

**VOIMATYYPPISEN VESIHARJOITTELUN FYYSINEN
KUORMITTAVUUS POLVEN TEKONIVELLEIKATUILLA 55–
75-VUOTIAILLA MIEHILLÄ JA NAISILLA**

Kati Minkkinen

Fysioterapian pro gradu – tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Terveystieteiden laitos

Kevät 2008

TIIVISTELMÄ

Voimatyypin vesiharjoittelun fyysinen kuormittavuus polven tekonivelleikatuilla 55-75-vuotiailla miehillä ja naisilla

Kati Minkkinen

Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, terveystieteiden laitos, kevät 2008

Fysioterapian pro gradu-tutkielma, 37 sivua, 5 liitettä

Ohjaajat: LitT, professori Ari Heinonen Jyväskylän yliopisto, TtT Tapani Pöyhönen Kymenlaakson keskussairaala

Vedessä tapahtuvaa harjoitusta käytetään laajalti eri potilasryhmien kuntoutuksessa ja sillä on tutkimuksien ja kliinisten havaintojen mukaan toimintakykyä parantava vaikutus. Veden erityisominaisuudet (hydrostaattinen paine, noste, tiheys ja lämpötila) tekevät vedestä erilaisen elementin ilmaan verrattuna. Vesi vastustaa liikettä ja vähentää niveliin kohdistuvaa rasitusta.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 55- 75-vuotiailla miehillä ja naisilla, joille oli tehty vain toisen polven tekonivelleikkaus voimatyypin vesiharjoitusohjelman sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista. Vesiharjoitus suoritettiin ilman vastusta ja vastuskengän kanssa. Tutkimus oli osa Kymenlaakson keskussairaalan tapahtuvaa laajempaa tutkimusprojektia.

Tutkimukseen osallistui 9 koehenkilöä (keski-ikä 64- vuotta). Protokolla koostui 5 eri liikkeestä, jota kutakin suoritettiin yhdessä sarjassa ilman vastusta 45 sek ja vastuksen kanssa 30 sek. Leikatulla jalalla tehtiin 3 sarjaa ja leikkaamattomalla 2 sarjaa. Harjoitusliikkeet suoritettiin ohjattuina pienryhmä harjoituksina kuntopiirityyppisenä harjoituksena. Koehenkilöiltä seurattiin harjoitusohjelman aikana sydämen sykettä ja koettua kuormittavuutta RPE – asteikolla (7-20). Lisäksi harjoituksesta määritettiin MET arvot.

Sydämen syketasoissa ei ollut merkitsevää eroa ilman vastusta ja vastuksen kanssa suoritettua vesiharjoituksessa ($p=0,146$). Myöskään lihasvoimaosuuden osalta ei ollut merkitsevää eroa ($p=0,263$) ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyissä harjoituksissa. Keskimääräinen korkein syke ilman vastusta (85 % iänmukaisesta laskennallisesta maksimisykkeestä) ja vastuksen kanssa (83 %) oli steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus-koukistus, jossa polvi koukistuu lonkan koukistuksen aikana ja ojentuu lonkan ojennuksen aikana. MET arvo ilman vastusta olivat keskimäärin 3,1 ja vastuksen kanssa 3,5. Koehenkilöt kokivat kuormittavammaksi liikkeeksi ilman vastusta steppilaudalla suoritettua lonkan ojennus-koukistus liike (RPE 16) ja vastuksen kanssa suoran jalan vienti eteen- taakse (RPE 17). Tilastollisesti merkitsevää eroa koetussa kuormittumisessa oli suorituskertojen välillä 3 liikkeessä. Nämä liikkeet olivat suoran jalan vienti eteen- taakse ($p=0,013$), yhden jalan abduktio- adduktio ($p=0,043$) ja polven koukistus-ojennus liike seisten ($p=0,001$).

Tämä tutkimus osoitti, että vastuksen lisäys ei lisännyt merkitsevästi fyysistä kuormittumista polven tekonivelleikatuilla.

Avainsanat: vesivoimistelu, syke, tekonivelet, polvi, ikääntyneet

Abstract

Physical exertion during an aquatic resistance training program in person after total knee replacement

Kati Minkinen

University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences, Department of Health Sciences, 2008

Master's Thesis in Physiotherapy, 37 pages, 5 appendixes

Instructor: Ph.D., Professor Ari Heinonen University of Jyväskylä, Ph.D. Tapani Pöyhönen central hospital of Kymenlaakso

Water based activities are widely used in different types of rehabilitation for patients and it is clinically proven to have an effect association with functional ability. Water has a special properties (hydrostatic pressure, buoyancy, density and temperature) compared to air.

The purpose of this study was to find out, using a strength type water exercise program, the exertion on the heart and blood circulation in 55-75 year old men and women, who have had a one knee endoprosthesis operation. The water exercise was performed with and without resistance. The research is part of Kymenlaakso central hospital's expanding research project.

Nine voluntary (5 men, 4 women) an average 64 years participated in the study). The exercise program consisted of 5 different movements, with each being performed without resistance for 45 seconds and with resistance for 30 seconds. The exercise movements took place in a controlled small group exercise as circuit training. The participant's heart rate and the exertion was tested during the exercise session using heart rate monitor and the RPE scale (7-20).

There were no significant differences in the heart rate with or without resistance in the performed exercises ($p=0,146$). Also there were not any significant difference in the part of muscular strength ($p=0,263$) with and without resistance in the exercises performed. The average highest heart rate without resistance (85% maximum heart rate calculated according with age) and with resistance (83%) were performed using stepper for the hip extension flexion, where the knee is bent at same time as the hip and straightened at the same time. MET grade without resistance was an average 3,1 and with resistance 3,5. The participants experienced that the movement which gave the most exertion was stepper hip extension and flexion without resistance movement, which was said to be strenuous (RPE 16), and the straightened leg backwards and forwards movement with resistance which was said to be very strenuous (RPE 17). Statistically there was a significant difference in exertion between the performances in three of the movements. These movements were the straightened leg movement backwards and forwards ($p=0,013$), one leg abduction-adduction ($p=0,043$) and bending and straightening the knee while standing ($p=0,001$).

In conclusion increasing the resistance played no significant role in physical exertion in knee endoprosthesis patients.

Key words: water aerobics, heart rate, endoprosthesis, knee, elderly

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 VEDEN ERITYISOMINAISUUDET	3
2.1 Hydrostaattinen paine	3
2.2 Noste	3
2.3 Tiheys ja kelluvuus	4
2.4 Vastus	5
2.5 Lämpötila	5
3 VESIOLOSUHTEIDEN FYSIOLOGISIA VAIKUTUKSIA IHMISEN ELIMISTÖÖN	7
3.1 Sydän- ja verenkiertoelimistö	7
3.2 Hengityselimistö ja aineenvaihdunta	8
3.3 Hermolihasjärjestelmä	10
4 KIRJALLISUUSKATSAUS VESIHARJOITTELUN KUORMITTAVUUDESTA SEKÄ HARJOITUSOHJELMIEN VAIKUTTAVUUDESTA	12
4.1 Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen tulokset	12
4.2 Vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuus	13
4.3 Vesivoimisteluohjelmien vaikuttavuudesta sydän- ja verenkiertoelimistöön	14
4.4 Vesiharjoitusohjelmien sisältö	15
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	20
6 TUTKIMUSMENETELMÄT	21
6.1 Koehenkilöt	21
6.2 Tutkimusasetelma	21
6.3 Harjoitusprotokolla	22
6.4 Mittausmenetelmät	23
6.5 Tilastollinen analyysi	25
7 TULOKSET	26
7.1 Koehenkilöt	26
7.2 Sydämen syke	26
7.3 MET-arvot	27
7.3 Koettu kuormittuminen	28
8 POHDINTA	29
8.1 Sydämen syketasot	30
8.2 MET-arvot	32
8.3 Koettu kuormittuminen	33
8.4 Tutkimuksen luotettavuus	34
8.5 Tutkimuksen kliininen merkitys	35
9 JOHTOPÄÄTÖS	37

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Vedessä toteutettu harjoittelu on tullut yhä suosituimmaksi liikuntamuodoksi. Tutkimusten ja erityisesti kliinisten havaintojen mukaan vedessä toteutetulla harjoittelulla on toimintakykyä parantava vaikutus. Vesiharjoittelua käytetään runsaasti osana terveystoimintaa nuorilla, ikääntyneillä ja ylipainoisilla henkilöillä. Sitä käytetään myös laajalti eri potilasryhmien kuntoutuksessa, sairauksien sekä osana kokonaiskuntoutusta esim. tekonivelleikatulla henkilöillä (Eckerson 1992, Bates & Hanson 1996, Campbell 2003). Vesiharjoittelu soveltuu hyvin kivuliaalle henkilöille ja se mahdollistaa nopean mobilisaation esim. leikkauksen jälkeen (Ruoti 1994, D'Acquisto 2001). Suomessa tehdään vuosittain noin 12000 tekonivelleikkausta ja vesikuntoutus on merkittävä harjoittelumuoto leikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa.

