

**VESIVOIMISTELULIIKKEIDEN AIKAINEN HENGITYS- JA  
VERENKIERTOELIMISTÖN KUORMITUMINEN TERVEILLÄ SEKÄ  
HENGITYS- JA VERENKIERTOELINSAIRAILLA NAISILLA**

Tiina Kosonen  
Fysioterapia  
Pro gradu-tutkielma  
Jyväskylän Yliopisto  
Terveystieteiden laitos  
Kevät 2004

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
1. JOHDANTO .....	3
2. VESITERAPIA .....	4
3. VESI KUNTOUTUSELEMENTTINÄ .....	7
4. VESILIIKUNNAN BIOLOGISIA VAIKUTUKSIA .....	11
4.2. Hengityselimistön tekijät .....	12
4.3. Aineenvaihdunnalliset tekijät .....	13
4.4. Sisäeritysjärjestelmän tekijät .....	14
4.5. Hermolihasjärjestelmän tekijät .....	15
5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT .....	16
6. TUTKIMUSMENETELMÄT .....	17
6.1. Koehenkilöt .....	17
6.2. Tutkimusasetelma .....	17
6.3. Mittausmenetelmät .....	19
6.4. Tulosten analyysi .....	21
7. TULOKSET .....	22
7.1. Sydämen syke .....	23
7.2. Aineenvaihdunta .....	25
7.3. Koettu kuormittavuus .....	29
8. POHDINTA .....	30
9. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
LÄHTEET .....	37
LIITTEET	

## TIIVISTELMÄ

*Vesivoimisteluliikkeiden aikainen hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen terveillä sekä hengitys- ja verenkiertoelinsairailla naisilla. Tiina Kosonen, Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, terveystieteiden laitos, 2004. Sivuja 47, liitteitä 4.*

Vesivoimistelu on varsin vähän tutkittu liikuntamuoto, joka perustuu veden fysikaalisten ominaisuuksien hyväksikäyttöön. Vesivoimistelua on yleisesti käytetty kuntoutuksessa, koska se soveltuu lähes kaikille ihmisille. Veden mekaniikasta sekä lämpötilasta johtuen vesivoimistelua voidaan pitää turvallisena ja kipua lievittävänä liikuntamuotona, vaikkakin neuraalisen säätelyn muutos tehostaa verenkiertoa. Sydämen sykkeen ja hapenkulutuksen ( $VO_2$ ) laskiessa vedessä, vesivoimistelua ei perinteisesti ole suositeltu hengitys- ja verenkiertoelinsairailla. Intensiivisellä vesivoimistelulla voidaan kuitenkin parantaa fyysistä suorituskykyä, kuten kestävyyskuntoa sekä lihasvoimaa ja nivelliikkuvuutta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vesivoimistelussa käytettyjen liikkeiden hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittavuutta sekä verrata harjoituksen aikana tapahtuvia sydämen sykkeen, hapenkulutuksen ja veren laktaattipitoisuuden muutoksia terveillä sekä hengitys- ja verenkiertoelinsairailla. Tutkimukseen osallistui 10 tervettä ja 10 hengitys- ja verenkiertoelinsairasta naista (keski-ikä 53 vuotta). Tutkimuksessa suoritettiin kuusi vesivoimisteluliikettä (paikallaan marssi, polvennostajuoksu, haaraperushyppy, hiihtohyppy, kävely liikkuen ja juoksu liikkuen), kutakin kolme minuuttia. Liikkeiden aikana mitattiin sydämen sykettä, suoraa hapenkulutusta, veren laktaattipitoisuutta sekä räsitusastoa RPE-asteikolla (1-20). Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 11.0-ohjelmalla.

Suurin kuormitus 5,2 MET saavutettiin hiihtoliikkeessä, joka koettiin melko rasittavaksi (RPE 13). Paikallaan marssissa kuormitus oli keskimäärin 3,3 MET, polvennostajuoksussa 4,8 MET, haaraperushyppyssä 3,7 MET, liikkuvassa kävelyssä 2,8 MET ja liikkuvassa juoksussa 4,6 MET. Keskimääräinen harjoitusintensiteetti oli 59-70% arvioidusta iänmukaisesta maksimisykkeestä ja kokonaisenergiankulutus 4 MET. Vesivoimisteluliikkeet koettiin kevyiksi (RPE 11) tai melko rasittavaksi (RPE 13). Sydämen syke ja veren laktaattipitoisuus kohosivat merkittävästi harjoituksessa ja kuormitus vastasi räsitukseltaan esimerkiksi kuntovoimistelua. Ryhmien vertailussa koeryhmän naisilla sydämen syke oli merkitsevästi alhaisempi hiihtohyppyssä ( $p=0,044$ ) ja juoksussa liikkuen ( $p=0,044$ ). Hapenkulutuksena arvioitaessa koeryhmän kuormitus polvennostajuoksussa ( $p=0,035$ ), hiihtohyppyssä ( $p=0,041$ ) ja juoksussa ( $p=0,032$ ) oli merkitsevästi kontrolliryhmää alhaisempi. Myös koeryhmän harjoituksen jälkeinen veren laktaattipitoisuus oli merkitsevästi alhaisempi ( $p=0,03$ ). Vesivoimistelua voidaan siis pitää turvallisena liikuntamuotona, mutta yleisistä käsityksistä poiketen sen hengitys- ja verenkiertoelimistöä kuormittava vaikutus on vähäinen.

*Avainsanat: Vesivoimistelu, hengitys- ja verenkiertoelinsairaat, hapenkulutus.*

## 1. JOHDANTO

Vesiterapia on yleisesti käytetty kuntoutusmuoto, jonka juuret johtavat kauas historiaan. Vesiterapiaa on käytetty kivun lievittäjänä ja rentoutusmenetelmänä jo antiikin Kreikassa. Myöhemmin siitä on kehittynyt aktiivinen, fyysinen harjoitusmuoto, jota voidaan soveltaa lähes kaikille ihmisille, eri sairauksista huolimatta.

Vaikkakin vesiterapialla on pitkä historia sen tieteelliset perusteet ovat kuitenkin vähäisiä. Veden fysikaalisten ominaisuuksien vaikutusta ihmiselimistöön on jonkin verran tutkittu fysiologisesta näkökulmasta, mutta varsinaista vesiterapiatutkimusta on olemassa varsin vähän. Suurin osa vesitutkimuksista on tehty kilpauinnista tai vesijuoksusta, mutta tietoa ei ole sovellettu eri vammaryhmien osalle. Kuitenkin esimerkiksi reumasairauksissa vesiterapia on koettu hyödylliseksi psyykkisen hyvinvoinnin ja pystyvyyden kannalta. Vesiterapian fysiologista vaikuttavuutta ei kuitenkaan ole kyetty osoittamaan.

Jotta vesiterapiaa kyettäisiin kehittämään ja soveltamaan vaihtuviin olosuhteisiin tulisi siinä käytettyjen menetelmien perustua osoitettuun tietoon eikä vain myönteisiin kokemuksiin, kuten nykyisin. Toisin sanoen, jotta vesiterapian tehoa ja vaikuttavuutta voitaisiin arvioida, meidän tulisi ensin tuntea veden fysiologiset vaikutukset sekä käytettyjen liikkeiden fysiologinen kuormittavuus. Lisäksi sovellettaessa vesiterapiaa eri vammaryhmille on olennaista tuntea myös sairauksien patofysiologiaa, vesivoimistelun tavoitteiden ja oikean harjoitusintensiteetin määrittämiseksi.

Tämän pro gradu-tutkielman tarkoituksena on selvittää vesiterapiassa käytettyjen vesivoimisteluliikkeiden fysiologista kuormittavuutta, mittaamalla sydämen sykettä, hapenkulutus ja veren laktaattipitoisuutta. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on verrata eri vesivoimisteluliikkeiden aikaista hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormitusta terveillä ja hengitys- ja verenkiertoelinsairailta ihmisillä.

## 2. VESITERAPIA

Vesiterapiasta voidaan käyttää useita nimikkeitä. Kirjallisuudessa nousee esiin englanninkielestä tulevan termin hydroterapia lisäksi mm. vesivoimistelu, vesiterapia, allasterapia tai allasharjoittelu. Sana hydroterapia tulee sanasta *hydrotherapy*, joka on lähtöisin kreikan kielestä. Vesiterapia on hoitomuotona vanha menetelmä. Rooman ja Kreikan kulttuureissa vesiterapiasta käytettiin aluksi ns. passiivisia muotoja eli kylpyjä. Myöhemmin Kreikkalaisten ymmärtäessä liikkeen parantavan vaikutuksen kylvyistä kehittyi tehokkaampi, aktiivisempi vesiterapia muoto. (Becker & Cole 1997.)

Passiiviset vesiterapiamuodot ovat saanut alkunsa tuhansia vuosia sitten, jolloin intialaisessa ja egyptiläisessä kulttuurissa ymmärrettiin veden hoitava merkitys (Reid Campion 1990). Nämä passiiviset kylvyt perustuivat veden kemiallisten ja lämpöominaisuuksien hyväksikäyttöön. Veden lämpötilaa muuttamalla on todettu voitavan vaikuttaa aineenvaihduntaan ja näin ollen lievittää kipua. Käytettyjä termisiä hoitomuotoja ovat lämpö- ja kylmäkylvyt. Lisäksi lisäämällä kylpyveteen erilaisia kemikaaleja, voidaan niillä eri tavoin vilkastuttaa aineenvaihduntaa. Myöhemmin kylpyihin on liitetty myös fysikaalisia sähköhoitoja; vedessä sähkövirran siirtyminen haluttuun hoitokohteeseen on tehokkaampaa kuin ilmassa. Vesihieronta on myös yksi kylpymuoto, jossa virtaavalla vedellä pyritään lisäämään pintaverenkiertoa ja rentouttamaan näin lihaksia. (Bogoljubov 1983.)

Kreikkalaiset ymmärsivät ensimmäisenä noin 500 eKr. fyysisen ja psyykkisen hyvinvoinnin yhteyden ja alkoivat soveltaa tätä myös vesiterapiassa (Reid Campion 1990). Näin kylvyistä kehittyi aktiivisempi vesiterapiamuoto, jossa veden kemiallisten ominaisuuksien lisäksi alettiin aktiivisesti hyväksikäyttää myös veden fysikaalisia ominaisuuksia, kun kuntoutuja teki aktiivisia liikkeitä kylvyn aikana. (Bogoljubov 1983, Becker & Cole 1997.) Tällaisia lämpimässä vedessä suoritettuja aktiivisia kylpyjä on rekisteröity käytettävän jo 330-luvulla mm. reumaatikkojen ja loukkaantuneiden oireiden lievitykseen. Varsinainen nykyaikainen vesivoimistelu on saanut alkunsa 1800-luvun

loppupuolella ja systemaattisesti se on yleistynyt Maailmansotien jälkeen 1920-luvulta lähtien. (Reid Campion 1990, Becker & Cole 1997.)

Nykyisin vesiterapia määritelläänkin tavoitteelliseksi kuntouttavaksi vesiliikunnaksi, joka soveltuu lähes kaikille kuntoutujille. On kuitenkin olemassa joitakin sairauksia, joita sairastaville vesiliikunta ei ole suositeltavaa tai on kokonaan kiellettyä. Tällaisia sairauksia ovat mm. akuutit infektiosairaudet, vaikeat sydän sairaudet, kohonnut tai matala verenpaine, munuaissairaudet, tarttuvat ihottumat, avohaavat, allergiat veden puhdistusaineelle, vaikeat hengityselinsairaudet, huimaustaipumus sekä kontrolloimaton epilepsia. (Davis & Harrison 1988.) Lääkinnällisessä kuntoutuksessa vesivoimistelua on käytetty erilaisten vammojen ja sairauksien hoitomenetelmänä, kuten esimerkiksi sotainvalidien kuntoutuksessa (Becker & Cole 1997). Yksilöllistä vesivoimistelua käytetään paljon mm. vaikeavammaisten kuntoutuksessa, jossa kuntoutuja tarvitsee jatkuvaa henkilökohtaista ohjausta. Lisäksi yksilöllinen vesivoimistelu tulee kyseeseen myös sairauksien jälkitiloja hoidettaessa, jolloin yksilö ei vielä kykene vammansa vuoksi osallistumaan ryhmämuotoiseen kuntoutukseen. (Reid Campion 1990.) Aktiivisessa ryhmämuotoisessa vesivoimistelussa tavoitteet asetetaan kuntoutujien kykyjen ja tarpeiden mukaisesti. Vesivoimistelu on määritelty vedessä tapahtuvaksi voimisteluksi, joka hyväksikäyttää veden erikoisominaisuuksia. Vesivoimistelun tavoitteet ovat samat kuin minkä tahansa muunkin kuntoliikuntamuodon, eli fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen kunnan ylläpitäminen ja parantaminen, virkistyminen sekä sosiaalisten kontaktien luominen. Vesivoimistelun spesifejä yksilöllisiä tavoitteita ovat mm. lihasjännityksen vähentäminen, nivelten liikeratojen ylläpitäminen ja lisääminen, lihasvoiman lisääminen, tasapainon ja koordinaation kehittäminen, nivelten kuormitusten vähentäminen, hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan kohottaminen sekä sosiaalisten kontaktien luominen (Rahikainen 1995, Bates & Hanson 1996).

Vesiterapia on yleinen kuntoutusmuoto tuki- ja liikuntaelimestön sairauksissa sekä neurologisissa vammoissa. Hengitys- tai verenkiertoelinsairaus voi taas olla kontraindikaatio vesiterapialle. Kuitenkin mielipiteet vesiterapian soveltuvuudesta tälle vammaryhmälle vaihtelevat sairaudesta riippuen. Vesiliikuntaa onkin käytetty paljon esimerkiksi astmaa sairastavien lasten kuntoutuksessa (Becker & Cole 1997.), kun taas sydänsairaiden vesiterapiasta mielipiteet ovat vaihtelevia (Davis & Harrison 1988).

Hengityselinsairaat kokevat vesiterapian yleensä miellyttävänä, koska hengitysilman suuri kosteuspitoisuus ja veden hydrostaattisen paine helpottavat hengitystä. Vedessä rintakehään kohdistuva ulkoinen paine helpottaa uloshengitystä ja näin ollen esimerkiksi astmaa sairastavilla tavataan vesiliikunnassa vähemmän hengenahdistusta kuin maalla liikuttaessa. Lisäksi hydrostaattinen paine vastustaa sisään hengitystä ja näin ollen vahvistaa hengitysilhaksia. (Becker & Cole 1997.)

