - 2 ± 4 *     |

| Muuttuja                             | Kontrolliryhmä (n = 12) |            |             |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|
|                                      | Alkutesti               | Lopputesti | Ero         |
| P (W)                                | 307 ± 26                | 307 ± 27   | - 0 ± 12    |
| P (W/kg)                             | 4.0 ± 0.4               | 3.9 ± 0.4  | - 0.1 ± 0.1 |
| Syke (krt/min)                       | 185 ± 11                | 184 ± 9    | - 1 ± 5     |
| La (mmol/l)                          | 12.7 ± 2.1              | 13.2 ± 2.0 | 0.6 ± 2.4   |
| Kad ka (rpm)                         | 89 ± 11                 | 90 ± 10    | 1 ± 5       |
| VO <sub>2</sub> max 60s (l/min)      | 3.5 ± 0.3               | 3.5 ± 0.3  | -0.0 ± 0.3  |
| VO <sub>2</sub> max 60s (ml/kg/min)  | 44.7 ± 4.4              | 43.9 ± 4.6 | - 0.8 ± 3.4 |
| VO <sub>2</sub> max teor (ml/kg/min) | 51.4 ± 4.5              | 50.6 ± 4.9 | - 0.8 ± 1.6 |
| VO <sub>2</sub> suhde (mit/teor) (%) | 87 ± 8                  | 87 ± 5     | - 0 ± 6     |

P = teho, Syke = sydämen syke, La = veren laktaattipitoisuus, Kad ka = keskimääräinen kadenssi koko testin ajalta, VO<sub>2</sub>max 60s = maksimaalinen hapenkulutus 60 sekunnin keskiarvona, VO<sub>2</sub>max teor = maksimaalinen teoreettinen hapenkulutus, VO<sub>2</sub> suhde (mit/teor) = mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen suhde.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , ##  $p < 0.01$ , ###  $p < 0.001$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

§  $p < 0.05$ , §§  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

### 7.3.4 Taloudellisuus

VO<sub>2</sub>max-testin taloudellisuuslaskelmissa AerK:ä vastaavalla 69.5 % VO<sub>2</sub>max tasolla KSR:n teho ( $p = 0.008$ ) ja teoreettinen hapenkulutus ( $p = 0.008$ ) sekä PVR:n teho ( $p = 0.039$ ) ja teoreettinen hapenkulutus ( $p = 0.039$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä (taulukko 15). Näitä samoja alkutesteistä saatuja tehon ja teoreettisen hapenkulutuksen arvoja käytettiin

myös lopputestien analyysissä. Alkutestien osalta KSR:n mitattu hapenkulutus oli merkitsevästi suurempi kuin KOR:llä ( $p < 0.001$ ) ja PVR:llä ( $p = 0.007$ ). Myös PVR:n mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen ero oli alkutesteissä merkitsevästi pienempi ( $p = 0.012$ ) kuin KSR:llä.

Lopputesteissä KSR:n mitattu hapenkulutus oli merkitsevästi suurempi kuin KOR:llä ( $p < 0.001$ ) ja PVR:llä ( $p = 0.028$ ). Lisäksi PVR:n mitatun ja teoreettisen hapenkulutuksen ero oli merkitsevästi pienempi ( $p = 0.037$ ) kuin KSR:llä. PVR:n syke ( $p = 0.041$ ) taas oli merkitsevästi korkeampi kuin KOR:llä. PVR:llä syke ( $p = 0.049$ ) ja laktaatti ( $p = 0.006$ ) nousivat alkutesteistä lopputesteihin merkitsevästi. Muissa ryhmissä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia alkutestin ja lopputestin välillä.

**TAULUKKO 15.** Polkupyöräergometrillä tehdyn VO<sub>2</sub>max-testin pohjalta laskettu taloudellisuus aerobisen kynnyksen (n. 69.5 % VO<sub>2</sub>max) teholla. Taulukossa on esitelty tehon, hapenkulutuksen, sykkeen, laktaatin ja kadenssin arvot viiden minuutin keskiarvoina. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo ± keskihajonta.

| Muuttuja                            | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                       |     | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                     |               |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----|--------------------------|---------------------|---------------|
|                                     | Alkutesti               | Lopputesti            | Ero | Alkutesti                | Lopputesti          | Ero           |
| P 5' ka (W)                         | 207 ± 30 <b>##</b>      |                       | -   | 194 ± 23 <b>#</b>        |                     | -             |
| VO <sub>2</sub> 5' ka teor (ml/min) | 2778 ± 357 <b>##</b>    |                       | -   | 2633 ± 274 <b>#</b>      |                     | -             |
| VO <sub>2</sub> 5' ka mit (ml/min)  | 2829 ± 292 <b>###</b>   | 2808 ± 315 <b>###</b> | -20 | 2535 ± 225 <b>§§</b>     | 2546 ± 312 <b>§</b> | 12            |
| VO <sub>2</sub> ero (ml/min)        | 51 ± 122                | 30 ± 153              | -20 | -98 ± 122 <b>§</b>       | -87 ± 150 <b>§</b>  | 12            |
| Syke 5' ka (krt/min)                | 141 ± 9                 | 143 ± 10              | 2   | 143 ± 10                 | 146 ± 12 <b>#</b>   | 3 <b>*</b>    |
| La 5' ka (mmol/l)                   | 1.9 ± 0.7               | 2.1 ± 0.6             | 0.2 | 1.9 ± 0.7                | 2.2 ± 0.7           | 0.3 <b>**</b> |
| Kad 5' ka (rpm)                     | 94 ± 4                  | 93 ± 5                | -1  | 87 ± 9                   | 91 ± 7              | 3             |

| Muuttuja                            | Kontrolliryhmä (n = 12) |            |     |
|-------------------------------------|-------------------------|------------|-----|
|                                     | Alkutesti               | Lopputesti | Ero |
| P 5' ka (W)                         | 177 ± 10                |            | -   |
| VO <sub>2</sub> 5' ka teor (ml/min) | 2418 ± 121              |            | -   |
| VO <sub>2</sub> 5' ka mit (ml/min)  | 2404 ± 189              | 2344 ± 193 | -60 |
| VO <sub>2</sub> ero (ml/min)        | -14 ± 149               | -74 ± 144  | -60 |
| Syke 5' ka (krt/min)                | 137 ± 7                 | 136 ± 8    | -1  |
| La 5' ka (mmol/l)                   | 1.9 ± 0.5               | 2.1 ± 0.7  | 0.2 |
| Kad 5' ka (rpm)                     | 88 ± 11                 | 89 ± 10    | 1   |

P = teho, 5' ka = viiden minuutin keskiarvo, VO<sub>2</sub> teor = teoreettinen hapenkulutus, VO<sub>2</sub> mit = mitattu hapenkulutus, VO<sub>2</sub> ero = mitattu hapenkulutus vähennettynä teoreettisella hapenkulutuksella, Syke = sydämen syke, La = veren laktaattipitoisuus, Kad = poljinkadenssi.

**\***  $p < 0.05$ , **\*\***  $p < 0.01$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

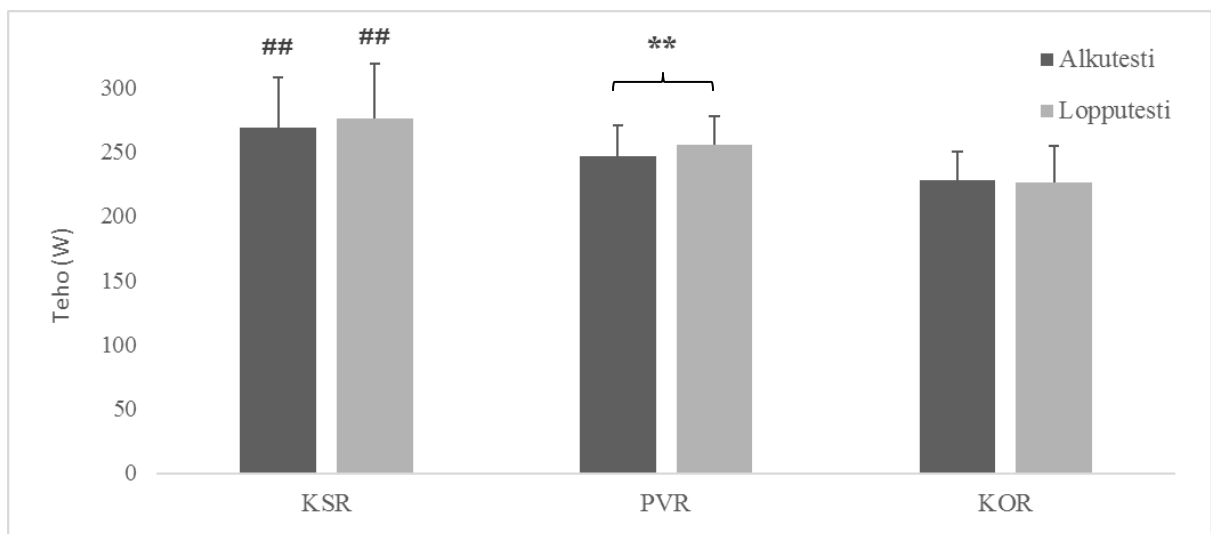
**#**  $p < 0.05$ , **##**  $p < 0.01$ , **###**  $p < 0.001$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

**§**  $p < 0.05$ , **§§**  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

## 7.4 30 minuutin testi

### 7.4.1 Teho ja fysiologiset muuttujat

30 minuutin testin alkumittauksissa KSR:n keskiteho ( $p = 0.004$ ) (kuvio 8) ja PVR:n kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.043$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:n vastaavat arvot (taulukko 17). Lopputesteissä KSR:n keskiteho ( $p = 0.001$ ) ja kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.042$ ) sekä PVR:n kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.008$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä. KSR:n laktaatti 10 minuutin kohdalla ( $p = 0.048$ ) ja 30 minuutin kohdalla ( $p = 0.008$ ) olivat merkitsevästi suurempia lopputesteissä kuin alkutesteissä. Samoin PVR:n keskiteho ( $p = 0.001$ ), kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.020$ ), laktaatti 20 minuutin kohdalla ( $p = 0.001$ ) sekä laktaatti 30 minuutin kohdalla ( $p < 0.001$ ) olivat merkitsevästi suurempia lopputesteissä kuin alkutesteissä.



KUVIO 8. 30 minuutin aika-ajon alku- ja lopputestien keskiteho.

KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, 30 min = 30 minuutin aika-ajo.

\*\*  $p < 0.01$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestien välillä.

##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.



TAULUKKO 17. 30 minuutin maksimaalisen polkupyöraergometri-aika-ajon teho, kadenssi, syke ja laktaatit. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja            | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                        |                         | Pyöravoimaryhmä (n = 15) |                         |                          |
|---------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                     | Alkutesti               | Lopputesti             | Ero                     | Alkutesti                | Lopputesti              | Ero                      |
| P ka (W)            | 269 $\pm$ 40 <b>##</b>  | 276 $\pm$ 43 <b>##</b> | 7 $\pm$ 14              | 247 $\pm$ 24             | 255 $\pm$ 23            | 9 $\pm$ 8 <b>**</b>      |
| P ka (W/kg)         | 3.3 $\pm$ 0.5           | 3.4 $\pm$ 0.6 <b>#</b> | 0.1 $\pm$ 0.2           | 3.4 $\pm$ 0.4 <b>#</b>   | 3.5 $\pm$ 0.4 <b>##</b> | 0.1 $\pm$ 0.1 <b>*</b>   |
| Kad ka (rpm)        | 96 $\pm$ 6              | 95 $\pm$ 4             | - 1 $\pm$ 7             | 91 $\pm$ 10              | 89 $\pm$ 11             | - 2 $\pm$ 7              |
| Syke ka (krt/min)   | 168 $\pm$ 6             | 170 $\pm$ 8            | 2 $\pm$ 6               | 166 $\pm$ 11             | 167 $\pm$ 12            | 1 $\pm$ 7                |
| Syke maks (krt/min) | 182 $\pm$ 7             | 182 $\pm$ 6            | 0 $\pm$ 5               | 179 $\pm$ 11             | 179 $\pm$ 12            | 0 $\pm$ 5                |
| La 10' (mmol/l)     | 5.6 $\pm$ 1.8           | 6.8 $\pm$ 1.1          | 1.1 $\pm$ 1.8 <b>*</b>  | 5.7 $\pm$ 1.8            | 6.5 $\pm$ 2.1           | 0.8 $\pm$ 2.2            |
| La 20' (mmol/l)     | 7.3 $\pm$ 2.5           | 8.7 $\pm$ 2.1          | 1.4 $\pm$ 2.5           | 6.4 $\pm$ 1.9            | 8.1 $\pm$ 2.8           | 1.7 $\pm$ 1.6 <b>***</b> |
| La 30' (mmol/l)     | 8.5 $\pm$ 2.9           | 10.3 $\pm$ 2.1         | 1.8 $\pm$ 2.1 <b>**</b> | 7.5 $\pm$ 2.2            | 10.1 $\pm$ 2.2          | 2.6 $\pm$ 1.9 <b>***</b> |
| Muuttuja            | Kontrolliryhmä (n = 12) |                        |                         |                          |                         |                          |
|                     | Alkutesti               | Lopputesti             | Ero                     |                          |                         |                          |
| P ka (W)            | 228 $\pm$ 23            | 227 $\pm$ 28           | - 2 $\pm$ 13            |                          |                         |                          |
| P ka (W/kg)         | 2.9 $\pm$ 0.3           | 2.9 $\pm$ 0.4          | - 0.1 $\pm$ 0.1         |                          |                         |                          |
| Kad ka (rpm)        | 92 $\pm$ 14             | 91 $\pm$ 14            | - 1 $\pm$ 8             |                          |                         |                          |
| Syke ka (krt/min)   | 162 $\pm$ 9             | 161 $\pm$ 10           | - 2 $\pm$ 6             |                          |                         |                          |
| Syke maks (krt/min) | 178 $\pm$ 11            | 175 $\pm$ 14           | - 3 $\pm$ 8             |                          |                         |                          |
| La 10' (mmol/l)     | 5.4 $\pm$ 1.9           | 6.0 $\pm$ 1.3          | 0.6 $\pm$ 1.5           |                          |                         |                          |
| La 20' (mmol/l)     | 7.1 $\pm$ 1.9           | 6.8 $\pm$ 2.2          | - 0.3 $\pm$ 2.7         |                          |                         |                          |
| La 30' (mmol/l)     | 8.6 $\pm$ 2.1           | 8.7 $\pm$ 3.4          | 0.1 $\pm$ 3.4           |                          |                         |                          |

P = teho, ka = keskiarvo, Kad = poljinkadenssi, Syke = sydämen syke, maks = maksimiarvo, La 10' = veren laktaattipitoisuus 10 minuutin kohdalla testin alkamisesta, La 20' = veren laktaattipitoisuus 20 minuutin kohdalla testin alkamisesta, La 30' = veren laktaattipitoisuus testin päättyessä.

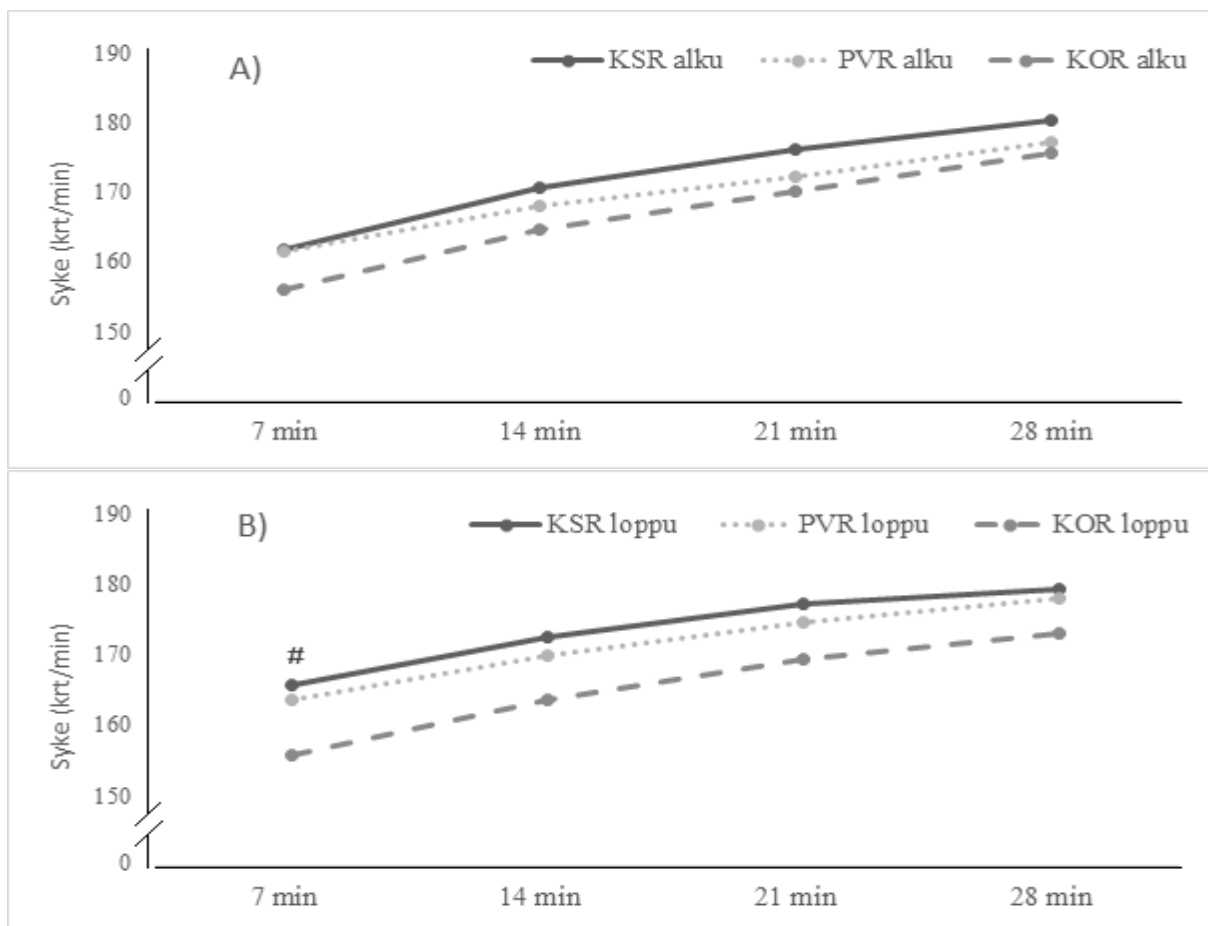
\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001, tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

# p < 0.05, ## p < 0.01, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

30 minuutin aika-ajon aikana kirjattiin syke ylös seitsemän minuutin välein. Näitä jokaista muuttujaa ei taulukoitu erikseen, mutta näistä tehtiin kuvaaja (kuvio 9).

#### 7.4.2 Poljinvoimamuuttujat

30 minuutin testin poljinvoimamuuttujissa ei ollut alkutesteissä eroa ryhmien välillä (taulukko 18). Lopputesteissä PVR:n molempien jalkojen keskimääräinen minimivääntö (p = 0.016) poikkesi merkitsevästi KOR:stä. Lisäksi KSR:n molempien jalkojen keskimääräisen huippuväännön kulma (p = 0.048) pieneni merkitsevästi alkutesteistä lopputesteihin.