Vedessä liikkuvaan ihmiseen kohdistuu hydrostaattinen paine sekä osittainen painottomuus, jotka aiheuttavat merkittäviä fysiologisia muutoksia. Veden erityisominaisuuksilla hydrostaattisella paineella, nosteella, tiheydellä, lämpötilalla ja virtausominaisuuksilla voidaan vastustaa liikettä sekä vähentää niveliin kohdistuvaa rasitusta. Nivelten liikerajoituksia voidaan vesiharjoittelussa vähentää hyödyntämällä nostetta harjoittelemalla vaakatasossa, ylhäältä alas tai alhaalta ylös suuntautuvien liikkeiden. Noste vähentää niveliin kohdistuvaa painetta ja vähentää liikekipuja, erityisesti polvissa ja lonkissa. Sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaa, erityisesti ikääntyneillä, on tärkeitä seurata sykkeen avulla.

Vesiharjoittelun tavoitteena on esim. hengitys- ja verenkiertoelimistön parantaminen, lihasjännityksen vähentäminen, lihasvoiman lisääminen, eri nivelten liikeratojen ylläpitäminen ja parantaminen, nivelten kuormituksen vähentäminen, tasapainon, koordinaation kehittäminen sekä sosiaalisten kontaktien luominen (Bates & Hanson 1996). Barker ym. (2003) on tutkimuksessaan todennut, että vesiolosuhteissa toteutettu harjoittelu on sopiva menetelmä vähentämään kipua ja palauttamaan normaalia toimintaa. Nivelten liikkuvuuden lisäämiseen lämpimällä vedellä näyttäisi olevan vaikutusta. Lämmin vesi mahdollistaa laajemmat liikeradat, sillä lihasjännitys ja kivut vähenevät veden rentouttavan vaikutuksen johdosta (Bates & Hanson 1996, Niemelä & Rintala 2002). Jatkuva raajan liike veden vastusta vastaan tarjoaa

harjoitusvaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistön sekä lihaksien kehittymiseen. Vedessä on nosteen vuoksi helppo tehdä sykettä kohottavia harjoituksia, jotka parantavat hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä. Erityisesti tästä on hyötyä henkilöille, jotka eivät kykene tekemään maalla aerobista harjoittelua. Sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyuden kehittämisessä on harjoitusteho tärkein huomioitava tekijä, koska vedessä harjoitusvaikutus verenkiertoelimistöön on vedessä erilainen kuin maalla harjoiteltaessa. Vesiliikunnan aiheuttama sykereaktio on riippuvainen veden syvyydestä, veden lämpötilasta ja työtehosta. Myös vesi harjoitusympäristönä antaa vaihtelua harjoitusohjelmaan (D'Acquisto 2001).

Suomen väestöstä on ennusteen mukaan vuonna 2030 yli 65-vuotiaita jopa 30 % ja väestörakenteessa vanhusten osuus kasvaa (Luoma ym.2003). Tämä tulee vaikuttamaan siihen, että tekonivelleikkauksia tehdään yhä enemmän ja leikkausten tarve kasvaa.

Tehokkaan vesikuntoutuksen perustana on tietous veden erityisominaisuuksien merkittävistä fysiologisista vaikutuksista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 55–75- vuotiailla naisilla ja miehillä, joille on tehty toisen polven tekonivelleikkaus, voimatyypisen vesiharjoitusohjelman sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehtynä.

2. VEDEN ERITYISOMINAISUUDET

Veden hydrodynaamiset ominaisuudet, joita ovat hydrostaattinen paine, noste, tiheys ja lämpötila, tekevät vedestä huomattavasti erilaisen elementin ilmaan verrattuna. Nämä veden ominaisuudet ovat seurausta veden tiheydestä, joka on noin tuhatkertainen ilmaan verrattuna (Reid Campion 1990). Veden ominaisuuksia verrattuna maalla suoritettuun harjoitteluun on, että vesi vastustaa liikettä, avustaa liikettä sekä tukee liikettä ja niveltä (Golland 1981). Maalla suoritettussa liikkeessä ja harjoitteessa kuluu enemmän energiaa pystyasennon ylläpitämiseen, kun taas veden hydrostaattinen paine auttaa tasapainon säilymisessä (Bates & Hanson 1996). Edellä mainitut veden erityisominaisuudet ja veden liikkeet luovat vedelle vastuksen.

2.1 Hydrostaattinen paine

Hydrostaattinen paine ympäröi vedessä ihmistä. Tästä johtuen on liikkuminen vedessä helpompaa kuin maalla liikkuminen. Hydrostaattinen paine on suurempi kuin ilmanpaine ja on joka suunnasta yhtä suuri. Archimedeksen lain mukaan vedessä kappale menettää yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä nestemäärä painaa. Hydrostaattisen paineen suuruus riippuu veden syvyydestä. Mitä syvemmillä vedessä ollaan, sitä suurempi veden omasta painosta johtuva hydrostaattinen paine siellä vallitsee. Esimerkiksi vesivoimistelussa paine on suurempi kuin uinnissa, koska liikkeitä suoritetaan pystyasennossa ja syvemässä vedessä. Uinti suoritetaan vedenpinnan tuntumassa, jolloin veden paine vaikuttaa vain vähän. (Ohanian 1989, Reid Campion 1990). Metrin syvyisessä vedessä olevan henkilön kehoon kohdistuu painetta diastolisen paineen verran eli 75- 80 mmHg verran. Uinnissa kohdistuva paine on 40- 60 mmHg (Cole & Becker 2004).

2.2 Noste

Veden noste voidaan jakaa staattiseen ja dynaamiseen nosteeseen. Dynaaminen nostevoima syntyy liikkeen seurauksena. Staattinen nostevoima on veden vakio-ominaisuus, vaikka liikettä ei esiintyisi ollenkaan. Dynaamista nostetta vedessä

aiheuttavat veden virtaus, pyörteet sekä ihmisen liikkuminen vedessä. Staattinen noste avustaa, helpottaa sekä vastustaa liikkeitä vedessä. Myös staattisella nosteella on liikettä tukeva vaikutus (Golland 1981). Nosteen suuntaisesti pintaa kohti suoritettavat liikkeet helpottuvat ja noste vastustaa alaspäin suuntautuvia harjoitteita sekä tukee horisontaalitason liikkeitä (Reid Campion 1990). Veden noste vaikuttaa, että niveliin kohdistuu vedessä vähemmän kuormitusta kuin maalla suoritetuissa liikkeissä. Nosteen vaikutus kohdistuu jokaiseen kehonosaan mikä on veden pinnan alapuolella (Bates & Hanson 1996). Ihmisen painoon vedessä vaikuttavat sekä Archimedeksen laki että noste (Davis & Harrison 1988). Esimerkiksi alaraajoille kohdistuva kuormitus kaulanikaman syvyisessä vedessä (C 7) on naisilla ja miehillä on 8 %, rinnansyvyisessä vedessä naisilla 28 % ja miehillä 35 % sekä lantionsyvyisessä vedessä naisilla on 47 % ja miehillä 54 % (Thein & Thein Brody 1998).