Vastaavasti verenkiertoelinsairaille veden hydrostaattinen paineen vaikutus saattaa olla haitallista, koska se voi aiheuttaa verenpaineen muutoksia. Näin ollen vesiterapiaa ei ole pidetty suositeltavana kuntoutusmuotona henkilöille, joilla on todetusti poikkeuksellisen matala tai korkea verenpaine. Pienet verenpaineen muutokset eivät kuitenkaan ole kontraindikaatio vesiterapialle, koska verenpaineen kasvu on hetkellistä. Lisäksi vedessä sydämen täytön helpottuessa ja sykkeen laskiessa sydän joutuu kerta supistuksella suuremmalle rasitukselle kuin maalla ja näin ollen sydän sairait ihmiset saattavat saada sydänoireita vedessä liikuttaessa. Näin ollen sovellettaessa vesiterapiaa verenkiertoelinsairaille ihmisille on toteutus ja seuranta suunniteltava huolellisesti riskien välttämiseksi. (Davis & Harrison 1988.)

### 3.VESI KUNTOOUTUSELEMENTTINÄ

Veden hydrodynaamiset ominaisuudet (hydrostaattinen paine, vastus ja virtaus) tekevät vedestä poikkeuksellisen elementin ilmaan verrattuna ja se onkin huomioitava suunniteltaessa vedessä tapahtuvaa kuntoutusta. Maalla tapahtuvassa liikkeessä suurin osa energiasta kuluu pystyasennon säilyttämiseen, mutta vedessä vartaloa ympäröivä hydrostaattinen paine tukee niveliä ja helpottaa näin tasapainon säilyttämistä (Bates & Hanson 1996). Lisäksi vedessä ihminen painaa vähemmän kuin maalla ja vesi vastustaa koko ajan sen sisässä tapahtuvaa liikettä veden nosteen ja vastuksen vaikutuksesta (Becker & Cole 1997.)

Vedessä kappaletta ympäröi hydrostaattinen paine, joka on suurempi kuin ilmanpaine ja on joka suunnasta yhtä suuri. Kuitenkin mitä syvemmälle vedessä mennään sitä suuremmaksi paine kasvaa verrattuna vedenpinnan tasoon. Veden hydrostaattisesta paineesta johtuen liikkuminen helpottuu vedessä. Koska hydrostaattinen paine on syvällä vedessä suurempi kuin lähellä veden pintaa, painevoimien eroista johtuen syvän veden paineen vaikutus on aina ylöspäin, josta seuraa veden noste. Noste perustuu Archimedeksen lakiin, jonka mukaan kappale menettää painostaan yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä vesimäärä painaa. Eli keho syrjäyttää veteen joutuessa saman tilavuuden vettä, mitä veden tilavuutta kehon paino vastaa. (Ohanian 1989.) Veden noste vaikuttaa aina kohtisuoraan ylöspäin ja tästä johtuu, että vedessä kappale painaa vähemmän kuin maalla. Esimerkiksi lantiosyvyisessä vedessä alaraajoille kohdistuva paino on naisilla 47% ja miehillä 54% kehon kokonaispainosta. Rintasyvyisessä vedessä vastaavat luvut ovat 28% ja 35% sekä kaulasyvyisessä vedessä molemmilla sukupuolilla 8%. (Thein & Thein Brody 1998.) Vesivoimistelussa nosteen merkitys tulee ilmi siinä, että se helpottaa ylöspäin (veden pintaa kohti) suuntautuvia ja vastaavasti vastustaa alaspäin (pohjaa kohti) suuntautuvia liikkeitä (Hall ym. 1998). Nosteen vaikutuksesta niveliin kohdistuu vähemmän painoa kuin maalla liikuttaessa ja lisäksi hydrostaattinen paine tukee niveliä, jonka vuoksi vesivoimistelua onkin pidetty turvallisena liikuntamuotona myös nivelsairaille (Bates & Hanson 1996).



Veden noste vaikuttaa siis kappaleen kelluvuuteen, mutta lisäksi siihen vaikuttavat myös monet muut tekijät. Kelluvuus perustuu kappaleen tiheyteen ja siihen, että kappaleen tiheys on pienempi kuin veden tiheys. Jotta ihminen kelluu tulee kehon tiheyden olla alle 1, jolloin kehon paino on pienempi kuin sama tilavuus vettä. Jos kehon tiheys on 1 ihminen kelluu hieman veden pinnan alla ja jos tiheys on yli 1, kappale uppoaa. (Bates & Hanson 1996.) Ihmiskehon tiheys vaihtelee kuitenkin iän ja kehon koostumuksen mukaan. Esimerkiksi rasvakudoksen määrä ja keuhkojen tilavuus sekä raajojen symmetria vaikuttavat kelluvuuteen. (Reid Campion 1990.) Näin ollen myös kehon painopisteen sijainti ja tarkemmin vedessä puhuttaessa nostepiste vaikuttavat kelluvuuteen. Painopisteessä kehoon vaikuttaa maan vetovoiman suuruinen vastakkainen nostevoima. (Bates & Hanson 1996.) Mikäli keho on epäsymmetrinen esimerkiksi amputaation vuoksi, kehon painopisteen siirtyessä vertikaalisesta linjasta lateraalisesti terveelle puolelle vaikuttaa se kellunta-asentoon. Tällöin vartalo kiertyy terveelle puolelle, kunnes saavutetaan taas tasapainotila. Vesiterapiassa nosteen ja nostepisteen merkitys tulee esiin asennon ja tasapainon hallinnassa. (Reid Campion 1990.) Harjoiteltaessa vedessä nostetta voidaan käyttää alkuvaiheessa avustamaan heikkoja lihaksia liikkeen aikaansaamiseksi ja myöhemmin veden vastuksen tavoin harjoitusvastuksena lihasvoimaharjoittelussa (Golland 1981, Koury 1996).

Vesiterapialle tärkeä veden mekaaninen ominaisuus on myös veden vastus, jota voidaan hyväksikäyttää harjoittelussa. Veden vastus perustuu vesimolekyylien viskositeettiin, johon vaikuttaa veden lämpötila. Vesimolekyylit ovat normaali tilanteessa paikallaan ja tietyssä suhteessa naapurimolekyyleihin. Vesimolekyylin liikkeelle saamiseksi tarvitaan jokin ulkoinen voima. Yhden vesimolekyylin liike saa aikaan jännitteen muutoksen naapurimolekyyleissä ja näin ollen muodostuu veden liikettä. Kun vesi saadaan liikkeelle siihen kohdistetulla voimalla, vastaa se viskositeetin vuoksi liikkeeseen saman suuruisella vastakkaissuuntaisella voimalla. Tätä vastavoimaa sanotaan veden vastukseksi. Veden lämpötilan kohotessa viskositeetti pienenee, jolloin vastaavasti myös veden vastus on pienempi. Viskositeetin muutos on kuitenkin niin vähäinen, ettei sillä ole merkittävää vaikutusta heikkojen lihasten harjoittamiseksi. (Bates & Hanson 1996.) Veden vastus johtuu siis liikkuvan veden sisäisestä liikettä vastustavasta kitkasta ja pyörteistä. Veden vastus on aina liikesuunnan vastainen ja sen suuruuteen vaikuttavat tuotetun voiman lisäksi myös kappaleen muoto ja liikenoisuus. (Becker & Cole 1997). Veden vastus

kaksinkertaistuu kappaleen pinta-alan kaksinkertaistuessa sekä kasvaa liikenopeuden neliössä. Eli lisättäessä liikenopeutta kaksinkertaiseksi, veden vastus nelinkertaistuu. (Bates & Hanson 1996.) Veden noste ja vastus ovat elementtejä, joilla saadaan tehokkuutta harjoituksiin. Vastuksen ansiosta vedessä voidaan tehdä kokonaisvaltaisia lihasvoimaharjoituksia, joissa vastusta voidaan lisätä käyttämällä erilaisia pinta-alaa suurentavia välineitä tai vaihtelemalla liikekulmia ja -tasoja sekä liikenopeuksia suorituksissa. (Koury 1996.)

Vastuksen lisäksi vesiterapiassa voidaan hyödyntää ja hyväksikäyttää myös veden virtauksia ja pyörteitä eli turbulensseja (). Vedessä liikuttaessa vartalon taakse muodostuu pyörteitä eli turbulensseja, jotka vaikuttavat kappaleeseen ns. negatiivisella voimalla. Ne muodostuvat veden viskositeetin funktiosta, eli mitä suurempi veden vastus on, sitä enemmän turbulensseja muodostuu. Turbulenssien määrä lisääntyy liikenopeutta ja vastuksen pinta-alaa lisättäessä (Ohanian 1989, Bates & Hanson 1996, Koury 1996, Becker & Cole 1997.) ja suurin osa veden vastuksesta syntyykin turbulenssien pyörrevastuksesta (Davis & Harrison 1988). Turbulensseilla on vaikutusta etenkin ryhmäkuntoutuksessa, jossa ne vaikeuttavat vedessä olijoiden tasapainon ylläpitämistä (Reid Campion 1990). Veden virtauksia voidaan käyttää joko helpottamaan liikkeitä tai veden vastuksen tavoin tehostamaan harjoittelua (Golland 1981). Esimerkiksi myötävirtaan liikkuminen helpottaa suoritusta ja vastavirtaan tehty suoritus on taas raskaampi suorittaa

Veden mekaanisten ominaisuuksien lisäksi vesiterapiassa voidaan hyödyntää myös sen termisiä ominaisuuksia. Vesi johtaa paremmin lämpöä kuin ilma, joten vedessä elimistö jäähtyy nopeammin kuin suorassa kosketuksessa ilmaan. On todettu, että 28-30°C on riittävä veden lämpötila kilpauimareille. Tässä lämpötilassa aineenvaihdunnan ylläpitäminen on vielä helppoa ja lämmönhukka vähäistä. (McArdle ym. 1996.) Vesiterapiassa veden lämpötilan tulee kuitenkin olla korkeampi kuin uintiveden, jotta terapialla olisi lihaksia rentouttava ja kipua lievittävää lämpövaikutusta. Lisäksi veden lämpötilaan vaikuttaa kuntoutujien ikä ja vamma. Nuorilla ortopedisillä kuntoutujilla veden lämpötila voi olla alhaisempi kuin iäkkäillä reumatologisilla tai neurologisilla kuntoutujilla. Optimaalinen veden lämpötila vesiterapiassa olisi kehon lämpötila, jolloin lämmönsäätely on helppoa. Käsitys vesiterapiassa käytettävän veden lämpötilasta vaihtelee kuitenkin eri lähteiden mukaan 30-37°C välillä. Reid Campion (1990) on koonnut

vesiterapiatutkimuksissa käytettyjä veden lämpötilasuosituksia, joiden mukaan neutraali vesiterapia lämpötila on 33,3°C. Tällöin vesi koetaan miellyttäväksi eikä lämmön hukka ole merkittävää. Näiden tukijoiden kokemusten mukaan vesiterapialtaan veden lämpötilan tulisi olla 32-34°C. (Reid Campion 1990.) Davisin ja Harrisonin (1988) mukaan kuitenkin jo 36 asteinen vesi vaikuttaa selvästi verenkiertoon ja elimistössä alkaa tapahtumaan jäähtymistä lämmön johtuessa veteen, kun taas 40°C:ssa vedessä oleskelu voi johtaa elimistön sisälämpötilan nousuun, hypertermiaan (Allison & Reger 1998). Kirjallisuudessa ollaan kuitenkin yksimielisiä siitä, että alle 26,6°C vedessä elimistössä tapahtuu jäähtymistä ja aiheutuvasta lihasvärinästä on harjoitukselle epäedullisia vaikutuksia. Yli 35°C vedessä havaitaan elimistön rentoutumista, mutta elimistö väsy nopeammin ylimääräisestä kardiovaskulaarisesta rasituksesta ja elimistön kuivumisesta. (Reid Campion 1990.) Vesiterapiassa voidaan käyttää myös ns. kylmäterapiaa, jolloin veden lämpötilaa lasketaan analgeettisen vaikutuksen aikaansaamiseksi (Bogoljubov 1983).

## **4. VESILIIKUNNAN BIOLOGISIA VAIKUTUKSIA**

Veden erityisominaisuuksilla ja etenkin hydrostaattisella paineella on fysiologisia vaikutuksia ihmiselimistössä. Vedessä jo paikallaan ollessa tapahtuu hengitys- ja verenkiertoelimistössä toiminnallisia muutoksia neuraalisen säätelyn seurauksena. Rasituksessa muutokset eivät kuitenkaan ole yhtä selkeitä. (Hall ym. 1998. ) Säännöllisellä vesiterapialla voidaan parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa. Vesiterapian vaikutusten vertaaminen maalla suoritettavaan perinteiseen kuntoutukseen on kuitenkin vaikeaa veden hydrodynaamisten ominaisuuksien vuoksi. Näin ollen vedessä ja maalla suoritettavien liikkeiden biomekaniikka ja fysiologiset vasteet eivät ole yhteneviä. (Yu ym. 1994.)

### **4.1. Sydän- ja verenkiertoelimistön tekijät**

Hydrostaattisen paineen vaikutuksesta elimistön pintaverenkierron vastus kasvaa ja verenkierto siirtyy elimistön sisäosiin. Sydämen täytön helpottuessa iskutilavuus kasvaa jopa 35%. (Davis & Harrison 1988, Chu & Rhodes 2001.) Hydrostaattisesta paineesta johtuen oikean eteisen ja keuhkovaltimon paine kohoaa vedessä (Christie ym. 1990), mutta verenpaine itsessään tasoittuu nopeasti veteen menon jälkeen. Näin ollen ääreisvastuksen ja iskutilavuuden muutokset yhdessä laskevat sydämen sykettä. (McArdle ym. 2001). Vedessä liikuttaessa sydämen syke on intensiivisessä harjoittelussa keskimäärin 11 lyöntiä/min alhaisempi kuin maalla liikuttaessa (Yu ym. 1994). Lisäksi veren perifeerisen vastuksen kasvaessa paineen vaikutuksesta, sillä on myös diureettinen ja turvotusta vähentävä vaikutus (Davis & Harrison 1988, Reid Campion 1990).