KUVIO 9. Sykekuvaajat 30 minuutin aika-ajosta 7, 14, 21 ja 28 minuutin kohdilta. A) alkutesti ja B) lopputesti. KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, Syke = sydämen syke, alku = alkutesti, loppu = lopputesti. #  $p < 0.05$ , kuntosaliryhmä poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

TAULUKKO 18. 30 minuutin maksimaalisen polkupyöräergometri-aika-ajon poljinvoima-analyysi. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja        | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                 |                   | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                  |                 |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
|                 | Alkutesti               | Lopputesti      | Ero               | Alkutesti                | Lopputesti       | Ero             |
| MJ HV (Nm)      | 44.2 $\pm$ 7.7          | 46.2 $\pm$ 8.3  | 2.0 $\pm$ 5.8     | 42.1 $\pm$ 5.0           | 44.1 $\pm$ 8.1   | 2.1 $\pm$ 6.0   |
| MJ HV kulma (°) | 108.0 $\pm$ 5.4         | 104.6 $\pm$ 6.9 | - 3.4 $\pm$ 5.7 * | 103.4 $\pm$ 9.0          | 102.9 $\pm$ 10.1 | - 0.6 $\pm$ 7.1 |
| MJ MV (Nm)      | 10.2 $\pm$ 4.0          | 9.8 $\pm$ 2.6   | - 0.3 $\pm$ 3.7   | 9.4 $\pm$ 2.6            | 10.6 $\pm$ 2.0 # | 1.2 $\pm$ 2.4   |
| MJ MV kulma (°) | 27.1 $\pm$ 9.6          | 25.9 $\pm$ 8.2  | - 1.1 $\pm$ 9.0   | 22.7 $\pm$ 10.7          | 22.0 $\pm$ 11.7  | - 0.7 $\pm$ 8.8 |
| Muuttuja        | Kontrolliryhmä (n = 12) |                 |                   |                          |                  |                 |
|                 | Alkutesti               | Lopputesti      | Ero               |                          |                  |                 |
| MJ HV (Nm)      | 39.7 $\pm$ 6.5          | 40.4 $\pm$ 8.0  | 0.7 $\pm$ 5.4     |                          |                  |                 |
| MJ HV kulma (°) | 105.6 $\pm$ 12.4        | 103.0 $\pm$ 8.0 | - 2.6 $\pm$ 8.1   |                          |                  |                 |
| MJ MV (Nm)      | 7.3 $\pm$ 2.7           | 7.9 $\pm$ 2.5   | 0.6 $\pm$ 1.6     |                          |                  |                 |
| MJ MV kulma (°) | 27.9 $\pm$ 14.4         | 26.5 $\pm$ 11.6 | - 1.4 $\pm$ 6.3   |                          |                  |                 |

MJ = molempien jalkojen keskiarvo, HV = poljinkierroksen väännön huippukohta, kulma = kammien kulma tietyllä hetkellä, MV = poljinkierroksen väännön minimikohta.

\*  $p < 0.05$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

## 7.5 UCI-profiilitesti

### 7.5.1 6 sekunnin testi

UCI-profiilitestissä tehtiin aina kaksi kuuden sekunnin suoritusta. Näistä katsottiin järkevimmäksi ottaa tuloksiin ainoastaan paremman testin tulokset, koska osalla tutkittavista saattoi olla ongelmaa toisessa testissä. Kuuden sekunnin testin alkumittauksissa PVR:n maksimiteho ( $p = 0.043$ ) ja keskiteho ( $p = 0.021$ ) olivat merkitsevästi pienemmät kuin KSR:llä (taulukko 19). Lopputesteissä ryhmien välillä ei ollut eroja. Alku- ja lopputestien välisessä muutoksessa oli tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. KSR:n kehon painoon suhteutetun keskitehon ( $p = 0.043$ ) sekä PVR:n maksimitehon ( $p = 0.030$ ), kehon painoon suhteutetun maksimitehon ( $p = 0.010$ ), keskitehon ( $p = 0.022$ ) ja kehon painoon suhteutetun keskitehon ( $p = 0.001$ ) muutokset olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä.

TAULUKKO 19. UCI-profiilitestin parhaan kuuden sekunnin suorituksen arvot. Taulukossa on mainittu tehon ja kadenssin arvot. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja       | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                |                    | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                |                       |
|----------------|-------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
|                | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero                | Alkutesti                | Lopputesti     | Ero                   |
| P maks (W)     | 1341 $\pm$ 189          | 1423 $\pm$ 175 | 82 $\pm$ 69 ***    | 1158 $\pm$ 196 §         | 1278 $\pm$ 198 | 120 $\pm$ 83 *** #    |
| P maks (W/kg)  | 16.4 $\pm$ 2.3          | 17.3 $\pm$ 1.8 | 0.9 $\pm$ 0.7 ***  | 15.7 $\pm$ 1.8           | 17.2 $\pm$ 1.8 | 1.5 $\pm$ 1.2 *** #   |
| P ka (W)       | 1135 $\pm$ 152          | 1198 $\pm$ 170 | 63 $\pm$ 64 **     | 982 $\pm$ 132 §          | 1063 $\pm$ 136 | 81 $\pm$ 52 *** #     |
| P ka (W/kg)    | 13.9 $\pm$ 1.9          | 14.5 $\pm$ 1.8 | 0.7 $\pm$ 0.6 ** # | 13.4 $\pm$ 1.1           | 14.4 $\pm$ 1.2 | 1.0 $\pm$ 0.7 *** ### |
| Kad maks (rpm) | 162 $\pm$ 7             | 163 $\pm$ 8    | 1 $\pm$ 4          | 158 $\pm$ 6              | 161 $\pm$ 5    | 3 $\pm$ 3 **          |
| Kad ka (rpm)   | 154 $\pm$ 7             | 157 $\pm$ 8    | 3 $\pm$ 4 *        | 150 $\pm$ 5              | 155 $\pm$ 5    | 4 $\pm$ 3 ***         |

| Muuttuja       | Kontrolliryhmä (n = 12) |                |                 |
|----------------|-------------------------|----------------|-----------------|
|                | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero             |
| P maks (W)     | 1318 $\pm$ 191          | 1364 $\pm$ 188 | 46 $\pm$ 53 *   |
| P maks (W/kg)  | 16.9 $\pm$ 1.9          | 17.2 $\pm$ 1.6 | 0.3 $\pm$ 0.7   |
| P ka (W)       | 1103 $\pm$ 149          | 1128 $\pm$ 164 | 24 $\pm$ 32     |
| P ka (W/kg)    | 14.2 $\pm$ 1.2          | 14.2 $\pm$ 1.3 | 0.1 $\pm$ 0.4 * |
| Kad maks (rpm) | 160 $\pm$ 5             | 162 $\pm$ 6    | 1 $\pm$ 4       |
| Kad ka (rpm)   | 153 $\pm$ 5             | 154 $\pm$ 5    | 1 $\pm$ 4       |

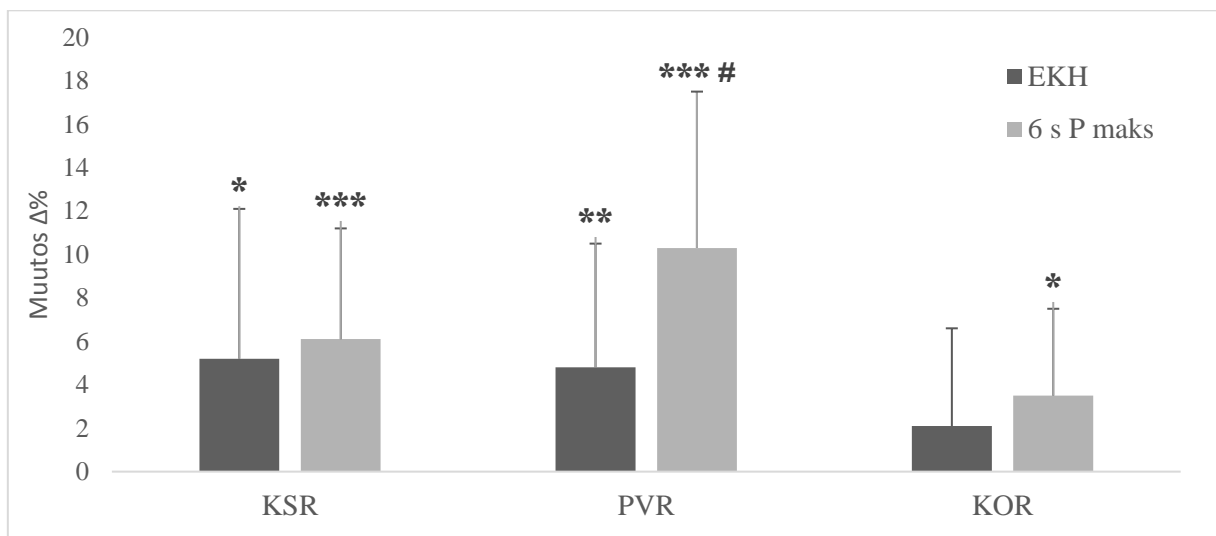
P = teho, maks = maksimiarvo, ka = keskiarvo, Kad = kadenssi.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , ###  $p < 0.001$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

§  $p < 0.05$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

KSR:n maksimiteho ( $p = 0.001$ ), kehon painoon suhteutettu maksimiteho ( $p < 0.001$ ), keskiteho ( $p = 0.003$ ), kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.001$ ) ja keskikadenssi ( $p = 0.021$ ) olivat merkitsevästi suurempia lopputesteissä kuin alkutesteissä. PVR:n maksimiteho ( $p < 0.001$ ), kehon painoon suhteutettu maksimiteho ( $p = 0.001$ ), keskiteho ( $p < 0.001$ ), kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p < 0.001$ ), maksimikadenssi ( $p = 0.003$ ) ja keskikadenssi ( $p < 0.001$ ) olivat kaikki merkitsevästi suurempia lopputesteissä kuin alkutesteissä. KOR:llä maksimiteho ( $p = 0.012$ ) ja kehon painoon suhteutettu keskiteho ( $p = 0.023$ ) olivat merkitsevästi suurempia lopputesteissä kuin alkutesteissä. Kuviossa 10 on lisäksi vertailtu kuuden sekunnin testin maksimitehon kehitystä esikevennyshypyn kehitykseen.



KUVIO 10. Esikevennetyn hypyn ja kuuden sekunnin testin maksimitehon muutosten vertailu.

KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, Syke = sydämen syke, alku = alkutesti, loppu = lopputesti.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , PVR:n muutos poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

### 7.5.2 30 sekunnin testi

UCI-profiilitestin 30 sekunnin testin alkumittauksissa PVR:n keskiteho ( $p = 0.014$ ) oli merkitsevästi pienempi kuin KSR:llä (taulukko 20). Loppumittauksissa ryhmien välillä ei ollut eroja. Alku- ja loppumittauksien välisessä muutoksessa oli tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. KSR:n testin jälkeisen laktaatin ( $p = 0.045$ ) ja laktaatin muutoksen ( $p = 0.026$ ) muutokset olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä. PVR:llä keskitehon ( $p = 0.001$ ), kehon painoon suhteutetun keskitehon ( $p < 0.001$ ) ja keskikadenssin ( $p = 0.025$ ) muutokset olivat suurempia kuin KOR:llä.

TAULUKKO 20. UCI-profiilitestin 30 sekunnin testin tulokset. Taulukossa on tehon, kadenssin ja laktaatin arvot. Tulokset ovat muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja               | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                |                    | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                |                       |
|------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
|                        | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero                | Alkutesti                | Lopputesti     | Ero                   |
| P maks (W)             | 1213 $\pm$ 176          | 1269 $\pm$ 224 | 57 $\pm$ 129       | 1077 $\pm$ 187           | 1151 $\pm$ 165 | 74 $\pm$ 107 *        |
| P maks (W/kg)          | 14.8 $\pm$ 2.0          | 15.4 $\pm$ 2.3 | 0.6 $\pm$ 1.3      | 14.6 $\pm$ 1.8           | 15.5 $\pm$ 1.4 | 0.9 $\pm$ 1.5 *       |
| P ka (W)               | 747 $\pm$ 93            | 763 $\pm$ 117  | 16 $\pm$ 54        | 658 $\pm$ 71 §           | 703 $\pm$ 68   | 45 $\pm$ 22 *** ###   |
| P ka (W/kg)            | 9.1 $\pm$ 1.1           | 9.3 $\pm$ 1.3  | 0.1 $\pm$ 0.5      | 9.0 $\pm$ 0.6            | 9.5 $\pm$ 0.5  | 0.5 $\pm$ 0.3 *** ### |
| Kad max (rpm)          | 155 $\pm$ 8             | 157 $\pm$ 10   | 2 $\pm$ 7          | 154 $\pm$ 7              | 157 $\pm$ 5    | 2 $\pm$ 5             |
| Kad ka (rpm)           | 136 $\pm$ 7             | 137 $\pm$ 8    | 0 $\pm$ 5          | 136 $\pm$ 4              | 138 $\pm$ 3    | 2 $\pm$ 2 ** #        |
| P 3vp (W)              | 494 $\pm$ 82            | 495 $\pm$ 78   | 0 $\pm$ 46         | 435 $\pm$ 48             | 456 $\pm$ 47   | 21 $\pm$ 35 *         |
| P 3vp (W/kg)           | 6.1 $\pm$ 1.0           | 6.0 $\pm$ 1.0  | - 0.0 $\pm$ 0.5    | 5.9 $\pm$ 0.7            | 6.2 $\pm$ 0.8  | 0.3 $\pm$ 0.5         |
| Väs.pros (%)           | 59 $\pm$ 4              | 61 $\pm$ 5     | 2 $\pm$ 4          | 59 $\pm$ 7               | 60 $\pm$ 6     | 1 $\pm$ 5             |
| La 1' ennen (mmol/l)   | 5.8 $\pm$ 1.3           | 7.1 $\pm$ 1.3  | 1.4 $\pm$ 1.1 ***  | 5.5 $\pm$ 1.3            | 7.2 $\pm$ 1.7  | 1.7 $\pm$ 1.2 ***     |
| La 1' jälkeen (mmol/l) | 10.6 $\pm$ 1.5          | 12.8 $\pm$ 1.8 | 2.1 $\pm$ 2.1 ** # | 10.7 $\pm$ 2.2           | 12.8 $\pm$ 2.0 | 2.0 $\pm$ 1.6 ***     |
| La muutos (mmol/l)     | 5.0 $\pm$ 1.3           | 5.7 $\pm$ 2.1  | 0.7 $\pm$ 2.0 #    | 5.2 $\pm$ 1.3            | 5.6 $\pm$ 1.0  | 0.4 $\pm$ 1.2         |

| Muuttuja               | Kontrolliryhmä (n = 12) |                |                  |
|------------------------|-------------------------|----------------|------------------|
|                        | Alkutesti               | Lopputesti     | Ero              |
| P maks (W)             | 1198 $\pm$ 137          | 1192 $\pm$ 186 | - 6 $\pm$ 128    |
| P maks (W/kg)          | 15.4 $\pm$ 1.4          | 15.0 $\pm$ 1.6 | - 0.4 $\pm$ 1.5  |
| P ka (W)               | 694 $\pm$ 71            | 696 $\pm$ 91   | 2 $\pm$ 28       |
| P ka (W/kg)            | 8.9 $\pm$ 0.7           | 8.8 $\pm$ 0.8  | - 0.1 $\pm$ 0.3  |
| Kad max (rpm)          | 154 $\pm$ 5             | 153 $\pm$ 6    | - 1 $\pm$ 4      |
| Kad ka (rpm)           | 134 $\pm$ 4             | 134 $\pm$ 4    | - 1 $\pm$ 3      |
| P 3vp (W)              | 437 $\pm$ 64            | 440 $\pm$ 83   | 3 $\pm$ 38       |
| P 3vp (W/kg)           | 5.6 $\pm$ 0.6           | 5.6 $\pm$ 0.8  | - 0.1 $\pm$ 0.5  |
| Väs.pros (%)           | 63 $\pm$ 5              | 62 $\pm$ 9     | - 1 $\pm$ 7      |
| La 1' ennen (mmol/l)   | 6.2 $\pm$ 1.1           | 7.7 $\pm$ 1.6  | 1.5 $\pm$ 1.0 ** |
| La 1' jälkeen (mmol/l) | 11.7 $\pm$ 2.0          | 12.0 $\pm$ 1.8 | 0.3 $\pm$ 1.5    |
| La muutos (mmol/l)     | 5.4 $\pm$ 1.4           | 4.3 $\pm$ 1.3  | - 1.1 $\pm$ 1.8  |

P = teho, maks = maksimiarvo, ka = keskiarvo, Kad = kadenssi, P 3vp = testin kolmen viimeisen polkaisun keskiteho, Väs.pros% = väsymisprosentti testin aikana (viimeisten kolmen polkaisun teho suhteessa maksimiin), La 1' ennen = minuutti ennen testiä mitattu veren laktaattipitoisuus, La 1' jälkeen = minuutti testin jälkeen mitattu veren laktaattipitoisuus, La muutos = testiä ennen ja testin jälkeen mitattujen laktaattien erotus.

\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001, tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

# p < 0.05, ### p < 0.001, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

§ p < 0.05, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

KSR:n testiä ennen mitattu laktaatti (p = 0.001) ja testin jälkeen mitattu laktaatti (p = 0.002) olivat merkitsevästi suurempia kuin alkutesteissä. PVR:n maksimiteho (p = 0.017), kehon painoon suhteutettu maksimiteho (p = 0.027), keskiteho (p < 0.001), kehon painoon suhteutettu keskiteho (p < 0.001), keskikadenssi (p = 0.007), viimeisten kolmen polkaisun teho (p = 0.034), laktaatti ennen testiä (p < 0.001) ja laktaatti testin jälkeen (p < 0.001) olivat lopputesteissä merkitsevästi suurempia kuin alkutesteissä. KOR:n testiä edeltänyt laktaatti (p = 0.003) oli merkitsevästi suurempi lopputesteissä kuin alkutesteissä.

### 7.5.3 4 minuutin testi

UCI-profiilitestin neljän minuutin testin alkumittauksissa KSR:n teho ( $p = 0.003$ ) ja PVR:n kehon painoon suhteutettu teho ( $p = 0.048$ ) olivat merkitsevästi parempia kuin KOR:llä (taulukko 21). Lopputesteissä oli sama tilanne eli KSR:n teho ( $p = 0.005$ ) ja PVR:n kehon painoon suhteutettu teho ( $p = 0.027$ ) olivat merkitsevästi suurempia kuin KOR:llä.

TAULUKKO 21. UCI-profiilitestin neljän minuutin testin tulokset. Taulukossa on mainittu tehon, kadenssin, sykkeen, laktaatin ja poljinvoimamuuttujien arvot. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Muuttuja            | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                        |                         | Pyörävoimaryhmä (n = 14) |                        |                          |
|---------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
|                     | Alkutesti               | Lopputesti             | Ero                     | Alkutesti                | Lopputesti             | Ero                      |
| P ka (W)            | 373 $\pm$ 58 <b>##</b>  | 372 $\pm$ 60 <b>##</b> | - 1 $\pm$ 26            | 333 $\pm$ 34             | 338 $\pm$ 36           | 5 $\pm$ 15               |
| P ka (W/kg)         | 4.6 $\pm$ 0.8           | 4.5 $\pm$ 0.8          | - 0.0 $\pm$ 0.4         | 4.6 $\pm$ 0.7 <b>#</b>   | 4.6 $\pm$ 0.8 <b>#</b> | 0.0 $\pm$ 0.2            |
| Kad ka (rpm)        | 100 $\pm$ 2             | 99 $\pm$ 2             | - 1 $\pm$ 2 <b>*</b>    | 99 $\pm$ 3               | 98 $\pm$ 2             | - 1 $\pm$ 3              |
| Syke ka (krt/min)   | 170 $\pm$ 4             | 172 $\pm$ 7            | 3 $\pm$ 5               | 171 $\pm$ 10             | 173 $\pm$ 10           | 2 $\pm$ 3 <b>**</b>      |
| Syke maks (krt/min) | 183 $\pm$ 5             | 183 $\pm$ 6            | - 0 $\pm$ 5             | 181 $\pm$ 11             | 183 $\pm$ 11           | 2 $\pm$ 4                |
| La maks (mmol/l)    | 16.5 $\pm$ 2.1          | 19.5 $\pm$ 1.6         | 3.0 $\pm$ 1.9 <b>**</b> | 15.6 $\pm$ 2.9           | 18.6 $\pm$ 2.7         | 3.0 $\pm$ 2.0 <b>***</b> |
| VJ% (%)             | 49 $\pm$ 2              | 49 $\pm$ 2             | 0 $\pm$ 0               | 50 $\pm$ 1               | 50 $\pm$ 1             | - 0 $\pm$ 1              |
| OJ% (%)             | 51 $\pm$ 2              | 51 $\pm$ 2             | 0 $\pm$ 0               | 50 $\pm$ 1               | 50 $\pm$ 1             | 0 $\pm$ 1                |
| MJ HV aika (ms)     | 184 $\pm$ 9             | 185 $\pm$ 14           | 1 $\pm$ 10              | 186 $\pm$ 13             | 186 $\pm$ 12           | 0 $\pm$ 8                |
| MJ HV kulma (°)     | 113.7 $\pm$ 5.7         | 112.5 $\pm$ 6.7        | - 1.2 $\pm$ 3.8         | 112.4 $\pm$ 8.0          | 111.4 $\pm$ 8.2        | - 1.0 $\pm$ 4.4          |

| Muuttuja            | Kontrolliryhmä (n = 12) |                  |                         |
|---------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
|                     | Alkutesti               | Lopputesti       | Ero                     |
| P ka (W)            | 312 $\pm$ 43            | 312 $\pm$ 47     | - 0 $\pm$ 14            |
| P ka (W/kg)         | 4.0 $\pm$ 0.6           | 4.0 $\pm$ 0.6    | - 0.1 $\pm$ 0.2         |
| Kad ka (rpm)        | 98 $\pm$ 4              | 98 $\pm$ 4       | - 1 $\pm$ 3             |
| Syke ka (krt/min)   | 165 $\pm$ 7             | 168 $\pm$ 8      | 3 $\pm$ 3               |
| Syke maks (krt/min) | 178 $\pm$ 9             | 181 $\pm$ 8      | 3 $\pm$ 2 <b>**</b>     |
| La maks (mmol/l)    | 16.4 $\pm$ 1.6          | 18.4 $\pm$ 1.6   | 1.9 $\pm$ 1.5 <b>**</b> |
| VJ% (%)             | 50 $\pm$ 1              | 50 $\pm$ 1       | 0 $\pm$ 1               |
| OJ% (%)             | 50 $\pm$ 1              | 50 $\pm$ 1       | - 0 $\pm$ 1             |
| MJ HV aika (ms)     | 181 $\pm$ 12            | 182 $\pm$ 14     | 1 $\pm$ 6               |
| MJ HV kulma (°)     | 110.1 $\pm$ 7.4         | 109.8 $\pm$ 27.7 | - 0.3 $\pm$ 2.9         |

P = teho, ka = keskiarvo, Kad = kadenssi, Syke = sydämen syke, maks = maksimiarvo, La = veren laktaattipitoisuus, VJ% = vasemman jalan prosentuaalinen osuus kokonaistehosta, OJ% = oikean jalan prosentuaalinen osuus kokonaistehosta, MJ = molempien jalkojen keskiarvo, HV aika = aika, joka kuluu poljinkierroksen alkamisesta huippuväännön kohdan saavuttamiseen, HV kulma = kammien kulma, jolla saavutetaan poljinkierroksen huippuväännön kohta.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

#  $p < 0.05$ , ##  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

Alku- ja lopputestien välisessä muutoksessa ei ollut ryhmien välillä eroja mutta ryhmän sisäisissä muutoksissa oli merkitsevyyksiä. KSR:n keskikadenssi ( $p = 0.021$ ) ja maksimilaktaatti ( $p = 0.002$ ); PVR:n keskisyke ( $p = 0.005$ ) ja maksimilaktaatti ( $p < 0.001$ ); sekä KOR:n maksimisyke ( $p = 0.003$ ) ja maksimilaktaatti ( $p = 0.001$ ) olivat lopputesteissä merkitsevästi korkeampia kuin alkutesteissä.

