

**YHDISTETYN PYÖRÄVOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET
MAKSIMI- JA NOPEUSVOIMAOMINAISUUKSIIN**

Lauri Malmstedt

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2018

Ohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Malmstedt, L. 2019. Yhdistetyn pyörävoima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset maksimi ja nopeusvoimaominaisuuksiin. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, (valmennus- ja testausopin) pro gradu -tutkielma, 71 s., (12 liitettä).

On todettu, että kestävyysurheilijoille on hyvä sisällyttää voimaharjoittelua kestävyysharjoittelun ohkeen, jotta heidän kestävyys suorituskykynsä paranisi voimaominaisuuksien kehityksen myötä. Myös korkea intensiteettisten intervallien on todettu olevan hyödyllisiä pyöräilyn suorituskyvyille. Tähän asti tätä yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun tutkimuksien voimaharjoittelu on tehty vain kuntosaliharjoittelulla, eikä pyörällä tehtyä voimatyypistä harjoittelua ole tutkittu lainkaan.

Tässä projektissa 41 tutkittavaa jaettiin kolmeen ryhmään: pyörävoima-, kuntosali- ja kontrolliryhmä. Heille tehtiin syksyllä 2018 porrastetusti viikon aikana kestävyys- ja voimaominaisuuksia mittaava testipatteristo ennen ja jälkeen kymmenen viikon harjoittelujakson. Kontrolliryhmä harjoitteli harjoittelujakson ajan kestävyysharjoittelua, niin kuin ryhmä oli aiemminkin tehnyt. Kuntosaliryhmä puolestaan korvasi kestävyysharjoittelua kahdella aiemmin hyväksi tutkitulla kuntosalin maksimivoimaharjoittelulla (3 x 3-6 RM; takakyykky, yhden jalan jalkaprässi ja polven ojennus). Pyörävoimaharjoitteluryhmä osaltaan korvasi kestävyysharjoittelua mahdollisimman voimatyypillisellä wattipyöräharjoittelulla (3 x 3 x 6-12 sec, 78-90 % maksimitehosta). Tähän graduun kuuluvat testit olivat esikevennetty hyppy, vastus lateraalisen paksuus (ultraääni), ihopoimimittaus, isometrinen jalkaprässi bi- ja unilateraalisesti (EMG:n kanssa), 30-minuutin aika-ajo (EMG:n kanssa), yhden jalan yhden toiston maksimi jalkaprässissä, tehoprässi sekä UCI:n profiilitesti (2 x 6s ja 4min maksimaaliset ajot).

Kuntosaliryhmä kasvatti vastus lateraalisen paksuutta, jalkaprässin yhden jalan yhden toiston maksimia sekä unilateraalisen jalkaprässin maksimia (7,0 %, $p = 0.001$; 10,7 %, $p < 0.001$; 8,5 %, $p = 0.003$) prosentuaalisesti paremmin kuin pyörävoima- (4,5 %, $p = 0.008$; 9,6 %, $p < 0.001$; 7,3 %, $p = 0.017$) ja kontrolliryhmä (-0,3 %, $p > 0.05$; 4,7 %, $p = 0.037$; 0,6 %, $p > 0.05$). Muutokset erosivat toisistaan merkitsevästi näissä testeissä kuntosali- ja kontrolliryhmän välillä lukuun ottamatta unilateraalisen jalkaprässin maksimia ($p = 0.006$, $p = 0.023$, $p > 0.05$). Pyörävoimaryhmä puolestaan kehitti 30 minuutin aika-ajon tehoa, UCI:n profiilitestin 6 sekunnin testitulosta sekä isometristä bilateraalista jalkaprässiä (3,7 %, $p = 0.001$; 10,8 %, $p < 0.001$; 7,0 %, $p = 0.008$) prosentuaalisesti paremmin kuin kuntosali- (2,8 %, $p > 0.05$; 6,5 %, $p = 0.001$; 4,8 %, $p = 0.022$) ja kontrolliryhmä (-0,8 %, $p > 0.05$; 3,6 %, $p = 0.012$; 4,2 %, $p > 0.05$). Näistä testeistä muutokset erosivat toisistaan merkitsevästi pyörävoima- ja kontrolliryhmän välillä vain UCI profiilitestin 6 sekunnin testissä ($p = 0.030$). Laajemmin katsottuna tuloksista näyttää siltä, että kuntosaliryhmän voiman suurempaa kehitystä vahvempaan jalkaan sekä pyöräilyn huippuvääntömomenttien arvoihin, kun pyörävoimaryhmän kehitys puolestaan näyttää tasaavan hiukan jalkojen puolieroa vasemman jalan puolelta ja kehittää enemmän pyöräilyn minimiväännön arvoja. Tämän lisäksi voimaryhmät kehittivät voimaominaisuuksiaan erilailla eri lihasten suhteen. Myös tulosten väliset yhteydet tukivat lajinomaisuuden periaatetta.

Tämän perusteella voisi olla suositeltavaa sisällyttää ainakin pyöräilijöiden voimaharjoitteluohjelmaan pyörällä tehtävää korkean vastuksen harjoittelua. Tulevaisuudessa voisi olla hyvä kehittää pyöräilynomaista harjoitteluohjelmaa ja -välineitä, jotta optimaalisin harjoittelumuoto voisi löytyä. Samoin tätä lajinomaista harjoittelua voisi tutkia muissakin lajeissa.

Asiasanat: yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu, voima, maksimivoima, nopeusvoima, kestävyys, pyöräily, pyörävoima

KIITOKSET

Tämä pro gradu -tutkielma on suunniteltu ja toteutettu yhdessä Samuel Halmeen kanssa suunnitellusta projektista, josta teimme molemmat omat tutkielmamme. Tahdon siis kiittää häntä hyvästä yhteistyöstä kanssani. Hänen leppoisuus, rauhallisuus, huumorintaju, ahkeruus ja projektiin sitoutuminen ovat tehneet projektin tekemisestä hyvin mielekästä. Tahdon kiittää myös ohjaajaani Juha Ahtiaista hyvästä ja kärsivällisestä opastuksesta. Hänen tietämyksensä, palautteensa sekä tutkielmaan panostamisen kannustamisesta on ollut suuri apu tämän tutkielman valmiiksi saamisessa. Tahdon kiittää myös jokaista pro gradu -seminaarissa olevaa hyvistä kommentteista, vertaistuesta ja avusta. Heistä tahdon mainita erikseen opponenttini Eero Savolaisen, Ville-Veikko Pohjanvirran sekä Vesa Salmelan. Heistä Eero ja Ville-Veikko toimivat työni opponentteina ja antoivat erittäin arvokasta kommenttia työhöni liittyen. Vesa puolestaan teki tutkimusharjoittelutunteja projektissamme ja hänen työntekonsa oli hyvin luotettavaa, jolloin saimme Samuelin kanssa hoitaa projektin taustatöitä rauhassa huolehtimatta asioiden hoitumisesta hänen työnteon aikana. Lisäksi tahdon kiittää Concept Finnrowing Oy:tä, joka lainasi tutkimukseemme sopivat, hyväkuntoiset ja laadukkaat Wattbike pro -pyörät käyttöömmme. Ilman niitä tutkimus ei olisi voinut toteutua suunnitelman mukaisesti. Tämän lisäksi tahdon kiittää vielä kaikkia tutkittavia hienosta asenteesta, ahkeruudesta ja antautumisesta tutkimustamme kohtaan. Kiitos kuuluu myös monelle muulle arjessa eteenpäin kannustavalle ihmiselle. Kiitos kaikille tuestanne!

KÄYTETYT LYHENTEET

AT	alkutesti
BMI	body mass index, kehon painoindeksi
EKH	esikevennetty hyppy
EMG	elektromyografia
IBJ	isometrisen bilateraalisien jalkaprässin maksimi
KOR	kontrolliryhmä
KSR	kuntosaliryhmä
MIUJ	molempien jalojen isometrisen unilateraalisen jalkaprässin maksimin keskiarvo
MHV	molempien jalojen huippuväännön keskiarvo
M 1 RM	molempien jalojen yhden toiston maksimin keskiarvo
OHV	oikean jalan huippuvääntömomentti
OMV	oikean jalan minimivääntömomentti
PVR	pyörävoimaryhmä
RMS	root mean square, neliöllinen keskiarvo
RPE	rating of perceived exertion, koettu kuormittavuus
SRM	Schoberer Rad Meßtechnik, tehomittarityyppi /-merkki
UCI	Union Cycliste Internationale, kansainvälinen pyöräilyliitto
VHV	vasemman jalan huippuvääntömomentti
VL	vastus lateralis (oikea jalka)
VLP	vastus lateraalisen paksuus
VMV	vasemman jalan minimivääntömomentti
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi
6	UCI:n 6 sekunnin testi
6 s	UCI:n 6 sekunnin testi maksimiteho
7	7 minuutin testi
30	30 minuutin testi
30 min	30 minuutin testi keskiteho

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 PYÖRÄILYN SUORITUSKYKY	2
3 KESTÄVYYSHARJOITTELU.....	4
3.1 Kestävyysharjoittelun vaikutukset maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin	4
3.2 Kestävyuden harjoittaminen	5
4 VOIMAHARJOITTELU.....	7
4.1 Voimaharjoittelun vaikutus maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin	7
4.2 Hermostollinen adaptaatio	9
4.2.1 Hermostollisen adaptaation mekanismit	9
4.2.2 Hermostollisen adaptaation ilmiöitä	10
4.3 Maksimivoimaharjoittelu.....	13
4.3.1 Maksimivoimaharjoittelun vaikutukset pyöräilyn suorituskykyyn	13
4.3.2 Maksimivoiman harjoittaminen.....	14
4.4 Nopeusvoimaharjoittelu.....	16
4.4.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset pyöräilyn suorituskykyyn	16
4.4.2 Nopeusvoiman harjoittaminen	17
4.5 Pyörävoimaharjoittelu	18
5 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET MAKSIMI JA NOPEUSVOIMAOMINAISUUKSIIN.....	20
5.1 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset.....	20
5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun toteuttaminen	22
6 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT	23

7 MENETELMÄT	24
7.1 Tutkittavat	24
7.2 Tutkimusasetelma.....	25
7.3 Mittausmenetelmät	27
7.3.1 Esikevennetty hyppy	27
7.3.2 Ultraäänikuvantaminen	27
7.3.3 Ihopoimumittaus	27
7.3.4 Isometrinen jalkaprässi	28
7.3.5 30 minuutin ajo	29
7.3.6 Dynaaminen jalkaprässi	30
7.3.7 Tehoprässi	30
7.3.8 Pyöräilyn tehoprofilitesti.....	31
7.4 Harjoitusohjelma	31
7.4.1 Kontrolliryhmä	31
7.4.2 Kuntosaliryhmä	32
7.4.3 Pyörävoimaryhmä.....	32
7.5 Tilastolliset menetelmät.....	33
8 TULOKSET.....	34
8.1 Kehonkoostumusmittaukset.....	34
8.2 Maksimaalinen isometrinen jalkaprässi.....	35
8.2.1 Bilateraallinen isometrinen jalkaprässi	35
8.2.2 Unilateraalinen isometrinen jalkaprässi	37
8.3 Pyörätestit	38
8.3.1 4 minuutin ajo.....	38

8.3.2	7 minuutin ajo	39
8.3.3	30 minuutin ajo	40
8.1	Muut dynaamiset testit.....	42
8.1	Testituloksien välisiä yhteyksiä	44
8.2	Harjoittelun seuranta	46
9	POHDINTA.....	48
9.1.1	Tutkimuksen päälöydökset.....	48
9.1.2	Lajinomaisuuden tärkeys	48
9.1.3	Kritiikki lajinomaisuuden ilmenemiseen	52
9.1.4	Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet	53
9.1.5	Johtopäätökset	54
9.1.6	Käytännönsovellutus.....	55
	LÄHTEET	56
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Voimaharjoittelun on tutkittu tuovan positiivisia vaikutuksia kestävyys- ja suorituskykyyn, joka paranee voimaharjoittelun myötä taloudellisuuden, väsymyksen lykkäytymisen (Sunde ym. 2010), anaerobisen kapasiteetin (Mikkola ym. 2007) sekä maksiminopeuden (Stratton ym. 2009; Rønnestad ym. 2015) kautta. Tutkimukset osoittavat, että suositellun voimaharjoittelun tyyppi voi vaihdella eri lajien välillä. Tässä tutkimuksessa käsitellään vain pyöräilyä, jossa maksimivoiman kehittäminen näyttäisi olevan tärkeä kehityskohde. (Bazyler ym. 2015; Mujika ym. 2016; Rønnestad & Mujika 2014; Behm ym. 2016.) Tämän lisäksi korkea intensiteettisten intervallit näyttävät olevan hyödyllisiä pyöräilyn suorituskyvylle yhdessä maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksien paranemisen myötä (Paton ym. 2009; Whitty ym. 2016; Kinnunen ym. 2017; Ludyga ym. 2017).

Kaiken kaikkiaan pyöräilyn voimaharjoittelussa ei ole tutkittu lainkaan sitä, voiko näitä positiivisia voimaharjoittelun tuomia adaptaatioita saada aikaan myös kuntosalin sijaan lajinomaisemmalla voimaharjoittelutyypillisellä pyöräilyllä (Paton ym. 2009; Koninckx ym. 2010; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016). Tämänlainen harjoittelu voitaisiin tehdä mahdollisesti ulkona pyöräilemällä tai sisällä kuntopyörän avulla.

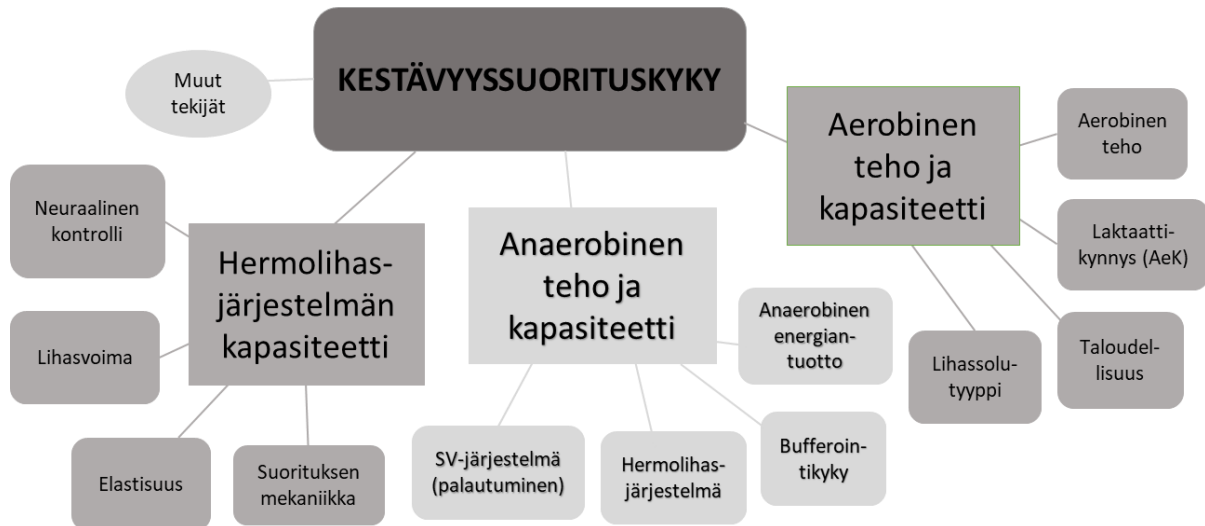
Tämän pro gradu –tutkielman tarkoitus on avata pyörävoimaharjoittelun aihealuetta. Tutkielma tuo esiin, minkälaisia vaikutuksia tämänlaisella harjoittelulla on maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin. Samalla tästä voi syntyä parhaimmillaan uusi tutkimuskohde moneen eri lajiin; kyseisen aihealueen välineistön ja harjoittelun tarkempi kehitys voi saada alkunsa, jos tulokset ovat siihen kannustavia.

2 PYÖRÄILYN SUORITUSKYKY

Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat monet tekijät. Nämä tekijät voidaan jaotella esimerkiksi seuraavalla tavalla: aerobinen teho ja kapasiteetti, anaerobinen teho ja kapasiteetti sekä hermolihaskapasiteetti. Näiden osa-alueiden painotukset vaihtelevat lajin ja suorituksen pituuden mukaan. (Paavolainen ym. 1999a.)

Aerobiseen kestävyysuoritukseen vaikuttavat neljä tekijää: aerobinen teho (maksimaalinen hapenottokyky, ml/kg/min), laktaattikynnys (aerobinen kynnys), taloudellisuus (Paavolainen ym. 1999a) sekä lihassolu-tyyppi (Rodríguez ym. 2002; Harber & Trappe 2008). Näistä aerobista tehoa (maksimaalista hapenottokykyä) on pidetty pitkään vaikuttavimpana aerobisen kestävyysuorituksen tekijänä (Saltin & Astrand 1967; Basset & Howley 2000). Anaerobiseen tehoon ja kapasiteettiin osaltaan vaikuttavat anaerobinen energiantuottokyky, laktaatin puskurointikyky (Paavolainen ym. 1999a), sydän- ja verisuonijärjestelmä (palautumisvaihe) (Tabata ym. 1997) sekä tietyt hermolihaskapasiteettimalliset tekijät, kuten lihassolutyypin tyyppi (Harber & Trappe 2008) ja neuraaliset tekijät (Häkkinen ym. 1989). Näistä laktaatin puskurointikyky on ehdotettu olevan tärkein tekijä (Weston ym. 1997). Näistä viimeiseen – hermolihaskapasiteettimallisen – vaikuttavista tekijöistä ovat neuraalinen kontrolli, lihasvoima, elastisuus sekä suorituksen mekaniikka. (Paavolainen ym. 1999a.)

Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat myös monia muita yksittäisiä asioita, joita ovat esimerkiksi taktiikka (Jones & Whipp 2002), kehonkoostumus (Vanderburgh & Katch 1996), energiavarastot (Coyle ym. 1988; Alghannam ym. 2016), ikä (Pimental ym. 2003), sukupuoli (Fagard ym. 1995), ympäristö, välineet (Ruddock ym. 2017), geenit ja elämäntavat (Moran & Pitsiladis 2017). Tämä koko kestävyysuorituskykyyn vaikuttavien tekijöiden malli näkyy alla olevassa kuvassa (kuva 1.).



KUVA 1. Paradigma kestävyysuorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä. Mukailtu eri lähteistä (Paavolainen ym 1999a; Jones & Whipp 2002; Harber & Trappe 2008; Bomba & Haff, 2009, 289, 298, 306; Alghannam ym. 2016; Ruddock ym. 2017).

Pyöräilyn pitkän matkan kestävyysuorituskyvyn tärkeimmiksi tekijöiksi on luokiteltu maksimaalinen hapenottokyky, taloudellisuus sekä laktaattikynnys (anaerobinen kynnys) (Di Prampero 1986; Joyner 1991; Rønnestad & Mujika 2014). Niiden ajatellaan selittävän yli 70% suorituskyvystä (Di Prampero 1986; Rønnestad & Mujika 2014). Näistä maksimaalinen hapenottokyky lienee tärkein tekijä asettamalla ylärajan pitkäkestoiselle suoritukselle (Saltin & Astrand 1967; Basset & Howley 2000).

Maksimi ja/tai nopeusvoimatyypisellä harjoittelulla arvellaan olevan mahdollisesti positiivisia vaikutuksia pyöräilyn kestävyysuorituskykyyn taloudellisuuden (Sunde ym. 2010; Beattie ym. 2014), väsymyksen lykkäytymisen (Sunde ym. 2010), anaerobisen kapasiteetin (Mikkola ym. 2007) sekä maksiminopeuden (Stratton ym. 2009) kautta. Näistä ominaisuuksista anaerobinen kapasiteetti ja maksiminopeus liittyvät anaerobiseen suorituskykyyn, ja taloudellisuus sekä väsymyksen lykkäytyminen liittyvät enemmän aerobiseen suorituskykyyn (Mujika ym. 2016). Kestävyysuorituskykyä ei ole tutkittu pitkäkestoisilla tutkimuksilla, sillä pisin tutkimus näyttäisi olevan kestoaltaan 25 viikkoa (Rønnestad ym. 2015).

3 KESTÄVYYSHARJOITTELU

3.1 Kestävyysharjoittelun vaikutukset maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin

Matalan ja korkean intensiteetin kestävyysharjoittelujen adaptaatiot näyttävät olevan erilaista sekä sentraalisesti sekä perifeerisesti (Martinez-Valdes ym. 2017; O'Leary ym 2017; Martinez-Valdes ym. 2018). Näistä matalaintensiteettisen kestävyysharjoittelun vaikutus itsenäisenä harjoitteluna ei näytä vaikuttavan korottavasti hermostolliseen aktiivisuuteen (Schumann ym. 2016; Martinez-Valdes ym. 2017) eikä maksimi- tai nopeusvoimaan (Sunde 2010; Aagaard ym. 2011; Psilander ym. 2015), mutta korkeamman intensiteetin harjoittelu puolestaan näyttää vaikuttavan hermostolliseen aktiivisuuteen (Martinez-Valdes ym. 2017) sekä maksimi- (Martinez-Valdes ym. 2017; Kinnunen ym. 2017; Cantrell ym. 2014) ja nopeusvoimaominaisuuksiin (Kinnunen ym. 2017). Kuitenkin juuri aikaansaadut voimaharjoittelun adaptaatiot näyttävät laskevan ainakin kahdeksassa viikossa pelkän matalaintensiteettisen kestävyysharjoittelun myötä (Rønnestad ym. 2015). Tämän lisäksi nämä molemmat voimaominaisuudet ovat vahvasti yhteydessä lihaksen poikkipinta-alaan (Izquierdo ym. 2004; Stone ym. 2004; Suchomel & Stone 2017). Näistä matalaintensiteettinen kestävyysharjoittelu ei näytä vaikuttavan positiivisesti lihaksen poikkipinta-alaan (Farup ym. 2012), mutta korkeaintensiteettinen kestävyysharjoittelu puolestaan saattaa kasvattaa lihaksen poikkipinta-alaa (Osawa ym. 2014; Estes ym. 2017). Lopujen lopuksi korkeaintensiteettisen harjoittelun on todettu voivan parantaa matalaintensiteettistä suorituskykyä (Stone ym. 2006), mutta matalaintensiteettisen harjoittelun on todettu häiritsevän korkeaintensiteettisen harjoittelun suorituskykyä ainakin hypertrofian estymisen kautta (Nader 2006; Hawley 2009; Baar 2014; Methenitis 2018). Täten vain korkeaintensiteettinen kestävyysharjoittelu saattaa vaikuttaa nostavasti maksimi- ja nopeusominaisuuksiin mahdollisen lihaksen poikkipinta-alan kasvamisen myötä.

Akuuttina vasteena suorituskyvyn laskua voimaominaisuuksien suhteen tapahtuu matala- (Boccia yms. 2018) ja korkeaintensiteettisen (Leveritt & Abernethy 1999) harjoittelun seurauksena. Näissä matalamman ja korkeamman intensiteetin harjoittelun aikainen lihasten aktivointi näyttävät olevan erilaista sekä sentraalisesti sekä perifeerisesti (Henneman ym. 1965; Bellemare &

Bigland-Ritchie 1984). Täten yleistä kokoperiaatetta ajatellen vaikuttaa siltä, että mitä korkeamman intensiteetin uupumiseen asti viedystä suorituksesta on kysymys sitä enemmän väsymystä kestäviä soluja on vielä käytössä (Henneman ym. 1965). Väsymiseen vaikuttaa kuitenkin ennen kaikkea tietyllä intensiteetillä suoritettujen harjoittelun volyyymi (Pareja-Blanco ym. 2018; Ribeiro ym. 2018). Myös voimantuottotapa saattaa vaikuttaa voimaominaisuuksien laskuun (Raeder ym. 2016; Cadore ym. 2018). Sukupuolien välillä ei näytä olevan sentraalisen väsymisen suhteen akuutteja eroja ainakaan aerobisen harjoittelun myötä (Temesi yms. 2015; Boccia yms. 2018), mutta perifeerisellä ja suorituskävyllisellä alueella eroja saattaa sukupuolten välillä olla akuuttien vasteiden suhteen (Temesi yms. 2015).

3.2 Kestävyyden harjoittaminen

Kestävyysharjoittelua voidaan tehdä monella eri tapaa riippuen harjoittelun tavoitteesta. Kestävyys voidaan jakaa aerobiseen peruskestävyyteen, vauhtikestävyyteen, maksimikestävyyteen sekä nopeuskestävyyteen. (Mero ym. 2004, 333.) Näistä aerobinen peruskestävyys tehdään pitkäkestoisina 30 – 240 minuutin pituisina lenkkeinä. Nämä tehdään 40 – 70 % tehoalueilla. Niiden kehityskohteenä on aerobinen energiantuotto ja rasva-aineenvaihdunta. Niiden kehityskohteenä on lähinnä tyyppi I lihassolut. (Mero ym. 2004, 336.)

Intervalliharjoittelun voi jakaa puolestaan kolmeen eri osaan; Vauhti- ja maksimi- (Mero ym. 2004, 336.) ja nopeuskestävyyden (Mero ym. 2004, 316) intervalliharjoitteluun. Näistä vauhtikestävyyden intervalliharjoittelun kesto on 20 – 60 minuuttia. Tämä pitää sisällään 1 – 10 kappaletta 5 – 20 minuutin intervalleja 1 – 2 minuutin palautuksilla. Näiden harjoitteiden tehoalue on noin 65 – 90 %. Täten näiden intervallien kehitys kohdistuu aerobiseen energiantuottoon ja hiilihydraattiaineenvaihduntaan. Tämä harjoittelu siis kehittää nopeita ja hitaita lihassoluja (I ja IIa). Maksimikestävyyden intervalliharjoittelun kesto on tyypillisesti puolestaan 10 – 30 minuuttia. Näissä tehdään 3 – 10 minuutin intervalleja 1 – 10 kappaletta 1 – 5 minuutin palautuksilla. Tehoalueena näissä on 80 – 100 %. Nämä intervalliharjoittelut kehittävät puolestaan erityisesti maksimaalista hapenottokykyä ja hiilihydraattiaineenvaihduntaa. Kehityskohteen on tässäkin intervalliharjoittelussa hitaat ja nopeat lihassolut (I, IIa ja IIX). (Mero ym. 2004, 336.)

Nopeuskestävyysharjoittelu voidaan puolestaan jakaa määrä-, teho-, submaksimaalisiin nopeuskestävyys-, maksimaalisiin nopeuskestävyys- ja maitohapottomiin nopeuskestävyysintervalleihin. Näistä alkupään pidempään kestävämmät intervallit keskittyvät anaerobiseen taloudellisuuteen sekä laktaatin poistoon, ja loppupään lyhyemmät intervallit puolestaan keskittyvät kehittämään enemmän anaerobista tehoa sekä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä. (Mero ym. 2004, 316.)

4 VOIMAHARJOITTELU

4.1 Voimaharjoittelun vaikutus maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin

Voimaharjoittelumuotoja on lukuisia, mutta hermostolliset harjoittelutavat näyttävät olevan parhaita pitkän matkan suorituskyvyn parantamisessa (Paavolainen ym. 1999a; Paavolainen ym. 1999b; Rønnestad & Mujika 2014). Tarkemmin sanottuna maksimaalistyyppinen voimaharjoittelu näyttää olevan hitaan poljentasyklin mekaniikan perusteella optimaalisin pyöräilyn suorituskyvylle. Tämän lisäksi nopeusvoimaharjoittelun tärkeydestä samaiseen lajiin voi olla hyötyä erilaisissa kilpailutilanteissa ja täten jopa pidemmän matkan suorituskyvyssäkin. (Bazyley ym. 2015; Rønnestad & Mujika 2014.)

Maksimivoiman kehitys tapahtuu sitä paremmin mitä suurempia kuormia käytetään (Comfort ym. 2012a; Comfort ym. 2012b; Comfort ym. 2015). Tämä harjoittelu voi parantaa maksimivoiman lisäksi kuitenkin myös nopeusvoimaominaisuuksia (Adams ym. Aagaard ym. 2002; Sunde ym. 2010; Heggelund ym. 2013; Comfort ym. 2014; Rønnestad ym. 2015; Peltonen ym. 2018). Nopeusvoimaharjoittelu on puolestaan monimutkaisempaa kuin maksimivoiman kehittäminen. Sen kehitys riippuu ensinnäkin siitä, miten nopeusvoimaa mitataan (Oliveira ym. 2016). Tätä myöten sen kehittyminen riippuu täysin nopeusvoimaharjoittelun liikkeen luonteesta, jossa kuorma voi olla laajasti mitä vain aina mahdollisimman nopean liikkeen kuormattomasta harjoittelusta kohti yhden toiston maksimia (1 RM) (Wilson ym. 1993; Cormie ym. 2007a). Nopeusvoimaharjoittelu voi siis parantaa nopeusvoiman lisäksi myös maksimivoimaominaisuuksia, kun sitä tehdään korkeammilla vastuksilla (Wilson ym. 1993; Cormie ym. 2007a; Comfort ym. 2012a; Comfort ym. 2012b; Comfort ym. 2015). Tämän lisäksi nopeusvoimaharjoittelun yleinen idea pitää sisällään nopeus- ja maksimivoiman kehittämisen, joten siinä mielessä tämäkin harjoittelumuoto parantaa näitä molempia ominaisuuksia (Adams ym. 1992; Mihalik ym. 2008; Comfort ym. 2012c; Comfort ym. 2012d; Comfort ym. 2014; Behm ym. 2017; Peltonen ym. 2018). Maksimi- ja nopeusvoiman osallisuutta tehoharjoitteluun havainnollistaa kaksi tutkimusta. Näistä Cormie ym.:n (2007b) tutkimuksessa kehonpainolla harjoittelevat paransivat kevyempien kuormien kevennyshypyn korkeutta, mutta yhdistetyn

voima- ja kehonpainoharjoittelu nosti kevennyshyppyä kevyen kuorman hyppyistä yhdessä raskeampien lisäpainohyppyjen kanssa (Cormie ym. 2007b). Tämän lisäksi Wilson ym. (1993) havaitsivat voimaharjoittelun parantavan maksimivoimaa, mutta nopeusvoimaharjoittelu ryhmät eivät parantaneet sitä. Eli näiden kahden tutkimuksen valossa tulee esiin yleinen käsitys, että voima-nopeuskäyrässä kehittyy se alue, jota harjoitetaan (Kawamori & Haff 2004). Tämä onkin lisäperuste sille, että nopeusvoimaharjoittelussa kannattaa tehdä maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelua, jolloin voima-nopeuskäyrä siirtyisi koko ajan enemmän ja enemmän ylös ja oikealle. Kaiken kaikkiaan on muistettava, että maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksien kehitys on hyvin yksilöllistä (Comfort ym. 2012a; Peltonen ym. 2018).