Myös veden lämpötila vaikuttaa verenkiertoon. Lämpimässä vedessä harjoiteltaessa sydämen syke pyrkii nousemaan elimistön poistaessa syntynyttä liikalämpöä pintaverenkierron kautta, mutta veden lämpötilan laskiessa vastaavasti alle 20°C sydämen syke kohoaa lämmönhukan estämiseksi (Šrámek ym. 2000). Ns. kylmähoidot supistavat

pintaverisuonia ja lisäävät näin ollen verenkierron perifeeristä vastusta. Lisäksi kylmällä vedellä on analgeettinen, kipua ja tulehduksia lievittävä vaikutus. Lämpimällä vedellä voidaan taas vastaavasti vilkastuttaa verenkiertoa ja lisätä aineenvaihduntaa lihaksissa ja saada näin ollen lihakset rentoutumaan ja kipu lievittymään. (Boguljubov 1983.)

Vedessä harjoiteltaessa tapahtuu elimistössä hetkellisesti em. sydän- ja verenkiertoelimistön vasteita, mutta elimistö palautuu normaaliin tilaan vedestä pois noustessa. Tutkimuksissa on siis todettu, että vedessä harjoiteltaessa sydämen on alhaisempia kuin maalla harjoiteltaessa, mutta veden vastuksen vuoksi harjoittelu koetaan samalla syketasolla vedessä raskaampana (Yu ym. 1994, Frangolias & Rhodes 1996). Ainut havaittava fysiologinen verenkiertoelimistön ero, on sydämen koon muutos. Vedessä harjoitelleilla henkilöillä on todettu sydämen tilavuuden kasvua. (Haffor ym. 1991 )

#### **4.2. Hengityselimistön tekijät**

Veden aiheuttama kehoa ympäröivä paine pienentää keuhkojen tilavuutta ja vaikeuttaa näin ollen sisään hengitystä (Bates & Hanson 1996, Guyton & Hall 2000). Keuhkojen laajenemisen vaikeutuessa sisään hengityksessä hengitettävän ilman tilavuus pienenee. Vastaavasti ulos hengityksessä keuhkojen tyhjeneminen tehostuu paineen painaessa rintakehää kasaan ja jäännösilman määrä pienenee. (Chu & Rhodes 2001, McArdle ym.2001.) Hydrostaattinen paine vaikuttaa myös hengitysfrekvenssiin. Verenkierron lisääntyessä elimistön sisäosissa kaasujen vaihto keuhkokudoksissa tehostuu ja hengitysfrekvenssi lisääntyy suhteessa hengitystilavuuteen (TV) (Frangolias & Rhodes 1996). Lisäksi Yu ym. (1994) ovat todenneet vesikävelytutkimuksessaan, että hengityksen minuuttitilavuus (VE) suurenee vedessä liikuttaessa hengitysfrekvenssin kasvaessa.

Interventiotutkimuksilla on osoitettu, että vesiterapia parantaa hapenottokykyä, mutta kyseisissä tutkimuksissa ei ole kyetty osoittamaan merkittävää eroa kuivalla maalla toteutetun kestävyysharjoittelun fysiologisiin vaikutuksiin (Taunton ym. 1996).

### 4.3. Aineenvaihdunnalliset tekijät

Ihmisen joutuessa upotetuksi kaulasyvyiseen veteen hydrostaattisen paineen ja lämpötilan vaikutuksesta elimistön autonominen säätely muuttuu. Veden johtaessa paremmin lämpöä kuin ilma, elimistön jäähtymisen ehkäisemiseksi hengitys- ja verenkiertoelimistön fysiologisten vasteiden seurauksena vedessä lepo hapenkulutus on suurempaa kuin maalla mitattuna. (Fujisawa ym. 1996). Šrámek ym. (2000) ovat osoittaneet, että lämpimässä vedessä (32°C) oleskeltaessa sydämen sykkeen kasvusta huolimatta hapenkulutuksessa ei tapahdu merkittävää muutosta. Kylmässä vedessä elimistö joutuu kuitenkin suuremmalle rasitukselle lämmönhukan estämiseksi ja hapenkulutus sekä kokonaisenergiankulutus lisääntyy lihasvärinän vuoksi. (Vickery ym. 1983, McArdle ym. 1996). Veden lämpötilan laskiessa 20 asteeseen hapenkulutuksen on todettu kasvavan 93% ja 14°C:ssa 350% (Šrámek ym. 2000).

Tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että vedessä liikuttaessa sydämen syke ja hapenkulutus ( $VO_2\max$ ) ovat alhaisempia kuin maalla harjoiteltaessa. (Nielsen 1977, Yu ym. 1994, Frangolias & Rhodes 1996, Chu & Rhodes 2001). Vedessä liikkuminen koetaankin kuitenkin usein raskaammaksi liikkeen biomekaanisten erojen vuoksi, vaikkakin hapenkulutus on alhaisempi kuin maalla liikuttaessa (Yu, ym. 1994).

Interventiotutkimuksilla on osoitettu, että vesiterapia parantaa hapenottoa ja säännöllisellä vesivoimistelulla voidaan parantaa kuntoutujien kestävyys kuntoa samoin kuin millä tahansa kuntoliikunnalla (Taunton ym. 1996). Harjoittelussa on kuitenkin huomioitava vamman tai sairauden vakavuus ja sovellettava terapiaa sen mukaan. Olennaista vesiterapiassa on kuitenkin myös harjoituksen kuormittavuuden arviointi. Jotta vesiterapialla olisi vaikutusta hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyyskuntoon on harjoittelun oltava riittävän kuormittavaa. Näin ollen passiivisella vesiterapialla ei voida aikaansaada pysyviä harjoitusvasteita.

#### 4.4. Sisäeritysjärjestelmän tekijät

Hengitys- ja verenkiertoelimistön vasteet vesivoimistelulle johtuvat osittain elimistön humoraalisesta eli hormonaalisesta säätelystä. Vedessä elimistön hormonitasapaino muuttuu hydrostaattisesta paineesta ja lämpötilasta johtuen. Viileä vesi stimuloi elimistön kylmä- ja painereseptoreita aktivoiden näin sympaattista hermostoa ja sisäeritystä. Verrattaessa elimistön hormonituotantoa vedessä eri lämpötiloissa on todettu, että lämpötilan muutos vaikuttaa merkittävästi plasman hormonipitoisuuksiin. Šrámekin ym. (2000) mukaan 32°C:ssa vedessä plasman reniini aktiivisuus ja aldosteronin sekä kortisolin konsentraatiot laskevat veden lämpötilan laskiessa 32°C:sta 14°C:een. Nesteenpoisto elimistöstä (diureesi) vastaavasti lisääntyy veden lämpötilan laskiessa ja 14°C:ssa virtsan erityis on 163% verrattuna 32°C veteen. (Šrámekin ym. 2000.) Myös rasiustaso vaikuttaa plasman hormonipitoisuuksiin. Vedessä liikuttaessa elimistön sisäisen verenkierron tehostuminen muuttaa laskimoiden hormonipitoisuutta sekä nestekiertoa ja elektrolyyttistä säätelyä. Verrattaessa yläraajatyöskentelyä maalla ja vedessä on todettu, että etispeptidin (ANP) konsentraatio on vedessä suurempi kuin maalla ja vastaavasti plasman reniini aktiivisuus (PRA), aldosteroni (PA) ja arginiini vasopressiini (AVP) pitoisuudet laskimoissa ovat vedessä alhaisempia kuin maalla työskenneltäessä. (Sheldahl ym. 1992.) Näin ollen virtsan erityis on vedessä runsaampaa kuin maalla. Sheldahl ym. (1992) eivät kuitenkaan havainneet veren osmoslaarisuuden tai natrium ( $\text{Na}^+$ ) ja kalium ( $\text{K}^+$ ) pitoisuuksissa muutoksia eri olosuhteissa, kun taas Watenpaugh ym. (2000) ovat osoittaneet tutkimuksissaan, että vedessä paikallaan istuessa natriumin ja kaliumin konsentraatiot vaihtelevat eri sukupuolien välillä. Kolmen tunnin vedessä olon jälkeen molemmat sukupuolet olivat menettäneet nestettä noin 0,5 kg, mutta miehillä kaliumin erittyminen virtsaan oli merkitsevästi suurempaa kuin naisilla. Vastaavasti naisilla virtsan erityis oli runsaampaa kuin miehillä. (Watenpaugh ym. 2000.) Conelly ym. (1990) ovat taas kyenneet osoittamaan, että vedessä rasittavassa ja maksimaalisessa dynaamisessa yläraajatyössä katekoliamiineihin luettavat plasman noradrenaliini ja adrenaliini konsentraatiot ovat merkittävästi alhaisempia kuin maalla työskenneltäessä. Plasman katekoliamiinien vaikutus elimistössä kohdistuu sileään lihaksistoon ja aineenvaihduntaan

(Nienstedt ym. 1995). Näin ollen katekoliaamiinit stimuloivat autonomista hermostoa ja vaikuttavat tätä kautta kardiorespiratorisiin vasteisiin (Conelly ym. 1990).

#### **4.5. Hermolihasjärjestelmän tekijät**

Vesiterapian biomekaanisia vaikutuksia on vielä kovin vähän tutkittu (Frangolias & Rhodes 1996). Tiedetään kuitenkin että, vedessä liikkeet ovat biomekaniikaltaan erilaisia kuin maalla ja näin ollen niiden vertaaminen on vaikeaa (Yu ym. 1994). Suurin osa biomekaanisista tutkimuksista on tarkastellut aihetta kilpauinnin tai vesijuoksun näkökulmasta, mutta ei suoranaisesti terapia lähtökohdista. Pöyhönen (2002) on kuitenkin omassa vesiterapiatutkimuksessaan kyennyt osoittamaan, että veden painottomasta tilasta ja lämpötilasta johtuen liikkeiden neuromuskulaarinen säätely poikkeaa maalla tapahtuvasta hermostollisesta säätelystä. Vedessä lihasten EMG-aktiivisuus on vähäisempää kuin maalla suoritetuissa vastaavissa liikkeissä ja EMG-amplitudin on todettu olevan keskimäärin 11-17% alhaisempi. Kuitenkin neuromuskulaariset refleksit, kuten esimerkiksi H-refleksi, näyttäisi vedessä olevan voimakkaampi kuin maalla mitattaessa. (Pöyhönen 2002.)

Vesivoimistelun biomekaaniset vaikutukset tulevat esiin lihasvoiman ja nivelliikkuvuuden lisääntymisenä. Aiemmissä interventiotutkimuksissa on todettu, että intensiivisen vesiterapiajakson jälkeen koehenkilöiden lihasvoima ja lihaksen pinta-ala ovat kasvaneet sekä hapenotto kyky parantunut alkutilanteeseen verrattuna (Kettunen & Rintala 1993, Frangolias & Rhodes 1996, Tauton ym. 1996, Pöyhönen 2002). Nivelliikkuvuuden lisääntymisestä ei kuitenkaan olla aivan yksimielisiä. Osassa harjoitusinterventioista vesivoimistelulla näyttäisi olevan positiivinen vaikutus nivelliikkuvuuteen (Helliwell ym. 1996, McIlveen & Robertson 1998), mutta osassa interventioista, joissa ei erityisesti kiinnitetty huomiota nivelliikkuvuuteen ei vastaavaa kehitystä ollut havaittavissa. (Sjogren ym. 1997). Kyseisissä tutkimuksissa ei kuitenkaan ole voitu osoittaa merkittäviä eroja verrattaessa tuloksia perinteiseen kuivalla maalla toteutettuun kuntoutukseen. (Tauton ym. 1996.) Lisäksi pidempiaikaisessa seurannassa on todettu, etteivät vesiterapia intervention vaikutukset ole pysyviä (Helliwell ym. 1996).



## **5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT**

Tutkimukseni tarkoituksena on selvittää yleisesti vesivoimistelussa käytettyjen liikkeiden hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittavuutta sekä verrata valittujen liikkeiden aikana tapahtuvia sydämen sykkeen, hapenkulutuksen ja veren laktaattipitoisuuden vasteita rasitukselle terveillä ja hengitys- ja verenkiertoelinsairailta koehenkilöillä.

### **Tutkimusongelmat**

I Vesivoimistelun aiheuttamat muutokset ihmisen fysiologiassa?

- Sydän- ja verenkiertoelimistö
- Aineenvaihdunta : hapenkulutus ja veren laktaattipitoisuus
- Koettu kuormittuminen

II Vesivoimistelun aikaisten fysiologisten muutosten erot terveillä ja hengitys- ja verenkiertoelinsairailta naisilla?

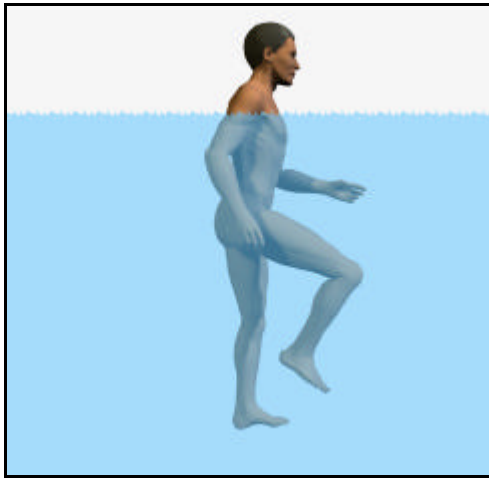
## **6. TUTKIMUSMENETELMÄT**

### **6.1. Koehenkilöt**

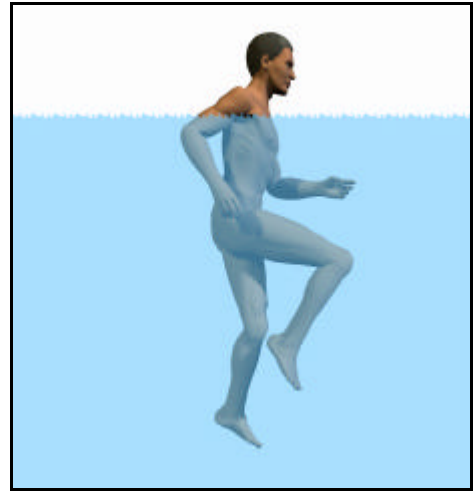
Tutkimukseen valittiin koehenkilöiksi 20 vapaaehtoista 40-60-vuotiasta naista. Koehenkilöt jaettiin koe- ja kontrolliryhmään, hengitys- ja verenkiertoelimistön sairauksien perusteella. Koeryhmän kaikilla kymmenellä naisella oli jokin hengitys- tai verenkiertoelimistön sairaus (astma n=3, verenpainetauti tai sydämen rytmihäiriöitä n=7). Poissulkukriteereinä pidettiin akuuttia sydänsairautta, postoperatiivista sydänvikaa tai testiliikkeiden suorittamista vaikeuttavia tuki- ja liikuntaelimistön oireita. Kontrolliryhmän poissulkukriteereinä olivat kaikki diagnosoidut hengitys- ja verenkiertoelinsairaudet sekä tuki- ja liikuntaelimistön oireet. Kaikkien koehenkilöiden tuli harrastaa säännöllisesti, jotakin kuntoliikuntaa.