2.3 Tiheys ja kelluvuus

Veden tiheys on noin 1000-kertainen verrattuna ilman tiheyteen, jolla on vaikutusta energiankulutukseen vesiliikunnan aikana (Di Prampero 1986). Vesiolosuhteissa on kappaleen tiheydellä merkitystä. Tiheys ilmaistaan paino jaettuna tilavuudella. Jos kappaleen tiheys on suurempi kuin veden tiheys, painuu se pinnan alapuolelle, koska painovoima on nostetta suurempi. Painovoima sekä noste yhdessä vaikuttavat kelluvuuteen (Davis & Harrison 1988, Reid Campion 1990). Veden kelluttavan voiman johdosta ihminen painaa vedessä vain kymmenesosan siitä mitä kehon paino on maalla (Di Prampero 1986). Eri kudosten kelluntaominaisuudet ovat erilaiset: lihaskudoksen tiheys on 1,05, luukudoksen 1,80 ja rasvakudoksen 0,94. Ihmisen kudosten tiheys on näin ollen tiheämpää kuin veden tiheys, joka on keskimäärin 0,997. Kuitenkin ihmisen kehon ontelot lisäävät tilavuutta ja keuhkojen ollessa ilmaa täynnä on ihmisen kokonaistiheys noin 0,97. Ikääntymisellä, lisääntyneellä rasvakudoksella sekä tietyillä sairauksilla on vaikutusta ihmisen kehon tiheyteen alentaen sitä sekä näin ollen lisäten kelluvuutta vedessä. Kehon epäsymmetrialla esim. amputaatiolla, atrofiolla ja lihasmassan muutoksilla, on myös vaikutusta kelluvuuteen (Davis & Harrison 1988, Reid Campion 1990).

2.4 Vastus

Veden mekaanisiin ominaisuuksiin kuuluu veden vastus, joka johtuu liikkuvan veden sisäisestä liikettä vastustavasta kitkasta ja pyörteistä. Pyörteet eli turbulenssit muodostuvat vartalon taakse liikuttaessa vedessä. Tämä pyörrevastus ”imee” raajaa taaksepäin vastustaen eteenpäin suuntautuvaa liikettä. Mitä suurempi on veden vastus, niin sitä enemmän myös turbulensseja muodostuu. Turbulenssien määrä lisääntyy lisättäessä vastuksen pinta-alaa sekä liikenopeutta (Ohanian 1989, Bates & Hanson 1996, Koury 1996, Becker & Cole 1997). Veden vastusvoimaksi määritellään kehon liikettä vastaan samansuuruinen ja samansuuntainen vastakkaisvoima. Vastusvoima kasvaa kehon liikkeen aikana liikenopeudenneliöksi eli liikenopeuden lisääntyessä kaksinkertaiseksi vastusvoimat lisääntyvät nelinkertaiseksi. Veden vastus on liikesuunnan vastainen ja sen suuruuteen vaikuttavat tuotettu voima, liikenopeus, kappaleen muoto ja vipuvarren pituuden muutos (Bates & Hanson 1996, Becker & Cole 1997). Veden kitka määritetään veden molekyylien tasaiseksi virraksi ja siinä on vähemmän vastusta, koska veden molekyylit liikkuvat samaan suuntaan ja samalla nopeudella (Thein & Thein Brody 1998). Turbulensseilla voidaan tehostaa harjoittelua tai helpottaa liikkeen tekemistä. Vastusta voidaan säädellä säätelemällä liikkeen nopeutta, pinta-alaa ja käyttämällä apuvälineitä. Nostetta voidaan käyttää veden vastuksen tavoin harjoitusvastuksena lihasvoimaharjoittelussa (Golland 1981, Koury 1996). Esimerkiksi istuen suoritettuna polven ojennuksen alussa noste vastustaa liikettä ja avustaa loppuvaiheessa pintaa kohti tapahtuvaa liikettä (Reid Campion 1990).

2.5 Lämpötila

Veden lämpötilaa voidaan hyödyntää myös vedessä tapahtuvaan harjoitteluun. Vedessä elimistö jäähtyy nopeammin kuin ilman vaikutuksen alaisena, koska vesi johtaa lämpöä paremmin kuin ilma (McArdle ym.1996). Tutkimuksissa on osoitettu, että vedessä oltaessa sydämen sykereaktio riippuu huomattavasti veden lämpötilasta (Avellini ym.1983). On todettu, että 34–35 termoneutraali veden lämpötila on edullisin, tällöin veden lämpötila ei aiheuta ihmiskehölle ylimääräistä rasitusta. Yli 35

asteinen veden lämpötila saa aikaan elimistön rentoutumista, mutta samalla elimistö väsy nopeammin johtuen elimistölle tulevasta ylimääräisestä kardiovaskulaarisesta rasituksesta. Sydämen syke nousee harjoiteltaessa lämpimässä vedessä poistaen elimistöstä syntynyttä liikalämpöä. Sydämen sykkeen nousua havaitaan myös alle 20 asteisessa vedessä, tällöin syke nousee lämpöhukan estämiseksi. Kylmä vesi lisää lihasvärinää ja näin ollen hapenkulutus ja kokonais energiankulutus lisääntyvät. Kylmän veden aiheuttamasta lihasvärinästä on harjoitukselle epäedullisia vaikutuksia. On todettu, että 28–32 asteinen vesi on aerobiseen harjoitteluun sopiva, tehokkaaseen vesivoimisteluun 26–28 asteinen vesi sekä terapeuttinen vaikutus on 32–35 asteisella vedellä (Reid Campion 1990, McArdle 1996).

3. VESIOLOSUHTEIDEN FYSIOLOGISIA VAIKUTUKSIA IHMISEN ELIMISTÖÖN

Veteen mentäessä tapahtuu merkittäviä fysiologisia muutoksia verenkierrossa, jotka tapahtuvat joko välittömästi tai hitaasti. Nämä muutokset korostuvat etenkin oltaessa rinnan tai kaulan syvyisessä vedessä. Lantion ja polven syvyydellä oltaessa ei ole havaittu merkittäviä muutoksia sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnassa.

3.1 Sydän- ja verenkiertoelimistö

Vedessä liikuttaessa on erittäin tärkeätä huomioida sydämen sykereaktiot. Sydämen iskutilavuus kasvaa kun sydämen täytyminen helpottuu. Iskutilavuuden muutos laskee sydämen sykettä. Hydrostaattisen paineen on todettu lisäävän merkittävästi sentraalista verenvirtausta eli laskimopaluu helpottuu, koska veri virtaa helpommin alaraajoista ja vatsaontelosta rintaonteloon ja lopuksi sydämeen (Arborelius ym. 1972). Tästä on seurauksena se, että sydämen täytyminen tehostuu ja sydämen iskutilavuus kasvaa, joka puolestaan aiheuttaa sydämen syketaajuuden alenemisen. Yhdellä lyönnillä sydän pumpkaa suuremman verimäärän verrattuna maaolosuhteisiin. Esimerkiksi sydämen verimäärä lisääntyy 700 ml (Arborelius ym.1972, Davis & Harrison 1988, Chu & Rhodes 2001, McArdle 2001). Kuitenkin yksilölliset erot ovat huomattavia. Eri tutkimuksien mukaan syketaajuus levon ja rasituksen aikana vedessä on 7- 20 lyöntiä alhaisempi kuin maalla vastaavan rasituksen aikana (Davis & Harrison 1988, Thein & Thein Brody 1998, Chu & Rhodes 2001). Hydrostaattisesta paineesta johtuen verenpaine kohoaa veteen mentäessä, koska veden paine vaikuttaa verenkiertoon välittömästi. Paine vastustaa kehon ääreisosien verenkiertoa ja on voimakkaampi mitä syvemmillä vedessä ollaan. Tästä johtuen verenpaine akuutisti nousee, mutta tasoittuu nopeasti veteen menon jälkeen. Toisaalta verenpaineen on tutkimuksessa todettu laskevan hieman 30–35 asteisessa vedessä (Thein & Thein Brody 1998, Sramek 2000, McArdle 2001). Vastaavasti oleskelu kylmässä vedessä (14 astetta) kohottaa verenpainetta huomattavasti (Sramec ym.2000).