## **7.6 Korrelaatiot eri testien ja muuttujien välillä**

Tutkimuksen tärkeimmistä muuttujista laskettiin korrelaatioita. Alkutestien tuloksia vertailtiin toisiinsa ja tällä selvitettiin mahdollista suorituskyvyn yhteyttä eri testien välillä (taulukko 22). Asiaa tarkasteltiin enemmän yhteisesti kaikkien tutkittavien osalta, vaikka tulokset analysoitiin myös jokaiselle ryhmälle erikseen. Havaittiin, että kehon paino korreloi selkeästi kuuden ja 30 sekunnin testin tehojen kanssa. Myös EKH:llä oli korrelaatiota kuuden sekunnin testin tehon kanssa. Kuuden ja 30 sekunnin tehot olivat lisäksi selkeästi linjassa keskenään. Kuuden sekunnin testi korreloi jotenkin pidempien suoritusten kanssa, mutta etenkin 30 sekunnin testin keskiteholla oli selkeä korrelaatio 30 minuutin keskitehon ja  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa. Lisäksi neljän minuutin keskiteho ja AnK korreloivat hyvin keskenään ja näillä molemmilla oli selkeä yhteys 30 minuutin keskitehon ja  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa.

Myös alku- ja lopputestin välisten muutosten korrelaatioita tarkasteltiin samojen muuttujien osalta (taulukko 23). Tässä suurin huomio keskitettiin tällä kertaa ryhmien väliseen vertailuun mahdollisten harjoitusvaikutusten selvittämiseksi.

KSR:n kehon painon mahdollisella nousulla oli positiivinen vaikutus kuuden sekunnin maksimitehohon ja negatiivinen vaikutus pitkiin testeihin. EKH:lla ja  $VO_2\text{max}$ :llä oli myös yhteyksiä. Kuuden sekunnin keskiteholla ja 30 sekunnin keskiteholla oli korrelaatiota, ja AnK:llä ja 30 minuutin keskiteholla oli myös yhteys. Neljän ja 30 minuutin keskitehot, AnK ja  $VO_2\text{max}$  korreloivat  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa. PVR:n muutoksissa 30 minuutin keskiteho korreloi AnK:n ja  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa. Tämän lisäksi AnK:n ja  $PVO_2\text{max}$ :n välillä oli keskinäistä korrelaatiota. KOR:ssä kehon painon muutoksella oli yhteyttä 30 sekunnin keskitehohon, ja EKH:llä oli yhteys 4 ja 30 minuutin keskitehojen sekä AnK:n kanssa. Kuuden ja 30 sekunnin keskitehot korreloivat myös keskenään. Tämän lisäksi 30 minuutin keskiteho ja AnK korreloivat keskenään ja näillä molemmilla oli yhteys  $PVO_2\text{max}$ :n ja  $VO_2\text{max}$ :n kanssa.

TAULUKKO 22. Alkutestin tärkeimpien muuttujien väliset korrelaatiot kaikkien tutkittavien osalta sekä ryhmittäin.

| <b>KAIKKI</b>         | Paino     | EKH      | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
|-----------------------|-----------|----------|------------|----------|-----------|------------|-------------|----------|-----------------------|---------------------|
| Paino                 | 1         | 0.158    | 0.642***   | 0.674*** | 0.679***  | 0.198      | 0.267       | 0.272    | 0.347*                | -0.546***           |
| EKH                   | 0.158     | 1        | 0.700***   | 0.643*** | 0.501***  | 0.127      | 0.267       | 0.221    | 0.275                 | 0.022               |
| P maks 6 s            | 0.642***  | 0.700*** | 1          | 0.945*** | 0.863***  | 0.390*     | 0.510***    | 0.485**  | 0.566***              | -0.138              |
| P ka 6 s              | 0.674***  | 0.643*** | 0.945***   | 1        | 0.920***  | 0.403**    | 0.531***    | 0.500*** | 0.576***              | -0.110              |
| P ka 30 s             | 0.679***  | 0.501*** | 0.863***   | 0.920*** | 1         | 0.536***   | 0.690***    | 0.660*** | 0.762***              | 0.020               |
| P ka 4 min            | 0.198     | 0.127    | 0.390*     | 0.403**  | 0.536***  | 1          | 0.789***    | 0.784*** | 0.766***              | 0.518***            |
| P ka 30 min           | 0.267     | 0.267    | 0.510***   | 0.531*** | 0.690***  | 0.789***   | 1           | 0.984*** | 0.952***              | 0.523***            |
| P AnK                 | 0.272     | 0.221    | 0.485**    | 0.500*** | 0.660***  | 0.784***   | 0.984***    | 1        | 0.947***              | 0.512***            |
| P VO <sub>2</sub> max | 0.347*    | 0.275    | 0.566***   | 0.576*** | 0.762***  | 0.766***   | 0.952***    | 0.947*** | 1                     | 0.443**             |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.546*** | 0.022    | -0.138     | -0.110   | 0.020     | 0.518***   | 0.523***    | 0.512*** | 0.443**               | 1                   |
| <b>KSR</b>            | Paino     | EKH      | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1         | -0.327   | 0.355      | 0.373    | 0.420     | 0.121      | 0.080       | 0.096    | 0.147                 | -0.588*             |
| EKH                   | -0.327    | 1        | 0.585*     | 0.513    | 0.492     | 0.660*     | 0.626*      | 0.596*   | 0.629*                | 0.679**             |
| P maks 6 s            | 0.355     | 0.585*   | 1          | 0.927*** | 0.905***  | 0.750**    | 0.713**     | 0.689**  | 0.771**               | 0.312               |
| P ka 6 s              | 0.373     | 0.513    | 0.927***   | 1        | 0.921***  | 0.758**    | 0.679**     | 0.666**  | 0.706**               | 0.350               |
| P ka 30 s             | 0.420     | 0.492    | 0.905***   | 0.921*** | 1         | 0.851***   | 0.721**     | 0.704**  | 0.800***              | 0.350               |
| P ka 4 min            | 0.121     | 0.660*   | 0.750**    | 0.758**  | 0.851***  | 1          | 0.928***    | 0.922*** | 0.952***              | 0.625*              |
| P ka 30 min           | 0.080     | 0.626*   | 0.713**    | 0.679**  | 0.721**   | 0.928***   | 1           | 0.997*** | 0.946***              | 0.644*              |
| P AnK                 | 0.096     | 0.596*   | 0.689**    | 0.666**  | 0.704**   | 0.922***   | 0.997***    | 1        | 0.939***              | 0.636*              |
| P VO <sub>2</sub> max | 0.147     | 0.629*   | 0.771**    | 0.706**  | 0.800***  | 0.952***   | 0.946***    | 0.939*** | 1                     | 0.612*              |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.588*   | 0.679**  | 0.312      | 0.350    | 0.350     | 0.625*     | 0.644*      | 0.636*   | 0.612*                | 1                   |
| <b>PVR</b>            | Paino     | EKH      | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1         | 0.400    | 0.718**    | 0.753**  | 0.778***  | -0.040     | 0.237       | 0.266    | 0.327                 | -0.719**            |
| EKH                   | 0.400     | 1        | 0.741**    | 0.681**  | 0.449     | 0.006      | 0.027       | 0.005    | -0.027                | -0.285              |
| P maks 6 s            | 0.718**   | 0.741**  | 1          | 0.952*** | 0.799***  | 0.171      | 0.339       | 0.353    | 0.358                 | -0.326              |
| P ka 6 s              | 0.753**   | 0.681**  | 0.952***   | 1        | 0.925***  | 0.238      | 0.473       | 0.467    | 0.483                 | -0.311              |
| P ka 30 s             | 0.778***  | 0.449    | 0.799***   | 0.925*** | 1         | 0.308      | 0.643**     | 0.631*   | 0.681**               | -0.235              |
| P ka 4 min            | -0.040    | 0.006    | 0.171      | 0.238    | 0.308     | 1          | 0.619*      | 0.642**  | 0.566*                | 0.547*              |
| P ka 30 min           | 0.237     | 0.027    | 0.339      | 0.473    | 0.643**   | 0.619*     | 1           | 0.947*** | 0.914***              | 0.423               |
| P AnK                 | 0.266     | 0.005    | 0.353      | 0.467    | 0.631*    | 0.642**    | 0.947***    | 1        | 0.950***              | 0.396               |
| P VO <sub>2</sub> max | 0.327     | -0.027   | 0.358      | 0.483    | 0.681**   | 0.566*     | 0.914***    | 0.950*** | 1                     | 0.356               |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.719**  | -0.285   | -0.326     | -0.311   | -0.235    | 0.547*     | 0.423       | 0.396    | 0.356                 | 1                   |
| <b>KOR</b>            | Paino     | EKH      | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1         | 0.422    | 0.689*     | 0.772**  | 0.703*    | 0.064      | 0.396       | 0.428    | 0.459                 | -0.663*             |
| EKH                   | 0.422     | 1        | 0.827***   | 0.799**  | 0.785**   | -0.120     | 0.681*      | 0.638*   | 0.594*                | 0.165               |
| P maks 6 s            | 0.689*    | 0.827*** | 1          | 0.929*** | 0.902***  | 0.106      | 0.786**     | 0.799**  | 0.763**               | -0.256              |
| P ka 6 s              | 0.772**   | 0.799**  | 0.929***   | 1        | 0.936***  | -0.109     | 0.664*      | 0.649*   | 0.656*                | -0.315              |
| P ka 30 s             | 0.703*    | 0.785**  | 0.902***   | 0.936*** | 1         | -0.194     | 0.776**     | 0.746**  | 0.811**               | -0.247              |
| P ka 4 min            | 0.064     | -0.120   | 0.106      | -0.109   | -0.194    | 1          | 0.194       | 0.164    | 0.108                 | 0.024               |
| P ka 30 min           | 0.396     | 0.681*   | 0.786**    | 0.664*   | 0.776**   | 0.194      | 1           | 0.969*** | 0.961***              | 0.082               |
| P AnK                 | 0.428     | 0.638*   | 0.799**    | 0.649*   | 0.746**   | 0.164      | 0.969***    | 1        | 0.930***              | -0.014              |
| P VO <sub>2</sub> max | 0.459     | 0.594*   | 0.763**    | 0.656*   | 0.811**   | 0.108      | 0.961***    | 0.930*** | 1                     | -0.087              |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.663*   | 0.165    | -0.256     | -0.315   | -0.247    | 0.024      | 0.082       | -0.014   | -0.087                | 1                   |

KAIKKI = kaikki tutkittavat, KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, Paino = tutkittavan kehonpaino, EKH = esikevennetty hyppy, P maks 6 s = kuuden sekunnin testin maksimiteho, P ka 6 s = kuuden sekunnin testin keskiteho, P ka 30 s = 30 sekunnin testin keskiteho, P ka 4 min = neljän minuutin testin keskiteho, P ka 30 min = 30 minuutin aika-ajon keskiteho, P AnK = anaerobisen kynnnyksen teho, P VO<sub>2</sub>max = VO<sub>2</sub>max-testin maksimiteho, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottoaika (ml/kg/min).

\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001, muuttujien välillä tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.



TAULUKKO 23. Alku- ja lopputestin välisten tärkeimpien muutosten korrelaatiot kaikkien tutkittavien osalta sekä ryhmittäin.

| <b>KAIKKI</b>         | Paino   | EKH     | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
|-----------------------|---------|---------|------------|----------|-----------|------------|-------------|----------|-----------------------|---------------------|
| Paino                 | 1       | -0.092  | 0.168      | 0.343*   | 0.437**   | -0.247     | -0.114      | -0.008   | -0.135                | -0.327*             |
| EKH                   | -0.092  | 1       | 0.090      | 0.242    | 0.151     | 0.106      | 0.275       | 0.191    | 0.367*                | 0.368*              |
| P maks 6 s            | 0.168   | 0.090   | 1          | 0.532*** | 0.397*    | -0.097     | 0.180       | 0.170    | 0.157                 | -0.024              |
| P ka 6 s              | 0.343*  | 0.242   | 0.532***   | 1        | 0.709***  | 0.045      | 0.237       | 0.162    | 0.204                 | -0.003              |
| P ka 30 s             | 0.437** | 0.151   | 0.397*     | 0.709*** | 1         | 0.240      | 0.327*      | 0.291    | 0.376*                | 0.097               |
| P ka 4 min            | -0.247  | 0.106   | -0.097     | 0.045    | 0.240     | 1          | 0.231       | 0.230    | 0.503***              | 0.261               |
| P ka 30 min           | -0.114  | 0.275   | 0.180      | 0.237    | 0.327*    | 0.231      | 1           | 0.873*** | 0.752***              | 0.553***            |
| P AnK                 | -0.008  | 0.191   | 0.170      | 0.162    | 0.291     | 0.230      | 0.873***    | 1        | 0.708***              | 0.412**             |
| P VO <sub>2</sub> max | -0.135  | 0.367*  | 0.157      | 0.204    | 0.376*    | 0.503***   | 0.752***    | 0.708*** | 1                     | 0.593***            |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.327* | 0.368*  | -0.024     | -0.003   | 0.097     | 0.261      | 0.553***    | 0.412**  | 0.593***              | 1                   |
| <b>KSR</b>            | Paino   | EKH     | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1       | -0.130  | 0.576*     | 0.165    | 0.274     | -0.483     | -0.536*     | -0.422   | -0.535*               | -0.620*             |
| EKH                   | -0.130  | 1       | -0.356     | 0.129    | 0.277     | 0.308      | 0.276       | 0.087    | 0.540*                | 0.493               |
| P maks 6 s            | 0.576*  | -0.356  | 1          | 0.391    | 0.498     | -0.202     | -0.128      | -0.211   | -0.187                | -0.267              |
| P ka 6 s              | 0.165   | 0.129   | 0.391      | 1        | 0.790***  | -0.155     | -0.120      | -0.201   | 0.061                 | -0.139              |
| P ka 30 s             | 0.274   | 0.277   | 0.498      | 0.790*** | 1         | 0.190      | 0.204       | 0.181    | 0.365                 | -0.032              |
| P ka 4 min            | -0.483  | 0.308   | -0.202     | -0.155   | 0.190     | 1          | 0.480       | 0.414    | 0.787***              | 0.531               |
| P ka 30 min           | -0.536* | 0.276   | -0.128     | -0.120   | 0.204     | 0.480      | 1           | 0.880*** | 0.764**               | 0.648*              |
| P AnK                 | -0.422  | 0.087   | -0.211     | -0.201   | 0.181     | 0.414      | 0.880***    | 1        | 0.643*                | 0.323               |
| P VO <sub>2</sub> max | -0.535* | 0.540*  | -0.187     | 0.061    | 0.365     | 0.787***   | 0.764**     | 0.643*   | 1                     | 0.658*              |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.620* | 0.493   | -0.267     | -0.139   | -0.032    | 0.531      | 0.648*      | 0.323    | 0.658*                | 1                   |
| <b>PVR</b>            | Paino   | EKH     | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1       | -0.026  | -0.061     | 0.092    | -0.055    | -0.337     | -0.094      | -0.184   | -0.042                | -0.137              |
| EKH                   | -0.026  | 1       | 0.223      | 0.198    | -0.443    | 0.196      | -0.360      | -0.308   | -0.257                | -0.100              |
| P maks 6 s            | -0.061  | 0.223   | 1          | 0.550*   | -0.044    | -0.051     | -0.045      | 0.215    | 0.302                 | 0.188               |
| P ka 6 s              | 0.092   | 0.198   | 0.550*     | 1        | 0.359     | 0.212      | 0.261       | 0.454    | 0.138                 | -0.009              |
| P ka 30 s             | -0.055  | -0.443  | -0.044     | 0.359    | 1         | -0.035     | 0.152       | 0.340    | -0.001                | 0.086               |
| P ka 4 min            | -0.337  | 0.196   | -0.051     | 0.212    | -0.035    | 1          | 0.085       | 0.249    | 0.199                 | -0.473              |
| P ka 30 min           | -0.094  | -0.360  | -0.045     | 0.261    | 0.152     | 0.085      | 1           | 0.883*** | 0.642**               | 0.243               |
| P AnK                 | -0.184  | -0.308  | 0.215      | 0.454    | 0.340     | 0.249      | 0.883***    | 1        | 0.701**               | 0.196               |
| P VO <sub>2</sub> max | -0.042  | -0.257  | 0.302      | 0.138    | -0.001    | 0.199      | 0.642**     | 0.701**  | 1                     | 0.217               |
| VO <sub>2</sub> max   | -0.137  | -0.100  | 0.188      | -0.009   | 0.086     | -0.473     | 0.243       | 0.196    | 0.217                 | 1                   |
| <b>KOR</b>            | Paino   | EKH     | P maks 6 s | P ka 6 s | P ka 30 s | P ka 4 min | P ka 30 min | P AnK    | P VO <sub>2</sub> max | VO <sub>2</sub> max |
| Paino                 | 1       | 0.199   | 0.049      | 0.388    | 0.649*    | 0.458      | 0.361       | 0.405    | 0.466                 | 0.324               |
| EKH                   | 0.199   | 1       | 0.503      | 0.374    | 0.243     | -0.669*    | 0.680*      | 0.687*   | 0.558                 | 0.534               |
| P maks 6 s            | 0.049   | 0.503   | 1          | 0.200    | 0.182     | -0.367     | 0.622*      | 0.679*   | 0.284                 | 0.287               |
| P ka 6 s              | 0.388   | 0.374   | 0.200      | 1        | 0.782**   | 0.285      | 0.517       | 0.536    | 0.279                 | 0.236               |
| P ka 30 s             | 0.649*  | 0.243   | 0.182      | 0.782**  | 1         | 0.564      | 0.392       | 0.541    | 0.410                 | 0.400               |
| P ka 4 min            | 0.458   | -0.669* | -0.367     | 0.285    | 0.564     | 1          | -0.246      | -0.130   | -0.039                | -0.089              |
| P ka 30 min           | 0.361   | 0.680*  | 0.622*     | 0.517    | 0.392     | -0.246     | 1           | 0.926*** | 0.760**               | 0.623*              |
| P AnK                 | 0.405   | 0.687*  | 0.679*     | 0.536    | 0.541     | -0.130     | 0.926***    | 1        | 0.836***              | 0.586*              |
| P VO <sub>2</sub> max | 0.466   | 0.558   | 0.284      | 0.279    | 0.410     | -0.039     | 0.760**     | 0.836*** | 1                     | 0.330               |
| VO <sub>2</sub> max   | 0.324   | 0.534   | 0.287      | 0.236    | 0.400     | -0.089     | 0.623*      | 0.586*   | 0.330                 | 1                   |

KAIKKI = kaikki tutkittavat, KSR = kuntosaliryhmä, PVR = pyörävoimaryhmä, KOR = kontrolliryhmä, Paino = tutkittavan kehonpaino, EKH = esikevennetty hyppy, P maks 6 s = kuuden sekunnin testin maksimiteho, P ka 6 s = kuuden sekunnin testin keskiteho, P ka 30 s = 30 sekunnin testin keskiteho, P ka 4 min = neljän minuutin testin keskiteho, P ka 30 min = 30 minuutin aika-ajon keskiteho, P AnK = anaerobisen kynnyksen teho, P VO<sub>2</sub>max = VO<sub>2</sub>max-testin maksimiteho, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky (ml/kg/min).