### **6.2. Tutkimusasetelma**

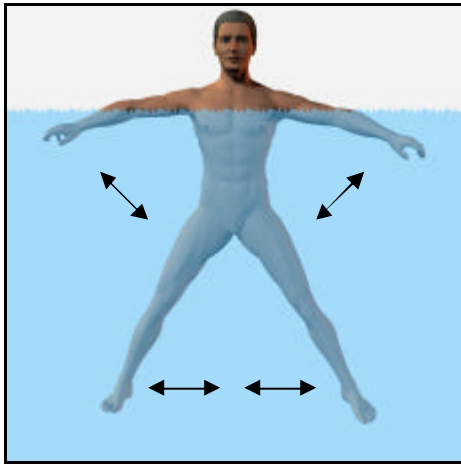
Kukin koehenkilö suoritti 22 minuuttia kestävästä vesivoimisteluharjoituksen, joka koostui kuudesta testiliikkeestä. Ennen varsinaista harjoitusta edelsi 5 minuutin lepo tuolilla istuen, jonka aikana määritettiin lepsyke (HR), -laktaatti (Bla) ja hapenkulutus ( $VO_2$ ). Vesivoimistelu suoritettiin 130cm syvässä, 32°C:ssa vedessä. Testiliikkeet suoritettiin kahden liikkeen liikepareina: 1. paikallaan marssi ja polvennostajuoksu, 2. haaraperus- ja hiihtohyppy, 3. kävely ja juoksu (Kuvio 1). Kutakin testiliikettä toistettiin 3 minuuttia ja liikeparin jälkeen pidettiin 2 minuutin palautus. Testiliikeparien suoritusjärjestys satunnaistettiin ja kukin liike tuli suorittaa mahdollisimman nopeasti. Koehenkilöt arvioivat sanallisesti testiliikkeiden kuormittavuutta välittömästi liikkeen päätyttyä ja välittömästi harjoituksen päätyttyä määritettiin veren laktaattipitoisuus. Harjoitusta seurasi vielä 5 minuutin palautus tuolilla istuen, jona aikana rekisteröitiin sydämen sykettä ja hapenkulutus sekä (4 min.) palautuslaktaatti. (Kuvio 2)



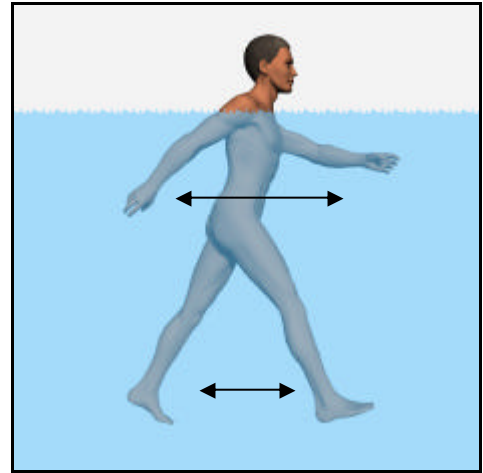
1. Paikallaan marssi



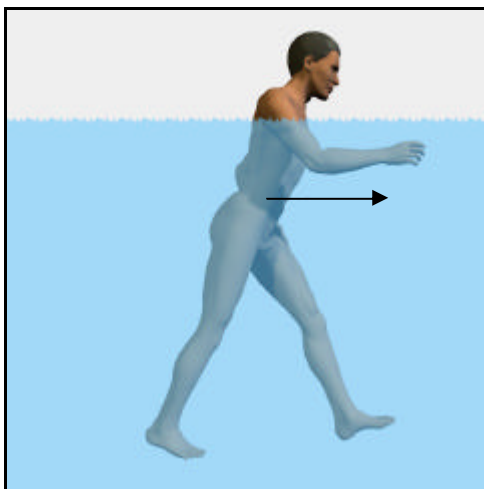
2. Polvennostajuoksu



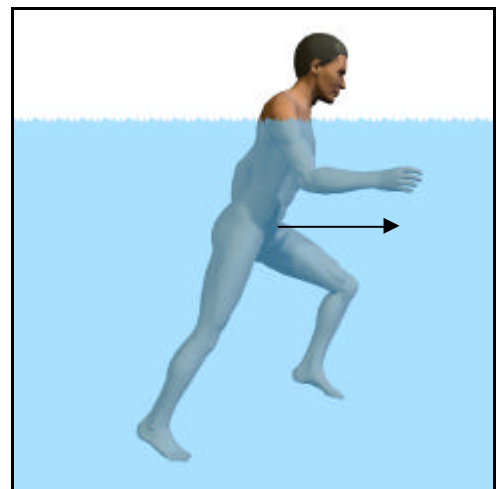
3. Haaraperushyppy



4. Hiihtohyppy

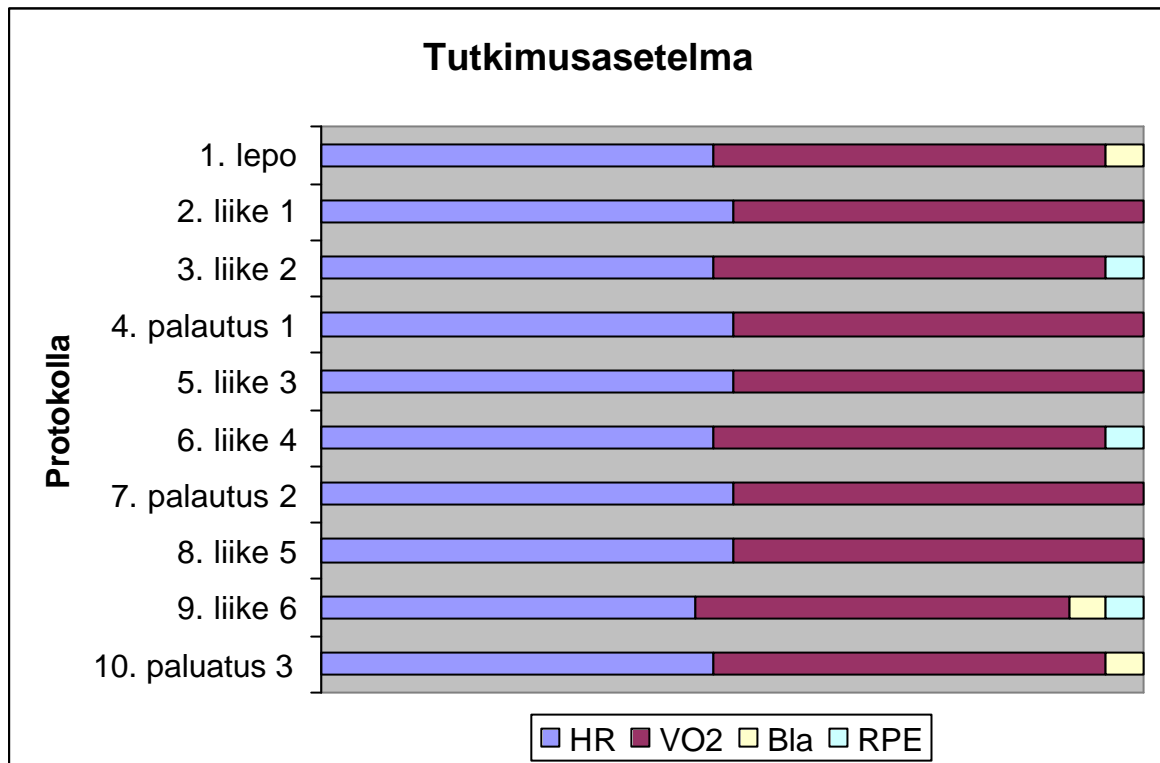


5. Kävely



6. Juoksu

KUVIO 1 Tutkimuksessa käytetyt kuusi testiliikettä, jota kutakin toistettiin submaksimaalisesti 3 minuuttia.



KUVIO 2 Tutkimusasetelmasta käy ilmi, kuinka sydämen sykettä, hapenkulutusta, veren laktaattipitoisuutta ja arvioitua kuormitusta RPE-asteikolla on mitattu harjoitusjakson kussakin vaiheessa.

### 6.3. Mittausmenetelmät

Ennen varsinaisia mittauksia koehenkilöiden syntymäaika, pituus, paino, sairaudet, lääkitys ja liikuntaharrastukset määritettiin terveystietokyselyllä (Liite 1). Sydämen sykettä seurattiin koko 32 minuuttia kestävästä kokeesta aikana Polarin sykemittarilla. Sykkeen keräystaajuus oli 5 sekuntia. Hapenkulutusta rekisteröitiin koko kokeen ajan Cosmed K4b<sup>2</sup> hengityskaasuanalysaattorilla, joka oli kytkettynä erityissuunniteltuun snorkkeliin. Hengityskaasuanalysaattori analysoi ventilaatiota hengitys hengitykseltä ja saadut tulokset keskiarvoistettiin 15 sekunnin keskiarvoksi. Veren laktaattipitoisuus määritettiin ennen rasiutusta ja välittömästi koko harjoituksen päätyttyä sekä 4 minuutin palautuksen jälkeen sormenpään kapillaariverestä pika-analysaattorilla. Lisäksi kukin koehenkilö arvioi suullisesti tuntemuksiaan ja rasiutustasoaan testiliikkeiden aikana Borgin oire- ja RPE-asteikolla (Liite 2).

Sydämen sykettä voidaan mitata manuaalisesti kaula- tai radiaalivaltimolta. Koska tässä tutkimuksessa haluttiin seurata sydämen sykkeen muutoksia rasituksessa oli sykettä seurattava koko suorituksen ajan ja tällöin kyseeseen tulee mittausten menetelmänä automaattisesti syketietoja keräävä sykemittari. Polarin sykemittarit keräävät syketietoja valitulla keräystaajuudella. Tässä tutkimuksessa keräys taajuudeksi valittiin tihein mahdollinen taajuus eli 5 sekuntia. Tällä taajuudella sydämen syke vaihtelut ovat pienimpiä ja samoin keskiarvoistamisesta seuraava keskihajonta vähäisintä.

Cosmed K4b<sup>2</sup> hengityskaasuanalysointilaitteen validiteettia on tutkittu vertailemalla saatuja mittaustuloksia eri menetelmillä mitattuihin tuloksiin. Douglass säkkimenetelmällä mitattuna lepo ja maksimi hapenkulutus poikkeaa merkittävästi K<sub>4</sub> – menetelmästä, mutta submaksimaalisessa rasituksessa menetelmien välillä ei ole havaittu merkittäviä poikkeavuuksia. Verrattaessa Cosmed K<sub>4</sub>– ja Airspec QP9000- menetelmää Maiolo ym. (2003) eivät havainneet saaduissa mittaustuloksissa merkittäviä eroja. (Maiolo ym. 2003.) Näin ollen Cosmed K<sub>4</sub> hengityskaasuanalysointilaitetta voidaan pitää varsin luotettavana menetelmänä arvioimaan hapenkulutusta, etenkin submaksimaalisessa rasituksessa. Lisäksi huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä ilman paine vaikuttavat tuloksiin. Näin ollen tulokset on suhteutettava vallitseviin olosuhteisiin (Liite 3). Tässä tutkimuksessa ventilaatiota analysoitiin hengitys hengitykseltä (Breath-by-Breath- menetelmällä), joka määrittää energiankulutuksen hengitysosamäärästä (Salminen ym. 1982). Tulokset muutettiin 15 sekunnin keskiarvoiksi, keskihajonnan minimoimiseksi ja validiteettiin ja tulosten tarkkuuden säilyttämiseksi.

RPE-asteikko on yleisesti luotettavana pidetty koetun kuormituksen mittari. Tällä mittarilla arvioidaan sanallisesti kuormituksen rasittavuutta (asteikko 6-20) ja ns. Borgin asteikolla (0-10) subjektiivisia oireita. RPE-asteikon suhde sydämen sykkeeseen ja energiankulutukseen on lineaarinen ja näin ollen se vastaa varsin yhtäpitävästi mitattua kuormitusta. (Davis 2002.) Toinen rasitusta kuvaava mittari on veren laktaattipitoisuuden määrittäminen. Veren laktaattipitoisuudella voidaan määrittää elimistöön kertyvästä maitohaposta energian kulutusmuodot sekä fyysisen kuormituksen energianlähteet. Kun veren laktaattipitoisuus ylittää ns. OBLA-pisteen (4 mmol/l), maitohappoa kertyy enemmän elimistöön, mitä se pystyy poistamaan. Tätä pistettä voidaan pitää myös anaerobisena

kynnyksenä, jolloin energiaa aletaan tuottamaan glykogeenista hapettomassa tilassa. Veren laktaattipitoisuus mitataan joko laskimo- tai kapillaariverestä. Vaikkakin valtimoverestä määritetty laktaattipitoisuus on luotettavampi, voidaan kenttä olosuhteissa kapillaariverestä pika-analysaattorilla saatua tulosta pitää riittävän luotettavana. (McArdle ym. 2001.)

#### **6.4. Tulosten analyysi**

Aineisto ajettiin Cosmed K<sub>4</sub> hengityskaasuanalysaattorille tarkoitettuun Cosmed 7.3a-ohjelmaan, jossa data keskiarvoistettiin 15 s jaksoihin. Lisäksi syketiedostot käsiteltiin Polar Precision Performance- ohjelmalla, koska K<sub>4</sub>:n sykeanturin kantama ei ole riittävä vedessä mitattavaksi. Aineiston esikäsittelyn jälkeen tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 11.0-ohjelmalla. Kaikille koehenkilöille määritettiin kokonaisharjoituksesta ja kustakin testiliikkeestä sykkeen, hapenkulutuksen ja koetun kuormittumisen minimi, maksimi ja keskiarvot sekä keskihajonnat. Lisäksi laskettiin koehenkilöiden veren laktaattipitoisuuden keskiarvot ja keskihajonnat harjoituksen päätyttyä. Lopuksi testiliikkeiden kuormittavuuden ja koeryhmien välisiä eroja pyrittiin selvittämään t-testillä ja erojen merkitsevyyttä yksisuuntaisella varianssianalyysi (ANOVA).