Lämpimässä vedessä on hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen suurempaa sekä elimistö väsy nopeammin kuin maaolosuhteissa tehdyssä harjoituksessa (Frangolias & Rhodes 1996, Thein & Thein Brody 1998, Sramek ym.2000). Lisäksi veden lämpötilalla on vaikutusta verenkiertoon (Sramek ym.2000). Sydämen syke nousee harjoiteltaessa lämpimässä vedessä poistaen elimistöstä syntynyttä liikalämpöä ihon kautta ohjaten verenkiertoa enemmän ihoalueille (Reid Campion 1990, McArdle 1996). Vastaavasti myös kylmä vesi vaikuttaa sydämen sykkeeseen. Esimerkiksi oleskelu 20 ja 14 asteisessa vedessä lisäsi sydämen syketiheyttä verrattuna 32 vedessä oleskeluun. 14 asteisessa vedessä syke oli 3 lyöntiä korkeampi kuin maalla olon aikana (Sramek ym.2000). Veden lämpötilan vaikutukset ihmisen fysiologisiin toimintoihin on esitetty taulukossa 1.

Taulukko1. Veden lämpötilan vaikutukset ihmisen fysiologisiin toimintoihin

	veden lämpötila		
	kylmä 15astetta	neutraali 35astetta	lämmin 44astetta
sydämen syke	-15%	-15%	32 %
iskutilavuus	19 %	39 %	9 %
systolinen RR	19 %	-8%	-17%
diastolinen RR	2 %	-7%	-14%
diureesi	365 %	400 %	225 %
verenkierto(lihas)	80 %	44 %	4 %

(Becker & Cole 1997)

3.2 Hengityselimistö ja aineenvaihdunta

Hydrostaattisella paineella on vaikutusta myös hengitysfrekvenssiin. Kaasujen vaihto tehostuu keuhkokudoksissa ja näin ollen hengitysfrekvenssi lisääntyy hengitystilavuuteen verrattuna (Frangolias & Rhodes 1996). Yu (1994) on todennut tutkimuksessaan, että vedessä harjoiteltaessa hengitysfrekvenssi kasvaa johtuen hengityksen minuuttitilavuuden suurenemisesta. Veden paine pienentää keuhkojen tilavuutta ja vaikeuttaa sisäänhengitystä. Tämän vuoksi hengityselinsairaille vesiharjoitus näyttää olevan tehokasta harjoittelua (Bates & Hanson 1996). Veden vastustavan vaikutuksen johdosta vesi vastustaa rintakehän laajenemista sisäänhengitys vaiheessa ja avustaa uloshengitys vaiheessa rintakehän supistumista (Davis & Harrison 1988). Vedessä olon aikana rintaontelon verimäärä lisääntyy,

jolloin paine onteloiden seinämiin lisääntyy ja tästä on seurauksena, että hengityksen työmäärä kasvaa jopa 60 % (Cole & Becker 2004). On osoitettu tutkimuksissa, että vedessä tapahtuvalla harjoittelulla voidaan parantaa hapenottokykyä. Interventiotutkimuksissa on osoitettu, että maksimaalisessa hapenottokyvyssä tapahtuu kasvua samalla tavalla vesiharjoittelun ja maalla tapahtuvan harjoittelun johdosta (Ruoti ym.1994, Taunton ym.1996, Campbell ym.2003). Maksimaalinen hapenottokyky on 17 % alhaisempi vedessä kuin maalla (Thein & Thein Brody 1998). Ikääntyneiden kohdalla on osoitettu maksimaalisessa hapenottokyvyssä kasvua vedessä tapahtuvan harjoittelun johdosta, joka on verrattavissa juoksuharjoittelun aikaansaamaan tilaan (Ruoti ym.1994).

Sramek ym. (2000) ovat havainneet tutkimuksessaan, että 32 asteisessa vedessä energiankulutus ei lisääntynyt merkittävästi, mutta 20 asteisessa vedessä energiankulutus kasvoi 93 % ja 14 asteisessa 350 %. Energiankulutuksen lisääntyminen oli seurausta lihasten vilunväristysten sekä vapinan lämmöntuottoa lisäävästä vaikutuksesta.

Vesiolosuhteet vaikuttavat aineenvaihdunnan säätelyyn. 20- 30 asteisessa vedessä oleskelu alentaa plasman reniinin, kortisolin ja aldosteronin pitoisuuksia sekä lisää virtsan eritystä voimakkaasti (Sramek 2000, Cole & Becker 2004). Kylmässä vedessä (14 astetta) oleskelu lisää plasman noradrenaliinin sekä dopamiinin pitoisuuksia merkittävästi. Kylmä vesi lisää virtsan eritystä 163 % verrattuna lämpimään veteen (32 astetta) (Sramek 2000). Näyttää siltä, että vedellä on vaikutusta mielihyvän tuntemukseen, dopamiinin erityksen lisääntymiseen. Dopamiinin erityks lisääntyy heti veteen menon jälkeen ja stressihormoonin erityks vähenee veteen mentäessä, mutta rupeaa nousemaan 3-4 tunnin vedessä olon jälkeen. Välittömästi veteen menon jälkeen myös munuaisten toiminta tehostuu (10 %). Vedessä oltaessa natriumin erityks vähenee ja kaliumin erityks lisääntyy (Cole & Becker 2004). Kuitenkin lisätutkimuksia tarvitaan vielä, jotta voidaan varmuudella todeta asian olevan näin.

3.3 Hermolihasjärjestelmä

Uintitutkimuksissa tekniikkaa ja kuormitusta on tutkittu runsaasti erilaisilla vedenalaisilla biomekaanisilla menetelmillä (liikeanalyysi, EMG, voimantuotto jne.). Kuitenkin kuntoutuksen alueella vesiharjoitusliikkeiden biomekaanista analysointia sekä voimaharjoitusohjelman vaikutuksia on tutkittu suhteellisen vähän. Myös veden vaikutuksia hermolihasjärjestelmään on tutkittu vähän. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että lihasaktiivisuus (EMG) on vedessä alentunut verrattaessa samansuuruisista lihassupistusta maalla (Pöyhönen 1999). Lisäksi polven ojennus- ja koukistusliikkeiden aikaista lihastoimintaa on tutkittu vedenalaisilla EMG- mittauksilla (Pöyhönen 2001a). Edellä mainittujen harjoitteiden veden vastusvoimia on myös määritetty (Pöyhönen 2001b). On myös viitteitä siitä, että refleksitoiminta on alempi vedessä kuin maalla (Pöyhönen 2002). Vesikuntoutuksessa harjoitusvaikutukset tulevat esiin nivelliikkuvuuden ja lihasvoiman lisääntymisenä (Kettunen & Rintala 1993, Frangolias & Rhodes 1996, Taunton ym.1996, Pöyhönen 2002). Voimatyypin vesiharjoittelun vaikutuksia ovat tutkineet Foley (2003) ja Erley (2001), jotka ovat osoittaneet, että vedessä tapahtuva harjoittelu parantaa nivelrikosta kärsivien ja polven tekonivelleikattujen toimintakykyä, alaraajojen lihasvoimaa ja alaraajojen lihasten koordinaatiota. Näitä tutkimustuloksia tukee Valtosen (2008) tutkimus, jossa alustavien tutkimustulosten perusteella polven tekonivelleikattujen lihasvoima, lihasten teho ja lihasmassa lisääntyivät intensiivisen 12 viikon vesiharjoitusohjelman jälkeen. Pöyhönen (2002) totesi tutkimuksessaan, että progressiivinen vesiharjoitus lisää merkittävästi polven ojentajien ja koukistajien voimantuottoa, sähköistä aktiviteettia sekä lihasmassaa terveillä naisilla. Syvässä vedessä tapahtuvan aerobiharjoittelun on osoitettu myös kehittävän lihasvoimaa sekä polven ojentaja- ja koukistajalihasten isokineettisiä voima-arvoja (Simpson & Lemon 1995).