\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001, muuttujien välillä tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

## 7.7 Harjoittelujakso

Kaikki analyysieihin mukaan otetut PVR:n ja KSR:n tutkittavat tekivät vähintään 16 ohjattua voimaharjoitusta. PVR teki keskimäärin  $19.2 \pm 1.0$  pyörävoimatreeniä ja KSR  $18.4 \pm 1.5$  kuntosalitreenejä. KSR:n ohjattujen voimaharjoitusten seurannan perusteella treeniviikko 2 oli kovin kolmesta seurantaviikosta (taulukko 24). Laktaattitasot olivat lähes kaksinkertaiset muihin viikkoihin verrattuna. Laktaattitasot nousivat treeniviikolla 2 noin AnK:n paikkeille ja viikoilla 6 ja 9 vähän AerK:n yläpuolelle. Takakyky oli viikkoa 2 lukuun ottamatta kuormittavin liike ja polvenojennus kevyin liike. Viikot 6 ja 9 olivat kuormittavuudeltaan keskenään melko vastaavia viikkoja.

TAULUKKO 24. Kuntosalitreeneistä otettuja treeninäytteitä (n = 3). Tulokset on ilmaistu keskiarvoina.

| Viikko / treeni | Muuttuja            | 3. Takakyky | 3. Jalkaprässi | 3. Polvenojennus | Harjoitus KA | Harjoitus %VO <sub>2</sub> max |
|-----------------|---------------------|-------------|----------------|------------------|--------------|--------------------------------|
| 2/2             | La (mmol/l)         | 4.1         | 4.4            | 3.9              | 4.1          | 35                             |
|                 | Syke maks (krt/min) | 124         | 136            | 106              | 122          | 67                             |
|                 | RPE                 | 14          | 15             | 12               | 14           | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -           | -              | -                | 91           | 50                             |
|                 | Kuorma (kg)         | 88          | 118            | 98               | -            | -                              |
| 6/2             | La (mmol/l)         | 2.6         | 2.2            | 1.5              | 2.1          | 19                             |
|                 | Syke maks (krt/min) | 137         | 125            | 110              | 124          | 66                             |
|                 | RPE                 | 13          | 12             | 11               | 12           | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -           | -              | -                | 93           | 50                             |
|                 | Kuorma (kg)         | 115         | 144            | 125              | -            | -                              |
| 9/2             | La (mmol/l)         | 2.8         | 2.3            | 1.4              | 2.2          | 19                             |
|                 | Syke maks (krt/min) | 142         | 136            | 115              | 131          | 70                             |
|                 | RPE                 | 13          | 13             | 11               | 12           | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -           | -              | -                | 89           | 47                             |
|                 | Kuorma (kg)         | 124         | 156            | 137              | -            | -                              |

La = veren laktaattipitoisuus 1' sarjan loppumisen jälkeen, Syke maks = sarjan maksimisyke, Syke ka = koko harjoituksen keskisyke, Kuorma = viimeisen sarjan painot, Harjoitus KA = koko harjoituksen keskiarvo, Harjoitus %VO<sub>2</sub>max = arvot suhteessa VO<sub>2</sub>max-testin maksimiarvoihin.

PVR:n harjoitusseurannan perusteella treeniviikko 2 oli kuormittavin kolmesta seuranta viikosta (taulukko 25). Laktaattitasot olivat tällä viikolla keskimäärin lähes samalla tasolla kuin VO<sub>2</sub>max-testin lopussa. Muiden viikkojen laktaattitasot olivat selkeästi matalammat, eikä viikkojen 6 ja 9 välillä ollut suuria eroja. Sykkeet ja RPE olivat myös korkeampia viikolla 2 kuin muilla viikoilla. Viikoilla 2 ja 6 kuormittavuus kasvoi jokaisella vetosarjalla, mutta viikolla 9 kuormitus oli hieman kevyempi viimeisessä vetosarjassa. KSR:n harjoitteluun (taulukko 24) verrattuna PVR:n 2. treeniviikon maksimisyke (p = 0.036) ja keskisyke (p = 0.001) olivat merkitsevästi korkeammat.

TAULUKKO 25. Pyörävoimatreeneistä otettuja treeninäytteitä (n = 3). Tulokset on ilmaistu keskiarvoina.

| Viikko / treeni | Muuttuja            | 3. voimaveto | 6. voimaveto | 9. voimaveto | Harjoitus KA   | Harjoitus %VO <sub>2</sub> max |
|-----------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------------------------|
| 2/2             | La (mmol/l)         | 9.1          | 10.9         | 12.1         | 10.7           | 100                            |
|                 | Syke maks (krt/min) | 156          | 157          | 163          | 158 <b>S</b>   | 88                             |
|                 | RPE                 | 15           | 16           | 18           | 16             | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -            | -            | -            | 120 <b>SSS</b> | 67                             |
|                 | P ka (W)            | 841          | 813          | 848          | 834            | 264                            |
|                 | Kad ka (rpm)        | 71           | 70           | 71           | 71             | -                              |
|                 | F maks (N)          | 1146         | 1114         | 1121         | 1127           | -                              |
|                 | MJ HV aika ka (ms)  | 237          | 240          | 232          | 236            | -                              |
|                 | MJ HV kulma ka (°)  | 102.8        | 103.0        | 101.5        | 102.4          | -                              |
| 6/2             | La (mmol/l)         | 6.5          | 7.2          | 9.0          | 7.6            | 69                             |
|                 | Syke maks (krt/min) | 144          | 145          | 153          | 147            | 83                             |
|                 | RPE                 | 13           | 14           | 16           | 14             | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -            | -            | -            | 112            | 63                             |
|                 | P ka (W)            | 1012         | 1052         | 1169         | 1078           | 339                            |
|                 | Kad ka (rpm)        | 78           | 80           | 86           | 81             | -                              |
|                 | F maks (N)          | 1214         | 1204         | 1252         | 1223           | -                              |
|                 | MJ HV aika ka (ms)  | 268          | 262          | 247          | 259            | -                              |
|                 | MJ HV kulma ka (°)  | 128.5        | 127.2        | 127.5        | 127.7          | -                              |
| 9/2             | La (mmol/l)         | 7.0          | 8.6          | 8.0          | 7.9            | 73                             |
|                 | Syke maks (krt/min) | 145          | 153          | 147          | 148            | 83                             |
|                 | RPE                 | 15           | 17           | 16           | 16             | -                              |
|                 | Syke ka (krt/min)   | -            | -            | -            | 113            | 63                             |
|                 | P ka (W)            | 1032         | 1143         | 1181         | 1119           | 353                            |
|                 | Kad ka (rpm)        | 79           | 84           | 86           | 83             | -                              |
|                 | F maks (N)          | 1220         | 1249         | 1239         | 1236           | -                              |
|                 | MJ HV aika ka (ms)  | 268          | 252          | 247          | 256            | -                              |
|                 | MJ HV kulma ka (°)  | 128.2        | 128.3        | 129.2        | 128.6          | -                              |

La = veren laktaattipitoisuus 1' sarjan jälkeen, Syke maks = sarjan maksimisyke, Syke ka = koko harjoituksen keskiyke, P ka = voimavedon keskiteho, Kad ka = voimavedon keskikadenssi, F maks = voimavedon maksimivoima, MJ HV aika ka = molempien jalkojen keskiarvoistettu huippuväänön saavuttamiseen kulunut aika, MJ HV kulma ka = molempien jalkojen keskiarvoistettu huippuväänön kulma, Harjoitus%VO<sub>2</sub>max = arvot suhteessa VO<sub>2</sub>max-testin maksimiarvoihin.

**S** p < 0.05, **SSS** p < 0.001, poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmän vastaavasta harjoitusseurannasta.

Kaikki tutkittavat pitivät tutkimusta edeltävästä sekä tutkimuksen aikaisesta harjoittelustaan harjoituspäiväkirjaa, johon merkattiin kaikki harjoitukset. Harjoittelua pystyttiin näin analysoidaan (taulukko 26). Tutkimusta edeltävän seurantajakson aikana KSR teki merkitsevästi enemmän voimaharjoittelua kuin PVR (p = 0.005) ja KOR (p = 0.003). Kestävyysharjoittelussa ja kokonaisharjoittelumäärissä ei ollut eroja. Tutkimuksen intervention aikana KSR (p < 0.001) ja PVR (p < 0.001) tekivät merkitsevästi enemmän voimaharjoittelua kuin KOR. Kestävyysharjoittelussa, kokonaisharjoittelumäärässä ja tutkimuksen aloitusviikossa ei ollut ryhmien välisiä eroja.

Tutkimusta edeltävän jakson ja interventiojakson välisessä muutoksessa oli joitain merkitseviä eroja. Sekä KSR:n ( $p = 0.012$ ) että PVR:n ( $p < 0.001$ ) muutokset voimaharjoittelun määrässä poikkesivat merkitsevästi KOR:stä. Lisäksi PVR ( $p = 0.002$ ) ja KSR ( $p = 0.003$ ) kasvattivat voimaharjoittelunsa määrää merkitsevästi tutkimusta edeltävään jaksoon verrattuna ja vastaavasti PVR:n ( $p = 0.019$ ) kestävyysharjoittelun määrä laski.

TAULUKKO 26. Tutkimusta edeltävä ja tutkimuksen aikainen harjoittelumäärä tunteina viikossa. Harjoittelu on jaettu voimaharjoitteluun ja kestävyysharjoitteluun. Lisäksi on esitetty keskimääräinen ohjatun tai omatoimisen harjoittelun aloittamisviikko. Tulokset on ilmaistu muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

| Harjoittelu        | Kuntosaliryhmä (n = 14) |                          |                           | Pyörävoimaryhmä (n = 15) |                          |                             |
|--------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                    | Edeltävä                | Interventio              | Muutos                    | Edeltävä                 | Interventio              | Muutos                      |
| Voima /vk (h)      | 0.7 $\pm$ 0.6 <b>##</b> | 2.0 $\pm$ 0.3 <b>###</b> | 1.3 $\pm$ 0.5 <b>** #</b> | 0.1 $\pm$ 0.2 <b>##</b>  | 1.9 $\pm$ 0.1 <b>###</b> | 1.8 $\pm$ 0.3 <b>** ###</b> |
| Kestävyys / vk (h) | 6.4 $\pm$ 3.1           | 6.4 $\pm$ 4.0            | 0.1 $\pm$ 4.1             | 8.0 $\pm$ 3.6            | 5.5 $\pm$ 3.3            | - 2.5 $\pm$ 3.2 *           |
| Yhteensä / vk (h)  | 7.0 $\pm$ 2.9           | 8.4 $\pm$ 4.1            | 1.4 $\pm$ 4.0             | 8.1 $\pm$ 3.5            | 7.4 $\pm$ 3.3            | - 0.7 $\pm$ 3.2             |
| Aloitusviikko (vk) | -                       | 38.6 $\pm$ 2.7           | -                         | -                        | 36.8 $\pm$ 3.1           | -                           |

| Harjoittelu        | Kontrolliryhmä (n = 12) |                |                 |
|--------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
|                    | Edeltävä                | Interventio    | Muutos          |
| Voima /vk (h)      | 0.1 $\pm$ 0.3           | 0.2 $\pm$ 0.3  | 0.1 $\pm$ 0.3   |
| Kestävyys / vk (h) | 6.9 $\pm$ 4.4           | 5.1 $\pm$ 2.2  | - 1.8 $\pm$ 3.3 |
| Yhteensä / vk (h)  | 7.0 $\pm$ 4.6           | 5.3 $\pm$ 2.3  | - 1.7 $\pm$ 3.5 |
| Aloitusviikko (vk) | -                       | 36.4 $\pm$ 3.2 | -               |

Edeltävä = tutkimusta edeltävien viikkojen keskimääräinen harjoittelu tunteina viikossa, Interventio = tutkimuksen aikaisen 10 viikon jakson keskimääräinen harjoittelu tunteina viikossa, Aloitusviikko = keskimääräinen aloitusviikko (kalenteriviikko), jolloin tutkittava aloitti tutkimusjakson ohjatun tai omatoimisen harjoittelun.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja lopputestin välillä.

**##**  $p < 0.01$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kuntosaliryhmästä.

**#**  $p < 0.05$ , **##**  $p < 0.01$ , **###**  $p < 0.001$ , poikkeaa tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä.

## 8 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään pyörävoimaharjoittelun hyödyllisyyttä pyöräilijöiden lajiharjoittelun ja pyöräily suorituskyvyn tehostamisessa. PVR:n tutkittavat kehittyivät merkitsevästi etenkin AnK:n tehossa, PVO<sub>2</sub>max:ssa, 30 minuutin aika-ajon keskitehossa, sekä kuuden ja 30 sekunnin testien keski- ja maksimitehoissa. Lähes kaikkien tehomuuttujien osalta tapahtui tilastollisesti merkitsevää kehitystä. KSR puolestaan kehittyi pyöräily suorituskyvyn osalta merkitsevästi kuuden sekunnin testin keski- sekä maksimitehossa ja tämän lisäksi 30 minuutin testin poljinkierroksen huippuväännön kulma pieneni. Myös KOR:n kuuden sekunnin testin tehot kasvoivat, mutta PVR kehittyi tässä merkitsevästi paremmin. Tämän lisäksi PVR:n ja KOR:n välistä tilastollisesti merkitsevää eroa havaittiin 30 sekunnin testin keskitehossa. KSR:n ja PVR:n välillä ei havaittu merkitseviä eroja, vaikka pyörävoimaryhmällä tapahtui selkeästi parempaa kehitystä useammassa testissä.

Antropometrisissa mittauksissa PVR:n ja KSR:n vastus lateralis -lihakset näyttivät kasvaneen hieman paksuutta voimaharjoittelun seurauksena. AerK:ssä ja pyöräilyn taloudellisuudessa ei havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä. Pyöräilykadenssi laski useassa testissä ja syke sekä laktaatti nousivat. Etenkin PVR:llä tapahtui selkeää laktaattitasojen nousua, mikä mahdollisesti heijasti anaerobisen kapasiteetin kehittymistä. Tutkimuksen päätuloksena oli PVR:n merkittävin kehittyminen useissa erilaisissa pyöräily suorituskykyä mittaavissa testeissä.

### 8.1 Pitkäkestoinen pyöräily suorituskyky

*Aerobinen kynnyks.* Alkutesteissä AerK:n absoluuttisessa tehossa oli joitain eroavaisuuksia ryhmien välillä. Tämä aiheutui todennäköisesti kehon painon eroista, koska ryhmien väliset erot pienenivät, kun teho suhteutettiin kehon painoon. Ryhmillä AerK:n hapenkulutus oli keskimäärin 68.7–70.0 %VO<sub>2</sub>max ja veren laktaattipitoisuus 1.6–1.7 mmol/l. Ryhmien sisäisissä tai välisissä muutoksissa ei ollut merkitseviä eroja alku- ja lopputestien välillä. Ainoastaan PVR:n veren laktaattipitoisuus nousi merkitsevästi alkutesteistä lopputesteihin.

Tehon muutokset olivat hyvin pieniä. KSR:n absoluuttinen teho nousi hieman, mutta ei merkitsevästi. PVR:llä teho pysyi lähes samana ja KOR:llä se hieman laski. Suhteellisissa tehoissa ei ollut juuri muutoksia. Rønnestadin ym. (2010a) tutkimuksessa pyöräilyteho parani 2 mmol/l -laktaattitasolla noin 4 %. Monissa muissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan havaittu muutoksia AerK:n tehossa. AerK:n kehittyminen on siis mahdollista, mutta ei yleistä voimaharjoittelun seurauksena. Voi olla toki niin, että kaikissa tutkimuksissa ei ole edes mitattu AerK:ä, joten tulokset ovat saattaneet jäädä piiloon. Voimaharjoittelun hyödyt eivät välttämättä näy kovin tehokkaasti AerK:n tehoilla, koska tehovaatimukset ovat niin pienet. AerK:n teho ei todennäköisesti jää kiinni jalkojen voimatasoista. Maksimivoimaharjoittelu hyödyttää ehkä sitä enemmän, mitä suuremmalla teholla ajetaan, vaikka suhteellisten voimatasojen muutos voi vaikuttaa myös pienemmällä teholla.

AerK kuvastaa melko hyvin peruskestävyysharjoittelun työmäärää, sillä se asettaa peruskestävyydelle ylärajan. Koska pyöräilyharjoittelu koostuu normaalisti suurimmaksi osaksi peruskestävyysharjoittelusta, tämän tutkimuksen ajanjakso oli ehkä liian lyhyt aikaansaamaan muutoksia peruskestävyydessä. Tähän vaadittaisiin pidempi harjoittelujakso. Lisäksi AerK:n kehittymättömyyteen on voinut vaikuttaa se, että tutkimus suoritettiin loppuvuodesta. Esimerkiksi KOR:n harjoittelumäärät pienenevät hieman loppuvuoden aikana ja samalla heidän AerK-tasonsa heikkeni. KSR taas pystyi aavistuksen parantamaan tulostaan samalla, kun heidän kokonaisharjoitusmääränsä jopa hiukan nousivat. Nämä eivät ole merkitseviä eroja, mutta on hyvä huomioida, että pienilläkin harjoittelumuutoksilla saattaa olla vaikutusta kestävyys suorituskykyyn.

*Anaerobinen kynnyks.* Alkutesteissä AnK:n absoluuttisessa tehossa havaittiin AerK:n tapaan joitain eroja ryhmien välillä. Erot olivat kuitenkin suurempia kuin AerK:llä. Tähän vaikutti ilmeisesti muitakin tekijöitä kuin kehon paino, sillä KOR oli selkeästi heikoin myös kehon painoon suhteutetun tehon osalta. Vaikka ryhmät pyrittiin jakamaan tasaisiksi, muut ryhmät saattoivat lopulta sisältää enemmän sellaisia pyöräilijöitä, joilla oli kokemusta kovatehoisesta harjoittelusta ja kilpailemisesta.

AnK:n keskimääräinen veren laktaattipitoisuus (3.7–4.3 mmol/l) oli hyvin lähellä monissa tutkimuksissa käytettyä 4 mmol/l OBLA-laktaattikynnystä (esimerkiksi Rønnestad ym. 2016). Jokaisella ryhmällä oli laktaatissa merkitsevä muutos, mutta PVR:llä muutos oli suurin. Voi olla, että PVR:n laktaatin nousuun vaikutti se, että pyörävoimaharjoittelua tehtiin melko

kovalla intensiteetillä (keskimääräinen laktaatti noin 7.6–10.7 mmol/l). Myös PVR:n syke nousi merkitsevästi alkutesteistä, joten elimistön kokonaiskuormitus oli suurempi.