Pitkän matkan pyöräilyssä kehonmassa ja liiallinen lihasmassa voivat heikentää pyöräilijän suorituskykyä (Newton 1999; Nader 2006; Hawley 2009; Baar 2014). Tämä luo tietynlaisen haasteen, sillä toisaalta maksimi- ja nopeusvoima ovat vahvasti yhteydessä lihaksen poikkipinta-alaan (Izquierdo ym. 2004; Stone ym. 2004; Korhonen ym. 2006; Suchomel & Stone 2017). Tämän takia kestävyysharjoittelijoiden tulee keskittyä hermostolliseen harjoitteluun ilman kehonmassan tai lihaksen kasvua (Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016). Vaikka tutkimuksissa on tehty hermostollista harjoittelua, kehonmassa tai lihaksen poikkipinta-ala on kasvanut maksimi- (Farup ym. 2012; Rønnestad ym. 2012; Peltonen ym. 2018) ja nopeusvoimaharjoittelulla (Friedmann-Bette ym. 2010).

Akuuttia vastetta ajatellen voimaharjoittelusta koitunut väsyminen näyttää johtuvan käytetystä vastuksesta, mutta ennen kaikkea tämä johtuu volyymistä kyseisellä vastuksella (Pareja-Blanco ym. 2018). Myös voimantuottotapa saattaa vaikuttaa väsymiseen (Raeder ym. 2016; Cadore ym. 2018).

4.2 Hermostollinen adaptaatio

4.2.1 Hermostollisen adaptaation mekanismit

Hermostollisen adaptaation olemassaolon yksinkertaisin todistus lienee se, että voimanlisäystä on saatu aikaan ilman lihaskasvua (Ploutz ym. 1994; Gabriel ym. 2006). Tämänlaisen harjoittelun avulla voidaan saada aikaan erilaisia liikespesifisiä adaptaatioita esimerkiksi lihasaktiivisuuden nopeuden (Duble ym. 1990), nivelkulman (Denadai ym. 2007) ja liikkeen tyyppin myötä (Duble ym. 1990; Denadai ym. 2007). Harjoittelu ei kuitenkaan saa aikaan aivan samanlaisia adaptaatioita kaikille ihmisillä. Tähän vaikuttaa esimerkiksi harjoittelijan harjoittelustausta. (Sale ym. 1992; Peltonen ym. 2018.)

Harjoittelun myötä voi tapahtua myös hermoston fyysistä adaptaatiota. Deschenses ym. (2000) osoittivat rotilla, että tämä voi näkyä ensinnäkin aksonin paksuuden kasvuna, joka voi johtaa impulssien nopeutumiseen aksonissa. Tämän lisäksi he osoittivat, että hermolihaskuitien koossakin voi tapahtua muutoksia. Heidän tutkimuksessaan päätelevyn pituus (15%) ja pinta-ala (16%) kasvoivat merkitsevästi. Myös päätelevyjen asetyylikoliinireseptorien hajauma parantui. Tämän lisäksi hermoston kemiallinen toimintakin saattaa parantua. (Deschenses ym. 2000.) Molin ym. (2017) eivät kuitenkaan havainneet ihmisillä aksonin paksuuden kasvua maksimivoimaharjoittelun myötä.

Hermostollisten ominaisuuksien ajatellaan kehittyvän monella tapaa. Pääasiallisesti näitä tapoja ovat ainakin koordinaatio, hermostollinen johtuminen, selkäydinrefleksien paraneminen, synkronisaatio (Folland & Williams 2007) sekä motoristen yksiköiden aktiivisuus aika (Grimby ym. 1981).

Koordinaatio. Tämä ominaisuus tarkoittaa agonistin, antagonistin ja synergistien yhteistyön paranemista. Tätä ominaisuutta voidaan parantaa lajispesifillä harjoittelulla. Lajispesifijä muuttujia voivat olla esimerkiksi liikkeen nopeus ja laajuus. (Gabriel ym. 2006; Folland & Williams 2007; Kinnunen ym. 2017.)

Hermostollinen johtuminen. Voimaharjoittelun myötä hermostollisessa adaptaatiossa on mahdollista parantaa ensinnäkin käskytettyjen impulssien tiheyttä (Rensawn solut) (Folland & Williams 2007), mikä voidaan huomata 50 % maksimivoimasta korkeammilla lihassupistuksilla (Martinez-Valdes ym. 2017). Tämän lisäksi jokainen ihminen ei pysty stimuloimaan kaikkia motorisia yksiköitään (Duble ym. 1990; Folland & Williams 2007). Tätä ominaisuutta voidaan mitata EMG:n avulla ja kehittää voimaharjoittelun avulla (Aagaard ym. 2002; Folland & Williams 2007). Yksi impulssitiheyttä kasvattava tekijä näyttäisi olevan dupletit, jotka tarkoittavat kahta erittäin nopeaa peräkkäistä hermoimpulssia. Näitä voidaan saada aikaan ainakin ballistisella harjoittelulla. (Gabriel ym. 2006.)

Selkäydinrefleksit. Harjoittelun myötä selkäytimessä tapahtuvien signaalien fasilitoivien signaalien suhteellinen määrä kasvaa inhiboivien signaalien suhteen. Esimerkiksi V-aaltoa tutkimalla on havaittu muutoksia Ia-terminaaleissa. Niissä on havaittu, että presynaptinen inhibitio on vähentynyt ja Ia-motoneuronialtaan herkkyys on parantunut. (Folland & Williams 2007.) Myös eksitoivien synapsien synaptogeneesiä on havaittu spinaalisella tasolla (Adkins ym. 2006). Tämän lisäksi plastisuus on mahdollista spinaalisella tasolla (Folland & Williams 2007).

Synkronisaatio. Harjoittelulla voidaan saada aikaan motoristen yksiköiden samanaikaista syyntymistä. Tämän ominaisuuden ei ole kumminkaan todettu parantavan maksimaalista voimaa. Loppujen lopuksi tämän hermostollisen muutoksen luonne on vielä epäselvä. (Carroll ym. 2011; Gabriel ym. 2006.)

Motorisen yksikön aktiivisuusaika. Voimaharjoittelun on todettu parantavan myös motoristen yksiköiden syyntymisajan pituutta. Tämä ominaisuus ei kehitä voimaa, mutta se auttaa ylläpitämään sitä. (Grimby ym. 1981.)

4.2.2 Hermostollisen adaptaation ilmiöitä

Hermostollisesta adaptaatiosta on tiedossa muutamia todennäköisiä käytännön esimerkkejä. Näitä ovat esimerkiksi mielikuvaharjoittelu (Herbert ym. 1998; Zijdwind ym. 2003), hypnoosi (Ikai & Steinhaus 1961), vastavaikuttajalihaksen esisupistuksen aiheuttama voimanlisäys

(Caiozzo ym. 1983), uni- ja bilateraalisien harjoittelun vaikutukset (Häkkinen ym. 1996; Lagerquist ym. 2006) sekä eksentrisen ylikuormituksen aiheuttama akuutti voimantuuotos (Munger ym. 2017), kuormituksen jälkeinen potentioitumisen tuoma suorituskyvyn lisäys (Chiu ym. 2004) sekä mahdollinen sähköstimuloimisen tuoma voimaominaisuuksien kehittyminen (James ym. 2018).

Mielikuvaharjoittelu. Zijdewind ym.:n (2003) tutkimuksessa tehtiin seitsemän viikon harjoittelujakso. Sen jakson aikana mielikuvaharjoittelu sai aikaan paremmat voimantuoton nousut kuin kontrolliryhmä ja matalaintensiteettistä voimaharjoittelua toteuttava ryhmä. (Zijdewind ym. 2003.) Kaiken kaikkiaan korkeaintensiteettinen voimaharjoittelu on kumminkin tehokkaampaa kuin mielikuvaharjoittelu. (Herbert ym. 1998)

Hypnoosi. Ikai & Steinhausin (1961) tutkimuksessa saatiin tutkittaville 17% voimantuoton nousu hypnoosin avulla. Tämä ei kuitenkaan toiminut paljon harjoitelleilla, joten selityksenä vähemmän harjoitelleiden voimantuoton nousulle lienee inhiboivien suojausmekanismien laskeminen. (Ikai & Steinhaus 1961.)

Vastavaikuttajalihaksen esisupistus. Jos tehdään antagonistilihaksen esisupistus juuri ennen tavoitellun liikkeen lihassupistusta, saadaan aikaan suurempi voimantuotto. Tämäkin ilmiö selittyy inhibitiomekanismien heikkenemisellä. (Caiozzo ym. 1983)

Uni- ja bilateraaliset harjoittelut. Tämänlainen harjoittelu tuo esiin ensinnäkin unilateraalisen harjoittelun ristivaikutuksen. Ilmiössä harjoittelemalla uni-lateraalisesti saadaan kontralateraalisisellakin puolella aikaan kehitystä. Toisena tämänlainen harjoittelu tuo esiin myös bilateraalisien häviö -ilmiön. Tämä ilmiön määrää ilmaistaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Bilateraalinen häviö} = 100 \times \left(\frac{\text{Bilateral}}{\text{Unilateral right} + \text{Unilateral left}} \right) - 100.$$

Tämä häviö on sitä suurempaa mitä enemmän tehdään unilateraalista harjoittelua, ja sitä pienempää mitä enemmän tehdään bilateraalista harjoittelua. Loppujen lopuksi bilateraaliset har-

joittelu parantaa bilateraalista voimantuottoa paremmin kuin unilateraalinen harjoittelu, ja unilateraalinen harjoittelu parantaa unilateraalista voimantuottoa enemmän kuin bilateraalin harjoittelu. (Häkkinen ym. 1996; Lagerquist ym. 2006; Ramirez-Campillo ym. 2018.) Tämä onkin yksi peruste sille, miksi unilateraalinen harjoittelu olisi hyväksi myös pyöräilijöille.

Eksenttrinen ylikuormitus. Tässä ilmiössä saadaan aikaan suurempi tehontuotto liikkeen konsentriseen vaiheeseen laittamalla suorituksen eksentriseen vaiheeseen esimerkiksi 150% konsentrisesta vastuksesta. (Munger ym. 2017.) Tästä kehitetyn voimaharjoittelun tuomista eduista ei ole vielä selkeää tutkimustietoa (Sheppard ym. 2008; Friedmann-Bette ym. 2010; Walker ym. 2016; Balshaw ym. 2017; Walker ym. 2017; Tøien ym. 2018). Kuitenkin hypertrofisella voimaharjoittelulla on saatu kehitystä eksentrisellä ylikuormituksella lihaksen aktivaation tasoon ja maksimivoimaominaisuuksiin ilman hypertrofiaa (Walker ym. 2016). Tämä hypertrofian estyminen saattaa johtua siitä, että eksentrisen harjoittelun on todettu inhiboivan lihaskasvua konsentrista harjoittelua enemmän (Julian ym. 2018). Mutta jos sama asia tehdään maksimivoimaharjoittelulla, eksentrisen ylikuormituksen kaltaisen harjoittelun tuoma paremmuus maksimivoimaominaisuuden kehityksessä ei enää näy muutoksissa (Tøien ym. 2018). Jos eksentristä ylikuormitusta käytetään nopeusvoimaharjoittelussa, niin se näyttää aiheuttavan parempaa kehitystä nopeusvoimaominaisuuksiin (Sheppard ym. 2008). Tätä löydöstä tukee Friedmann-Bette ym.:n (2010) tutkimus. On kuitenkin muistettava, että suuri määrä eksentristä harjoittelua ei näytä olevan hyväksi nopeusvoimaominaisuuksille (Behm ym. 2017).

Kuormituksen jälkeinen potentioituminen (post activation potentiation, PAP). Suorituskykyä voidaan nostaa, jos suoritusta ennen tehdään siihen valmistavaa lihasaktiivisuutta. Tämä näyttää tapahtuvan ainakin nopeusvoimaa vaativissa suorituksissa. (Chiu ym. 2004.)

Sähköstimulaatio. Sähköstimulaatiolla voidaan aktivoida ihmisen lihaksia hermottavaa hermostoa. James ym.:n (2018) tutkimuksen mukaan tätä metodia käyttämällä voi olla mahdollista kasvattaa ihmisen voimaominaisuuksia. (James ym. 2018.)

4.3 Maksimivoimaharjoittelu

4.3.1 Maksimivoimaharjoittelun vaikutukset pyöräilyn suorituskykyyn

Hermostollisen maksimivoimaharjoittelun ei ole todettu vaikuttavan missään tutkimuksessa ainakaan negatiivisesti pyöräilyn suorituskykyyn. Tämä on ilmeistä ainakin aikaisemmin mainittujen kolmen pitkän matkan pyöräilyn tärkeimmiksi mainittujen kolmen ominaisuuden kohdalla: maksimaalinen hapenottokyky, pyöräilyn taloudellisuus sekä laktaattikynnys. (Beattie ym. 2014; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016.)

Maksimivoimaharjoittelun ei ole todettu vaikuttavan maksimaaliseen hapenottokykyyn merkittävästi (Häkkinen ym. 1989; Häkkinen ym. 2003; Sillanpää ym. 2008; Sillanpää ym. 2009; Cantrell ym. 2014). Tämän sijaan taloudellisuuden uskotaan olevan yksi mahdollinen pitkän matkan suorituskykyä nostava tekijä. Näitä adaptaatioeroja ei olla pystytty selittämään, joten taloudellisuuden kehittymisen syyt ovat vielä epäselvät. Taloudellisuuden kehittymiselle on kuitenkin olemassa teorioita, joiden kautta se voisi olla perusteltua. (Beattie ym. 2014; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016.)

Bieuzen ym.:n (2007) tutkimus on tuonut esiin yhden teorian taloudellisuuden parantamisen selittämiseksi. Heidän tutkimuksensa osoittaa, että elektromyografialla (EMG) mitattu lihaksen aktiivisuus on matalampi samalla työteholla ja hapenkulutuksella korkeamman maksimaalisen voiman omaavilla kuin matalamman maksimaalisen voiman omaavilla. Tämä tuo esiin idean, jonka mukaan hermostollisen voiman kehitys laskisi pyöräilijän suhteellista voimantuottoa maksimaaliseen lihassupistukseen submaksimaalisilla tehoilla. Toiseksi tämä tuo esiin myös sen, että pitkällä matkalla väsymättömien väsymystä kestävien lihassolujen määrä on suurempaa loppua kohden, koska niitä ei ole jouduttu vielä edes käyttämään suorituksen alkuvaiheessa. Näiden teorioiden myötä taloudellisuuden kehittyminen olisi perusteltua. (Bieuzen ym. 2007.)

Tämän lisäksi maksimivoimaharjoittelun on todettu, että voimaharjoittelussa lihassolut voivat vaihtua tyypin IIX:stä tyypin IIA:ksi (Liu ym. 1985). Tämä siirtyminen väsymystä enemmän

kestäviin lihassoluihin nostaisi myös pyöräilyn taloudellisuutta. Tämänlainen enemmän väsymystä sietävien lihassolujen enemmistö ennustaa suorituskyvyn taloudellisuuden nousua myös silloin, kun ajattelemme jälleen edellisen kappaleen esiintuomaa yleistä käsitystä lihassolujen kokoperiaatteella rekrytoitavia motorisia yksiköitä. (Henneman ym. 1965.).

Maksimaalisen voimaharjoittelun vaikutus laktaattikynnykseen on epäselvää (Mujika ym. 2016; Rønnestad & Mujika 2014). Tähän liittyen Di Prampero ym. (1986) osoittavat, että maksimivoimaharjoittelulla parannettava taloudellisuus voisi vaikuttaa maksimaalisen hapenotto-
kyvyn kanssa laktaattikynnykseen. Mutta toisaalta tutkimukset eivät anna yhdenmukaista viitettä siitä, että se parantuisi voimaominaisuuksien myötä. Loppujen lopuksi tutkimukset eivät kumminkaan osoita yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikuttavan laktaattikynnykseen negatiivisestikaan, vaan vaikuttaisi kuitenkin siltä, että maksimivoimatyyppinen harjoittelu voisi jopa parantaa sitä. (Rønnestad & Mujika 2014.)

Maksimaalinen voimaharjoittelu voi parantaa myös harjoittelijan maksimaalista nopeutta (Rønnestad ym. 2015), joka on myös yksi aiemmin mainituista yleisen pyöräilyn suorituskykyä korottavista tekijöistä (Jones & Carter 2000). Tämän lisäksi maksimivoimaharjoittelu voi kehittää myös nopeusvoimaa, joka voi vaikuttaa myös pyöräilyn suorituskykyyn positiivisesti (Aagaard ym. 2011; Rønnestad ym. 2015), sillä maksimivoima on yksi nopeusvoimaa määrittävistä asioista (Newton 1999; Peltonen ym. 2018).

4.3.2 Maksimivoiman harjoittaminen

Maksimivoimaharjoittelussa suoritetaan toistoja 70 – 130 % kuormilla maksimista. Tämä tarkoittaa siis harjoittelua aina kuuden toiston maksimista yhden toiston maksimiin. Yli 100% kuormat pitävät sisällään eksentristä harjoittelua. Hermostollisessa harjoittelussa käytetään yleensä kuormia alueella 85 – 100 % maksimaalisesta kuormasta (1 – 3 toiston maksimeja), (Mero ym. 2004, 260.) kun taas 70 – 90 % kuormilla maksimista on hermostollis-hypertrofinen vaikutus (3 – 6 toiston maksimeja) (Mero ym. 2004, 263).

Pyöräilyn luonteen takia voimaharjoittelun konsentrisen vaihe näyttäisi olevan tärkeä kehityksen kohde harjoittelussa, joten eksentrisen työ tulisi minimoida. Täten harjoittelun eksentrisen vaihe tulisi tehdä hitaasti ja konsentrisen vaihe mahdollisimman nopeasti. (Heggelund ym. 2013.) Kaiken kaikkiaan harjoittelun tulisi sisältää useita alaraajoihin kohdistettuja kuntosaliharjoitteita ja polvikulman kannattaisi laskeutua liikkeissä aina 90 asteeseen asti, sillä suurin voima pyöräilyssä toteutetaan polkaisun alastyöntövaiheessa noin 100 asteen polvikulmalla (Rønnestad ym. 2010b). Tämän lisäksi lajeissa, joissa tehdään yhden jalan lihassupistuksia, näyttäisi olevan suotuisaa tehdä harjoittelua myös unilateraalisesti (Häkkinen ym. 1996; Lagerquist ym. 2006; Abbiss ym. 2011; Ramirez-Campillo ym. 2018). Maksimivoima voi kehittyä muunlaisillakin harjoittelumuodoilla joista yksi on esimerkiksi korkeaintensiteettisen intervalliharjoittelu (Paton ym. 2009; Cantrell ym. 2014; Kinnunen ym. 2017).

4.4 Nopeusvoimaharjoittelu

4.4.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset pyöräilyn suorituskykyyn

Nopeusvoimaharjoittelun yhdistäminen ei näytä tuovan maksimivoimaharjoittelun kaltaisia positiivisia vaikutuksia pyöräilyn suorituskykyyn (Häkkinen ym. 2003; Izquierdo ym. 2004; Terzis ym. 2016). Myös kehonmassa ja lihaksen poikkipinta-ala ovat vahvasti yhteydessä nopeusvoimaan (Izquierdo ym. 2004; Stone ym. 2004), joten sen harjoittaminen on kestävyyslajeissa ongelmallinen asia. Tätä myöten nopeusvoimaharjoittelun hyödyt pyöräilyn pitkän matkan suorituskykyyn on kyseenalaistettu (Izquierdo ym. 2004). Tämä johtunee myös pyöräilyssä tapahtuvan polkaisun luonteesta, mikä ei ole niinkään nopeusvoimaa eikä elastisuutta vaativaa liikettä. Tästä kaikesta huolimatta nopeusvoimaharjoittelun eduista on olemassa teorioita, joiden mukaan siitä olisi hyötyä myös pyöräilyssä. (Mujika ym. 2016.)

Nopeusvoimaominaisuuksien hyödyt voivat kuitenkin tulla esiin joissain anaerobista lisätehoa vaativissa kilpailutilanteissa. Näitä tilanteita ovat esimerkiksi lyhyiden matkojen kilpailujen lisäksi pitkänkin matkan kilpailussa kilpailun alkuvaiheen hyvän aloitussijan saavuttaminen, ohi-tustilanne, kiinniottotilanne, karkumatka muista kilpailijoista sekä loppukiri. Mutta, koska nopeusvoimaharjoittelulla ei ole havaittu olevan maksimivoimaharjoittelun tasoista positiivista vaikutusta pyöräilyn pitkän matkan suorituskykyyn, voi sen sisällyttäminen olla toissijaista kyseisessä lajissa. (Mujika ym. 2016.)

Rønnestad ym. (2015) ovat tuoneet esille teorian, jonka mukaan parempi nopeusvoima voisi parantaa yksittäisten polkaisujen voimantuottoaikaa pitkän matkan pyöräilyssä. Tämä aiheuttaisi polkaisusykliin lyhyemmän lihassupistuksen ja pidemmän lepoajan. Tätä myöten lepoaika voisi saada aikaan suorituskykyä parantavaa verenvirtauksen paranemista ja/tai väsymyksen lykkäytymistä pidemmän lepoajan kautta. Tämän teorian selvittäminen vaatii kuitenkin lisätutkimuksia. (Rønnestad ym. 2015.)

Toisaalta, yksi nopeusvoimaharjoittelun tuomista haitoista voi olla se, että se on aiheuttanut hitaiden väsymystä kestävien I lihassolujen osuuden muuttumista vähemmän väsymystä kestäviksi IIA lihassolujen puolelle (Liu ym. 1985). Tämän mahdollinen vaikutus kestävyys-suorituksen taloudellisuuteen on vastakkainen, mitä aiemmin mainitun maksimivoimaharjoittelun vaikutus on saanut aikaan muuttamalla lihassolujakaumaa IIX:stä IIA:ksi (Henneman ym. 1965).

4.4.2 Nopeusvoiman harjoittaminen

Nopeusvoimaharjoittelussa peruseriaate on maksimaalinen yritys, joka tarkoittaa periaatteessa suoritusta yli oman maksimi-intensiteetin. Tämän lisäksi yleiset peruseriaatteet lajinomaisuudesta, ärsyksen luomisesta ja progressiivisuudesta tulisi sisällyttää harjoitteluun. Nopeusvoimaharjoittelussa käytetään yleensä 0 – 85 % maksimaalisesta lihassupistuksesta. Hermostollisen nopeusvoiman alue on 30 – 60 % maksimista. Harjoittelussa on tarkoitus olla väsymättä ja keskittyä nopeiden energiantuottotapojen käyttöön (adenosiinitrifosfaatti ja fosfokreatiini), joten sarjojen kestot ovat lyhyitä (1 – 10 sekuntia) ja palautukset pitkiä (3 – 5 minuuttia). Harjoittelussa keskitytään monesti lihaksen supistuvaan sekä elastiseen osaan. (Mero ym. 2004. 258–260, 263)

Nopeusvoima näyttää paranevan parhaiten yhdistetyn maksimi- ja/tai nopeusvoimaharjoittelun avulla (Adams ym. 1992; Mihalik ym. 2008; Comfort ym. 2012c; Comfort ym. 2012d; Comfort ym. 2014; Behm ym. 2017; Peltonen ym. 2018). Kaiken kaikkiaan harjoittelussa on tärkeää tietää, mitä aluetta voimantuottokäyrästä halutaan kehittää (Oliveira ym. 2016). Nopeusvoimaa voidaan mahdollisesti harjoittaa yllämainitun kuntosaliharjoittelun lisäksi myös esimerkiksi kontrastiharjoittelulla (Adams ym. 1992; Mihalik ym. 2008; García-Pinillos ym. 2014), ballistisella harjoittelulla (Baker ym. 2001; Winchester ym. 2008) ja plyometrisellä harjoittelulla (Adams ym. 1992; Bogdanis ym. 2017) sekä intervalliharjoittelulla (Mero ym. 2004, 297; Kinnunen ym. 2017). Jos nopeusvoimaharjoittelua toteutetaan pyöräilijöille, olisi heidän hyvä toteuttaa samanlaisia lajispesifiä ideoita, joita on mainittu tässä tutkielmassa maksimivoiman harjoittamisen osiossa.

4.5 Pyörävoimaharjoittelu

Tähän asti pyöräilyn yhdistettyä voima- ja kestävyysarjoittelun voimaharjoittelua on tutkittu vain kuntosaliharjoittelulla, mutta maksimaalista voimatyyppistä pyöräilyvoimaharjoittelua ei ole tutkittu lainkaan (Paton ym. 2009; Koninckx ym. 2010; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016). Tämä harjoittelu toisi mahdollisesti sen lisän, että se olisi pyöräilylle lajinomaisempaa harjoittelua kuin kuntosaliharjoittelu, ja tätä myöten se voisi olla tehokkaampaa kuin kuntosaliharjoittelutyypinen maksimivoimaharjoittelu (Dublely ym. 1990; Verstappen ym. 1982; Swinnen ym. 2018).

Voimatyyppisen pyöräharjoittelun tueksi jotkin tutkimukset kuitenkin osoittavat matalamman kadenssin olevan suotuisampi vaihtoehto hermostolliseen kehitykseen kuin korkeamman kadenssin harjoittelu (Paton ym. 2009; Whitty ym. 2016; Ludyga ym. 2017). Kun yhdistetään tämä matalan kadenssin teoria siihen, että voimaominaisuudet paranevat parhaiten pyöräilijöillä maksimivoimaharjoittelulla (Comfort ym. 2012a; Comfort ym. 2012b; Comfort ym. 2015), voidaan ajatella, että voimatyyppinen intervalliharjoittelu mahdollisimman matalilla kadensseilla voisi olla suotuisaa pyöräilijän suorituskyvylle. Tässä kannattaa huomioida myös Koninckx ym.:iden tutkimus (2010), jossa havaittiin, että matalamman kadenssin pyöräily saattaa heikentää korkeamman kadenssin pyöräilyn tehontuottoa. Tätä teoriaa tukee myös Dudley ja Djamilin (1985) tutkimus, jossa 60 kadenssin pyöräily häiritsi enemmän nopeamman liikkeen voimantuottoa kuin hitaamman liikkeen voimantuottoa. Tätä ajatellen harjoitteluohjelmaan saattaa olla suositeltavaa lisätä nopeusvoimaharjoittelua, jotta voimaominaisuudet siirtyisivät myös korkeammille kadensseille (Adams ym. 1992).

Yksi tapa luoda pyörävoimaharjoittelua on seuraavanlainen: harjoittelun tavoitteena on mahdollisimman paljon saada aikaan maksimaalista kuntosaliharjoittelua vastaavaa hermostollista kehittymistä. Tämä on perusteltua sillä, että kuntosaliharjoittelun kautta tutkitut harjoittelun volyymit, intensiteetit ja frekvenssit voisivat olla paikkansa pitäviä myös pyörävoimaharjoittelussa. Tämänlaisen pyörävoimaharjoittelun luominen olisi myös paremmin verrattavissa kuntosaliharjoitteluun.

Heggelund ym. (2013) ovat havainneet, että mahdollisimman nopea konsentrisen vaiheen suoritus kehittää paremmin konsentrista maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia kuin hitaampi konsentrisen vaiheen suoritus. Täten pyöräilyn konsentrisen luonteen takia kuntosalilla eksentrisen vaihe kannattaa tehdä hitaasti ja konsentrisen vaihe mahdollisimman nopeasti, jotta eksentrisen vaiheen olemus voitaisiin minimoida (Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016). Täten, jos kuntosalilla tehdään esimerkiksi kuuden toiston maksimeja ja yksi toisto kestää yhden sekunnin, niin tämä vastaisi pyöräilyssä kadenssia 30 kierrosta minuutissa niin korkealla vastuksella, että kuusi toistoa voitaisiin suorittaa juuri ja juuri molemmilla jaloilla. Kykenemättömyys pitää yllä 30 kierrosta minuutissa molemman jalan kuudennen polkaisun jälkeen imitoida kuntosalilla sitä, ettei pystytä suorittamaan enää seitsemättä toistoa. Tämän konsentrisen liikkeen painottamisen ohessa joskus lienee kuitenkin esimerkiksi eksentrisen pyöräharjoittelu hyväksi pyöräilyn suorituskyvylle (Mujika ym. 2016; Julian ym. 2018). Kaiken lisäksi kuntosaliharjoittelu tarjoaa erilaista vaihtelua voimaharjoittelulle jo erilaisilla liikkeillään, joten sitä voidaan yrittää tehdä myös pyöräilyvoimaharjoittelussakin. Tätä voitaisiin tehdä pyöräilemällä ilmeisesti vaihtelemalla ajoasentoa (Li & Galdwell 1998; Galdwell ym. 1999; Sarabon ym. 2012; Fintelman ym. 2015; Arkesteijn ym. 2016; Duggan ym. 2017; Saito ym. 2018), vastusta (Wakeling & Horn 2009; Duggan ym. 2017) ja kadenssia (Paton ym. 2009; Whitty ym. 2016; Ludyga 2017). Myös normaalista pyöräilystä poikkeavilla välineillä harjoittelu voi olla hyödyllistä (Luttrell & Potteiger 2003).

Erot kuntosalij- ja pyörävoimaharjoittelussa on tietenkin olemassa jo siinä, ettei pyörävoimaharjoittelu sisällä lainkaan eksentristä vaihetta, vaikka tuo ero minimoitaisiinkin kuntosalilla yllämainitulla tavalla. Myös palautuminen toistojen välillä on erilainen, sillä kuntosalin dynaamisen harjoittelun palautumisvaihe on kuorman eksentrisen vaihe, kun taas pyöräilyssä se on jalan nouseminen tai nostaminen takaisin alkuasentoon. Palautumisvaiheen samanlaistaminenkin voi olla erilainen. Pyöräilyssä suoritusten ja palautuksen suhde on 1:1, ja kuntosaliharjoittelussa se puolestaan riippuu siitä, miten hitaasti eksentrisen vaihe suoritetaan suhteessa konsentriseen vaiheeseen. Tämän lisäksi lihaksen aktivoitumisaikojen ja ärsykkeen vaihtelun samanlaistaminen on hyvin haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Tätä myöten pyörävoima- ja kuntosaliharjoittelu adaptaatiot ovat erilaisia, ja niitä voidaankin tutkia erilaisina harjoitusvaihtoehtoina omien etujensa kanssa.

5 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET MAKSIMI JA NOPEUSVOIMAOMINAISUUKSIIN

5.1 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset

Aina, kun kaksi eri harjoittelutyyppiä yhdistetään, on tärkeää tietää, minkälaisia ristivaikutuksia ne tuovat toistensa suhteen. Esimerkiksi voima- ja kestävyysharjoittelumuotojen luonne on tärkeää ymmärtää, jotta näiden harjoittelumuotojen myötä saataisiin tietty tavoiteltu suorituskyky kehitettyä mahdollisimman hyväksi. (Stone ym. 2006.) Tässä työssä aikaisemmin mainitut maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelujen aiheuttamat edut näyttävät syntyvän myös yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoittelussa. (Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016.)