Osassa tutkimuksissa on havaittu muutosta nivelliikkuvuuteen, notkeuteen (Simpson & Lemon 1995, Taunton ym.1996), mutta osassa taas ei ole havaittu vesiharjoittelun saavan muutosta nivelliikkuvuuteen (Sjögren ym.1997). Vedessä harjoittelevat pystyvät vähentämään nivelrakenteisiin kohdistuvaa kuormitusta veden kelluttavan vaikutuksen ansiosta sekä samalla kehittää nivelten liikkuvuutta soveltuvilla

harjoitteilla. Kuitenkaan saadut tulokset eivät juuri osoita eroja verrattuna maalla suoritettuihin harjoituksiin.

4. VESIHARJOITTELUN KUORMITTAVUUS SEKÄ HARJOITUSOHJELMIEN VAIKUTTAVUUS

Kirjallisuuden systemaattisen analyysin tarkoituksena oli selvittää vesivoimisteluohjelmien vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistöön ja sen kuormittumiseen harjoitusohjelmien aikana. Kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin tutkimukset, jotka käsittelivät vesivoimistelua ja vesiharjoittelua, poislukien vesijuoksututkimukset. Kirjallisuuden haku suoritettiin vuosina 2006–2007 Medline ja Pedro tietokannoista. Hakusanoina käytettiin aquatic training and cardiovascular, water exercise, water response, aerobic, cardiovascular, older, elderly, hydrotherapy, hydrotherapy total knee arthroplasty, sekä näiden sanojen eri yhdistelmiä. Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjä tutkimuksia löytyi 15 kappaletta.

Huolimatta siitä, että vesiharjoittelu ja –voimistelu on tullut suositukseksi kuntoilu- ja hoitomuodoksi, on aiheesta tehty vain muutamia satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, joissa selvitetään vesiharjoittelun fysiologisen vaikutuksen hyötyjä. Tehtyjä tutkimuksia löytyy enemmän vesijuoksun alueelta kuin vesivoimistelun. Tähän kirjallisuuskatsaukseen otetut vesivoimistelun sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista koskevat tutkimukset ovat julkaistu vuosina 1987–2004.

4.1 Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen tulokset

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksien koehenkilöt olivat suurimmaksi osaksi naisia, iältään 19–72 vuotiaita. Koehenkilöiden määrä tutkimuksissa vaihteli 10–49 koehenkilöön. Eniten koehenkilöitä oli 49 kpl Hoegerin ym. (1992) tutkimuksessa ja vähiten Evans & Cureton (1996) sekä Heberlein ym. (1987) tutkimuksessa, joissa koehenkilöitä oli 10 kpl. Ikääntyneitä oli koehenkilöinä neljässä tutkimuksessa (Sanders 1993, Ruoti 1994, D'Acquisto 2001, Campbell ym. 2003). Kuudessa tutkimuksessa oli sekä koe- että kontrolliryhmä, kolme tutkimusta vertaili maa- ja vesiolosuhteiden vaikutuksia (Cassady & Nielsen 1992, Evans & Cureton 1996, Heberlein ym. 1987). Yksi tutkimuksista vertaili maa / vesi / kontrolliryhmän eroja tuloksissa (Hoeger ym. 1992). Yhdessä tutkimuksessa selvitettiin kahden eri

harjoitusohjelman vaikuttavuutta, erot tulivat esille harjoittelun tehoissa (Seefeld & Abraham 1997). Sekä kahdessa tutkimuksessa oli pelkästään koeryhmä ja tuloksia verrattiin keskenään alku- ja lopputilanteeseen nähden (Simpson & Lemon 1995, D'Acquisto ym.2001).

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista sydän- ja verenkiertoelimistön osalta suurimmassa osassa käsiteltiin hapenkulutusta, sykevasteita käsiteltiin seitsemässä tutkimuksessa. RPE oli esillä viidessä vesivoimistelun tutkimuksessa. Kirjallisuuskatsauksen tulokset on esitetty liitteessä 1 ja taulukossa 2.

Tärkeä fysiologinen muutos, joka johtuu säännöllisestä kestävyysharjoittelusta, on sydämen sykkeen aleneminen lepotilassa. Interventiotutkimuksessa on todettu, että vesiharjoittelun seurauksena leposyke alenee ja maksimi syke paranee (Ruoti ym.1994). Lisäksi Simpson ja Lemon (1995) totesivat tutkimuksessaan, että leposyke aleni 11 lyöntiä kahdeksan viikon kestoisen vesiharjoitteluohjelman seurauksena. Vedessä tapahtuva harjoittelu on lisännyt sydämen iskutilavuutta jopa 25 %:lla ja lisäksi sydämen veritilavuuden on todettu kasvaneen. Sydämen kuormitus on näin ollen merkittävästi suurempaa vedessä tapahtuvan harjoittelun kuin maalla tapahtuvan harjoittelun aikana (Thein & Thein Brody 1998).

Vesiharjoittelulla on osoitettu olevan vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaa ikääntyneillä henkilöillä (Ruoti ym. 1994).Vesiharjoittelun suorittaminen riittävällä frekvenssillä, voimakkuudella ja kestolla on pystytty ylläpitämään tai parantamaan sydän- ja verenkiertoelimistön kuntoa myös terveillä henkilöillä (Eckerson 1992).

4.2 Vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuus

Vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuutta on tutkittu vähän. Kososen (2004) pro gradu-tutkielmassa selvitettiin 6 eri vesivoimisteluliikkeen hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittavuutta terveillä ja hengitys- ja verenkiertoelinsairailta naisilla. Tutkimuksessa oli 10 tervettä ja 10 hengitys- ja verenkiertoelinsairasta naista keski-ikänsä 53 vuotta.

Vesivoimisteluliikkeiden suurin kuormitus oli 5,2 MET ja se koettiin melko rasittavaksi RPE 13. Alhaisin kuormitus oli 2,8 MET. Harjoitukset suoritettiin 59–70 % teholla arvioidusta iänmukaisesta maksimisykkeestä. Keskimäärin vesivoimisteluliikkeet koettiin kevyeksi RPE 11 tai melko rasittavaksi RPE 13. Harjoituksen kokonaiskuormitus oli keskimäärin 3,9 MET. Kuormittavin liike oli hiihtohyppy (5,2 MET), joka myös koettiin rasittavimmaksi (RPE 13,8). Vastaavanlaisia MET arvoja on raportoitu myös muissa tutkimuksissa. Campbell ym. (2003) raportoivat tutkimuksessaan MET arvoja välille 3,5–8,6. Tutkimuksessa oli sekä nuoria että ikääntyneitä koehenkilöitä, jotka suorittivat vesiaerobic harjoituksen. Myös D'Acquisto ym. (2001) submaksimaalisessa vesiharjoituksessa raportoitiin MET arvot välille 2,8–5,8. Vesiharjoitusten RPE arvot ovat olleet välillä 8–17 (Campbell 2003, Chu 2004, D'Acquisto 2001, Seefeeldt & Abraham 1997). Vesivoimisteluliikkeiden kuormittavuuden tulokset on esitetty taulukossa 2.

4.2 Vesivoimisteluohjelmien vaikuttavuudesta sydän- ja verenkiertoelimistöön

Useissa tutkimuksissa on osoitettu, että vedessä toteutetulla aerobic harjoittelulla on vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistön kehittymiseen. Tutkimuksissa on osoitettu, että matalassa vedessä tapahtuvalla vesiaerobic harjoittelulla on saatu aikaiseksi kehittävä vaikutus maksimaaliseen hapenkulutukseen. Tulosten on osoitettu kehittyvän 5,6–18,9 % välillä vesiaerobicilla, penkilleaskeltamisella vedessä ja syvässä vedessä tapahtuvalla aerobic harjoittelulla. Nämä myönteiset tulokset vastaavat hyvin pitkälle maalla suoritettujen harjoitteiden jälkeisiä tuloksia (Abraham 1994, Gaspard 1995, Hoeger 1992, Sanders 1993, Simpson 1995).

