

**HARJOITTELUN VAIKUTUS PALAUTUMISEEN MAKSIMAALISESTA HAPENOTTOKYVYN TESTISTÄ JA PALAUTUMISEN YHTEYS HARJOITUSVASTEeseen**

Arto Ilvonen

Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma

Kevät 2012

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat:

Minna Tanskanen

Heikki Kyröläinen

Arto Ilvonen (2012). Harjoittelun vaikutus palautumiseen maksimaalisesta hapenotto-  
kyvyn testistä ja palautumisen yhteys harjoitusvasteeseen, Pro gradu -tutkielma. Liikun-  
tabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. 62s.

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka kuntotasoltaan erilaiset varusmiehet palautuvat maksimaalisesta hapenotto-  
kyvyn ( $VO_2\max$ ) testistä, onko palautuminen  
yhteydessä harjoitusvasteeseen ja kuinka fyysisesti kuormittavaa peruskoulutuskausi  
varusmiehille on. Palautumisen, harjoitusvasteen ja harjoituskuorman yhteyksiä toisiin-  
sa mitattiin syke- ja hengityskaasumuuttujia käyttäen. Koehenkilöinä oli 59 varusmiestä  
(ikä  $19.6 \pm 0.3$  v).  $VO_2\max$  mitattiin viikoilla 1, 5, 8 ja 10 ja varusmiehet jaettiin kol-  
meen kuntoluokkaan viikolla yksi mitatun  $VO_2\max$ :n perusteella ( $>45$  ml/kg/min aktii-  
vi; 40–44.9 ml/kg/min harraste ja  $<39.9$  ml/kg/min perus). Harjoituskuorma TRIMP  
laskettiin sydämen sykkeen ja rasituksen keston perusteella eri sykealueilla. Sykettä  
mitattiin keskimäärin 15 tuntia vuorokaudessa, enintään 49 päivän ajalta. Peruskoulu-  
tuskauden harjoittelulla oli merkitsevä päävaikutus  $VO_2\max$ :een ( $p<0.01$ ).  $VO_2\max$  oli  
viikoilla 5 ja 8 parempi kuin viikolla 1 ( $p<0.01$ ). Harraste- ja perusryhmällä  $VO_2\max$ -  
parani ( $p<0.001$ ). Perusryhmällä  $VO_2\max$  parani enemmän ( $p<0.001$ ) kuin aktiiviryh-  
mällä, mutta perusryhmällä oli poissaoloja enemmän kuin aktiivi- ja harrasteryhmällä  
( $p<0.05$ ). Viikon yksi  $VO_2\max$  ( $r = -0.40$ ,  $p<0.05$ ), maksimisyke ( $r = -0.37$ ,  $p<0.05$ ) ja  
syke välittömästi  $VO_2\max$ -testin päätyttyä ( $r = -0.48$ ,  $p<0.01$ ) korreloivat negatiivisesti  
TRIMP:n kanssa.  $VO_2\max$  -testien palautussykkeiden sykekeskiarvo aleni viikosta 1  
viikkoihin 5 ja 8 ( $p<0.01$ ). Lisäksi sykkeen palautumisen muutos välittömästi  $VO_2\max$ -  
testin päätyttyä viikosta 1 viikkoon 8 ja TRIMP:n välillä oli yhteys ( $p<0.05$ ) niin, että  
sykkeiden pieneneminen oli vähäisempää harjoituskuorman kasvaessa. Tutkimus  
osoitti, että peruskoulutuskausi kohottaa tehokkaimmin heikkokuntoisten fyysistä  
suorituskykyä, mutta aiheuttaa heille myös eniten poissaoloja. Palvelukseen astuttaessa  
hyvä  $VO_2\max$  korkea maksimisyke sekä syke heti maksimitestin päätyttyä indikoivat  
vähäisempää harjoituskuormaa peruskoulutuskaudella. Selkeät erot  $VO_2\max$ :n  
muutoksissa osoittavat, että alokkaiden jakaminen ryhmiin kuntotason mukaan ja  
ryhmäkohtaisten kunto-ohjelmien laatiminen olisi hyödyllistä.

Avainsanat: peruskoulutuskausi, palautuminen, syke,  $VO_2\max$ , hengitysekvivalentti,  
harjoituskuorma (TRIMP)

Arto Ilvonen (2012). Effects of training on responses of heart rate and VO<sub>2</sub>-kinetics during recovery after maximal cardiorespiratory fitness test. Department of biology of physical activity, University of Jyväskylä. 62p.

## **ABSTRACT**

The purpose was to study how conscripts with different condition level recover from a maximal cardiorespiratory fitness test, and if there is a relation between recovery and training response and how physically challenging military basic training is. Relation between recovery, training response and training load was evaluated by measuring heart rates (HR) and respiratory gases. The subjects were 59 conscripts (age  $19.6 \pm 0.3$  years). VO<sub>2</sub>peak was measured in weeks 1, 5, 8, and 10. HR and respiratory gases were measured four minutes after the test. Conscripts were distributed to three groups according to their VO<sub>2</sub>peak in week 1 (>45 ml/kg/min Group 1; 40–44.9 ml/kg/min Group 2 and <39.9 ml/kg/min Group 3). Training load TRIMP was calculated by HR (training intensity) and time in different rate zones. HR was measured about 15 hours in a day, a maximum of 49 days. During 8 week basic military training there was significant main effect in VO<sub>2</sub>peak ( $p < 0.01$ ). Group 2 and 3 improved VO<sub>2</sub>peak from week 1 to week 8 ( $p < 0.001$ ). Group 3 improved VO<sub>2</sub>peak more ( $p < 0.001$ ) than Group 1, but they also had the most sick ( $p < 0.05$ ). At week 1 VO peak ( $r = -0.40$ ,  $p < 0.05$ ) and HR immediately after maximal cardiorespiratory test ( $r = -0.48$ ,  $p < 0.01$ ) correlated negatively with TRIMP. Average HR during recovery decreased from week 1 to weeks 5 and 8 ( $p < 0.01$ ). Furthermore, there was a relation between TRIMP and change in HR immediately after maximal cardiorespiratory test from week 1 to week 8 ( $p < 0.05$ ): decrease in HR was lower when training load increased. This study provided evidence that basic military training gives the best training benefits for conscripts with low physical fitness, but it also inflicts most absences for them. Good VO<sub>2</sub>peak and HR immediately after maximal cardiorespiratory test indicates lower training load in basic training period. Differences in changes in VO<sub>2</sub>peak changes confirm that it would be beneficial to distribute the conscripts into groups according to their physical fitness and moreover to compose a different fitness program for each group.

Keywords: basic training period, recovery, heart rate, peak VO<sub>2</sub>, breathing equivalent, training load (TRIMP)

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLTÖ .....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 PALAUTUMISEN MITTAUSMENETELMÄT .....	6
2.1 Sykkeen palautuminen .....	6
2.2 Veren laktaattipitoisuus.....	7
3 PALAUTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT .....	8
3.1 Aerobinen suorituskyky .....	9
3.1.1 Sydänperäiset sairaudet.....	9
3.1.2 Harjoittelusta.....	11
3.1.3 Ikä.....	13
3.2 Aktiivinen ja passiivinen palautuminen .....	15
3.2.1 Vesijumppa, venyttely ja sähköstimulaatio .....	16
3.2.2 Kuuma ja kylmä vesi palautusvaiheessa .....	17
3.2.3 Kevyt liikkuminen palautusvaiheessa .....	17
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS .....	20
5 MENETELMÄT .....	21
5.1 Koehenkilöt .....	21
5.2 Mittausasetelma.....	22
5.2.1 Sykedatan mittaaminen ja käsittely.....	23
5.2.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotestit .....	25
5.2.3 Palautumisen arviointi.....	27
5.2.4 Harjoituskuorma (TRIMP).....	28
5.3 Tilastolliset analyysit .....	29
6 TULOKSET .....	30
6.1 Maksimaalinen hapenottokyky .....	30
6.2 Sykkeen palautuminen .....	32
6.2.1 VO <sub>2</sub> max:n yhteys sykkeen palautumiseen .....	35

6.3 Hapen ja hiilidioksidin ventilaatioekvivalentti .....	37
6.4. Harjoitusvasteen yhteys palautumiseen .....	41
6.5 Poissaolopäivät peruskoulutuskaudella.....	42
6.6 Harjoituskuorma TRIMP .....	43
<b>7 POHDINTA .....</b>	<b>48</b>
7.1 Maksimaalinen hapenottokyky .....	48
7.2 Syke.....	48
7.3 Ventilatoriset ekvivalentit .....	50
7.4 Harjoitusvaste.....	51
7.5 Poissaolot peruskoulutuskaudella .....	51
7.6 TRIMP.....	52
7.7 Yhteenveto .....	54
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>56</b>

# 1 JOHDANTO

Elimistön palautuminen maksimaalisesta rasituksesta takaisin normaalitilaan on oleellinen fyysisen kunnan markkeri. Hyvällä palautumiskyvyllä tarkoitetaan yleensä nopeutta, jolla elimistön toiminnot normalisoituvat rasituksen jälkeen ja keho on jälleen täydessä toimintavalmiudessa eli suorituskyky on palautunut. Yleisimmin käytettyjä tapoja kuvata rasituksesta palautumista ovat sydämen sykkeeseen perustuvat menetelmät (Cole ym. 2010, Nissinen ym. 2003). Useimmat näistä tutkimuksista käsittelevät sykkeen palautumisen ja kuolleisuusriskin välistä suhdetta. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että elimistön heikentynyt sydämen sykkeen autonominen säätely lisää kuolleisuusriskiä akuutin sydäninfarktin jälkeen. Erilaisia vertailututkimuksia on myös tehty, joissa on käytetty palautumisen tasoa kuvaavina muuttujina fysiologisia, psykologisia ja suorituskyvyllisiä määreitä; hapenkulutusta, veren laktaattipitoisuutta, lihaksen hemoglobiinisaturaatiota, rasitusarviota, lihaskipua, omaa tuntemusta ja hyppytestejä. (Dawson ym. 2008, Cortis ym. 2010, Vaile ym. 2008, Spierer ym. 2004)

Monia erilaisia lajisuorituksia on käytetty tutkimuksissa aikaansaamaan fyysistä kuormitusta. Eniten käytettyjä ovat muunnelmat polkupyöräergometri- ja juoksumattotesteistä, joiden etuna on hyvä toistettavuus. Myös erikoisempia lajeja ja sovelluksia, kuten vuorikiipeily (Watts ym. 2000) ja testihenkilöiden upottaminen kuumaan tai kylmään veteen (Vaile ym. 2008, Dawson ym. 2008), on käytetty. Hyödyllistä tietoa oikeanlaisesta harjoittelukuormituksesta voidaan saada, kun tiedetään henkilön kuntotaso, harjoittelukuorma ja rasituksesta palautuminen. Tässä tutkimuksessa kyseiset määreet ja muuttujat on mitattu. Poikkeuksena useimpiin tutkimuksiin, joissa palautumista on tutkittu suorituskyvyn perusteella, tämän työn tarkoituksena on keskittyä tutkimaan testeistä palautumista ja vertaamaan sitä kuntotason ja koetun harjoittelukuorman muutoksiin. Seurattavia palautumisparametreja ovat sydämen syke ja hengityskaasumuuttujat.

## 2 PALAUTUMISEN MITTAUSMENETELMÄT

Elimistön palautumista, rasitustilaa ja esimerkiksi ylikuormitustilaa voidaan mitata ja arvioida mm. sykkeen, hengityskaasujen, laktaatin ja suorituskykytestien perusteella, sekä myös omien tuntemusten (RPE) ja lihasten kipeyden kautta. Sykettä on mitattu rasituksen ajan ja erityisesti sen jälkeen ja tutkittu kuinka nopeasti syke palautuu ennalleen. Eräänä määrittelynä on käytetty yhden minuutin aikaa rasituksen päättymisestä, jolloin sykkeen olisi tullut laskea 12 lyöntiä tai enemmän huippuarvostaan, muutoin palautuminen on katsottu normaalia heikommaksi. (Cole ym. 2010). Veren laktaattipitoisuuden alenemista rasituksen jälkeen on käytetty yhtenä palautumista kuvaavana tekijänä. Tämä onkin perusteltua, sillä palautuminen on normaalin suorituskyvyn takaisin saamista ja veren laktaattipitoisuudella ja voimantuotolla on havaittu olevan selkeä yhteys; laktaatin lisääntyessä veressä lihasten voimantuottokyky pienenee ja vastaavasti veren laktaattipitoisuuden laskiessa kyky tuottaa voimaa paranee. (Spierer 2004, Watts 2000)

### 2.1 Sykkeen palautuminen

Sykemittauksissa yleisimmin käytetyt testiprotokollat sisältävät kevyehkön rasituksen joko polkupyöräergometrilla tai juoksumatolla, testattavien terveydentilasta riippuen, ja tämän jälkeen sydämen sykkeen mittaamisen. Sykkeen palautuminen määritellään yhden minuutin kuluttua rasituksen loppumisesta. (Cole ym. 2010, Nissinen ym. 2003). Epänormaaliksi palautuminen näissä tutkimuksissa arvioitiin, jos syke oli yhden minuutin kohdalla alentunut 12 lyöntiä tai vähemmän verrattuna huippuarvoon. Työkuorma määritellään paitsi terveyden, myös hapenottokyvyn ja kehon painon mukaan. Sykereservi määrittämiseksi vähennetään arvioidusta maksimisykkeestä leposyke ja sykereservin vajaata käyttöä pidetään yleisesti todisteena kronotrooppisesta vasteesta, ts. hidastuneesta sydämen lyöntinopeudesta, joka lisää sydänperäisen kuoleman riskiä.

Henkilö- ja lääkitystietojen ollessa tarkasti selvillä, voidaan testit tehdä myös maksimaalisena polkupyöräergometritestinä (Nissinen ym. 2003). Tavoitteena on saavuttaa kunkin maksimaalinen suorituskyky lisäämällä kuormaa asteittain. Sykevälivaihtelusta ja sykkeen huippuarvon ja alenemisen erotuksesta voidaan laskea testattavien palautumiskyky.

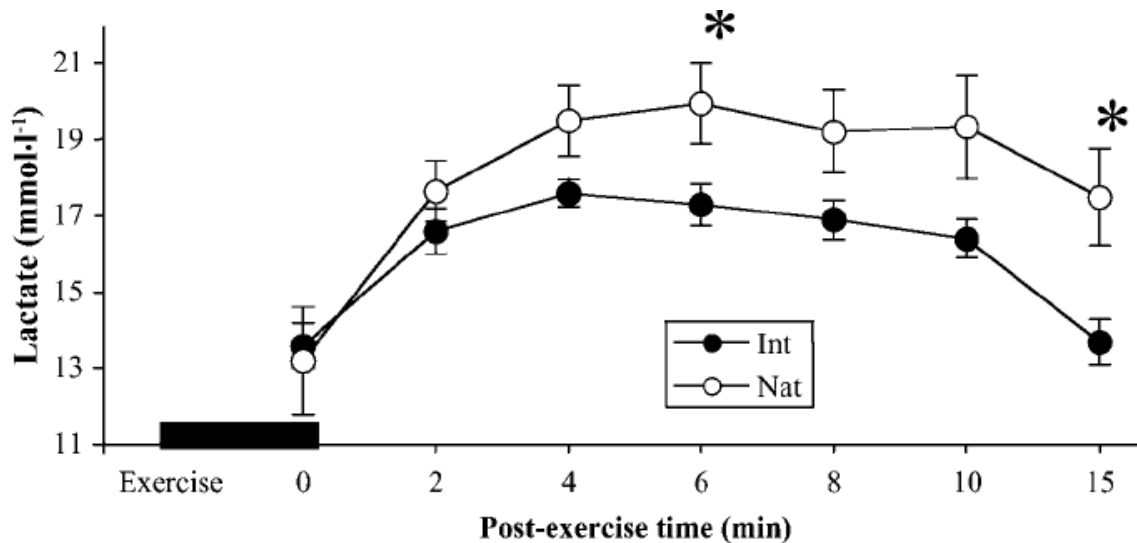
## 2.2 Veren laktaattipitoisuus

Veren laktaattipitoisuuden mittaaminen on hyödyllinen haluttaessa tutkia harjoituksen tehokkuutta ja määriteltäessä testattavan henkilön anaerobisessa glykolyysissä tuotettavan energiantuoton potentiaalia. Verrattaessa sekä kansallisen että kansainvälisen tason karatekoita keskipitkänmatkan ja pikamatkojen juoksijoihin on havaittu että karatekoilla laktaattiarvot ovat nousseet korkeimmalle maksimaalisessa suorituksessa. (Ravier ym. 2006, Olesen ym. 1994). Tämän on katsottu osoittavan, että karateharjoitusten nopea-tempoisuus ja jaksoittaisuus (levähdykset liikkeiden välillä) parantavat anaerobista aineenvaihduntaa. Ainoastaan erittäin hyvin harjoitelleilla pikajuoksijoilla arvot olivat samaa tasoa kuin karatekoilla. Laktaatin huippuarvojen kohoamisen on arveltu olevan yhteydessä pikajuoksun harjoitevasteisiin, kasvaneisiin fosfofruktokinaasi- ja laktaatti-dehydrokinaasiaktiivisuuksiin. (Jacobs ym. 1987)

Jos harjoittelu on ollut kahdella ryhmällä samanlaista, mutta toisella se on kestänyt pidempään, voidaan tehdä päätelmiä pitkäaikaisen harjoittelun vaikutuksista ja siitä kuinka se näkyy palautumisessa. Ravier ym. (2006) havaitsi tutkimuksessaan, että kansainvälisen tason karatekoilla, supramaksimaalisen testin jälkeen, laktaattiarvot jäivät merkittävästi alemmaksi kuin kansallisen tason karatekoilla (Kuva 1). Tämä puoltaa sitä, että pidemmän aikaa kovaintensiteettistä harjoittelua tehneet karatekat joutuivat käyttämään vähemmän anaerobista, laktaattista energiantuottojärjestelmää uupumukseen asti tehdyssä suorituksessa. Heillä myös laktaatin poistuminen oli hieman nopeampaa kuin vähemmän harjoitelleilla. Riittävän kauan jatkunut kovan intensiteetin harjoittelu nostaa veren laktaattipitoisuuden huippuarvoa. Tämä voi johtua elimistön parantuneesta kyvystä siirtää laktaattia lihaksista vereen. Kova harjoittelu myös nopeuttaa laktaatin siirtymistä pois verestä, joten rasituksen jälkeinen laktaatin mittaussijan kohta on tärkeä arvioitaessa henkilön palautumiskykyä. Kestävyysharjoittelun on osoi-



tettu tehostavan laktaatin poistumista verestä hapettumisen kautta, joka on suurin tekijä laktaatin poistumiselle elimistöstä. (mm. MacRae 1995)



KUVA 1. Veren laktaattipitoisuus supramaksimaalisen testin jälkeen kansainvälisen (Int) ja kansallisen (Nat) tason karatekoilla. (\*p<0.05) (Ravier 2006).

### 3 PALAUTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Palautuminen fyysisestä rasituksesta on elimistön toimintakyvyn takaisin saamista siten, että keho toimii optimaalisella tavalla eikä kuormitus enää vaikuta toimintoja heikentävästi tai hidastavasti. Yksi tapa arvioida palautumisen tasoa on fyysisen suorituskyvyn palautumisnopeuden mittaaminen. Hypoteeseja ovat harjoittelun positiivinen vaikutus kuntotasoon ja kuntotason positiivinen vaikutus palautumiseen, kuten myös ikääntymisen kuntotasoa huonontava vaikutus ja näin ollen ikääntyvän heikompi palautumiskyky. Palautumiseen vaikuttavana tekijänä pidetään myös rasituksen jälkeisiä toimenpiteitä; aktiivinen rasituksen jälkeinen palauttelu yleisen käsityksen mukaan nopeuttaa palautumista verrattuna passiiviseen palautumiseen.

## 3.1 Aerobinen suorituskyky

Kuntotasoa määriteltäessä henkilöt voidaan jakaa hyväkuntoisiin urheilijoihin, normaalikuntoisiin, joita suurin osa kansasta edustaa, sekä heikkokuntoisiin, johon kuuluvat esimerkiksi sydänsairaat lääkinnän alaiset henkilöt. Eritasoisten urheilijoiden ja inaktiivien henkilöiden palautumiskykyä vertaillaan harjoittelutaustaa käsittelevässä osiossa, joten tässä keskitytään normaali- ja heikkokuntoisiin tutkittaviin ja palautumista kuvataan suurimmaksi osaksi sydämen sykkeen palautumisella.

### 3.1.1 Sydänperäiset sairaudet

Sykkeen aleneminen harjoituksen jälkeen on seurausta vagaalisesta reaktivaatiosta ja heikentyneen vagaalisen hermoston toiminnan tiedetään olevan riskitekijä kuolemalle (Imai ym. 1994, Cole ym. 2010). Syketutkimuksissa on usein käytetty hypoteesinä, että viivästynyt sydämen sykkeen palautuminen harjoituksen jälkeen on ennusmerkki sydänperäiselle kuolemalle (Eckberg ym. 1971). Vertailtaessa kuntotasoltaan erilaisia ryhmiä, ryhmiin jaottelu tehdään etukäteen erilaisilla kyselylomakkeilla ja itsearviointeilla, testaamalla, tai tutkimalla henkilöiden harjoittelu- tai sairaushistoriaa.

Hidastunut sykkeen palautuminen rasituksesta on havaittu olevan yhteydessä kuolemanriskiin (Imai ym. 1994, Cole ym. 2010, Nissinen ym. 2003). Imai ym. (1994) havaitsivat, että 30 sekunnin kuluttua rasituksen huipusta mitattu sydämen sykearvo on merkittävästi korkeampi sydänpotilailla ja merkittävästi matalampi urheilijoilla, verrattaessa normaalikuntoisiin. Edelleen tulokset osoittivat että 30 sekunnin jälkeen mitatut sykelukemat ovat yhteydessä vagaaliseen reaktivaatioon, eivätkä juuri ollenkaan ole riippuvaisia kuorman intensiteetistä eivätkä sympaattisen hermoston toiminnasta. Vuosien seuranta tutkimuksissa on havaittu, että seurannan aikana menehtyneillä oli hidastunut sydämen sykkeen palautuminen ensimmäisen rasitusta seuranneen lepominuutin aikana, sekä myös matala maksimaalinen sykearvo verrattuna koehenkilöihin jotka eivät menehtyneet seurantajakson aikana. (Nissinen ym. 2003, Imai ym. 1994). Hidastuneen sykkeen palautumisen aiheuttama kuolemanriski osoitettiin tutkimuksissa selvästi: ryhmässä jossa sydämen sykkeen palautuminen oli epänormaalin hidasta, kuolleisuusprosentti oli 19, kun normaalisti palautuvien vastaava luku oli 5 %. (Cole ym. 2010).