Pyöräilyn yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun on kumminkin todettu olevan suotuisampaa kuin pelkkä kestävyysharjoittelu, varsinkin jos voimaharjoittelu on maksimivoimatyypistä. Tämänlaisen voimaharjoittelun ei ole todettu häiritsevän kestävyysominaisuuksia ainkaan merkittävästi, vaan jopa parantavan niitä kokonaisuudessaan (Hickson 1980; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016.). Kestävyysharjoittelun ajatellaan puolestaan mahdollisesti häiritsevän jonkin verran voimaominaisuuksien paranemista (Hickson 1980; Häkkinen ym. 2003; Rønnestad ym. 2012; Wilson ym. 2012; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016; Terzis ym. 2016), missä suurempi kestävyysharjoittelun volyyymi näyttää häiritsevän voimaominaisuuksien paranemista enemmän kuin pieni kestävyysharjoittelun volyyymi (Pareja-Blanco ym. 2018; Ribeiro ym. 2018; Shamim ym. 2018). Myös harjoittelun intensiteetillä näyttää olevan merkitystä sille, miten paljon se vaikuttaa voimaharjoittelun vaikutuksiin. Korkeamman intensiteetin harjoittelu näyttää häiritsevän voimaominaisuuksia vähemmän kuin matalamman intensiteetin harjoittelu (Methenitis 2018), joista korkeamman intensiteetin harjoittelu saattaa jopa parantaa niitä (Martinez-Valdes ym. 2017; Kinnunen ym. 2017; Cantrell ym. 2014). Näiden harjoitusmuotojen tuomat häiriöt ilmenevät myös akuutisti (Craig 1991). Loppujen lopuksi tärkeimpänä huomiona on se, että pitkän matkan kestävyysurheilijoiden tavoitteena on parantaa pitkän matkan kestävyys suorituskykyä eikä suoranaisesti voimaominaisuuksia, joten voimaharjoittelua kannattaa yhdistää heidän harjoitteluunsa (Hickson 1980; Rønnestad & Mujika 2014; Mujika ym. 2016.).

Maksimivoimaharjoittelun valinta voimaharjoitteluksi pitkän matkan pyöräilyyn näyttäisi olevan perusteltua nopeusvoimaharjoittelun sijaan siksi, että pitkäkestoinen pyöräilyharjoittelu näyttää häiritsevän maksimi- (Häkkinen ym. 2003; Rønnestad ym. 2012) ja nopeusvoiman kehittymistä (Dudley & Djamil 1985; Häkkinen ym. 2003; Izquierdo ym. 2004; Rønnestad ym. 2015; Terzis ym. 2016), mutta näistä nopeusvoiman kehittyminen näyttää häiriintyvän enemmän kuin maksimivoiman kehittyminen (Häkkinen ym. 2003; Izquierdo ym. 2004; Rønnestad ym. 2015; Shamim ym. 2018). Loppujen lopuksi näiden ominaisuuksien kehittymisen estyminen voi johtua esimerkiksi aerobisen harjoittelun tuoman lihaksen hypertrofian estymisestä, lihassolujen johtumisnopeudesta (Terzis ym. 2016), anabolisten hormonien toiminnan estymisestä (Izquierdo ym. 2004) ja/tai lihaksen nopean aktivoitumisen estymisestä (Häkkinen ym. 2003).

Hypertrofian estymistä osoittaa ilmiö, jossa yhdistetty voima- ja kestävyys harjoittelu aiheuttaa voimaharjoittelun mahdollisen lihasmassan kasvun inhibitiota. Tämän ilmiön mukaan näyttäisi siltä, että solunsisäinen proteiinisynteesi häiriintyisi, kun AMPK inhiboi mTOR:a sekä sen alaisia signaalintireittejä. (Nader 2006; Hawley 2009; Baar 2014; Methenitis 2018.) Tätä teoriaa tukee jotkin käytännön tutkimukset (Rønnestad ym. 2012; Hackett ym. 2013; Terzis ym. 2016), mutta jotkin tutkimukset eivät tue sitä (Häkkinen ym. 2013; Shamim ym. 2018). Näistä Shamim ym. (2018) ehdottivat mahdollisiksi vaikuttaviksi asioiksi riittävän proteiinin nauttimisen, palautumisen sekä kestävyys harjoittelun volyymin säätämisen. Näistä volyymin säätäminen on mainittu muissakin tutkimuksissa (Pareja-Blanco ym. 2018; Ribeiro ym. 2018). Tämän lisäksi inhibitio lienee suurempaa eksentrisellä kuin konsentrisellä harjoittelulla (Walker ym. 2016; Julian ym. 2018), mitä ei tosin hyödynnetä pyöräilyssä, sillä eksentrisen harjoittelu on vähemmän suositeltu pyöräilijöille (Mujika ym. 2016). Lihaksen poikkipinta-alaa ja massaa ajatellen Rønnestad ym.:n (2015) tutkimuksessa lihaksen poikkipinta-ala, maksimivoima ja tehontuotokyky paranivat, vaikka harjoittelijoiden kokonaismassa pysyi muuttumattomana. Kaiken kaikkiaan pyöräilijöiden näyttäisi olevan viisasta hyväksyä pienimuotoinen lihasmassan kasvu (noin 3 – 6 %), koska heidän suorituskäytöksensä näyttää parantuvan voimaharjoittelun myötä (Rønnestad & Mujika 2014). Myös kapillarisaatio (Bell ym. 2000; Aagaard ym. 2011; Hoier & Hellsten 2014) ja entsyymiaktiivisuus (Hickson ym. 1988; Bishop ym. 1999) näyttäisivät pysyvän vähintään ennallaan yhdistetyssä voima- ja kestävyys harjoittelussa.

5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun toteuttaminen

Kestävyysharjoittelun yhteyteen voidaan lisätä muita harjoittelumuotoja tukemaan kestävyysominaisuuksien paranemista. Pyöräilyn oheen näyttäisi olevan hyvä valita ainakin maksimaalista voimaharjoittelua, mahdollisesti nopeusvoimaharjoitteluakin. (Mujika ym. 2016.) Maksimaalisen voimaharjoittelun valinta harjoitteluohjelmaan näyttää olevan hyväksi myös siksi, koska Vale ym. (2018) arvioivat sen vaikuttavan mahdollisesti vähemmän sympaattisen autonomisen hermoston kautta sydän- ja verenkiertojärjestelmään keskittyen hyvin hermoston kehittymiseen.

Näiden harjoitteluviikkojen voimaharjoittelujen frekvenssi näyttäisi olevan laktaattikynnyksen kehitystä ajatellen oltava vähintään kaksi kertaa viikossa (Rønnestad ym. 2010a; Rønnestad ym. 2015; Rønnestad ym. 2017), sillä pienempi voimaharjoitteluvolyymi ei näytä vaikuttavan ainakaan laktaattikynnykseen (Bishop ym. 1999). Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun muutokset voimaominaisuuksissa voi tapahtua ainakin kahdeksassa viikossa (Sunde ym. 2010), mutta kuusi viikkoa voi olla liian lyhyt aika (Levin ym. 2009). Jos voimaominaisuuksia ei pidetä yllä tai paranneta, niiden lasku voi tapahtua jo kahdeksassa viikossa. (Rønnestad ym. 2016.) Myös harjoittelujen vuorokauden ajankohdalla (Küüasmaa-Schildt ym. 2017), hormonitason tilalla (Chtourou ym. 2013), vuorokausirytmillä (Racinais 2010), aikaisemmalla harjoittelutaustan vuorokauden ajankohdalla (Chtourou 2012), peräkkäin tehtävien harjoitteiden järjestyksellä (Schumann ym. 2013; Eklund ym. 2016), sukupuolella (Taipale ym. 2014) sekä naisten kuukautiskierron ajankohdalla (Mandrup ym. 2017) voi olla merkitystä harjoituksia tehdessä.

Koska lajinomaisuus on yleisesti pätevä teoria (Dublely ym. 1990; Fernhall & Kohrt 1990; Verstappen ym. 1982; Swinnen ym. 2018), on pyöräilyssäkin olennaista tehdä harjoittelu mahdollisimman lajinomaisesti (Rønnestad ym. 2010b). Täten harjoittelu voisi olla kannattavampaa tehdä täysin lajinomaisesti pyöräillen.

6 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on selvittää yhdistetyn pyörävoima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksia maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksiin.

Tutkimuskysymys 1: Kehittykö maksimi- ja nopeusvoimaominaisuudet pyörävoimaharjoittelulla?

Hypoteesi 1: Kyllä. Pyörävoimaharjoittelu kehittää maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia.

Perustelu 1: Maksimaalinen intervalliharjoittelu näyttää parantavan maksimivoima sekä nopeusvoimaominaisuuksia (Paton ym. 2009; Kinnunen ym. 2017; Martinez-Valdes ym. 2017; Peltonen ym. 2018). Tämän lisäksi hermostollinen kehitys tapahtuu sitä paremmin mitä maksimaalisempaa harjoittelu on (Martinez-Valdes ym. 2017; O'Leary ym. 2017). Täten voimatyyppinen maksimaalinen pyörävoimaharjoittelu parantaa näitä voimaominaisuuksia.

Tutkimuskysymys 2: Kehittykö pyörävoimaharjoittelulla maksimi- ja nopeusvoimaominaisuudet samalla tavoin kuin kuntosaliharjoittelulla?

Hypoteesi 2: Ei. Pyöräilyvoimaharjoittelu kehittää maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia eri lailla kuin kuntosaliharjoittelu.

Perustelu 2: Tutkimuksessa käytettävät testeistä osa on kuntosaliliikkeiden kaltaisia ja osa on pyörävoimaliikkeiden kaltaista. Ryhmät kehittävät ilmeisesti voimaominaisuuksiaan lajispesifisyyden periaatteen mukaisesti (Dublely ym. 1990; Fernhall & Kohrt 1990; Verstappen ym. 1982; Swinnen ym. 2018). Pyörävoimaharjoittelun voimaominaisuuksien suuruus voi olla kuitenkin pienempää tämän harjoittelumuodon alkukantaisuuden sekä vähemmän hermostolliseen kehitykseen tähtäävän harjoittelumuodon johdosta.

7 MENETELMÄT

7.1 Tutkittavat

Tutkittavien olivat terveitä 21 – 46 vuotiaita miehiä. Heillä tuli olla vähintään kahden vuoden harjoitustausta pyöräilyssä ilman merkittävää voimaharjoittelua viimeisen kuuden kuukauden aikana. Heillä ei saanut myöskään olla tutkimusta haittaavia vammoja, sairauksia tai lääkitystä. Tutkittavat rekrytoitiin pääosin Jyväskylän pyöräilyseurasta, sekä muista Keski-Suomen pyöräily- ja triathlonseuroista. Tarkempaa tietoa tutkittavista on alla olevassa taulukossa (taulukko 1)

Tutkittavista (n = 48) koostettiin sattumanvaraisesti kolme kilpailumenestyksen perusteella koostettua samantasoista ryhmää: kuntosali- (KSR), pyörävoima- (PVR) sekä kontrolliryhmä (KOR). Tarkemmat tiedot ryhmistä on taulukossa 1.

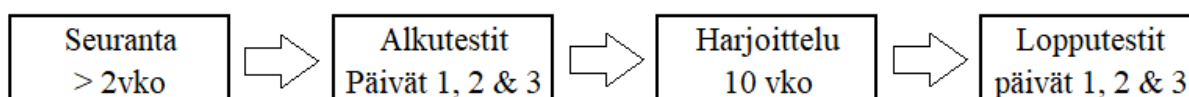
TAULUKKO 1. Tutkittavien tiedot ryhmittäin

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä	Kuntosaliryhmä	Kontrolliryhmä
Rymäkoko	15 (16)	14 (17)	12 (15)
Ikä (v)	36.5 ± 4.4	34.4 ± 7.9	37.3 ± 5.9
Pituus (cm)	177.4 ± 4.5	182.4 ± 7.1	177.9 ± 5.9
Massa (kg)	73.5 ± 8.1	82.2 ± 8.2	77.8 ± 6.8
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 2.3	24.7 ± 2.5	24.6 ± 2.1

BMI, body mass index, painoindeksi. Suluissa alkuperäinen ryhmäkoko.

7.2 Tutkimusasetelma

Tutkittavat aloittivat tutkimukseen osallistumisen porrastetusti siten, että ensimmäiset aloittivat tutkimusjakson viikolla 32 ja viimeiset viikolla 40 vuoden 2017 syksyllä. (Tämä jakso ei alkanut kenelläkään viikoilla 35 ja 36.) Jokainen tutkittava suoritti kymmenen viikon harjoitusohjelman, jota ennen ja jälkeen toteutettiin viikon pituinen testiviikko. Täten lopputestiviikot sijoittuivat viikoille 43 - 51. Tutkittavat täyttivät harjoituspäiväkirjaa koko harjoittelujakson ajan sekä vähintään kaksi viikkoa ennen alkutestiviikkoa. Tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston tiloissa niissä löytyvillä välineillä, minkä lisäksi Concept Finnrowing Oy lainasi tutkimuksen käyttöön kolmea wattbike pro -kuntopyörää. (kuva 2.)



KUVA 2. Tutkimuksen kulku

Tälle tutkimukselle myönnettiin hyväksyntä Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta. Tutkittavat opastettiin tutkimukseen sekä suullisesti että kirjallisesti ja he antoivat kirjallisen suostumuksen tutkimuksen tutkittavaksi asettumisesta. Tutkimuksessa saadut tiedot pidettiin salassa, ellei siitä pyydetty erikseen kyseessä olevilta tutkittavilta kirjallista lupaa, ja tutkittavat olivat vakuutettuja tutkimuksen aikaisissa tilanteissa.

Kolmen päivän testipatteristo tehtiin viikossa alla olevan taulukon mukaisesti pääosin kello 08:00 - 20:00 riippuen tutkittavien mahdollisuuksista tulla testeihin (taulukko 2). Jokaisen testipäivän välillä tuli olla yksi lepopäivä ja lopputestiviikkoa ennen tuli olla 2 - 3 lepopäivää ennen ensimmäistä testipäivää. Jokaista testipäivää edelsi 10 minuutin alkuverryttely; toisen päivän alkuverryttely suoritettiin vasta ultraäänikuvantamisen jälkeen.

Tutkimuksessa tehdyistä testeistä seuraavia käytettiin tämän pro gradu -tutkielman tekemiseen: Pituus, massa, maksimaalista hapenottokyvyn testiä edeltävä esikevennetty hyppy (EKH), ihopoimiumittaus, vastus lateraloksen (VL) paksuuden (ultraäänikuvantaminen), Isometrinen jalka-

prässä EMG:n kanssa bi- ja unilateraalisesti, 30 minuutin testin poljinanalyysi (EMG:n ja poljinanalyysin kanssa) ja dynaamisen jalkaprässin molempien jalan 1 RM, tehoprässä sekä UCI (kansainvälinen pyöräilyliitto) profiilitestin 6 sekunnin sekä 4 minuutin testi. Testien aikana tutkittavaa kannustettiin suorittamaan mahdollisimman maksimaalinen suoritus.

TAULUKKO 2. Testipäivien toteuma

Testipäivä	1. päivä	2. päivä	3. päivä
Testit	Pituus	Ihopoimumittaus	1 RM jalkaprässä (unilateraalinen)
	Paino	VL paksuus (UÄ)	Tehojalkaprässä (bilateraalinen)
	Esikevennetty hyppy	Isometrinen jalkaprässä (EMG)	UCI profiilitesti (2 x 6s, 30s ja 4min)
	VO _{2max} -testi	30min pyöräily -testi (EMG)	
	Esikevennetty hyppy		

VO_{2max}, suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi; VL, vastus lateralis; UÄ, ultraäänikuvantaminen; EMG, elektromyografia; 1 RM, yhden toiston maksimi; UCI, kansainvälinen pyöräilyliitto.

Harjoitteluohjelman mahdolliset ohjatut kuntosali- tai pyörävoimaharjoittelut tehtiin lähinnä maanantaina, tiistaina, torstaina ja perjantaina kello 16:00 - 20:00. Harjoitusten ajankohdissa oli joitakin poikkeuksia riippuen tutkittavien mahdollisuuksista tulla harjoitukseen. Harjoitukseen piti tulla paikalle palautuneena edellisistä harjoituksista, jotta se voitiin tehdä laadukkaasti. Tämä tarkoitti ainakin esimerkiksi sitä, että jokaisen voimaharjoituksen välissä tuli olla vähintään yksi lepopäivä. Palautuneisuuteen siis suositeltiin noin vuorokauden lepoa sekä omien tunteuksien tarkkailua. Voimaharjoitteluryhmille suositeltiin tämän lisäksi ylimääräistä keskivartaloharjoittelua (liite 1). Pyörävoimaharjoittelun ohjelma luotiin mahdollisimman samantyyppiseksi rasittavuudeltaan yhdessä kuntosaliharjoitteluohjelman kanssa. Voimaharjoitteluohjelmien vastaavuutta voi katsoa tarkemmin liitteistä (liite 2 & 3).

Jokainen ryhmä suoritti omatoimisesti kestävyysharjoittelua entiseen tapansa. KSR ja PVR:ien kestävyysharjoittelusta ohjeistettiin vähentämään voimaharjoittelua vastaava määrä tasaisesti kunkin tyyppistä kestävyysharjoittelua (1 h voimaharjoittelu vastaa 1 – 2 tuntia kestävyysharjoittelua riippuen kestävyysharjoittelun intensiteetistä).

7.3 Mittausmenetelmät

7.3.1 Esikevennetty hyppy

Esikevennetyissä hypyissä tutkittava asettui hartioiden levyiseen asentoon valokennojen (IR ver.1.0, Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteellinen tiedekunta, Suomi) välissä ja asetti kädet lantioille. Tästä asennosta tutkittava ponnisti omavalintaisella esikevennykskulmalla ja nopeudella mahdollisimman korkealle. Tutkittava tuli alas samassa asennossa kuin hän nousi ilmaan kuitenkin siten, ettei hänen polvensa olleet täysin ojennettuina. Tämä testi suoritettiin kolme kertaa minuutin palautuksella ($h = (g * t_{\text{lento}}^2) / 8$). Jos hyppy parani yli 5 %, niin tutkittava hyppäsi vielä neljännen hypyn. Tulokseksi kirjattiin kahden parhaan suorituksen keskiarvo.

7.3.2 Ultraäänikuvantaminen

Tutkittavien vasemman jalan VL:sta Aloka SSD5500-ultraäänilaitteella (Hitachi Aloka Medical, Tokio, Japani). Tämä mittaus aloitettiin siten, että tutkittava rauhoittui makuuasennossa vähintään 15 minuuttia ennen ultraäänikuvantamista. Lihaksen paksuus ja pennaatiokulma mitattiin kaksi kertaa ennen EMG elektrodien asettamista VL:sta samasta kohdasta, johon elektrodit tuli laittaa. Tämän mittauksen teki sama henkilö alku- ja loppumittauksissa. Analyysissä käytettiin näiden kahden tuloksen keskiarvoa.

7.3.3 Ihopoimiumittaus

Ihopoimiumittaus tehtiin standardin mukaisesti kolmen mittauksen keskiarvona kehon oikeanpuolen hauksesta, ojentajasta, lapaluun alta sekä kyljestä (Durnin & Rahaman 1967). Näiden neljän mittauspisteen keskiarvojen summan perusteella määritettiin rasvaprosentti (Durnin & Rahaman, 1967, Keskisen ym. 2007, 265). Tämän mittauksen teki tietylle tutkittavalle aina sama henkilö sekä alku- että loppumittauksissa.

7.3.4 Isometrinen jalkaprässi

Isometrinen jalkaprässi suoritettiin kolme kertaa bilateraalisesti ja unilateraalisesti molemmilla jaloilla (FORCE DYNAMOMETER, Jyväskylän yliopisto). Bilateraalisten suoritusten välissä oli minuutin palautus. Unilateraalissa suorituksessa tehtiin ensin oikean jalan ja sitten vasemman jalan suoritus, joiden jälkeen pidettiin minuutin palautus. Tämän testin aikana mitattiin myös EMG:a oikean jalan VL:sta. Suoritus tehtiin 100 asteen polvikulmalla, ja penkin asetukset kirjattiin muistiin alkumittauksissa, jotta asento olisi sama alku- ja loppumittauksissa. Tutkittavat opastettiin suorittamaan maksimaalinen supistus mahdollisimman nopeasti. Heidät opastettiin myös olemaan tekemättä esisupistusta ennen kannustushuutoa analysoinnin helpottamista varten sekä jatkamaan suoritusta, niin kauan kuin mittaaaja arvioi olevan riittävä tarvittavien arvojen määrittämiseksi. Yksi suoritus kesti yleensä noin kolme sekuntia. Suorituksista valittiin lähes aina se, jossa tuotettiin suurin voima. Harkinnan mukaan saatettiin hieman parempi maksimisuoritus hylätä, jos siinä oli silmin nähtävästi heikompi voimantuottonopeus.

EMG elektrodien paikan määrittäminen. Mittauskohta määritettiin SENIAM-ohjeistuksen mukaisesti. Täten suoliluun harjun ja polvilumpion lateraalisen puolen keskikohdan mitasta vähennettiin 1 / 3 polvilumpion puolelta. Tästä kohdasta siirryttiin lateraalisesti VL:n paksuimpaan kohtaan. Alkumittauksissa kohta merkittiin permanentti tussilla, jotta paikka olisi sama loppumittauksissa. Jos tutkittava oli epäonnistunut tussin jäljen ylläpidossa, paikka määritettiin uudestaan yhdessä alkumittauksissa otettujen mittojen ja kuvan kanssa.

EMG elektrodien asettaminen. Aluksi mittauskohdasta höylättiin mahdolliset ihokarvat pois, jonka jälkeen kohta desinfioitiin amiseptilla. Tämän jälkeen kohtaa hiottiin hiomapaperilla pu-noitukseen asti resistanssin minimoimiseksi. Lopuksi kohta vielä desinfioitiin uudestaan amiseptilla ja annettiin kuivua ennen elektrodien asentamista. Jotta elektrodit pysyisivät paremmin paikallaan, elektrodien päälle laitettiin tarvittava määrä urheiluteippiä siten, ettei ne häirinnyt suoritusten liikettä. Lopuksi elektrodeista varmistettiin resistanssi sähkömittarilla. Maajohto asetettiin tibiaan hiukan polven alapuolelle samanlaisella preparoinnilla.

Testin tulokset analysoitiin Signal 4.0 -ohjelmalla. Muuttujia olivat voiman suuruus 0,2 ja 0,3 sekunnin kohdalla voimantuoton aloituksesta sekä maksimivoima koko supistuksen ajalta. Voima-arvoista miinustettiin jalkojen levossa olon aiheuttama voimantuotto voimalevyjä vasten. Tämän lisäksi mitattiin EMG:n RMS (neliöllinen keskiarvo) amplitudi 0,5 ja 1,5 sekunnin väliltä. Joskus EMG:n määrittämisen paikka saattoi muuttua voimantuottokäyrän epätasaisuuden perusteella, jolloin analysointiaika oli kuitenkin aina vähintään 0,7 sekuntia.

7.3.5 30 minuutin ajo

30 minuutin ajo suoritettiin SRM-polkupyöräergometrillä (Schoberer Rad Meßtechnik, tehomittarityyppi /-merkki) (GmbH, Jülich, Saksa). Ajon tavoite oli simuloida kilpailutilannetta siten, että se suoritettiin tasaista vauhtia nopeudella, jonka tutkittava pystyi juuri ja juuri pitämään yllä testin ajan. Lähtötehon ohjenuorana pidettiin suoran maksimaalisen hapenottokyvyn -testin anaerobista kynnystä, mutta lopullisen tehon tutkittava sai itse valita ja hän sai muuttaa sitä ajon aikana. Hän sai ajaa ajon omalla sen hetken luonnolliselta tuntuvalla kadenssilla. Tämän ajon ajalta mitattiin seitsemän minuutin välein polkimen teho, kadenssi, vääntömomentti sekä EMG (7', 14', 21' ja 28') viidentoista kampikierroksen ajalta, jonka aikana tutkittava oli opastettu ajamaan tasaisesti hänelle normaalilla tekniikalla. Koko testin ajalta mitattiin myös jatkuvana arvona kadenssi sekä teho, joista voitiin ottaa keskiarvo halutulta ajalta. Tämä testi tehtiin heti isometrisen jalkaprässin jälkeen, jolloin elektrodit olivat samassa paikassa kuin isometrisessä jalkaprässissä.

Tästä testistä analysoitiin arvoja 7 sekä 30 minuutin ajoon. Täten 7 minuutin testi oli submaksimaalinen ajo ja 30 minuutin testi maksimaalinen ajo vakiovauhdilla. 7 minuutin testiin hyväksyttiin tutkittavat, joilla teho ei muuttunut alku- ja loppumittauksissa vähintään ensimmäisen 7 minuutin ajan. 7 minuutin ajoon määritettiin seitsemän minuutin kohdalta viidentoista polkaisun keskiarvosta oikean ja vasemman jalan vääntömomenttikohta ja -suuruus huippu- ja minimiväännöistä. Kyseisen kohdan EMG analyysiä ei hyväksytty, jos sen RMS amplitudia ei voitu määrittää jonkin ongelman takia vähintään viiden sekunnin ajalta (noin kahdeksan polkaisua). Samat yllämainitut arvot määritettiin näytteistä 30 minuutin ajoon. Vaatimustasona 30 minuutin ajon EMG:n RMS amplitudin määrittämisessä kaikkien neljän ajankohdan analyysin

tuli täyttää tuo kriteeri arvon hyväksymiseksi tuloksiin. Usean tuloksen poissulun johdosta testin tuloksista tehtiin lisäanalyysi niiden tutkittavien kadenssista ja tehosta, joiden EMG:n RMS amplitudin määrittäminen pystyttiin tekemään, jotta niiden arvoja voisi suhteuttaa toisiinsa. Tuloksiin laitettiin tehoksi ja kadenssiksi todellinen mitattu teho sekä kadenssi.

7.3.6 Dynaaminen jalkaprässi

Dynaamisessa jalkaprässissä (DAVID F 210) suoritettiin ensin bilateraalinen lämmittely, jossa tehtiin ensin bilateraalisesti viisi toistoa 30 %:lla ja sitten viisi toistoa 60 %:lla kahden jalan toistomaksimin arviosta. Näiden välissä oli 30 sekunnin palautus. Tämän jälkeen haettiin molemmilta jaloilta 1 RM 3 - 5 toiston ajalta kahden minuutin palautuksilla. Tulokseksi otettiin suurin mahdollinen kuorma, jonka tutkittava pystyi nostamaan.

7.3.7 Tehoprässi

Tehoprässin (DAVID 210, jalkojen voimamittausdynamometri, Jyväskylän yliopisto) testi suoritettiin 1 – 2 minuutin jaloittelun jälkeen siten, että ensiksi tehtiin kaksi tutustumissuoritusta tavoitevastuksella, joka oli 1,5 kertaa tutkittavan kehonmassa viiden kilon tarkkuudella. Tämän jälkeen tutkittava suoritti testin mittaajan suullisen opastuksen tahdissa seuraavanlaisesti: tutkittava työnsi kelkan rauhallisesti eteen, saattoi kelkan takaisin lähtöasentoon ja tästä hän suoritti kolmen sekunnin paikallaanolon jälkeen mahdollisimman räjähtävän kelkan työnnön siten, että kelkka saattoi irrota jaloista suorituksen jälkeen. Tutkittava opastettiin turvallisuussyistä ottamaan jaloista irtoavan kelkan vastaan siten, ettei hänen polvensa olleet täysin ojennettuja. Lopuksi hän laski kelkan rauhallisesti takaisin lähtöasentoon. Tehontuotto määritettiin siltä maksimaalisen konsentrisen voimantuoton väliltä, jossa tutkittavan jalat olivat kiinni jalkaprässin levyssä (F/t). Levyn mahdollinen jalasta irtoamiskohta määritettiin ääriasentojen perusteella alussa tehtävän eteen ja takaisin viennin avulla.

7.3.8 Pyöräilyn tehoprofiilitesti

Testi suoritettiin SRM-polkupyöräergometrillä (Schoberer Rad Meßtechnik, tehomittarityyppi /-merkki) (GmbH, Jülich, Saksa). Ennen testi suoritettiin UCI-profiilitestin standardi 17 minuutin lämmittely. Jokaisen testissä olevien vetojen välissä oli palautusjakso. Ensiksi tehtävän 6 sekunnin testi tehtiin wattipyörän massan perusteella määrittämän vastuksen kanssa. Testissä tutkittava ohjeistettiin suorittamaan 6 sekunnin intervalli maksimaalisesti alusta loppuun asti. Näitä intervaleja tehtiin kaksi kappaletta. Tulokseksi määritettiin näistä kahdesta intervallista suurempi arvo. Tässä välissä oli 30 sekunnin testi, jota ei tässä tutkielmassa käsitellä lainkaan. Profiilitestin viimeinen osa oli 4 minuutin ajo, jonka ohjetehona oli 110% maksimaalisen hapenottokyvyn testissä saadusta maksimaalisesta tehosta. Loppua kohden tutkittava sai säätää kadenssilla tehoaan jaksamisensa mukaan. Tästä testistä määritettiin tutkittavien teho, kadenssi, polkimeen kohdistettu voima ja vääntömomentti sekä oikean ja vasemman jalan prosentuaalinen vääntömomentti sekä huippu- ja minimiväännön aika ja kulma. Tarkemmin testin kulun voi katsoa liitteistä (liite 4). (UCI/WCC 2016.)

7.4 Harjoitusohjelma

7.4.1 Kontrolliryhmä

Kontrolliryhmä opastettiin toteuttamaan tutkimusta edeltäneen ajan harjoittelua niin kuin he olivat harjoitelleet. Jos heillä oli ollut aikaisemmin vähäistä voimaharjoittelua, annettiin heidän jalkaa sitä, sillä sen ei katsottu vaikuttavan suorituskykyyn heidän ryhmän tarkoituksesta poikkeavasti.

Tämän ryhmän harjoittelujakson toteutusta ei valvottu lainkaan. Heidän harjoittelunsa tarkoituksen mukaisuus tarkistettiin kuitenkin heiltä saaduista harjoituspäiväkirjoista lopputestiviikon jälkeen. Harjoituspäiväkirja sisälsi harjoittelujaksoa edeltävää aikaa vähintään kaksi viikkoa.

7.4.2 Kuntosaliryhmä

Kuntosalin voimaharjoittelun ohjelmassa oli kolme aikaisemmissa tutkimuksissa ollutta tyyppilistä liikettä: Takakyykky, yhden jalan jalkaprässi sekä polven ojennus. Näitä liikkeitä suoritettiin maksimivoimatyypisesti 3 sarjaa. Tutkittavat opastettiin suorittamaan konsentritinen vaihe mahdollisimman nopeasti ja eksentritinen vaihe hitaasti. Liikkeet tehtiin 90 asteen polvikulmaan asti. Tarkemman harjoitteluohjelman löytää liitteistä (liite 2).

Tämä ryhmä opastettiin tekemään kestävyysharjoittelua entiseen tapansa vähentäen siitä voimaharjoittelua vastaavan verran tasaisesti eri tyyppisiä kestävyysharjoittelun muotoja. Tämä harjoittelu toteutettiin ilman valvontaa, mutta sen toteutuminen tarkistettiin lopputestiviikon jälkeen heidän täyttämistä harjoituspäiväkirjoistaan. Harjoituspäiväkirja sisälsi harjoittelujaksoa edeltävää aikaa vähintään kaksi viikkoa.