## 7. TULOKSET

Tutkimukseen osallistuneiden 20 naisen keski-ikä oli 52,6 (SD  $\pm$ 5,9) vuotta. Ikäjakauma koe- ja kontrolliryhmän kesken jakautui niin, että hengitys- ja verenkiertoelinsairaiden naisten koeryhmän keski-ikä oli 54,5 (SD  $\pm$ 4,7) vuotta ja terveen kontrolliryhmän keski-ikä 50,7 (SD  $\pm$ 6,5) vuotta. Tutkimukseen osallistuneiden naisten keskimääräinen pituus oli 162 cm ja paino 73kg, joka jakaantui koe- ja kontrolliryhmän kesken niin, että koeryhmän keskimääräinen pituus oli 163 cm ja paino 81 kg sekä kontrolliryhmän 161 cm ja 64 kg. Koeryhmän BMI (bodymassindex) 30,3 (SD  $\pm$ 6,0) oli merkitsevästi suurempi (p=0,023) kuin kontrolliryhmän 24,6 (SD  $\pm$ 4,1). (Taulukko 1.)

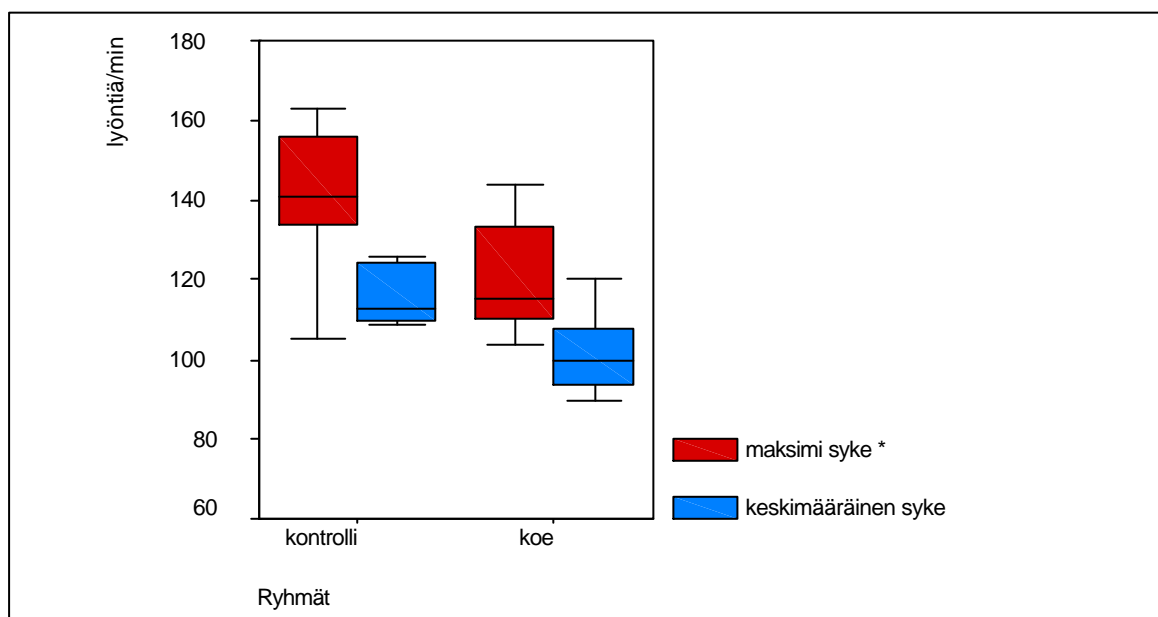
TAULUKKO 1 Koe- ja kontrolliryhmien keskimääräinen BMI, paino, pituus, ikä ja leposyke.

Ryhmä	N	Pienin arvo	Suurin arvo	Keskiarvo	Keskihajonta	
Koeryhmä	BMI	10	20	33	24,57	4,080
	PAINO	10	53,0	90,0	64,300	13,1000
	PITUUS	10	153	167	161,20	4,760
	IKÄ	10	40	58	50,70	6,500
	syke istuen levossa	8	60	92	75,14	12,310
Kontrolliryhmä	BMI	10	25	42	30,28	6,030
	PAINO	10	64,0	113,0	81,300	17,2900
	PITUUS	10	158	171	163,20	4,180
	IKÄ	10	47	60	54,50	4,743
	syke istuen levossa	8	62	84	75,38	7,671

Yksi koeryhmän naisista koki hengittämisen snorkkeliputken kautta niin epämiellyttäväksi, että joutui keskeyttämään kokeen. Näin ollen koeryhmän tuloksista puuttuvat hänen tietonsa testiliikkeistä 1 ja 2. Lisäksi sykemittarin teknisistä ongelmista johtuen syketiedot saatiin kerättyä vain kuudeltatoista koehenkilöltä.

## 7.1. Sydämen syke

Koetilanteen alussa sydämen syke levossa tuolilla istuen oli koeryhmällä 75 (SD ±8) lyöntiä minuutissa ja kontrolliryhmällä samoin 75 (SD ±12) lyöntiä minuutissa (Taulukko 1). Sydämen syke kohosi kullakin koehenkilöllä harjoituksen aikana ja testiliikkeiden aikainen sydämen sykkeen vaihtelu oli yksilöllistä. Koehenkilöiden keskimääräinen harjoitus syke oli kuudesta testiliikkeestä koostuvan 22 minuutin harjoituksen aikana palautukset mukaan lukien 108 (SD ±19,4) lyöntiä/minuutissa. Koeryhmän osalta keskimääräinen harjoitus syke oli 99 (SD ±14,6) lyöntiä/min ja kontrolliryhmässä 116 (SD ±20,6) lyöntiä/min. Koe- ja kontrolliryhmien välillä ei kuitenkaan ollut merkitsevää ( $p=0,078$ ) eroa keskimääräisessä harjoitus sykkeessä. Vastaavasti koeryhmän harjoituksessa saavuttama keskimääräinen maksimisyke (121 lyöntiä/min) oli merkitsevästi matalampi ( $p=0,041$ ) kuin kontrolliryhmän (141 lyöntiä/min). (Kuvio 3.)

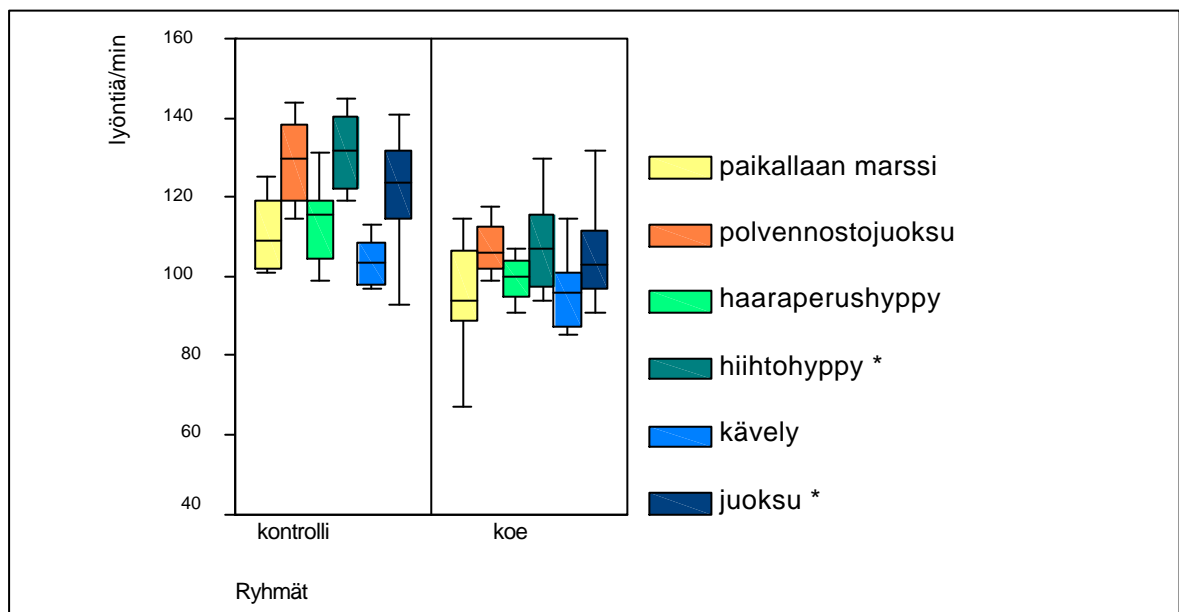


KUVIO 3 Koe- ja kontrolliryhmän keskimääräinen harjoitus syke ja maksimi syke harjoituksen aikana. \* $p<0,05$ .

Sydämen sykkeen keskiarvo ja maksimi arvot vaihteli oletusten mukaisesti eri vesivoimisteluliikkeiden aikana. Koeryhmän sydämen keskimääräinen 55% toimintareservi ei poikennut merkitsevästi kontrolliryhmän 56% sykereservistä. Keskimääräinen



harjoitusintensiiteetti testiliikkeestä riippuen oli 59-70 % iän mukaan arvioidusta maksimi sykkeestä (210 vuotta – ikä). Koeryhmän harjoitus syke vaihteli 57-64% maksimisykkeestä ja kontrolliryhmällä vastaavasti 60-76% maksimisykkeestä. Keskimääräinen harjoitus syke kaikilla (n 16) oli paikallaan marssissa 102 (SD ±17)lyöntiä/min, polvennostojuoksussa 115 (SD ±23)lyöntiä/min, haaraperushypyssä 104 (SD ±20) lyöntiä/min, hiihtohypyssä 117 (SD ±23) lyöntiä/min, kävelyssä 98 (SD ±11) lyöntiä/min ja juoksussa 114 (SD ±16) lyöntiä/min. Näin ollen sydämen syke oli keskimäärin suurin hiihtohypyssä ja alhaisin vedessä käveltäessä. Alla olevasta kuviosta 4 käy ilmi koe- ja kontrolliryhmien sydämen sykkeen väliset erot eri testiliikkeissä. Koeryhmän sydämen sykkeiden keskiarvot olivat merkitsevästi alhaisempi hiihtohypyssä (p=0,044) ja juoksussa (p=0,044) kuin kontrolliryhmäläisten sydämen sykkeen keskiarvot. Muiden testiliikkeiden osalta sydämen sykkeissä ei ollut koeryhmien välillä eroja.

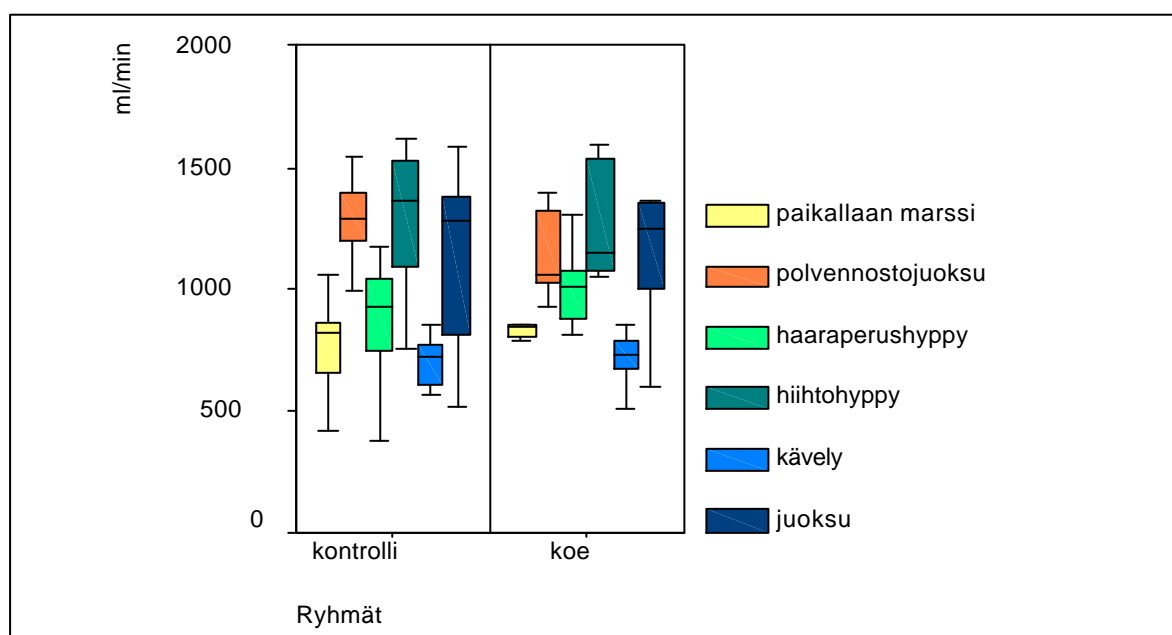


KUVIO 4 Koe (n 7)- ja kontrolliryhmien (n 8) sydämen sykkeen keskiarvot, keskihajonnat ja ryhmien välisten erojen merkitsevyydet kuudessa eri testiliikkeessä. \*p<0,05.

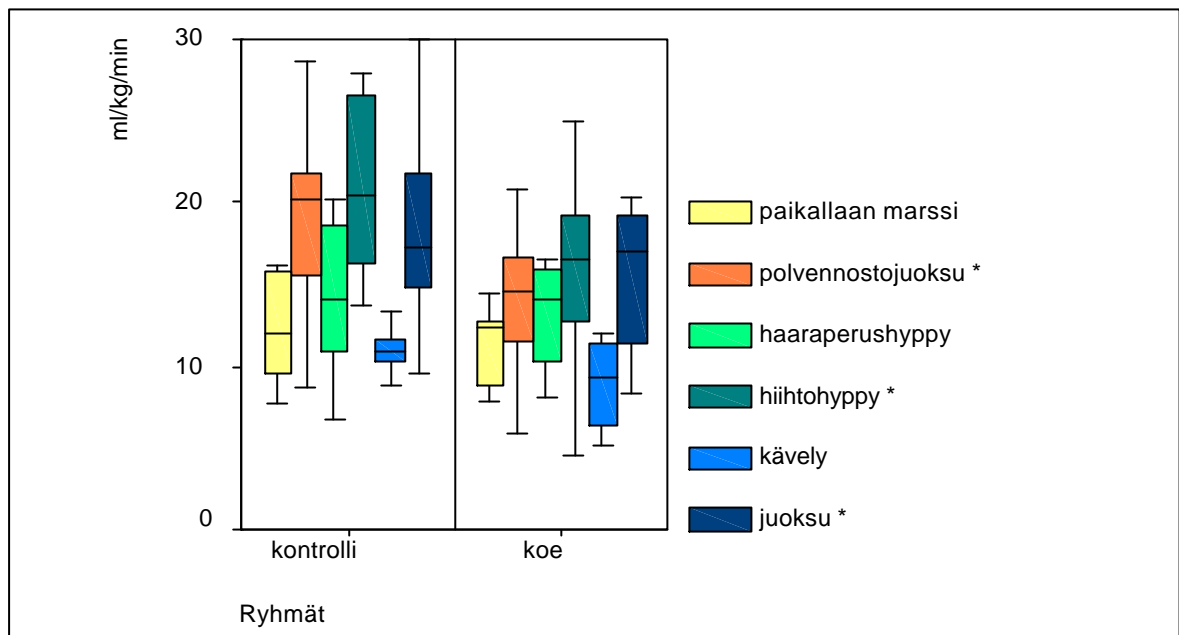
Palautumisessa 22 minuutin harjoituksesta sydämen sykkeessä ei koeryhmien välillä havaittu merkittäviä eroja. Kummallakin ryhmällä syke jäi harjoituksen jälkeisen 4 minuutin palautuksen aikana lähtötasoa korkeammalle. Keskimäärin syke tasaantui harjoituksen päätyttyä koeryhmällä 3 minuutissa ja kontrolliryhmällä 3,30 min.