Tutkimuksista voi yhteenvetona vetää johtopäätöksen, että em. alentuneen kuolemanriskin lisäksi, nopea sykkeen aleneminen rasituksen jälkeen on positiivinen merkki elimistön sopeutumisesta rasitukseen ja mahdollisesti myös osoitus henkilön hyvistä kestävyysominaisuuksista. (Imai ym. 1994, Bosquet ym. 2008, Cole ym. 2010, Nissinen ym. 2003)

Kuolemanriskin ennustettavuuden tutkiminen mittaamalla sykkeen palautumista on ollut tutkinnan kohteena usein. Koehenkilöinä on käytetty sekä terveitä (Cole ym. 2010) että myös akuutin sydäninfarktin läpikäyneitä henkilöitä (Nissinen ym. 2003) (taulukko 1). Kummassakin tapauksessa tulokset ovat olleet samansuuntaisia eli hidastunut sykkeen palautuminen on riskitekijä sydänperäiselle kuolemalle.

TAULUKKO 1. Sairaushistorian, lääkityksen ja testitulosten vertailu seurantajakson aikana kuolleiden ja elossa säilyneiden kesken. Suluissa prosentuaalinen osuus ryhmän kokonaismäärästä. (Nissinen 2003)

	Alive (n = 212)	Dead (n = 17)
Age (yrs)	59 ± 10	64 ± 9
Men/women	175/37	12/5
Diabetes mellitus	29 (14%)	5 (29%)*
Chronic obstructive pulmonary disease	9 (4%)	3 (18%)*
Hypertension	97 (46%)	7 (41%)
Prior myocardial infarction	39 (19%)	5 (29%)
NYHA class I	182 (86%)	10 (59%)†
NYHA class II-III	29 (14%)	7 (41%)†
LV ejection fraction (%)	46 ± 8	45 ± 10
PTCA/CABG	44 (21%)	2 (12%)
β blocker	212 (100%)	17 (100%)
Aspirin or warfarin	201 (98%)	17 (100%)
Diuretics	32 (16%)	6 (35%)*
Statins	96 (46%)	5 (31%)
ACE/AT II	81 (39%)	8 (50%)
Exercise test measurements		
Maximal HR (beats/min)	124 ± 20	111 ± 20*
Maximal HR (<119 beats/min)	91 (43%)	14 (82%)†
Maximal workload (W/kg)	1.3 ± 0.4	1.0 ± 0.5†
Maximal workload (<1.0 W/kg)	45 (21%)	12 (71%)†
HR recovery (beats/1 · min)	14 ± 7	10 ± 7*
HR recovery (<12 beats/1 · min)	106 (50%)	14 (82%)†
Other measurements		
HR variability (SNDD; ms)	100 ± 33	89 ± 36
HR variability (SNDD <70 ms)	37 (18%)	3 (19%)
BRS (mm Hg)	10 ± 8	7 ± 8
BRS (<3 mm Hg)	22 (12%)	2 (13%)

### 3.1.2 Harjoittelutausta

Harjoittelutaustan vaikutukset palautumiseen tulevat esille pääasiassa sen mukaan, onko harjoittelussa painopiste ollut enemmän aerobisella vai anaerobisella puolella. Tämän vuoksi eri lajien välillä on suuria eroja palautumiskyvyssä, johtuen paitsi edellä mainitusta harjoittelun laadusta, myös siitä että eri lajeihin on seuloutunut ominaisuuksiltaan sopivimpia urheilijoita, joilla esimerkiksi nopeiden ja hitaiden lihassolujen suhde on merkittävä palautumiseen, mm. veren laktaattipitoisuuden nousuun ja laktaatin poistumisnopeuteen vaikuttava tekijä. Taustaltaan erilaisten henkilöiden anaerobista kapasiteettia on tarkasteltu mm. korkeaintensiteettisen suorituksen aikana syntyneen happivaheen (MAOD) kautta (Medbo ym. 1988). Tehdyt tutkimukset osoittavat pikajuoksijoilla olevan korkeammat MAOD-arvot kuin pitkän matkan juoksijoilla, sekä myös korkeaintensiteettisen harjoittelun on todettu vaikuttavan MAOD-arvoja nostavasti (taulukko 2). (Medbo ym. 1990, Gatin ym. 1994)

TAULUKKO 2. Mitattuja arvoja 90 s. supramaksimaalisen polkupyöraergometritestin jälkeen. UT = Untrained, ET = Endurance trained, ST = Sprint trained. Tilastollisesti merkitsevät erot: <sup>a</sup> = UT vs. ET, <sup>b</sup> = UT vs. ST, <sup>c</sup> = ET vs. ST. (Gatin 1994)

	UT	ET	ST
$\dot{V}O_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	3.48 <sup>a,b</sup>	4.72	4.68
( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	49 <sup>a,b</sup>	65 <sup>c</sup>	58
MAOD (l)	3.52 <sup>b</sup>	3.82 <sup>c</sup>	4.82
( $ml \cdot kg^{-1}$ )	50 <sup>b</sup>	52	60
Aerobic metabolism (%)	56	58	53
Work (kJ)	38.7 <sup>a,b</sup>	44.4	49.3
( $J \cdot kg^{-1}$ )	546 <sup>a,b</sup>	607	613
Aerobic work (kJ)	21.6 <sup>a,b</sup>	25.7	26.1
( $J \cdot kg^{-1}$ )	304 <sup>a</sup>	353 <sup>c</sup>	323
Anaerobic work (kJ)	7.2 <sup>b</sup>	18.7 <sup>c</sup>	23.2
( $J \cdot kg^{-1}$ )	242 <sup>b</sup>	255	290
Peak power (W)	859 <sup>b</sup>	822 <sup>c</sup>	1113
( $W \cdot kg^{-1}$ )	12.1 <sup>b</sup>	11.2 <sup>c</sup>	13.7
(% $\dot{V}O_{2peak}$ )	287 <sup>a</sup>	204 <sup>c</sup>	280
Peak rpm (rpm)	131 <sup>b</sup>	121 <sup>c</sup>	150

Harjoittelutausta, etenkin pitkään jatkunut kestävyysharjoittelu, vaikuttaa huomattavasti aerobiseen ja anaerobiseen kynnykseen, jotka ovat tärkeimpiä vaikuttajia yleisimpiin palautumista mittaaviin arvoihin. Sydämen sykkeen lisäksi erityisesti laktaattiarvoa on käytetty usein elimistön palautumista kuvaavana määreenä, samoin happamuutta ja veren ammoniakkipitoisuutta. Tutkimuksissa, joissa on tarkasteltu eri tasoisia saman lajin harrastajia ja kilpailijoita, on yleisesti ottaen havaittu, että veren ammoniakki- ja laktaattipitoisuudet ovat maksimaalisen rasituksen jälkeen korkeammat alemmalla tasolla olevilla koehenkilöillä, samoin kuin elimistön happamuusarvot. (Ravier ym. 2006, Olesen ym. 1994). Selityksenä tähän voi olla se, että heikompi tasoiset, vähemmän harjoitelleet henkilöt käyttivät testin aikana energiantuottoonsa suhteessa enemmän anaerobisia menetelmiä kuin eliittitason ryhmän koehenkilöt, jolloin mitattavat arvot nousivat enemmän. Edelleen syynä voi olla myös eliittiryhmän henkilöiden elimistön parempi kyky poistaa laktaattia, ammoniakkaa ja happamuutta kehosta. Tutkimuksessa jossa vertailtiin kansainvälisen ja kansallisen tason karatekoita (Ravier ym. 2006), ei ryhmien välisiä eroja MAOD:ssa havaittu. Samaan tulokseen tultiin myös verrattaessa kilpatason 400 m:n ja 800 m:n juoksijoita. He saavuttivat lähes samanlaiset tason MAOD:ssa, mutta veren laktaatti- ja happi-ionipitoisuuksissa oli merkitseviä eroja uupumukseen asti tehdyn anaerobisen testin jälkeen. (Olesen ym. 1994)

MAOD:a käytetään mittaamaan anaerobista energiantuottokykyä, joten se on sopiva mittari kun halutaan selvittää henkilön ominaisuuksia ja soveltuvuutta anaerobiseen lajiin. Jaksoittainen, lyhytkestoinen ja intensiteetiltään kova harjoittelu nostaa MAOD-arvoja ja parantaa näin ollen suorituskykyä hyvää anaerobista kykyä vaativissa urheilulajeissa, kuten nopeissa pallopeleissä ja pikajuoksussa. Samassa suhteessa MAOD-arvo laskee mentäessä keskimatkanjuoksijoista edelleen pitkän matkan juoksijoihin. (Medbo ym. 1988, Olesen ym. 1994, Strobel ym. 1999)

Samaa lajia harrastavilla, mutta lajitaidoiltaan eritasoisilla ryhmillä, voivat olla MAOD ja maksimaalinen hapenotto (VO<sub>2</sub>max) lähes samalla tasolla, jos käytettynä testinä on uupumukseen asti tehty supramaksimaalinen koe (taulukko 3). Tämä ei kuitenkaan välttämättä kerro samanlaisesta harjoitustaustasta, vaan voi olla seurausta aerobisen ja anaerobisen energiantuottotapojen erilaisesta jakautumisesta. (Ravier ym. 2006)

TAULUKKO 3. Supramaksimaalisen testin profiili kansainvälisen (Int) ja kansallisen (Nat) tason karatekoilla. MAOD, testin kesto ja suhteellinen intensiteetti (Ravier 2006)

	<i>Int (n = 10)</i>		<i>Nat (n = 8)</i>	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
<i>Maximal accumulated oxygen deficit (ml·kg<sup>-1</sup>)</i>	67.76	8.00	64.50	6.40
<i>Time to exhaustion (s)</i>	133.5	26.0	116.5	24.7
<i>Relative intensity (%VO<sub>2max</sub>) for the supramaximal test</i>	138.3	6.8	133.6	7.9

### 3.1.3 Ikä

Iän vaikutuksista palautumiseen on saatu hyvin erilaisia tutkimustuloksia, riippuen koehenkilön sukupuolesta, fyysisestä aktiivisuudesta, sekä mitattavista suureista. Ikäänymisen on havaittu alentavan fyysistä suorituskkyä ja aerobista kapasiteettia noin 8-10 % vuosikymmenessä (Gore ym. 1999, Stathokostas ym. 2004.) Aerobinen kapasiteetti heikentyy 3-6 % ihmisen kolmannella ja neljännellä vuosikymmenellä ja jopa 20 % seitsemännellä vuosikymmenellä ja siitä eteenpäin (Fleg ym. 2005). Anaerobisen maksimaalisen tehon on havaittu alenevan keskimäärin noin 10 % vuosikymmenessä ja sitä nopeammin mitä iäkkäämmästä henkilöstä on kyse. (Chamari ym. 1995, Ferretti ym. 1994). Kostka ym. (2009) havaitsivat, että anaerobinen teho oli iäkkäimmillä koehenkilöillä jopa 55,5 % alhaisempi kuin 50 vuotta nuoremmilla koehenkilöillä.

Mitattaessa maksimaalisen voimantuottokyvyn palautumista isokineettisen väsytyksen jälkeen, monet tutkimukset ovat osoittaneet, että iäkkäämpien henkilöiden lihakset eivät ole niin alttiita väsymykselle kuin nuorempien (Bilodeau ym. 2001, Hunter ym. 2004, Lanza ym. 2004). On myös havaittu, että inaktiiviset, vastusharjoittelua tekemättömät nuoret miehet tarvitsevat sekä huippuvoimantuottokyvyn että kyvyn tehdä maksimaalinen kokonaistyö palautumiseen pidemmät sarjojen väliset lepotauot kuin ikääntyneet mieshenkilöt (taulukko 4) (Bottaro ym. 2010). Päinvastaisia tuloksia, joissa nuorten koehenkilöiden palautumiskyky on ollut iäkkäämpiin verrattuna parempi, on myös useita (Stackhouse ym. 2001, Allman ym. 2001). Ristiriitaisia tuloksia voidaan selittää

yksittäisten tutkimusten erilaisilla tavoilla aiheuttaa lihasväsymystä, kuten vaihtelut sarjojen ja toistojen määrässä, lihassupistusten nopeudessa ja sarjojen välisten taukojen pituuksissa. Lihasväsymyksen suuruuteen vaikuttavat yksilölliset erot, koska pienetkin eroavaisuudet totutusta lihassupistuksen määrästä (toistot ja sarjat), kohdistamisesta (eri liikkeet ja asennot) ja nopeudessa vaikuttavat lihasväsymystä tehostavasti. Yksi tekijä on myös kunkin yksilöllinen lihaskoostumus, lihassolujakauma tyyppin 1 ja 2 solujen kesken.

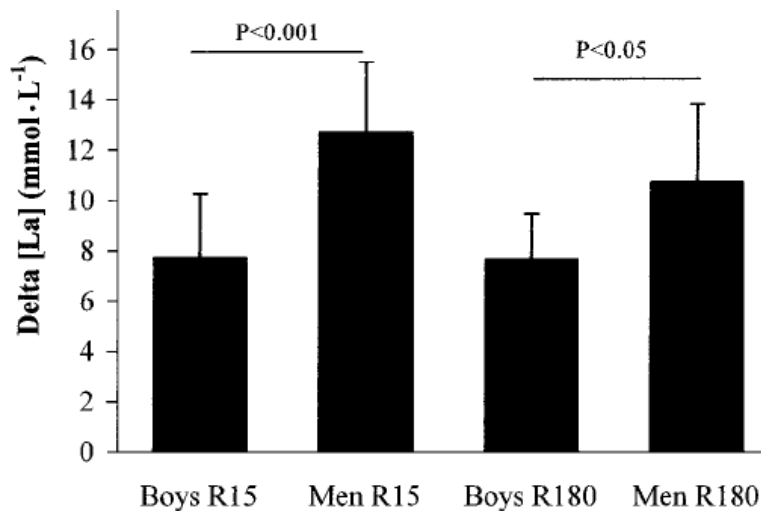
TAULUKKO 4. Voimantuoton (Nm) huippuarvon pieneneminen (%) kolmen polvenojennus-sarjan välillä molemmissa ikäryhmissä (Bottaro 2010)

	Young (n=17)		Old (n=20)	
	60s	120s	60s	120s
1 <sup>st</sup> set vs. 2 <sup>nd</sup> set	12.3%	7.2%	0.1%	0.0%
2 <sup>nd</sup> set vs. 3 <sup>rd</sup> set	13.2%	7.8%	9.7%	4.3%
1 <sup>st</sup> set vs. 3 <sup>rd</sup> set	23.9%	14.5%	10.6%	3.4%

Ikääntymisen aiheuttamat muutokset hermolihasjärjestelmässä voivat olla oleellisena tekijänä vertailtaessa eri ikäisten lihasväsymistä ja siitä palautumista. Hunter ym. (2001) raportoivat, että ikääntyneiden parempi väsytyksen kesto käytettäessä submaksimaalista supistusta, ei johtunut heidän alemmasta absoluuttisesta voimantuotostaan. Useissa muissa tutkimuksissa nuorten lihasväsymyksen on katsottu johtuvan suuremmasta voimankäytöstä aiheutuvasta lihaksen sisäisestä paineesta (Sadamoto ym. 1983), veren virtauksen okklusiosta (Barnes ym. 1980, Hunter ym. 2005), aineenvaihdunta-tuotteiden kasaantumisesta ja ongelmista hapen kuljetuksessa lihaksiin (Hunter, Sanders ym. 2005).

Juoksukykyä on pidetty eräänä osoittimena toimintakyvyn säilyttämisestä ja rasituksesta palautumisesta. Juoksukyvyn säilyminen voidaan osoittaa juoksumattotestillä mittaamalla nopeuden muutosta, askelpituutta, askelrytmiä ja esimerkiksi laktaattia sekä voimantuottoa. Tehtäessä nuorille pojille ja täysikasvuksille miehille lyhytkestoisia juoksupyrähdyksiä lyhyillä palautuksilla, on havaittu että nuoret pojat (ikä  $11,7 \pm 0,5$  v) palautuvat juokсутestistä huomattavasti nopeammin kuin miehet (ikä  $22,1 \pm 2,1$  v). (Ratel ym. 2006). Keskiarvoistetut voiman- ja tehontuotto sekä juoksunopeus alenivat pojilla merkitsevästi vähemmän kuin miehillä. Kymmenen juoksupyrähdyksen välissä

pidettiin 15 sekunnin tai 180 sekunnin mittaisia taukoja, ja molemmilla taukopituuksilla myös laktaattiarvot olivat tilastollisesti merkitsevästi pienempiä pojilla kuin miehillä (kuva 2).



KUVA 2. 10\*10 sekunnin juoksumattotestin jälkeiset laktaattiarvot molemmilla ryhmillä sekä 15 sekunnin että 180 sekunnin palautusten jälkeen (Ratel 2006)

Nuorten poikien parempi juoksuvoimien säilyttäminen lyhyillä palautumisajoilla voi johtua heidän korkeammasta lihasten oksidatiivisesta aktiivisuudesta, joka saattaa nopeuttaa kreatiinfosfaattivarastojen uudelleenmuodostumista taukojen aikana. Myös heidän vähäisempi glykolyttinen energianvaihtonsa vähentää lihasten happamoitumista verrattuna täysi-ikäisiin miehiin. (Ratel ym. 2002, Ratel ym. 2003)

### 3.2 Aktiivinen ja passiivinen palautuminen

Aktiivisella palautumisella tarkoitetaan erilaisia toiminnallisia keinoja rasituksen jälkeisen palautumisen nopeuttamiseksi ja tehostamiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi venyttely, erilaiset kylmät ja kuumat altaat sekä aktiiviset allaskävelyt, jälkilämmittelyt ja mm. sähköstimulaatiot. Passiivinen palautuminen on käytännössä paikallaan olemista joko istualtaan tai maaten. (Dawson ym.2005, Vaile ym. 2008, Cortis ym. 2010)



Aktiivisen palauttelun selkeästi mitattavat hyödyt, kuten suorituskyvyn, sykkeen, hapenottokyvyn, hapenkulutuksen ja hemoglobiinisaturaatioprosentin palautuminen ovat jääneet tutkimuksissa melko heikoiksi (Cortis 2010, Watts ym. 2000, Vaile ym. 2008). Tilastollisia merkitsevyyksiä ei ole juurikaan tavattu. Poikkeuksen tähän tekee veren laktaattipitoisuus, jonka on havaittu laskevan aktiivisen palauttelun avulla huomattavasti nopeammin (Cortis 2010, Watts ym. 2000) ja tästä onkin suorituskyvyltä hyötyä korkeaintensiteetisissä suorituksissa. Psykologiset hyödyt ovat tulleet esille tutkimuksissa, joissa palautumista on arvioitu testattavan omia tuntemuksia kysymällä (RPE) ja joissa on käytetty miellyttävältä tuntuvia palautumiskeinoja, kuten lämmintä vettä tai kevyttä sähköstimulaatiota. (Vaile ym. 2008, Cortis 2010)

### **3.2.1 Vesijumppa, venyttely ja sähköstimulaatio**

Tutkimusprotokollan palautteluosio voi olla jaoteltu esimerkiksi kolmeen osaan: palautus vedessä kevyellä intensiteetillä, sähköstimulaatio selällään maaten, ja passiivinen lepo istuen (Cortis ym. 2010). Yleisimpiä mitattavia fysiologisia muuttujia ovat syke, hapenottokyky, veren laktaattiarvo ja lihasten hemoglobiinisaturaatio (%StO<sub>2</sub>), psykologisia muuttujia lihaskipu ja oma tuntemus palautumisesta, sekä suorituskyvylisiä muuttujia kuten hyppytestit (taulukko 5), polven ojennukset ja käden puristusvoima. Sydäimestä, kaasujenvaihdosta ja lihaksista mitatuilla muuttujilla on tarkoitus osoittaa testihenkilöiden aerobista suorituskykyä, ja veren laktaattipitoisuudella ja hyppytesteillä anaerobista suorituskykyä (Watts ym. 2000, Cortis ym. 2010). Tutkimuksessaan Cortis ym. (2010) eivät havainneet merkitseviä muutoksia palautumisessa, kun toimenpiteinä käytettiin vedessä suoritettavia voimisteluliikkeitä, kävelyä ja kevyttä juoksua, kutakin 60 %:n tehokkuudella maksimisykkeestä. Myöskään venyttely vedessä tai sähköstimulaatio eivät vaikuttaneet merkitsevästi palautumiseen (Cortis ym. 2010).

TAULUKKO 5. Yhden testipäivän aikataulu ja mitatut muuttujat (Cortis 2010)

Time (h:min)	Stages	Data Collection
9:00	morning pre-exercise	La, body mass, questionnaires, warm-up, CMJ, BJ.
9:30	morning submaximal test	VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , HR, RPE, %StO <sub>2</sub> , La
10:00	morning post-exercise	La, body mass, CMJ, BJ
10:30	recovery intervention	
11:00	morning post-recovery intervention	CMJ, BJ
12:00	lunch	
16:00	afternoon pre-exercise	La, body mass, warm-up, CMJ, BJ
16:30	afternoon submaximal test	VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , HR, RPE, %StO <sub>2</sub> , La
17:00	afternoon post-exercise	La, body mass, CMJ, BJ

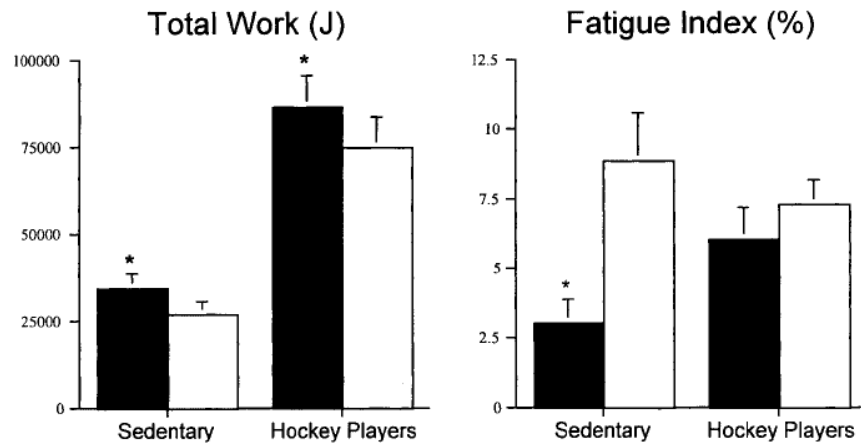
### 3.2.2 Kuuma ja kylmä vesi palautusvaiheessa

Vertailtaessa kuinka kylmä, kuuma tai lämmin vesi vaikuttavat palautumiseen, Vaile ym. (2008) havaitsivat, että sydämen sykkeessä ja RPE-arvossa ei ollut merkitseviä eroavaisuuksia riippumatta palautumismallista. Tutkimus sisälsi neljä viiden päivän jaksoa, jolloin jokaisena päivänä suoritettiin 105 minuuttia kestävä harjoitus, sisältäen 66 pyöräilyosuutusta maksimaalisella teholla. Palautukset toteutettiin niin, että koehenkilö meni 14 minuutin ajaksi kaulaansa myöten joko kuumaan (38 C), kylmään (15 C), tai minuutin välein vaihtuvalämpöiseen veteen tai suoritti passiivisen palautuksen, ollen liikkumatta paikallaan 14 minuutin ajan. Käytettäessä palautumiseen kylmää vettä ja kylmän ja kuuman veden vaihtelua, testijaksojen väliset maksimaalista suorituskykyä mittaavien korkeatehoisten sprintti- ja time trial-pyöräilyosuiden tulokset paranivat loppua kohden, kun taas kuumavesipalautuksella ja passiivisellä palautuksella tulokset huononivat. (Vaile ym. 2008)

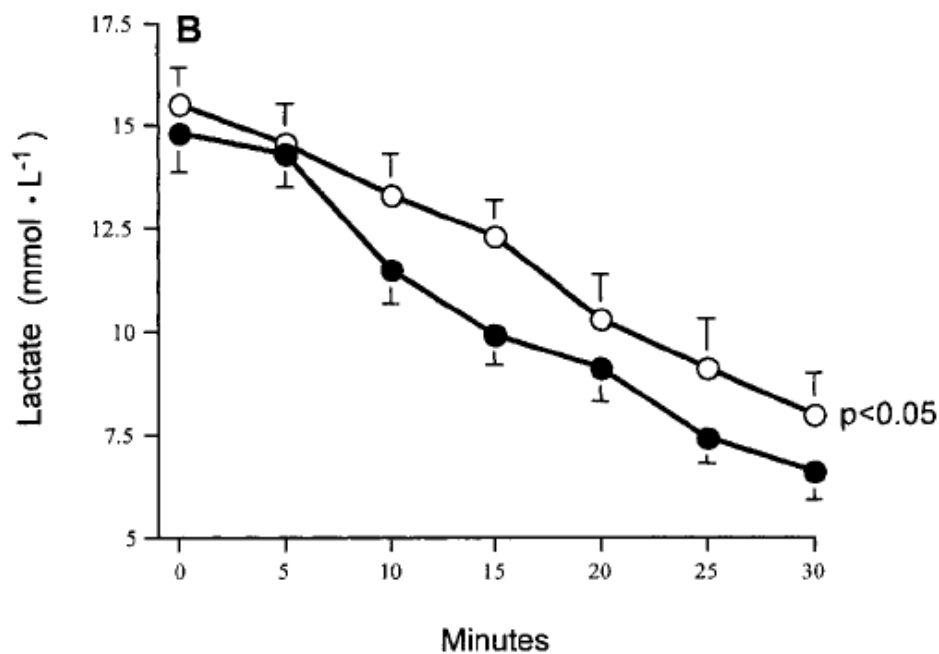
### 3.2.3 Kevyt liikkuminen palautusvaiheessa

Spieler (2004) ym. vertailivat tutkimuksessaan aktiivisen ja passiivisen palautumisen vaikutuksia voimantuottoon (kuva 3), väsymisindeksiin ja veren laktaattiarvoihin. Tutkimusmalli oli toistuva 30 sekunnin Wingaten anaerobinen polkupyöräergometritesti ja

tulokset vahvistivat käsitystä siitä, että laktaattitaso on vahvasti yhteydessä kykyyn tuottaa maksimaalista voimaa. Aktiivisen palautumisen aikaansaama nopeampi laktaatin poistuminen elimistöstä (kuva 4) nopeuttaa myös kykyä tuottaa maksimaalista voimaa.