7.4.3 Pyörävoimaryhmä

Pyörävoimaharjoittelu sisälsi 3 x 3 intervallia Wattbike pro -kuntopyörällä maksimivastuksilla. Jos kadenssi olisi ollut alle 60, oltaisiin vastusta pienennetty. Näin ei kumminkaan tutkittavien kanssa käynyt totutteluviikon jälkeen. Tarkemman harjoitteluohjelman löytää liitteistä (liite 3).

Tämäkin ryhmä opastettiin KSR:n tavoin harjoittamaan aikaisempaa kestävyysharjoittelua poistaen tasaisesti eri tyyppisiä kestävyysharjoitusmuotoja voimaharjoittelua vastaavan verran. Heidänkin harjoittelu tarkistettiin lopputestiviikon jälkeen heidän täyttämistä harjoituspäiväkirjoistaan. Harjoituspäiväkirja sisälsi harjoittelujaksoa edeltävää aikaa vähintään kaksi viikkoa.

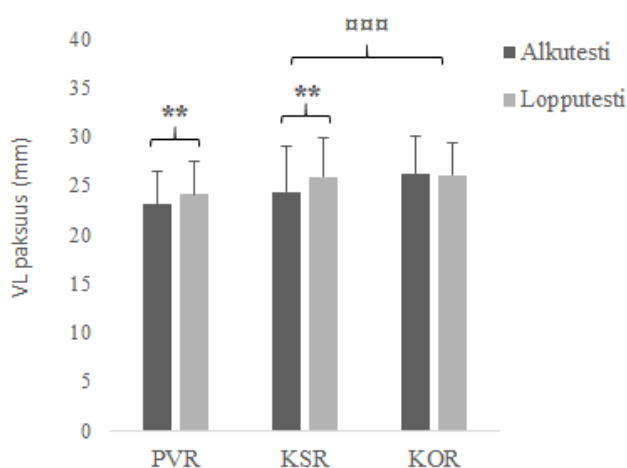
7.5 Tilastolliset menetelmät

Mittauksista saadut tulokset analysoitiin IBM SPSS Statistics 22 –ohjelmalla. Saatujen tuloksien normalisuus tarkistettiin Shapiro-Wilkinsin testillä. Normaalisti jakautuneista tuloksista voitiin tehdä parillinen t-testi kunkin ryhmä alku- ja lopputestien väliltä. Samoista tuloksista tehtiin myös ANOVA:n testi vertaamaan ryhmien lähtötason, lopputason sekä harjoituksen aikaansaamia määrällisten muutoksien eroavaisuuksia ryhmien välillä. Jos ANOVA:n levenen varianssianalyysi ei ollut merkitsevä, käytettiin Bonferronin testituloksia, ja jos se oli merkitsevä, käytettiin Tamhanen T2 testin tuloksia. Jos tulokset eivät olleet normaalisti jakautuneita jokaisella ryhmällä samassa testissä, niin parillisen t-testin korvasi Wilcoxonin testi, ja ANOVA:n korvasi Kruskal-Wallis testin testi. Näiden testien lisäksi jokaisen arvon yhteyksiä voitiin analysoida Pearsonin korrelaation avulla normaalisti jakautuneiden tuloksien kanssa ja Spearmanin korrelaation avulla normaalisti jakautumattomien tuloksien kanssa. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0.05$.

8 TULOKSET

8.1 Kehonkoostumusmittaukset

Kehonkoostumukseltaan ryhmät eivät eronneet toisistaan alkumittauksissa lukuun ottamatta kehon massaa, joka oli KSR:llä merkitsevästi korkeampi kuin PVR:llä ($p = 0.015$). Tämä ero ilmeni myös loppumittauksissa ($p = 0.016$). Kehonmassan ja painoindeksin muutos olivat tilastollisen merkitseviä vain KOR:llä, jolla se kasvoi vain 1.6% ($p = 0.009$; $p = 0.019$). VL:n paksuus kasvoi merkitsevästi ainoastaan KSR:llä 7.0% ($p = 0.001$) ja PVR:llä 4.5% ($p = 0.008$), jolloin myöten KSR:n muutos oli hyvin merkitsevää KOR:n kanssa ($p = 0.006$) (kuva 3). Rasvaprosentti puolestaan muuttui merkitsevästi vain PVR:llä ($p = 0.043$). Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 3 (taulukko 3).



KUVA 3. VL paksuuden muutokset. PVR, pyörävoimaryhmä; KSR, kuntosaliryhmä; KOR, kontrolliryhmä; VL, vastus lateralis. Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; **** $p < 0.001$ kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

TAULUKKO 3. Kehonkoostumuksien erot ja muutokset

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Testi						
Massa (kg)	73.5 ± 8.1#	74.1 ± 7.7#	0.8 ± 1.9	82.2 ± 8.2	82.6 ± 8.3	0.6 ± 3.8
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 2.3	23.5 ± 2.1	0.8 ± 1.9	24.7 ± 2.5	24.9 ± 2.7	0.6 ± 3.8
VL paksuus (mm)	23.1 ± 3.3	24.1 ± 3.4	4.5 ± 5.5**	24.4 ± 4.6	25.9 ± 4.00	7.0 ± 7.5**α
Rasvaprocentti (%)	14.9 ± 4	14.1 ± 3.9	-5.2 ± 9.8*	14.3 ± 3.2	13.5 ± 3.4	-5.5 ± 11.8
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
Massa (kg)	77.8 ± 6.8	79.0 ± 7.2	1.6 ± 1.7**			
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 2.1	25.0 ± 2.3	1.6 ± 1.7*			
VL paksuus (mm)	26.3 ± 3.7	26.1 ± 3.2	-0.3 ± 3.9			
Rasvaprocentti (%)	15.1 ± 3.8	15.2 ± 4.1	1.1 ± 4.5			

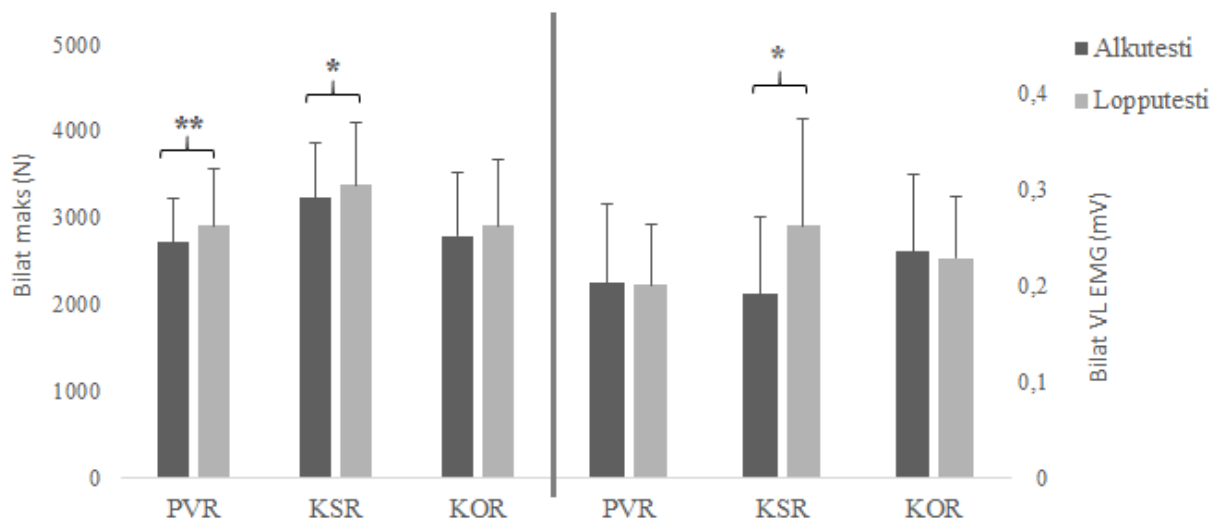
BMI, painoindeksi; VL, vastus lateralis.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; # $p < 0.05$ pyörävoiman ja kuntosaliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys; α $p < 0.05$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys).

8.2 Maksimaalinen isometrinen jalkaprässi

8.2.1 Bilateraallinen isometrinen jalkaprässi

Maksimaalisen bilateraallisen jalkaprässissä ryhmät eivät eronneet toisistaan. Testin maksimaalinen voimantuotto kasvoi merkitsevästi KSR:llä ($p = 0.022$) ja hyvin merkitsevästi PVR:llä ($p = 0.008$). Oikean jalan VL EMG:n osaltaan kasvoi merkitsevästi vain KSR:llä ($p = 0.016$). (kuva 4.) Muuten ryhmien väliset tulokset eivät muuttuneet tämän testin osalta tilastollisesti merkitsevästi. Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 4 (taulukko 4).



KUVA 4. Bilateraalisesta jalkaprässin maksimin ja VL EMG:n muutokset. PVR, pyörävoimaryhmä; KSR, kuntosaliryhmä; KOR, kontrolliryhmä; VL, vastus lateralis; EMG, elektromyografia. Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä

TAULUKKO 4. Ryhmien maksimaalisen bilateraalisesta jalkaprässin erot ja muutokset

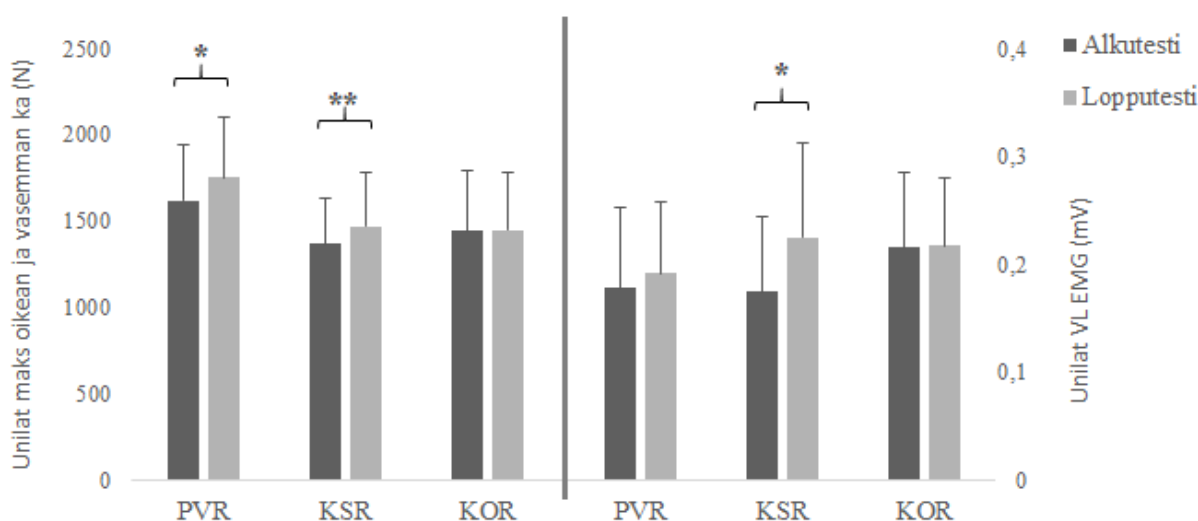
Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
0.2 s voima (N)	1774.5 ± 521.4	1853.3 ± 522.0	6.4 ± 21.2	2057.6 ± 506.2	2180.3 ± 622.4	6.0 ± 17.9
0.3 s voima (N)	2152.7 ± 498.8	2271.7 ± 563.7	5.9 ± 15.2	2505.3 ± 562.2	2613.1 ± 663	4.8 ± 14.7
Maksimivoima (N)	2714.3 ± 514.1	2910.1 ± 652.6	7.0 ± 10.9**	3228.9 ± 635.6	3377.8 ± 719.2	4.8 ± 10.5*
VL EMG (mV)	0.202 ± 0.082	0.200 ± 0.063	3.1 ± 23.4	0.191 ± 0.079	0.262 ± 0.110	48.8 ± 59.6*
Voimantuottoisuus (N/s)	10402.4 ± 3529.3	11231.4 ± 3690.3	12.0 ± 28.4	11860.7 ± 2503.5	12732.3 ± 3302.1	8.4 ± 21.5
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
0.2 s voima (N)	1859.9 ± 593.5	1900.9 ± 536.7	6.5 ± 17.3			
0.3 s voima (N)	2240.3 ± 645.4	2331.7 ± 617.9	7.0 ± 13.8			
Maksimivoima (N)	2793.8 ± 722.6	2910.0 ± 752.9	4.2 ± 7.0			
VL EMG (mV)	0.235 ± 0.081	0.228 ± 0.065	3.7 ± 36.0			
Voimantuottoisuus (N/s)	11279.2 ± 3704.3	11442.5 ± 2825.6	7.3 ± 26.0			

VL, vastus lateralis; EMG, elektromyografia.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä.

8.2.2 Unilateraalinen isometrinen jalkaprässi

Unilateraalissa jalkaprässissä ryhmät eivät eronneet toisistaan. Näissä testeissä oikean jalan maksimivoima kehittyi KSR:llä hyvin merkitsevästi ($p = 0.006$), PVR:llä merkitsevästi ($p = 0.036$), mutta KOR:llä muutos ei ollut merkitsevää. Vasemman jalan maksimivoima puolestaan kehittyi merkitsevästi KSR ($p = 0.016$) ja PVR:illä ($p = 0.011$), mutta KOR:llä kehitys ei ollut merkitsevää. Näistä vasemman jalan kehityksien myötä muutoksien ero oli merkitsevää KSR:n ja KOR:n välillä ($p = 0.037$). Molemman jalan keskiarvo parani KSR:llä hyvin merkitsevästi ($p = 0.003$) ja merkitsevästi PVR:llä ($p = 0.017$). Testin vasemman jalan VL EMG:n parannus oli puolestaan merkitsevää ainoastaan KSR:llä ($p = 0.016$). Molemman jalan keskiarvon ja VL EMG:n tuloksia havainnollistaa alla oleva kuva (kuva 5). Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 5 (taulukko 5).



KUVA 5. Unilateraalisen jalkaprässin vasemman ja oikean jalan maksimi sekä VL EMG muutokset. PVR, pyörävoimaryhmä; KSR, kuntosaliryhmä; KOR, kontrolliryhmä; VL, vastus lateralis; EMG, elektromyografia. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä.

TAULUKKO 5. Ryhmien maksimaalisen unilateraalisen jalkaprässin erot ja muutokset

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Oikea maksimivoima (N)	1390.7 ± 258.9	1490.2 ± 328.5	7.1 ± 11.1*	1658.7 ± 376.0	1808.5 ± 377.7	10.0 ± 11.7**
Vasen maksimivoima (N)	1350.9 ± 272.5	1451.7 ± 303.0	7.7 ± 10.9*	1578.4 ± 279.0	1694.4 ± 339.7	7.2 ± 7.9* α
Maksimivoima ka (N)	1370.8 ± 260.4	1471.0 ± 310.1	7.3 ± 10.3*	1618.5 ± 321.4	1751.5 ± 353.1	8.5 ± 9.4**
VL EMG (mV)	0.178 ± 0.074	0.192 ± 0.066	13.9 ± 31.1	0.175 ± 0.069	0.225 ± 0.087	38.6 ± 53.1*
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
Oikea maksimivoima (N)	1493.2 ± 350.3	1514.7 ± 349.5	1.5 ± 7.1			
Vasen maksimivoima (N)	1392.5 ± 360.0	1381.0 ± 332.1	-0.5 ± 6.2			
Maksimivoima ka (N)	1442.8 ± 353.2	1447.8 ± 336.4	0.6 ± 6.5			
VL EMG (mV)	0.216 ± 0.069	0.217 ± 0.064	6.9 ± 35.8			

VL, vastus lateralis; EMG, elektromyografia.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; α $p < 0.05$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

8.3 Pyörätestit

8.3.1 4 minuutin ajo

Tämän testin suhteen KSR ja KOR:llä oli alkutesteissä tilastollisesti hyvin merkitsevä ero tehon suhteen ($p = 0.003$) sekä merkitsevä ero kampeen tuotetun voiman ja väännön suhteen ($p = 0.015$, $p = 0.012$). Nämä erot ilmenivät myös lopputesteissä ($p = 0.005$; $p = 0.037$, $p = 0.039$). Muutoin ryhmät eivät eronneet toisistaan. PVR:llä voiman ja väännön muutos oli tilastollisesti merkitsevää ($p = 0.036$, $p = 0.040$), ja KSR:llä oli puolestaan kadenssin muutos tilastollisesti merkitsevä ($p = 0.021$). KOR:llä ei havaittu mitään tilastollisesti merkitsevää eroa, eikä ryhmien välillä ollut merkitseviä eroja muutoksissa. Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 6 (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Ryhmien väliset erot ja muutokset 4 minuutin testissä

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Teho (W)	334.9 ± 33.6	339.5 ± 35.0	1.4 ± 4.5	372.9 ± 57.7 ^{ⓂⓂ}	372.0 ± 60.2 ^{ⓂⓂ}	0.0 ± 7.3
Kadenssi (kier/min)	98.8 ± 2.9	97.7 ± 2.3	-1.0 ± 2.7	100.4 ± 1.9	98.9 ± 2.4	-1.4 ± 2.0*
Voima (N)	190.3 ± 17.5	195.0 ± 17.2	2.6 ± 3.4*	208.5 ± 30.9 [Ⓜ]	210.5 ± 30.7 [Ⓜ]	1.2 ± 6.1
Vääntömomentti (Nm)	32.5 ± 3.0	33.2 ± 3.0	2.5 ± 3.8*	35.5 ± 5.3 [Ⓜ]	35.8 ± 5.3 [Ⓜ]	1.1 ± 7.0
Vääntömomentti (oikea) (%)	50.0 ± 1.1	50.1 ± 1.0	0.3 ± 1.3	51.1 ± 1.9	51.1 ± 1.6	0.0 ± 1.7
Vääntömomentti (vasen) (%)	50.0 ± 1.1	49.9 ± 1.0	-0.3 ± 1.3	48.9 ± 1.9	48.9 ± 1.6	0.0 ± 1.9
OHV aika (ms)	184.7 ± 12.5	184.7 ± 12.5	0.1 ± 5.0	186.4 ± 12.2	190.0 ± 16.6	2.0 ± 6.8
VHV aika (ms)	187.3 ± 14.9	187.3 ± 14.4	0.2 ± 5.1	181.4 ± 10.3	179.3 ± 12.1	-1.1 ± 5.8
OHV kulma (°)	112.1 ± 7.7	111.0 ± 8.0	-1.0 ± 3.9	115.5 ± 6.6	114.9 ± 8.9	-0.5 ± 4.6
VHV kulma (°)	113.7 ± 9.1	112.3 ± 9.8	-1.1 ± 4.5	111.9 ± 6.3	110.1 ± 5.5	-1.6 ± 3.5
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
Teho (W)	307.1 ± 40.8	306.8 ± 45.6	-0.2 ± 5.1			
Kadenssi (kier/min)	98.1 ± 3.8	97.5 ± 3.7	-0.5 ± 2.6			
Voima (N)	177.2 ± 21.0	177.8 ± 24.1	0.2 ± 4.4			
Vääntö (Nm)	30.0 ± 3.7	30.3 ± 3.9	1.1 ± 3.4			
Vääntö (oikea jalka) (%)	50.0 ± 1.4	49.9 ± 1.3	-0.2 ± 1.4			
Vääntö (vasen jalka) (%)	50.0 ± 1.4	50.1 ± 1.3	0.2 ± 1.4			
OHV aika (ms)	179.1 ± 11.4	180.0 ± 14.1	0.5 ± 4.0			
VHV aika (ms)	181.8 ± 14.7	182.7 ± 17.4	0.5 ± 5.0			
OHV kulma (°)	108.3 ± 7.0	108.1 ± 5.1	0.0 ± 2.9			
VHV kulma (°)	110.2 ± 8.2	110.5 ± 8.0	0.3 ± 3.0			

OHV, oikean jalan huippuvääntömomentti; VHV, vasemman jalan huippuvääntömomentti.

* $p < 0.05$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; [Ⓜ] $p < 0.05$; ^{ⓂⓂ} $p < 0.01$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

8.3.2 7 minuutin ajo

KSR:n 7 minuutin alkutestin teholla oli tilastollisesti hyvin merkitsevä ero KOR:n kanssa ($p = 0.003$), joka pysyi yllä lopputestiin asti ($p = 0.004$). Tämän lisäksi ryhmien välillä ei ollut eroja. PVR kehitti oikean jalan minimivääntömomenttia tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.028$). Tämän lisäksi keskiteho parani niillä PVR:n tutkittavilla, joilta saatiin mitattua EMG tätä testiä varten ($p = 0.017$). KSR:n tutkittavilla puolestaan kehittyi oikean ja vasemman jalan huippuvääntömomenttia tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.028$, $p = 0.028$). Tämän lisäksi KSR:n keskiteho parani merkitsevästi kaikilla sekä hyvin merkitsevästi niillä, joilta saatiin EMG mitattua ($p = 0.029$; $P = 0.010$), joista jälkimmäinen tuotti tilastollisesti merkitsevän eron KOR:n kehitykseen ($p = 0.049$) sekä lopputestin tulokseen ($p = 0.016$). KOR:llä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia. Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 7 (taulukko 7). Liitteistä löytyy vielä näytteistä saatu teho ja kadenssi sekä molemman jalan yhteenlasketut vääntömomenttikohdat ja –suuruuden huippu- ja minimiväännöistä (liite 5).

TAULUKKO 7. Ryhmien väliset erot ja muutokset 7 minuutin testissä

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
OHV (Nm)	42.5 ± 5.2	43.8 ± 10.1	2.5 ± 14.3	45.2 ± 7.9	47.8 ± 9.3	6.1 ± 12.1*
OHV kulma (°)	284.5 ± 10.0	282.6 ± 11.1	-0.6 ± 2.2	290.2 ± 8.6	286.3 ± 10.7	-1.3 ± 2.3
OMV (Nm)	9.5 ± 3.2	11.1 ± 2.1	24.4 ± 28.4*	10.2 ± 4.0	10.6 ± 2.6	10.9 ± 29.7
OMV kulma (°)	202.6 ± 9.3	202.1 ± 11.2	-0.2 ± 3.4	205.9 ± 10.6	204.3 ± 7.9	-0.6 ± 4.3
VHV (Nm)	41.1 ± 5.5	43.0 ± 8.2	4.4 ± 12.0	41.0 ± 7.6	44.6 ± 8.3	9.6 ± 13.1*
VHV kulma (°)	103.4 ± 9.3	107.8 ± 11.5	4.3 ± 7.2	106.4 ± 6.4	103.0 ± 8.8	-3.2 ± 5.3
VMV (Nm)	9.7 ± 3.2	10.7 ± 2.2	17.5 ± 28.6	10.3 ± 3.6	11.0 ± 3.0	13.0 ± 36.8
VMV kulma (°)	20.8 ± 10.2	22.9 ± 11.6	19.1 ± 118.7	28.7 ± 8.6	26.3 ± 8.6	-2.3 ± 43.6
Kadenssi (kier/min)	87.2 ± 10.3	86.8 ± 10.0	-0.2 ± 7.1	94.3 ± 5.2	93.6 ± 3.2	-0.4 ± 6.9
Keskiteho (W)	243.8 ± 22.0	249.8 ± 18.8 ϕ	2.7 ± 5.8	267.1 ± 37.6 \boxtimes	276.9 ± 44.6 \boxtimes	3.5 ± 5.6*
EMG (näyte) (mV)	0.052 ± 0.016	0.056 ± 0.015	12.5 ± 25.7	0.059 ± 0.023	0.062 ± 0.017	9.1 ± 18.5
Kadenssi Θ (kier/min)	86.9 ± 9.3	85.2 ± 8.5	-1.6 ± 7.5	94.6 ± 4.7	93.1 ± 3.0	-1.4 ± 5.8
Keskiteho Θ (W)	236.1 ± 19.5	248.2 ± 18.1	5.3 ± 5.2*	269.2 ± 40.4	281.9 ± 46.4 \boxtimes	4.6 ± 5.3** \boxtimes
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
OHV (Nm)	41.0 ± 7.5	42.1 ± 7.8	4.4 ± 18.5			
OHV kulma (°)	285.2 ± 13.2	282.1 ± 8.3	-1.0 ± 3.0			
OMV (Nm)	9.1 ± 3.0	9.4 ± 2.6	11.2 ± 33.6			
OMV kulma (°)	204.1 ± 16.3	203.0 ± 12.7	-0.4 ± 4.1			
VHV (Nm)	41.4 ± 5.8	40.3 ± 7.2	-2.3 ± 11.6			
VHV kulma (°)	106.8 ± 16.2	102.9 ± 7.3	-2.4 ± 10.2			
VMV (Nm)	8.3 ± 1.7	9.5 ± 3.0	16.1 ± 33.2			
VMV kulma (°)	24.5 ± 15.4	22.3 ± 12.5	-2.0 ± 60.9			
Kadenssi (kier/min)	89.2 ± 11.6	88.4 ± 11.4	-0.7 ± 7.9			
Keskiteho (W)	226.8 ± 22.3	225.0 ± 25.0	-0.8 ± 5.2			
EMG (näyte) (mV)	0.052 ± 0.016	0.051 ± 0.018	-4.0 ± 9.2			
Kadenssi Θ (kier/min)	90.3 ± 13.8	88.5 ± 13.8	-1.6 ± 9.4			
Keskiteho Θ (W)	234.7 ± 19.1	231.3 ± 23.8	-1.4 ± 6.1			

OHV, huippuvääntömomentti; OMV, minimivääntömomentti; VHV, huippuvääntömomentti; VMV, minimivääntömomentti; EMG, elektromyografia; Θ , tässä otannassa käytetty vain tutkittavat, joilta pystyttiin määrittämään EMG.

* $p < 0.05$; tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; \boxtimes $p < 0.05$; $\boxtimes\boxtimes$ $p < 0.01$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys; ϕ $p < 0.01$ pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys ilman tilastollista merkitsevää eroa alkutestissä ja muutoksessa.

8.3.3 30 minuutin ajo

KSR:llä oli 30 minuutin alkutestissä saadussa tehossa tilastollisesti hyvin merkitsevä ero KOR:n kanssa ($p = 0.004$), joka pysyi yllä lopputestiin asti ($p = 0.001$). Tämän lisäksi ryhmien välillä ei ollut eroja alkutestien suhteen. PVR paransi oikean jalan minimivääntömomenttia tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.033$) luoden tätä kautta tilastollisesti merkitsevän eron KOR:n kanssa lopputestien tuloksiin ($p = 0.017$). Tämän lisäksi testin kokonaistehontuotto parani hyvin merkitsevästi koko PVR:llä ($p = 0.001$) sekä sillä ryhmän osalla, joilta saatiin mitattua EMG

hyväksytysti ajon ajalta ($p = 0.002$), joista jälkimmäinen muutos erosi tilastollisesti merkitsevästi KOR:n muutoksesta ($p = 0.029$). KSR puolestaan aikaisti vasemman jalan huippuväännön kampikulmaa tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.043$). KOR:llä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia. Tarkemmin tulokset näkyvät taulukossa 8 (taulukko 8). Liitteistä löytyy näytteistä saatu teho ja kadenssi, molemman jalan yhteenlasketut vääntömomenttikohdat ja –suuruuden huippuja minimiväännöistä (liite 5) sekä 30 minuutin ajon EMG:n vaihtelua esittävä kuvaaja (liite 6).

TAULUKKO 8. Ryhmien väliset erot ja muutokset 30 minuutin testissä

Ryhmä Testi	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliyhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
OHV (Nm)	42.7 ± 4.6	44.6 ± 8.6	4.3 ± 15.0	45.8 ± 8.0	48.2 ± 8.1	5.8 ± 11.1
OHV kulma (°)	102.8 ± 10.0	101.1 ± 9.6	-1.3 ± 7.8	109.6 ± 9.0	106.5 ± 11.2	-2.8 ± 6.6
OMV (Nm)	9.5 ± 2.6	10.7 ± 2.0 α	18.1 ± 28.6*	10.6 ± 5.9	9.6 ± 2.6	2.6 ± 29.5
OMV kulma (°)	23.3 ± 11.1	21.5 ± 12.1	-4.8 ± 35.0	25.4 ± 11.3	25.7 ± 8.8	18.7 ± 63.4
VHV (Nm)	41.5 ± 5.8	43.7 ± 7.9	5.5 ± 12.9	42.6 ± 8.8	44.2 ± 9.4	4.8 ± 15.4
VHV kulma (°)	104.0 ± 8.6	104.6 ± 11.4	0.6 ± 7.6	106.3 ± 8.0	102.7 ± 5.9	-3.2 ± 5.0*
VMV (Nm)	9.4 ± 2.9	10.5 ± 2.6 ϕ	18.2 ± 32.0	9.7 ± 3.3	10.1 ± 2.9	8.2 ± 26.0
VMV kulma (°)	22.1 ± 11.2	22.5 ± 11.8	6.0 ± 41.6	28.7 ± 8.9	26.2 ± 8.4	-4.2 ± 33.1
Kadenssi (kier/min)	90.9 ± 10.0	89.4 ± 11.0	-1.4 ± 7.8	96.1 ± 6.2	94.7 ± 4.2	-1.1 ± 7.4
Keskiteho (W)	246.6 ± 24.0	255.4 ± 22.7	3.7 ± 3.6**	268.7 ± 39.5 $\alpha\alpha$	276.1 ± 42.8 $\alpha\alpha$	2.8 ± 5.5
EMG (näyte) (mV)	0.220 ± 0.066	0.236 ± 0.063	10.8 ± 26.0	0.246 ± 0.087	0.264 ± 0.081	10.7 ± 21.8
Kadenssi Θ (kier/min)	88.6 ± 10.6	84.5 ± 10.3	-4.3 ± 8.4	94.6 ± 6.4	94.4 ± 4.6	0.2 ± 8.3
Keskiteho Θ (W)	243.4 ± 26.7	253.7 ± 27.2	4.3 ± 2.9** α	254.3 ± 29.6	260.6 ± 26.4 ϕ	2.8 ± 5.5
Ryhmä Testi	Kontrolliryhmä					
	Alku	Loppu	Muutos (%)			
OHV (Nm)	39.6 ± 7.1	40.7 ± 8.3	3.6 ± 14.8			
OHV kulma (°)	105.1 ± 13.6	102.0 ± 8.4	-2.3 ± 7.5			
OMV (Nm)	7.6 ± 3.2	8.0 ± 2.5	14.2 ± 39.7			
OMV kulma (°)	27.8 ± 14.7	26.6 ± 11.8	3.2 ± 36.0			
VHV (Nm)	39.8 ± 6.5	40.0 ± 8.0	0.5 ± 11.9			
VHV kulma (°)	106.1 ± 11.8	104.0 ± 8.4	-1.4 ± 6.9			
VMV (Nm)	6.9 ± 2.5	7.8 ± 2.7	14.8 ± 25.1			
VMV kulma (°)	27.9 ± 14.7	26.4 ± 12.0	3.0 ± 43.9			
Kadenssi (kier/min)	92.3 ± 14.3	90.9 ± 13.9	-1.2 ± 9.1			
Keskiteho (W)	227.9 ± 22.5	226.5 ± 28.0	-0.8 ± 5.5			
EMG (näyte) (mV)	0.199 ± 0.052	0.190 ± 0.052	-4.2 ± 7.9			
Kadenssi Θ (kier/min)	85.4 ± 16.0	84.4 ± 17.7	-1.2 ± 10.4			
Keskiteho Θ (W)	226.6 ± 18.2	220.1 ± 19.1	-2.8 ± 4.6			

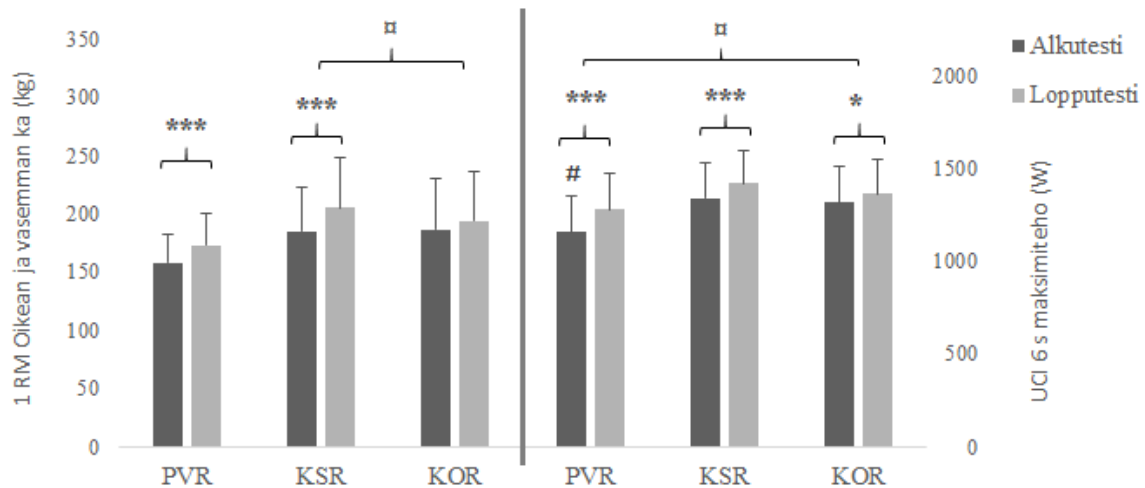
OHV, huippuvääntömomentti; OMV, minimivääntömomentti; VHV, huippuvääntömomentti; VMV, minimivääntömomentti; EMG, elektromyografia; Θ , tässä otannassa käytetty vain tutkittavat, joilta pystyttiin määrittämään EMG.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; α $p < 0.05$; $\alpha\alpha$ $p < 0.01$ kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys; ϕ $p < 0.01$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys ilman tilastollista merkitsevää eroa alkutestissä ja muutoksessa.