Monissa aiemmissa YVK-tutkimuksissa on havaittu, että maksimivoimaharjoittelulla voidaan kehittää AnK:n absoluuttista tehoa noin 2.4–4.0 % (Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2016; Rønnestad ym. 2017). Tällä kertaa ainoastaan PVR:n muutos oli merkitsevä, vaikka KSR:n muutos oli hieman suurempi. Muutokset olivat voimaryhmillä noin 2.7–2.8 %. PVR:n osalta kehitystä selittää osaltaan suurempi haponsietokyky, joka havaittiin laktaattimittauksissa. KSR:n tehon muutos jäi tilastollisesti merkityksettömäksi suuren hajonnan takia ja sama ilmiö havaittiin useissa muissakin testeissä. Yksilötasolla tarkasteltuna kehitystä tuli kuitenkin muutamalla tutkittavalla melko hyvin kuntosaliharjoittelun avulla. Tästä voidaan päätellä, että kuntosaliharjoittelulla on mahdollista kehittää AnK:tä, mutta tulokset ovat yksilöllisiä.

Lisäksi tässä pitää huomioida samoin kuin AerK:n kohdalla, että tutkimus meni osittain päällekkäin kilpailukauden kanssa, joten alkutesteissä tutkittavat saattoivat olla luontaisesti paremmassa kunnossa kuin lopputesteissä. KSR myös aloitti harjoittelun keskimäärin noin kaksi viikkoa myöhemmin kuin muut ryhmät ja lajiharjoittelun toteuttaminen ei ollut kelien takia aivan yhtä helppoa. Tällä voi olla vaikutusta siihen, että nyt ei saatu näkyviin merkitsevää muutosta KSR:n AnK:ssä. Voisi kuvitella, että voimaharjoittelun vaikutus näkyisi AerK:ä helpommin juuri AnK:ssä, sillä polkemiseen vaadittu voimataso on jo selkeästi korkeampi.

*VO<sub>2</sub>max*. VO<sub>2</sub>max-testin maksimiarvojen kohdalla ryhmien väliset erot olivat samantyyppiset kuin AerK:n ja AnK:n kohdalla. KSR:llä oli alkutesteissä paras absoluuttinen PVO<sub>2</sub>max ja PVR:llä paras suhteellinen PVO<sub>2</sub>max. KOR suoriutui näistä heikoiten. Lopputesteissä absoluuttinen PVO<sub>2</sub>max kasvoi KSR:llä 1.3 %, mutta muutos ei ollut merkitsevä suuren keskihajonnan takia, koska osa tutkittavista sai lopputesteissä huomattavasti heikompia arvoja kuin alkutesteissä. PVR:n teho sen sijaan kasvoi merkitsevästi 2.3 %. Aiemmissä tutkimuksissa PVO<sub>2</sub>max on noussut YVK-harjoittelulla keskimäärin 1.5–7 % (Psilander ym. 2015; Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2015; Sunde ym. 2010), mutta on myös tutkimuksia, joissa ei ole havaittu kehitystä PVO<sub>2</sub>max:ssa (Rønnestad ym. 2017; Vikmøen ym. 2016).

PVR:n ohjattujen harjoitusten kuormittavuus oli lähellä PVO<sub>2</sub>max-tason ja AnK:n laktaatteja, mikä osaltaan edesauttoi PVO<sub>2</sub>max:n kehittymistä. Muuten olisi ollut yllättävää, että PVR:n PVO<sub>2</sub>max ylipäänsä kehittyi. Mahdollisen kilpailukauden jälkeen kovia harjoituksia ei tullut kovin montaa, joten oli yllättävää, että monet pystyivät tulostaan silti parantamaan. KSR:llä näkyi ehkä mahdollinen kovien harjoitusten puute. Heidän ohjattujen harjoitusten laktaattitasot olivat noin AerK:n ja AnK:n välillä, joten heiltä puuttui ohjatusta harjoittelusta kovempitehoinen kuormitus. KOR:llä taas oli jopa itsestään selvää, että PVO<sub>2</sub>max ei kehittynyt.

VO<sub>2</sub>max pieneni noin 1–2 % jokaisella ryhmällä, mutta muutokset eivät olleet merkitseviä. Yleisesti ottaen YVK-harjoittelulla ei ole saavutettu kovin suuria muutoksia VO<sub>2</sub>max-arvoihin. Joissain YVK-tutkimuksissa VO<sub>2</sub>max on kasvanut noin 3 %, mutta samaan aikaan pelkällä kestävyysharjoittelulla on saavutettu 4–6 % kehitys (Psilander ym. 2015; Rønnestad ym. 2010a). Toisissa tutkimuksissa ei ole tapahtunut muutosta (Rønnestad ym. 2015; Sunde ym. 2010). VO<sub>2</sub>max:n kehittäminen vaatisi mahdollisesti myös ohjattuja kovatehoisia kestävyysharjoituksia maksimikestävyysalueella. On vaikea ajatella, että voimaharjoittelu itsessään kehittäisi VO<sub>2</sub>max:ä, jos varsinainen kestävyysharjoittelu on liian kevyttä. Voisi kuvitella, että kehitystä tapahtuisi, jos kestävyysharjoittelussa harjoitetaan kaikkia tehoalueita.

Koska PVR:n PVO<sub>2</sub>max kasvoi ja samalla VO<sub>2</sub>max laski, niin mitatun ja teoreettisen VO<sub>2</sub>max:n välinen suhde pieneni merkitsevästi noin 2 %. PVR pystyi siis työskentelemään pidempään vähemmällä hapella. Se oli teoriassa taloudellisempaa, mutta saattoi johtua myös siitä, että PVR jaksoi jatkaa polkemista pidempään, vaikka VO<sub>2</sub>max oli jo saavutettu. Näin ollen itse taloudellisuus ei välttämättä ollut sen parempi. Tähän liittyen maksimilaktaattitasot nousivat merkitsevästi KSR:llä ja PVR:llä. Etenkin PVR:n muutos oli iso (2.0 mmol/l). Tämä ja vähäisempi hapenkulutus selittynevät anaerobisen energiantuotannon paremmalla hyödyntämisellä. Lisäksi tutkittavat pystyivät saamaan itsestään mahdollisesti enemmän irti. Yksi vaikuttava tekijä saattoi olla kokemus testistä ja tieto aiemmasta testituloksesta. Tällöin lopputestiin saattoi olla parempi asenne, vaikka tutkittavia kannustettiin aina tekemään parhaansa.

*30 minuutin aika-ajo.* 30 minuutin aika-ajotestin alkutesteissä KSR:n absoluuttinen keskiteho oli parempi kuin muilla ryhmillä ja vastaavasti PVR:n kehon painoon suhteutettu keskiteho oli paras. PVR pystyi nostamaan lopputesteissä keskitehoa 3.6 % sekä kehon painoon



suhteutettua keskitehoa 2.9 %. Myös KSR:n keskiteho nousi 2.7 %, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Tässä tutkimuksessa havaittiin siis jonkin verran kehitystä keskitehossa. 30 minuutin testiprotokolla oli kuitenkin hieman lyhyempi kuin aiemmissa YVK-tutkimuksissa käytetty 40-45 min, jolloin keskiteho on noussut noin 6–8 % (Aagaard ym. 2011; Rønnestad ym. 2010a; Vikmøen ym. 2016), tai pysynyt muuttumattomana (Psilander ym. 2015; Rønnestad ym. 2017). Erilainen testiprotokolla voi antaa hieman erilaisia tuloksia.

Lyhyempään testimalliin päädyttiin kompromissina, sillä testipäivät sisälsivät myös monia muita testejä ja käytännön järjestelyt olisivat hankaloituneet pidemmän testin takia. Lisäksi kaikki mukana olleet tutkittavat eivät olleet aiemmin kilpailleet tai tottuneet polkemaan näin kovia suorituksia. 30 minuutin testin ajateltiin olevan mahdollinen myös kokemattomammalle pyöräilijälle. Tutkimuksessa lähdettiin liikkeelle suunnilleen AnK:n teholla, mikä saattoi olla joillekin liian alhainen lähtöteho. Tehoa säädeltiin testin aikana, mutta joidenkin kohdalla se saattoi tarkoittaa sitä, että lopullinen keskiteho jäi alemmaksi kuin mihin he olisivat kyenneet. Toisilla taas alkuteho oli liian korkea ja sitä jouduttiin pudottamaan. Tutkimuksessa haluttiin kuitenkin mahdollistaa kaikille vapaavalintainen kadenssi, joten sen takia päädyttiin tämän malliseen testiin. Mahdollinen liian alhainen lähtöteho ei koskenut kovin montaa tutkittavaa ja heillekin vastusta lisättiin sitten viiveellä.

30 minuutin aika-ajon keski- ja maksimisykkeet nousivat hieman KSR:llä ja PVR:llä. KOR:llä ne vastaavasti putosivat. Mikään muutos ei ollut kuitenkaan merkitsevä. Laktaattitasot pysyivät KOR:llä melko vakiona alkutesteistä lopputesteihin, mutta muilla ryhmillä laktaateissa oli nousua. Trendi oli se, että laktaatit alkoivat nousta lopputestin aikana jyrkemmin kuin alkutesteissä. Esimerkiksi PVR:n 20 minuutin ja 30 minuutin laktaatit olivat lopputesteissä selkeästi korkeammat kuin alkutesteissä. KSR ja PVR pystyivät siis jonkin verran parempaan suoritukseen, mutta se näkyi korkeampana laktaatintuottona. Tämä oli hyvin verrattavissa VO<sub>2</sub>max-testiin, jossa suorituskyvyn kehitystä haettiin aivan vastaavasti laktaattitasoja nostamalla.

## **8.2 Lyhytkestoinen pyöräilysuorituskyky**

*6 sekunnin testi.* Kuuden sekunnin maksimitesti aloitti Wattbikella tehdyn UCI-profiilitestin. Kuuden sekunnin testi poljettiin ohjeistuksen mukaisesti kaksi kertaa, että saatiin esiin

todellinen maksimisuoritus. Molemmissa testeissä ajettiin samalla vastuksella ja kahden vedon tekemisessä oli taustalla oppimisvaikutuksen minimointi. McGawleyn ja Bishopin (2006) mukaan kaksi kuuden sekunnin yritystä riittää, että saavutetaan todellinen maksimiteho. Ensimmäinen yritys on heidän mukaansa yleensä selkeästi huonompi, mutta toisella yrityksellä päästään jo maksimitasolle.

Alkutesteissä ei ollut juuri merkitseviä eroja tutkimusryhmien välillä. Kehon painon vaikutus näkyi kuitenkin, sillä PVR:n absoluuttiset maksimi- ja keskitehot poikkesivat merkitsevästi KSR:n vastaavista arvoista. PVR kehittyi tutkimuksen aikana kaikkien mitattujen muuttujien osalta ja myös KSR kehittyi lähes kaikessa. KOR kehittyi vain absoluuttisessa maksimitehossa ja kehon painoon suhteutetussa keskitehossa. PVR:n kehitys oli selkeästi suurempaa kuin muilla ryhmillä ja sen tehoarvoissa tapahtuneet muutokset poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi KOR:stä. KSR kehittyi toiseksi parhaiten ja sen kehon painoon suhteutettu keskiteho poikkesi KOR:stä.

Aiemmissä tutkimuksissa YVK-harjoittelulla on saatu melkein aina kehitystä Wingaten 30 sekunnin maksimitehoon. Esimerkiksi Rønnestadin ym. (2010a) 12 viikon tutkimuksessa saavutettiin yli 9 % kehitys. Wingaten testipyörä on tosin erilainen kuin Wattbike, mutta tällä ei pitäisi olla vaikutusta testiin. PVR:n harjoittelu oli paljon lähempänä testimallia, mutta kehitystä saatiin aikaan myös KSR:llä. Lisäksi KOR kehittyi hieman, mutta se johtui todennäköisesti enimmäkseen oppimisesta. Kuuden sekunnin testi on suhteellisen lyhyt suoritus ja siinä on haastava saada ensimmäisellä kerralla itsestään kaikkea ”irti”.

Oli odotettavissa, että PVR kehittyisi kuuden sekunnin testissä parhaiten, koska PVR:n harjoittelu koostui 60–90 rpm kadenssilla poljetuista 6–16 sekunnin voimavedoista. Tällä tavalla harjoittelu tuki suorituksen keston osalta hyvin tätä testiä. Kuuden sekunnin testit ajettiin kuitenkin melko pienellä vastuksella ja suurella kadenssilla (150–160 rpm). Tämä saattoi rajoittaa parhaan suorituksen tekemistä, jos luontaista pyöräilynopeutta ei ollut riittävästi eikä ollut tottunut tekemään tällaista. Osa tutkittavista olisi halunnut suorittaa testin suuremmalla vastuksella, jolloin ei olisi tarvinnut käyttää yhtä suurta kadenssia. Myös voimaharjoittelun vaikutuksen olisi saanut vedoissa paremmin näkyviin, jos niissä olisi oikeasti tarvittu enemmän voimaa. Esimerkiksi KSR olisi voinut olla mahdollisesti lähempänä PVR:n tuloksia, jos vedot olisi tehty suuremmalla vastuksella.

Koska kuuden sekunnin pyöräilytesti on hyvin lajispesifinen, tätä on hyvä verrata yleisempään EKH-testiin. Tällä päästään selville räjähtävän voiman yleisestä kehittymisestä. EKH:ssä tuli noin 5 % merkitsevää kehitystä sekä PVR:lle että KSR:lle. Tämän lisäksi KOR kehittyi noin 2 %, mutta tämä ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Voitaisiin päätellä, että PVR kehittyi myös yleisesti voimantuotossa, mutta EKH:n kehityksessä ei ollut eroa KSR:n verrattuna. Osa kehityksestä oli siis ainoastaan lajispesifistä.

*30 sekunnin testi.* 30 sekunnin testi tehtiin kuuden sekunnin testien ja pienen palauttelun jälkeen. Alkutesteissä ei ollut ryhmien välillä kuin yksi merkitsevä ero. PVR:n absoluuttinen keskiteho oli merkitsevästi pienempi kuin KSR:n. Tämä johtui kuitenkin KSR:n tutkittavien suuremmasta kehon painosta, koska kehon painoon suhteutetussa keskitehossa ei ollut juuri mitään eroja.

Alkutestien ja lopputestien välisessä muutoksessa ei ollut maksimitehon osalta muutoksia kuin PVR:llä. Tähän saattoi vaikuttaa se, että alle oli ajettu kuuden sekunnin vedot, jotka veivät parhaat voimat jaloista. Jos näissä sai itsestään enemmän irti, 30 sekunnin testissä ei välttämättä enää saanut yhtä hyvin irti. Lisäksi tutkittavat saattoivat hieman arastella lähteä 30 sekunnin testissä täysillä liikkeelle, vaikka ohjeistus oli ajaa se aivan maksimaalisesti alusta loppuun saakka. Tämä saattoi vaikuttaa varsinkin lopputesteissä, kun tutkittavat tiesivät, millainen testi oli tulossa. Aiemmin on havaittu jonkin verran kehitystä 30 sekunnin keskitehossa YVK-harjoittelun seurauksena. Esimerkiksi Vikmoen ym. (2016) havaitsivat 3.4 % kehityksen.

Keskitehon osalta PVR kehittyi erittäin merkitsevästi niin absoluuttisissa kuin kehon painoon suhteutetuissa arvoissa. Lisäksi nämä erosivat merkitsevästi KOR:n arvoista. Tämä keskiarvoteho on yksi olennaisimmista 30 sekunnin testin osa-alueista. Keskiteho kuvastaa anaerobista suorituskykyä (Nummela 2007d, 328). Koska 30 sekunnin testissä ajettiin samalla vastuksella kuin alkutesteissä, oli luonnollista, että keskitehon noustessa myös keskikadenssi nousi PVR:llä. PVR pystyi myös ajamaan lopussa viimeisten kolmen polkaisun aikana kovemmalla keskiteholla kuin alkutesteissä. Eli keskitehon kehitys ei ollut tullut pelkästään kovemman alun ja maksimitehon kehittymisen vuoksi, vaan paremman anaerobisen kestävyuden vuoksi. Vaikka PVR:n treeneissä ei ajettu kuin maksimissaan 16 sekunnin vetoja, niin se auttoi jaksamaan paremmin myös 30 sekunnin testissä.

Sekä KSR:n että PVR:n väsymisprosentti kasvoi hieman, mutta ei merkitsevästi. Pieni kasvu johtui suuremmasta aloitustehosta. Ennen 30 sekunnin testiä mitattu, kuuden sekunnin testien vaikutuksesta kertynyt, veren laktaattipitoisuus nousi kaikilla tutkittavilla alkutesteistä. Kaikki pystyivät kuuden sekunnin testissä vähintään hieman parempaan suoritukseen ja tämä vaikutti todennäköisesti laktaattiin. 30 sekunnin testin jälkeen mitattu laktaatti nousi alkutesteistä KSR:llä ja PVR:llä. KOR:n muutos oli vähäinen. Voimaharjoitteluryhmät pystyivät todennäköisesti kestämaan paremmin laktaattia ja pystyivät vielä nostamaan laktaattitasoja myös 30 sekunnin testin aikana.

*4 minuutin testi.* Neljän minuutin testi oli viimeinen UCI-profiilitestin suorituksista. Alkutesteissä ryhmien välillä oli pieniä eroja keskitehossa ja kehon painoon suhteutetussa keskitehossa. Tehossa ei kuitenkaan ollut missään ryhmässä huomattavia muutoksia alku- ja lopputestin välillä. PVR:llä teho parani noin 1.4 %, mutta se ei ollut merkitsevä ero. Muut ryhmät suoriutuivat jopa hieman alkutestiä huonommin. Oli yllättävää, että voimaharjoitteluryhmät eivät parantaneet lyhyempien ja pidempien testien lisäksi myös neljän minuutin testissä. Olisiko neljän minuutin testin muutos ollut erilainen, jos testi olisi tehty erillisenä testinä eikä osana profiilitestiä? Profiilitestin ideana oli aiheuttaa kuormitusta ennen neljän minuutin testiä, mutta koska etenkin PVR:n anaerobinen kapasiteetti ja suorituskyky paranivat lyhyemmissä kuuden sekunnin ja 30 sekunnin testeissä melko paljon, niin tutkittavat eivät välttämättä palautuneet mitenkään neljän minuutin suoritukseen. Todellinen kehitys jäi ehkä vähän piiloon. Yhdessä aiemmassa tutkimuksessa YVK-harjoittelu kehitti viiden minuutin maksimitestin keskitehoa saman verran kuin pelkkä kestävyysharjoittelu (3–4 %) (Aagaard ym. 2011). Kyseinen testi tehtiin erillisenä testinä.

Testin aikainen syke ja testin jälkeinen laktaatti nousivat kaikilla ryhmillä. Etenkin maksimilaktaatti oli selkeästi korkeampi jokaisessa ryhmässä. Suurimmat muutokset olivat voimaharjoitteluryhmissä. Oli hieman erikoista, että laktaattitasot nousivat, mutta se ei välttämättä näkynyt mitenkään suorituskyvyn kehittymisenä. Voi olla, että tutkittavien laktaattitasot olivat valmiiksi kohollaan edeltäneiden testien jäljiltä ja sen vuoksi myös neljän minuutin testin loppulaktaatit olivat korkeammat. Myös mahdollinen kestävyysharjoittelun väheneminen syksyn huonojen olosuhteiden ja ylimenokauden takia on voinut vaikuttaa siihen, että laktaattitasot nousivat herkemmin. Neljän minuutin testi oli lisäksi psyykkisesti ja fyysisesti ehkä kaikkein pahin koettelemus tutkimuksen testeistä. Pahat muistot edellisestä testikerrasta ovat voineet olla yhä mielessä.

### 8.3 Taloudellisuus ja poljinvoimamuuttajat

*Taloudellisuus.* Taloudellisuuslaskennat tehtiin VO<sub>2</sub>max-testin pohjalta. Taloudellisuus määritettiin keskimääräisen AerK:n kohdalla noin 69.5 % VO<sub>2</sub>max. Taloudellisuuslaskennassa käytettiin alle AnK:n olevia arvoja, jotta anaerobisella energiantuotannolla ei olisi ollut vaikutusta tuloksiin. Kun tuloksista tarkasteltiin hapenkulutuksen muutoksia, voitiin havaita, että millään ryhmällä ei tapahtunut tässä merkittäviä muutoksia. Tämä oli hieman vastoin oletuksia, sillä voimatasojen noustessa voisi olettaa, että vähemmällä hapenkulutuksella pystyttäisiin tuottamaan sama määrä tehoa (Sunde ym. 2010). Nyt hapenkulutus ei kuitenkaan laskenut voimatasojen kehittymisestä huolimatta. Voisiko tähän vaikuttaa mahdollisesti pieni lihaskasvu, joka oli havaittavissa ultraäänimittauksissa? Suurempi lihasmassa voi kuluttaa enemmän happea, koska sekin tarvitsee yhtä lailla energiaa. Aiemmin YVK-harjoittelulla on silti saatu aikaan myös kehitystä taloudellisuudessa muun muassa 70 % VO<sub>2</sub>max-tasolla (Sunde ym. 2010).