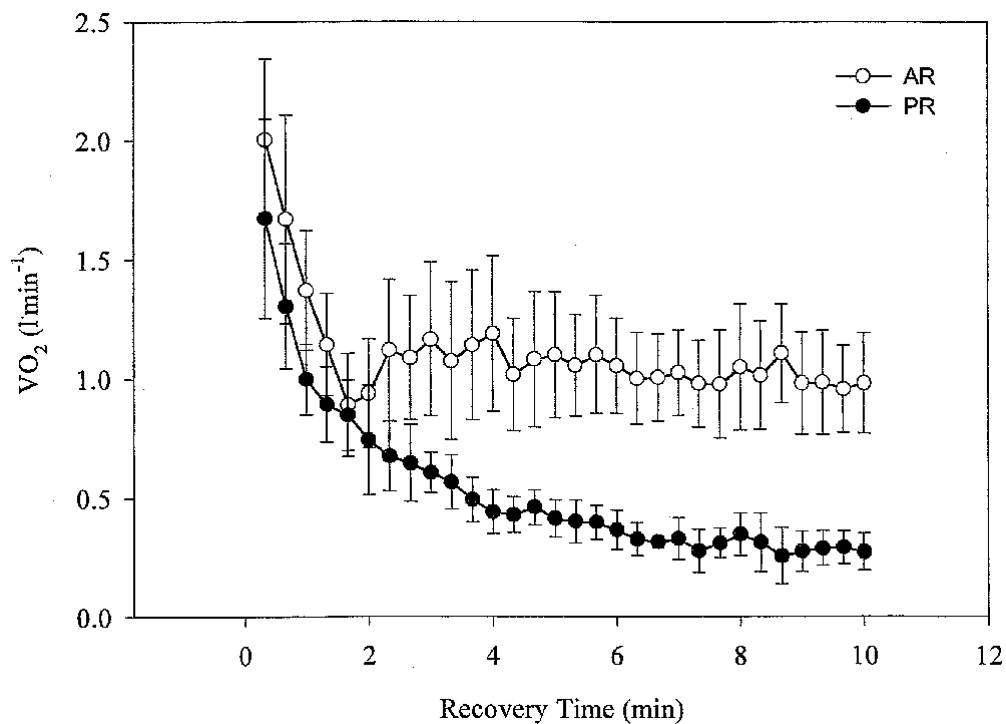
KUVA 3. Kokonaistyö ja väsymisindeksi inaktiivisilla henkilöillä ja jääkiekkoilijoilla 30 sekunnin polkupyöraergometritestillä (Wingate) mitattuna. Musta pylväs = aktiivinen palautus, valkoinen pylväs = passiivinen palautus. \* =  $p < 0.05$  vrt. pass. palautus (Spierer 2004)



KUVA 4. Veren laktaattipitoisuuden muutos testin jälkeen jääkiekkoilijoilla. Musta pallo = aktiivinen palautus, valkoinen pallo = passiivinen palautus (Spierer 2004)

Eräänä tutkimusasetelmana on käytetty käden puristusvoiman, laktaatin ja hapenoton mittaamista kovan vuorikiipeilyä kuvaavan rasituksen aikana ja jälkeen. Tässäkin tutkimuksessa palautukset suoritettiin joko aktiivisina tai passiivisina (Watts ym. 2000).

Koehenkilöistä toinen ryhmä käytti passiivista palautumista ja toinen polki kiipeilyosuituksen jälkeen polkupyöräergometrillä 10 minuutin ajan, 25 Watin teholla. Hapenkulutus ja sydämen syke mitattiin jatkuvasti testin ja palautumisen ajan ja keskiarvoistettiin 20 sekunnin jaksoihin (kuva 5). Verinäytteet laktaattia varten otettiin sormen päästä ennen kiipeilyosuitusta, sekä 1-, 10-, 20- ja 30 minuuttia suorituksen jälkeen. Käden puristusvoima mitattiin dynamometrillä aina verinäytteen oton yhteydessä. (Watts ym. 2000)



KUVA 5. Keskiarvoistettu  $VO_2$  palautumisen aikana. AR = aktiivinen palautus, PR= passiivinen palautus. (Watts 2000)

Merkitseviä muutoksia ei havaittu laktaatin tai käden puristusvoiman suhteen vertailtaessa aktiivisen ja passiivisen palautuksen ryhmiä keskenään, mutta aktiivinen palautus kuitenkin nopeutti laktaattiarvon alenemista (taulukko 6), kuten muissakin laktaatin mittauksen sisältävissä tutkimuksissa (Watts ym. 2000, Cortis ym. 2010, Spierer ym. 2004). Laktaattitasot nousivat merkitsevästi molemmassa ryhmässä kiipeilyosuituksen

jälkeen ja käden puristusvoima korreloi positiivisesti veren laktaatin kanssa. (Watts ym. 2000)

TAULUKKO 6. Käden puristusvoima ja veren laktaatti testin eri vaiheissa (Watts 2000)

Variable	Pre-climb	1 min Post	10 min Post	20 min Post	30 min Post
Active Recovery (n = 8):					
BLA (mmol × l <sup>-1</sup> )	2.5 ± 1.6	5.7 ± 1.7*	3.8 ± 1.7*	2.5 ± 1.6	2.3 ± 1.6
HG (kg)	51.6 ± 7.9	45.1 ± 8.7*	49.4 ± 9.9	50.2 ± 9.0	49.4 ± 0.1
Passive Recovery (n = 7):					
BLA (mmol × l <sup>-1</sup> )	3.5 ± 1.9	6.8 ± 1.9*	5.5 ± 1.7*	4.3 ± 2.1*	3.5 ± 2.1
HG (kg)	51.7 ± 7.5	48.4 ± 8.4	49.3 ± 5.3	49.0 ± 5.8	49.3 ± 5.8

\* Indicates  $p \leq 0.05$  vs Pre-climb.

## 4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Suomalaisten varusmiesten kuntotaso on heikentynyt viimeisen 25 vuoden aikana (Santtila ym. 2006), liittyen samanaikaiseen kehon painon nousuun. Vuonna 1998 Suomen armeijassa otettiin käyttöön uusi peruskoulutuskauden (8 ensimmäistä viikkoa varusmiespalveluksesta) fyysisen kunnon harjoitusohjelma (Training Division, Defence Command 2004). Haastavaksi varusmiesten fyysisen kunnon parantamisen on kuitenkin tehnyt uusien varusmiesten paljonkin toisistaan eroavat fyysiset valmiudet, jolloin harjoituskuorman aiheuttamat harjoitusvasteet ovat jääneet yksilötasolla epäselviksi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia kuntotasoltaan erilaisten varusmiesten palautumista maksimaalisesta aerobisesta kuormituksesta (maksimaalisen hapenoton testi, VO<sub>2</sub>max -testi), sekä kuinka palautuminen on yhteydessä harjoitusvasteeseen (maksimaalisen hapenottokyvyn paranemiseen, sykkeen nopeampaan palautumiseen ja testien ajalliseen keston) ja harjoituskuormaan (TRIMP). Harjoituskuorma määritellään 54 päivän aikana mitatusta sykedatasta eri sykealueilta kultakin varusmieheltä.

## 5 MENETELMÄT

Muuttujia tarkasteltaessa päädyttiin käyttämään pääasiassa viikon kahdeksan tietoja viikon kymmenen sijasta, koska näin saatiin huomattavasti useamman koehenkilön testitulokset vertailuun. Perusteena oli myös viikkoon kahdeksan päättyvä peruskoulutusjakso, joka oli kaikille osallistujille samanlainen. Näin vertailuissa viikkojen yksi ja kahdeksan välillä saatiin testeihin osallistunut koehenkilömäärä 31:een, joka oli riittävä myös jaettaessa osallistujat kolmeen kuntoluokkaryhmään. Vertailuissa, joissa mukaan otettiin kaikki neljä testiä, viikot yksi, viisi, kahdeksan ja kymmenen, koehenkilömäärä jäi esimerkiksi sykearvoja tarkasteltaessa 15:een, joka olisi ollut liian vähän varsinkin kuntoluokkiin jaettuna. Vertailuja, joihin ei ollut tarpeellista jakaa kuntoluokkiin, otettiin mukaan kaikki neljä testiä.

### 5.1 Koehenkilöt

Koehenkilöt olivat 59 vapaaehtoista, fyysiseltä kunnoltaan eritasoista miestä. He olivat juuri varusmiespalveluksensa aloittaneita varusmiehiä, (ikä  $19.6 \pm 0.3$  v, pituus  $178 \pm 7$  cm, paino  $79 \pm 16$  kg). Koehenkilöt valikoituivat 131 vapaaehtoiseksi ilmoittautuneen varusmiehen joukosta. Ilmoittautuneista 47 karsiutui pois sydän- ja hengityselimistön-, luuston tai lihaksistohäiriöiden vuoksi, tai puutteellisesti täytetyn ilmoittautumiskaavakkeen tai puutteellisen motivaation vuoksi. Jäljelle jääneet 84 varusmiestä jaettiin kolmeen ryhmään sen mukaan, kuinka he itse arvioivat fyysistä aktiivisuuttaan ennen varusmiespalveluksensa alkamista. Määrittely tapahtui International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-kysely, Craig ym. 2003). Tämän jälkeen jokaisesta ryhmästä valittiin satunnaisesti 20 henkilöä. Lopuksi näistä 60 varusmiehestä muodostettiin uudestaan kolme ryhmää peruskoulutuskaudella viikolla yksi suoritettuna  $VO_{2max}$ -testin mukaisesti, käyttäen jaotteluperusteena heidän  $VO_{2max}$ -arvoaan (ml/kg/min):  $>45$  ml/kg/min aktiiviryhmä; 40–44.9 ml/kg/min harrasteryhmä ja  $<39.9$  ml/kg/min perusryhmä. Ryhmien kuntotasot sanallisesti määriteltynä ovat: aktiiviryhmä=hyvä, harrasteryhmä=kohtalainen ja perusryhmä=matala. Kaikkien koehenkilöiden kanssa käytiin läpi tutkimuksen eteneminen kokeiden osalta ja kerrottiin heidän oikeudestaan keskeyttää

osallistumisensa tutkimukseen missä vaiheessa tahansa. Myös kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta pyydettiin kaikilta koehenkilöiltä. Tutkimusprotokollan hyväksyivät Suomen Puolustusvoimat ja Jyväskylän yliopiston sekä Kainuun alueen eettiset toimikunnat.

## 5.2 Mittausasetelma

Tutkimuksen kokonaiskesto oli 10 viikkoa eli varusmiesten peruskoulutuskauden lisäksi kaksi viikkoa erikoiskoulutuskautta. Fyysinen kuormitus määräytyi Suomen Puolustusvoimien peruspäiväohjelman mukaisesti taulukossa 7 näkyvän herätys-/ateriointi-/hiljaisuus-rytmin mukaan. Kasarmioloissa päivät alkoivat kello 5.45 ja päättyivät kello 22.00. Ruokailut tapahtuivat armeijan säännöllisten aikataulujen ja normien mukaisesti. Veden nauttimista ei säännöstelty. Peruskoulutuskausi sisälsi fyysisesti kuormittavaa koulutusta, kuten liikunta-, taistel- ja yleistä sotilaskoulutusta, sekä esimerkiksi mars-siharjoituksia. Aktiivisuuden intensiteettitaso oli ensimmäisen viikon ajan matala, mutta sitä nostettiin viikoittain. Koulutuksen alussa fyysistä harjoittelua oli noin kaksi tuntia päivässä ja se lisääntyi viikkojen 4-7 aikana 3-4 tuntiin/vrk. Peruskoulutuskaudella oli myös pidempiä marssiharjoitteita, jotka suoritettiin sotilasvarustuksessa (noin 20 kg) ja olivat kestoltaan 2-8 tunnin mittaisia.

TAULUKKO 7. P106 Peruspäiväohjelman aikataulu aterioineen, jonka ympärille armeijan koulutus rakentui.

5:45	herätys
5:50-6:00	ortostaattinen testi
6:28	aamupala
11:08	lounas
16:40	päivällinen
21:10 - 21:20	vahvuuslaskenta
22:00	hiljaisuus

Tutkimuksessa tutkittiin maksimaalisesta rasituksesta palautumista. Maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotesteissä viikoilla yksi, viisi, kahdeksan ja kymmenen mitattiin syke, hapenottokyky ja hapen ja hiilidioksidin ventilaatioekvivalentit. Valinta-perusteena syke- ja  $VO_{2max}$ -arvojen tarkastelulle ovat aikaisempien tutkimusten tulokset, jotka ovat osoittaneet kyseisten muuttujien olevan luotettavia kuvaamaan fyysistä

kuntoa, kuormittumista ja palautumista. Lisäksi haluttiin tarkastella hapen ja hiilidioksidin ventilaatioekvivalentteja, joiden on havaittu korreloivan mm. liikalihavuuden ja keuhkojen toimintahäiriöiden kanssa (Wesserman ym. 2005), mutta joista kuitenkin on melko vähän tutkimustietoa. Mittaukset ajoittuivat palvelusviikoille 1-10 taulukon kahdeksan mukaisesti. Sykedataa mitattiin jokaisena palveluspäivänä kymmenen viikon ajan.

TAULUKKO 8. Tutkimuksessa tarkasteltavien muuttujien mittausajankohdat 10 viikkoa kestäneen testijakson aikana. Viikot 1-8 ovat peruskoulutuskautta ja viikot 9 ja 10 erikoiskoulutuskautta. VO<sub>2</sub>max tarkoittaa maksimaalista hapenottoa, joka mitattiin viikoilla 1, 5, 8 ja 10. Hiilidioksidin (EqCO<sub>2</sub>) ja hapen (EqO<sub>2</sub>) hengitysekvivalenttien mittausajankohdat olivat myös maksimitestien yhteydessä.

Vko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Syke	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VO <sub>2</sub> max	X				X			X		X
Syke (testit)	X				X			X		X
EqCO <sub>2</sub>	X				X			X		X
EqO <sub>2</sub>	X				X			X		X

### 5.2.1 Sykedatan mittaaminen ja käsittely

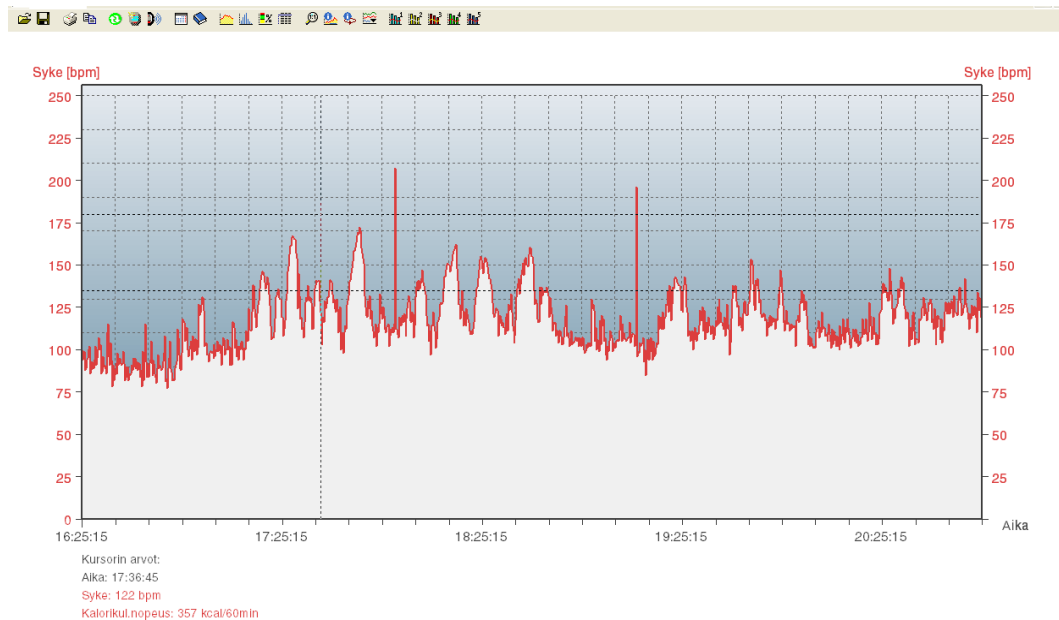
Testattavilta tallennettiin sykedataa sykemittarilla (Polar810i, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) jokaisena palveluspäivänä, yhteensä enimmillään 49 vuorokauden ajalta (10 viikkoa), mutta toisilta lyhyemmältä ajalta, johtuen erilaisista erikoiskoulutusjaksojen ohjelmista ja sijoittumispaikoista.

Kasarmioloissa sykedatan tallennus aloitettiin kello kuusi aamulla ja lopetettiin kello 21. Metsäleireillä sykettä mitattiin jopa vuorokauden ympäri. Sykearvo talletettiin viiden sekunnin välein, 15 tuntia vuorokaudessa, poikkeuksina yön yli kestävät harjoitukset ja ampumaleiritykset, jolloin myös yöt olivat talletuksessa mukana ja syketieto otettiin yhden minuutin välein. Poikkeuspäiviä oli yhteensä seitsemän.

Sykedatan tarkastaminen ja korjaaminen suoritettiin Polar ProTrainer-ohjelmistolla (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Sykedata tallennettiin jokaisen palveluspäivän



jälkeen tietokoneelle ja siirrettiin lopuksi ProTrainer ohjelmaan (kuva 6). Syketietoa tarkasteltiin graafisina käyriä, jolloin virhearvojen havaitseminen suuresta tietomäärästä oli mahdollista. Yksittäisen virhearvon korjaaminen tapahtui manuaalisesti. Jos virhe oli alle 15 min, virheellinen arvo korjattiin vaihtamalla sen arvon tilalle mahdollisimman lähellä oikeaa oleva arvo mukaillen aikaikkunan molemmin puolin olevaa sykettä. Jos korjattavan aika-ikkunan pituus oli yli 15 min kirjattiin tämä puuttuvaksi tiedoksi. Datan korjaamisessa käytettiin apuna jokaisen koehenkilön tarkkaa päiväohjelmaa, jolloin päästiin paremmin käsiksi virheisiin ja voitiin arvioida oikeaa sykearvoa tai –aluetta. Myös henkilökohtaisia maksimisykearvoja käytettiin korjaamisen helpottamiseksi.



Henkilö	Alokas Varusmies	Päiväys	17.2.2006	Syke keskiarvo		Sykerajat 1	135 - 180
Harjoitus	pp203p30	Kellonaika	5:58:15	Syke max			
Urheilulaji	Juoksu	Kesto	17:35:15.0				
Kommentit				Valinta			

KUVA 6. Polar ProTrainer-ohjelman sykekäyriä 4,5 tunnin ajalta

Armeijan tarkasti aikataulutettu päiväohjelma mahdollisti koehenkilöiden fysiologisten muuttujien vertailun ilman että siihen olisivat vaikuttaneet erilaiset ruokailutottumukset, päivärytmi ja elintavat. Nukkumiseen varattu aika oli kasarmilla aina kello 22.00-5.45.

## 5.2.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotestit

Maksimaalisen hapenottokyvyn määrittämiseksi koehenkilöt suorittivat juoksumattotestin uupumukseen asti kolme kertaa peruskoulutuskaudella viikoilla 1, 5 ja 8, sekä kerran erikoiskoulutuskauden aikana viikolla 10. Koehenkilöt suorittivat testit joka kerta samaan aikaan päivästä, kello 8.30 ja 17.00 välisenä aikana.

Testipäivien ohjelma ja ruokailu oli sama jokaisella testikerralla (Taulukko 9). Henkilöt jaettiin kahteen ryhmään, aamu- ja iltapäivän testiryhmiin. Sekä aamu- että iltapäiväryhmässä oli tasaisesti testattavia liikunta-aktiivisuuden mukaan jaetuista aktiivi- harraste- ja perusryhmistä. Tällä minimoitiin vuorokaudenajan vaikutusta testitulokseen. Herätys testipäivinä oli normaalin päiväohjelman mukaisesti kello 5.45.