## 7.2. Aineenvaihdunta

Hengitysfunktioita koskevat tiedot saatiin kerättyä kaikilta kahdeltakymmeneltä koehenkilöltä. Hapenkulutus ( $VO_2$ ) testiliikkeiden aikana vaihteli yksilöllisesti, mutta keskimääräinen hapenkulutus 22 minuutin harjoituksen aikana oli kokonaishapenkulutuksena 950,77 (SD  $\pm 198,50$ ) ml/min tai painokiloa kohden suhteutettuna 13,65 (SD  $\pm 3,98$ ) ml/kg/min. Suurimmillaan hapenkulutus oli keskimäärin 1965,11 (SD  $\pm 303,48$ ) ml/min tai 22,65 (SD  $\pm 6,94$ ) ml/kg/min. Samoin kuin sykkeiden osalta sekä koe- että kontrolliryhmällä hapenkulutus oli kokonais- sekä painokiloa kohti suhteutettuna hapenkulutuksena suurinta hiihtohypyssä ja vastaavasti vähäisintä liikkuvassa kävelyssä (Kuviot 5 ja 6). Kokonaishapenkulutuksessa ( $VO_2$ , ml/min) ei koe- ja kontrolliryhmien välillä ole eroja eri testiliikkeissä, mutta painokiloa kohden suhteutetussa hapenkulutuksessa ( $VO_2$ , ml/kg/min) polvennostojuoksussa ( $p=0,035$ ), hiihtohypyssä ( $p=0,041$ ) ja juoksussa ( $p=0,031$ ) koeryhmän hapenotto oli merkitsevästi alhaisempi kuin terveellä kontrolliryhmällä.

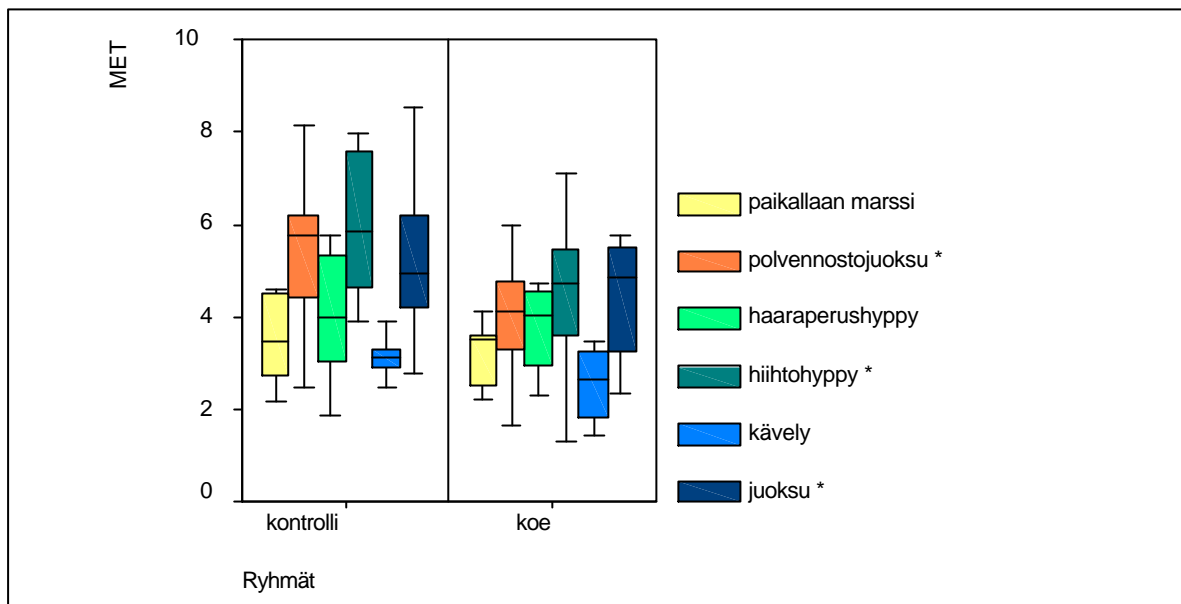


KUVIO 5 Koe- ja kontrolliryhmän hapenkulutuksen ( $VO_2$ , ml/min) keskiarvot ja keskihajonnat kuudessa eri testiliikkeessä.



KUVIO 6 Koe- ja kontrolliryhmän keskimääräinen hapenkulutus sekä keskihajonnat painokiloa kohden suhteutettuna (ml/kg/min) ja ryhmien välisten erojen merkitsevyydet kuudessa eri testiliikkeissä. \* $p < 0,05$ .

Hapenkulutuksen perusteella kullekin testiliikkeelle voidaan määrittää kuormittavuutta vastaava lepoaineenvaihdunnan kerrannaisyksikkö (MET), joka suhteuttaa suorituksen aikaisen aineenvaihdunnan lepoaineenvaihduntaan. Yksi MET vastaa istuvan henkilön hapenkulutusta, mikä on noin 3,5 ml/kg/min (Mc Ardle ym. 2001). Tämän MET-arvon perusteella vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuutta voidaan verrata muihin liikkeisiin. Tämän tutkimuksen 22 minuutin harjoituksen kokonaiskuormitus oli keskimäärin 3,9 (SD  $\pm 1,13$ ) MET (n 16). Vedessä paikallaan marssiessa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormitus oli keskimäärin 3,3 (SD  $\pm 1,03$ ) MET, juostessa 4,8 (SD  $\pm 1,61$ ) MET, haaraperushypyssä 3,7 (SD  $\pm 1,16$ ) MET, hiihtohypyssä 5,2 (SD  $\pm 1,75$ ) MET, vedessä käveltäessä 2,8 (SD  $\pm 0,72$ ) MET ja vedessä juostaessa 4,6 (SD  $\pm 1,56$ ) MET (Kuvio 7). Kuten suorana hapenottona mitattuna myös MET-suureella polvennostajuoksussa ( $p=0,035$ ), hiihtohypyssä ( $p=0,041$ ) ja juoksussa ( $p=0,032$ ) hengitys- ja verenkiertoelinsairailta hapenottokyky oli merkitsevästi alhaisempi kuin terveellä kontrolliryhmällä.

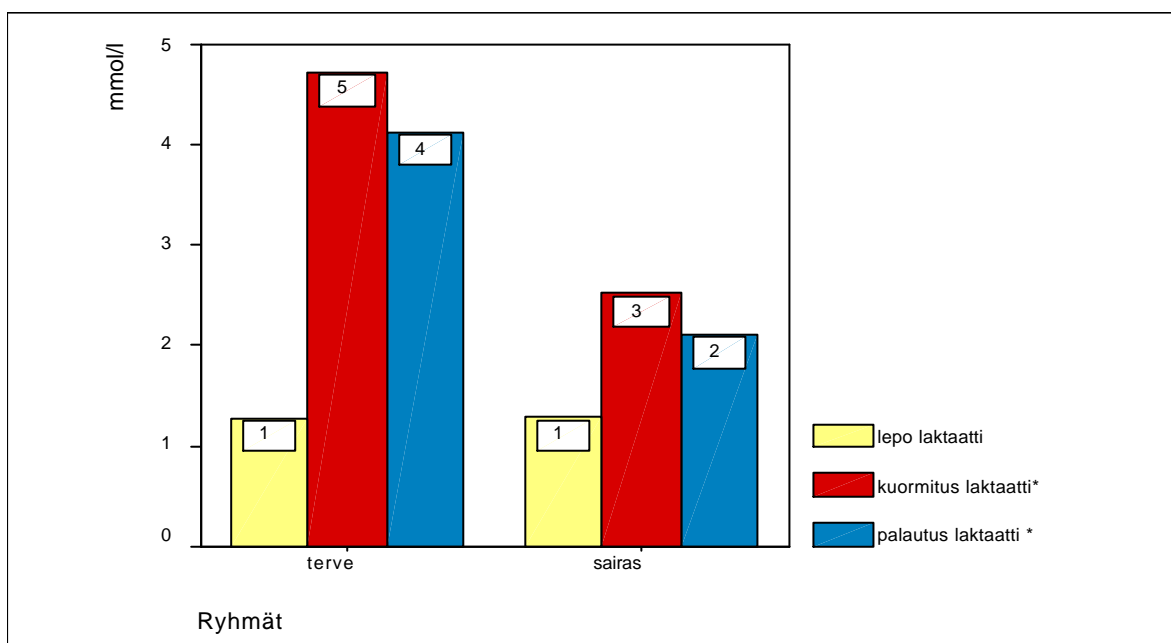


KUVIO 7 Koe- ja kontrolliryhmien energiankulutuksen keskiarvot, keskihajonnat ja ryhmien välisten erojen merkitsevyydet kuudessa eri testiliikkeessä MET-suureella mitattuna. \* $p < 0,05$ .

Tarkasteltaessa koe- ja kontrolliryhmien palautumista hapenkulutuksella arvioiden huomataan, että koeryhmän hapenkulutus painokiloa kohden suhteutettuna 4 minuutin levon jälkeen oli keskimäärin 4,29 ml/kg/min ja kontrolliryhmällä 5,21 ml/kg/min. Ryhmien välillä ei ole havaittavissa merkitsevää eroa ( $p = 0.214$ ).

Aikaisemmista kuvioista voidaan paikallaan ja liikkuen suoritettuja liikkeitä verrattaessa nähdä, kuinka virtaava vesi vaikuttaa kävelyssä ja juoksussa liikkuen sydämen sykkeen ja hapenkulutuksen kautta kuormittavuuteen. Paikallaan marssissa sydämen syke oli 107 lyöntiä/min ja hapenkulutus 12,35 ml/kg/min. Vastaavasti käveltäessä vedessä sydämen syke on 101 lyöntiä/min ja hapenkulutus 11,04 ml/kg/min. Samoin on havaittavissa myös juoksussa, jossa sydämen syke on vedessä eteenpäin liikuttaessa keskimäärin 2 lyöntiä/min hitaampi ja hapenkulutus 1,1 ml/kg/min vähäisempi kuin polvennostajuoksussa. Tilastollisen analyysin perusteella paikallaan marssissa ja kävelyssä sekä polvennostajuoksussa ja juoksussa hapenkulutus ja sydämen syke eivät poikenneet toisistaan. Käveltäessä sydämen sykkeet korreloivat ( $R = 0.944$ ) merkitsevästi ( $p = 0.000$ ) keskenään ja juoksussa sydämen sykkeissä oli havaittavissa lievää korrelaatiota ( $R = 0.690$ ,  $p = 0.058$ ). Näin ollen ns. etenemisvastuksella ja pyörteillä ei näyttäisi olevan merkitsevää vaikutusta verrattaessa paikallaan sekä liikkuen tehtyjen vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuutta. (Käveltäessä  $p = 0.163$  ja juoksussa  $p = 0.681$ ).

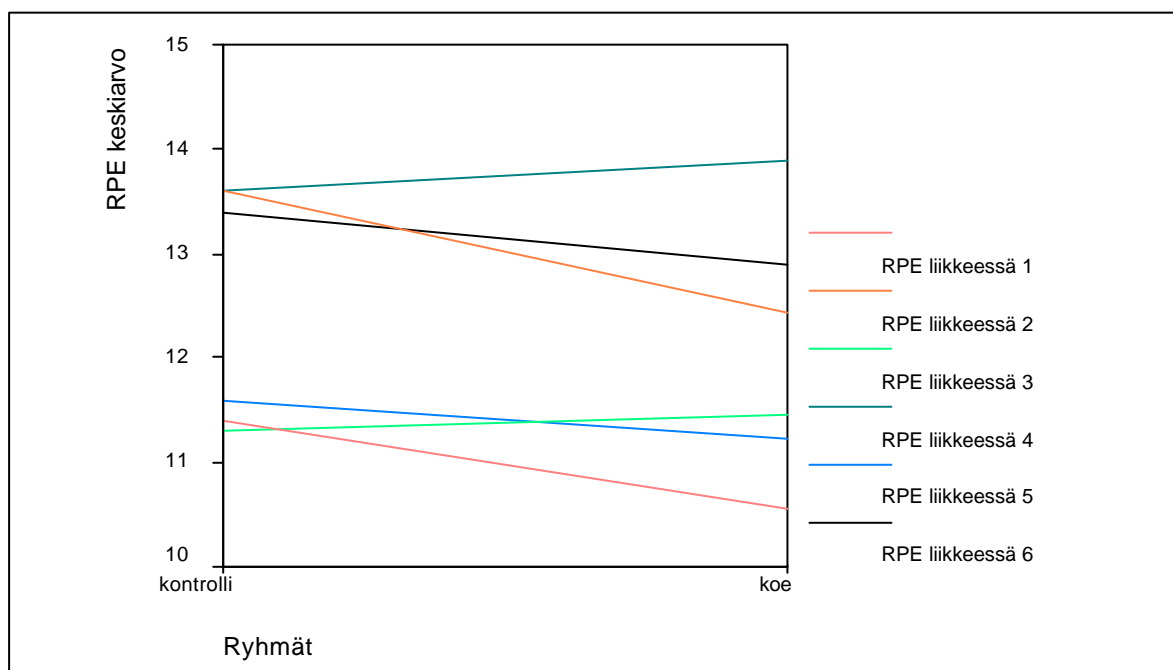
Kuudesta testiliikkeestä koostuvan 22 minuuttia kestävän harjoituksen aikana veren laktaattipitoisuus kohosi kaikilla koehenkilöillä lähtötilanteeseen verrattuna. Välittömästi harjoituksen jälkeen veren laktaattipitoisuus oli kaikilla naisilla (n 20) keskimäärin 3,5 ( $\pm 1,92$ ) mmol/l. Yksittäisen koehenkilön laktaattipitoisuuden huippuarvo oli 8,0 mmol/l. Koeryhmän veren laktaattipitoisuus oli välittömästi harjoituksen päätyttyä keskimäärin 2,3 mmol/l ( $\pm 1,10$ ), joka on merkitsevästi (p. 0,03) kontrolliryhmää (4,7 mmol/l) alhaisempi. Sama eroavaisuus oli havaittavissa myös harjoituksen jälkeisestä 4 minuutin palautuslaktaattiarvossa. Koeryhmän palautuslaktaatti oli keskimäärin 2,1 mmol/l kun kontrolliryhmälle se oli vastaavasti 4,1 mmol/l (p.=0.012) (Kuvio 8). Lähtötilanteessa koeryhmien veren laktaattipitoisuudessa ei ollut merkitsevää eroa.