Lähtökohtaisesti PVR:n taloudellisuus oli kaikkein paras ja KSR:n kaikkein heikoin. Tässä oli myös merkitsevä ero, vaikka erot olivat hyvin pieniä millilitroina tarkasteltuna. Tutkimuksessa PVR:n taloudellisuus heikkeni hieman, kun taas muilla ryhmillä taloudellisuus hieman parani. KOR:lla tämä kehitys oli parhain. Muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, koska hajontaa oli paljon. Vaikka erot eivät olleet merkitseviä, tästä voitaisiin päätellä, että anaerobinen pyörävoimaharjoittelu saattoi vaikuttaa hieman negatiivisesti aerobiseen taloudellisuuteen. Kuntosaliharjoittelulla ei havaittu negatiivista vaikutusta. On tutkittu, että kuntosaliharjoittelu kehittää hyvin aerobisia, hitaita lihassoluja, kun taas pyörävoimaharjoittelun on havaittu kehittävän enemmän anaerobisia, nopeita lihassoluja (Rønnestad & Mujika 2014; Linossier ym. 1997). KOR:n taloudellisuuslukemat olivat loogiset, koska he olivat todennäköisesti muuttaneet kilpailukauden jälkeen harjoitteluun kevyemmäksi ja aerobisemmaksi ja tätä kautta taloudellisuus saattoi hieman parantua.

Taloudellisuuteen kytköksissä olevissa syke- ja laktaattiarvoissa näkyi joitain muutoksia. Laktaatti nousi hieman jokaisella ryhmällä, mutta muutokset olivat merkitseviä ainoastaan PVR:n kohdalla. Anaerobinen harjoittelu voisi selittää myös tämän asian. PVR pystyi mahdollisesti hyödyntämään paremmin anaerobista energiantuottoa ja saamaan sitä kautta lisää tehoa polkemiseen. Sykkeissä näkyi voimaryhmien osalta pientä nousua ja AerK:n

kohdalla PVR:n syke nousi merkitsevästi. KOR:llä sykkeet laskivat ja tämä oli hyvin linjassa hapenkulutuksen laskemisen kanssa.

Kadenssilla on vaikutusta pyöräilijän hapenkulutukseen. Paras kadenssi on jokaisella yksilöllinen. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään jokaisessa testissä vapaavalintaista kadenssia, että tutkittavat saivat ajaa itselleen taloudellisimmalla tavalla. VO<sub>2</sub>max-testissä tutkittavien keskikadenssi laski hieman KSR:llä, mutta nousi PVR:llä sekä KOR:llä. Mitkään muutokset eivät olleet merkitseviä. Suuntaus oli yllättävä, sillä 30 minuutin aika-ajossa jokaisen ryhmän kadenssi laski suunnilleen saman verran (1.4–1.5 rpm). Matalammalla kadenssilla ajettaessa tarvitaan enemmän voimaa, sillä voimantuottoaika on pidempi. VO<sub>2</sub>max-testissä poljetaan lopussa huomattavasti kovemmalla teholla kuin 30 minuutin aika-ajossa. Jos voimatasot ovat paremmat, on myös loogista, että niitä hyödyntää polkemisessä. Tällöin pystyy säästämään energiaa, kun pyöritystä voi tehdä jonkin verran hitaammalla frekvenssillä.

Taloudellisuusanalyysijä tarkisteltaessa voidaan havaita, että KSR ja PVR nostivat VO<sub>2</sub>max-alkutesteissä kadenssia AerK:ltä AnK:tä kohti mentäessä enemmän kuin lopputesteissä. Eli lopputesteissä kadenssia ei tarvinnut muuttaa testin aikana yhtä paljon. Tämä saattaa kertoa paremmasta voimatasosta. KOR:llä ei tapahtunut tässä asiassa juuri muutoksia. Eli KOR ajoi sekä alku- että lopputesteissä vastaavanlaisilla kadenssin muutoksilla.

*Poljinvoimamuuttajat.* Poljinvoimamuuttujia tarkasteltiin sekä 30 minuutin testissä että 4 minuutin testissä. 30 minuutin testissä poljinvoimamuuttujia tarkasteltiin yhteensä 60 polkaisun keskiarvona. Tässä oli omat riskinsä, koska pienetkin häiriöt polkemisessä vaikuttivat heti tuloksiin. Tulokset saatiin kuitenkin analysoitua onnistuneesti. Analyysissä yhdistettiin oikean ja vasemman jalan vääntökuvaajat ja muodostettiin näin molempien jalkojen keskimääräiset tulokset. Ainut merkitsevä muutos havaittiin KSR:llä, jonka huippuväännön kulma siirtyi hieman aiemmaksi. Muillakin ryhmillä kulma siirtyi hieman aiemmaksi kadenssin laskemisen myötä, mutta KSR:llä muutos oli suurin ja merkitsevä. Tämä tarkoittaa sitä, että voimaa pystyttiin tuottamaan nopeammin, sillä keskiteho nousi samalla hieman. Aiemmassakin tutkimuksessa YVK-harjoittelua tehneen ryhmän huippuväännön kulma pieneni AnK-teholla poljettaessa (Rønnestad ym. 2015).

Kun huippuväännön kulman muutosta mietitään tarkemmin, niin havaitaan, että kammen kulman pienentyessä myös huippuvääntöä vastaava polvikulma pienenee. Voisiko tähän mahdollisesti vaikuttaa harjoittelussa käytetyt polvikulmat? Rønnestadin ym. (2017) mukaan pyöräilyn aikana suurin voima tuotetaan yleensä 100 asteen polvikulmalla. Kun kuntosaliharjoittelussa käytetään esimerkiksi yleensä 90 asteen minimikulmaa kyykyissä ja jalkaprässissä niin voisiko tämä kehittää myös pyöräilyn polvikulmaa lähemmäksi 90 astetta? Jos kyykyä tehtäisiin esimerkiksi 110 asteen minimipolvikulmalla niin miten se vaikuttaisi huippuväännön kulman muuttumiseen? Eli onko kyseessä tottuminen pienempään polvikulmaan vai todellinen kehitys voimantuottonopeudessa? Luultavasti asiaan vaikuttaa molemmat tekijät.

Toinen 30 minuutin testistä esiin noussut muuttuja oli minimivääntö. Tällä tarkoitetaan niin sanottua ”kuollutta kulmaa” eli poljinkierroksen kohtaa, jossa voimantuotto on pienimmillään. PVR:llä oli tässä minimiväännössä kasvua. PVR pystyi kasvattamaan myös hieman huippuvääntöä. Muilla ryhmillä tehontuoton kehitys näkyi ainoastaan huippuväännössä. Mitkään muutokset eivät kuitenkaan olleet merkitseviä. Pyörävoimaharjoittelu sisälsi paljon ”vääntämistä” suurella vastuksella ja lonkankoukistajien hyödyntämistä polkimen ylösnosto vaiheessa. Tällä on saattanut olla vaikutusta pyöritystekniikkaan eli voimaa pystytään tuottamaan paremmin myös ”kuolleessa kulmassa”. Tästä voi olla hyötyä myös normaalissa pyöräilyssä, kun kampi pyörähtää helpommin heikoimman kohdan yli. KSR:llä kehitys näkyi ainoastaan huippuväännössä, eli työ suuntautui lähes pelkästään alaspäin. Tähän oli varmaankin vaikutusta kuntosaliharjoittelulla, joka ei sisältänyt yhtään liikettä lonkankoukistajille.

Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa YVK-harjoittelu sisälsi myös lonkankoukistajaliikkeen. Polkemistehokkuuden kehittymistä (nopeampaa voimantuottoa) perusteltiin osittain lonkankoukistajalihasten vahvistumisella, jolloin alhaalla olevaa jalkaa pystyttiin auttamaan ylösnosto vaiheessa ja tämä mahdollisti toisen jalan nopeamman alas työntö vaiheen. (Hansen ym. 2012.) Olisiko mahdollista, että KSR ryhmällä olisi nähty tässä tutkimuksessa parempaa kehitystä, jos harjoitteluun olisi sisällytetty lonkankoukistajia kehittävä liike?

Neljän minuutin testissä poljinvoima-analyysi tehtiin koko testin ajalta. Tämä menetelmä saattoi olla luotettavampi, koska tässä saatiin analyysiin noin 390-400 kierrosta, mikä oli noin 6.5 kertaisesti 30 minuutin testiin verrattuna. Testi osoitti viitteitä siitä, että voimaharjoittelu

vaikuttaisi huippuväännön kulmaan. KSR ja PVR saavuttivat harjoitusjakson jälkeen huippuväännön kohdan jonkin verran aikaisemmin kuin alkutesteissä. KOR:llä muutos oli hyvin pieni. Mitkään muutokset eivät olleet merkitseviä, mutta antoivat odotusten mukaisia viitteitä.

#### **8.4 Eri testien ja muuttujien väliset korrelaatiot**

*Alkutestien korrelaatiot.* Korrelaatioilla päästiin tutkimaan testien ja muuttujien välisiä yhteyksiä. Alkutestien välisessä vertailussa oli ideana saada selville, onko samalla tutkittavalla esimerkiksi hyvä suorituskyky sekä lyhyissä että pitkissä testeissä. Alkutesteistä havaittiin, että kehon painolla on selkeää korrelaatiota kuuden ja 30 sekunnin testeihin. Eli suuremmalla massalla pystyttiin tekemään kovempia tuloksia, kun tarkasteltiin absoluuttisia tehoarvoja. Poikkeuksen tässä muodosti KSR, jolla ei havaittu yhteyksiä painon ja pyöräilytestien välillä. Voisiko tämä johtua siitä, että KSR oli keskimääräisesti kaikkein painavin kolmesta ryhmästä? Voisiko olla olemassa jonkinlainen ihannepaino, jota suuremmasta painosta ei ole enää merkittävää lisähyötyä lyhyeen maksimivetoon? Yleisesti tarkasteltuna painolla oli kuitenkin vaikutusta suorituskykyyn.

Kaikkia tutkittavia tarkasteltaessa EKH:lla oli korrelaatiota kuuden sekunnin ja 30 sekunnin testien kanssa. Etenkin kuuden sekunnin maksimitehon kanssa oli vahvaa korrelaatiota. Molemmat testit mittasivat räjähtävää voimantuottoa ja vaikka niissä oli kyseessä hieman eri liike, niin niissä käytettiin ainakin osittain samoja lihasryhmiä. Näiden välisistä yhteyksistä oli mietintää jo aiemmissa luvuissa, mutta voimaryhmät kehittyivät sekä EKH:ssä että kuuden sekunnin maksimitehossa. PVR:llä oli kuitenkin selkeästi parempi kehitys pyöräilysuorituksessa lajispesifimmän harjoittelun seurauksena. Eli EKH:llä ja kuuden sekunnin maksimiteholla oli yhteys, mutta suoritukseen oli vaikutusta myös lajispesifillä harjoittelulla. Huomionarvoista oli myös, että EKH:llä oli KSR:n ja KOR:n osalta yhteys myös pidempikestoisiin pyöräilytesteihin. Tätä ei havaittu kuitenkaan PVR:llä. EKH kuvastaa peruskuntoilijoiden joukossa yleisen lihaskunnan tilaa ja suorituskykyä eli sitä kautta voi olla mahdollista, että sillä on yhteys myös pidempiin pyöräilytesteihin.

Pyöräilytestien välisiä korrelaatioita tarkasteltaessa havaittiin, että myös lyhyillä (6 ja 30 sekuntia) testeillä oli yhteyksiä pidempien testien kanssa. Korrelaatio oli loogisesti sitä korkeampi, mitä lähempänä kaksi testiä olivat suorituksen keston osalta toisiaan. Kuitenkin



jopa kuuden sekunnin maksimiteholla oli selkeää korrelaatiota esimerkiksi 30 minuutin keskitehon tai  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa, ja erityisesti 30 sekunnin keskiteholla oli vahvaa korrelaatiota näihin muuttujiin. Tämä osoittaa sitä, että myös lyhyillä kovatehoisilla harjoituksilla voitaisiin mahdollisesti kehittää pidempikestoista suorituskykyä. Tästä on aiemmin ollut näyttöä esimerkiksi Stepton ym. (1999) tutkimuksessa, jossa havaittiin, että pitkä aika-ajosuoritus kehittyi parhaiten harjoiteltaessa suoritusta vastaavalla teholla tai vaihtoehtoisesti huomattavasti korkeammalla teholla (30 sekuntia, 175 % $PVO_2\text{max}$ ).

*Muutosten väliset korrelaatiot.* Alkutestien ja lopputestien välisistä muutoksista laskettiin korrelaatioita eri muuttujien välille. Korrelaatioita oli yleisesti ottaen huomattavasti vähemmän kuin alkutestejä tarkasteltaessa. Tämä oli huomion arvoinen asia, sillä vaikka alkutestien mukaan lyhyillä ja pitkillä testeillä olisi yhteyttä toisiinsa, korrelaatio ei ollut muutoksissa yhtä selkeää. Toki voi olla, että lyhyiden ja pitkien suoritusten kehittymisnopeus on erilainen.

KSR:n mahdollisella kehon painon nousulla oli positiivinen yhteys kuuden sekunnin testiin ja negatiivinen pidempiin testeihin. Eli pidemmät suoritukset saattavat kärsiä kasvaneesta kehon painosta. Kuuden sekunnin ja 30 sekunnin testien välillä oli erittäin vahva korrelaatio, mikä oli hyvin odotettua. KSR:llä neljän minuutin testin, AnK:n ja 30 minuutin testin muutokset korreloivat hyvin  $PVO_2\text{max}$ :n kanssa ja jonkin verran myös  $VO_2\text{max}$ :n kanssa. Kun kehitystä on tapahtunut yhdessä testissä, niin sitä on tapahtunut myös toisessa testissä. Tutkittava on siis yksinkertaistetusti kehittynyt joko lähes kaikissa testeissä tai ei missään.

KOR:n kohdalla pyörätestien muutokset korreloivat hyvin vastaavalla tavalla kuin KSR:llä. Kuuden sekunnin ja 30 sekunnin muutoksilla oli keskenään yhteyttä ja tämän lisäksi 30 minuutin aika-ajolla ja AnK:lla oli korrelaatiota  $PVO_2\text{max}$ :n ja  $VO_2\text{max}$ :n kanssa. Neljän minuutin testi ei kuitenkaan korreloinut juuri minkään muuttujan kanssa. Tähän oli ehkä vaikutusta sillä, että kehitys neljän minuutin testissä oli kaiken kaikkiaan hyvin heikkoa, jopa negatiivista. Yllättävintä KOR:n osalta oli EKH:n korrelaatio neljän minuutin testin, 30 minuutin aika-ajon sekä AnK:n kanssa. Tätä pohdittiin jo hieman alkutestien osalta. Ilmeisesti tällä ryhmällä, joka ei harjoitellut voimaa, hyppykorkeuden nousu on kuvastanut yleisen suorituskyvyn kehittymistä. Hämmentävintä tässä oli se, että neljän minuutin testin ja EKH:n välillä vallitsi negatiivinen korrelaatio, ja EKH:n ja kahden muun pyöräilymuuttujan välillä positiivinen korrelaatio. Eli neljän minuutin testissä, jossa intensiteetti oli näistä muuttujista

korkein, parempi EKH heikensi tulosta ja toisinpäin. Sitten matalammalla intensiteetillä parempi EKH myös kehitti tulosta. Tähän voi mahdollisesti vaikuttaa se, että parempi EKH kuvasti ehkä parempaa suorituskkyä kuuden ja 30 sekunnin testeissä. Jos näissä pystyi parempaan suoritukseen, niin ei ollut välttämättä enää voimia jäljellä neljän minuutin testiin.

PVR:n muutoksissa ainoat korrelaatiot olivat verrattaessa 30 minuutin aika-ajoa AnK:n ja PVO<sub>2</sub>max:n kanssa sekä verrattaessa toisiinsa AnK:n ja PVO<sub>2</sub>max:n tuloksia. Korrelaatioiden puuttuminen yllätti, sillä PVR kehittyi kuitenkin lähes kaikissa pyöräilytesteissä. Olisi voinut olettaa, että se olisi näkynyt myös tässä. Toki alkutesteissäkään PVR:llä ei ollut yhtä paljon erilaisia korrelaatioita kuin KSR:llä ja KOR:llä. Ehkä tämä ryhmä vain oli koostumukseltaan niin erilainen. Tämä saattaa kertoa myös siitä, että kehitystä tapahtui ristiin. Eli osa tutkittavista kehittyi toisessa muuttujassa ja osa toisessa. Tällöin keskiarvo saattoi parantua paljonkin mutta tulokset menivät vähän ristiin, jolloin ei tullut näkyviin korrelaatioita. Tai mahdollisesti kehitys kuuden ja 30 sekunnin testeissä oli niin hyvää, että muut testit eivät kehittyneet samassa linjassa.

Joka tapauksessa tutkimuksesta löytyi useita mielenkiintoisia korrelaatioita eri muuttujien välillä. Korrelaatioita olisi varmasti löytynyt paljon muistakin muuttujista, mutta kaikkien muuttujien analysointia ei ollut mahdollista tehdä tämän tutkimuksen puitteissa. Lisäksi tämä ei ollut tutkimuksen pääasia, vaan korrelaatioissa haluttiin keskittyä ainoastaan olennaisimpiin.

## **8.5 Tutkittavien taustatiedot ja antropometria**

Tutkittavien keski-ikä oli jonkin verran korkeampi kuin monissa aiemmissa tutkimuksissa (esim. Rønnestad ym. 2017; Rønnestad ym. 2011), mutta sillä ei sinänsä ollut vaikutusta tutkimuksen tekemiseen ja kaikki tämän tutkimuksen ryhmät olivat keski-ikältään hyvin lähellä toisiaan. Kehon rasvaprosentin keskimääräisiä tuloksia (noin 14.8 %) tarkastelemalla voidaan havaita, että tutkittavat olivat melko tavallisia kuntoilijoita ja urheilijoita. Kestävyysurheilun kilpaurheilijoilla keskimääräinen rasvaprosentti on jonkin verran pienempi, sillä ammattipyöräilijöillä se voi olla noin 8 % (Mujika & Padilla 2001). Tutkittavien ryhmäjako oli melko onnistunut, mutta KSR oli keskiarvoltaan kaikkein pisin ja painavin. Kehon painossa olikin merkitsevä ero PVR:n kanssa, joka oli tutkimuksen kevyin ryhmä. Suurempi paino vaikutti pyöräilytestien absoluuttisiin arvoihin, mutta kehon painoon suhteutettuja

arvoja katsomalla pystyi kuitenkin saamaan käsityksen ryhmien välisistä todellisista suorituskykyeroista.

Kehon painossa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia KSR:llä tai PVR:llä. Tämä oli oletettavaa, sillä voimaharjoittelun tarkoituksena oli kehittää ensisijaisesti hermostollista maksimivoimaa. Pyöräilijöiden kilpailukausi ajoittui osittain tutkimuksen kanssa päällekkäin, mutta tällä oli vaikutusta vain joihinkin kilpaileviin tutkittaviin. Viimeisten kilpailujen jälkeen pyöräilyssä pidetään yleensä ylimenokausi loka-marraskuussa ja tämä saattaa nostaa hieman kehon painoa harjoitusmäärien pienentyessä. Tässä tutkimuksessa paino pysyi kuitenkin melko hyvin vakiona näissä ryhmissä. KOR:n kehon paino sen sijaan nousi hieman (1.2 kg), mutta tilastollisesti merkitsevästi.