TAULUKKO 9. Testipäivien vakioitu aikataulu ja vakioidut ateriat, sekä kuljetukset testipaikkakunnalle ja kasarmille

klo	Ryhmä 1	
6:20	aamupala, vakioitu	kaurapuuro, 2 palaa leipää, juusto, leikkele
7:00	kuljetus ryhmä 1 Vuokattiin	
8:00	välipala, testihenkilöt 4-6	mehu, 1 pala leipää+leikkeleet
12:30	kuljetus ryhmä 1 Kajaaniin	
klo	Ryhmä 2	
6:20	aamupala, vakioitu	kaurapuuro, 2 palaa leipää, juusto, leikkele
10:30	lounas (vakioitu) ryhmä 2	kanakeitto, ruokajuoma, leipä, rasva, kiisseli
12:00	kuljetus ryhmä 2 Vuokattiin	
13:00	välipala testihenkilöt 10-12	mehu, 1 pala leipää+leikkeleet
17:30	kuljetus ryhmä 2 Kajaaniin	

Taulukko 10. Testien aikataulu ja ryhmäjaottelu. Antropometriset- ja voimamittaukset, sekä  $VO_{2max}$ -valmistelu edelsivät jokaista  $VO_{2max}$ -testiä

Testihenkilö	Antropometria	Voimatestit	MaxVO2 valmistelu	MaxVO2-testi
Ryhmä 1 (stimulointi; hlöt 2,4,6)				
1	7:30	7:35	8:15	8:30
2	7:35	7:40	8:40	9:10
3	7:40	8:20	9:20	9:50
4	7:45	8:20	10:00	10:30
5	7:50	9:00	10:40	11:10
6	7:55	9:00	11:20	11:50
Ryhmä 2 (stimulointi; hlöt 8,10,12)				
7	12:30	12:35	13:00	13:30
8	12:35	12:40	13:40	14:10
9	12:40	13:20	14:20	14:50
10	12:45	13:20	15:00	15:30
11	12:50	14:00	15:40	16:10
12	12:55	14:00	16:20	16:50

Ennen  $VO_{2max}$ -testiä koehenkilöille tehtiin antropometriset- ja voimatestit, suoritettiin hengityskaasuanalysointin kalibrointi, mittauslaitteiston tarkastaminen sekä alkuvalmistelut (valjaiden, hengityskaasumaskin ja sykemittarin kiinnittäminen). (Taulukko 10). Ennen varsinaisen testin aloittamista koehenkilöt lämmittelivät juoksumatolla (OJK-2) kävellen kolme minuuttia nopeudella 4,6 km/h ja kävelivät tai hölkkäsivät nopeudella 6,3 km/h juoksumaton ollessa 1<sup>o</sup>:n kulmassa. Tämän jälkeen kuormituksen intensiteettiä lisättiin kolmen minuutin välein 6 ml/kg/min juoksun teoreettisena hapenkulutuksena. Tämä saavutettiin lisäämällä juoksumaton nopeutta alkuperäisestä 4.6:sta km/h keskimäärin 1.2 km/h (vaihteluväli 0.6-1.4 km/h) ja nostamalla juoksumaton kaltevuuskulmaa alkutilanteen 1 asteesta keskimäärin 0.5 astetta (vaihteluväli 0.0-0.1 astetta) kolmen minuutin välein (American College of Sports Medicine 2001). Testiä jatkettiin uupumukseen asti.

Syketiedon lisäksi mitattiin keuhkotuuletus- ja kaasujenvaihto hengityskaasuanalysointorilla (Jaeger Oxygen Pro, VIASYS Healthcare GmbH, Hoechberg, Saksa) hengityshengitykseltä. Tuloksista laskettiin keskiarvot yhden minuutin jaksoissa tilastollisia analyysyjä varten. Tarkasteltavia muuttujia olivat hapenkulutus ( $VO_2$ ) ja hapen ja hiili-dioksidin ventilaatioekvivalentit ( $EqCO_2$  ja  $EqO_2$ ).

### 5.2.3 Palautumisen arviointi

VO<sub>2</sub>max-testistä palautumista seurattiin 4 minuuttia testin päättymisestä kuudelta palautumispisteeltä, joihin laskettiin viiden sekunnin välein päivittyneen mittaustiedon keskiarvo 15 sekunnin ajalta, eli kolmesta mittauskohdasta. Ensimmäinen palautumispiste (max1) sijoittui juoksumaton pysähtymiseen koehenkilön uupuessa. Toinen palautumispiste (pal0) sisälsi kolmen ensimmäisen mittaustiedon keskiarvon palautumisen ajalta, heti max1-arvon jälkeen. Kolmas palautumispiste, pal1, sijoittui tasan minuutin päähän max0:sta eli fyysisen suorittamisen loppumisesta. Neljäs palautumispiste, pal2, sisälsi mittaustiedot kahden minuutin palautumisen kohdalta. Viides palautumispiste, pal3, sijoittui kolmen minuutin kohtaan palautumisen alkamisesta ja kuudes palautumispiste, pal4, neljän minuutin päähän palautumisen alkamisesta. Palautumisen aikana koehenkilö seiso i paikallaan ensimmäisen minuutin, jonka jälkeen alkoi aktiivinen palautuminen juoksumatolla, nopeudella 4,6 km/h juoksumaton ollessa 1°:n kulmassa. Palautumispisteiltä mitatuista muuttujista laskettiin ko. arvojen muutokset viikoittain ja palautumispisteittäin sekä laskettiin sykekeskiarvot.

Palautumisessa seurattavia muuttujia olivat hapen (EqO<sub>2</sub>) ja hiilidioksidin (EqCO<sub>2</sub>) ventilatorinen ekvivalentti. Kyseiset muuttujat kuvaavat ventilaation suhdetta metaboliiseen kaasujenvaihtoon ja ne voidaan myös kuvata seuraavasti: EqO<sub>2</sub>=VE/O<sub>2</sub> ja EqCO<sub>2</sub>=VE/CO<sub>2</sub>. Normaalioloissa ja terveellä henkilöllä, silloin kun hiilidioksidin osapaine veressä (PACO<sub>2</sub>) ja kaasujen vaihdon tehokkuus, eli hukatun määrän ja kokonaismäärän suhde (VD/VT =dead volume/tidal volume) ovat normaaleja, EqO<sub>2</sub>-arvo pysyttelee välillä 25-35. Arvo on sitä pienempi mitä tehokkaammin elimistö hyödyntää happea suhteessa kokonaismäärään. Hapen ventilaatioekvivalentti lähtee normaalikuntoisilla rasituksessa laskemaan, saavuttaen alimman tasonsa, noin 28 ja alle, anaerobisella kynnyksellä. Tämän jälkeen arvo nousee välille 40-60. Muun muassa sepelvaltimotaudin ja liikalihavuuden ei ole havaittu vaikuttavan arvoihin, mutta eräät sydän- ja verisuonitaudit, kuten esimerkiksi krooninen sydänsairaus, keuhkovaskuliitti, sarkoidoosi ja keuhkohtaumatauti nostavat EqO<sub>2</sub>-arvoja sekä rasituksessa että levossa. (Wasserman ym. 2005)

EqCO<sub>2</sub>-arvo kertoo minuuttiventilaation ja hiilidioksidin tuoton suhteen, eli hiilidioksidin hengitysekvivalentin. Kuten hapen ventilaatioekvivalenttiinkin, vaikuttaa myös EqCO<sub>2</sub>-arvoihin hiilidioksidin osapaine veressä (PACO<sub>2</sub>) ja kaasujen vaihdon tehokkuus, (VD/VT). Jos nämä arvot ovat normaaleja, siis VD/TD alle 33% ja PACO<sub>2</sub> 35-45 mmHg, on hiilidioksidin ventilaatioekvivalentti terveellä ihmisellä levossa välillä 30-40. Yksilöllisiä eroja voi olla. Rasituksessa, esimerkiksi polkupyöraergometri- tai juoksumattotestissä, normaalissa tapauksessa EqCO<sub>2</sub>-arvo laskee, ollen alimmillaan ventilaation kompensatiopisteessä (VCP), yleensä alle 32:ssa (Wasserman ym. 2005). Liikalihavuuden ja sepelvaltimotaudin ei ole havaittu vaikuttavan arvoihin, mutta monet sydän- ja verisuonitaudit, sellaiset jotka aiheuttavat hengitystehokkuuden heikkenemisen (VD/VT yli 33%), nostavat EqCO<sub>2</sub>-arvoja sekä rasituksessa että levossa. Lisäksi jos tauteja on useampia kuin yksi, tai jos PACO<sub>2</sub>-arvo on matala, EqCO<sub>2</sub>-arvot nousevat. (Wasserman ym. 2005)

#### 5.2.4 Harjoituskuorma (TRIMP)

Harjoituskuorman määrittämiseen on yleisesti käytetty Banisterin (1991) luomaa TRIMP -kaavaa, joka sykemittauksiin ja rasituksen kestoon perustuen on muodossa  $TRIMP = A * B * C$ , jossa A on rasituksen kesto (min), B on  $((HR_T - HR_B) / (HR_{max} - HR_B))$  ja C on  $0,63 * e^{1,92B}$ . Pitkäkestoisissa sykemittauksissa usein ilmenevien häiriöiden vuoksi TRIMP:ä laskettaessa datasta suodatetaan pois liikaa puutteita sisältävät jaksot. Padilla ym. (2000) jättivät tutkimuksestaan pois ne syketiedostot, jotka sisälsivät yli viisi prosenttia normaalin fysiologisen sykealueen ulkopuolelle jäävää syketietoa. Lisäksi tutkimukseen hyväksytyistä syketiedostoista suodatettiin vielä epämääräinen osa pois automaattisella atk-sovelluksen korjaustyökalulla.

Tässä tutkimuksessa harjoituskuorma (TRIMP) määriteltiin varusmiespalveluksen aikana päivittäin mitatun sykedatan perusteella. TRIMPI:ä laskettaessa ja tarvittavia suodatustoimenpiteitä arvioitaessa, huomioitiin ensisijaisesti aineiston luotettavuuden tärkeys, mutta toisaalta laajan aineiston mahdollisimman tehokas hyödyntäminen. Haasteena oli saada analysoitavaksi TRIMP mahdollisimman monelta koehenkilöltä, kuitenkin niin että käytettävä aineisto olisi häiriöistä puhdasta ja näin ollen luotettavaa. TRIMPI:ä laskettaessa huomioitiin jokaiselta tutkittavalta ainoastaan sellaisten palve-

luspäivien datat, jolloin vähintään 70% (10 h 30 min) päiväkohtaisesta 15 tunnin syke-datasta oli saatavissa. Peruskoulutuskauden aikana neljänä palveluspäivänä (päivät 11, 16, 27 ja 37) päivän pituus oli alkavasta viikonloppuvapaasta johtuen lyhyempi, joten niiden osalta päiväkohtaista syke-dataa vaadittiin jokaiselta tutkittavalta vähintään 4 tuntia 12 min. Edellä mainittujen hyväksymiskriteerien lisäksi kokonaisenergiankulutuksen laskentaan sisällytettiin ainoastaan sellaiset tutkittavat, joilla oli vaaditunlaista dataa yli 20 palvelupäivän ajalta, sekä jätettiin päivät 9, 10, 25, 28-33, 40 ja 42 pois tarkastelusta sillä perusteella, että näinä päivinä yli 40 %:lla koehenkilöistä ei ollut syke-dataa ollenkaan. Vaihtoehtona oli myös mm. käyttää kriteerinä vaatimusta yli 25 datapäivästä peruskoulutuskauden aikana, jolloin havaittiin henkilömäärän ja myös TRIMP-summan ja keskiarvon olevan hyvin samanlaiset kuin valituilla kriteereillä. Luotettavamaksi katsottiin kuitenkin valintatapa, jossa huomiotta jätettiin kokonaan ne päivät jolloin syke-dataa ei oltu saatu yli 40 %:lta koehenkilöistä.

Analysointivaiheessa tarkasteltavina olivat peruskoulutuskauden kuntomuutoksen ( $VO_2\max$ ), kuntoluokan ja palautumissykkeiden korreloiminen TRIMP-arvon kanssa. Koehenkilöt jaettiin myös TRIMP-arvon mukaan kolmeen luokkaan ja tutkittiin syke- ja hapenottokyvyn muutosten yhteyttä TRIMP-arvoon eri luokissa peruskoulutuskaudella. Kolmeen luokkaan tuli kuhunkin 13 koehenkilöä. TRIMP1-luokkaan (alin tertiili) kuuluivat ne jotka kuormittuivat vähiten ja joiden päiväkohtainen TRIMP-keskiarvo oli pienempi kuin 236, TRIMP2-luokkaan (keskitaso) ne, joilla keskiarvo oli välillä 236,1-298 ja TRIMP3-luokkaan (ylin tertiili) eniten kuormittuneet koehenkilöt, ne joiden TRIMP-keskiarvo oli yli 298.

### 5.3 Tilastolliset analyysit

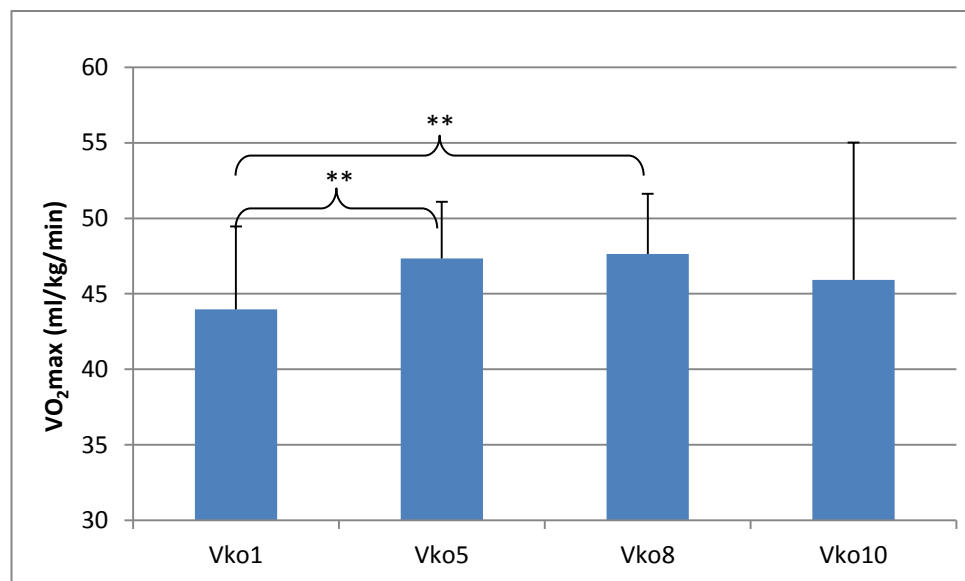
Tilastolliseen tarkasteluun käytettiin PAWS Statistics 18.0.0. – ohjelmaa (SPSS Inc., Chigago, IL). Tuloksista laskettiin muuttujien keskiarvot ja -hajonnat ( $KA\pm SD$ ). Harjoittelun (testiviikot 1, 5, 8 ja 10), ryhmän (aktiivi, harraste, perus) ja palautumisajan (max1, pal0, pal1, pal2, pal3 ja pal4) vaikutusta mitattaviin muuttujiin tarkasteltiin General Linear Model (GLM) monisuuntaisella vertailuanalyysillä. TRIMP-luokkien ja syke- ja hapenottokyvyn muutosten yhteyttä tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (One-way). Muuttujien ja aerobisen kuntotason ( $VO_2\max$ ) välisiä yhteyksiä tarkas-

teltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Merkitsevyysrajoina pidettiin  $p < 0.05^*$ ,  $p < 0.01^{**}$  ja  $p < 0.001^{***}$ .

## 6 TULOKSET

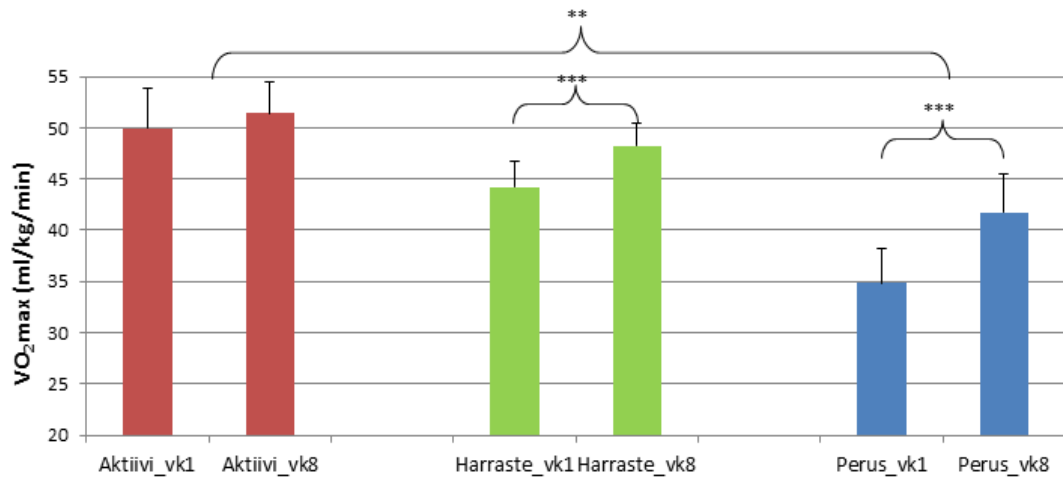
### 6.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Kaikkien neljän (viikot 1, 5, 8 ja 10) testikerran  $VO_2\text{max}$ -tulokset (ml/kg/min) saatiin 17 koehenkilöltä. Harjoittelulla sinänsä oli merkittävä päävaikutus maksimaaliseen hapenottoon ( $p < 0.05$ ).  $VO_2\text{max}$  oli viikoilla 5 ja 8 parempi kuin viikolla 1 ( $p < 0.01$ ), (Kuva 7).



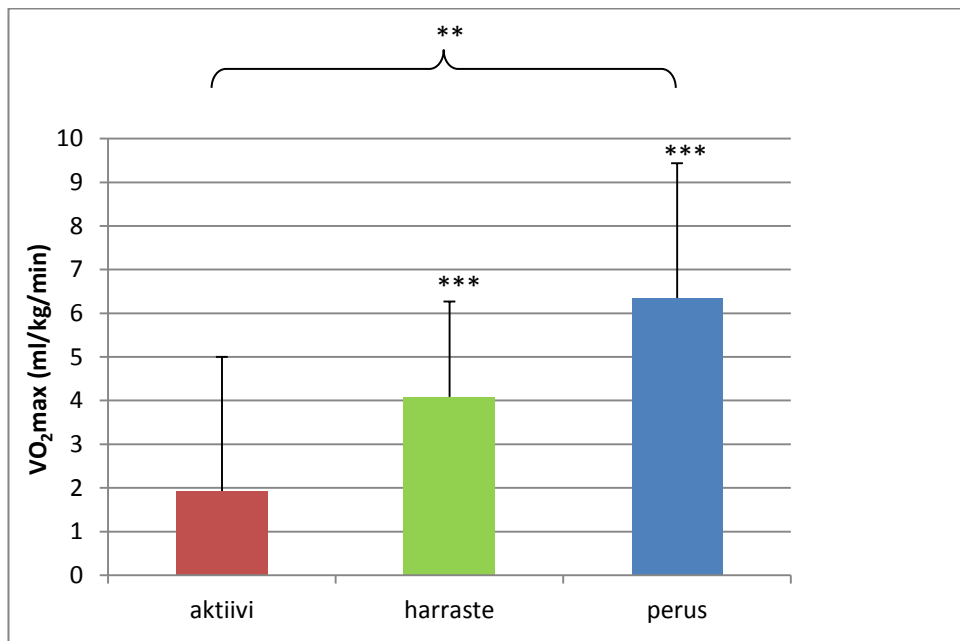
KUVA 7. Keskiarvot ( $\pm$  SD)  $VO_2\text{max}$ :n muutos viikoilla 1-10. Erot verrattuna lähtötasoon (vko1)  $**p < 0.01$ . Harjoittelulla oli tilastollisesti merkitsevä päävaikutus  $VO_2\text{max}$ -arvoihin ( $p < 0.05$ ).  $N=17$ .

Harraste- ja perusryhmällä  $VO_2\text{max}$ - parani erittäin merkitsevästi ( $p < 0.001$ ). Kuntoluokkia vertailtaessa perusryhmän  $VO_2\text{max}$ -arvon paraneminen oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin aktiiviryhmällä (kuva 8).



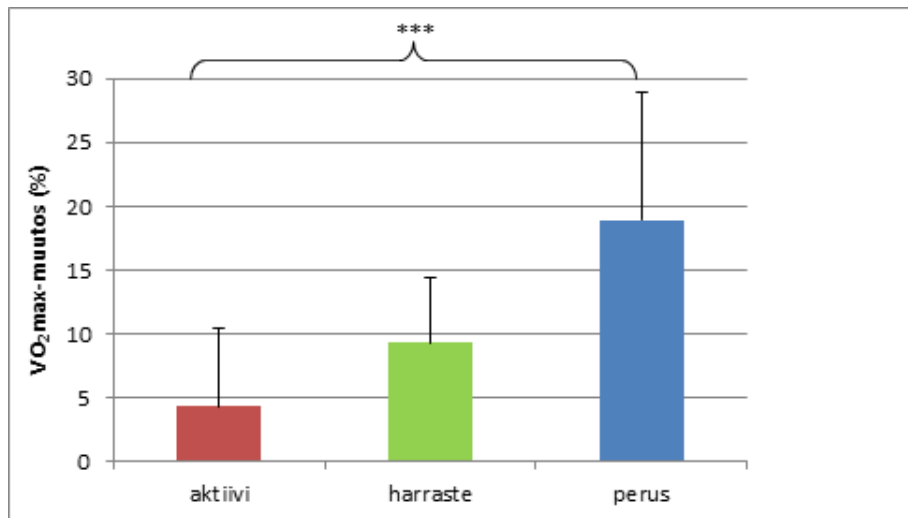
KUVA 8. VO<sub>2</sub>max:n ( $\pm$  SD) muutos kuntoluokittain peruskoulutuskaudella (viikko 1 vrt. viikko 8). Harjoittelulla oli tilastollisesti merkitsevä päävaikutus VO<sub>2</sub>max-arvoihin ( $p < 0.01$ ). Harraste- ja perusryhmällä VO<sub>2</sub>max- parani ( $***p < 0.001$ ). Perusryhmällä VO<sub>2</sub>max parani merkitsevästi enemmän kuin aktiiviryhmällä ( $**p < 0.01$ ). N=39 (aktiivi N=14, harraste N=13, perus N=12).

Harraste- ja perusryhmällä sekä absoluuttinen että suhteellinen VO<sub>2</sub>max parani erittäin merkitsevästi (kuvat 9 ja 10), ( $p < 0.001$ ). Perusryhmän VO<sub>2</sub>max kehittyi enemmän sekä absoluuttisesti ( $p < 0.01$ ) että suhteellisesti ( $p < 0.001$ ) kuin aktiiviryhmällä viikosta yksi viikkoon 8 (kuvat 9 ja 10.) päävaikutukset olivat erittäin merkitseviä ( $p < 0.001$ ).



KUVA 9. Absoluuttisen VO<sub>2</sub>max:n muutos eri kuntoluokissa peruskoulutuskaudella (viikko 1 vrt. viikko 8). Ero ryhmän sisällä  $***p < 0.001$ . Ero aktiivi- ja perusryhmän välillä  $**p < 0.01$ . N=39 (aktiivi N=14, harraste N=13, perus N=12).