Abraham (1994) totesi tutkimuksessaan, että 11 viikkoa kestävä vesiaerobic harjoittelu paransi maksimaalista hapenottoa 5,6 % (34,8 -> 36,7 ml / kg / min.). Simpsonin ja Lemonin (1995) tutkimuksessa maksimaalinen hapenotto parani merkittävästi (29,5 -> 35,1 ml / kg / min.). Myös Sandersin ym. (1993) tutkimukset osoittivat, että vesiaerobic ohjelmalla saatiin merkittävää parannusta kestävyys- ja suorituskyvyssä. Tutkimuksella selvitettiin iän vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistön suorituskykyyn erilaisia välineitä apuna käyttäen. Harjoitusten

aikana syke pidettiin 74 – 84 %:n tasolla iän mukaisesta maksimisykkeestä. Harjoitusjakson jälkeen mitatuissa testeissä todettiin, että nuorilla koehenkilöillä aerobinen kestävyyskunto oli kehittynyt 13,7 % ja iäkkäillä koehenkilöillä 8,8 %.

Vedessä suoritettava penkilleaskeltaminen on erittäin haastava ja raskas harjoitus verrattuna vastaavaan harjoitukseen maalla. Penkilleaskeltamisen vedessä on osoitettu saavan aikaiseksi kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä (Gaspard 1995, Seefeldt & Abraham 1997). Harjoitustehon on oltava riittävän korkea, jotta se parantaisi maksimaalista hapenottokykyä. Sydän – ja verenkiertoelimistön kehittämisessä on harjoitusteho erittäin tärkeä tekijä, koska harjoitusvaikutus verenkiertoelimistöön on erilainen vedessä kuin maalla. Vesiharjoittelussa sykereaktiot vastaavat hyvin pitkälle samanlaista linjaa kuin vesijuoksussa (Wilber 1996). Tärkeä tekijä, joka johtuu säännöllisestä harjoittelusta, on sydämen sykkeen aleneminen lepotilassa. Hoeger (1992) ja Simpson & Lemon (1995) havaitsivat tutkimuksissaan leposykkeen alenemisen matalassa vedessä toteutetussa harjoittelussa. Simpson & Lemon (1995) totesivat, että leposyke aleni 8 viikon kestoisen vesiharjoittelun jälkeen 11 lyöntiä minuutissa (77,7 -> 66,3 lyöntiä / min.). Hoeger (1992) vertasi 8 viikon aerobic harjoittelun sykereaktioita maalla ja vedessä. Molemmissa saatiin samansuuruinen leposykkeen aleneminen. Vesiharjoittelussa leposyke aleni 77 -> 70 lyöntiä / minuutissa ja maalla harjoittelussa 76 -> 70 lyöntiä / minuutissa. Vesivoimisteluohjelmien vaikuttavuudesta sydän- ja verenkiertoelimistöön on esitetty taulukossa 2.

4.3 Vesiharjoitusohjelmien sisältö

Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset sisälsivät harjoittelua vedessä sekä maalla. Seuraavissa tutkimuksissa oli sekä koe- että kontrolliryhmä (Abraham 1994, Cassady & Nielsen 1992, Evans & Curton 1996, Gaspard 1995, Heberlein 1987, Hoeger 1992, Sanders 1993, Chu 2004). Simpson & Lemon 1995 ja Campbell ym. (2003) tutkimuksissa ei ollut koe / kontrolliryhmään ja Seefeldt & Abraham (1997) tekivät tutkimuksensa kahdella eri harjoitusohjelmalla, ero oli harjoittelun tehossa. Myös D'Acquisto ym. (2001) vertasivat tutkimuksessaan alku- ja lopputilannetta

keskenään. Seuraavissa tutkimuksissa vesiharjoittelua suoritettiin aerobic tyyppisenä harjoitteluna (Abraham 1994, Heberlein 1987, Hoeger 1992, Simpson & Lemon 1995), penkilleaskeltamisharjoituksena (Evans & Cureton 1996, Gaspard 1995, Seefeld & Abraham 1997) sekä vesiharjoittelua välineillä (Sanders 1993) ja vesiharjoittelua ylä- ja alaraajoille (Cassady & Nielsen 1992). Systemaattisen katsauksen tutkimukset olivat kestoltaan 2 viikosta 12 viikkoon. Harjoituskertoja oli 3 kertaa viikossa. Harjoitukset toteutettiin kuntopiirityyppisinä harjoituksina, joissa harjoitettiin käsien ja jalkojen lihaksia. Kaikissa tutkimuksissa harjoituskerran rakenne oli samanlainen (alkuverryttelyosuus, kuntopiiriharjoitus ja loppuverryttelyosuus). Myös kestoltaan harjoitukset olivat samanlaiset. Alkuverryttelyä toteutettiin 5-10 min, kuntopiiriharjoittelua 20–30 min ja loppuverryttelyn osuus oli 5 min. Kuntopiiriosuudessa yksi liike oli kestoltaan 30–60 sek (Ruoti ym.1994, D'Acquisto ym.2001, Campbell ym.2003, Chu ym.2004).

Tutkimustulokset puoltavat käsitystä siitä, että harjoittelun on oltava riittävän tehokasta ja sen on tapahduttava riittävän usein, jotta sillä saavutetaan haluttuja hyötyjä sydän- ja verenkiertoelimistöön. Taulukossa 2 on esitetty eri tutkimuksien interventio.

Taulukko 2. Vesivoimistelun ja vesiharjoituksen kuormittavuus

Tekijä	Interventio	Koehenkilöt	Tutkimusasetelma	Vaikuttavuus/tulos
Abraham ym.1994	vesiaerobic	14/nuoret naiset	koe/kontrolli 11viikkoa	maksimaalinen hapenkulutus parani 5,6 %, harjoituksesta oli vaikutusta
Campbell ym.2003	vesiaerobic	11/19–24-v. 11/63–72-v.	koeryhmä nuoret, ikääntyneet 2 viikkoa	ryhmien välillä ei eroja, ikääntyneillä VO2max alhaisempi, systolinen RR nuoremmilla alhaisempi, RPE molemmilla ryhmillä 17, syke:nuoret 95–144, ikääntyneet 92–124 MET:nuoret 3,5–8,6, ikääntyneet 3,2–6,3
Cassady & Nielsen 1992	vesiharj. alaraajat	ylä- ja 40/ keski-ikä 25v.	maa/ vesi 3:lla eri liiketiheydellä	hapenkulutus korkeampi vedessä sykereaktiot maalla korkeammat
Chu ym. 2004	kuntopiiri vedessä	12/ 51-70v.	RCT koe/kontrolli 8 viikkoa 1 h/3xvko	VO2 max. 22 % parannus RPE arvot 15 tai suuremmat kävelynopeudessa 19 % parannus

Tekijä	Interventio	Koehenkilöt	Tutkimusasetelma	Vaikuttavuus/tulos
D'Acquisto ym. 2001	sub.max. vesiharj.	16/60-80v.	verrattiin alku- ja lopputilanne 4 kk/3-4xvkossa	MET 2,8–5,8 syke 89,7–119,5 RPE 8,0–12,5 max.syke 143,7 MET arvot kasvoivat harj.jakson aikana
Evans & Cureton 1996	penkilleaskeltaminen 3:lla eri korkeudella	10/ naiset	maa/vesi 5min.	syke ja hapenkulutus arvot vedessä matalammat, RPE samanlaiset, kädet liikkeessä mukana lisääntyi hapenkulutus 48 %, 58 % ja 78 %
Gaspard 1995	ym. penkilleaskeltaminen 80 % syketaso	21/nuoret	koe/kontrolli 7 viikkoa	VO2max.14,8 % parannus
Heberlein 1987	ym. vesiaerobic	10/43v.	maa/vesi	hapenkulutus maalla korkeampi
Hoeger ym. 1992	vesiaerobic 20 min. syketaso 70–85%	49/20–32-v.	maa/vesi/kontrolli 8vko/3xvkossa	vesiryhmällä leposyke 7 lyöntiä alhaisempi, 14,8 % ero merkitsevä maalla ja vedessä samansuuruinen kehitys
Kosonen 2004	vesivoimistelu 70% syke	59– 20/53-v.	koe/kontrolli	MET keskiarvo 3,9(2,8–5,2 MET) RPE 11–13 (rasittavin liike hiihtohyppy 13,8 RPE)
Ruoti ym. 1994	vedessä aerobinen harj. kuntopiiri	20/59–75-v.	koe/kontrolli 12 viikkoa/3xvkossa	VO2max. 15 % parannus, leposykkeen alentuminen, työtalon kasvaminen, lihaskestävyyden parantuminen