Voimaharjoittelu sai aikaan mahdollisesti muutoksia KSR:n ja PVR:n kehon koostumuksessa. Molemmat ryhmät saivat hieman lisää lihasta vastus lateralikseen ja samalla PVR:n rasvaprosentti pieneni hieman. Lihaksen ultraäänimittauksessa tulee kuitenkin huomioida mittauksen tarkkuus. Siinä ei käytetty tatuointipisteitä vaan tussia, mittaa ja valokuvaa. Tällä saatiin melko tarkasti määriteltyä oikea kohta, mutta pari tutkittavaa jouduttiin jättämään analyysistä pois epäselvien tulosten vuoksi. Ultraäänilaitteen mittauspään asennon vakiointi oli erittäin tärkeää. Tässä oli aina sama mittaaaja tekemässä testiä, mikä lisäsi tarkkuutta, mutta silti pienet virheet saattoivat olla mahdollisia. Jos lihaskasvua tapahtui hieman, niin se ei välttämättä ole johtunut niinkään siitä, että voimaharjoittelun ideana olisi ollut kehittää lihasta, vaan siitä, että iso osa tutkittavista oli melko tottumattomia voimaharjoitteluun, jolloin lihaksen kasvukin oli todennäköisempää.

## **8.6 Harjoittelu ja sen aiheuttamat fysiologiset vasteet**

Harjoitusohjelmien laadinnassa pyrittiin siihen, että KSR:n harjoittelu olisi lähellä aiempien tutkimusten mukaista YVK-harjoittelua. Näin kuntosaliharjoittelusta saatiin hyvä vertailukohta pyörävoimaharjoittelulle. KOR:n harjoittelu pohjautui normaaliin pyöräilijöiden kestävyysharjoitteluun.

Kuntosaliharjoittelu oli seurantamittausten perusteella melko aerobista harjoittelua. Ensimmäiset harjoitteluviikot olivat verenkiertoelimistölle kuormittavampia, koska toistomäärät olivat suurempia ja näin ollen yhden sarjan kesto oli pidempi kuin viimeisillä

harjoitusviikoilla. Tämä näkyi siinä, että toisen harjoitusviikon treeninäytteissä veren laktaattipitoisuus nousi korkeammalle kuin muilla seurantaviikoilla. Laktaattitaso (4.1 mmol/l) oli hieman matalampi kuin alkutestien AnK:n laktaatti (4.3 mmol/l). Viikoilla 6 ja 9 laktaatti oli 2.1–2.2 mmol/l eli hieman korkeampi kuin alkutestien AerK (1.7 mmol/l). Keskisyke koko harjoituksen ajalta oli matala joka viikolla (noin 90 krt/min). Myöskään maksimisykkeet (noin 126 krt/min) eivät nousseet AerK:n sykettä (noin 142 krt/min) korkeammalle. Maksimisykkeet olivat korkeimmillaan viimeisillä viikoilla, jolloin painot olivat suurimmillaan. Tämä johtui varmaan siitä, että suuret kuormat aiheuttivat verenpaineen kohoamista.

Pyörävoimaharjoittelu oli huomattavasti anaerobisempaa harjoittelua kuin kuntosaliharjoittelu. Pyörävoimaharjoittelu eteni samalla kaavalla kuin kuntosaliharjoittelu eli ensimmäinen seurantaviikko oli laktaatin (10.7 mmol/l) sekä maksimisykkeen (158 krt/min) puolesta kuormittavampi pidempien toistomäärien vuoksi kuin muut seurantaviikot (laktaatti noin 7.8 mmol/l ja maksimisyke noin 148 krt/min). Laktaattitasot olivat varsinkin ensimmäisissä treeneissä lähellä VO<sub>2</sub>max-testin maksimilaktaatteja (10.8 mmol/l). Syke oli lähellä AnK:n lukemia (161 krt/min). Tilastollisesti merkitsevät erot pyörävoimaharjoittelun ja kuntosaliharjoittelun välillä olivat ainoastaan ensimmäisen seurantaviikon maksimisykkeessä ja keskisykkeessä. Nämä olivat pyörävoimaryhmällä korkeampia.

Yksi syy harjoittelun kuormittavuuden eroon eri voimaryhmissä oli todennäköisesti se, että pyörävoimaharjoittelussa työtä tehtiin yhtäjaksoisesti ja toistomääriä ehti tulla melko paljon molemmille jaloille (8–14 toistoa per jalka). Pyörävoimaharjoittelun olisi voinut tehdä myös yksittäisinä polkaisuina, mutta se ei olisi ollut yhtä lajinomaista. Sitä olisi kuitenkin ollut mielenkiintoista tutkia. Kuntosaliharjoittelussa liikkeinä olivat takakyykky, yhden jalan jalkaprässi ja kahden jalan polvenojennus. Kaikki liikkeet kuormittivat pääasiassa etureisien lihaksia. Tuliko etureisille mahdollisesti liikaa treeniä samaan harjoitukseen? Tähän olisi voinut harkita mukaan myös vastavaikuttajalihaksia tai avustavia lihaksia kehittäviä liikkeitä, kuten puhdasta takareisiliikettä tai lonkankoukistajaliikettä. Se olisi voinut tehostaa harjoittelua ja parantaa lihastasapainoa. Pyörävoimaharjoittelussa pystyttiin kuitenkin kehittämään myös takareisiä ja lonkankoukistajia ”kuopaisemalla” poljinta ala-asennossa ja nostamalla poljinta tämän jälkeen lukkopolkimien avulla ylöspäin. Molempien ryhmien harjoitusohjelmista haluttiin tehdä riittävän yksinkertaisia, mutta yhden kuntosaliliikkeen lisääminen ohjelmaan olisi tuonut ehkä lisähyötyjä.

Neljä KSR:n tutkittavaa joutui harjoittelemaan itsenäisesti pitkien välimatkojen vuoksi. Heille kaikille oli kertynyt kokemusta voimaharjoittelusta ainakin jossain vaiheessa elämäänsä. Tutkittavat sisäistivät ohjelman nopeasti, kun siihen tutustuttiin kuntosalilla ennen harjoittelun aloittamista. Lopputulosten perusteella tutkittavat eivät poikenneet muusta harjoitteluryhmästä eli harjoittelu oli ollut samanlaista ja tarkoituksenmukaista.

Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollisuutta mitata kuntosaliharjoittelun tehoja ja voimia voima-antureiden tai -levyjen avulla. Tästä syystä on tarve hakea tästä esimerkkiä muista tutkimuksista. Padulon ym. (2017) tutkimuksen mukaan 1 RM suorituksessa takakyykyn maksimaalinen tehontuotto oli urheilullisilla miehillä noin 1366 W ja jalkaprässissä noin 835 W. Ero tehontuotossa johtui lähinnä takakyykyn suuremmasta liikenopeudesta. Maksimivoimatasot olivat sitä vastoin jalkaprässissä (3850 N) jonkin verran korkeammat kuin kyykyssä (3394 N). Kaikki suoritukset aloitettiin 90 asteen polvikulmasta. Vaikka kyykky ja jalkaprässi ovat peruseriaatteiltaan hyvin saman tyyppisiä ja niissä ojennetaan kolmea alaraajojen pääniveltä, niissä käytetään erilaisia nivelkulmia. Jalkaprässin alkutilanteessa lantiokulma on noin 55 astetta ja takakyykyssä noin 100 astetta. Lopputilanteessa, kun jalat on täysin ojennettu, lantiokulma on jalkaprässissä noin 135 astetta ja kyykyssä noin 180 astetta. Jalkaprässi kohdistuu enemmän pakaroihin ja takareisiin kuin kyykky. (Padulo ym. 2017.)

Padulon ym. (2017) pohjalta pystytään arvioimaan tehot ja voimat tähän tutkimukseen. Toki tutkittavien taustat vaikuttavat todella paljon, mutta jonkinlaista arviota voidaan tehdä. Koska nykyisessä tutkimuksessa käytettiin kuntosaliharjoittelussa minimissään 3 RM kuormia, niin aiemman tutkimuksen perusteella takakyykyn arvioitu maksimivoima voisi olla noin  $0.9 \times 3394 \text{ N} = 3055 \text{ N}$ . Jalkaprässi tehtiin liikettä yhdellä jalalla, joten sen laskennallinen maksimivoima olisi samalla periaatteella  $0.5 \times 0.9 \times 3850 \text{ N} = 1733 \text{ N}$ .

Pyörävoimaharjoittelussa mitattiin parhaimmillaan noin 1250 N maksimivoima. Voimavedon keskitehot olivat parhaimmillaan noin 1180 W. Pyöräilyn tehontuotto tapahtuu pääasiassa yhdellä jalalla kerrallaan, joten sitä voi aika hyvin verrata yhden jalan jalkaprässiin. Takakyykyyn verrattuna maksimivoimatasot voi kertoa kahdella, että saadaan parempi hahmotus kahden jalan suorituksesta. Tällöin maksimivoima olisi noin 2500 N. Kuten luvuista voidaan havaita, pyörävoimaharjoittelussa ei päästy todennäköisesti aivan samoihin

voimavasteisiin kuin kuntosaliharjoittelussa. Toki ei voida olla varmoja siitä, kuinka paljon kuntosaliharjoittelun voimat todellisuudessa olivat.

Tutkimusta edeltävän seurantajakson aikana eniten viikkokohtaista harjoittelua kertyi PVR:lle (8.1 tuntia) mutta KSR (7.0 tuntia) ja KOR (7.1 tuntia) eivät harjoitelleet juuri sen vähempää. Tästä harjoittelusta lähes kaikki oli kestävyysharjoittelua, mutta KSR:llä oli hieman myös voimaharjoittelua (0.7 tuntia). Tämä ei ollut kuitenkaan kovin suuri lukema ja koostui pääasiassa kevyistä harjoituksista. Tutkimusta edeltävän harjoittelun analyysiä ei voi pitää täysin luotettavana lyhyen ajanjakson vuoksi. Joillain tutkittavilla saattoi olla esimerkiksi meneillään poikkeuksellinen viikko ja suurimmalle osalle seurantaviikkoja kertyi vain kaksi.

Tutkimusintervention aikana KSR:n kestävyysharjoittelun määrä pysyi samana seurantajaksoon nähden, mutta voimaharjoittelun määrä lisääntyi noin 2.0 tuntiin viikossa. Voimaharjoitteluryhmiä ohjeistettiin vähentämään hieman kestävyysharjoittelustaan ja korvaamaan sen voimaharjoittelulla. Tämä ei välttämättä toteutunut täysin KSR:n kohdalla, mutta kuten sanottua seurantajakson harjoittelua ei voida pitää täysin tarkkana kontrollina. PVR vähensi intervention aikana kestävyysharjoitteluaan ja otti tilalle voimaharjoittelua. Kuitenkin kokonaisharjoittelumäärä laski entisestä noin 0.7 tuntia. PVR:n kohdalla ajatus harjoittelun toteuttamisesta toteutui kuitenkin paremmin kuin KSR:n kohdalla. KOR vähensi kestävyysharjoitteluaan intervention aikana noin 1.8 tuntia, mikä saattoi olla ihan normaalia vuodenaika huomioiden. Olisi ollut kuitenkin hyvä, jos määrä olisi pysynyt muuttumattomana.

Kokonaisuutena harjoitusmäärät vastasivat hyvin kuntoliikkujan tai -urheilijan harjoitusmääriä. Nämä keskiarvolukemat eivät olleet huippu-urheilijan lukemia. Paljon harjoittelevia huippu-urheilijoitakin oli mukana, mutta heidän tuntimääränsä eivät juuri vaikuta keskiarvoon. Nämä noin 5–8 tunnin harjoitusmäärät kuvastavat hyvin sitä joukkoa, joka osallistui tutkimukseen. Eri tutkimuksissa harjoittelumäärät vaihtelevat. Esimerkiksi Rønnestadin ym. (2015) YVK-tutkimuksessa pyöräilijöiden harjoitusmäärät olivat yhteensä noin 11–15 tuntia.

Voimaharjoittelu lopetettiin PVR:n ja KSR:n kohdalla vain 3–4 päivää ennen lopputestien alkamista. Tästä herää kysymyksiä, että oliko tämä riittävä aika palautua harjoitusrasituksesta. Etenkin muutama KSR:n kuulunut tutkittava valitteli pientä tukkoisuutta ja väsymystä

viimeisten viikkojen aikana. Myös lopputesteissä tuli kommentteja, että tutkittavat eivät saaneet aivan parastaan irti testeissä. Tämä voisi selittää suuren keskihajonnan KSR:n pyöräilytesteissä.

## 8.7 Tutkimuksen vahvuudet ja kehityskohteet

*Vahvuudet.* Yksi tutkimuksen vahvuuksista oli kolmen tutkimusryhmän käyttäminen. Tällöin pystyttiin vertaamaan pyörävoimaryhmää tavalliseen kestävyysharjoitteluun sekä paljon tutkittuun YVK-harjoitteluun. Toinen vahvuus oli, että pyörävoimaharjoittelua pystyttiin tutkimaan todella moniulotteisesti. Harjoittelusta otettiin seurantanäytteitä ja kaikki harjoitteludata saatiin talteen Wattbikeista. Lisäksi muistakin testeistä saatiin paljon käyttökelpoista dataa. Tässä tutkimuksessa toteutetun pyörävoimaharjoittelun hyödyt ja haitat tulivat hyvin esille. Kolmas vahvuus oli, että tutkimuksella oli selkeää uutuusarvoa. Tutkimuksessa lähdettiin rohkeasti kehittämään pyörävoimaharjoittelua sellaiseen suuntaan, mitä ei ole vielä aiemmin kokeiltu tieteellisissä tutkimuksissa.

*Kehityskohteet.* Joitain tutkimuksen kehityskohteita on mainittu jo pohdintaosion aiemmissa luvuissa. Yksi kehityskohde oli UCI-profiilitestin testiprotokollassa. Tätä olisi voinut muuttaa paremmin tähän testiin sopivaksi. Mukaan olisi voinut ottaa kuuden sekunnin vedon suuremmalla vastuksella tehtynä sekä polkea neljän minuutin testi pidemmän palautuksen jälkeen. Tällöin olisi nähty harjoittelun todellinen vaikutus näihin suorituksiin. Nyt testi valittiin toteutettavaksi täsmälleen ohjeistuksen mukaan, mutta olisi ollut mielenkiintoista nähdä tulos myös erilaisesta toteutuksesta. Toinen kehityskohde oli 30 minuutin poljinvoima-analyysissä. Tässä olisi voitu analysoida 30 minuutin testi kokonaisuudessaan tai ainakin hieman nykyistä pidempinä pätkinä. Analyysistä olisi saanut näin tarkempaa. Lyhyiden näytteiden taustalla oli alun perin ajatus, että polkeminen on harrastajilla melko vakiintunutta ja saman tuloksen saa myös lyhyemmillä näytteillä. Pidemmistä analyyseistä ei olisi ollut kuitenkaan haittaa. Kolmas kehityskohde oli tutkimuksen ajankohdassa. Kilpailukauden loppu ei ole paras tai otollisin ajankohta aloittaa voimaharjoittelua. Osa tutkittavista pääsi aloittamaan harjoittelun heti kilpailukauden jälkeen, mutta osa aloitti kuukausi ennen sen loppumista. Paras ajankohta tutkimukselle olisi ollut aloittaa se ylimenokauden jälkeen marraskuussa ja jatkaa sitä tammi-helmikuulle. Tällöin se olisi ajoittunut sopivaan vaiheeseen harjoituskautta ja todennäköisesti myös kuntokäyrä olisi ollut silloin jo luontaisesti ylöspäin.

## 8.8 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

*Johtopäätökset.* Tutkimuksesta saatiin paljon tuloksia erilaisista mittauksista. Suurimmassa osassa näistä PVR kehittyi parhaiten ja KSR toiseksi parhaiten. KOR:llä havaittiin vain pientä kehitystä tai vastaavasti pientä tason laskua. Monet tuloksista olivat odotettuja ja tutkimuksen hypoteesien mukaisia. Tähän alle on listattu vastaukset tutkimuskysymyksiin numerojärjestyksessä ja samalla kerrottu, vastasivatko tulokset hypoteeseja:

1. *PVR vs. KOR.* PVR kehittyi pelkkää kestävyysharjoittelua tehnyttä KOR:ä paremmin kaikissa pyöräilytesteissä. Kehityksessä ei ollut kuitenkaan ryhmien välillä merkitsevää eroa kuin ainoastaan kuuden ja 30 sekunnin testeissä. Pyöräilysuorituskyvyn kehitys tapahtui siis hypoteesin mukaisesti, vaikkakaan merkitseviä eroja ei juuri saatu ryhmien välillä. Kehityksestä ei voi sanoa, että tuliko se oletetun voimatasojen kehittymisen seurauksena vai jotain muuta kautta. Myös kestävyysominaisuuksien odotettiin kehittyvän, mutta näissä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia kummallakaan ryhmällä.
2. *PVR vs. KSR.* PVR kehittyi perinteistä YVK-harjoittelua tehnyttä KSR:ä paremmin kaikissa pyöräilytesteissä. Hypoteesien mukainen odotus oli, että kehitys olisi ryhmässä vastaavanlaista. Tuloksena PVR kehittyi kuitenkin odotettua paremmin KSR:n verrattuna. Vaikka tässä ei saatu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välille, niin eroja kuitenkin oli keskiarvon perusteella. Kestävyysominaisuuksissa ei tapahtunut merkittävää kehitystä kummallakaan ryhmällä. Tämän osalta ryhmien muutokset olivat siis hyvin vastaavat.
3. *Polkemistehokkuus ja taloudellisuus.* Pyöräilyn taloudellisuus ei muuttunut merkitsevästi missään ryhmässä. Kuitenkin PVR sai lopputesteissä merkitsevästi korkeampia laktaatti- ja sykearvoja kuin alkutesteissä. Ehkä PVR:n aerobisessa taloudellisuudessa saattoi tapahtua pientä laskua. Hypoteesissa odotettiin jonkinlaista kehitystä voimaharjoitteluryhmien taloudellisuuteen. Näin ei kuitenkaan tapahtunut. Poljinvoimamuuttujien osalta KSR saavutti kammenpyörähdyksen huippuväännön kohdan lopputesteissä merkitsevästi aiemmin kuin alkutesteissä. KSR pystyi tuottamaan siis mahdollisesti nopeammin voimaa harjoittelun seurauksena. Hypoteesina oli, että myös PVR:n polkemistehokkuus paranisi. Tässä ei kuitenkaan tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, vaikka jotain pieniä viitteitä asiasta oli olemassa.



4. *Harjoittelun fysiologiset vasteet.* PVR:n ja KSR:n harjoittelumuodot poikkesivat hypoteesin mukaisesti toisistaan. Pyörävoimaharjoittelu oli anaerobisempaa harjoittelua kuin kuntosaliharjoittelu. PVR:n laktaattitasot olivat harjoituksissa AnK:n ja VO<sub>2</sub>max:n välillä. KSR:n laktaattitasot olivat harjoituksissa AerK:n ja AnK:n välillä. Lisäksi harjoittelun vaikutuksia voitiin havainnoida testien perusteella ja PVR:n harjoittelu nostikin enemmän laktaatti- ja syketasoja sekä kehitti paremmin anaerobista kapasiteettia. Tämän voisi osittain selittää hypoteesien mukaisilla mahdollisilla lihassolutyypin muutoksilla. Toki voi olla, että harjoittelujakso ei ollut vielä riittävän pitkä kovin suuriin muutoksiin lihassolutyypeissä.

*Jatkotutkimusehdotukset.* Tätä aihetta olisi hyvä tutkia myös tulevaisuudessa. Yksi kiinnostava tutkimusaihe voisi olla yhdistää PVR:n ja KSR:n harjoittelu niin, että esimerkiksi viikon ensimmäinen harjoitus olisi kuntosalilla ja toinen harjoitus Wattbikella. Tämän voisi toteuttaa myös yhdistämällä samaan harjoitukseen kuntosalin maksimivoimaa ja pyörävoimaa. Tätä teemaa on jo tutkittu aiemmin, mutta käytetyt menetelmät olivat hieman erilaiset (McNamara & Stearne 2013; Tsitkanou ym. 2017). Toinen tutkimusehdotus koskee pyörävoimaharjoittelun käyttömahdollisuuksia kuntosaliharjoittelulla kehitettyjä voimatasoja ylläpitävänä ja jalostavana harjoitusmuotona. Tutkimuksen voisi ajoittaa kilpailukauden alkuun niin, että lopettaisi kuntosaliharjoittelun ja jatkaisi pyörävoimaharjoittelulla. Tällä voisi selvittää pystytäänkö voimatasoja ylläpitämään paremmin pyörävoimaharjoittelulla kuin lopettamalla voimaharjoittelu kokonaan.