8.1 Muut dynaamiset testit

Yhden jalan 1 RM:ssa ryhmät eivät eronneet tilastollisen merkitsevästi toisistaan. KSR ja PVR paransivat yhden jalan 1 RM:ssa oikeaa jalkaa ($p < 0.001$, $p = 0.002$), vasenta jalkaa ($p < 0.001$, $p < 0.001$) ja niiden keskiarvoa ($p < 0.001$, $p < 0.001$) erittäin merkitsevästi lukuun ottamatta PVR:n oikean jalan hyvin merkitsevää parannusta. KOR: puolestaan ei parantanut yhden jalan 1 RM:n tuloksiaan yhtä merkitsevästi, mutta kuitenkin merkitsevästi vasemman jalan ($p = 0.040$) ja molempien jalkojen summan kautta ($p = 0.037$). Näissä toistomaksimitestien muutoksissa oli tilastollisen merkitsevä ero KSR ja KOR:n välillä oikeassa jalassa ($p = 0.025$), vasemmassa jalassa ($p = 0.048$) ja molempien jalkojen keskiarvossa ($p = 0.023$). Yhden jalan 1 RM:n molemman jalan keskiarvon tulokset näkyvät alla olevassa kuvassa (kuva 6). Nämä tulokset näkyvät tarkemmin taulukossa 9 (taulukko 9).

Muiden testien kuin yhden jalan 1 RM:n alkutestien tuloksissa oli eroja tilastollisesti merkitsevästi KSR:n ja KOR:n välillä. Nämä eroavaisuudet olivat UCI kuuden sekunnin maksimitestissä ($p = 0.043$) ja tehoprässissä ($p = 0.034$). Näistä tehoprässin tilastollisesti merkitsevä ero ilmeni vielä lopputesteissä ($p = 0.013$). UCI 6 sekunnin testin muutos oli PVR:llä 10.8 %, KSR:llä 6.5 % ja KOR:llä 3.6 %. Näistä KSR ja PVR:n muutokset olivat erittäin merkitseviä ($p = 0.001$, $p < 0.001$), kun KOR:n muutoksen merkitsevyys oli puolestaan hyvin merkitsevää ($p = 0.012$). Tätä myöten PVR ja KOR:n UCI kuuden sekunnin muutoksien välillä oli tilastollista merkitsevyyttä ($p = 0.030$). Tämän lisäksi kevennyshypyn muutokset olivat KSR (5.2 %), PVR (4.7 %) ja KOR:llä (2.5 %). Näistä kevennyshypyn nousukorkeuden muutokset olivat tilastollisesti merkitseviä ($p = 0.023$; $p = 0.017$; $p = 0.039$) ja kevennyshypyn tehontuoton muutokset hyvin merkitseviä lukuun ottamatta KSR:n hyvin merkitsevää muutosta ($p = 0.041$; $p = 0.006$; $p = 0.010$). Myös UCI:n 6 sekunnin testin tulokset ovat esitetty kuvassa 6 (kuva 6). Nämä tulokset näkyvät tarkemmin taulukosta 9 (taulukko 9).



KUVA 6. Molemman jalan 1 RM:n sekä UCI 6 sekunnin tehon muutokset. PVR = pyörävoimaryhmä; KSR, kuntosaliryhmä; KOR, kontrolliryhmä; 1 RM, yhden jalan yhden toiston maksimi. Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; # $p < 0.05$ pyörävoima- ja kuntosaliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys; \boxtimes $p < 0.05$ kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

TAULUKKO 9. Ryhmien muiden dynaamisten testien erot ja muutokset

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
1 RM oikea (kg)	161.9 ± 26.8	175.8 ± 30.3	8.7 ± 8.0**	188.8 ± 39.7	209.6 ± 45.0	11.1 ± 5.5*** \boxtimes
1 RM vasen (kg)	153.8 ± 24.5	170.0 ± 26.1	10.8 ± 7.3***	181.5 ± 35.8	200.4 ± 41.9	10.3 ± 6.7*** \boxtimes
1 RM ka (kg)	157.9 ± 24.8	172.9 ± 27.6	9.6 ± 6.9***	185.2 ± 37.2	205.0 ± 43.0	10.7 ± 5.4*** \boxtimes
Tehoprässi (W)	843.1 ± 177.7#	849.0 ± 185.0#	0.7 ± 6.1	991.5 ± 154.9	1036.5 ± 167.3	5.0 ± 10.6
UCI 6 s (W)	1158.1 ± 196.3#	1277.7 ± 197.6	10.8 ± 8.1*** \boxtimes	1341.2 ± 188.7	1423.1 ± 174.8	6.5 ± 5.4***
EKH (cm)	33.2 ± 4.7	34.6 ± 4.6	4.7 ± 7.1*	34.1 ± 4.8	35.9 ± 6.1	5.2 ± 7.6*
EKH tehontuotto (W/kg)	3290.8 ± 547.1	3401.5 ± 518.6	3.6 ± 4.7**	3738.5 ± 407.4	3868.5 ± 483.3	3.4 ± 5.4*
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
1 RM oikea (kg)	192.9 ± 46.1	200.4 ± 42.2	4.8 ± 7.8			
1 RM vasen (kg)	179.6 ± 41.8	187.1 ± 42.1	4.7 ± 6.7*			
1 RM ka (kg)	186.3 ± 43.4	193.8 ± 41.7	4.7 ± 6.9*			
Tehoprässi (W)	956.3 ± 118.4	966.1 ± 139.9	1.0 ± 6.8			
UCI 6 s (W)	1317.8 ± 190.5	1363.6 ± 187.9	3.6 ± 4.2*			
EKH (cm)	37.2 ± 5.1	38.1 ± 5.5	2.5 ± 3.8*			
EKH tehontuotto (W/kg)	3725.8 ± 518.5	3840.0 ± 563.2	3.0 ± 2.8**			

O 1 RM, yhden jalan yhden toiston maksimi; V 1 RM, yhden jalan yhden toiston maksimi; M 1 RM, molemman jalan yhden toiston maksimin keskiarvo; UCI, union cycliste internationale; EKH, esikevennetty hyppy.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; # $p < 0.05$ pyörävoima- ja kuntosaliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys; \boxtimes $p < 0.05$ kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

8.1 Testituloksien välisiä yhteyksiä

Tutkimuksien tärkeimpien tulosten yhteyksiä on esitetty kaikkien tutkittavien alkutestien tulok-
sista taulukossa 10. Taulukoista ilmenee muun muassa, että molemman jalan 1 RM oli erittäin
merkitsevästi yhteydessä isometrisen bilateraalisin jalkaprässin kanssa ($p < 0.001$; $r = 0.549$),
hyvin merkitsevästi molemman jalan isometrisen unilateraalisen jalkaprässin kanssa ($p < 0.01$;
 $r = 0.451$) sekä merkitsevästi UCI 6 sekunnin testin kanssa ($p < 0.05$; $r = 0.322$). Tämän lisäksi
UCI 6 sekunnin maksimiteho oli puolestaan erittäin merkitsevästi yhteydessä isometrisen bi-
lateraalisen jalkaprässin, molemman jalan isometrisen unilateraalisen jalkaprässin ja 30 minu-
utin testin keskitehon kanssa ($p < 0.001$; $r = 0.641$, $r = 0.566$, $r = 0.510$) sekä merkitsevästi mo-
lemman jalan 1 RM:n ja 30 minuutin testin oikean jalan huippuväännön kanssa ($p < 0.05$; $r =$
 0.451 , $r = 0.380$). 30 minuutin testin keskiteho oli osaltaan erittäin merkitsevästi yhteydessä
UCI 6 sekunnin maksimitehon ja 30 minuutin testin oikean jalan huippuväännön kanssa ($p <$
 0.001 ; $r = 0.510$, $r = 0.629$), hyvin merkitsevästi isometrisen bilateraalisin jalkaprässin ja 30
minuutin testin oikean jalan minimiväännön kanssa ($p < 0.01$; $r = 0.427$, $r = 0.411$) sekä mer-
kitsevästi molemman jalan isometrisen unilateraalisen jalkaprässin ($p < 0.05$; $r = 0.380$) kanssa.
(taulukko 10.)

Yllä mainitun taulukon lisäksi testeistä löytyy myös alkutestien ja harjoitusohjelmien aikaan-
saamien erojen välisiä yhteyksiä sekä harjoitusohjelmien aikaan saatujen erojen yhteyksiä liit-
teessä 7. Samassa liitteessä on myös erikseen jokaisen ryhmän väliset yhteydet kyseisistä tes-
teistä. (liite 7.) Liitteistä voi katsoa myös VL paksuus, unilateraalisten voimatestien, testien
EMG:iden, 7 ja 30 minuutin testien huippu- ja minimivääntömomenttien, UCI 6 sekunnin mak-
simitehon sekä 30 minuutin keskitehon väliset yhteydet alkutesteihin ja harjoituksen aiheutta-
mien eroihin liittyen (liite 8 – 10) sekä 7 ja 30 minuutin testien alkutestien ja niiden voiman-
tuottokulmien yhteyksiä liitteiden 8 – 10 arvoihin sekä niihin itseensä liittyen (liite 11). Liit-
teissä on vielä kuvaajia UCI 6 sekunnin testin ja molemman jalan 1 RM:n välisestä yhteydestä
sekä 30 minuutin testin ja alla olevan taulukon muiden muuttujien välisiä yhteyksiä lukuun
ottamatta massaa (liite 12).

TAULUKKO 10. Kaikkien tutkittavien tärkeimpien alkutestien väliset yhteydet

AT/AT	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,549***	0,451**	0,322*	-0,041	-0,052	-0,125	0,541***	0,207
IBJ	0,549***	1	0,926***	0,641***	0,427**	0,250	-0,015	0,307	0,552***
MIUJ	0,451**	0,926***	1	0,566***	0,380*	0,201	-0,008	0,380*	0,435**
6 s	0,322*	0,641***	0,566***	1	0,510***	,332*	-0,058	0,270	0,642***
30 min	-0,041	0,427**	0,380*	0,510***	1	0,629***	0,411**	0,003	0,267
30 OHV	-0,052	0,250	0,201	0,332*	0,629***	1	0,208	0,040	0,199
30 OMV	-0,125	-0,015	-0,008	-0,058	0,411**	0,208	1	0,033	-0,164
VLP	0,541***	0,307	0,380*	0,270	0,003	0,040	0,033	1	0,278
Massa	0,207	0,552***	0,435**	0,642***	0,267	0,199	-0,164	0,278	1

AT, alkutesti; M 1 RM, molemman jalan yhden toiston maksimin keskiarvo; IBJ, isometrisen bilateraalisesta jalkaprässin maksimi; MIUJ, molemman jalan isometrisen unilateraalisen jalkaprässin maksimin keskiarvo; 6 s, UCI 6 sekunnin testin maksimiteho; 30 min, 30 minuutin testin keskiteho; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuvääntömomentti; OMV, oikean jalan minimivääntömomentti; VLP, vastus lateraalisen paksuus.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys.

8.2 Harjoittelun seuranta

Ryhmien voima- ja kestävyysharjoittelujen tuntimäärät ovat esitetty taulukossa 11. Pääosin ryhmien intervention aikaiset kestävyys- ja kokonaisharjoitteluvolyymit eivät ole tilastollisesti eroavia interventiota edeltävään aikaan lukuun ottamatta PVR:n laskeneeseen kestävyysharjoittelun volyymin muutokseen. Molemmilla voimaharjoitteluryhmillä oli pääosin suuremmat intervention edeltävän ajan, intervention aikaisen ajan sekä niiden välisen muutoksen suhteen korkeammat voimaharjoitteluvolyymit ja sen muutokset. Tästä poikkeuksena oli PVR:n interventiota aikaisempi aika, jolloin heidän voimaharjoitteluvolyymit ei eronnut merkittävästi KOR:stä, mutta erosi kumminkin hyvin merkittävästi KSR:stä. (taulukko 11.)

Harjoittelun toteutuminen jokaisen ryhmän kohdalla on esitetty taulukossa 12. Muutama tutkittava jäi pois sairastumisen, arjen tapaturman, liian suuren harjoittelusta poissaolon tai henkilökohtaisen syyn takia. Taulukon voimaryhmien laktaatti, syke ja koettu kuormittavuus (RPE) mitattiin kolmelta tutkittavalta ryhmältä kohden. Näissä muuttujissa oli ero ainoastaan KSR:n ja pyörävoimaryhmän välillä kolmannella viikolla merkittävä ero sykkeen keskiarvossa ($p = 0.036$) ja erittäin merkittävä ero maksimisykkeessä ($p = 0.001$) (taulukko 12.)

TAULUKKO 11. Ryhmien harjoittelutunnit ennen interventiota, sen jälkeen sekä näiden tunteiden välinen muutos

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Edeltävä	Interventio	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Harjoittelu						
Voima /vko (h)	0.1 ± 0.2##	1.9 ± 0.1###	1.8 ± 0.3**###	0.7 ± 0.6###	2.0 ± 0.3###	1.3 ± 0.5###*
Kestävyys /vko (h)	8.0 ± 3.6	5.5 ± 3.3	-2.5 ± 3.2*	6.4 ± 3.1	6.4 ± 4.0	0.1 ± 4.1
Yhteensä /vko (h)	8.1 ± 3.5	7.4 ± 3.3	-0.7 ± 3.2	7.0 ± 2.9	8.4 ± 4.1	1.4 ± 4.0
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
Voima /vko (h)	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.3			
Kestävyys /vko (h)	6.9 ± 4.4	5.1 ± 2.2	-1.8 ± 3.3			
Yhteensä /vko (h)	7.0 ± 4.6	5.3 ± 2.3	-1.7 ± 3.5			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkittävyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä. ## $p < 0.01$ pyörävoima- ja kuntosaliryhmän välinen tilastollinen merkittävyys. ### $p < 0.01$; #### $p < 0.001$ kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkittävyys.

TAULUKKO 12. Harjoittelun toteutuminen

Ryhmä	Pyörävoima	Kuntosali	Kontrolli
Lopullinen ryhmäkoko	15 (16)	14 (17)	12 (15)
Aloitusviikko (vko)	36.8 ± 3.1	38.6 ± 2.7	36.4 ± 3.2
Voimaharjoittelujen toteutuminen	19.2 ± 1.0/20	18.4 ± 1.5/20	-
Laktaatti (mmol/l) (vko 2/6/9)	10.7/7.6/7.9	4.1/2.1/2.2	-
Syke KA (1/min) (vko 2/6/9)	120.3#/111.7/112.7	91.0/93.0/88.7	-
Syke MAX (1/min) (vko 2/6/9)	158.4###/147.4/148.3	121.8/123.9/131.0	-
RPE (vko 2/6/9)	16.1/14.4/16.0	13.7/12.1/12.3	-
Teho (W) (vko 2/6/9)	834.3/1077.8/1118.7	-	-
Kadenssi (kier/min) (vko 2/6/9)	70.7/81.4/82.8	-	-
MHV kammen kulma (°) (vko 2/6/9)	102.4/127.7/128.6	-	-
Takakyky (kg) (vko 2/6/9)	-	88.3/115.0/123.8	-
Jalkaprässi (kg) (vko 2/6/9)	-	117.5/144.2/155.8	-
Polvenojennus (kg) (vko 2/6/9)	-	98.3/125.0/136.7	-

Syke MAX, intervallin tai sarjan jälkeinen huippusyke; Syke KA, intervallin tai sarjan keski-syke palautuksen kanssa; RPE, koettu kuormittavuus; MHV, molemman jalan huippuvääntömomentti.

p < 0.05; ### p < 0.001 pyörävoima- ja kuntosaliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

9 POHDINTA

9.1.1 Tutkimuksen päälöydökset

Tutkimuksen yhtenä päälöydöksenä oli se, että pyörävoimaryhmän voimaominaisuudet kehittivät merkittävästi. Tämä kehitys oli jopa samansuuntaista kuntosaliryhmän kanssa. Ryhmien välinen kehitys näytti vielä painottuvan lajispesifisti näiden kahden ryhmän välillä, vaikka erot eivät olleet pääsääntöisesti tilastollisesti merkitseviä. Nämä löydökset olivat tutkimuksen hypoteesien mukaisia.

Tarkemmin ilmaistuna KSR paransi kuntosaliliikkeitä muistuttavien testien tuloksia paremmin kuin muut ryhmät, ja PVR paransi pyörällä tehtäviä ominaisuuksia paremmin kuin muut ryhmät. Voimaharjoitteluryhmistä vähemmän lajispesifi ryhmä asettui yleensä toiseksi parhaaksi ryhmäksi suorituskyvyn parantamisen suhteen. Loppujen lopuksi tämä lajinomaisuuden paremmuus on kuitenkin kritisoitavissa.

9.1.2 Lajinomaisuuden tärkeys

Testeistä yhden jalan 1RM:n jalkaprässissä kehittyi voimaharjoitteluryhmillä prosentuaalisesti lähes samansuuruisesti ja paremmin kuin KOR:llä. Voimaharjoitteluryhmistä KSR:n kehitys oli kuitenkin prosentuaalisesti hiukan parempaa kuin PVR:llä ja vain KSR:n harjoittelu tuotti merkitsevää kehitystä KOR:ään verrattuna. KSR:ltä olisi voinut odottaa huomattavampaa kehitystä suhteessa muihin ryhmiin, sillä heidän harjoittelunsa oli kohdennettua tälle liikkeelle.

PVR kehitti puolestaan parhaiten UCI 6 sekunnin sekä 30 minuutin ajon tulosta paremmin kuin muut ryhmät. 30 minuutin aika-ajossa kehitys oli kuitenkin vain 3,7 %, mutta UCI 6 sekunnin testissä PVR kehittyi 10,8 %, joka oli tilastollisesti merkitsevästi parempaa kuin KOR:n muutos. 4 minuutin testissä puolestaan PVR ei kuitenkaan päässyt tilastollisesti merkitsevään kehitykseen. Tämä saattoi johtua tutkittavien suullisten kommenttien mukaisesti siitä, että he tunsivat olonsa alkutestivaiheeseen verrattuna väsyneemmiksi, koska he pystyivät suorittamaan 6 ja

30 sekunnin testit paremmin lopputesteissä kuin alkutesteissä. Voimaryhmien välillä tuli esiin myös lajinnostavia eroja pyörätestien poljentatekniikan adaptaatioissa. Eroja ilmeni voimantuoton kulmissa ja suuruuksissa voimakäyrän minimi- ja maksimikohdissa. Tämän näkee ennen kaikkea 30 minuutin ajon testissä 7 minuutin kohdalla (taulukko 7).

PVR:n pyörätestien kehityksen paremmuus KSR:n verrattuna korostuu seuraavan huomion myötä: PVR:n vasemman jalan kehittyminen voimatesteissä oli prosentuaalisesti lähes yhtä suurta kuin KSR:llä, mutta oikean jalan kehitys oli KSR:llä suurempaa kuin PVR:llä. Tähän erilaiseen adaptaatioon saatettiin päätyä siksi, että kuntosalilla yhden jalan jalkaprässissä vahvemman oikean jalan suoritus tehtiin korkeammalla vastuksella kuin vasemman heikomman jalan suoritus. Pyörävoimaharjoittelussa puolestaan harjoittelu tuli samalla vastuksella tasaisesti molemmille jaloille, sillä heidän poljentatekniikoissaan ei näkynyt puolieroja suorituskyvyn testeissä. Tämän myötä PVR:n voiman kehitys oli lajispesifimpää pyöräilyn suorituskykyyn, sillä he kehittyivät pyöräilyyn liittyvissä testeissä enemmän, vaikka KSR paransi voimaominaisuuksiaan enemmän oikeassa jalassa.

Myös VL:ssa tapahtuvat adaptaatiot ilmentävät lajinomaista kehitystä. Ensinnäkin sen EMG aktiivisuus kasvoi isometrisen jalkaprässin testeissä merkittävästi KSR:ssä, mutta muissa ryhmissä ei. Tämä päti jopa bilateraalisisessa testissä, jossa PVR:llä oli maksimivoiman kehitys prosentuaalisesti hiukan parempaa. Samansuuntaista tulosta antoi myös VL paksuuden kehityserot, joissa KSR kehittyi enemmän kuin PVR luoden ainoastaan merkittävän eron muutoksessa KOR:n kanssa. Tämän VL paksuuden kehityseron perusteella pyörävoimaharjoittelu näyttäisi olevan suotuisampi voimaharjoittelumuoto kuin kuntosaliharjoittelu, sillä lihasmassan kasvu ei ole toivottavaa kestävyyslajeissa. Tätä korostaa se, että PVR:n pyörätestien suorituskyky enemmän pienemmällä lihaskasvulla kuin KSR:llä. On kuitenkin mahdollista, että PVR:n voimantuotto ja lihaskasvu ilmenivät enemmän muissa lihaksissa kuin VL:ssa. Mutta lajinomaisen harjoittelun pääasiahan on olennaisten lihasten harjoittaminen, jolloin pyörävoimaharjoittelu olisi parempaa pyöräilyn suorituskykyyn kuin kuntosaliharjoittelu. Tätä kehitystä käsitellään syvemmin myöhemmin. Tätä voimaharjoitteluryhmien VL muutoksien eroavaisuuksia havainnollistavat voimaharjoitteluun (Chiu ym. 2017; Lahti ym. 2017) ja pyöräilyyn (Mileva ym. 2003; Sarre ym. 2005; Wakeling & Horn 2009; Sarabon ym. 2012; da Silva ym. 2016; Duggan ym. 2017) liittyvät voimantuottotapoja ja lihasaktiivisuuksia käsittelevät tutkimukset.

Tutkimuksessa ilmenneet yhteydet antavat myös viitteitä lajinomaisuuden merkityksestä. Niissä ilmenee, että yhteyksien merkitsevyys on sitä suurempaa mitä lähempänä se on kyseistä seuraavassa luettelossa olevaa testiä: 1 RM, isometristen jalkaprässien maksimivoimantuotot, UCI 6 sekunnin testin maksimiteho ja 30 minuutin keskiteho. Tämä kertoo ensinnäkin lajinomaisen pyöräilytehon tärkeydestä kestävyysuorituskykyyn verrattuna kuntosalinomaiseen liikkeeseen. Tämän lisäksi pyöräilyn 100 asteen polvikulman maksimivoimantuottoa edustava isometrinen jalkaprässi sijoittui merkitsevyydeltään näiden kahden ominaisuuden välille. Näistä isometrisistä jalkaprässeistä bilateraallinen oli yllättäen enemmän yhteydessä 30 minuutin keskitehon kanssa kuin lajinomaisempi unilateraalinen jalkaprässi. Näiden lisäksi minimivääntömomentti oli hyvin merkitsevästi, ja maksimivääntö erittäin merkitsevästi yhteydessä 30 minuutin keskitehon kanssa. Tämä kyseenalaistaa aikaisemman tavan keskittyä vain maksimivääntömomentin polvikulmaan voimaharjoittelussa. Minimivääntömomentin yhteys saattoi olla maksimivääntömomenttia heikompi, jos tutkittavat ovat harjoittaneet aikaisemmin enemmän maksimivääntömomentin polvikulmaa. Näiden lisäksi liitteissä olevat muuttujien väliset yhteydet syventävät lajinomaisuuden tärkeyttä muun muassa lajinomaisen liikkeen, polvikulman ja vahvemman/heikomman jalan merkityksien kautta.

Isometristen jalkaprässien testien tulokset antoivat yllättäen voimaryhmien välille toisiaan risteäviä adaptaatioita, mutta ryhmien kehitykset eivät eronneet toisistaan merkitsevästi. KSR kehittyi prosentuaalisesti parhaiten unilateraalissa testissä, ja PVR kehitti prosentuaalisesti parhaiten bilateraalisessa testissä. KOR:n kehitys oli huonointa, eikä sen kehitys ollut voimaryhmien tavoin tilastollisesti merkitsevää. Tuloksissa ilmenevä KSR:n parempi unilateraalinen oikeaan jalkaan painottuva kehitys on samansuuntainen yhden jalan 1 RM:n kehityksien kanssa. Näiden tuloksien ristiin meno voisi selittyä silläkin, että bilateraalisuuden jälkeen PVR:n saadessa suuremman kehityksen, he saattoivat väsyä enemmän kuin muut ryhmät, tai KSR saattoi tottua kyseiseen testin rasisuunnalliseen samantapaisen harjoittelunsa kautta. Tämän lisäksi tulokset voivat myös ilmentää KSR:n suurempaa bilateraalista häviötä suhteessa PVR:ään. Tämä on yllättävää, sillä KSR teki vain yhden voimaharjoituksen kolmesta yhden jalan liikkeenä, kun taas PVR harjoitteli jatkuvasti unilateraalisesti. Loppujen lopuksi testien adaptaatioissa olisi voinut olettaa suurinta kehitystä KSR:ltä, sillä heidän harjoitteluohjelmansa tähtäsi tähän 100 asteen polvikulman voimantuottoon. Tätä vastoin alkutestien UCI 6 sekunnin maksimivoima oli erittäin vahvasti yhteydessä isometristen jalkaprässien kanssa, jolloin parasta

kehitystä olisi voinut odottaa PVR:ltä, jolla UCI 6 sekunninkin maksimiteho kehittyi eniten. Toisaalta isometrinen bilateraalin jalkaprässi oli isometristä unilateraalista jalkaprässiä enemmän yhteydessä 30 min ajon keskitehon kanssa, jolloin tämä ristiin meno olisi ymmärrettävää ja ne voisivat ilmentää lajinomaista kehitystä ryhmien välillä. Tätä tukisi KOR:n 4,2 %:n trendinomaisen kehityksen ($p = 0.099$). Mutta toisaalta KOR:n kehitys voisi ilmaista myös mahdollisen oppimiseffektin testiin, jolloin molempien voimaryhmien kehityksessä tulisi huomioida tämä mahdollinen oppiminen. Loppujen lopuksi tämä ristiin meno ei ollut tilastollisesti merkitsevää, joten tämä voisi kertoa vain samansuuntaisesta kehityksestä kahden voimaryhmän välillä.

Voimantuottonopeutta mittaavista testeissä ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Näistä tehoprässi parani prosentuaalisesti enemmän KSR:llä kuin PVR ja KOR:illä. Kehitykset eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä, eikä niiden välillä ollut merkitsevää eroa. Maksimaalisessa bilateraaliosassa voimantuottotestissäkään voimantuottonopeuden kehityserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. EKH:n merkitsevä kehitys KSR ja PVR:illä oli vain viiden prosentin luokkaa ja hieman suurempaa kuin KOR:n merkitsevä kehitys. Ryhmien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja ei ollut. Tämä merkitsevä kehitys johtunee siitä, että EKH ei vaadi erityisen suurien nopeusvoimaominaisuuksien kehittymättömyyttä. Tämä yleinen nopeusvoiman kehittymättömyys selittynee sillä, että harjoitusohjelmissa ei tähdätty sen kehittymiseen. Tämän lisäksi ryhmien rasvamäärän pienistä muutoksista ei ole aiheellista tehdä suurempia harjoitteluun perustuvia päätelmiä, sillä ne johtunevat enemmän ruokavalioon liittyvistä asioista.

Tutkimus antaa siis viitteitä lajinomaisuuden tärkeydestä. Tätä tukee yllämainitut kuntosalin ja PVR:n eriävät kehitykset yhden jalan 1 RM:n, pyörätestien suorituskyvyn ja poljentatekniikan, VL:n ja isometristen jalkaprässien kehityseroissa sekä tutkimuksessa ilmenneet yhteydet eri testien välillä. Voimantuotto-ominaisuuksien kehittymättömyys ei puolestaan osoita valitsemisen tärkeyttä voimaharjoitteluryhmien välillä, vaan sitä, että maksimivoimaan tähtääminen on mahdollista. Kuitenkin tätä tutkimuksen osoittamaa lajispesifisyyden tärkeyttä voidaan kyseenalaistaa menemällä syvemmälle voimaharjoitteluryhmien adaptaatioihin.

9.1.3 Kritiikki lajinomaisuuden ilmenemiseen

Ensinnäkin esimerkiksi UCI 6 sekunnin testin tilastollisten merkitsevyyksien eron merkitystä heikentää se, että PVR oli tässä testissä tilastollisesti merkitsevästi heikompi, ja alhaisemmalla lähtötasolla oli tässä testissä tilastollisesti merkitsevä vaikutus parempaan kehitykseen. Eikä tämän testin tulokset yhdessä muiden testien kanssa tuottanut tilastollisia eroavaisuuksia voimaharjoitteluryhmien välillä. Loppujen lopuksi on kuitenkin mahdollista, että pyörävoimaryhmän tilastollisesti merkityksetön kehitys johtui kuitenkin harjoitteluohjelmasta, eikä tilastollisesta olemattomuudesta tai alhaisemmasta lähtötasosta. Tätä myöten PVR:n paremmuus KSR:ään verrattuna voi aiheuttaa pienen, mutta ratkaisevan eron kilpailutilanteeseen.