Tekijä	Interventio	Koehenkilöt	Tutkimusasetelma	Vaikuttavuus/tulos
Sanders 1993	vesiharj. välineillä matala/ syvä vesi syke 74–84%	20/28–52-v.	koe/kontrolli nuoret/iäkkäät 8 viikkoa	kestävyys suorituskyky parani nuoret 13,7 % ja iäkkäät 8,8 % lihasvoiman parannus lihaskestävyyden parannus
Seefeldt & Abraham 1997	penkilleaskellus syke 69,5 %	24/nuoret	2 eri harj.ohjelmaa ero harjoittelun tehossa 11 viikkoa koeryhmä	RPE 11,8 VO2max. ei tilastollista eroa
Simpson & Lemon 1995	vesiaerobic välineillä	18/22–39-v.	8 viikkoa/3xviikossa	leposyke aleni 11 lyöntiä VO2max. 18,9 merkitsevä parannus polven ojentaja- ja koukistajalihasten voimissa, lihasten isokin.voimat parani

5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vain toisen polven tekonivelleikatuilla 55–75-vuotiailla miehillä ja naisilla voimatyypin vesiharjoitusohjelman aiheuttamaa fyysistä kuormittumista, kun liikkeet suoritetaan paljaalla jalalla ilman vastusta ja vastuksen kanssa.

Tutkimusongelmina ovat

- 1) Missä määrin 55–75-vuotiailla tekonivelleikatuilla vastuksen kanssa tehdyn vesiharjoituksen syketasot eroavat ilman vastusta tehdystä vesiharjoittelusta?
- 2) Missä määrin 55–75-vuotiailla polven tekonivelleikatuilla MET arvot eroavat ilman vastusta ja vastuksen kanssa toteutetussa vesiharjoitusohjelmassa?
- 3) Missä määrin 55–75-vuotiailla polven tekonivelleikatuilla kuormituksen kokeminen RPE-asteikolla eroaa ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä vesiharjoitusohjelmassa?

6. TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen valittiin 13 vapaaehtoista koehenkilöä keski-ikänsä 64- vuotta (62–70-vuotta). Koehenkilöistä oli 9 miestä ja 4 naista. Heillä ei saanut ollut sydänsairautta eikä muuta vakavaa sairautta. Kaikki koehenkilöt harrastivat liikuntaa viikoittain keskimäärin 3 kertaa viikossa. Koehenkilöillä ei ollut mitään sellaista pysyvää lääkitystä, joka olisi vaikuttanut sykkeeseen. Heillä ei esim. saanut olla beetasalpaajalääkitystä, koska beetasalpaajat laskevat sydämen sykettä, joka voisi vääristää tuloksia. Kaikille koehenkilöille oli tehty vain toisen puolen polven tekonivelleikkaus ja he olivat mukana laajemmassa Kymenlaakson keskussairaalan vesiharjoittelututkimuksessa. Polven tekonivelleikkaukset oli tehty koehenkilöille vuosina 2004–2006. Tutkimus toteutettiin Kymenlaakson keskussairaalan Kuntoutuksen terapia-altaassa.

Taulukko 3. Koehenkilöiden keskimääräinen ikä, pituus, paino, BMI ja syke levossa

	N	keskiarvo	SD	vaihteluväli
ikä(vuotta)	9	64	5	62–70
pituus(cm)	9	169	17	160–184
paino (kg)	9	95	17	76–100
BMI	9	29,99	6,95	25,68–53,84
syke(lepo)	9	70	19	47–106

BMI= kehon painoindeksi (bodymassindex)

6.2 Tutkimusasetelma

Mittaukset suoritettiin syksyllä 2006 Kymenlaakson keskussairaalassa. Ennen varsinaista mittausta koehenkilöillä oli yksi harjoituskerta, joka oli viikkoa ennen varsinaista mittauskerta. Toinen mittaus toteutettiin viikon kuluessa ensimmäisestä mittauksesta. Mittaustilanteessa koehenkilöt arvottiin kahteen ryhmään, joista toinen

aloitti ilman vastusta ja toinen vastuksen kanssa. Tutkimuksessa käytetty vastuskenkä on esitetty kuvassa 1. Vastuskenkä lisäsi säären, jalkaterän pinta-alaa keskimäärin 40 %. Pöyhösen (2002) tutkimuksen mukaan vastuskenkä lisäsi veden vastusta keski-ikäisillä miehillä 36 % ja naisilla 35 %.



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyt vastuskengät

6.3 Harjoitusprotokolla

Harjoitusohjelma koostui viidestä erityisesti polven ojentajia ja koukistajia sekä lonkan alueen lihaksia harjoittavista liikkeistä. Liikkeet olivat 1. suoran jalan vienti eteen-taakse (lonkan ojennus-koukistus) 2. yhden jalan lonkan abduktio-adduktio (suora jalka sivulle ja ristiin) 3. yhden jalan ojennus-koukistus liike istuen käyttäen apuna potilasnosturin tuolia 4. steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus- koukistus liike, jossa polvi koukistuu lonkan koukistuksen aikana ja ojentuu lonkan ojennuksen aikana 5. polven koukistus-ojennus liike seisten.

Ennen varsinaista lihasvoima osuutta koehenkilöillä oli 6 min. alkuverryttely, jonka jälkeen he suorittivat varsinaisen harjoituksen. Harjoituksen jälkeen oli 2 min.

loppuverryttelyosuus. Lihassoikeus osuus tehtiin kuntopiiriharjoitteluna, jossa yhden sarjan pituus ilman vastuskenkää oli 45 sek ja vastuskengällä 30 sek. Palautusaika sarjojen välillä oli 30 sek ja liikkeitä vaihdettaessa palautusaika oli 1 min. Leikatulla jalalla tehtiin aina ensin 3 sarjaa, jonka jälkeen terveellä jalalla 2 sarjaa. Koehenkilöille annettiin suoritusnopeuteen ohjeena, että he tekevät ”kivun sallimissa rajoissa maksimaalisella vauhdilla ”(liite 2). Harjoitusohjelma liikkeiden ja keston osalta perustui Pöyhösen (2002) tutkimukseen. Harjoituksen aloitusliikkeen koehenkilöt pystyivät valitsemaan itse. Harjoitukset suoritettiin kiertoharjoittelutyypisenä harjoitteluna. Jokaisen liikkeen jälkeen koehenkilöt arvioivat sanallisesti liikkeen kuormittavuutta RPE taulukon avulla (liite 3). Vesiharjoitusohjelma suoritettiin 130 cm:n syvyisessä ja 30 asteisessa vedessä. Vesiharjoitusohjelman ohjasi Kymenlaakson keskussairaalan Kuntoutuksen fysioterapeutti, joka antoi kannustusta koehenkilöille koko harjoitusohjelman ajan. Kannusta annettiin molemmille ryhmille samalla tavalla ja yhtä paljon.

6.4 Mittausmenetelmät

Koehenkilöiltä selvitettiin ennen varsinaista harjoitusta kyselylomakkeen avulla ikä, pituus, paino, sairaudet, lääkitys, liikuntaharrastukset sekä milloin polven tekonivelleikkaus oli tehty ja kumpaan jalkaan (liite 4). Lisäksi ennen mittausta koehenkilöiltä mitattiin verenpaine sekä leposyke. Verenpainemittauksella varmistettiin koehenkilöiden sen hetkinen tilanne.