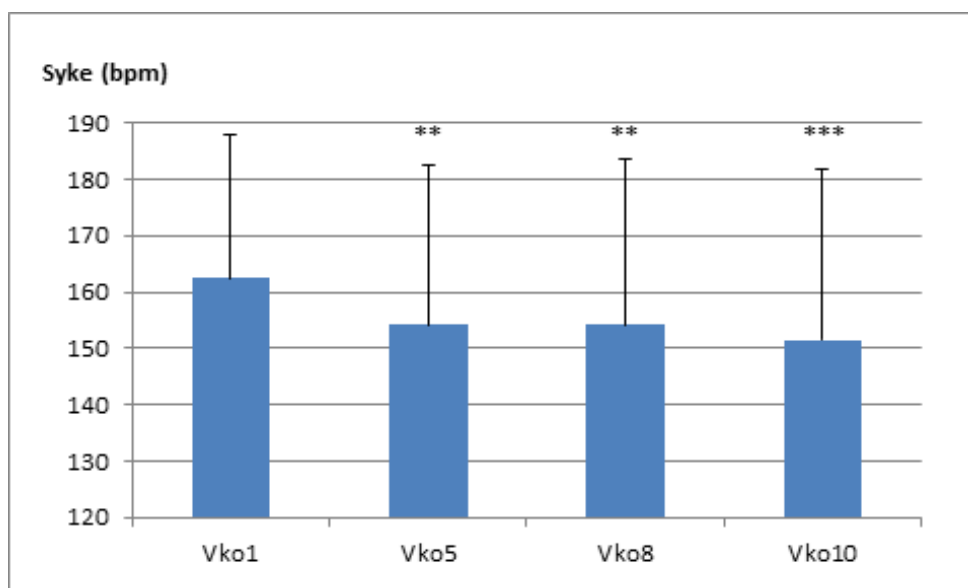




KUVA 10. Suhteellisen VO<sub>2</sub>max:n muutos eri kuntoluokissa peruskoulutuskaudella (viikko 1 vrt. viikko 8). Ero aktiivi- ja perusryhmän välillä \*\*\* $p < 0.001$ . N=39 (aktiivi N=14, harraste N=13, perus N=12).

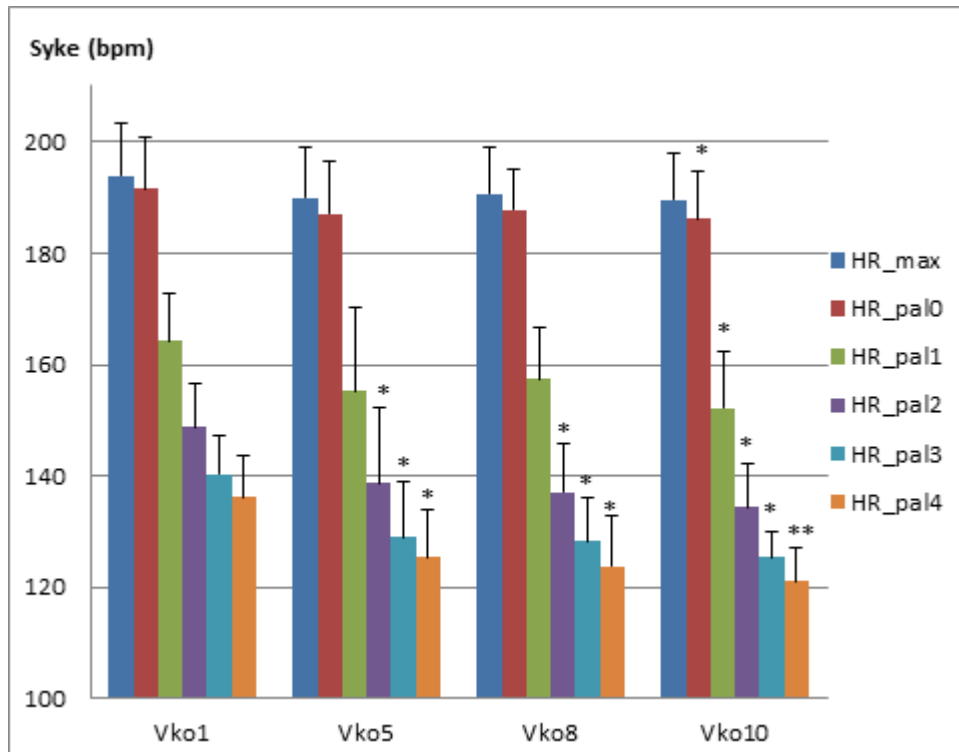
## 6.2 Sykkeen palautuminen

Harjoittelulla oli merkitsevä päävaikutus sykekeskiarvoon ( $p < 0.001$ ). Sykekeskiarvo aleni viikosta 1 viikkoon 5, 8 ( $p < 0.01$ ) ja 10 ( $p < 0.001$ ) (Kuva 11). Viikkojen 5, 8 ja 10 välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.



KUVA 11. Sykekeskiarvot eri testikerroilla. Erot verrattuna lähtötasoon (vko1) \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ . Harjoittelulla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus sykekeskiarvoihin ( $p < 0.01$ ). N=15.

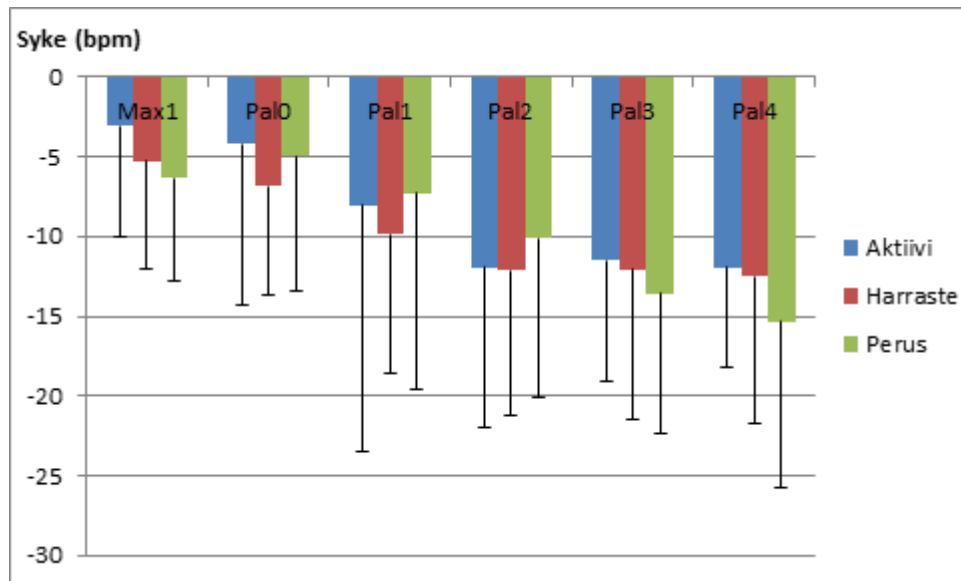
Suurin muutos sykkeiden alenemisessa tapahtui viikosta 1 viikkoon 5. (kuva 12). Viikosta 5 viikkoihin 8 ja 10 muutokset jäivät pieniksi. Pal0-syke ( $p < 0.05$ ) ja Pal1-syke ( $p < 0.01$ ) aleni viikosta 1 viikkoon 10. Verrattaessa viikkoa yksi muihin testiviikkoihin, sykkeet alenivat palautumispisteissä pal2, pal3 ( $p < 0.05$ ) ja pal4 ( $p < 0.01$  viikolla 10). Verrattaessa testiviikkoa viisi viikkoihin kahdeksan ja 10, erot eivät kasvaneet merkittäviksi.



KUVA 12. Maksimaalisen hapenottokytestin maksimisyke (HR\_max) ja palautumissykkeet viikoilla 1, 5, 8 ja 10. Merkitsevä muutos verrattuna viikkoon 1 \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ . N=15. HRpal0 on syke heti testin päättymisen jälkeen, HRpal1-HRpal4 ovat sykkeet 1-4 minuutin kuluttua testin päättymisestä.

Sykkeiden palautuminen nopeutui kaikilla kuntoluokilla ja kaikissa palautumispisteissä, vaikkakin tilastollisesti erot kuntoluokkien välillä eivät olleet merkittäviä. Kuntoluokista perustason koehenkilöillä maksimisykearvon aleneminen oli suurin ( $-6.3 \pm 6.5$  beats per minute, lyöntiä minuutissa, bpm) ja aktiivitason koehenkilöillä pienin verrattaessa viikkoa 1 viikkoon 8 ( $-3.1 \pm 7.0$  bpm) (kuva 13). Viikolla 8 pal0-syke heti testin päättymisen jälkeen sekä pal1-syke (minuutti testin loppumisesta) pysyivät kaikissa kuntoluokissa lähes samana. Tämän jälkeen aktiivi- ja harrasteryhmien arvot

pysyivät samalla tasolla kahdesta neljään minuuttiin (pal2, pal3 ja pal4) verrattaessa viikkoon 1. Sen sijaan perusryhmällä pal3- ja pal4-syke aleni edelleen (kuva 14).

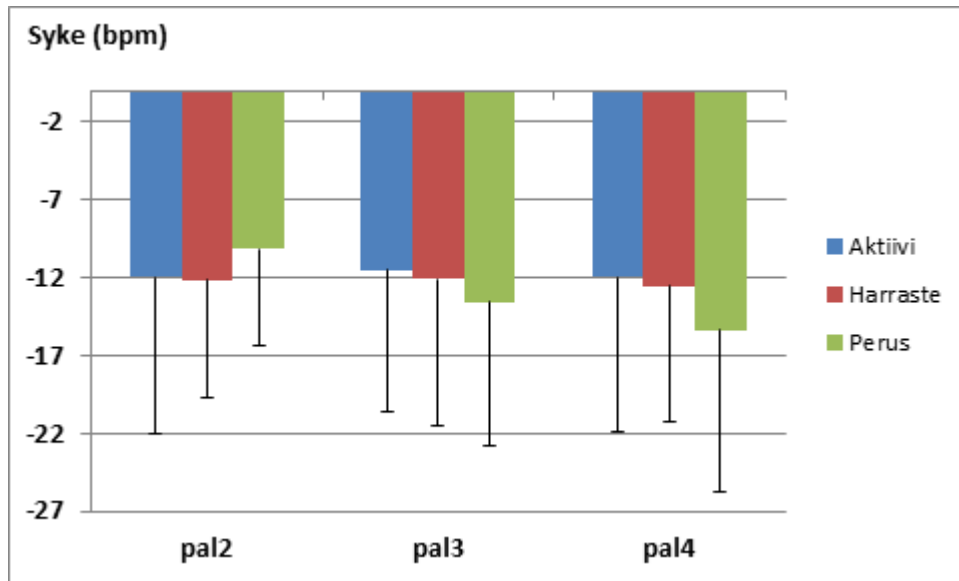


KUVA 13. Keskiarvot ( $\pm$  SD) sykkeiden alenemisesta viikkojen 1 ja 8 välillä kuntoluokittain jaoteltuna. Palautumispisteet maksimi ja neljän minuutin palautumisen ajalta. N=31 (Aktiivi N=10, harraste N= 11, perus N=10).

Muutosprosentit sykkeen palautumisessa yhden minuutin palautumisen jälkeen olivat perusryhmällä 4 %, harrasteryhmällä 6 % ja aktiiviryhmällä 4 % verrattaessa viikkoa 8 viikkoon 1. (taulukko 11).

Taulukko 11. Sykekeskiarvot yhden minuutin palautumisen kohdalla sekä muutosprosentit verrattuna viikkoa 8 viikkoon 1. Jaottelu kuntoluokittain. N=31, (aktiivi N=10, harraste N=11, perus N=10).

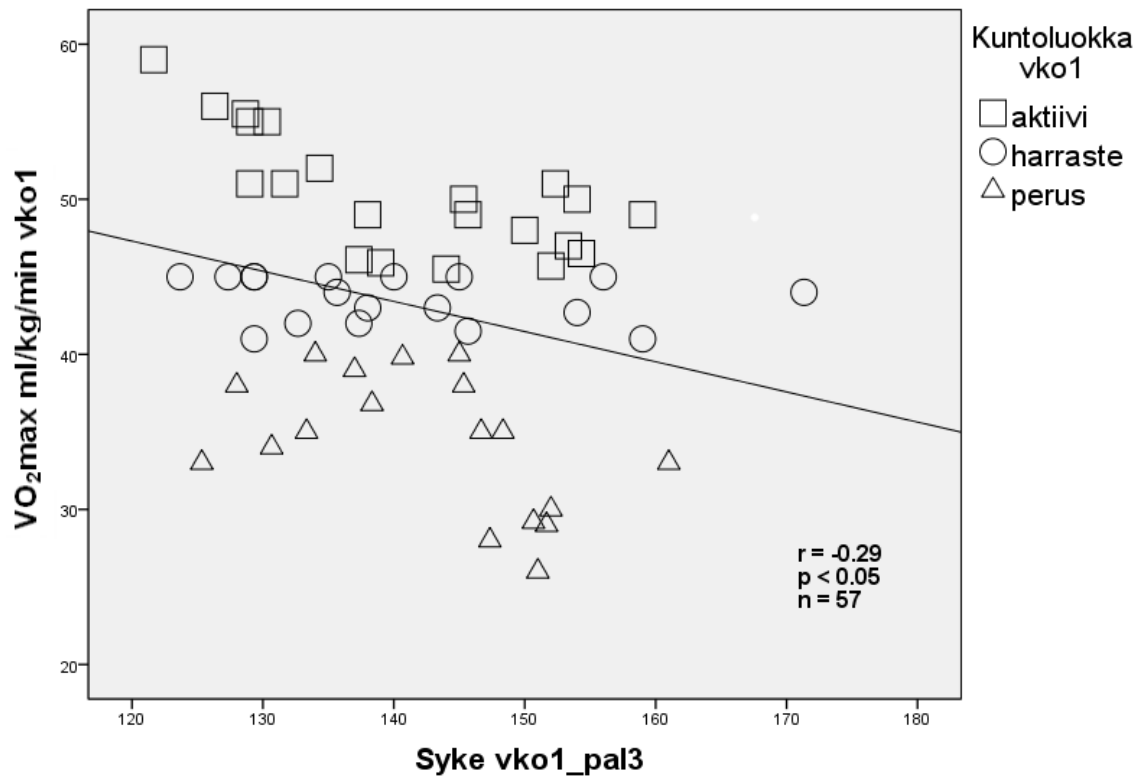
	PAL1		PAL1		
	Vk 1_SYKE		Vk 8_SYKE		
	Ka	SD	Ka	SD	muutos_%
Aktiivi	171,6	12,8	163,5	13,6	-5
Harraste	166,1	8,4	156,2	6,8	-6
Perus	162,8	16,3	155,6	9,4	-4



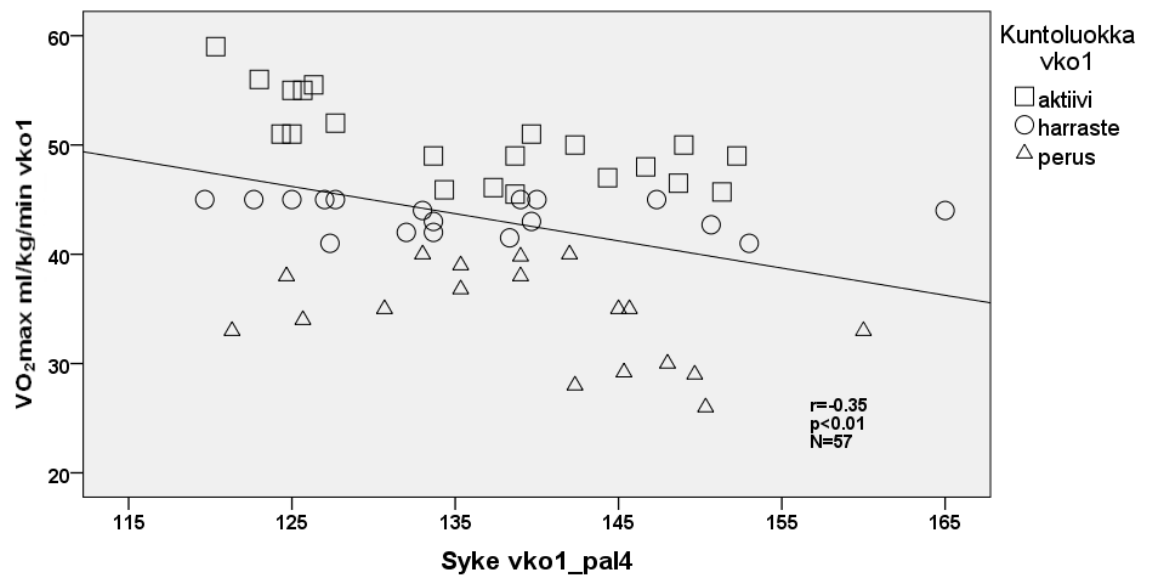
KUVA 14. Sykkeen pieneneminen palautuspisteillä kahden, kolmen ja neljän minuutin kohdalla viikkojen 1 ja 8 välillä kuntoluokittain. Miinusarvo osoittaa viikolla 8 palautumissykkeiden olleen pienemmät verrattuna viikkoon yksi. N=31 (aktiivi N=10, harraste N=11, perus N=10).

### 6.2.1 VO<sub>2</sub>max:n yhteys sykkeen palautumiseen

Maksimaalisen hapenottokyvyn vaikutusta sykkeeseen ja näiden välistä korrelaatiota tarkasteltiin käyttämällä kuntotason määrittelyyn kullakin testiviikolla suoritetun juoksumattotestin VO<sub>2</sub>max-arvoa (ml/kg/min). Merkitsevä negatiivinen yhteys havaittiin ensimmäisen testiviikon palautumisarvoista pal3 ( $r=-0.29$   $p<0.05$ ) (kuva 15) ja pal4 ( $r=-0.35$ ,  $p<0.01$ ) (kuva 16), joiden mukaan kolmen ja neljän minuutin kohdalla mitattu syke aleni VO<sub>2</sub>max:n kasvaessa. Viikon kymmenen testeissä korkealla VO<sub>2</sub>max:lla oli positiivinen yhteys maksimisykkeen ( $r=0.40$   $p<0.05$ ) sekä ensimmäisen palautumisen aikaisen (pal0) sykkeen ( $r=0.36$   $p<0.05$ ) välillä. Muilla viikoilla ei havaittu tilastollisia merkitsevyyksiä.



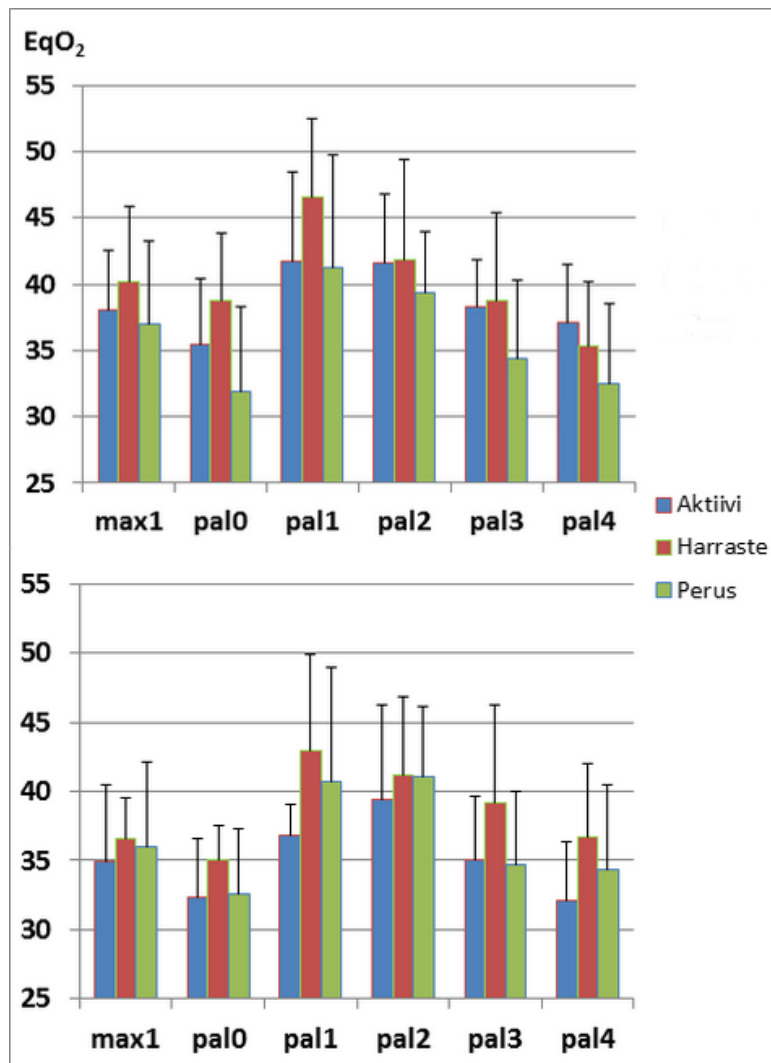
KUVA 15. Viikon yksi VO<sub>2</sub>max:n ja juoksumattotestin kolmen minuutin palautumisen (pal3) jälkeen mitatun sykkeen korrelaatio ( $r = -0.29$   $p < 0.05$ ). N=57.



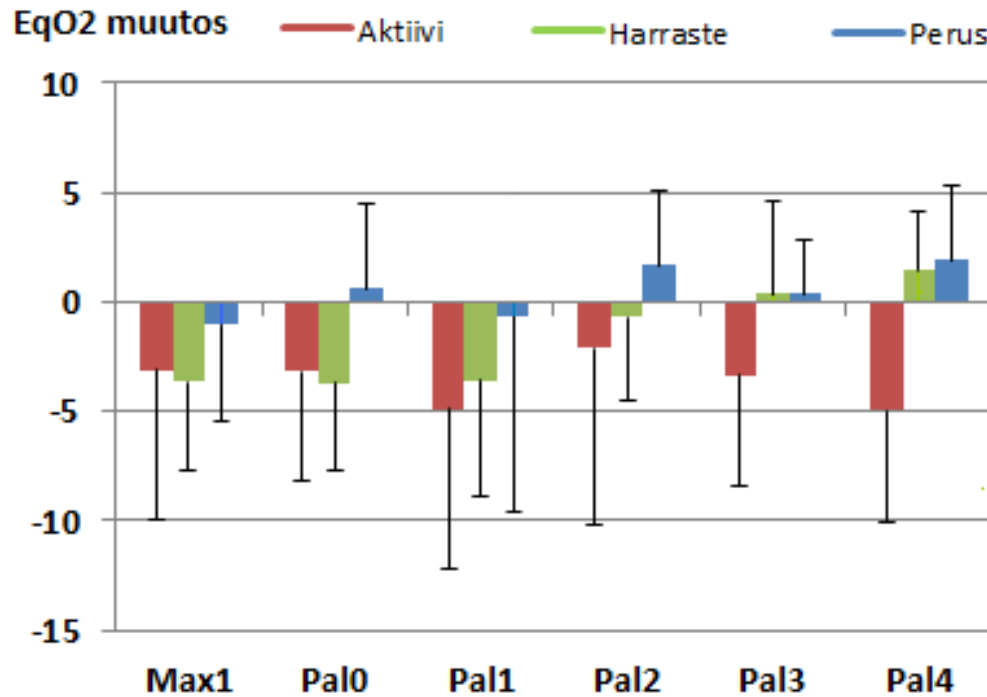
KUVA 16. Viikon yksi VO<sub>2</sub>max:n ja juoksumattotestin neljän minuutin palautumisen (pal4) jälkeen mitatun sykkeen negatiivinen korrelaatio ( $r = -0.35$   $p < 0.01$ ). N=57.