Kolmas jatkotutkimusehdotus voisi olla suuremmalla vastuksella ja matalammalla kadenssilla toteutettu pyörävoimatreeni. Tähän tarvittaisiin kuitenkin joku toinen polkupyöräergometri, sillä Wattbiket eivät mahdollista suurempaa vastusta ilman kadenssin nostoa. Neljäs tutkimusaihe voisi olla, että tutkittavana olisi pelkästään huippupyöräilijöitä, joiden harjoitustunnit olisivat keskimäärin esimerkiksi 15–20 tunnin paikkeilla. Tällä voisi selvittää, onko tämä harjoittelumuoto toimiva myös siinä tilanteessa.

## **8.9 Käytännön sovellutukset**

Pyörävoimaharjoittelu oli toimiva menetelmä pyöräily suorituskyvyn kehittämiseksi. Harjoittelu kehitti pyöräily suorituskykyä tässä ajankohdassa paremmin kuin perinteinen YVK-harjoittelu tai pelkkä kestävyys harjoittelu. Kehitys tapahtui todennäköisesti pääasiassa

anaerobisen suorituskyvyn ja irtiottokyvyn kehittymisen johdosta. Pyörävoimaharjoittelua voisi hyödyntää myös pidempien suoritusten kehittämisessä. Tässä tutkimuksessa hyöty näkyi jopa 30 minuutin suorituksiin asti. Tämä ei poista sitä tosiasiaa, että tarvitaan myös pidempikestoista kestävyysharjoittelua. Yhdistetyllä harjoittelulla voitaisiin kuitenkin saada lisähyötyjä.

Pyörävoimaharjoittelu aiheuttaa kovan intensiteettinsä vuoksi elimistössä melko anaerobisen vasteen. On siis mahdollista, että pitkällä aikavälillä pyörävoimaharjoittelu voi vaikuttaa negatiivisesti pyöräilijän aerobisiin kestävyysominaisuuksiin. Tämän selvittäminen vaatisi kuitenkin pidemmän tutkimusjakson. Tässä tutkimuksessa käytetyn lyhyen 10 viikon jakson aikana ei havaittu vielä juurikaan negatiivisia vaikutuksia muuten kuin laktaatin ja sykkeiden nousun osalta.

Pyörävoimaharjoittelua voisi suositella lyhytaikaisena harjoitusmuotona suorituskyvyn maksimoimiseksi. Etenkin tämä voisi olla hyödyllistä kilpailuun valmistavalla harjoitusjaksolla, jolloin kuntosaliharjoittelun tilalle tai oheen voisi ottaa pyörävoimaharjoittelua. Tämä mahdollistaisi voimaharjoittelun hyötyjen jalostamisen pyöräilyyn. Samalla tulisi aktivoivaa tehoarjoittelua hyvänä vastapainona harjoituskauden aerobista peruskestävyysharjoittelua painottavalle jaksolle.

## LÄHTEET

- Aagaard, P. & Andersen, J.L. 2010. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20, 39–47.
- Aagaard, P., Andersen, J.L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J.L., Cramer, R., Magnusson, S.P. & Kjær, M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6), e298–e307.
- Ahluos, P. 2005. *Pyöräilyvalmennus*. Helsinki: Suomen Pyöräilyunioni ry.
- Arazi, H., Faraji, H., Moghadam, M.G. & Samadi, A. 2011. Effects of concurrent exercise protocols on strength, aerobic power, flexibility and body composition. *Kinesiology* 43 (2), 155–162.
- Atkinson, G., Davison, R., Jeukendrup, A. & Passfield, L. 2003. Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *Journal of Sports Sciences* 21, 767–787.
- Bastiaans, J.J., van Diemen, A.B.J.P., Veneberg, T. & Jeukendrup, A.E. 2001. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology* 86 (1), 79–84.
- Beattie, K., Carson, B.P., Lyons, M. & Kenny, I.C. 2017. The effect of maximal- and explosive-strength training on performance indicators in cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12, 470–480.
- Bini, R. R. & Carpes, F.P. 2014. Measuring pedal forces. Teoksessa Bini, R. R. & Carpes, F.P. (toim.) *Biomechanics of cycling*. Sveitsi: Springer International Publishing, 13–21.
- Bini, R.R., Hume, P.A., Croft, J., & Kilding, A.E. 2013. Pedal force effectiveness in Cycling: a review of constraints and training effects. *Journal of Science and Cycling* 2 (1), 11–24.
- Bishop, D., Jenkins, D.G. & Mackinnon, L.T. 1998. The relationship between plasma lactate parameters,  $W_{peak}$  and 1-h cycling performance in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30 (8), 1270–1275.
- Bompa, T.O. & Haff, G.G. 2009. *Periodization – Theory and methodology of training*. 5. painos. USA: Human Kinetics.

- Borszcz, F.K., Tramontin, A.F., de Souza, K.M., Carminatti, L.J. & Costa, V.P. 2018. Physiological correlations with short, medium, and long cycling time-trial performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 89 (1), 120–125.
- Bosquet, L., Léger, L. & Legros, P. 2002. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine* 32 (11), 675–700.
- Burich, R., Teljigovic, S., Boyle, E. & Sjøgaard, G. 2015. Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: Randomized trial. *European Journal of Sport Science* 15 (8), 773–783.
- Candotti, C.T., Ribeiro, J., Soares, D.P., De Oliveira, Á.R., Loss, J.F. & Guimarães, A.C.S. 2007. Effective force and economy of triathletes and cyclists. *Sports Biomechanics* 6 (1), 31–43.
- Canivel, R.G. & Wyatt, F.B. 2016. Cardiovascular responses between low cadence/high force vs. high cadence/low force cycling. *International Journal of Exercise Science* 9 (4), 419–426.
- Coggan, A.R. 2003. Training and racing using a power meter: an introduction. Viitattu 15.6.2018. <https://documents.com/s-training-and-racing-using-a-power-meter-an-introduction.pdf>.
- Conley, D.L. & Krahenbuhl, G.S. 1980. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise* 12 (5), 357–360.
- Coyle, E.F., Feltner, M.E., Kautz, S.A., Hamilton, M.T., Montain, S.J., Baylor, A.M., Abraham, L.D. & Petrek, G.W. 1991. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 23 (1), 93–107.
- Creer, A.R., Ricard, M.D., Conlee, R.K., Hoyt, G.I. & Parcell, A.C. 2004. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine* 25, 92–98.
- Driller, M.W., Argus, C.K. & Shing, C.M. 2013. The reliability of a 30-s sprint test on the Wattbike cycle ergometer. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8, 379–383.
- Durnin, J.V.G.A. & Rahaman, M.M. 1967. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *British Journal of Nutrition* 21, 681–688.

- Ebert, T.R., Martin, D.T., Stephens, B. & Withers, R.T. 2006. Power output during a professional men's road-cycling tour. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 1, 324–335.
- Eklund, D., Schumann, M., Kraemer, W.J., Izquierdo, M., Taipale, R.S. & Häkkinen, K. 2016. Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (1), 164–175.
- Faria, E.W., Parker, D.L. & Faria, I.E. 2005. The science of cycling: Physiology and training – part 1. *Sports Medicine* 35 (4), 285–312.
- Ghosh, A.K. 2004. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *Malaysian Journal of Medical Sciences* 11 (1), 24–36.
- Gist, N.H., Fedewa, M.V., Dishman, R.K. & Cureton, K.J. 2014. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 44, 269–279.
- Glaskin, M. 2014. Pyörä ja ihminen – Miten pyörä ja polkija pelaavat yhteen. Suomentanut Sarkkinen, E. Jyväskylä: Docendo Oy. Englanninkielinen alkuteos 2012.
- Glowacki, S.P., Martin, S.E., Maurer, A., Baek, W., Green, J.S. & Crouse, S.F. 2004. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36, 2119–2127.
- Gonzalez-Tablas, A., Martin-Santana, E. & Torres, M. 2016. Designing a cost-effective power profile test for talent identification programs (Abstract). *Journal of Science and Cycling* 5 (2), 27–28.
- Hama, K.K. & Magied, A. 2014. Effect of concurrent training on VO<sub>2</sub>max, certain physical variables and spike performance for young female volleyball players. *Science, Movement and Health* 14 (2), 437–441.
- Hansen, E.A., Raastad, T. & Hallén, J. 2007. Strength training reduces freely chosen pedal rate during submaximal cycling. *European Journal of Applied Physiology* 101, 419–426.
- Hansen, E.A., Rønnestad, B.R., Vegge, G. & Raastad, T. 2012. Cyclists' improvement of pedaling efficacy and performance after heavy strength training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 7, 313–321.
- Hawley, J.A. 2009. Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible? *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 34 (3), 355–361.

- Heggelund, J., Fimland, M.S., Helgerud, J. & Hoff, J. 2013. Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *European Journal of Applied Physiology* 113, 1565–1573.
- Herbert, P., Sculthorpe, N., Baker, J.S. & Grace, F.M. 2015. Validation of six second cycle test for the determination of peak power output. *Sports Medicine* 23, 115–125.
- Hug, F., Drouet, J.M., Champoux, Y., Couturier, A. & Dorel, S. 2008. Interindividual variability of electromyographic patterns and pedal force profiles in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 104 (4), 667–678.
- Hynynen, E. 2016. Hengitys- ja verenkiertoelimistö. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 117–127.
- Izquierdo, M., Ibáñez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Ruesta, M. & Gorostiaga, E.M. 2004. Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *Journal of Sports Sciences* 22, 465–478.
- Jobson, S.S., Passfield, L., Atkinson, G., Barton, G. & Scarf, P. 2009. The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Medicine* 39 (10), 833–844.
- Jones, T.W., Howatson, G., Russell, M. & French, D.N. 2017. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *European Journal of Sport Science* 17 (3), 326–334.
- Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) 2007a. *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.
- Keskinen, O.P., Mänttari, A., Aunola, S. & Keskinen, K.L. 2007b. Aerobisen kestävyysarviointimenetelmät. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 78–103.
- Koninckx, E., Van Leemputte, M. & Hespel, P. 2010. Effect of isokinetic cycling versus weight training on maximal power output and endurance performance in cycling. *European Journal of Applied Physiology* 109, 699–708.
- Kristoffersen, M., Gundersen, H., Leirdal, S. & Iversen, V.V. 2014. Low cadence interval training at moderate intensity does not improve cycling performance in highly trained veteran cyclists. *Frontiers in Physiology* 5, 1–7.
- LaVoie, N.F., Mercer, T.H. & Ciolfi, M.A. 1988.  $\text{VO}_2\text{max}$  of competitive cyclists using a conventional cycle ergometer test versus a sport-specific bicycle test. Teoksessa

- Burke, E.R. & Newsom, M.M. (toim.) Medical and scientific aspects of cycling. USA: Human Kinetics Books, 141–146.
- Leong, C.H., McDermott, W.J., Elmer, S.J. & Martin, J.C. 2014. Chronic eccentric cycling improves quadriceps muscle structure and maximum cycling power. *International Journal of Sports Medicine* 35, 559–565.
- Linossier, M.-T., Dormois, D., Geysant, A. & Denis, C. 1997. Performance and fibre characteristics of human skeletal muscle during short sprint training and detraining on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology* 75, 491–498.
- Loveless, D.J., Weber, C.L., Haseler, L.J. & Scheider, D.A. 2005. Maximal leg-strength training improves cycling economy in previously untrained men. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37 (7), 1231–1236.
- Lucia, A., Hoyos, J. & Chicharro, J.L. 2001. Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine* 31 (5), 325–337.
- Matomäki, P. 2016. Maantiepyöräilyn lajianalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Lajianalyysi työ. Viitattu 15.6.2018. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/52794>.
- Martikainen, T. 2018. Kehity pyöräilijänä – pyöräilijän tehotreeni. 1. painos. Oulu: Fitra.
- McGawley, K. & Bishop, D. 2006. Reliability of a 5 x 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology* 98, 383–393.
- McNamara, J.M. & Stearne, D.J. 2013. Effect of concurrent training, flexible nonlinear periodization, and maximal-effort cycling on strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (6), 1463–1470.
- McNaughton, L.R., Roberts, S. & Bentley, D.J. 2006. The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *Journal of Strength & Conditioning Research* 20 (1), 157–161.
- Menaspa, P., Quod, M., Martin, D.T., Peiffer, J.J. & Abbiss, C.R. 2015. Physical demands of sprinting in professional road cycling. *International Journal of Sports Medicine* 36, 1058–1062.
- Millet, G.P., Jaouen, B., Borrani, F. & Candau, R. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34, 1351–1359.

- Minahan, C. & Wood, C. 2008. Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology* 102, 659–666.
- Moseley, L. & Jeukendrup, A.E. 2001. The reliability of cycling efficiency. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33, 621–627.
- Mujika, I. & Padilla, S. 2001. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine* 31 (7), 479–487.
- Mujika, I., Rønnestad, B.R. & Martin, D.T. 2016. Effects of increased muscle strength and muscle mass on endurance-cycling performance. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 11 (3), 283–289.
- Nebil, G., Zouhair, F., Hatem, B., Hamza, M., Zouhair, T., Roy, S. & Ezdine, B. 2014. Effect of optimal cycling repeated-sprint combined with classical training on peak leg power in female soccer players. *Isokinetics and Exercise Science* 22 (1), 69–76.
- Nieminen, M., Ahokas, P. & Kempas, M. 1987. Kilpapyöräily. Teoksessa Kempas, M. & Pajunen, R. (toim.) *Pyöräily – kuntoa, vauhtia, virkistystä*. Valmennuskolmio Oy, 117–255.
- Nimmerichter, A., Eston, R., Bachl, N. & Williams, C. 2012. Effects of low and high cadence interval training on power output in flat and uphill cycling time-trials. *European Journal of Applied Physiology* 112, 69–78.
- Nimmerichter, A., Prinz, B., Haselsberger, K., Novak, N., Simon, D. & Hopker, J.G. 2015. Gross efficiency during flat and uphill cycling in field conditions. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 10 (7), 830–834.
- Nummela, A. 2007a. Aerobisen kestävyuden suorat mittausmenetelmät. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 64–78.
- Nummela, A. 2007b. Kestävyysuorituskykyä selittävät tekijät. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 51–59.
- Nummela, A. 2007c. Kuormitus- ja mittalaitteet. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura, 59–64.
- Nummela, A. 2007d. Nopeuskestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K.L. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. 2. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 315–332.



- Nummela, A. 2016. Kestävyysominaisuuksien seuranta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 290–293.
- Nummela, A., Keskinen, K.L. & Vuorimaa, T. 2007. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K.L. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. 2. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 333–363.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J. & Angulo, F. 2000. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (4), 850–856.
- Padulo, J., Migliaccio, G.M., Ardigo, L.P., Leban, B., Cosso, M. & Samozino, P. 2017. Lower limb force, velocity, power capabilities during leg press and squat movements. *International Journal of Sports Medicine* 38, 1083–1089.
- Panzer, R. 2010. *Cycling fast*. Champaign, USA: Human Kinetics.
- Paton, C.D., Hopkins, W.G. & Cook, C. 2009. Effects of low- vs. high cadence interval training on cycling performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, 1758–1763.
- Psilander, N., Frank, P., Flockhart, M. & Sahlin, K. 2015. Adding strength to endurance training does not enhance aerobic capacity in cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25, e353–e359.
- Rannama, I., Bazanov, B., Baskin, K., Zilmer, K., Roosalu, M. & Port, K. 2013. Isokinetic muscle strength and short term cycling power of road cyclists. *Journal of Human Sport & Exercise* 8, S19–S29.
- Rønnestad, B.R., Hansen, E.A. & Raastad, T. 2010a. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology* 108 (5), 965–975.
- Rønnestad, B.R., Hansen, E.A. & Raastad, T. 2010b. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology* 110, 1269–1282.
- Rønnestad, B.R., Hansen, E.A. & Raastad, T. 2011. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (2), 250–259.
- Rønnestad, B.R., Hansen, E.A. & Raastad, T. 2012. High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology* 112 (4), 1457–1466.

- Rønnestad, B.R., Hansen, J., Hollan, I. & Ellefsen, S. 2015. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25, e89–e98.
- Rønnestad, B.R., Hansen, J. & Nygaard, H. 2017. 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences* 35 (14), 1435–1441.
- Rønnestad, B.R., Hansen, J., Hollan, I., Spencer, M. & Ellefsen, S. 2016. Impairment of performance variables after in-season strength-training cessation in elite cyclists. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 11 (6), 727–735.
- Rønnestad, B.R. & Mujika, I. 2014. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (4), 603–612.
- Sallet, P., Mathieu, R., Fenech, G. & Baverel, G. 2006. Physiological differences of elite and professional road cyclists related to competition level and rider specialization. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness* 46 (3), 361–365.
- Schumann, M., Mykkänen, O-P., Doma, K., Mazzolari, R., Nyman, K. & Häkkinen, K. 2015. Effects of endurance training only versus same-session combined endurance and strength training on physical performance and serum hormone concentrations in recreational endurance runners. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 40 (1), 28–36.
- Silva, R.A.S., Silva-Júnior, F.L., Pinheiro, F.A., Souza, P.F.M., Boullosa, D.A. & Pires, F.O. 2014. Acute prior heavy strength exercise bouts improve the 20-km cycling time trial performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (9), 2513–2520.
- Stapelfeldt, B., Mornieux, G., Oberheim, R., Belli, A. & Gollhofer, A. 2007. Development and evaluation of a new bicycle instrument for measurements of pedal forces and power output in cycling. *International Journal of Sports Medicine* 28, 326–332.
- Stephens, N.K., Hawley, J.A., Dennis, S.C. & Hopkins, W.G. 1999. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (5), 736–741.
- Sunde, A., Støren, Ø, Bjerkaas, M., Larsen, M.H., Hoff, J. & Helgerud, J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (8), 2157–2165.
- Taipale, R.S., Mikkola, J., Nummela, A.T., Sorvisto, J., Nyman, K., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2015. Combined strength and endurance session order: differences in

- force production and oxygen uptake. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 10, 418–425.
- Theurel, J. & Lepers, R. 2008. Neuromuscular fatigue is greater following highly variable versus constant intensity endurance cycling. *European Journal of Applied Physiology* 103 (4), 461–468.
- Tsitkanou, S., Spengos, K., Stasinaki, A-N., Zaras, N., Bogdanis, G., Papadimas, G. & Terzis, G. 2017. Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27 (11), 1317–1327.
- UCI/WCC. 2016. Power Profile test. Viitattu 15.6.2018. <https://cdn.wattbike.com/uploads/uk/docs/UCI-power-profile-test.pdf>.
- Varela-Sanz, A., Tuimil, J.L., Abreu, L. & Boullosa, D.A. 2017. Does concurrent training intensity distribution matter? *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (1), 181–195.
- Veikkanen, J., Kotiranta, K. & Hagqvist, A. 2013. Aja kovempaa – maantiepyöräilijän käsikirja. 1. painos. Suomi: Fitra.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø, Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T. & Rønnestad, B.R. 2016. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO<sub>2</sub>max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (4), 384–396.
- Vogt, S., Heinrich, L., Schumacher, Y.O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H.-H. & Schmid, A. 2006. Power output during stage racing in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (1), 147–153.
- Vogt, S., Schumacher, Y.O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H.-H., Schmid, A. & Heinrich, L. 2007. Cycling power output produced during flat and mountain stages in the Giro d'Italia: A case study. *Journal of Sports Sciences* 25 (12), 1299–1305.
- Wattbike. 2017. Power Table for Wattbike Pro. Viitattu 15.6.2018. <https://support.wattbike.com/hc/en-gb/articles/115001881825-Power-Resistance-and-Cadence-Tables>.
- Whitty, A.G., Murphy, A.J., Coutts, A.J. & Watsford, M.I. 2016. The effect of low- vs high-cadence interval training on the freely chosen cadence and performance in endurance-trained cyclists. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 41, 666–673.

- Wilber, R.L., Zawadzki, K.M., Kearney, J.T., Shannon, M.P. & Disalvo, D. 1997. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29 (8), 1090–1094.
- Wilson, J.B., Marin, P.J., Rhea, M.R., Wilson, S.M.C., Loenneke, J.P. & Anderson, J.C. 2012. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (8), 2293–2307.
- Withers, R.T., Sherman, W.M. & Miller, J.M. 1981. Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 47 (1), 93–104.