KUVIO 8 Koe- ja kontrolliryhmän veren laktaattipitoisuuden keskiarvot ja ryhmien välisten erojen merkitsevyydet ennen harjoitusta, välittömästi harjoituksen päätyttyä ja 4 minuutin palautuksen jälkeen. \*p<0,05.

### 7.3. Koettu kuormittavuus

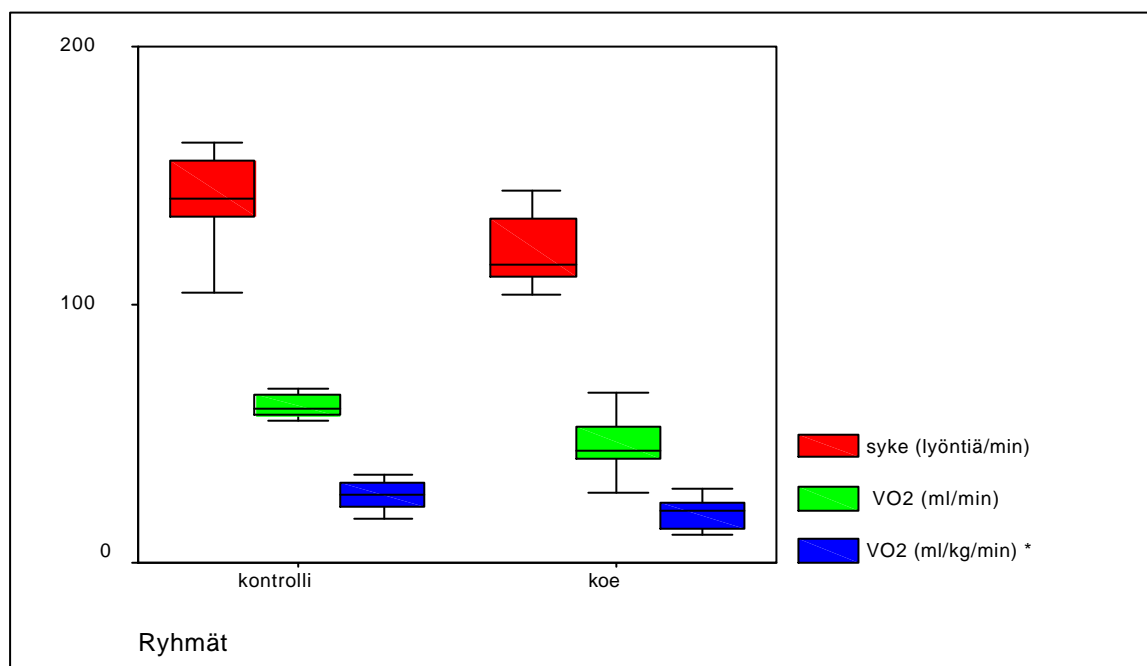
Koehenkilöiden kokemukset testiliikkeiden rasittavuudesta RPE- asteikolla mitattuna eivät poikenneet toisistaan. Sekä koe- että kontrolliryhmän jäsenet kokivat hiihtohypyn testiliikkeistä rasittavimmaksi. Hiihtohypyssä rasitus arvioitiin keskimäärin RPE 13,8 (SD  $\pm 2,53$ ), polvennostajuoksussa 13,1 (SD  $\pm 2,48$ ) ja juoksussa (SD  $\pm 1,82$ ) RPE 13,1. Nämä kolme liikettä koettiin siis keskimäärin hieman rasittavaksi (RPE 13), kun taas kolme muuta liikettä koettiin kevyiksi: paikallaan marssi RPE 11,0 (SD  $\pm 2,29$ ), haaraperushyppy RPE 11,4 (SD  $\pm 2,03$ ) ja kävely RPE 11,3 (SD  $\pm 2,30$ ). Kontrolliryhmä koki kuudesta testiliikkeestä neljä rasittavammaksi kuin koeryhmäläiset (Kuvio 9). Kukaan koehenkilöistä ei kokenut rasituksen aikana sydän oireita ja vain yksi koeryhmän jäsen keskeytti testin kokiessaan hengittämisen snorkkeliputkella vaikeaksi.



KUVIO 9 Koe- ja kontrolliryhmien koettu kuormitus RPE-asteikolla 6-20.

## 8. POHDINTA

Tutkimustulokset antoivat yllättävää tietoa vesivoimistelun kuormittavuudesta ja terveiden sekä hengitys- ja verenkiertoelinsairaiden naisten välisistä eroista (Kuvio 11). Alku olettamuksena oli, että vesivoimisteluliikkeet olisivat olleet kaiken kaikkiaan kuormittavampia ja koeryhmän naisten sydämen syke sekä hapenkulutus korkeampia kuin kontrolliryhmällä. Tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden lukumäärä oli kuitenkin suhteellisen pieni, joten tutkimustulokset ovat vain suuntaa antavia ja niiden yleistäminen on vaikeaa.



KUVIO 11 Koe- ja kontrolliryhmän poikkeavuudet harjoituksen keskimääräisessä sydämen sykkeessä ja hapenkulutuksessa. \*  $p < 0,05$ .

Koeryhmän matalia testituloksia voi osaltaan selittää testiliikkeiden liikenopeuden vakioimattomuus. Kaikki testiliikkeet suoritettiin satunnaisessa järjestyksessä, jotta väsymyksen vaikutus voitaisiin eliminoida. Testiliikkeiden liikenopeuden vakioiminen oli kuitenkin vaikeaa. Kukin koehenkilö suoritti testiliikkeet omalla arvioimallaan maksimi nopeudella. Jotta tulokset olisivat kuitenkin olleet paremmin verrattavissa keskenään olisi kukin testiliike pitänyt suorittaa tietyllä vakionopeudella. Tämäkään ei välttämättä olisi antanut luetettavia tuloksia, koska optimaalisen liikenopeuden löytäminen olisi ollut lähes

mahdotonta koehenkilöiden fyysisen kunnan erojen vuoksi. Tähän liittyen nousi ongelmaksi myös altaan syvyys, jossa testiliikkeet suoritettiin. Veden olisi pitänyt olla kaikille koehenkilöille kainalosyvyistä, mutta koska altaan pohja ei ollut säädettävissä oli syvyys nyt kaikille 130cm. Tämä tarkoittaa sitä, että lyhyimmillä koehenkilöillä veden pinta oli leukaan saakka ja se vaikeutti osan testiliikkeistä suorittamista. Sen lisäksi, ettei lyhyiden koehenkilöiden jalat ylettäneet kunnolla pohjaan esimerkiksi juoksussa liikkuen, myös veden vastus kokoon nähden kasvoi suuremmaksi kuin pidemmällä koehenkilöillä.

Tutkimus tuloksiin on osaltaan vaikuttanut myös koeryhmän homogeenisuus. Suurimmalla osalla koehenkilöistä perussairautena oli lääkehoidossa oleva verenpainetauti, johon liittyi yleensä myös ylipainoisuus. Toisaalta taas koeryhmän testitulokset eivät todennäköisesti olisi poikenneet niin suuresti kontrolliryhmän tuloksista, mikäli koe- ja kontrolliryhmän BMI:t eivät olisi poikenneet merkitsevästi toisistaan. Ylipainoisuuden voidaan ajatella vaikuttavan testituloksiin kahdella tapaa. Ylipaino rajoittaa koehenkilöiden fyysistä suorituskykyä, jolloin heidän testituloksensa olivat heikommat. Toisaalta taas, mikäli hengitys- ja verenkiertoelinsairaiden fyysinen suorituskyky on heikompi kuin terveiden naisten olisi heidän hapenkulutuksensa ja sydämen sykkeensä pitänyt samalla kuormitusintensiteetillä olla korkeampia kuin kontrolliryhmässä. Todennäköisesti he olisivat tällöin myös kokeneet liikkeet raskaammiksi. Rasvakudos kelluu kuitenkin paremmin kuin lihaskudos, jolloin koeryhmän ylipainoisten naisten ei todennäköisesti tarvinnut kuormittaa elimistöään samalla tavalla kuin kontrolliryhmän hoikempien naisten pitääkseen itseään pinnalla. Myös veren laktaatti pitoisuuksien keskiarvoista nähdään, etteivät koeryhmän naiset kuormittaneet itseään yhtä paljon kuin kontrolliryhmän naiset.

Tutkimuksen luotettavuutta olisi voitu vielä lisätä määrittämällä koehenkilöiden todellinen maksimaalinen suorituskyky, esimerkiksi polkupyöräergometri-testillä. Tällöin saatuja tuloksia olisi voitu paremmin suhteuttaa kunkin henkilön todelliseen suorituskykyyn. Nyt arvioitu kuormitustaso arvioidusta maksimisykkeestä ja sykereservistä on vain viitteellinen, eikä välttämättä kerro todellista kuormitustasoa. Viljasen ym. (1990) mukaan 50-54-vuotiaiden suomalaisten naisten maksimaalinen hapenotto- ja sykekyky olisi keskimäärin 30-34 ml/kg/min. Tällöin testiliikkeiden keskimääräinen 13,65 ml/kg/min kuormitus vastaisi vain 45% maksimi suorituskyvystä. Toisaalta RPE-asteikon on todettu kuvaavan rasittavuutta yhdenmukaisesti mitatun rasituksen (syke ja hapenkulutus) kanssa. Näin ollen voidaan



ajatella, että koehenkilöt säätelivät harjoitusintensiteettinsä tiedostamattaan suhteellisesti samalla tasolla.

Tutkimustulokset osoittavat, että testiliikkeiksi valitut vesivoimisteluliikkeet soveltuvat kestävyysharjoitteluun hengitys- ja verenkiertoelimistön sairauksien kuntoutuksessa. Vesivoimistelu on turvallinen liikuntamuoto, joka soveltuu etenkin kuntoutuksen alkuvaiheeseen ja ikääntyville ihmisille. Vesivoimistelun harjoitusfrekvenssin tulisi kuitenkin olla vähintään 3-5 kertaa/viikko, 40-60 minuuttia/kerta, jotta sillä voitaisiin vaikuttaa kestävyyskuntoa edistävasti. (Frontera 1999.)

Vaikkakin nämä tutkimustulokset ovat viitteellisiä, tuloksia voidaan soveltaa käytännön vesivoimisteluharjoittelussa selittämään vesivoimistelun perusteita ja auttamaan vesivoimistelun suunnittelussa ja harjoitusjakson kuormitustason määrittämisessä. Tutkimuksen pätevyyden lisäämiseksi olisi verenpaineen seuranta voinut antaa tarpeellista lisätietoa etenkin sydänsairauksien osalle. Tässä tutkimuksessa hengitys- ja verenkiertoelin sairaiden eri vammaryhmät olivat hyvin yksipuolisesti edustettuna, joten on edelleenkin tärkeää, että vesivoimistelun indikaatioita mietitään näiden vammojen osalta yhdessä lääkärin kanssa.

### **8.1. Sydän- ja verenkiertoelimistö**

Sydämen syke kasvoi sekä koe- että kontrolliryhmissä lineaarisesti kaikkien testiliikkeiden aikana. Syke oli suurimmillaan juoksussa ja hypyissä, koska liikenopeuden kasvaessa tai suorittavien lihasryhmien ja vastuspinta-alan kasvaessa veden vastus kasvaa ja liikkeet ovat raskaampia suorittaa (Bates & Hanson 1996, Becker & Cole 1997). Veden virtauksella ei kuitenkaan näyttänyt olevan vaikutusta liikkeiden kuormittavuuteen, vaikka vastavirtaharjoittelu on yleisesti käytössä ollut harjoitusmuoto. Sydämen syke ja hapenkulutus olivat yllättäen alhaisempia liikuttaessa vedessä eteenpäin kuin suoritettaessa liikkeitä paikallaan, vaikkakaan erot eivät olleet merkitseviä. Lisäksi suurin osa koehenkilöistä koki eteenpäin liikkuvat liikkeet helpommiksi suorittaa kuin paikallaan tapahtuvat. Oletettavasti liikkuvissa testiliikkeissä koehenkilöt pystyivät käyttämään

vertikaali suuntaista pomppimista ja nostetta hyväkseen liikkeitä suorittaessaan, jolloin kehon eteen syntyvän vesipatsaan vastustava merkitys pieneni. Myös liikkeellä aikaansaatu virtaus oli todennäköisesti niin vähäinen, ettei se riittänyt lisäämään veden vastusta ja muualle altaaseen syntyvät pyörteet ovat osaltaan voineet helpottaa suoritusta.

Koeryhmässä sykkeen muutokset olivat vähäisempiä kuin kontrolliryhmässä. Terveiden naisten sydämen syke oli harjoituksen aikana korkeampi ja he saavuttivat korkeamman maksimisykkeen kuin koeryhmän hengitys- ja verenkiertoelin sairaat naiset. Selkein ero sydämen sykkeessä saavutettiin raskaissa liikkeissä (RPE 13), joissa veden vastuspinta-ala, liikenoisuus ja suoritettavien lihasryhmien lukumäärä kasvoi. Harjoituksesta palautumisessa ei koe- ja kontrolliryhmien välillä havaittu eroja. Molempien ryhmien sydämen syke tasaantui harjoituksen jälkeen 4 minuutin palautuksen aikana. Koska koeryhmän syke ei noussut kuormittavimmissa liikkeissä yhtä korkealle kuin kontrolliryhmässä voidaan epäillä, että koeryhmän sairaudet rajoittivat koehenkilöiden suorituskyykyä tai he eivät uskalla kuormittaa itseään suorituskyyvyn ääriarajoille.