### 6.3 Hapen ja hiilidioksidin ventilaatioekvivalentti

Koko koehenkilöryhmää tarkasteltaessa harjoittelu pienensi  $EqO_2$ :a mentäessä viikosta yksi viikkoon kahdeksan ( $p < 0.05$ ).  $EqCO_2$ :een ei kahdeksan viikon harjoittelujaksolla ollut vaikutusta. Kuntoluokkien väliset erot ja  $EqO_2$ :n muutokset viikkojen yksi ja kahdeksan välillä jäivät pieniksi eikä tilastollisia merkitsevyyksiä ollut havaittavissa (kuva 17).

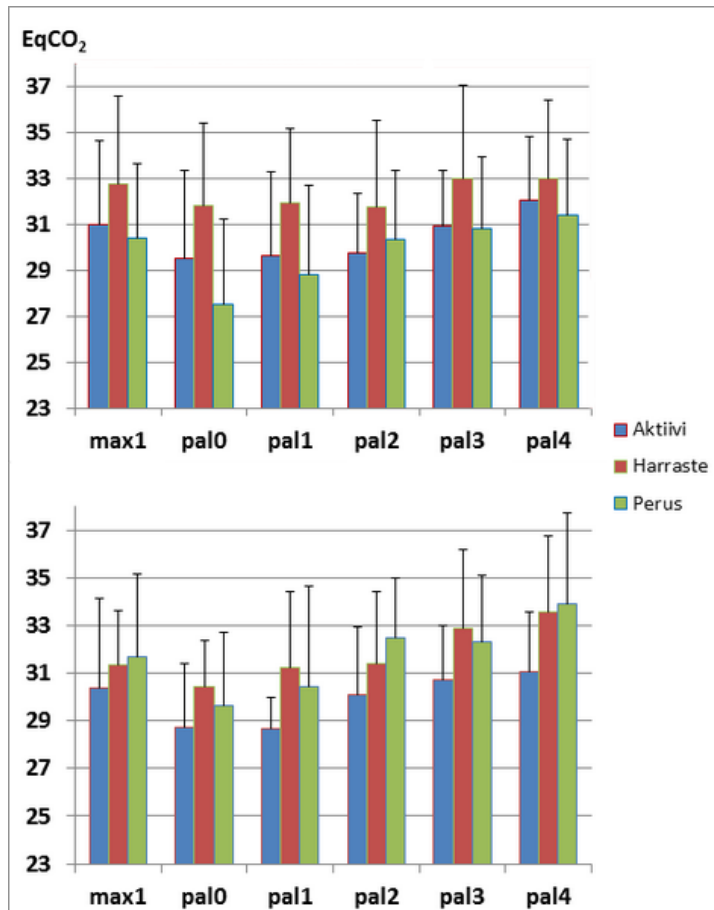


KUVA 17.  $EqO_2$  kaikilta palautuspisteiltä. Viikko 1 ylhäällä, viikko 8 alhaalla. Kuntoluokalla ei havaittu olevan merkitsevää vaikutusta.  $N=27$ . (aktiivi  $N=8$ , harraste  $N=11$ , perus  $N=8$ ).

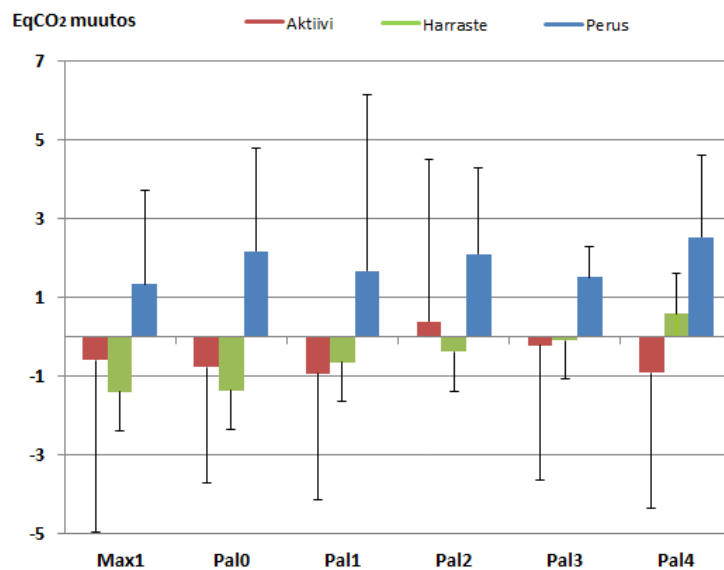


KUVA 18. EqO<sub>2</sub> muutokset eri kuntoluokissa vertailtaessa viikkoa 1 viikkoon 8. Merkitsevyyksiä kuntoluokkien välillä ei löytynyt. (aktiivi N=8, harraste N=11, perus N=8).

Harjoittelulla ja kuntoluokalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta EqCO<sub>2</sub>:iin (kuva 19). Myöskään vertailtaessa viikkojen välisiä muutoksia EqCO<sub>2</sub>-arvoissa mittauspisteittäin maksimin ja palautumisen ajalta, ei havaittu merkitseviä eroja eri viikkojen tai aktiivi- harraste- ja perusryhmäläisten välillä (kuva 20). Lisäksi VO<sub>2</sub>max ja EqCO<sub>2</sub> ei korreloinut keskenään yhdelläkään testikerralla (vk1, vk5, vk8, vk10).



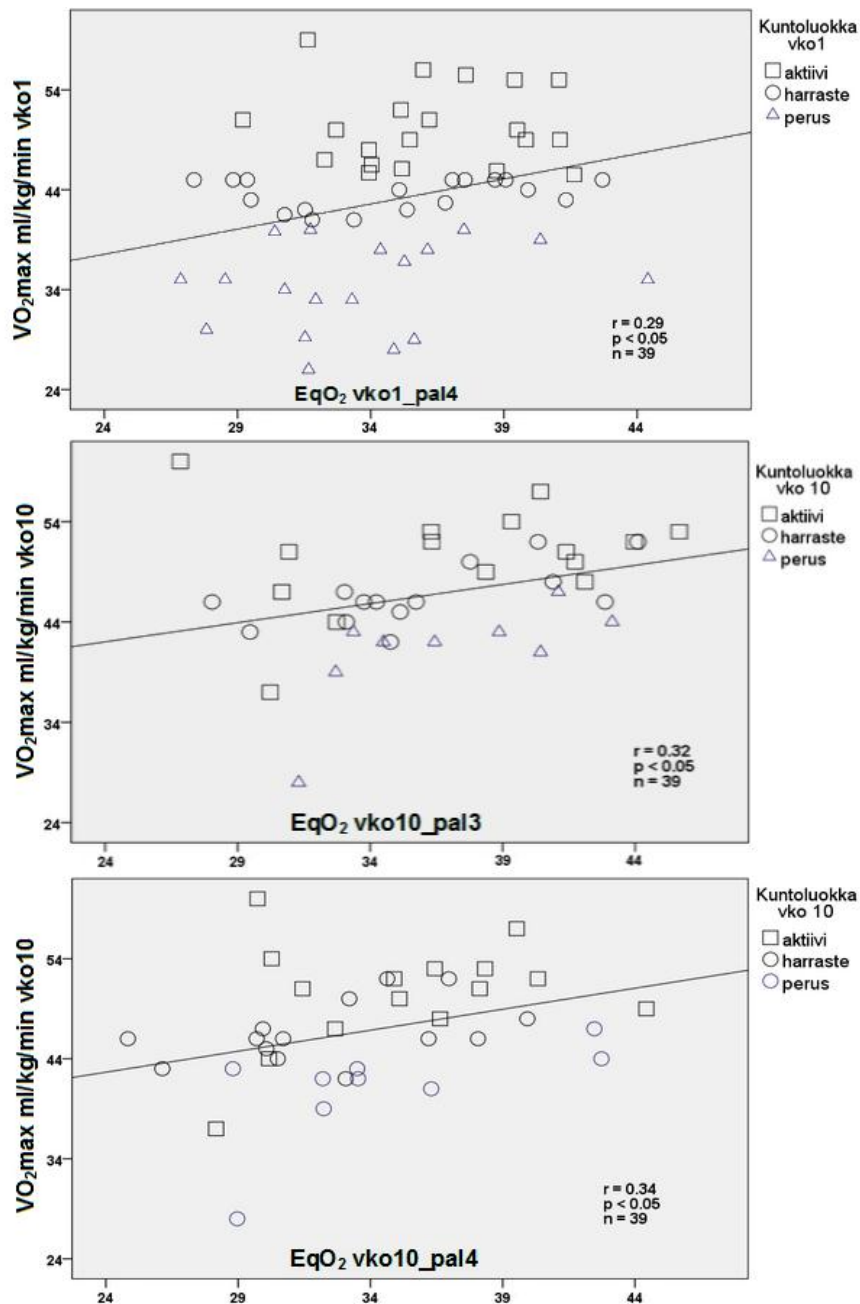
Kuva 19. EqCO<sub>2</sub> kuntoluokittain. Viikolla 1 (yläkuva) ja viikolla 8 (alakuva). Tulokset kaikilta mittauspisteiltä: max1, pal0, pal1, pal2, pal3 ja pal4. Harjoittelulla eikä kuntoluokalla ei havaittu olevan merkitsevää vaikutusta EqCO<sub>2</sub>:iin. (N=27. (aktiivi N=8, harraste N=11, perus N=8).



Kuva 20. EqCO<sub>2</sub> -muutokset eri kuntoluokissa viikosta 1 viikkoon 8. Kuntoluokkien välillä ei havaittu merkitsevyyksiä. Harjoittelulla ei havaittu olevan merkitsevyyttä. (N=27. (aktiivi N=8, harraste N=11, perus N=8).



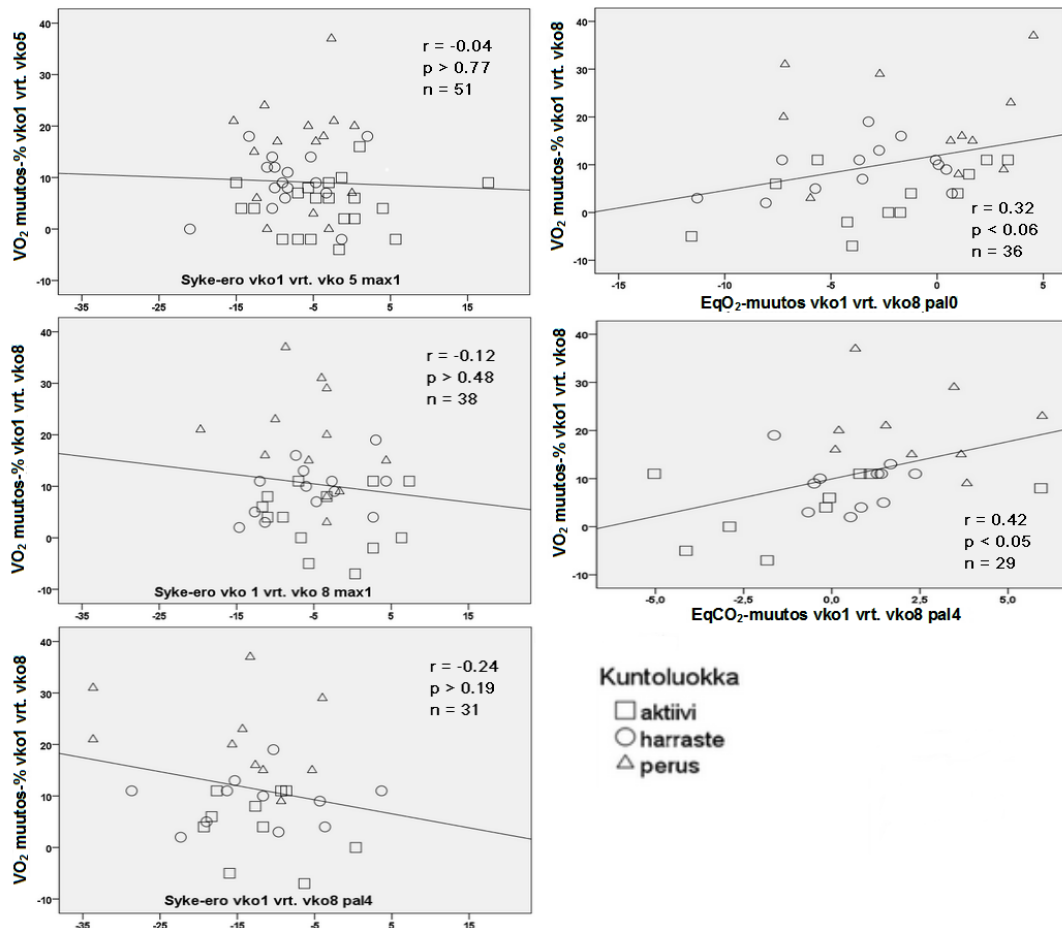
VO<sub>2</sub>max korreloi positiivisesti EqO<sub>2</sub>:n kanssa ainoastaan viikon yksi pal4-mittauspisteellä ( $r=0.29$ ,  $p<0.05$ ), sekä viikon 10 pal3 ( $r=0.32$ ,  $p<0.05$ ) ja pal4 ( $r=0.34$ ,  $p<0.05$ ) mittauspisteiltä. Näissä kaikissa kolmessa tapauksessa suurempi maksimaalinen hapenotto kyky korreloi suuremman hapen ventilaatioekvivalentin kanssa kolmen ja neljän minuutin palautumisen jälkeen (kuva 21).



KUVA 21. EqO<sub>2</sub>:n ja maksimaalisen hapenottoyvyn välinen positiivinen korrelaatio. Viikon yksi pal4-mittauspiste ylhäällä, ( $r=0.29$ ,  $p<0.05$ ), viikon 10 pal3 keskellä ( $r=0.32$ ,  $p<0.05$ ) ja viikon 10 pal4 alhaalla ( $r=0.34$ ,  $p<0.05$ ). Kaikissa kolmessa tapauksessa maksimaalisen hapenottoyvyn kasvaessa hapen ventilaatioekvivalentti kasvoi.  $N=39$ .

## 6.4. Harjoitusvasteen yhteys palautumiseen

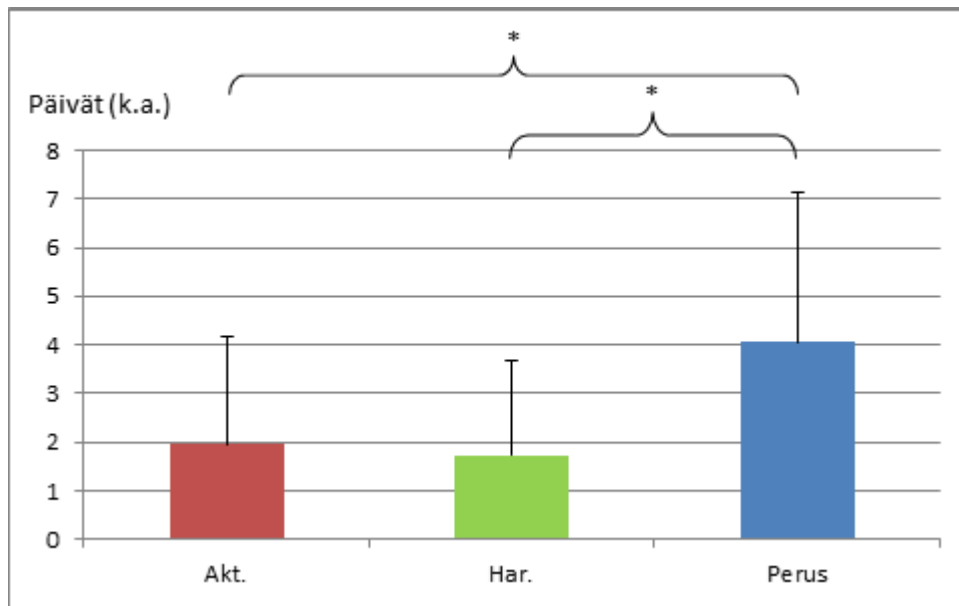
Prosentuaalista  $VO_2\max$ :n muutosta käytettiin kuvaamaan harjoituksesta saatua hyötyä eli harjoitusvastetta. Viikkoa yksi verrattiin viikkoihin viisi ja kahdeksan. Palautumisen muutosta eri viikkojen välillä kuvattiin syke- ja hengitysekvivalenttien erotuksella. Palautumismuuttujat tarkastettiin jokaiselta kuudelta palautumispisteeltä, max1, pal0, pal1, pal2, pal3, ja pal4. Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita ei havaittu maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksen ja sykearvojen muutosten välillä (Kuva 22). Korrelaatioita ei havaittu myöskään  $VO_2\max$ :n muutoksen ja  $EqO_2$  välillä (Kuva 22). Sensijaan  $EqCO_2$ :n muutos viikkojen 1 ja 8 välillä korreloi harjoitusvasteen ( $VO_2\max$  muutos-%) ainoastaan palautumispisteellä pal4 ( $r=0.42$ ,  $p>0.05$ ) niin, että  $EqCO_2$  nousi  $VO_2\max$  muutos-% noustessa (kuva 22).



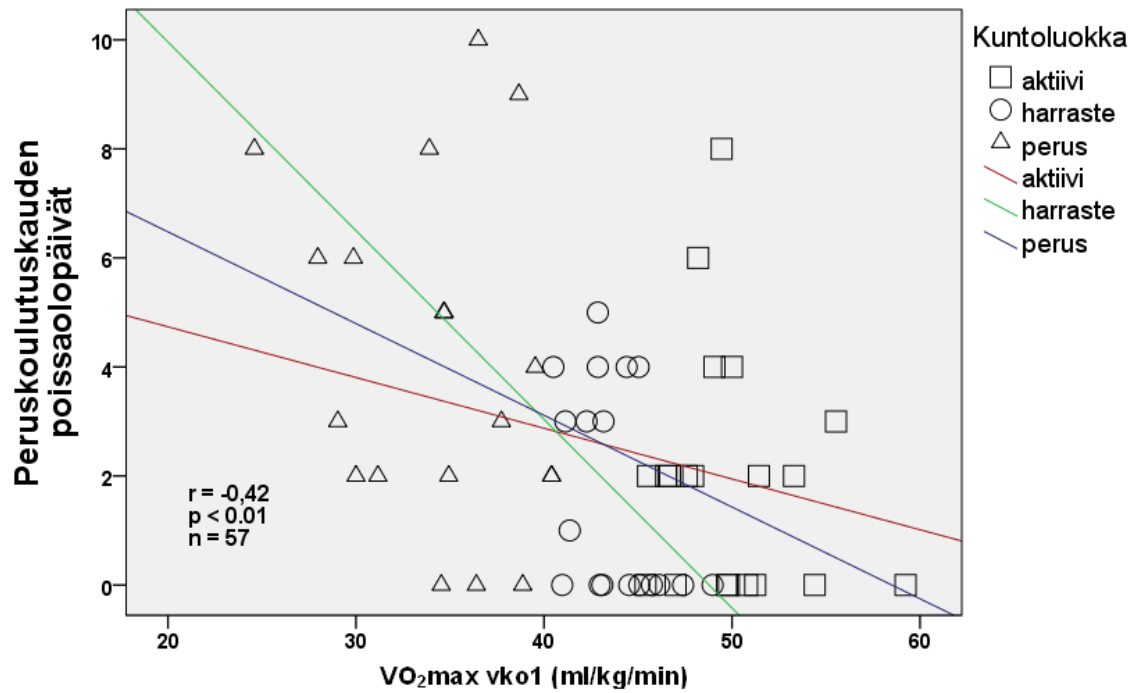
Kuva 22. Maksimaalisen hapenottokyvyn prosentuaalinen muutos ( $VO_2\max$ -%) kuntoluokittain ja sen korrelaatio syke-eroon viikkojen yksi (vko1) ja viisi (vko5) (yläkuva vasemmalla) ja viikkojen yksi ja kahdeksan (vko8) (keskimmäinen ja alin kuva vasemmalla) välillä sekä  $EqO_2$  ja  $EqCO_2$  -muutokseen (oikealla) viikkojen yksi ja kahdeksan välillä.

## 6.5 Poissaolopäivät peruskoulutuskaudella

Peruskoulutuskauden 8 viikon aikana poissaolopäiviä palveluksesta oli 147. Varusmiestä kohden poissaolopäiviä tuli keskimäärin  $2,8 \pm 2,6$ . Kuntotaso vaikutti tilastollisesti merkitsevästi poissaoloihin siten, että perusryhmällä oli poissaoloja enemmän kuin aktiivi- ja harrasteryhmällä ( $p < 0,05$ ) (kuva 23). Lisäksi poissaolopäivien ja viikon yksi  $VO_2\text{max}$ :n välillä oli negatiivinen korrelaatio ( $r = -0,42$ ,  $p < 0,01$ ) (Kuva 24).



KUVA 23. Poissaolopäivät peruskoulutuskauden aikana kuntoluokittain. Ero perusryhmään  $*p < 0,05$ .  $N = 57$ , (aktiivi  $N = 20$ , harraste  $N = 18$ , perus  $N = 19$ ).

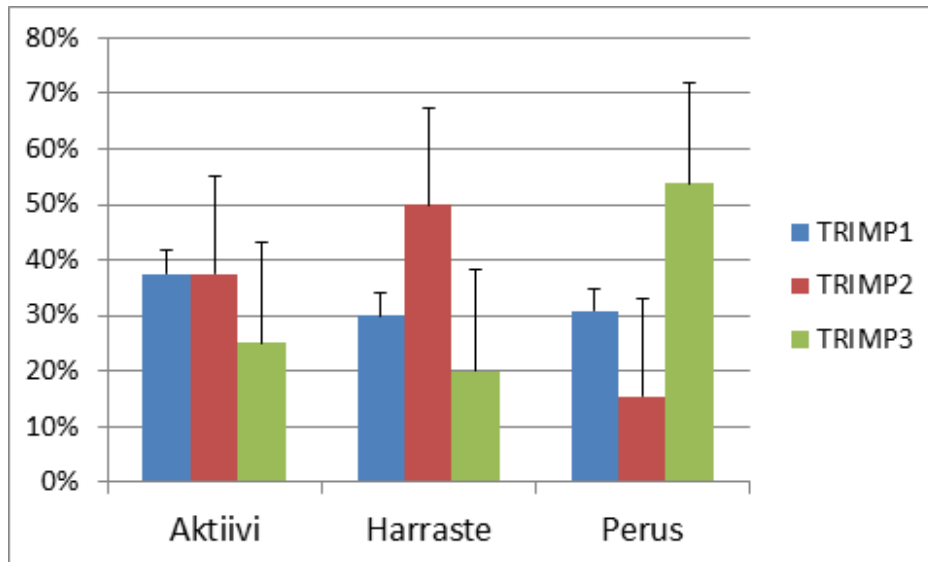


KUVA 24. Peruskoulutuskauden poissaolopäivien ja ensimmäisen testiviikon maksimaalisen hapenottokyvyn välinen korrelaatio (Akt. 20, Har. 18, perus 19).  $r=-0,42$ ,  $p<0.01$ .  $N=57$

## 6.6 Harjoituskuorma TRIMP

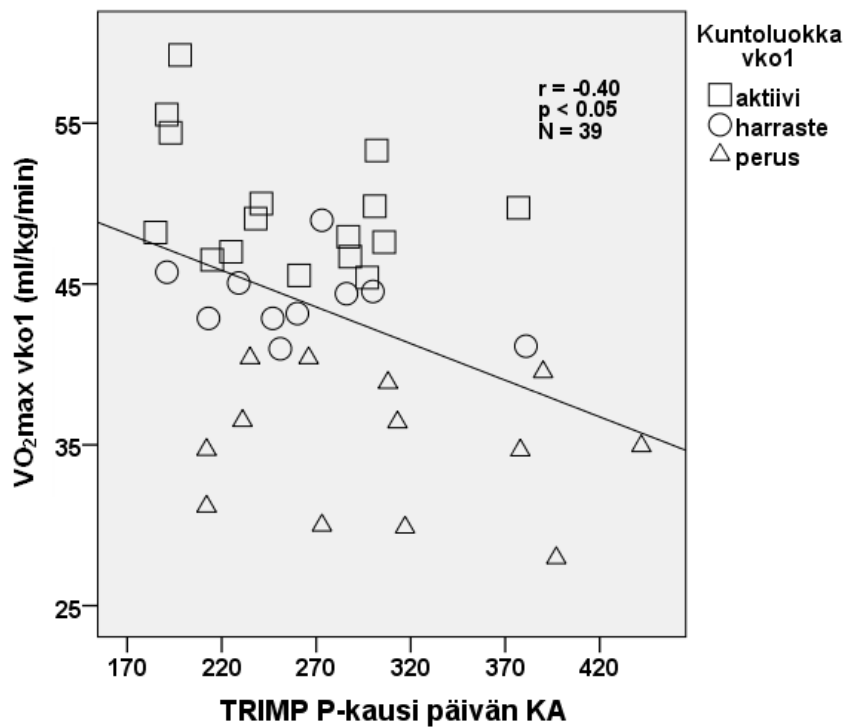
Menetelmissä mainittujen kriteereiden mukaisesti luotettava harjoituskuorma saatiin 39 varusmieheltä. Kaikkien yhteenlaskettu TRIMP-keskiarvo oli  $10706 \pm 2252$ , jolloin päiväkohtaiseksi TRIMP-keskiarvoksi tuli  $275 \pm 65$ .