Pyörätestien poljentatekniikoiden muutoksissa puolestaan näkyy, että PVR paransi polkaisuisaan minivääntömomentin arvoja ja KSR paransi polkaisuisaan huippuvääntömomentin arvoja. Näitä kehityksiä on asiallista lähestyä polven nivelkulmien kautta (Rønnestad ym. 2010b). Pyöräilyssä polvikulmat näyttävät olevan noin 70 – 145 astetta (Encarnación-Martínez ym. 2018), josta noin 100 asteen kulmalla suoritetaan keskimäärin suurin voima polkaisusyklin aikana (Rønnestad ym. 2010b). KSR:n kehitys huippuvääntömomenttiin selittyy sillä, että harjoitusohjelma oli suunniteltu polkaisusyklin huippuvoimantuoton polvikulmiin. PVR:n kehitys saattoi puolestaan tulla siitä, että pyörävoimaharjoittelu tuntui vaativan poljennan sujuvuuden ylläpitämiseksi suurta voimantuottoa sekä nostavalta että polkaisevalta jalalta kampien pystyasennon alueilla miniväännön kohdilla. Tätä tuntemusta tukevat tutkimukset, jotka tuovat esiin kuntosalin voimaharjoittelun (Chiu ym. 2017; Lahti ym. 2017) ja pyöräilyn (Mileva ym. 2003; Sarre ym. 2005; Wakeling & Horn 2009; Sarabon ym. 2012; da Silva ym. 2016; Duggan ym. 2017) erilaisia voimantuottotapoja ja lihasaktiivisuuksia. Näistä pyöräilyyn liittyvistä tutkimuksista näemme, miten esimerkiksi muiden kuin etureiden lihasten aktiivisuudet korostuvat, kun esimerkiksi pyöräilyssä vastus kasvaa (Wakeling & Horn 2009) ja voimantuottopiikki myöhäistyy (taulukko 7) (da Silva ym. 2016). Nämä kaksi huomiota kertovat korkeamman vastuksen nostavan harjoittelijan kammien liikelaajuuden kehitysalueutta suuremmaksi, jolloin KSR:ä laajempi kampikulmien kehitys olisi ymmärrettävää. Tämä mahdollinen takareisipainotteisuus selittäisi myös aiemmin mainitun VL:n kehityksen vähäisyyttä pyörävoimaryhmässä.

Yllä olevan kappaleen perusteella PVR:n kehitys ei ehkä ollutkaan merkittävämpää pyöräilyyn KSR:ään verrattuna. Kehitys nimittäin saattoi johtua siitä, että he paransivat laajemman kehitysalueensa myötä heikkouksiaan, joiden hyöty oli helposti siirrettävissä pyöräilyyn. Tässä voisi kuitenkin olla pyörävoimaharjoittelun puolustukseksi se, että tiettyä liikettä harjoitellessa, suorituksen heikoin tai helpommin harjoitettava ominaisuus kehittyy ennemmin ja nopeammin kuin vahvemmat ominaisuudet, minkä jälkeen suoritus aloittaa kehittymisen tasaisemmin eri osa-alueilta. Teoriassa kuntosalillakin voidaan kehittää tärkeämpiä kehityskohteita, mutta niiden löytäminen ja kehittäminen olisi monimutkaisempaa – jopa mahdotonta – kuin harjoittelijan laittaminen yksinkertaisesti pyörävoiman harjoitusohjelmaan. Tämän huomion lisäksi PVR saattoi parantaa tuloksiaan anaerobisen energiantuoton kautta. Mutta, koska PVR:n voimaominaisuudetkin kehittyivät hyvin, oli kehitys ilmeisesti ainakin osittain voimaominaisuuksista johtuvaa. Näissä kritiikeissä on muistettava, että tämän tutkimuksen pyörävoimaharjoittelu on vielä optimoitavissa, sillä esimerkiksi tämän harjoittelun pitkän matkan pyöräilystä poikkeava korkeampi vastus (Wakeling & Horn 2009; Duggan ym. 2017) ja alhaisempi kadenssi (Dudley & Djamil 1985; Koninckx ym. 2010) saattavat aiheuttaa eriäviä adaptaatioita pitkän matkan pyöräilyn mekaniikkaan. Tästä kaikesta pyörävoimaharjoittelun kritiikistä ja optimoinnin keskenäisyydestä huolimatta lajinomaisuuden tärkeys aina totta (Dublely ym. 1990; Fernhall & Kohrt 1990; Verstappen ym. 1982; Swinnen ym. 2018), joten pyörävoimaharjoittelun kehittäminen ja lisätutkimus on tarpeellista.

9.1.4 Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet

Harjoittelun seurannasta ilmenee, että KSR:llä oli tilastollisesti suurempi voimaharjoittelutausta, ja PVR:llä laski kestävyysharjoittelu tilastollisesti merkittävästi intervention aikana. Näistä KSR:n suurempi voimaharjoittelutausta saattoi vaikuttaa negatiivisesti kyseisen ryhmän voimien kehitykseen. PVR:n vähentynyt kestävyysharjoittelu puolestaan saattaa aiheuttaa pienempää suhteellista häiriötä voimaominaisuuksien kehitykseen, mutta samalla laskea heidän aerobista kehitystä. Kaiken kaikkiaan nämä erot olivat kuitenkin määrältään hyvin pieniä.

Tutkimuksessa ilmeni myös joissakin testeissä pieniä KOR:n adaptaatioita. Niihin voidaan suhtautua monella tapaa. Ensinnäkin ne voivat kertoa kaikkien tutkittavien testikohtaisesta oppimiseffektistä, jolloin KOR:n kehitys tulisi vähentää voimaharjoitteluryhmien tuloksista. Toisaalta esimerkiksi KOR:n bilateraalin trendinomaisen kehityksen yhdessä PVR:n parhaan kehityksen kanssa, voi kertoa pyöräilyn selittävän bilateraalista kehitystä. Tämä voisi täten ilmentää jopa lajinomaisuuden periaatetta. Loppujen lopuksi KOR:n kehitykset olivat alle viiden prosentin luokkaa ja saattoivat johtua yksinkertaisesti siitä, että jotkut heistä harrastivat intervention aikana esimerkiksi voimaominaisuuksia kehittäviä korkeaintensiteettisiä kestävyysharjoituksia.

Kaiken kaikkiaan tutkimuksen täyttä ideaa ei voitu toteuttaa, sillä wattipyörässä ei ollut tarpeeksi vastusta. Tämän takia PVR:n harjoittelu oli mahdollisesti voimatyypistä maksimikestävyysharjoittelua. Täten harjoitusvaste pyöräilyyn voisi olla erilaista – jopa tehokkaampaa, jos tämä harjoittelumuoto optimoitaisiin pyöräilyn mekaniikkaan sopivaksi hermostolliseksi maksimivoimaharjoitteluksi. Tämä voisi olla esimerkiksi kuntosalille kehitetty pyöräilynomainen laitte (esimerkiksi taljaan asennettuna), jossa vastus voitaisiin jopa keskittää tietyille kammen kulmille tarpeen mukaan. Tähän tutkimukseen keksimiämme wattipyörää suurempia vastuksia tarjoavia pyöräilyvaihtoehtoja ei ollut aiheellista käyttää, sillä niistä ei saatu vastuksen suuruutta harjoittelun seurantaan. Tutkimuksessa olisi myös ollut hyvä tutkia muitakin lihaksia kuin VL:sta. Tätä ei kuitenkaan tehty resurssien ja ajan säästämisen vuoksi. Tutkimuksen suurena vahvuutena oli kuitenkin se, että se toi laajalla testikokonaisuudella uuden mahdollisesti käyttö- ja kehityskelpoisen harjoittelumuodon pyöräilyyn vertaamalla sitä hyväksi tutkittuun kuntosaliharjoitteluun. Pyöräilyn lisäksi tätä ideaa voisi soveltaa muihinkin lajeihin.

9.1.5 Johtopäätökset

Tutkimus antaa viitteitä siitä, miten lajinomaisuus on olennaista voiman kehityksessä tutkimuksessa ilmenneistä rajoituksista huolimatta. Niiden mukaan kuntosaliharjoittelu näyttää parantavan paremmin kuntosaliliikkeiden suoristusta, ja pyörävoimaharjoittelu näyttää parantavan paremmin pyöräilyn suorituskykyä. Tämän lisäksi tutkimus antaa viitteitä siitä, ettei harjoittelua kannata välttämättä kohdistaa aiempaan tapaan vain kammen huippuvääntömomenttia vastaavaan polvikulmaan.

9.1.6 Käytännönsovellutus

Monipuolisen harjoittelun ja varmemman voimatason kehityksen toivossa pyöräilijöille lienee suositeltavaa harjoitella aiemmin optimaalisemmaksi tutkitulla kuntosaliharjoittelulla, mutta tätä voisi suorittaa tutkimuksessa tehdyn pyörävoimaharjoittelun kanssa. Tämä voisi tarkoittaa harjoituskautta ajatellen sitä, että alkukaudesta voisi kehittää voimaa kuntosalilla, ja kilpailujen lähestyessä voimaa voisi kehittää pyörävoimaharjoittelulla, jolloin voimantuotto siirtyisi enemmän pyöräilyn mekaniikan mukaiseksi. Tässä on muistettava, ettei tämä pyörävoimaharjoittelu ole maksimivoimaharjoittelua, vaan sen voimaharjoittelusta poikkeava luonne tulee huomioida yhdistetyssä harjoittelussa. Tämä pyörävoimaharjoittelu olisi omanlaisen kehitysadaptaation tarjoajana myös turvallisempi harjoitusmuoto ja se saattaisi olla myös mielekkäämpää monille pyöräilijöille, jotka haluavat mieluummin harjoitella pyörän kanssa kuin kuntosalilla. Tätä myöten tämä tutkimus voi avata mielenkiintoisen tutkimuskohteen kaikkien lajien pariin.

LÄHTEET

- Aagaard P., Simonsen E. B., Andersen J. L., Magnusson P. & Dyhre-Poulsen, P. 2002. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*, 93(4), 1318–1326.
- Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, Larsson B, Olesen JL, Crameri R, Magnusson SP & Kjaer M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 21, 298–307
- Abbiss, C. R., Karagounis, L. G., Laursen, P. B., Peiffer, J. J., Martin, D. T., Hawley, J. A., Fothergill, N. N. & Martin, J. C. 2011. Single-leg cycle training is superior to double-leg cycling in improving the oxidative potential and metabolic profile of trained skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 110, 1248–1255.
- Adams, K., O'Shea J. P., O'Shea K. L. & Climstein K. 1992. The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(1), 36–41.
- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S. & Kleim, J. A. 2006. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1776–1782.
- Alghannam, A. F., Jedrzejewski, D., Tweddle, M. G., Gribble, H., Bilzon, J., Thompson, D., Tsintzas, K., Betts, J. A. 2016. Impact of Muscle Glycogen Availability on the Capacity for Repeated Exercise in Man. *Med Sci Sports Exerc*, 48(1), 123–131.
- Arkesteijn, M., Jobson, S., Hopker, J. & Passfield, L. 2016. The Effect of Cycling Intensity on Cycling Economy During Seated and Standing Cycling. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(7), 907–912.
- Baar K., 2014. Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Med*, 44(Suppl. 2), 117–125.
- Baker, D., Nance, S. & Moore, M. 2001. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res*, 15(1), 20–24.

- Balshaw T. G., Pahar, M., Chesham, R. Macgregor, L. J., & Huntercorresponding, A. M. 2017. Reduced firing rates of high threshold motor units in response to eccentric overload. *Physiol Rep*, 5(2).
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32, 70–84.
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M. & Carson, B. P. 2014. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Med*, 44(6), 845–865.
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., Li, Y., Lima, C. D., Hodgson, D. D., Chaouachi, A., Prieske, O. & Granacher, U. 2017. Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*, 8, 423.
- Bell, G.J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R. & Quinney H. A. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*, 81(5), 418–427.
- Bellemare, F. & Bigland-Ritchie, B. 1984. Assessment of human diaphragm strength and activation using phrenic nerve stimulation. *Respir Physiol*, 58(3), 263–277.
- Bieuzen F., Lepers R., Vercruyssen F., Hausswirth C. & Brisswalter J. 2007. Muscle activation during cycling at different cadences: effect of maximal strength capacity. *J Electromyogr Kinesiol*, 17, 731–738.
- Bishop D., Jenkins D. G., Mackinnon L. T., McEniery M. & Carey M. F. 1999. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 886–891.
- Boccia, G., Dardanillo, D., Tarperi, C., Festa, L., La Torre, A., Pellegrini, B., Schena, F. & Rainoldi, A. 2018. Women show similar central and peripheral fatigue to men after half-marathon. *Eur J Sport Sci*, 18(5), 695–704.
- Bogdanis, G.C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligekas, P. & Brown, L. E. 2017. Comparison between Unilateral and Bilateral Plyometric Training on Single and Double Leg Jumping Performance and Strength. *J Strength Cond Res*, April 18.
- Bompa T. O. & Haff G. G. 2009. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. 5. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bazyler, C. D., Abbott, H. A., Bellon, C. R., Taber, C. B., Stone, M. H. 2015. Strength training for endurance athletes: theory to practice. *Strength Cond J*, 37, 1–12

- Blakey, J. B. & Southard, D. 1987. The Combined Effects of Weight Training and Plyometrics on Dynamic Leg Strength and Leg Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1(1), 14–16.
- Cadore, E. L., González-Izal, M., Grazioli, R., Setuain, I., Pinto, R. S. & Izquierdo, M. 2018. Effects of Concentric and Eccentric Strength Training on Fatigue Induced by Concentric and Eccentric Exercise. *Int J Sports Physiol Perform*, 11, 1–30.
- Caiozzo, V. J., Laird, T., Chow, K., Prietto, C. A., & McMaster, W. C. 1983. The use of pre-contractions to enhance the in vivo force velocity relationship. *Medicine and Science in Sports and exercise*, 14, 162.
- Cantrell, G. Schilling, B. Paquette, M. & Murlasits, Z. 2014. Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology*, 114(4), 763–771.
- Carroll, T. J., Selvanayagam, V. S., Riek, S. & Semmler, G. 2011. Neural adaptations to strength training: Moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiol* 202, 119–140.
- Chiu, L. Z., Fry, A. C., Schilling, B. K., Johnson, E. J. & Weiss, L. W. 2004. Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *Eur J Appl Physiol*, 92(4-5), 385–392.
- Chiu, L. Z., vonGaza, G. L. & Jean L. M. 2017. Net joint moments and muscle activation in barbell squats without and with restricted anterior leg rotation. *J Sports Sci*, 35(1), 35–43.
- Chtourou, H., Driss, T., Souissi, S., Gam, A., Chaouachi, A. & Souissi, N. 2012. The effect of strength training at the same time of the day on the diurnal fluctuations of muscular anaerobic performances. *J Strength Cond Res*, 26(1), 217–225.
- Chtourou, H., Hammouda, O., Aloui, A., Chaabouni, K., Makni-Ayedi, F., Wahl, M., Chaouachi, A., Chamari, K. & Souissi, N. 2013. The effect of time of day on hormonal responses to resistance exercise. *Biol. Rhythm Res.* 45(2): 247–256.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hopper, M. K., Walters, T. J. 1988. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol*, 1988, 64(6), 2622–2630.
- Comfort, P., Fletcher, C. & McMahon J. J. 2012a. Determination of optimal loading during the power clean, in collegiate athletes. *J Strength Cond Res*, 26(11), 2970–2974.

- Comfort, P., Udall, R. & Jones, P. A. 2012b. The effect of loading on kinematic and kinetic variables during the midthigh clean pull. *J Strength Cond Res*, 26(5), 1208–1214.
- Comfort, P., Bullock, N. & Pearson S. J. 2012c. A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *J Strength Cond Res*, 26(4), 937–940.
- Comfort, P., Haigh, A. & Matthews, M. J. 2012d. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *J Strength Cond Res*, 26(3), 772–776.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. & Clarkson, B. 2014. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(1), 173–177.
- Comfort, P., Jones, P. A. & Udall R. 2015. The effect of load and sex on kinematic and kinetic variables during the mid-thigh clean pull. *Sports Biomech*, 14(2), 139–156.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T. & McBride, J. M. 2007a. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 340–249.
- Cormie, P., McCaulley, G. O. & McBride, J. M. 2007b. Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Med Sci Sports Exerc*, 39(6), 996–1003.
- Craig, B.W., Lucas, J., Pohlman, R. & Stelling, H. 1991. The effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *J Appl Sport Sci Res*, 5, 198–203
- da Silva, J. C., Tarassova, O., Ekblom, M. M., Andersson, E., Rönquist, G. & Arndt, A. 2016. Quadriceps and hamstring muscle activity during cycling as measured with intramuscular electromyography. *Eur J Appl Physiol*, 116(9), 1807–1817.
- Denadai, B. S., Greco, C. C., Tufik, S. & de Mello M. T. 2007. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. *Isokinet Exerc Sci*, 15, 281–285
- Deschenses, M. R., Judelson, D. A. Kraemer, W. J., Meskaitis, V. J., Vole, J. S., Nindli, B. C., Harman, F. S. & Deaver, D. S. 2000. Effects of resistance training on neuromuscular junction morphology. *Muscle Nerve* 23 (10), 1576–1581.

- Di Prampero, P. E., Atchou, G., Bruckner, J. C. & Moia C. 1986. The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55, 259–266.
- Dudley G. A. & Djamil R. 1985. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *J Appl Physiol*, 59(5), 1446–1451.
- Dudley, G. A., Harris, R. T., Duvoisin, M. R., Hather, B. M. & Buchanan, P. 1990. Effect of voluntary vs. artificial activation on the relationship of muscle torque to speed. *J Appl Physiol*, 69(6), 2215–2221.
- Duggan, W., Donne, B. & Fleming, N. 2017. Effect of Seat Tube Angle and Exercise Intensity on Muscle Activity Patterns in Cyclists. *Int J Exerc Sci*, 10(8), 1145–1156.
- Durnin, J. V. & 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.
- 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. *J Strength Cond Res*, 30(1), 164–175.
- Encarnación-Martínez, A., Ferrer-Roca, V. & García-López, J. 2018. Influence of Sex on Current Methods of Adjusting Saddle Height in Indoor Cycling. *J Strength Cond Res*, Jun 14.
- Estes, R. R., Malinowski, A., Piacentini, M., Thrush, D., Salley, E., Losey, C. & Hayes, E. 2017. The Effect of High Intensity Interval Run Training on Cross-sectional Area of the Vastus Lateralis in Untrained College Students. *Int J Exerc Sci*, 10(1), 137–145.
- Fagard, R. H., Thijs, L. B., Amery, A. K. 1995. The effect of gender on aerobic power and exercise hemodynamics in hypertensive adults. *Med Sci Sports Exerc*, 27(1), 29–34.
- Farup, J., Kjølhed, T., Sørensen, H., Dalgas, U., Møller, A. B., Vestergaard, P. F., Ringgaard, S., Bojsen-Møller, J. & Vissing, K. 2012. Muscle morphological and strength adaptations to endurance vs. resistance training. *J Strength Cond Res*, 26(2), 398–407.
- Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. & Buckenmeyer, P. 2000. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res*, 14, 470–476.

- Fernhall B & Kohrt, W. 1990. The effect of training specificity on maximal and submaximal physiological responses to treadmill and cycle ergometry. *J Sports Med Phys Fitness*, 30(3), 268–275.
- Fintelman, D. M., Sterling, M., Hemida, H & Li, F. X. 2015. The effect of time trial cycling position on physiological and aerodynamic variables. *J Sports Sci*, 33(16), 1730–1737.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. 2007. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Med* 37 (2), 145–168.
- Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., Müller, H., Weber, MA., Metz, J., Kauczor, HU., Bärtsch, P. & Billeter, R. 2010. Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *Eur J Appl Physiol*, 108(4), 821–836.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. & Frost, G. 2006. Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices. *Sports Med* 36 (2), 133–149.
- Caldwell, G., Hagberg, J., McCole, S. & Li, L. 1999. Lower extremity joint moments during uphill cycling. *J Appl Biomech*, 15, 166–181.
- García-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E. J. & Latorre-Román, P. A. 2014. Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(9), 2452–2460.
- Grimby, L., Hannerz, J. & Hedman, B. 1981. The fatigue and voluntary discharge properties of single motor units in man. *The Journal of Physiology*. 316(1), 545–554.
- Hackett DA1, Johnson NA, Chow CM. 2013. Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. *J Strength Cond Res*, 27(6), 1609–1617.
- Harber, M. & Trappe, S. 2008. Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners. *Journal of Applied Physiology*, 105(2), 629–636.
- Hawley, J. A. 2009. Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible? *Appl Physiol Nutr Metab*, 34, 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. *Eur J Appl Physiol*, 113, 1565–1573.
- Henneman, E., Somjen, G., Carpenter, D. O. 1965. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol*, 28, 560–580.

- Herbert, R. D., Dean, C. & Gandevia, S. C. 1998. Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. *Acta Physiol Scand*, 163(4), 361–368.
- Hickson R. C. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 45(2-3), 255–263.
- Hickson, R.C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T. T. & Foster, C. 1988. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol*, 65(5), 2285–2290.
- Hoier, B. & Hellsten, Y. 2014. Exercise-induced capillary growth in human skeletal muscle and the dynamics of VEGF. *Microcirculation*, 21(4), 301–314.
- Häkkinen, K., Mero, A. & Kauhanen, H. 1989. Specificity of endurance, sprint and strength training on physical performance capacity in young athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 29(1), 27–35.
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U. M., Newton, R. U. & Kraemer, W. J. 1996. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 158 (1), 77–88.
- Häkkinen, K., Alén, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H. & Kaarakainen, E. 2003. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol*, 89(1), 42–52.
- Ikai, M. & Steinhaus, A. H. 1961. Some factors modifying the expression of human strength. *Journal of Applied Physiology*. 16(1), 157–163.
- 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. *J Sports Sci*, 22, 465–478.
- James, D. C., Solan, M. C. & Mileva, K. N. 2018. Wide-pulse, high-frequency, low-intensity neuromuscular electrical stimulation has potential for targeted strengthening of an intrinsic foot muscle: a feasibility study. *J Foot Ankle Res*, 11, 16.
- Jones, A. M. & Carter, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 2000, 29, 373–386.
- Joyner, M. J. 1991. Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J Appl Physiol*, 70(2), 683–687.

- Julian, V., Thivel, D., Miguet, M., Pereira, B., Costes, F., Coudeyre, E., Duclos, M. & Richard, R. 2018. Eccentric cycling is more efficient in reducing fat mass than concentric cycling in adolescents with obesity. *Scand J Med Sci Sports*, 2018 Sep 17.
- Kawamori, N & Haff G. G. 2004. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res*, 18(3), 675–684.
- Keskinen, K. L. , Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2007. *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Tampere: Tammerprint Oy. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura ry.
- Kinnunen, J. V., Piitulainen, H. & Piirainen, J. M. 2017. Neuromuscular adaptations to short-term high-intensity interval training in female ice hockey players. *J Strength Cond Res*, 8.
- Koninckx, E., Van Leemputte, M. & Hespel, P. 2010. Effect of isokinetic cycling versus weight training on maximal power output and endurance performance in cycling. *Eur J Appl Physiol*, 109, 699–708.
- Korhonen, M. T., Cristea, A., Alén, M., Häkkinen, K., Sipilä, S., Mero, A., Viitasalo, J. T., Larsson, L. & Suominen, H. 2006. Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *J Appl Physiol*, 101(3), 906–917.
- Küüsmaa-Schildt, M., Eklund, D., Avela, J., Rytönen, T., Newton, R., Izquierdo, M. & Häkkinen, K. 2017. Neuromuscular Adaptations to Combined Strength and Endurance Training: Order and Time-of-Day. *Int J Sports Med*, 38(9), 707–716.
- Lagerquist, O., Paul Zehr, E., & Docherty, D. 2006. Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect. *J Appl Physiol* 100: 83–90.
- Lahti, J., Hegyi, A., Vigotsky, A. D. & Ahtiainen J. P. 2018. Effects of barbell back squat stance width on sagittal and frontal hip and knee kinetics. *Scand J Med Sci Sports*, Sep 19.
- Leveritt, M. & Abernethy, P. J. 1999. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res*, 13, 47–51.
- Levin, G. T., McGuigan, M. R. & Laursen, P. B. 2009. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *J Strength Cond Res*, 23, 2280–2286.
- Li, L. & Caldwell, G. E. 1998. Muscle coordination in cycling: effect of surface incline and posture. *J Appl Physiol*, 85(3), 927–934.

- Liu, Y., Schlumberger, A., Wirth, K., Schmidtbleicher, D. & Steinacker, J. M. 1985. Different effects on human skeletal myosin heavy chain isoform expression: strength vs. combination training. *J Appl Physiol*, 94(6), 2282.
- Lucía, A., Pardo, J., Duránte, A., Hoyos, J. & Chicharro, J. L. 1998. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med*, 19(5), 342–348.
- Ludyga, S., Hottenrott, K. & Gronwald, T. 2017. Four weeks of high cadence training alter brain cortical activity in cyclists. *Journal of Sports Sciences* 35(14), 1377–1382.
- Luttrell, M. D. & Potteiger, J. A. 2003. Effects of short-term training using powercranks on cardiovascular fitness and cycling efficiency. *J Strength Cond Res*, 17(4), 785–791.
- Mandrup, C. M., Egelund, J., Nyberg, M., Lundberg, Slingsby, M. H., Andersen, C. B., Løgstrup, S., Bangsbo, J., Suetta, C., Stallknecht, B. & Hellsten, Y. 2017. Effects of high-intensity training on cardiovascular risk factors in premenopausal and postmenopausal women. *Am J Obstet Gynecol*, 216(4).
- Martinez-Valdes, E., Farina, D., Negro, F., Del Vecchio, A. & Falla, D. 2018. Early Motor Unit Conduction Velocity Changes to High-Intensity Interval Training versus Continuous Training. *Med Sci Sports Exerc*, 50(11), 2339–2350.
- Martinez-Valdes, E., Falla, D., Negro, F., Mayer, F. & Farina, D. 2017. Differential Motor Unit Changes after Endurance or High-Intensity Interval Training. *Med Sci Sports Exerc*, 49(6), 1126–1136.
- McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A. & Vailas, A. C. 1995. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 27(3), 429–436.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. *Urheiluvallmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Methenitis, S. 2018. A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. *Sports (Basel)*, 6(4).
- Mihalik, J. P., Libby, J. J., Battaglini, C. L. & McMurray R. G. 2008. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *J Strength Cond Res*, 22(1), 47–53.
- Mikkola J, Rusko H, Nummela A, Pollari T & Häkkinen K. 2007. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *Int J Sports Med*, 28(7), 602–611.

- Mileva, K. & Turner D. 2003. Neuromuscular and biomechanical coupling in human cycling: adaptations to changes in crank length. *Exp Brain Res*, 152(3), 393–403.
- Molin, C. J., Widenfalk, J. & Punga, A. R. 2017. High-resistance strength training does not affect nerve cross sectional area - An ultrasound study. *Clin Neurophysiol Pract*, 7(2), 163–169.
- Moran, C. N. & Pitsiladis, Y. P. 2017. Tour de France Champions born or made: where do we take the genetics of performance? *J Sports Sci*, 35(14), 1411–1419.
- Mujika, I., Rønnestad, B. R. & Martin, D. T. 2016. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(3), 283–289.
- Munger, C. N., Archer, D. C., Leyva, W. D., Wong, M. A., Coburn, J. W., Costa, P. B. & Brown, L. E. 2017. Acute Effects of Eccentric Overload on Concentric Front Squat Performance. *J Strength Cond Res*, 31(5), 1192–1197.
- Nader, G. A. 2006. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Med Sci Sports Exerc*, 38, 1965–1970.
- Newton, I. (1999). *The Principia Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Berkeley: University of California Press. ISBN 0-520-08817-4. This is a recent translation into English by I. Bernard Cohen and Anne Whitman, with help from Julia Budenz.
- O'Leary, T. J., Collett, J., Howells, K. & Morris, M. G. 2017. Endurance capacity and neuromuscular fatigue following high- vs moderate-intensity endurance training: A randomized trial. *Scand J Med Sci Sports*, 27(12), 1648–1661.
- Oliveira, A.S., Corvino, R. B., Caputo, F., Aagaard, P. & Denadai, B. 2016. Effects of fast-velocity eccentric resistance training on early and late rate of force development. *Eur J Sport Sci*, 16(2), 199–205.
- Osawa, Y., Azuma, K., Tabata, S., Katsukawa, F., Ishida, H., Oguma, Y., Kawai, T., Itoh, H., Okuda, S. & Matsumoto, H. 2014. Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open Access J Sports Med*, 5, 257–265.
- Paavolainen, L. Häkkinen, K. Hämmäläinen, I. Nummela, A. & Rusko, H. 1999a. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5). 1527–1533.

- Paavolainen, L. M., Nummela, A. T. & Rusko, H. K. 1999b. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 31, 124–130.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Aagaard, P., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Mora-Custodio, R., Otero-Esquina, C., Yáñez-García, J. M. & González-Badillo, J. J. 2018. Time Course of Recovery From Resistance Exercise With Different Set Configurations. *J Strength Cond Res*, Jul 20.
- Pate, R. R. & Branch, J. D. 1992. Training for endurance sport. *Med Sci Sports Exerc*, 24(9 Suppl), 340–343.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G. & Cook, C. 2009. Effects of Low- Vs. High-Cadence Interval Training on Cycling Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1758–1763.
- Peltonen, H., Walker, S., Hackney, A. C., Avela, J. & Häkkinen, K. 2018. Increased rate of force development during periodized maximum strength and power training is highly individual. *Eur J Appl Physiol*. 118(5), 1033–1042.
- Pimentel, A. E., Gentile, C. L., Tanaka, H., Seals, D. R. & Gates P. E. 2003. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. *J Appl Physiol*, 94(6), 2406–2413.
- Ploutz, L. L., Tesch, P. A., Biro, R. L. & Dudley, G. A. 1994. Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J Appl Physiol*, 76(4), 1675–1681.
- Psilander, N., Frank, P., Flockhart, M. & Sahlin, K. 2015. Adding strength to endurance training does not enhance aerobic capacity in cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 25(4), 353–359.
- Racinais S. 2010. Different effects of heat exposure upon exercise performance in the morning and afternoon. *Scand J Med Sci Sports*, 20(Suppl 3), 80–89.
- Raeder, C., Wiewelhoe, T., Westphal-Martinez, M. P., Fernandez-Fernandez, J., de Paula Simola, R. A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. 2016. Neuromuscular Fatigue and Physiological Responses After Five Dynamic Squat Exercise Protocols. *J Strength Cond Res*, 30(4), 953–965.
- Ramirez-Campillo, R., Sanchez-Sanchez, J., Gonzalo-Skok, O., Rodríguez-Fernandez, A., Carretero, M. & Nakamura F. Y. 2018. Specific Changes in Young Soccer Player's Fitness After Traditional Bilateral vs. Unilateral Combined Strength and Plyometric Training. *Front Physiol* Mar 22, 9, 265.