## **8.2. Aineenvaihdunta**

Myös hapenkulutus vaihteli testiliikkeissä yksilöllisesti. Kokonaishapenkulutuksessa (ml/min) ei koe- ja kontrolliryhmien välillä ollut merkitseviä eroja, mutta painokiloa kohden suhteutettuna (ml/kg/min) oli havaittavissa sama ilmiö kuin sydämen sykkeessä. Koehenkilöiden hapenkulutus painokiloa kohden suhteutettuna oli kuormittavimmissa testiliikkeissä (liikkeet 2, 4 ja 5) merkitsevästi heikompi kuin terveillä kontrolliryhmäläisillä. Tästä voidaan päätellä, että koeryhmäläisten ylipaino vaikuttaa heikentävästi heidän suorituskyykyynsä. Veren laktaattipitoisuus oli kontrolliryhmällä välittömästi harjoituksen päätyttyä 4,7 mmol/l, joka oli merkitsevästi korkeampi kuin koeryhmällä. Näyttäisi siltä, että kontrolliryhmän naiset saivat enemmän irti suorituksestaan kuin koeryhmän ja, etteivät hengitys- ja verenkiertoelinsairaat naiset kykene kuormittamaan elimistöään yhtä tehokkaasti kuin terveet naiset.

Palautuksen jälkeen (4 minuuttia) kontrolliryhmän hapenkulutus ( $VO_2$ ) oli merkitsevästi koeryhmää suurempi. Koeryhmän hapenkulutus oli kuitenkin myös harjoituksen aikana merkitsevästi alhaisempi kuin kontrolliryhmällä, joten tulosten kannalta tällä ei ole merkitystä. Myös koeryhmän palautuslaktaattiarvot olivat merkitsevästi kontrolliryhmää alhaisemmat. Koeryhmäläiset eivät kyenneet saavuttamaan harjoituksessa 4 mmol/l veren laktaattipitoisuutta eli ns. OBLA-pistettä, jossa katsotaan elimistöön alkavan kertyä maitohappoa enemmän kuin sitä pystytään poistamaan. (McArdle ym. 2001).

### **8.3. Koettu kuormittuminen**

Keskimäärin kaikki tutkimukseen osallistuneet naiset kokivat testiliikkeet samalla tavalla kuormittaviksi. Koehenkilöiden alhainen veren laktaattipitoisuus tukee sitä olettamusta, että liikkeet olivat melko kevyitä ja niiden hengitys- ja verenkiertoelimistöä kuormittava vaikutus oli melko alhainen. Keskimääräinen 3,9 MET:in kuormitus vastaa maalla toteutettuna esimerkiksi kävelyä sisätiloissa tai kotiaskeleita ja korkein keskimääräinen kuormitus 5,2 MET vastaa vapaa-ajan kävelyä asfaltilla tai kevyttä kuntopiiriharjoittelua. Korkein saavutettu yksittäinen kuormitus 8 MET vastaa esimerkiksi keskiraskasta melontaa. (McArdle ym. 2001.) Toisaalta taas koeryhmä koki testiliikkeet yhtä kuormittavina kuin kontrolliryhmäläiset, vaikka heidän veren laktaattipitoisuutensa, sydämen sykkeensä ja hapenkulutuksensa olivat merkitsevästi alhaisempia. Näyttäisi siis siltä, että koeryhmän aerobinen kunto on terveitä naisia heikompi, koska he kokivat kevyemmän fyysisen kuormituksen yhtä raskaana kuin kontrolliryhmän suurempi kuormitus.

Tämä tutkimus antoi siis perustietoa, jota voitaisiin soveltaa laajemmalti eri vammaryhmien osalle, esimerkiksi tuki- ja liikuntaelimistön tai neurologisia sairauksia sairastavien tutkimiseen. Jatkossa olisi myös mielenkiintoista saada todellista tietoa maalla ja vedessä suoritettujen voimisteluliikkeiden kuormittavuudesta. Jatkotutkimuksen aiheita voisikin olla vertailututkimus tässä tutkimuksessa käytettyjen testiliikkeiden kuormittavuudesta vedessä ja maalla. Kysymykseksi jäi myös veden virtauksen vaikutus liikkeen kuormittavuuteen sekä, kuinka hermolihasjärjestelmä reagoi paikallaan ja

liikkeessä tehtyihin liikkeisiin. Neurofysiologisella tutkimuksella voitaisiin saada tärkeää tietoa kuntoutukseen sovellettavaksi, esimerkiksi selkäpotilaiden vesivoimisteluun.

## 9. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimustulokset osoittivat yleisestä käsityksestä poiketen, että vesivoimisteluliikkeiden hengitys- ja verenkiertoelimistön kokonaiskuormitus on vähäinen. Sydämen syke, hapenkulutus sekä veren laktaattipitoisuus kohosi harjoituksen aikana lineaarisesti ja testiliikkeiden kuormitus vastasi keskimäärin kevyttä vapaa-ajan kävelyä tai kuntovoimistelua. Matalasta kuormitustasosta huolimatta veren laktaattipitoisuus kohosi kuitenkin yli 4 mmol/l, jolloin lihastyössä energiaa kuluu veden vastuksen voittamiseen.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että hengitys- ja verenkiertoelinsairaiden vesivoimistelun fyysinen kuormitus poikkeaa terveiden vastaavasta kuormituksesta. Etenkin kuormittavimmissa liikkeissä koeryhmän tulokset jäivät merkitsevästi alhaisemmiksi kuin kontrolliryhmän. Näin ollen voidaan olettaa, että vesivoimistelu on turvallinen liikuntamuoto.

## LÄHTEET

- Allison, T. ja Reger, W. 1998. Comparison of responses of men to immersion in circulating water at 40.0 and 41.5 °C. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 69 (9): 845-850.
- Bates, A. ja Hanson, N. 1996. *Aquatic exercise therapy*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Becker, B ja Cole, A. 1997. *Comprehensive Aquatic Therapy*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Bogoljukov, V. 1983. *Fysikaalisen lääketieteen ja kylpylähoitojen perusteet*. Suomentanut Pekka Palin 1991.
- Choukroun, M.L ja Varenne, P. 1990. Adjustments in oxygen transport during head out immersion in water at different temperatures. *Journal of Applied Physiology* 68 (4):1475-1480.
- Christie, J., Sheldahl, L., Tristani, F., Wann, L., Sagar, K., Levandoski, S., Ptacin, M., Sobonicki, K. ja Morris, R. 1990. Cardiovascular regulation during headout water immersion exercise. *Journal of Applied Physiology* 69: 657-664.
- Chu, K. ja Rhodes, E. 2001. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young. *Sport Medicine* 31 (1): 33-46.
- Connely, T., Sheldahl, L., Tristani, F., Levandoski, S., Kalkhoff, R., Hoffman, M. ja Kalbfleisch, J. 1990. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *Journal of Applied Physiology* 69: 651-656.
- Davis, A. 2002. Cardiac rehabilitation. In W. Frontera ja J. Silver (eds.) *Essentials of physical medicine and rehabilitation*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc.
- Davis, B. ja Harrison, R. 1988. *Hydrotherapy in practice*. Edinburgh: Churchill livingstone.
- Frangolias, D. ja Rhodes, E. 1996. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. *Sport Medicine* vol. 22, 1, 38-53.
- Frontera, W. 1999. *Exercise in rehabilitation medicine*. Champaign: Human Kinetics.
- Fujisawa, H., Kamimura, H., Ohtsuka, Y., Nanbu, T., Yabunaka, N. ja Agishi, Y. 1996. Continuous measurement of blood pressure, heart rate and left ventricular performance during and after isometric exercise in head-out water immersion. *Eur J Appl Physiol* 72:548-552.

- Golland, A. 1981. Basic hydrotherapy. *Physiotherapy* vol. 67, 9, 258-262.
- Guyton, A. ja Hall, J. 2000. *Textbook of medical physiology*. Yhdysvallat: Harcourt International Ediotion.
- Haffor, A-L., Mohler, J. ja Harrison, A. 1991. Effects of water immersion on cardiac output of lean and fat male subjects at rest and during exercise. *Aviation, Space and Enviromental Medicine* 123-127.
- Hall, J., Macdonald, I.A., Maddison, P.J. ja O'Hare, J.P. 1998. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Appl Physiol* 77:278-284.
- Hausswirth, Bigard ja Lecnevalier 1997. The cosmed K<sub>4</sub> telemetry system as an acarate device for oxygen uptaken measurements during exercise. *Sports Med* vol 18: 449-453.
- Helliwell, P., Abbott, A. ja Chamberlain, M. 1996. A Randomised Trial of tree different physiotherapy regimes in ankylosing spondylitis. *Physiotherapy* vol. 82, 2,85-89.
- Kettunen, H. ja Rintala, P. 1993. Vedestä voimaa nivelreumaa sairastaville. *Liikunta ja tiede* 2, 38-40.
- Koury, J. 1996. *Aquatic therapy programming. Guidelines for orthopedic rehabilitation*. USA: Human Kinetics.
- Maiolo, C., Melchiorri, G., Iacopino, L., Masala, S. ja De Lorenzo, A. 2003. Physical activity energy expenditure measured using a portable telemetric device in comparison with a mass spectrometer. *Br J Sport Med* 37: 445-447.
- McArdle, W., Katch, F. ja Katch, V. 1996. *Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance*. 4. painos.
- McArdle, W., Katch, F. ja Katch, V. 2001. *Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance*. 5. painos.
- McIlveen, B. ja Robertson, V. 1998. A randomised controlled study of the outcome of hydrotherapy for subjects with low back or back and leg pain. *Physiotherapy* 84(1): 18-25.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. ja Björkqvist S-E. 1995. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. 10. painos. Porvoo: WSOY, 297-304.
- Nielsen, B. 1977. Physiology of thermoregulation during swimming. In B. Eriksson ja B. Furberg (eds.) *Swimming medicine IV*. Maryland: University park press.
- Ohanian, H. 1989. *Physics*. 2. Painos. New York: W.W. Norton & Company.

- Pöyhönen, T. 2002. Neuromuscular function during knee exercises in water. With special reference to hydrodynamics and therapy. Jyväskylä: University Printing House.
- Rahikainen, M-L. 1995. Vesivoimistelu. Teoksessa E. Mälkiä (toim.) Erityisliikunta II – liikunnan sovellutukset. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino, 71-73.
- Reid Champion, M. 1990. Adult hydrotherapy a practical approach.
- Salminen, R., Aunola, S., Mälkiä, E. ja Vuori, I. 1982. Computerized breath-by-breath analysis of respiratory variables during exercise. Medical Progress Technology 9, 27-32.
- Sjogren, T., Long, N., Storay, J. ja Smith, J. 1997. Group hydrotherapy versus group land-based treatment for chronic low back pain. Physiotherapy Research International 2 (4): 212-222.
- Sheldahl, L., Tristani, F., Conelly, T., Levandoski, S., Skelton, M., Cowley Jr, A. 1992. Fluid-regulating hormones during exercise when central blood volume is increased by water immersion. American journal of Physiology 262(5 Pt 2): R779-784.
- Šrámek, P., Šimecková, M., Janský, L., Šavliková, J. ja Vybílar, S. 2000. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. European Journal of Applied Physiology 81:436-442.
- Taunton, J., Rhodes, E., Wolski, L., Donnelly, M., Warren, J., Elliot, J., McFarlane, L., Leslie, J., Mitchell, J., ja Lauridsen, B. 1996. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of woman aged 65-75 years. Gerontology 42, 204-210.
- Thein, J. ja Thein Brody, L. 1998. Aquatic-based rehabilitation and training for the elite athlete. JOSPT 27(1) 32-41.
- Vickery, Cureton ja Langstaff 1983. Heart rate and energy expenditure during aqua dynamics. Physician and sportmedicine vol 11, 3, 67-72.
- Viljanen, T., Viitasalo, J. ja Kujala, U. 1990. Physical activity and aerobic power of healthy adults. Teoksessa O. Aura (toim.) Kuntotestauksen perusteet. Liikuntalääketieteen ja testaustoiminnan edistämisyhdistys, LIITE Ry.
- Watenpaugh, d., Pump, B., Bie, P. ja Norsk, P. 2000. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? Journal of Applied Physiology 89 (2): 621-628.
- Yu, E., Kitagawa, K., Mutoh, Y. ja Miyashita, M. 1994. Cardiorespiratory responses to walking in water. Medicine Sport Science vol 39, 35-41.



**TUTKIMUSKORTTI**

Pvm \_\_\_\_\_

Koodi \_\_\_\_\_

Nimi: \_\_\_\_\_

Sukupuoli: ? nainen ? mies

Syntymävuosi: \_\_\_\_\_

Sairaudet: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lääkitys: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Liikuntaharrastukset: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Pituus: \_\_\_\_\_

Paino: \_\_\_\_\_

Mitattu maksimisyke: \_\_\_\_\_

Leposyke: \_\_\_\_\_

Lepoverenpaine: \_\_\_\_\_

RR lopussa: \_\_\_\_\_

RPE

Borg

LA

1. \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Protokolla: \_\_\_\_\_

Huomiot: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT KUORMITUKSEN ARVIOINNIN MITTARIT

Lähde: Mälkiä, E. 1995. Erityisliikunta II – liikunnan sovellutukset.

**Borgin kipuasteikko****RPE – ASTEIKKO**

6 (EI KUORMITUSTA OLLENKAAN)  
7 ERITTÄIN KEVYT  
8  
9 HYVIN KEVYT  
10  
11 KEVYT  
12  
13 HIEMAN RASITTAVA  
14  
15 RASITTAVA  
16  
17 HYVIN RASITTAVA  
18  
19 ERITTÄIN RASITTAVA  
20 (MAKSIMAALINEN KUORMITTUMINEN)

MITTAUS TILANTEESSA VALLITSEVAT OLOSUHTEET

Ilman kosteus	52%
Ilman lämpötila	27°C
Veden lämpötila	30°C
Altaan syvyys	130cm

**KOETTU KUORMITUS VERRATTUNA KOKONAISKUORMITUKSEEN ERI VESIVOIMISTELULIIKKEISSÄ**