Aktiiviryhmällä TRIMP-keskiarvo päivää kohden peruskoulutuskauden aikana oli  $256 \pm 55$ , harrasteryhmällä  $263 \pm 53$  ja perusryhmällä  $306 \pm 76$ . Eri kuntoluokkien jakautuminen TRIMP-luokkiin (TRIMP1, TRIMP2 ja TRIMP3 luokat, kuvattu menetelmissä) näkyy kuvasta 25. TRIMP-luokissa oli jokaisessa 13 varusmiestä. Aktiiviryhmän henkilöt jakautuivat eri TRIMP-luokkiin tasaisesti, harrasteryhmän henkilöt sijoittuivat selvästi eniten (50 %) TRIMP2-luokkaan ja perusryhmän henkilöt sijoittuivat selkeästi eniten (54 %) TRIMP3-luokkaan.



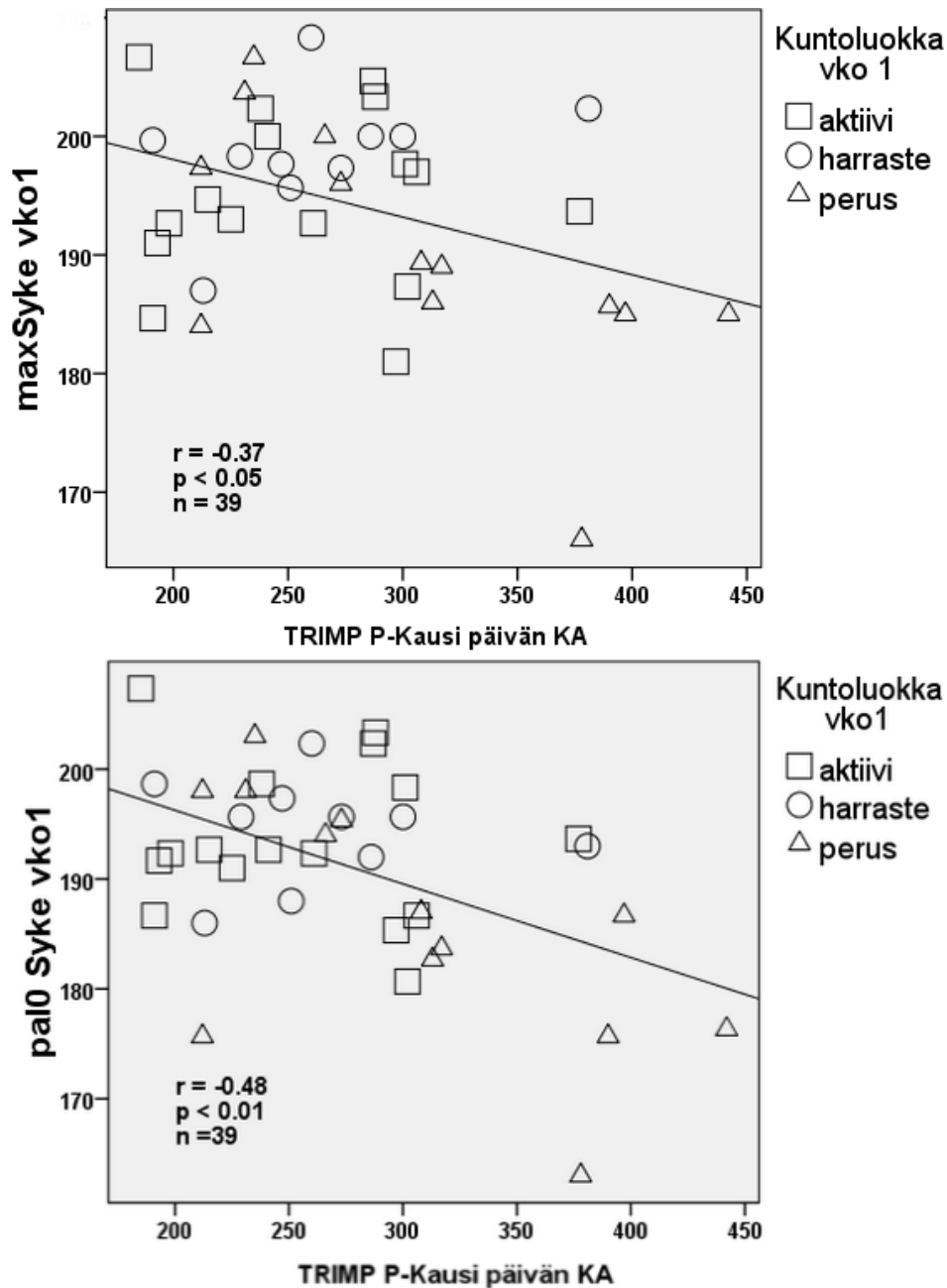
KUVA 25. Kuntoluokkien jakaantuminen TRIMP-luokkiin, N=39. Aktiivi N=16, harraste N=10, perus N=13.

Harjoituskuorman ja kuntotason välinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0.05$ ,  $r = -0.40$ ,  $n = 39$ , aktiivi  $n = 16$ , harraste  $n = 10$ , perus  $n = 13$ ). Korkea  $VO_2\max$  varusmiespalveluksen alussa korreloi negatiivisesti peruskoulutuskauden TRIMP-keskiarvon kanssa (kuva 26).



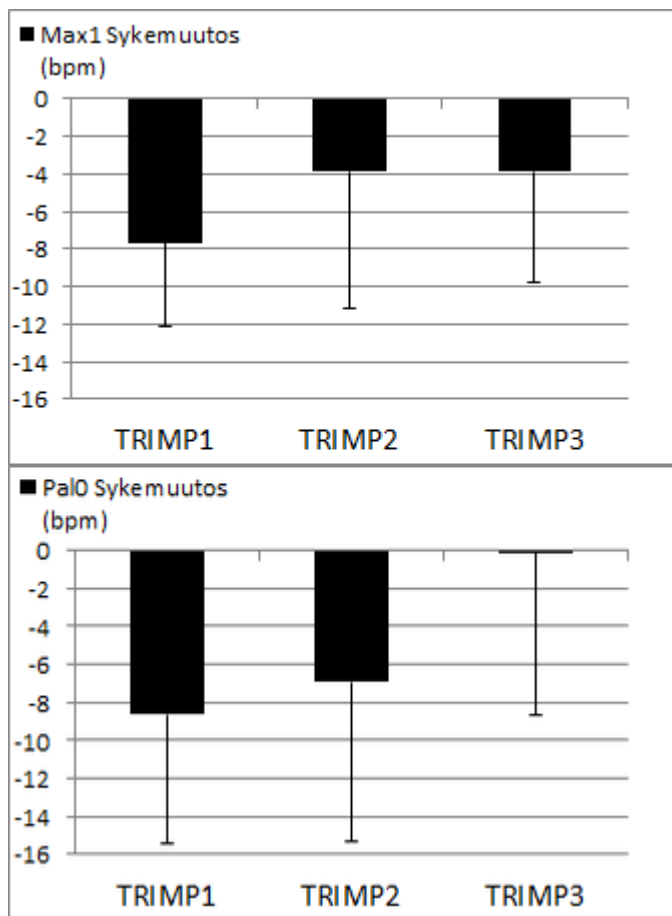
KUVA 26.  $VO_2\max$ :n ja päiväkohtaisen TRIMP:n välinen negatiivinen korrelaatio peruskoulutuskaudella ( $r = -0.40$ ,  $p < 0.05$ ),  $N = 39$ .

TRIMP:llä ja sydämen maksimisykkeellä sekä sykkeen palautumisella oli merkitsevä korrelaatio ainoastaan viikolla yksi; max1 ja pal0 korreloi negatiivisesti TRIMP:n kanssa (Kuva 27). Muilla palautumispisteillä viikolla yksi ei havaittu korrelaatiota TRIMP:iin, eikä viikoilla viisi, kahdeksan ja kymmenen yhdelläkään palautumispisteellä.



KUVA 27. Viikon 1 maksimisykkeen ja TRIMP-arvon välinen negatiivinen korrelaatio (yläkuva),  $r = -0.37$ ,  $p < 0.05$ ,  $N = 39$ . Alakuvassa peruskoulutuskauden TRIMP:n ja viikon 1 Pal0-palautumispisteen välinen negatiivinen korrelaatio. Korkeampi sykearvo korreloi vähemmän harjoituskuorman kanssa.  $r = -0.48$ ,  $p < 0.01$ ,  $N = 39$

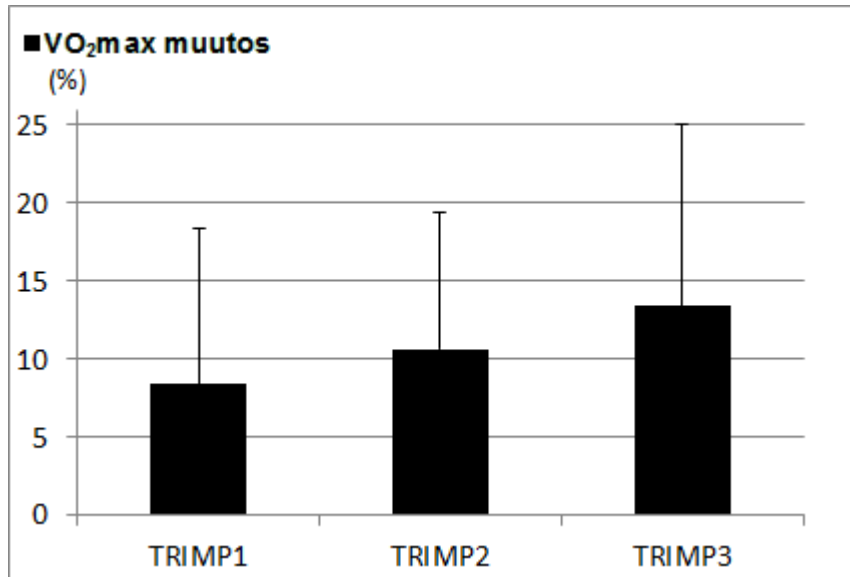
Viikkojen yksi ja kahdeksan välisen palautumispisteiden absoluuttisten sykearvojen muutoksen ja TRIMP-luokkien välillä oli yhteys ( $p < 0.05$ ) niin, että pal0- ja pal1-palautumispisteillä sykkeen pieneneminen oli vähäisempää mentäessä TRIMP1-luokasta suurempiin harjoituskuormiin TRIMP2:een ja TRIMP3:een. Kuvassa 28 sykearvojen pieneneminen max1- ja pal0-palautumispisteillä. Sykekeskiarvojen suhteellisia muutoksia vertailtaessa viikkojen yksi ja kahdeksan välillä TRIMP-luokittain, havaittiin TRIMP3-luokan sykekeskiarvojen pienentyneen merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) vähemmän kuin TRIMP1-luokalla.



KUVA 28. Peruskoulutuskauden (muutos viikosta 1 viikkoon 8) absoluuttiset syke-erot Max1- ja Pal0- palautumispisteillä. Pal0-pisteellä merkitsevä päävaikutus ( $p < 0.05$ ).  $N=28$  (TRIMP1  $N=10$ , TRIMP2  $N=8$ , TRIMP3  $N=10$ )

Harjoitusvastetta kuvattiin hapenottokyvyn paranemisella peruskoulutuskaudella. Kuntomuutoksella viikkojen 1 ja 8 välillä ( $\text{ml/kg/min}$ ) ja harjoituskuormalla (TRIMP-summa ja päiväkohtainen TRIMP-keskiarvo) ei ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Hapenottokyvyn absoluuttisten arvojen muutosta tutkittaessa eri TRIMP-luokkien välillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Ei myöskään suhteellisissa arvoissa, vaikka trendi olikin havaittavissa (kuva 29). Korrelaatiota ei havaittu hapenottokyvyn muutoksella ja TRIMP-luokalla.



KUVA 29. Hapenottokyvyn prosentuaalinen muutos peruskoulutuskaudella TRIMP-luokittain. Eri luokkien väliset erot eivät merkitseviä. N=29. TRIMP1 N=11, TRIMP2 N=8, TRIMP3 N=10



## 7 POHDINTA

### 7.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Tutkimuksen mukaan alhaisen aerobisen suorituskyvyn omaavat varusmiehet paransivat fyysistä kuntoaan eniten peruskoulutuskautella, tarkasteltaessa maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksia kahdeksan viikon peruskoulutuksen jälkeen. Päätelmiä voidaan tehdä vertailemalla tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin joissa kuormittumisen tasoa on vaihdeltu (mm. Billat ym. 1999) tai käytetty  $VO_2\text{max}$ :ltaan eritasoisia koehenkilöitä (mm. Skinner ym. 2003, Skinner ym. 2001). Tämä tutkimus osoittaa, että kahdeksan viikkoa harjoittelua riittää nostamaan aerobista suorituskykyä. Sen sijaan neljä viikkoa kohtalaisella tai neljä viikkoa hyvin kovalla intensiteetillä ei vielä välttämättä vaikuta  $VO_2\text{max}$ :iin millään tavalla, vaikka suorituksen nopeutta ja taloudellisuutta se voikin parantaa (Billat ym. 2003). Kuten kuvista 8, 9 ja 10 havaittiin, kaikilla kuntoluokilla  $VO_2\text{max}$ -arvo parani, mutta perustasoisilla selvästi eniten. Perustason varusmiesten  $VO_2\text{max}$ :n nousu oli odotettavissa, koska heillä arvot ennen harjoittelun alkua olivat selkeästi heikoimmat (perus 35 ml/kg/min vrt. harraste 44 ja aktiivi 50 ml/kg/min). Suomen Puolustusvoimien peruspäiväohjelman mukaan määräytyvä fyysinen rasitus oli näin ollen kuormittavuudeltaan heille optimaalisinta kuntoluokkien vertailussa. Oleellista harjoitusvasteen paranemisessa ei kuitenkaan tunnu olevan  $VO_2\text{max}$ :n lähtötaso. Esim. Skinner ym. (2003) tutkimuksessaan harjoitutti neljää eri ryhmää, joiden  $VO_2\text{max}$  vaihteli suuresti (13.7-57.0 ml/kg/min) ja paras harjoitusvaste oli ryhmällä jonka alkuperäinen  $VO_2\text{max}$  oli suurin. Tässä kuitenkin huomioitavaa on kaikille testihenkilöille suhteessa samanlainen harjoitusintensiteetti.

### 7.2 Syke

Useissa tutkimuksissa on pidetty tärkeänä ensimmäisen palautumisminuutin aikana tapahtuvaa sykkeen laskua (mm. Cole ym. 2010 Imai ym. 1994, Nissinen ym. 2003).

Näissä tutkimuksissa on havaittu yhteys heikon aerobisen kunnan ja hidastuneen sykkeiden palautumisen välillä: Urheilijoilla on 30 sekunnin kuluttua rasituksen huipusta mitattu sydämen sykearvo ollut matalampi kuin normaali- ja heikkokuntoisilla. Tässä tutkimuksessa erot kuntoluokkien välillä eivät kuitenkaan kasvaneet merkitseviksi. Kaikissa kuntoluokissa ja jokaisella mittauspisteellä kahdeksannen viikon sykearvot olivat pienemmät kuin ensimmäisen viikon, joten harjoitusvaste oli kyllä havaittavissa. Samanlainen havainto, sykkeiden alenemisen (harjoitusvasteen) riippumattomuus fyysisestä kunnosta, sukupuolesta tai iästä, on tehty useissa muissakin tutkimuksissa (mm. Skinner ym. 2003, Skinner ym. 2001, Deuster ym. 1989, Kohrt ym. 1991). On todettu, että saman intensiteetin kuormitusta voi suorittaa pienemmällä sykkeellä kuin aikaisemmin. Toisaalta  $VO_2\text{max}$ :iin suhteutettu rasitus on vaatinut sydämeltä yhtä kovan sykkeen kuin ennen harjoitteluakin. Myöskään tässä tutkimuksessa kuntoluokkien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä puhuttaessa sykkeiden palautumisesta, mutta tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että perustasoisilla sykkeiden palautuminen tehostui eniten ja se tuli esille kolmen ja neljän minuutin kuluttua rasituksen päättymisestä. Perustason varusmiehillä kahdeksannen viikon kolmen ja neljän minuutin sykearvojen ero verrattuna ensimmäisen viikon lukuihin, oli suurempi kuin aktiivi- ja harrastetasoisilla (kuva 14). Kahdeksan viikon harjoittelu ja siitä johtunut sykkeiden aleneminen maksimitestin palautumisessa tuli näin ollen esille perustasoisilla koehenkilöillä selvemmin 3 ja 4 minuutin palautumisen jälkeen kuin aktiivi- ja harrastetasoisilla.

Perustasoisilla maksimisyke, kuten muidenkin palautuspisteiden sykearvot laskivat eniten, mutta ei merkitsevästi. Perustasoisten sykkeiden lasku 8 viikon harjoittelun jälkeen oli keskimäärin 6 bpm koko palautumisen ajalta, mikä on ryhmistä eniten. Mutta tarkasteltaessa olleellisena pidettyä yhden minuutin palautumista ja suhteellista sykearvon laskua, havaitaan perustasoisten sykkeen alentuneen 4 %, harrastetasoisten 6 % ja aktiiviryhmällä 4 %. On siis havaittu, että riippumatta aerobisen kunnan tasosta, syke alenee harjoittelun vaikutuksesta. Skinner ym. (2003) totesi että eri tasoilla koehenkilöillä sykekeskiarvo laski suunnilleen yhtä paljon, mutta jos suhteellinen kuormitus  $VO_2\text{max}$ :n noustua harjoittelun vaikutuksesta pidettiin samana, pysyi myös syke samana kuin ennen harjoittelua. Tämän perusteella  $VO_2\text{max}$ :n ja sykkeen alenemisen välillä oleva suhde voi mahdollistaa sopivan harjoitusintensiteetin määrittämisen pelkästään sykkeen perusteella ilman säännöllisiä maksimaalisen

hapenottokyvyn testejä. Kuitenkin alkuvaiheessa olisi tärkeää mitata jokaiselle omat henkilökohtaiset arvot.

### 7.3 Ventilatoriset ekvivalentit

Hapen ja hiilidioksidin ventilaatioekvivalentit kuvaavat ventilaation suhdetta metaboliiseen kaasujenvaihtoon. Ne valittiin tutkimuksessa tarkasteltaviksi sen vuoksi, että vaikka ko. arvoista on tutkimustietoa lukuisista polkupyörä- ja juoksumattotestikokeista ja kunnoltaan monen tasoilta ihmisryhmiltä (mm. Reinhard ym. 1979, Solberg ym. 2005), on kuitenkin nimenomaan palautumisen ajalta mitatuista EqO<sub>2</sub>:sta ja EqCO<sub>2</sub>:sta varsin vähän tietoa. Valinnan tärkein peruste oli kuitenkin se, että koska kyseiset muuttujat kuvaavat kaasujenvaihdon tehokkuutta, uskottiin saatavan mielenkiintoista vertailua kunnoltaan eri tasoisten koehenkilöiden välille tarkasteltaessa palautumista raskautuksesta. Pohjautuen eri tutkimuksiin (mm. Wasserman ym. 2005) sairailta ja heikkokuntoisilla, olivat perusteet olemassa että ko. muuttujat antaisivat vastauksia tai ainakin viitteitä jatkotutkimuksia silmällä pitäen. Hengitysekvivalentteja on käytetty mitattaessa aerobista ja anaerobista kynnystä (mm. Hansen ym. 2003, Solberg ym. 2005) ja ko. tarkoitukseen muuttujat ovat soveltuneet tutkimusten mukaan hyvin. Vaikka em. tutkimuksissa on ollut mukana molempia sukupuolia, harjoittelemattomia ja aktiiviurheilijoita, ei eri tasoisia ole varsinaisesti vertailtu. Kuitenkaan esimerkiksi sukupuoli tai kunto-taso ei ole vaikuttanut millään tavalla hengitysekvivalenttien määrittämiseen ja niiden hyödyntämiseen itse tutkimuksissa.

Tässäkään tutkimuksessa tilastollista merkitsevyyttä ei havaittu kuntoluokkien välillä, mutta viitteitä siihen suuntaan oli, että hiilidioksidin ventilaatioekvivalentti (EqCO<sub>2</sub>) olisi noussut palautumisvaiheessa perustasoilla varusmiehillä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana, kun se pääsääntöisesti näytti pienenevän aktiivi- ja harrastetasoilla. Tämän perusteella aktiivi- ja harrastetasoiset varusmiehet olisivat parantaneet kaasujenvaihdon tehokkuuttaan, kun taas perustasoilla EqCO<sub>2</sub>-arvo olisi huonontunut kahdeksan viikon harjoittelun aikana. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan, jotta päätelmiä voidaan tehdä. Varusmiespalveluksen peruskuntokauden aikaisen harjoittelun havaittiin pienentävän hapen ventilaatioekvivalenttia kahdeksan viikon aikana, joka kertoo parantuneesta hengitetyn hapen hyödyntämisestä. Aktiivi- harraste-

ja perustasoisten varusmiesten välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja EqO<sub>2</sub>:ssa, mutta trendi oli kuitenkin havaittavissa, että hyväkuntoisilla EqO<sub>2</sub> oli alhaisempi. Palautumisen loppuvaiheessa (viikot 1 ja 10) havaitut heikot korrelaatiot VO<sub>2</sub>max:n ja korkeamman EqO<sub>2</sub>:n välillä olivat täysin päinvastainen tulos. Viikolla kahdeksan taas aktiivitasoililla palautumisen loppuvaiheen EqO<sub>2</sub> oli selvästi pienin, joten tuloksissa on ristiriitaisuutta joka estää varmojen päätelmien tekemisen.