- Ribeiro, N., Ugrinowitsch, C., Panissa, V. L. G. & Tricoli, V. 2018. Acute effects of aerobic exercise performed with different volumes on strength performance and neuromuscular parameters. *Eur J Sport Sci*, Aug 10, 1–8.
- Rodríguez, L. P., López-Rego, J., Calbet, J. A., Valero, R., Varela, E. & Ponce, J. 2002. Effects of training status on fibers of the musculus vastus lateralis in professional road cyclists. *Am J Phys Med Rehabil*, 81(9), 651–660.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, 108, 965–975.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. 2010b. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol*, 110(6), 1269–1282.
- 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. *Eur J Appl Physiol*, 112, 1457–1466.
- 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), 603–602.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Hollan, I. & Ellefsen, S. 2015. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 25(1), 89–98.
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(6), 727–735.
- 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.
- Ruddock, A. D., Tew, G. A. & Purvis, A. J. 2017. Effect of hand cooling on body temperature, cardiovascular and perceptual responses during recumbent cycling in a hot environment. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1466–1474.
- Saito, A., Goda, M., Yamagishi, T. & Kawakami Y. 2018. Riding posture affects quadriceps femoris oxygenation during an incremental cycle exercise in cycle-based athletes. *Physiol Rep*, 6(16).

- Sale, D. G., Martin, J. E., Moroz, D. E. 1992. Hypertrophy without increased isometric strength after weight training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 64 (1), 51–55.
- Saltin, B. & Astrand, P. O. 1967. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23, 353–358.
- Sarabon, N., Fonda, B. & Markovic G. 2012. Change of muscle activation patterns in uphill cycling of varying slope. *Eur J Appl Physiol*, 112(7), 2615–2623.
- Sarre G., Lepers, R. & van Hoecke, J. 2005. Stability of pedalling mechanics during a prolonged cycling exercise performed at different cadences. *J Sports Sci*, 23(7), 693–701.
- Schumann, M., Eklund, D., Taipale, R. S., Nyman, K., Kraemer, W. J., Häkkinen, A., Izquierdo, M. & Häkkinen K. 2013. Acute neuromuscular and endocrine responses and recovery to single-session combined endurance and strength loadings: "order effect" in untrained young men. *J Strength Cond Res*, 27(2), 421–33.
- Schumann, M., Pelttari, P., Doma, K., Karavirta, L. & Häkkinen, K. 2016. Neuromuscular Adaptations to Same-Session Combined Endurance and Strength Training in Recreational Endurance Runners. *Int J Sports Med*, 37(14), 1136–1143.
- Shamim, B., Devlin, B. L., Timmins, R. G., Tofari, P., Lee Dow, C., Coffey, V. G., Hawley, J. A., & Camera, D. M. Adaptations to Concurrent Training in Combination with High Protein Availability: A Comparative Trial in Healthy, Recreationally Active Men. *Sports Med*. 2018 Oct 19.
- Sheppard, J., Hobson, S., Barker, M., Taylor, K., Chapman, D., McGuigan, M. & Newton, R. 2008. The Effect of Training with Accentuated Eccentric Load Counter-Movement Jumps on Strength and Power Characteristics of High-Performance Volleyball Players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3(3).
- Sillanpää, E., Häkkinen, A., Nyman, K., Mattila, M., Cheng, S., Karavirta, L., Laaksonen, D. E., Huuhka, N., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2008. Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. *Med Sci Sports Exerc*, 40(5), 950–8.
- Sillanpää, E., Laaksonen, D., Häkkinen, A., Karavirta, L., Jensen, B., Kraemer, W., Nyman, K. & Häkkinen, K. 2009. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *European Journal of Applied Physiology*, 106 (2), 285–296.

- Stone, M. H., Sands, W. A., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J., Smith, S. L. & Hartman M. 2004. The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *J Strength Cond Res*, 18(4), 878–884.
- Stone, M. H., Sands W. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Haff, G. G. & Carlock, J. 2006. Maximum Strength and Strength Training: a relationship to endurance. *Strength Cond J*, 28, 44–53.
- Stratton, E., O'Brien, B. J., Harvey, J., Blitvich, J., McNicol, A. J., Janissen, D., Paton, C. & Knez, W. 2009. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med*, 30, 40–45.
- Suchomel, T. J & Stone, M. H. 2017. The Relationships between Hip and Knee Extensor Cross-Sectional Area, Strength, Power, and Potentiation Characteristics. *Sports (Basel)*, 5(3).
- Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. & Helgerud, J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res*, 24, 2157–2165.
- Swinnen, W., Kipp, S. & Kram, R. 2018. Comparison of running and cycling economy in runners, cyclists, and triathletes. *Eur J Appl Physiol*, 2018 Apr 16, 1–8.
- Swinton, P. A., Lloyd, R., Keogh, J. W., Agouris, I. & Stewart, A. D. 2012. A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat. *J Strength Cond Res*, 26(7), 1805–1816.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F. & Miyachi, M. 1997. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3), 390–395.
- Taipale, R.S., Schumann, M., Mikkola, J., Nyman, K., Kyröläinen, H., Nummela, A. & Häkkinen, K. 2014. Acute neuromuscular and metabolic responses to combined strength and endurance loadings: the "order effect" in recreationally endurance trained runners. *J Sports Sci*, 32(12), 1155-1164.
- Temesi, J., Rupp, T., Martin, V, Arnal, P. J., Féasson, L., Verges, S. & Millet, G. Y. 2014. Central fatigue assessed by transcranial magnetic stimulation in ultratrail running. *Med Sci Sports Exerc*, 46, 1166–1175.
- Temesi, J., Arnal, P. J., Rupp, T., Féasson, L., Cartier, R., Gergelé, L., Verges, S., Martin, V. & Millet GY. 2015. Are Females More Resistant to Extreme Neuromuscular Fatigue? *Med Sci Sports Exerc*, 47(7), 1372–1382.

- Terzis, G., Spengos, K., Methenitis, S., Aagaard, P., Karandreas, N. & Bogdanis, G. 2016. Early phase interference between low-intensity running and power training in moderately trained females. *Eur J Appl Physiol*, 116(5), 1063–1073.
- Tøien, T., Pedersen Haglo, H., Unhjem, R. J., Hoff, J. & Wang, E. 2018. Maximal strength training: the impact of eccentric overload. *J Neurophysiol*, 17 Oct.
- UCI/WCC. 2016. Power Profile Test. Viitattu. 10.10.2018. <https://cdn.wattbike.com/uploads/uk/docs/UCI-power-profile-test.pdf>
- Vale, A. F., Carneiro, J. A., Jardim, P. C. V., Jardim, T. V., Steele, J., Fisher, J. P. & Gentil, P. 2018. Acute effects of different resistance training loads on cardiac autonomic modulation in hypertensive postmenopausal women. *J Transl Med*, 16(1), 240.
- Vanderburgh, P.M. & Katch, F.I. 1996. Ratio scaling of $\dot{V}O_2$ max penalizes women with larger percent body fat, not lean body mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(9), 1204–1208.
- Verstappen, F. T., Huppertz, R. M. & Snoeckx, L. H. 1982. Effect of training specificity on maximal treadmill and bicycle ergometer exercise. *Int J Sports Med*, 3(1), 43–46.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., Rønnestad, B.R. 2016. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of $\dot{V}O_2$ max and cycling economy in female cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 26(4), 384–96.
- Wakeling, J. M. & Horn, T. 2009. Neuromechanics of muscle synergies during cycling. *J Neurophysiol*, 101(2), 843–854.
- Walker, S., Blazeovich, A. J., Haff, G. G., Tufano, J. J., Newton, R. U. & Häkkinen, K. 2016. Greater Strength Gains after Training with Accentuated Eccentric than Traditional Isoinertial Loads in Already Strength-Trained Men. *Front Physiol*, 7, 149.
- Walker, S., Häkkinen, K., Haff, G. G., Blazeovich, A. J. & Newton, R. U. 2017. Acute elevations in serum hormones are attenuated after chronic training with traditional isoinertial but not accentuated eccentric loads in strength-trained men. *Physiol Rep*, 5(7).
- Weston, A. R., Myburgh, K. H., Lindsay, F. H., Dennis, S. C., Noakes, T. D. & Hawley, J. A. 1997. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75(1), 7–13.

- Whitty, A. G., Murphy, A. J., Coutts, A. J. & Watsford M. L. 2016. The effect of low- vs high-cadence interval training on the freely chosen cadence and performance in endurance-trained cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6), 666–673.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humphries, B. J. 1993. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 25(11), 1279–1286.
- Wilson, J. M., 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 & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 26(8), 2293–2307.
- Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R.P., Allen, B. K., Kline, D. E. & McGuigan, M. R. 2008. Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *J Strength Cond Res*, 22(6), 1728–1734.
- Zijdewind, I., Toering, S. T., Bessem, B., Van Der Laan, O. & Diercks, R. L. 2003. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve*, 28(2), 168–173.

LIITEET

LIITE 1

KESKIVARTALOHARJOITUS

Harjoituksen tarkoitus on vahvistaa keskivartaloa, jotta muu kuntosaliharjoittelu toteutuisi tarkoituksen mukaisesti. Harjoitus vahvistaa esimerkiksi keskivartalon lihaksia kyykky asennon ylläpitämistä varten. Samalla harjoitus antaa lisävoimaa pyöräilynaikaiseen keskivartalopitoon.

Ohjelmaa suositellaan tehtäväksi alku- tai loppuverryttelyn yhteydessä (tai omalla ajalla). Suosittelemme voimaharjoitusten alkuverryttelyyn kumminkin myös vähintään 5min pyöräilyä.

Tee ESIMERKIKSI nämä liikkeet kiertoarjoitteluna kaksi kertaa läpi:

- (1) Kylkipumppaus (5+5)
- (2) Vatsarutistus (10)
- (3) Selkäpenkki (10)
- (4) kylkikierto (3+3)
- (5) Vatsakierto (5+5)
- (6) Selkäkierto (5+5)
- 2 minuutin palautus

Lisäliike haluttaessa:

- (7) Lankku (30-60s)

Jos toistojen määrä tuntuu liian pieneltä, niin voit tehdä useamman toiston per liike tai jopa lisäkierron koko liikesarjaa.

Liikkeiden suoritusohjeita esimerkiksi osoitteessa:

www.bodybuilding.com/exercises --> search kenttään **liikkeen nimiä** (keskellä alhaalla):

- (1) **Side Bridge** (dynaamisella pumppauksella)
- (2) **Crunches, Crunch – Legs on Exercise Ball, Sit-Up**
- (3) **Hyperextensions (Back Extensions)**
- (4) **Side Bridge** asennossa käsi ylhäällä – vie ylempi käsi hallitusti mahdollisimman pitkälle vartalon alle ja tuo sen jälkeen takaisin alkuasentoon.
- (5) **Plate Twist, Cross-Body Crunch, (Decline Oblique Crunch)**
- (6) Mene konttausasentoon – Ojenna vastakkainen käsi ja jalka yhtäaikaaisesti vaakatasoon (2s pito). Vie samat raajat takaisin vartalon alle ja palaa alkuasentoon.
- (7) **Plank** (polvien alle voi laittaa tuen tarvittaessa)

Kysy tarvittaessa tarkennusta.

LIITE 4

UCI Profiilitesti

Lämmittely (17min)

Aika	Kadenssi	Vastus
7 min	90	magneetti 1, ilmanvastus 1
1,5 min	95	magneetti 1, ilmanvastus 1
1,5 min	100	magneetti 1, ilmanvastus 1
1 min	105	magneetti 1, ilmanvastus 1
1 min	110	magneetti 1, ilmanvastus 1
30 s	115	magneetti 1, ilmanvastus 1
30 s	120	magneetti 1, ilmanvastus 1

Testi

Aika	Kadenssi	Vastus
6 s	max	magneetti 1, ilmanvastus ohjelman suositus massan ja sukupuolen mukaan (2-5)
234 s	vapaavalintainen	magneetti 1, ilmanvastus 1
6 s	max	magneetti 1, ilmanvastus ohjelman suositus massan ja sukupuolen mukaan (2-5)
234 s	vapaavalintainen	magneetti 1, ilmanvastus 1
30 s	max	magneetti 1, ilmanvastus ohjelman suositus massan ja sukupuolen mukaan (2-5)
330 s	vapaavalintainen	magneetti 1, ilmanvastus ohjelman suositus massan ja sukupuolen mukaan (2-5)
4 min	suositus 100, mutta lopussa säätö jaksamisen mukaan	magneetti 1, ilmanvastus VO2max testistä*

*ilmanvastus	110% VO2max:n watit
1	195
2	215
3	260
4	310
5	355
6	395
7	430
8	465
9	500
10	520

LIITE 5

7min (näyte)

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Testi						
MHV (Nm)	83.6 ± 10.3	86.8 ± 17.9	3.4 ± 12.5	86.2 ± 13.7	92.4 ± 15.9	7.7 ± 12.3
MHV kulma (°)	387.9 ± 18.6	390.5 ± 21.8	0.7 ± 3.1	396.6 ± 8.9	389.3 ± 13.7	-1.8 ± 2.9*
MMV (Nm)	19.1 ± 6.3	21.8 ± 3.9	20.7 ± 26.9*	20.5 ± 7	21.6 ± 4.9	11.4 ± 31.8
MMV kulma (°)	223.4 ± 18.7	225 ± 22.2	0.9 ± 7.9	234.7 ± 17.6	230.7 ± 15.7	-1.4 ± 7.4
Kadenssi (kier/min)	92.7 ± 9.4	92.0 ± 10.2	-0.5 ± 7.9	97.0 ± 5.6	95.8 ± 4.2	-1 ± 6.2
Keskiteho (W)	246.5 ± 28.6	257.8 ± 27.5	4.8 ± 6.7*	268.8 ± 39.2 \boxtimes	284.2 ± 48.7 $\boxtimes\boxtimes$	5.6 ± 7.0* \boxtimes
EMG (mV)	0.052 ± 0.016	0.056 ± 0.015	12.5 ± 25.7	0.059 ± 0.023	0.062 ± 0.017	9.1 ± 18.5
Kadenssi Θ (kier/min)	91.1 ± 9.8	89.2 ± 10.0	-1.8 ± 7.9	96.5 ± 5.5	95.4 ± 4.1	-0.9 ± 6.4
Keskiteho Θ (W)	243.2 ± 29.2	258.5 ± 27.0	6.6 ± 6.3** \boxtimes	270.3 ± 40.5	288.0 ± 48.8 \boxtimes	6.5 ± 6.6** \boxtimes
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
MHV (Nm)	82.3 ± 12.5	82.4 ± 14.7	0.8 ± 14.4			
MHV kulma (°)	392.1 ± 28.3	385 ± 14.6	-1.5 ± 4.8			
MMV (Nm)	17.4 ± 4.4	18.8 ± 5.4	12.6 ± 30.4			
MMV kulma (°)	228.6 ± 31	225.3 ± 24.8	-0.9 ± 7.1			
Kadenssi (kier/min)	92.0 ± 15.7	90.6 ± 14.7	-1.0 ± 10.7			
Keskiteho (W)	234.8 ± 19.4	232.4 ± 19.4	-0.9 ± 5.8			
EMG (mV)	0.052 ± 0.016	0.051 ± 0.018	-4.0 ± 9.2			
Kadenssi Θ (kier/min)	94.0 ± 17.1	90.5 ± 16.1	-3.3 ± 9.9			
Keskiteho Θ (W)	238.3 ± 20.2	233.1 ± 21.6	-2.1 ± 5.3			

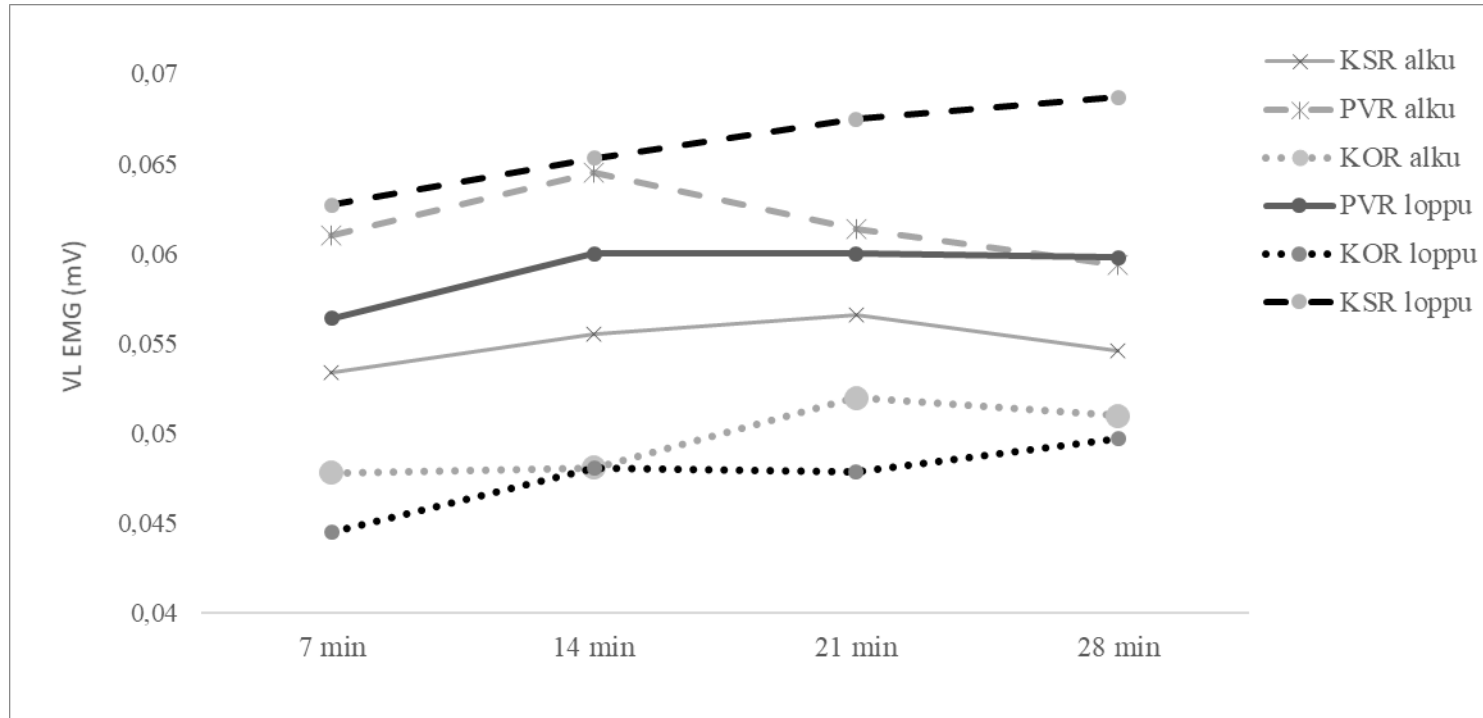
30min (näyte)

Ryhmä	Pyörävoimaryhmä			Kuntosaliryhmä		
	Alku	Loppu	Muutos (%)	Alku	Loppu	Muutos (%)
Testi						
MHV (Nm)	84.2 ± 10	88.3 ± 16.1	4.8 ± 13.5	88.4 ± 15.4	92.5 ± 16.5	5.3 ± 12.8
MHV kulma (°)	206.8 ± 18.1	205.7 ± 20.3	-0.4 ± 6.9	215.9 ± 10.9	209.2 ± 13.8	-3.1 ± 5.2*
MMV (Nm)	18.9 ± 5.3	21.2 ± 3.9	17.9 ± 28.2	20.3 ± 7.9	19.7 ± 5.2 ϕ	3.9 ± 26.9
MMV kulma (°)	45.4 ± 21.5	44.1 ± 23.3	0.2 ± 36	54.2 ± 19.3	51.9 ± 16.4	3.2 ± 37.5
Kadenssi (kier/min)	92.3 ± 10.4	90.8 ± 11.7	-1.4 ± 8.7	97.4 ± 6.7	95.5 ± 5.0	-1.6 ± 7.8
Keskiteho (W)	247.7 ± 25.1	258.1 ± 22.0	4.4 ± 4.2**	271.9 ± 40.8 $\boxtimes\boxtimes$	275.6 ± 44.7 $\boxtimes\boxtimes$	1.5 ± 7.2
EMG (mV)	0.220 ± 0.066	0.236 ± 0.063	10.8 ± 26.0	0.246 ± 0.087	0.264 ± 0.081	10.7 ± 21.8
Kadenssi Θ (kier/min)	98.3 ± 5.8	92.0 ± 10.9	-6.6 ± 8.5	97.0 ± 7.0	94.5 ± 5.5	-2.2 ± 8.1
Keskiteho Θ (W)	244.1 ± 14.8	259.1 ± 10.0	6.3 ± 4.7*	270.6 ± 39.1	273.0 ± 42.1	1.1 ± 8.1
Ryhmä	Kontrolliryhmä					
Testi	Alku	Loppu	Muutos (%)			
MHV (Nm)	79.4 ± 13.1	80.7 ± 16.1	2 ± 13.2			
MHV kulma (°)	211.2 ± 24.9	206 ± 16	-1.9 ± 6.8			
MMV (Nm)	14.6 ± 5.4	15.8 ± 5.1	12.3 ± 25.3			
MMV kulma (°)	55.7 ± 28.9	52.9 ± 23.3	2.2 ± 37.4			
Kadenssi (kier/min)	94.1 ± 15.2	92.6 ± 14.7	-1.2 ± 9.8			
Keskiteho (W)	230.5 ± 22.9	228.5 ± 27.8	-1.0 ± 5.9			
EMG (mV)	0.199 ± 0.052	0.190 ± 0.052	-4.2 ± 7.9			
Kadenssi Θ (kier/min)	105.2 ± 11.0	103.1 ± 8.5	-1.8 ± 6.4			
Keskiteho Θ (W)	238.7 ± 17.8	234.3 ± 4.0	-1.5 ± 7.3			

MHV, molemman jalan huippuväännön keskiarvo; MMV, molemman jalan minimiväännön keskiarvo; EMG, elektromyografia; Θ , tässä otannassa käytetty vain tutkittavat, joilta pystyttiin määrittämään EMG.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; \boxtimes $p < 0.05$; $\boxtimes\boxtimes$ $p < 0.01$ kuntosali- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys

LIITE 6



PVR, pyörävoimaryhmä; KSR, kuntosaliryhmä; KOR, kontrolliryhmä; VL, vastus lateralis; EMG, elektromyografia. ** p < 0.01 tilastollinen merkitsevyys ryhmän alku- ja loppumittauksien välillä; *** p < 0.001 kuntosali-/pyörävoima- ja kontrolliryhmän välinen tilastollinen merkitsevyys.

LIITE 7

KAIKKI

AT/AT	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,549***	0,451**	0,322*	-0,041	-0,052	-0,125	0,541***	0,207
IBJ	0,549***	1	0,926***	0,641***	0,427**	0,250	-0,015	0,307	0,552***
MIUJ	0,451**	0,926***	1	0,566***	0,380*	0,201	-0,008	0,380*	0,435**
6 s	0,322*	0,641***	0,566***	1	0,510***	0,332*	-0,058	0,270	0,642***
30 min	-0,041	0,427**	0,380*	0,510***	1	0,629***	0,411**	0,003	0,267
30 OHV	-0,052	0,250	0,201	0,332*	0,629***	1	0,208	0,040	0,199
30 OMV	-0,125	-0,015	-0,008	-0,058	0,411**	0,208	1	0,033	-0,164
VLP	0,541***	0,307	0,380*	0,270	0,003	0,040	0,033	1	0,278
Massa	0,207	0,552***	0,435**	0,642***	0,267	0,199	-0,164	0,278	1
AT/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	0,042	0,110	0,021	-0,198	-0,301	0,018	-0,250	-0,084	0,353*
IBJ	0,156	0,195	0,216	-0,091	-0,096	-0,056	-0,058	0,139	0,073
MIUJ	0,176	0,229	0,035	-0,035	-0,155	-0,126	-0,148	0,141	0,167
6 s	0,011	0,071	0,103	-0,314*	0,012	0,132	-0,125	0,053	-0,012
30 min	0,107	0,129	0,285	-0,123	0,136	0,071	-0,242	0,152	-0,136
30 OHV	0,254	-0,084	0,225	-0,143	-0,029	-0,144	-0,104	0,145	-0,198
30 OMV	-0,009	0,158	0,021	-0,146	-0,084	0,036	-0,518***	0,042	0,006
VLP	0,007	0,015	-0,077	-0,190	-0,367*	-0,274	-0,375*	-0,430**	0,284
Massa	0,036	0,007	0,205	0,015	-0,010	0,018	0,114	0,147	-0,101
ero/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,215	0,359*	0,464**	0,223	0,195	0,021	0,363*	0,045
IBJ	0,215	1	0,660***	-0,044	0,000	0,045	-0,156	0,040	0,304
MIUJ	0,359*	0,660***	1	0,106	0,191	0,054	0,063	0,015	-0,097
6 s	0,464**	-0,044	0,106	1	0,249	0,150	0,321*	0,212	0,182
30 min	0,223	0,000	0,191	0,249	1	0,523***	0,599***	0,330*	-0,178
30 OHV	0,195	0,045	0,054	0,150	0,523***	1	0,276	-0,031	0,039
30 OMV	0,021	-0,156	0,063	0,321*	0,599***	0,276	1	0,063	-0,194
VLP	0,363*	0,040	0,015	0,212	0,330*	-0,031	0,063	1	-0,145
Massa	0,045	0,304	-0,097	0,182	-0,178	0,039	-0,194	-0,145	1

KSR

AT/AT	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,456	0,533	0,062	-0,124	-0,028	-0,404	0,743**	0,137
IBJ	0,456	1	0,943***	0,323	0,165	0,371	-0,227	0,632*	0,569*
MIUJ	0,533	0,943***	1	0,275	0,182	0,336	-0,110	0,549	0,358
6 s	0,062	0,323	0,275	1	0,713**	0,631*	-0,026	-0,016	0,355
30 min	-0,124	0,165	0,182	0,713**	1	0,856***	0,458	0,010	0,080
30 OHV	-0,028	0,371	0,336	0,631*	0,856***	1	0,271	0,213	0,174
30 OMV	-0,404	-0,227	-0,110	-0,026	0,458	0,271	1	0,069	-0,447
VLP	0,743**	0,632*	0,549	-0,016	0,010	0,213	0,069	1	0,273
Massa	0,137	0,569*	0,358	0,355	0,080	0,174	-0,447	0,273	1
AT/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	0,503	0,022	0,008	0,363	-0,520	-0,105	-0,408	-0,293	0,441
IBJ	0,378	0,169	0,169	0,264	-0,244	-0,271	-0,026	-0,148	0,163
MIUJ	0,450	0,108	0,007	0,238	-0,305	-0,262	-0,176	-0,082	0,216
6 s	-0,066	0,037	0,344	-0,343	0,315	0,374	0,393	-0,046	-0,143
30 min	0,008	0,134	0,262	-0,541*	0,061	0,048	-0,240	0,058	-0,348
30 OHV	0,218	0,327	0,451	-0,310	-0,159	-0,301	-0,159	-0,099	-0,154
30 OMV	-0,331	0,042	-0,187	-0,604*	-0,066	0,070	-0,524	-0,198	-0,296
VLP	0,155	-0,038	0,112	-0,052	-0,385	-0,264	-0,270	-0,562*	-0,163
Massa	0,080	0,086	0,348	0,246	0,345	-0,004	0,512	0,116	-0,271
ero/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,453	0,279	0,534	-0,373	-0,219	-0,207	-0,162	0,564*
IBJ	0,453	1	0,701**	-0,101	-0,187	-0,253	-0,141	-0,060	0,218
MIUJ	0,279	0,701**	1	-0,147	0,076	-0,308	0,315	-0,234	-0,229
6 s	0,534	-0,101	-0,147	1	-0,125	0,026	0,178	0,140	0,576*
30 min	-0,373	-0,187	0,076	-0,125	1	0,508	0,789***	0,114	-0,536*
30 OHV	-0,219	-0,253	-0,308	0,026	0,508	1	0,284	-0,198	0,038
30 OMV	-0,207	-0,141	0,315	0,178	0,789***	0,284	1	-0,011	-0,248
VLP	-0,162	-0,060	-0,234	0,140	0,114	-0,198	-0,011	1	-0,052
Massa	0,564*	0,218	-0,229	0,576*	-0,536*	0,038	-0,248	-0,052	1

PVR

AT/AT	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,343	0,320	0,522	-0,066	0,068	-0,224	0,316	0,243
IBJ	0,343	1	0,821***	0,518*	0,139	0,111	-0,393	0,200	0,574*
MIUJ	0,320	0,821***	1	0,296	-0,039	0,113	-0,291	0,364	0,182
6 s	0,522	0,518*	0,296	1	0,339	0,280	-0,114	0,309	0,718**
30 min	-0,066	0,139	-0,039	0,339	1	0,149	0,359	0,196	0,237
30 OHV	0,068	0,111	0,113	0,280	0,149	1	0,017	0,191	0,099
30 OMV	-0,224	-0,393	-0,291	-0,114	0,359	0,017	1	0,441	-0,151
VLP	0,316	0,200	0,364	0,309	0,196	0,191	0,441	1	0,090
Massa	0,243	0,574*	0,182	0,718**	0,237	0,099	-0,151	0,090	1
AT/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	0,000	0,232	0,257	-0,470	-0,318	0,133	-0,282	0,185	-0,061
IBJ	-0,058	0,207	0,250	-0,207	-0,236	-0,236	0,250	0,257	-0,403
MIUJ	0,055	0,425	0,104	-0,329	-0,293	-0,557*	-0,059	0,129	-0,134
6 s	-0,133	-0,254	0,004	-0,221	-0,222	-0,318	-0,184	0,359	-0,392
30 min	-0,280	-0,107	0,058	-0,175	-0,326	0,079	-0,166	-0,540*	-0,236
30 OHV	-0,009	-0,009	0,011	-0,206	0,149	-0,045	0,055	0,244	-0,112
30 OMV	0,176	0,257	0,222	-0,063	-0,395	-0,111	-0,621*	-0,409	0,277
VLP	0,180	0,089	-0,136	-0,454	-0,460	-0,486	-0,538*	-0,038	0,213
Massa	-0,114	-0,116	0,153	0,236	-0,250	-0,055	0,308	0,357	-0,218
ero/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	-0,105	-0,008	0,044	0,047	0,047	-0,183	0,266	-0,357
IBJ	-0,105	1	0,657**	-0,002	-0,464	-0,139	-0,273	-0,293	0,318
MIUJ	-0,008	0,657**	1	0,007	-0,471	0,264	-0,234	-0,248	-0,147
6 s	0,044	-0,082	0,007	1	0,089	0,332	0,227	-0,136	0,143
30 min	0,047	-0,464	-0,471	0,089	1	0,339	0,513	0,355	-0,150
30 OHV	0,047	-0,139	0,264	0,332	0,339	1	0,306	-0,164	-0,066
30 OMV	-0,183	-0,273	-0,234	0,227	0,513	0,306	1	0,243	-0,170
VLP	0,266	-0,293	-0,248	-0,136	0,355	-0,164	0,243	1	-0,132
Massa	-0,357	0,318	-0,147	0,143	-0,150	-0,066	-0,170	-0,132	1

KOR

AT/AT	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	1	0,501	0,328	0,125	0,056	-0,082	0,431	0,192	-0,110
IBJ	0,501	1	0,973***	0,839***	0,778**	0,070	0,503	0,533	0,455
MIUJ	0,328	0,973***	1	0,882***	0,779**	-0,136	0,355	0,491	0,627*
6 s	0,125	0,839***	0,882***	1	0,786**	0,116	0,329	0,361	0,689*
30 min	0,056	0,778**	0,779**	0,786**	1	0,257	0,455	0,253	0,396
30 OHV	-0,082	0,070	-0,136	0,116	0,257	1	0,301	-0,075	0,139
30 OMV	0,431	0,503	0,355	0,329	0,455	0,301	1	0,105	0,259
VLP	0,192	0,533	0,491	0,361	0,253	-0,075	0,105	1	0,429
Massa	-0,110	0,455	0,627*	0,689*	0,396	0,139	0,259	0,429	1
AT/ero	M 1 RM	IBJ	MIUJ	6 s	30 min	30 OHV	30 OMV	VLP	Massa
M 1 RM	-0,247	0,161	0,048	-0,042	0,057	0,067	0,126	0,220	0,452
IBJ	-0,221	0,238	0,018	-0,413	0,056	0,063	-0,284	-0,145	0,441
MIUJ	-0,154	0,264	-0,064	-0,445	0,009	0,118	-0,214	-0,176	0,291
6 s	0,082	0,343	0,097	-0,350	0,111	0,259	-0,231	-0,136	0,378
30 min	0,230	0,203	-0,049	-0,224	0,185	0,291	-0,202	0,163	0,305
30 OHV	0,034	-0,692*	-0,41412	-0,252	-0,289	-0,105	-0,053	-0,307	-0,203
30 OMV	0,007	0,042	0,027	-0,245	-0,077	0,168	-0,557	0,145	

LIITE 8

AT/AT	VLP	O 1 RM	V 1 RM	O IUJ	V IUJ	IUJ EMG	IUJ EMG	7 EMG	30 EMG	7 OHV	7 OMV	7 VHV	7 VMV	30 OHV	30 OMV	30 VHV	30 VMV	6 s	30 min
VLP	1	0,549***	0,514**	0,407*	0,338*	0,430**	0,397*	-0,061	-0,298	0,109	0,159	0,155	0,090	0,040	0,033	0,100	-0,024	0,270'	0,003
O 1 RM	0,549***	1	0,939***	0,466**	0,433**	-0,134	-0,038	-0,185	-0,324	0,072	-0,136	0,139	-0,246	-0,010	-0,127	0,046	-0,135	0,325*	-0,058
V 1 RM	0,514**	0,939***	1	0,380*	0,424**	-0,197	-0,140	-0,142	-0,271	-0,002	-0,142	0,141	-0,121	-0,096	-0,103	0,047	-0,044	0,309'	-0,022
O IUJ	0,407*	0,466**	0,380*	1	0,914***	0,102	0,147	-0,167	-0,137	0,093	0,003	-0,064	0,048	0,227	0,010	0,050	0,004	0,510***	0,343*
V IUJ	0,338*	0,433**	0,424**	0,914***	1	0,009	-0,003	-0,191	-0,135	0,064	-0,085	-0,131	0,019	0,181	-0,033	-0,004	0,067	0,602***	0,425**
IUJ EMG	0,430**	-0,134	-0,197	0,102	0,009	1	0,920***	0,276	0,374'	0,167	0,167	0,045	0,172	0,064	0,015	-0,076	0,014	0,071	-0,119
IBJ IEMG	0,397*	-0,038	-0,140	0,147	-0,003	0,920***	1	0,315'	0,384'	0,097	0,125	-0,002	0,111	0,030	0,103	-0,106	0,041	0,006	-0,152
7 EMG	-0,061	-0,185	-0,142	-0,167	-0,191	0,276	0,315'	1	0,992***	0,048	0,084	0,018	-0,003	0,008	0,101	-0,001	0,041	-0,099	-0,106
30 EMG	-0,298	-0,324	-0,271	-0,137	-0,135	0,374'	0,384'	0,992***	1	0,139	0,001	-0,139	-0,031	0,053	0,002	-0,110	0,035	-0,237	-0,098
7 OHV	0,109	0,072	-0,002	0,093	0,064	0,167	0,097	0,048	0,139	1	0,159	0,659***	0,077	0,946***	-0,027	0,648***	-0,047	0,286'	0,503**
7 OMV	0,159	-0,136	-0,142	0,003	-0,085	0,167	0,125	0,084	0,001	0,159	1	0,323'	0,715***	0,328'	0,829***	0,399*	0,518**	0,065	0,534***
7 VHV	0,155	0,139	0,141	-0,064	-0,131	0,045	-0,002	0,018	-0,139	0,659***	0,323'	1	0,225	0,652***	0,094	0,931***	0,096	0,200	0,425**
7 VMV	0,090	-0,246	-0,121	0,048	0,019	0,172	0,111	-0,003	-0,031	0,077	0,715***	0,225	1	0,201	0,708***	0,336*	0,893***	0,006	0,492**
30 OHV	0,040	-0,010	-0,096	0,227	0,181	0,064	0,030	0,008	0,053	0,946***	0,328'	0,652***	0,201	1	0,208	0,754***	0,171	0,332*	0,629***
30 OMV	0,033	-0,127	-0,103	0,010	-0,033	0,015	0,103	0,101	0,002	-0,027	0,829***	0,094	0,708***	0,208	1	0,213	0,684***	-0,058	0,411**
30 VHV	0,100	0,046	0,047	0,050	-0,004	-0,076	-0,106	-0,001	-0,110	0,648***	0,399*	0,931***	0,336*	0,754***	0,213	1	0,222	0,232	0,490**
30 VMV	-0,024	-0,135	-0,044	0,004	0,067	0,014	0,041	0,041	0,035	-0,047	0,518**	0,096	0,893***	0,171	0,684***	0,222	1	0,005	0,434**
6 s	0,270'	0,325*	0,309'	0,510***	0,602***	0,071	0,006	-0,099	-0,237	0,286'	0,065	0,200	0,006	0,332*	-0,058	0,232	0,005	1	0,510***
30 min	0,003	-0,058	-0,022	0,343*	0,425**	-0,119	-0,152	-0,106	-0,098	0,503**	0,534***	0,425**	0,492**	0,629***	0,411**	0,490**	0,434**	0,510***	1

VLP, vastus lateraloksen paksuus; O, oikea jalka; V, vasen jalka; 1 RM, yhden toiston maksimi, IUJ, isometrinen unilateraalinen jalkaprssi; EMG, elektromyografia; 7, 7 minuutin testi; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuväntömomentti; OMV, oikean jalan huippuväntömomentti; VHV, vasemman jalan huippuväntömomentti; VMV, vasemman jalan minimiväntömomentti; 6 s, UCI:n kuuden sekunnin testi; 30 min, 30 minuutin testi.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys; ' $p < 0.1$ tilastollinen trendinomainen merkitsevyys.

LIITE 9

AT/ero	VLP	O 1 RM	V 1 RM	O IUJ	V IUJ	IUJ EMG	IUJ EMG	7 EMG	30 EMG	7 OHV	7 OMV	7 VHV	7 VMV	30 OHV	30 OMV	30 VHV	30 VMV	6 s	30 min
VLP	-0,430**	0,051	0,020	-0,104	-0,038	-0,250	-0,113	-0,103	-0,188	-0,129	-0,098	-0,324	-0,072	-0,274	-0,375*	-0,327*	-0,121	-0,190	-0,367*
O 1 RM	-0,108	-0,050	0,133	0,028	-0,013	0,230	0,329*	-0,030	0,035	0,013	0,120	-0,256	0,323	0,027	-0,250	-0,180	0,135	-0,180	-0,290
V 1 RM	-0,055	0,001	0,046	0,047	0,014	0,286	0,403*	-0,105	0,007	-0,075	0,115	-0,318	0,255	0,005	-0,255	-0,208	0,064	-0,206	-0,303
O IUJ	0,127	0,194	0,159	-0,022	0,071	-0,205	-0,061	-0,357	-0,368	-0,047	-0,050	-0,058	0,070	-0,091	-0,160	-0,142	-0,008	-0,005	-0,164
V IUJ	0,145	0,224	0,181	0,054	0,131	-0,152	-0,010	-0,372*	-0,329	-0,098	0,040	-0,047	0,098	-0,130	-0,109	-0,166	0,066	-0,058	-0,108
IUJ EMG	-0,110	0,036	-0,102	-0,257	-0,303	-0,367*	-0,329*	-0,006	-0,171	0,084	-0,180	-0,012	-0,084	-0,066	-0,064	-0,014	-0,105	-0,204	-0,067
IBJ IEMG	-0,017	0,122	0,046	-0,256	-0,229	-0,321*	-0,375*	-0,033	-0,155	0,094	-0,116	-0,017	0,035	0,004	-0,082	0,054	-0,045	-0,068	-0,019
7 EMG	0,365	0,604***	0,356	0,256	0,285	0,203	0,204	-0,460*	-0,362	-0,209	-0,052	-0,182	0,011	-0,018	-0,138	-0,131	-0,005	0,051	0,175
30 EMG	0,673***	0,499*	0,307	0,184	0,167	0,229	0,122	-0,510*	-0,324	-0,400	-0,014	-0,235	0,047	-0,219	-0,051	-0,174	0,015	0,012	0,167
7 OHV	0,093	0,000	0,232	0,041	0,207	-0,264	-0,107	0,044	-0,096	-0,098	-0,085	0,031	-0,042	-0,190	-0,138	-0,108	0,051	-0,252	-0,044
7 OMV	-0,189	-0,099	-0,273	-0,041	-0,122	0,090	0,099	0,131	0,071	0,082	-0,653***	-0,078	-0,507**	0,036	-0,598***	-0,042	-0,498**	-0,386*	-0,225
7 VHV	-0,133	0,003	0,070	0,000	0,043	-0,046	0,142	0,170	0,097	0,050	-0,236	-0,044	-0,187	0,071	-0,106	0,006	0,035	-0,310	-0,085
7 VMV	-0,110	0,040	-0,153	-0,002	-0,013	0,056	0,133	0,117	0,107	-0,007	-0,431**	0,164	-0,545***	0,080	-0,442**	0,090	-0,537***	-0,077	0,036
30 OHV	0,145	0,214	0,387*	0,163	0,280	-0,225	-0,044	0,065	-0,217	-0,022	-0,188	0,110	-0,157	-0,144	-0,104	-0,101	-0,019	-0,143	-0,029
30 OMV	0,042	0,013	-0,025	0,026	0,048	0,166	0,105	0,188	0,200	-0,024	-0,471**	-0,091	-0,377*	0,036	-0,518***	0,010	-0,420**	-0,146	-0,084
30 VHV	-0,024	0,165	0,212	0,062	0,117	-0,072	0,122	0,131	-0,095	0,025	-0,335*	0,030	-0,336*	-0,033	-0,121	-0,124	-0,018	-0,155	-0,153
30 VMV	0,164	0,128	0,113	0,046	0,041	0,102	0,074	0,153	0,311	0,002	-0,233	0,177	-0,314	0,114	-0,241	0,117	-0,445**	0,020	0,238
6 s	0,053	0,026	0,017	0,109	0,089	-0,136	-0,024	-0,194	-0,233	0,284	-0,096	0,081	0,070	0,132	-0,125	0,022	0,090	-0,314*	0,012
30 min	0,152	0,110	0,245	0,255	0,298	0,022	0,092	0,089	0,108	0,192	-0,302	0,234	-0,260	0,071	-0,242	0,109	-0,194	-0,123	0,136

VLP, vastus lateraloksen paksuus; O, oikea jalka; V, vasen jalka; 1 RM, yhden toiston maksimi, IUJ, isometrinen unilateraalinen jalkaprässi; EMG, elektromyografia; 7, 7 minuutin testi; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuvääntömomentti; OMV, oikean jalan huippuvääntömomentti; VHV, vasemman jalan huippuvääntömomentti; VMV, vasemman jalan minimivääntömomentti; 6 s, UCI:n kuuden sekunnin testi; 30 min, 30 minuutin testi.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys.

LIITE 10

ero/ero	VLP	O 1 RM	V 1 RM	O IUJ	V IUJ	IUJ EMG	IUJ EMG	7 EMG	30 EMG	7 OHV	7 OMV	7 VHV	7 VMV	30 OHV	30 OMV	30 VHV	30 VMV	6 s	30 min
VLP	1	0,283	0,333*	-0,038	0,078	0,007	0,008	-0,205	-0,074	-0,066	0,165	0,173	0,182	-0,031	0,063	0,114	0,157	0,212	0,330*
O 1 RM	0,283	1	0,742***	0,381*	0,351*	0,087	0,196	-0,189	-0,308	0,097	-0,058	0,188	-0,047	0,120	-0,056	0,123	0,097	0,396*	0,135
V 1 RM	0,333*	0,742***	1	0,194	0,265	0,077	0,184	-0,038	-0,034	0,230	0,207	0,244	0,242	0,166	0,031	0,166	0,202	0,403*	0,226
O IUJ	-0,038	0,381*	0,194	1	0,852***	0,454**	0,389*	0,123	-0,002	0,118	0,135	0,074	0,234	0,079	-0,023	0,081	0,025	0,006	0,205
V IUJ	0,078	0,351*	0,265	0,852***	1	0,256	0,183	0,178	0,016	0,040	0,120	-0,019	0,198	-0,043	0,081	0,005	0,035	0,210	0,159
IUJ EMG	0,007	0,087	0,077	0,454**	0,256	1	0,838***	0,353	0,506*	0,230	0,021	0,163	0,084	0,206	-0,248	0,064	-0,025	-0,145	-0,058
IBJ IEMG	0,008	0,196	0,184	0,389*	0,183	0,838***	1	0,307	0,428*	0,244	-0,103	0,218	-0,051	0,253	-0,249	0,075	-0,013	-0,131	-0,068
7 EMG	-0,205	-0,189	-0,038	0,123	0,178	0,353	0,307	1	0,947***	0,525**	-0,088	0,415*	-0,016	0,326	0,076	0,356	0,080	-0,009	0,131
30 EMG	-0,074	-0,308	-0,034	-0,002	0,016	0,506*	0,428*	0,947***	1	0,560**	-0,101	0,415	0,084	0,356	0,007	0,337	0,079	0,010	0,208
7 OHV	-0,066	0,097	0,230	0,118	0,040	0,230	0,244	0,525**	0,560**	1	0,154	0,811***	0,300	0,839***	0,280	0,777***	0,282	0,020	0,509**
7 OMV	0,165	-0,058	0,207	0,135	0,120	0,021	-0,103	-0,088	-0,101	0,154	1	0,161	0,844***	-0,144	0,714***	0,233	0,671***	0,164	0,492**
7 VHV	0,173	0,188	0,244	0,074	-0,019	0,163	0,218	0,415*	0,415	0,811***	0,161	1	0,179	0,712***	0,391*	0,849***	0,281	0,301	0,664***
7 VMV	0,182	-0,047	0,242	0,234	0,198	0,084	-0,051	-0,016	0,084	0,300	0,844***	0,179	1	0,250	0,572***	0,291	0,774***	0,020	0,453**
30 OHV	-0,031	0,120	0,166	0,079	-0,043	0,206	0,253	0,326	0,356	0,839***	0,144	0,712***	0,250	1	0,276	0,879***	0,167	0,150	0,523***
30 OMV	0,063	-0,056	0,031	-0,023	0,081	-0,248	-0,249	0,076	0,007	0,280	0,714***	0,391*	0,572***	0,276	1	0,461**	0,682***	0,321*	0,599***
30 VHV	0,114	0,123	0,166	0,081	0,005	0,064	0,075	0,356	0,337	0,777***	0,233	0,849***	0,291	0,879***	0,461**	1	0,301	0,208	0,680***
30 VMV	0,157	0,097	0,202	0,025	0,035	-0,025	-0,013	0,080	0,079	0,282	0,671***	0,281	0,774***	0,167	0,682***	0,301	1	0,104	0,386*
6 s	0,212	0,396*	0,403*	0,006	0,210	-0,145	-0,131	-0,009	0,010	0,020	0,164	0,301	0,020	0,150	0,321*	0,208	0,104	1	0,249
30 min	0,330*	0,135	0,226	0,205	0,159	-0,058	-0,068	0,131	0,208	0,509**	0,492**	0,664***	0,453**	0,523***	0,599***	0,680***	0,386*	0,249	1

VLP, vastus lateraloksen paksuus; O, oikea jalka; V, vasen jalka; 1 RM, yhden toiston maksimi, IUJ, isometrinen unilateraalinen jalkaprssi; EMG, elektromyografia; UEMG, 7, 7 minuutin testi; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuväntömomentti; OMV, oikean jalan huippuväntömomentti; VHV, vasemman jalan huippuväntömomentti; VMV, vasemman jalan minimiväntömomentti; 6 s, UCI:n kuuden sekunnin testi; 30 min, 30 minuutin testi.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys.

LIITE 11

AT/AT	7 OHV K	7 OMV K	7 VHV K	7 VMV K	30 OHV K	30 OMV K	30 VHV K	30 VMV K
VLP	-0,404*	-0,162	-0,213	-0,180	-0,355*	-0,100	-0,184	-0,031
O 1 RM	-0,179	-0,164	-0,251	-0,056	-0,219	-0,172	-0,127	-0,024
V 1 RM	-0,119	-0,140	-0,264	0,000	-0,184	-0,123	-0,172	0,007
O IUJ	0,069	0,058	0,137	0,152	-0,032	-0,049	-0,004	0,099
V IUJ	0,213	0,182	0,233	0,187	0,089	0,056	0,067	0,158
IUJ EMG	-0,226	-0,093	0,044	0,066	-0,201	-0,033	0,062	0,053
IBJ IEMG	-0,245	-0,098	-0,012	0,036	-0,242	-0,049	-0,029	0,016
7 EMG	0,095	-0,022	-0,048	0,063	-0,013	0,035	-0,270	0,093
30 EMG	0,134	-0,044	0,053	0,133	-0,037	0,067	-0,326	0,116
7 OHV	-0,353*	-0,464**	-0,116	-0,336*	-0,327	-0,413*	0,067	-0,289
7 OMV	-0,136	-0,285	-0,086	-0,150	-0,121	-0,232	-0,014	-0,189
7 VHV	-0,301	-0,510**	-0,150	-0,326	-0,286	-0,465**	0,006	-0,334*
7 VMV	-0,096	-0,291	-0,252	-0,227	-0,075	-0,276	-0,213	-0,263
30 OHV	-0,286	-0,461**	0,004	-0,307	-0,267	-0,473**	0,075	-0,433**
30 OMV	-0,101	-0,216	-0,245	-0,130	-0,150	-0,300	-0,247	-0,249
30 HVH	-0,285	-0,570**	-0,113	-0,345*	-0,300	-0,559**	-0,065	-0,512**
30 VMV	-0,108	-0,200	-0,208	-0,207	-0,132	-0,244	-0,317*	-0,298
6 s	0,144	0,321	0,314	0,397*	0,092	0,252	0,261	0,314*
30 min	0,079	0,071	0,300	0,206	0,082	0,031	0,288	0,060
7 OHV K	1	0,581***	0,638****	0,549***	0,965***	0,353*	0,561***	0,407*
7 OMV K	0,581***	1	0,436**	0,829***	0,622***	0,917***	0,451**	0,802**
7 VHV K	0,638***	0,436**	1	0,513**	0,591***	0,379*	0,832***	0,395*
7 VMV K	0,549***	0,829***	0,513**	1	0,585***	0,794***	0,497**	0,909***
30 OHV K	0,965***	0,622***	0,591***	0,585***	1	0,435**	0,645***	0,467**
30 OMV K	0,353*	0,917***	0,379*	0,794***	0,435**	1	0,384*	0,862***
30 VHV K	0,561***	0,451**	0,832**	0,497**	0,645***	0,384*	1	0,428**
30 VMV K	0,407*	0,802***	0,395*	0,909***	0,467**	0,862***	0,428**	1

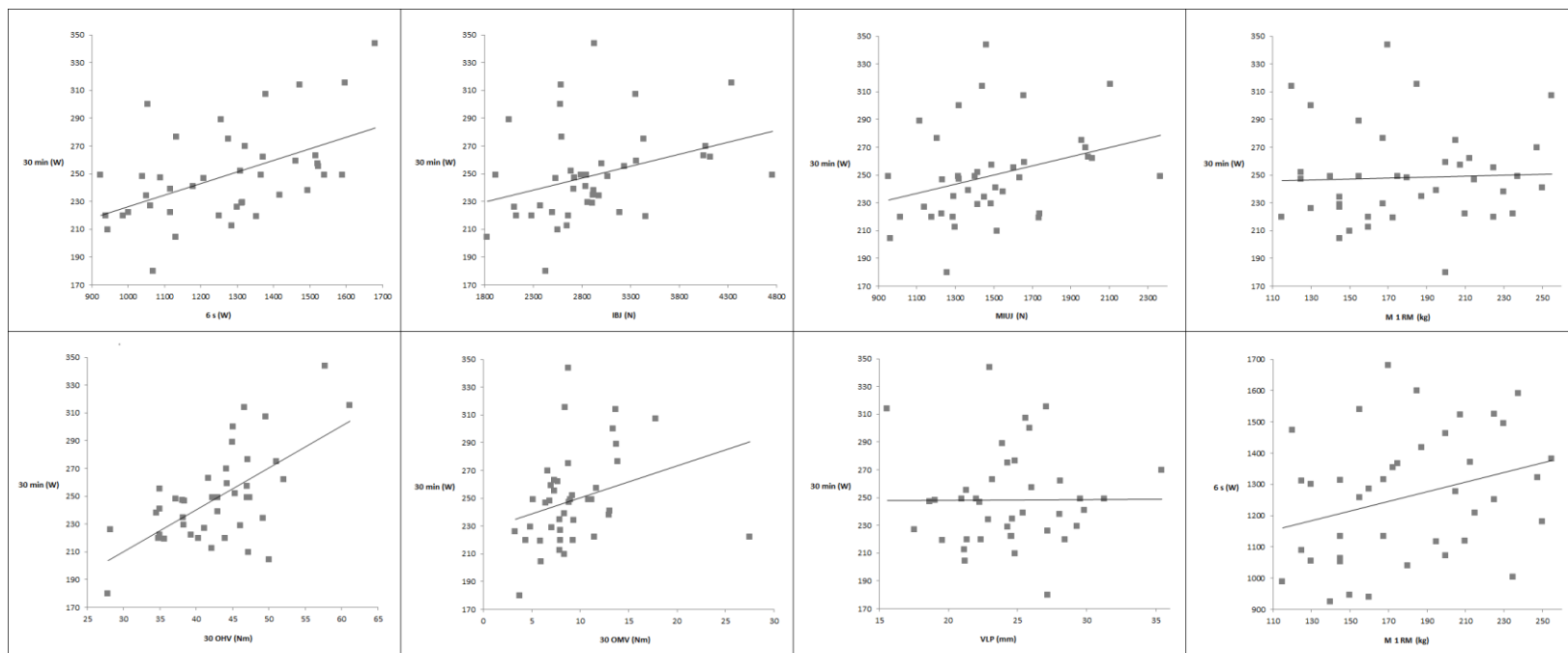
AT/ero	7 OHV K	7 OMV K	7 VHV K	7 VMV K	30 OHV K	30 OMV K	30 VHV K	30 VMV K
VLP	0,323	0,275	0,017	0,269	0,294	0,263	0,102	0,167
O 1 RM	0,340	0,226	0,092	0,077	0,288	0,285	0,035	0,037
V 1 RM	0,317	0,256	0,100	0,091	0,347*	0,296	0,108	0,038
O IUJ	0,235	0,213	-0,009	0,152	0,206	0,145	0,002	0,026
V IUJ	0,153	0,133	-0,028	0,124	0,248	0,074	0,071	-0,013
IUJ EMG	-0,218	-0,144	-0,225	-0,129	-0,235	-0,113	-0,283	-0,178
IBJ IEMG	-0,205	-0,097	-0,221	-0,088	-0,271	-0,112	-0,381*	-0,203
7 EMG	-0,207	0,029	-0,187	0,130	-0,221	0,041	-0,086	0,168
30 EMG	-0,208	0,117	-0,252	0,178	-0,207	0,029	0,027	0,159
7 OHV	0,065	0,191	0,186	0,152	0,033	0,132	-0,057	0,088
7 OMV	-0,074	0,316	0,129	0,167	-0,213	0,254	0,019	0,279
7 VHV	-0,049	0,148	0,144	0,144	-0,141	0,065	-0,079	0,115
7 VMV	0,057	0,227	0,280	0,193	-0,032	0,183	0,183	0,234
30 OHV	0,015	0,181	0,152	0,133	-0,015	0,165	-0,113	0,137
30 OMV	-0,038	0,295	0,148	0,146	-0,112	0,238	-0,019	0,219
30 HVH	0,029	0,169	0,124	0,121	-0,043	0,192	-0,043	0,206
30 VMV	-0,001	0,154	0,101	0,201	0,045	0,125	0,091	0,148
6 s	-0,121	-0,152	-0,273	-0,138	0,051	-0,106	-0,196	-0,207
30 min	-0,104	0,117	0,080	0,090	-0,110	0,027	-0,018	0,050
7 OHV K	-0,276	-0,368*	-0,323	-0,298	-0,344*	-0,141	-0,059	-0,252
7 OMV K	-0,318	-0,504**	-0,481**	-0,370*	-0,133	-0,403*	-0,202	-0,362*
7 VHV K	-0,260	-0,429**	-0,214	-0,271	-0,350*	-0,484**	-0,198	-0,327
7 VMV K	-0,237	-0,420*	-0,438**	-0,509**	-0,255	-0,400*	-0,323	-0,494**
30 OHV K	-0,274	-0,396*	-0,367*	-0,352*	-0,353*	-0,210	-0,066	-0,311*
30 OMV K	-0,268	-0,406*	-0,405*	-0,317	-0,122	-0,490**	-0,112	-0,384*
30 VHV K	-0,196	-0,425**	-0,269	-0,414*	-0,336*	-0,408**	-0,202	-0,416**
30 VMV K	-0,186	-0,324	-0,305	-0,277	-0,133	-0,413**	-0,167	-0,467**

ero/ero	7 OHV K	7 OMV K	7 VHV K	7 VMV K	30 OHV K	30 OMV K	30 VHV K	30 VMV K
VLP	-0,224	-0,211	-0,192	-0,107	-0,159	-0,146	-0,191	-0,224
O 1 RM	-0,277	-0,221	-0,295	-0,160	-0,168	-0,087	-0,312	-0,096
V 1 RM	0,020	0,017	-0,085	0,080	-0,073	0,050	-0,243	0,015
O IUJ	-0,141	-0,065	-0,032	-0,093	-0,120	0,020	-0,125	0,034
V IUJ	-0,283	0,025	-0,104	0,028	-0,121	0,099	-0,148	0,120
IUJ EMG	-0,073	0,069	-0,066	-0,083	-0,131	0,142	-0,079	0,041
IBJ IEMG	-0,007	0,033	-0,069	-0,129	-0,098	0,140	-0,057	0,034
7 EMG	-0,292	-0,198	0,003	-0,370*	-0,397**	-0,190	-0,354	-0,314
30 EMG	-0,576**	-0,283	-0,298	-0,496*	-0,444*	-0,235	-0,455*	-0,395
7 OHV	-0,446**	-0,598***	-0,539***	-0,714***	-0,547***	-0,625***	-0,698***	-0,681***
7 OMV	-0,014	-0,332*	-0,070	-0,222	0,040	-0,374*	-0,081	-0,405*
7 VHV	-0,360*	-0,606***	-0,359*	-0,595***	-0,503**	-0,627***	-0,506**	-0,627***
7 VMV	-0,219	-0,495**	-0,332*	-0,442**	-0,144	-0,519**	-0,400*	-0,573**
30 OHV	-0,359*	-0,493**	-0,443**	-0,569***	-0,459**	-0,596***	-0,529***	-0,608***
30 OMV	-0,319	-0,574***	-0,274	-0,377*	-0,220	-0,622***	-0,150	-0,442**
30 HVH	-0,396*	-0,560**	-0,331*	-0,537***	-0,505***	-0,687***	-0,448**	-0,656***
30 VMV	-0,343*	-0,505**	-0,298	-0,464**	-0,213	-0,627***	-0,335*	-0,599***
6 s	-0,058	-0,113	0,016	-0,057	-0,071	-0,155	0,018	-0,050
30 min	-0,339*	-0,585***	-0,228	-0,415*	-0,290	-0,602***	-0,353*	-0,521***
7 OHV K	1	0,621***	0,757***	0,543***	0,809***	0,528***	0,650***	0,508**
7 OMV K	0,621***	1	0,682***	0,850***	0,482**	0,811***	0,634***	0,778***
7 VHV K	0,757***	0,682***	1	0,646***	0,573***	0,524**	0,810***	0,598***
7 VMV K	0,543***	0,850***	0,646***	1	0,522**	0,724***	0,743***	0,846***
30 OHV K	0,809***	0,482**	0,573***	0,522**	1	0,452**	0,633***	0,407**
30 OMV K	0,528***	0,811***	0,524**	0,724***	0,452**	1	0,567***	0,846***
30 VHV K	0,650***	0,634***	0,810***	0,743***	0,633***	0,567***	1	0,713***
30 VMV K	0,508**	0,778***	0,598***	0,846***	0,407**	0,846***	0,713***	1

VLP, vastus lateraloksen paksuus; O, oikea jalka; V, vasen jalka; 1 RM, yhden toiston maksimi, IUJ, isometrinen unilateraalinen jalkaprssi; EMG, elektromyografia; 7, 7 minuutin testi; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuvääntömomentti; OMV, oikean jalan huippuvääntömomentti; VHV, vasemman jalan huippuvääntömomentti; VMV, vasemman jalan minimivääntömomentti; 6 s, UCI:n kuuden sekunnin testi; 30 min, 30 minuutin testi; K, kulma.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ tilastollinen merkitsevyys.

LIITE 12



M 1 RM, molemman jalan yhden toiston maksimin keskiarvo; IBJ, isometrisen bilateraalisen jalkaprässin maksimi; MIUJ, molemman jalan isometrisen unilateraalisen jalkaprässin maksimin keskiarvo; 6 s, UCI 6 sekunnin maksimiteho; 30 min, 30 minuutin testin keskiteho; 30, 30 minuutin testi; OHV, oikean jalan huippuvääntömomentti; OMV, oikean jalan minimivääntömomentti