## 7.4 Harjoitusvaste

Harjoitusvasteella eli maksimaalisen hapenottokyvyn muutoksella peruskoulutuskaudella, ei havaittu olevan yhteyttä palautumissykkeen muutokseen tai hapen ventilaatioekvivalenttiin. Kuitenkin, EqO<sub>2</sub>:n ja VO<sub>2</sub>max-%:n välinen tilastollinen merkitsevyys oli lähempänä viikon kahdeksan tuloksissa kuin viikolla viisi, joten mahdollisesti pidempi aikaväli olisi tuonut merkitsevyyksiä esille. Hansenin ym. (2003) tutkimus käsitti 12 viikon harjoittelujakson, joka osoitti että hengitysekvivalenttien perusteella määritelty harjoitteluintensiteetti kyllä antoi hyviä tuloksia, mutta EqO<sub>2</sub> ja EqCO<sub>2</sub>-arvojen muutoksia tai suuruusluokkia siinä ei mainittu. Johtopäätelmien tekeminen hiilidioksidin ventilaatioekvivalentin muutoksesta peruskoulutuskaudella ja harjoitusvasteen yhteydestä on myös erittäin hankalaa, vaikka merkitsevä korrelaatio havaittiinkin neljän minuutin palautumisen kohdalla ja VO<sub>2</sub>max-%:n muutoksella. Korrelaatio oli heikko ja muilla palautumispisteillä tai eri viikkoja verrattaessa ei vastaavanlaista yhteyttä havaittu.

## 7.5 Poissaolot peruskoulutuskaudella

Tutkimuksen analysointivaiheessa pidettiin mahdollisena, että heikomman kuntotason koehenkilöillä kuormittumisen vaikutukset saattaisivat näkyä poissaoloina viimeisillä testiviikoilla sairastumisten tai loukkaantumisten vuoksi. Tällaista ei ollut kuitenkaan havaittavissa itse testiajankohdissa, vaan rankimman jakson, peruskoulutuskauden viimeisissä maksimaalisen hapenottokyvyn testeissä oli mukana varusmiehiä tasaisesti jokaisesta kuntoluokasta. Sen sijaan koko peruskoulutuskauden poissaolomääriä tarkasteltaessa voidaan havaita kuntotason vaikuttavan poissaoloihin; hyväkuntoisilla oli

vähemmän poissaoloja. Peruskoulutuskauden rankimmat yksittäiset suoritukset, maksimitestit, pystyttiin siis suorittamaan jokaisessa kuntoluokassa tasaisesti, mutta koko kahdeksan viikon jakson aikana heikkokuntoisemmat joutuivat olemaan palveluksesta eniten poissa.

Harjoituskuorma TRIMP lasketaan sykkeen ja rasituksen keston mukaan sen perusteella, kuinka kauan koehenkilö on ollut milläkin erikseen määritellyllä sykealueella. TRIMP:ä määritettäessä on testeissä mitatun sydämen sykkeen perusteella laskettu koehenkilöille suhteellinen aineenvaihdunnallinen taso ja edelleen määritetty kolme aineenvaihdunnallista aluetta: matala-, kohtalainen ja korkeaintensiteettinen alue. Matala alue on ennen hengityksen kiihtymistä, kohtalainen intensiteettialue ennen hengityksen kompensatiopistettä, siis ennen voimakasta hengästyistä, ja korkeaintensiteettinen alue tämän jälkeen. Harjoituskuorman tarkasteluun peruskoulutuskausi antoi hyvät lähtökohdat, koska ohjelma oli kaikille varusmiehille samanlainen ja kaikkien kuului suoritua samoista tehtävistä saman aikataulun mukaisesti. Myös sykedatan keräämisen pitkä ajallinen kesto ja suuri syketiedon määrä parantavat tulosten luotettavuutta.

## 7.6 TRIMP

Vaikka päivästä toiseen jatkuvissa sykemittauksissa sykekäyrien äärierot voivat olla suuria ja vaihdella paljonkin, on havaittu että yleensä kokonaisaika eri sykealueilla ja TRIMP ovat hyvin samansuuruisia, sekä eri ryhmien välillä että yksittäisillä henkilöillä. (Foster ym. 2005, Padilla ym. 2007). Verrattaessa tähän tutkimukseen, jossa koehenkilöt jaettiin kuntoluokkiin  $VO_2max$ :n perusteella, heikkokuntoisimpien perusryhmä painottui vaativimpaan TRIMP3-luokkaan (54 %), kun taas samassa luokassa oli harrasryhmästä 20 % ja aktiiviryhmästä 25 %. Tämä tukee aiemmin esiin tuotua pohdintaa ja tutkimustietoa (Skinner ym. 2003)  $VO_2max$ :n, sykkeen ja harjoituskuorman välisestä yhteydestä: Korkea  $VO_2max$  mahdollistaa saman työmäärän alhaisemmalla sykkeellä, jolloin fyysinen kuormittuminen ja tässä tapauksessa TRIMP-luokka on pienempi. Vertailtaessa tutkimuksia joissa laji on sama, mutta kilpailun kesto vaihtelee, huomionarvoista on, että sykkeen kokonaismäärä ja kokonais-TRIMP usein asettuvat lähelle samoja lukemia, olipa kyseessä sitten kestoaltaan lyhyempi tai pidempi suoritus. Lyhyemmissä suorituksissa korkeammilla sykealueilla kulutetaan suhteessa enemmän aikaa

(kovempi intensiteetti), jolloin kokonaismäärä on lopulta lähelle samaa kuin pidemmissä kilpailuissa. Oleellista kuitenkin on, että useimmat tutkimukset (Lucia ym. 1999, Fernandez-Garcia ym. 2000, Impellizzeri ja Marcora 2007, Mujika ja Padilla 2001) käsittelivät ammattilaiskilpapyöräilijöiden kehon toimintaa kilpailutilanteissa, joten heillä oli oman kehon tuntemus niin hyvä, että he pystyivät aina ottamaan energiankulutuksellisesti kaiken irti. Tämä lienee ollut yksi syy lopullisen TRIMP:n asettumiseen melko samansuuruiseksi kilpailun pituudesta ja intensiteettieroista huolimatta ammattilaispyöräilijöillä.

Jos käytettävissä oleva energiareservi on tiedossa ja melko vakio, voidaan mahdollisesti tehdä päätelmiä ihmisen energiankulutuksen rajoituksista ja näin hyötyä esimerkiksi kilpailuihin valmistauduttaessa ja myös kilpailutilanteessa, kun suunnitellaan strategiaa, tempoa, tai esimerkiksi tiedettäessä maaston muodot ja näin ollen rasittavuus. Vielä eri näkökulmasta taktiikan suunnitteluun TRIMP-arvoja hyväksikäyttäen on päästy käsiksi tutkimalla samoja koehenkilöitä peräkkäisinä vuosina samoissa kilpailuissa, jolloin vertailu on ollut selkeämmin tehtävissä (Foster ym. 2005). Odotettavissa oli kuvan 25 osoittama tulos, jossa näkyy perusr ryhmän enemmistön (54%) sijoittuvan TRIMP3-ryhmään. Yllättävää on havaita, että melko vähäisellä harjoituskuormalla (TRIMP1) selvisi jokaisesta kuntoluokasta noin kolmannes koehenkilöistä. Voidaankin miettiä, kuinka paljon henkiset ominaisuudet vaikuttavat harjoituskuormaan joka mitataan sydämen lyöntitiheyden perusteella. Viikon yksi kuntotasolla ja peruskoulutuskauden harjoituskuormalla oli merkitsevä negatiivinen korrelaatio (kuva 26). Tässä korkean  $VO_2\max$ :n ja vähäisemmän harjoituskuorman välinen yhteys korostuu, koska kuntoluokkiin tai TRIMP-luokkiin jaottelua ei käytetä, vaan kuntotaso määritellään pelkästään maksimaalisella hapenottokyvyllä ja harjoituskuorman päiväkohtaisella TRIMP-keskiarvolla.

Peruskoulutuskauden aikana tapahtui selkeää fyysisen kunnan kohenemistä koehenkilöillä. Tuloksissa on kuvattu hapenottokyvyn paraneminen, joka oli varsinkin perusr ryhmäläisillä hyvin selkeää. Kuitenkaan kyseinen harjoitusvaste ei ollut yhteydessä harjoituskuormaan niin, että siitä voisi vetää johtopäätöksiä; TRIMP3-luokka paransi myös maksimaalista hapenottokykyään eniten, mutta merkitseviä eroja muihin TRIMP-luokkiin nähden ei voitu havaita.

Harjoituskuorman ja sykkeiden palautumisen välistä yhteyttä tarkasteltaessa havaittiin negatiivinen korrelaatio viikon yksi maksimisykkeen sekä pal0-sykkeen ja peruskoulutuskauden harjoituskuorman välillä (kuva 27). Tämän perusteella ne varusmiehet sijoituivat TRIMP3-luokkaan, joilla palvelukseen astuttaessa oli korkeat maksisykkeet ja korkea syke heti rasituksen päätyttyä. Viikoilla viisi, kahdeksan ja kymmenen, tai muilla palautumispisteillä ei ollut kuitenkaan korrelaatiota sykkeen ja harjoituskuorman välillä. Sen sijaan havaittiin että TRIMP1-luokalla pal0- ja pal1-sykkeet olivat viikolla kahdeksan pienentyneet enemmän kuin TRIMP2- ja TRIMP3-luokilla ( $p < 0.05$ , kuva 28). Tämä on mielenkiintoista siitäkin syystä, että monissa tutkimuksissa (mm. Bosquet ym. 2008, Imai ym. 1994) on nimenomaan ensimmäistä palautumisminuuttia pidetty tärkeänä markkerina terveydelle ja hyvälle fyysiselle kunnolle. Myös suhteellisissa arvoissa havaittiin TRIMP1- ja TRIMP3-luokan eron olleen tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0.05$ ).

Melko yllättävää tutkimuksen tuloksissa oli se, että harjoituskuorma ei ollut kovin selvästi yhteydessä kuntoluokkaan. Perusr ryhmän koehenkilöistäkin kolmannes pääsi peruskoulutuskaudesta läpi vähäisellä harjoituskuormalla (TRIMP1-tasolla) eli samassa suhteessa kuin aktiivi- ja harrasteryhmän koehenkilöt. Sen sijaan kovan harjoituskuorman luokkaan (TRIMP3) kuului perusr ryhmäläisistä suhteessa selvästi suurempi osa kuin muista kuntoluokista.

## 7.7 Yhteenveto

Varusmiesten harjoituskuorman mittaaminen TRIMP:n avulla antaa tietoa normaalikuntoisen ihmisen harjoittelun rasittavuudesta. Tutkimuksen avulla on voitu vetää suuntaantavia päätelmiä sen perusteella, että heikkokuntoisimmat varusmiehet ovat saaneet peruskoulutuskaudeltaan parhaan harjoitusvasteen  $VO_2\text{max}$ :n paranemisen muodossa ja myös on havaittu viitteitä sykkeen tehokkaammasta alenemisestä kolmen ja neljän minuutin palautumisen jälkeen, verrattuna parempikuntoisiin. Suurimman hyödyn kahdeksan viikon testijaksosta saivat heikkokuntoisimmat varusmiehet selkeästi parantuneen  $VO_2\text{max}$ :n vuoksi, mutta päävaikutukset olivat jokaisessa kuntoluokassa positiiviset. Palautumisen tehostuminen peruskoulutuskauden aikana jäi melko pieneksi eikä varmoja johtopäätelmiä ole syytä vetää, mutta TRIMP1-luokan suurin sykkeiden ale-

neminen heti rasituksen jälkeen on mielenkiintoinen ja yllättävä tulos. Voidaan miettiä, kuinka paljon henkinen puoli ja oman fyysisen suorituskyvyn tuntemus vaikuttaa harjoituskuormaan. Mielentila ja henkinen rauhallisuus vaikuttavat sykkeeseen, jolloin voidaan ajatella että varmuus omasta fyysisestä suorituskyvystä myös alentaa mahdollisesti harjoituskuormaa. Henkisten ominaisuuksien tutkiminen ja itseluottamuksen vaikutukset harjoituskuormaan voisivatkin olla seuraava mahdollinen tutkimuksen aihe.



## LÄHTEET

- Allman, B.L., Rice, C.L. 2001. Incomplete recovery of voluntary isometric force after fatigue is not affected by old age. *Muscle Nerve*. 24: 1156–1167
- American College of Sports Medicine. 2001. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (6th ed.). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 68, 117, 303.
- Banister, E. W. 1991. Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*. H. J. Green, J. D. McDougal, H. Wenger (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics: 403–424
- Barnes, W.S. 1980. The relationship between maximum isokinetic strength and isokinetic endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 51: 714–717
- Billat, V.L., Flechet B., Petit, B. 1999. Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 31:156–163.
- Bilodeau, M., Henderson, T.K., Nolta, B.E., Pursley, P.J., Sandfort, G.L. 2001. Effect of aging on fatigue characteristics of elbow flexor muscles during sustained sub-maximal contraction. *Journal of Applied Physiology*. 91: 2654–2664
- Bosquet, L., Gamelin, F.X., Berthoin, S. 2008. Reliability of postexercise heart rate recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 28:238-243
- Bottaro, M., Ernesto, C., Celes, R., Farinatti, P.T.V., Brown, L.E., Oliveira, R.J. 2010. Effects of Age and Rest Interval on Strength Recovery. *International Journal of Sports Medicine*. 31: 22–25
- Chamari, K., Ahmaidi, S., Fabre, C., Masse-Biron, J., Préfaut, C. 1995. Anaerobic and aerobic peak power output and the force-velocity relationship in endurance-trained athletes: effects of aging. *European Journal of Applied Physiology* 71: 230–234
- Cole, C.R., Blackstone, E.H., Pashkow, F.J., Snader, C.E., Lauer, M.S. 2010. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *The New England Journal of Medicine*. 341: 1351-1357
- Cortis, C., Tessitore, A., D'Artibale, E., Meeusen, R., Capranica L. 2010. Effects of post-exercise recovery interventions on physiological, psychological and performance parameters. *International Journal of Sports Medicine*. 31(5): 327-335

- Craig, C.L., Marshall, A.L., Sjostrom, M., Bauman, A.E., Booth, M.L., Ainsworth, B.E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J.F., ja Oja, P. 2003. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35: 1381–1395
- Dawson, B., Gow, S., Modra, S., Bishop, D., Stewart, G. 2005. Effects of Immediate post-game Recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 8:2:210-221
- Deuster, P.A., Chrousos, G.P., Luger, A. 1989. Hormonal and metabolic responses of untrained, moderately trained and highly trained men to three exercise intensities. *Metabolism*. 38:141–148
- Eckberg, D.L., Drabinsky, M., Braunwald, E. Defective cardiac parasympathetic control in patients with heart disease. 1971. *The New England Journal of Medicine*. 285: 877-883
- Fernandez-Garcia, B., Perez-Landaluce, J., Rodriguez-Alonso, M., Terrados, N. 2000. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32: 1002–1006
- Ferretti, G., Narici, M., Bizoni, T., Gariod, L., Bas, J.L., Reutenauer, H., Cerretelli, P. 1994. Determinants of peak muscle power: effects of age and physical conditioning. *European Journal of Applied Physiology*. 68: 111–115
- Fleg, J.L., Morrell, C.H., Bos, A.G., Brant, L.J., Talbot, L.A., Wright, J.G., Lakatta, E.G. 2005. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation* 112: 674–682
- Foster, C., Hoyos, J., Earnest, C., Lucia, A. 2005. Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 37, No. 4: 670–675
- Gastin, P.B, Lawson, D.L. 1994. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 69: 321–330
- Gore, C.J., Booth, M.L., Bauman, A., Owen, N. 1999. Utility of pwc75% as an estimate of aerobic power in epidemiological and population-based studies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31: 348–351
- Hansen, G., Blanchard, C., Rodgers, W., Bell, G. 2003. Efficacy of Prescribing Endurance Training Intensity Using the Ventilatory Equivalents for Oxygen and Car-

- bon Dioxide in Untrained Men and Women. *Research in Sports Medicine*. 11: 23-32
- Hunter, S.K., Critchlow, A., Enoka, R.M. 2004. Influence of aging on sex differences in muscle fatigability . *Journal of Applied Physiology*. 97: 1723–1732
- Hunter, S.K., Critchlow, A., Enoka, R.M. 2005. Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. *Journal of Applied Physiology* 99: 890–897
- Hunter, S.K., Sanders, J.M., Polichnowski, A.P., Ng, A.V. 2005. Men have greater active hyperemia than women for a similar intensity isometric fatiguing contraction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35: 388
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., Takeda, H., Inoue, M., Kamada, T. 1994. Vagally Mediated Heart Rate Recovery After Exercise Is Accelerated in Athletes but Blunted in Patients With Chronic Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 24:1529-1535
- Impellizzeri, F.M., Marcora, S.M., 2007. The physiology of mountain biking. *Sports Medicine*. 37 :59–71
- Jacobs, I., Esbjörnsson, M, Sylven, C, Holm, I, Jansson, E. 1987. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes fiber types and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19: 368–374
- Kohrt, W.M., Malley, M.T., Coggan A. 1991. Effects of gender, age, and fitness level on response of  $VO_2$ max to training in 60-71 year olds. *Journal of Applied Physiology*. 71: 2004–2011
- Kostka, T., Drygas, W., Jegier, A., Zaniewicz, D. 2009. Aerobic and Anaerobic Power in Relation to Age and Physical Activity in 354 Men Aged 20–88 Years. *International Journal of Sports Medicine*. 30: 225–230
- Lanza, I.R., Russ, D.W., Kent-Braun, J.A. 2004. Age-related enhancement of fatigue-resistance is evident in men during both isometric and dynamic tasks. *Journal of Applied Physiology*. 97: 967–975
- Lucia, A., Hoyos, J., Carvajal, A., Chicharro, J.L. 1999. Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*. 20: 167-172
- MacRae, H.S.H., Noakes, T.D, Dennis, S.C. 1995. Effects of endurance training on lactate removal by oxidation and gluconeogenesis during exercise. *European Journal of Physiology*. 430: 964–970

- Medbo, J.I., Burgers, S. 1990. Effects of training on the anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 4: 501–507
- Medbo, J.I., Mohn, A.C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., Sejersted, O.M. 1988. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of Applied Physiology*. 64: 50–60
- Mujika I., Padilla S. 2001. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine*. 31: 479–487
- Nissinen, S.I., Mäkikallio, T.H., Seppänen, T., Tapanainen, J.M., Salo, M., Tulppo, M.P., Huikuri, H.V. 2003. Heart rate recovery after exercise as a predictor of mortality among survivors of acute myocardial infarction. *The American Journal of Cardiology* 91: 711-714
- Olesen, H.L., Raabo, E., Bangsbo, J. 1994. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *European Journal of Applied Physiology*. 69: 140–146
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., Angulo, F. 2000. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 32, No. 4: 850–856.
- Pilegaard, H., Bangsbo, J., Richter, E.A., Juel, C. 1994. Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from human muscles biopsies: relation to training status. *Journal of Applied Physiology*. 4: 1858–1862
- Ratel, S., Bedu, M., Hennegrave, A., Dore, E., Duche, P. 2002. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *International Journal of Sports Medicine*. 23: 397–402
- Ratel, S., Lazaar, N., Williams, C.A., Bedu, M., Duche, P. 2003. Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatrica* 92: 1248–1254
- Ratel, S., Williams, C.A., Oliver, J., Armstrong, N. 2006. Effects of Age and Recovery Duration on Performance During Multiple Treadmill Sprints. *International Journal of Sports Medicine*. 27: 1–8
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., Rouillon, J.-D. 2006. Maximal Accumulated Oxygen Deficit and Blood Responses of Ammonia, Lactate and Ph after Anaerobic Test: a Comparison between International and National Elite Karate Athletes *International Journal of Sports Medicine*. 27: 810–817
- Reinhard, U., Müller, P.H., Schmölling, R.-M. 1979. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration* 38: 36-42.

- Sadamoto, T., Bonde-Petersen, F., Suzuki, Y. 1983. Skeletal muscle tension, flow, pressure, and EMG during sustained isometric contractions in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 51: 395–408
- Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T., Tiainen, S., Palvalin, K., Häkkinen, A., Häkkinen, K. 2006. Physical fitness profiles in young Finnish men during the years 1975–2004. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38: 1990–1994
- Skinner, J.S., Gaskill, S.E., Rankinen, T., Leon, A.S., Rao, D.C., Wilmore, J.H., Bouchard, C. 2003. Heart Rate versus %VO<sub>2</sub>max: Age, Sex, Race, Initial Fitness and Training Response – HERITAGE. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 35: 1908-1913
- Skinner, J.S., Krasnoff, J., Jaskolski, A. 2001. Age, sex, race, initial fitness and response to training: the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology* 90: 1770–1776
- Solberg, G., Robstad, B., Skjønberg, O.H., Borchsenius F. 2005. Respiratory gas exchange indicates for estimating the anaerobic threshold. *Journal of Sports Science and Medicine* 4: 29-36
- Spierer, D.K., Goldsmith, R., Baran, D.A., Hryniewicz, K., Katz, S.D. 2004. Effects of active vs. passive recovery on work performed during serial supramaximal exercise test. *International Journal of Sports Medicine*. 25: 109-114
- Stackhouse, S.K., Stevens, J.E., Lee, S.C., Pearce, K.M., Snyder-Mackler, L., Binder-Macleod, S.A. 2001. Maximum voluntary activation in nonfatigued and fatigued muscle of young and elderly individuals . *Physical Therapy*. 81: 1102–1109
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R.J., Paterson, D.H. 2004. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology*. 97 (2): 781–789
- Strobel, G., Friedmann, B., Siebold, R., Bärtsch, P. 1999. Effect of severe exercise on plasma catecholamine in differently trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 3: 560–565
- Tanskanen, M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A., Huovinen, J., Nissilä, J., Kinnunen, H., Atalay, M., Häkkinen, K. 2011. Serum sex hormone-binding globulin and cortisol concentrations are associated with overreaching during strenuous military training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(3): 787–797

- Taoutaou, Z., Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Ahmaidi, S., Prefaut, C. 1996. Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 73: 465–470
- Training Division, Defence Command, Finnish Defence Forces. 2004. Standard Direction of Conscripts' Physical Training [in Finnish].
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., Dawson, B. 2008. Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 29: 539-544
- Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Stringer, W.W., Whipp, B.J. 2005. Principles of exercise testing and interpretation. (4<sup>th</sup>. ed.) Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 97, 98, 206, 208.
- Watts, P.B., Daggett, M., Gallagher, P., Wilkins, B. 2000. Metabolic Response During Sport Rock Climbing and the Effects of Active Versus Passive Recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 21: 185-190