Sydämen sykettä seurattiin koko harjoituksen ajan Polar S 80 sykemittarilla. Saadut syketiedot käsiteltiin Polar Protrainer sykeanalyysiohjelmalla. Polarin sykemittari on havaittu muissa tutkimuksissa hyväksi ja luotettavaksi mittausvälineeksi (Campbell ym.2003, Chu ym.2004). Sykemittari rekisteröi syke sykkeeltä sydämen lyönnit. Määriteltäessä koehenkilöiden maksimisykettä käytettiin arviointiin iänmukaista laskennallista 220-ikä maksimisykettä (Åstrand ym.1986).

RPE ja Borgin asteikko on yleisesti luotettava mittausmenetelmä arvioimaan harjoituksen koettua kuormittavuutta ja sitä voidaan luotettavasti käyttää arvioitaessa

fysiologista kuormittumista. Myös sitä on yleisesti käytetty vesiolosuhteissa. RPE asteikon suhde sykkeeseen ja energiankulutukseen on samansuuntainen ja sen voidaan katsoa yhtäpitävästi mitattua kuormituksen tasoa (Borg 1998, Davis 2002). Kuormituksen rasittavuutta arvioitiin sanallisesti asteikolla 6-20 hyvin, hyvin kevyestä hyvin, hyvin rasittavaan (liite 3). Koettua kuormittavuutta koehenkilöt arvioivat suullisesti joka liikkeestä. Koetun kuormittavuuden arviointi tehtiin heti liikkeen päätettyä.

Metabolic Equivalent eli yleisemmin MET on tehon yksikkö, jota käytetään kuvaamaan erilaisten liikuntamuotojen energiantarvetta. MET (metabolic equivalent) on lepoaineenvaihdunnan kerrannainen, on suhteellinen yksikkö, jolla voidaan kuvata fyysistä aktiivisuutta ja energiankulutusta. MET suhteuttaa suorituksen aikaisen aineenvaihdunnan lepoaineenvaihduntaan. Yksi MET- yksikkö vastaa lepotilassa olevan ihmisen hapenkulutusta 3,5 ml / kg / min (McArdle ym.2001). MET – luvut kuvaavat energiankulutusta suhteutettuna painoon, ne mahdollistavat eri-ikäisten ja painoisten henkilöiden vertailun. Ikääntyminen näyttäisi laskevan painoon suhteutettua lepoaineenvaihdunnantasoja (Kwan ym.2006). Kwan ym. (2006) totesivat, että yli 65-vuotiailla lepoahapenkulutus olisi lähempänä 2,8 ml/kg/min kuin 3,5 ml/kg/min.

MET luvut soveltuvat hyvin myös käytetyiksi vesiliikuntaan kuvaamaan sen energiantarvetta. Eri tutkimuksissa on saatu hieman toisistaan poikkeamia MET-arvoja riippuen koehenkilöiden ja sukupuolten välisistä kuntotason vaihteluista. Vesiliikunnan MET- arvot sijoittuvat välille 2,9- 9,9 (Vickery ym.1983, Heberlein ym.1987, Cassady & Nielsen1992, Echerson & Anderson 1992, Evans & Cureton1996, Hered 1997).

Kokonaisharjoituksesta määriteltiin sykkeen ja koetun kuormituksen keskiarvot, vaihteluvälit ja keskihajonnat. Energiankulutus määriteltiin kokonaisharjoituksesta. Nämä määrittelyt tehtiin molemmista mittauskerroista: ilman vastusta ja vastuksen kanssa. MET arvot saatiin laskemalla sykemittarin antamasta henkilön energiankulutuksesta. Sykemittarista saatujen kilokalorilukujen muuttamisessa MET-luvuiksi käytettiin hapenkulutuservona 3,5 mlxkgxmin vastaamaan arvoa 1 MET.

MET arvoja laskettaessa käytettiin seuraavanlaisia periaatteita. MET kuvaa siis levossa olevan henkilön hapenkulutusta, joka on 3,5 ml/ kg/min. Hapenkulutus voidaan muuttaa kilokaloreiksi (kcal) kertomalla se ns. kaloriseella ekvivalentilla, joka vaihtelee 4,8–5,0 välillä riippuen aktiivisuuden tasosta ja hengitysosamäärästä (Åstrand 1986). Lisäksi MET arvojen laskemiseen huomioitiin henkilön paino. Polarin sykemittarilla mitattu energiankulutus muutettiin MET – luvuiksi jakamalla harjoituksen energiankulutus (kcal) koehenkilön lepoaineenvaihdunnalla ja koehenkilön painolla (kg).

6.5 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 15.0- ohjelmalla aineiston esikäsittelyn jälkeen. Kaikille koehenkilöille määritettiin jokaisesta liikkeestä sydämen sykkeen ja koetun kuormituksen maksimi, keskiarvot ja keskihajonnat. Tilastollinen analyysi suoritettiin keskiarvon, keskihajonnan, luottamusvälien ja p-arvojen avulla. Ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehtyjen harjoitusten kuormittavuuden eroja selvitettiin parittaisella t-testillä. Tutkimuksen luotettavuustasoksi valittiin $p < 0,05$.

7. TULOKSET

7.1 Koehenkilöt

9 koehenkilön tulokset otettiin mukaan tutkimukseen, koska 4 koehenkilöiltä puuttui toinen mittauskerta (vastuskenkä). Syketiedot saatiin molemmista mittauskerroista 7 koehenkilöltä, koska 2 koehenkilön kohdalla oli mittausteknisiä ongelmia ja näin ollen syketietoja ei saatu koko harjoituksen ajalta. RPE tiedot saatiin 9 koehenkilöltä molemmista mittauskerroista.

7.2 Sydämen syke

Koko harjoituksen aikainen koehenkilöiden keskimääräinen sydämen syke ilman vastus kenkää tehdyssä 45 min. (alkuverryttely, lihasvoimaosio ja loppuverryttely) harjoitusohjelmassa olivat 115 lyöntiä / min (SD 15). Vaihteluväli oli 98 lyöntiä / min.-139 lyöntiä / min. Vastuskengän kanssa tehdyssä 40 min harjoitusohjelmassa keskimääräinen sydämen syke oli 111 lyöntiä / min (SD 16). Vaihteluväli oli 95 lyöntiä / min.-141 lyöntiä / min. Eri koehenkilöiden välillä oli huomattavia yksilöllisiä eroja syketasoissa. Tulokset on esitetty taulukossa 4.

Lihassoimaosuuden aikana, jossa ei huomioida alkuverryttelyä ja loppuverryttelyä sydämen syke ilman vastusta tehdyssä 45 min harjoituksessa oli keskimäärin 122 lyöntiä / min. (SD 15), vaihteluvälillä 102–143 ja vastuksen kanssa tehdyssä 40 min harjoituksessa syke oli 118 lyöntiä / min (SD 16) vaihteluvälillä 101–145. Tulokset on esitetty taulukossa 4.

Ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyissä harjoituskerroissa ei ollut merkitsevää eroa ($p=0,146$) koko harjoituksen (alkuverryttely, lihasvoimaosio, loppuverryttely) keskimääräisessä sykkeessä. Myöskään lihasvoimaosuuden keskimääräisessä sykkeessä ei ollut merkitsevää eroa ($p=0,263$) ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyissä harjoituksissa. Taulukossa 4 on esitetty tulokset sydämen sykkeen osalta.

Taulukko 4. Sydämen syke ilman vastusta ja vastus kengän kanssa keskiarvo, keskihajonta, suoritusten välinen ero, 95 % luottamusväli ja p-arvo koko 45 min. harjoitus ja lihasvoimaosion osalta

	Ilman ka. (SD)	Vastus ka. (SD)	suoritusten välinen ero	95 % lv.	p-arvo
kokonaisharjoitus	115(15) (n=7)	111(16) (n=7)	4	-2-10	0.146
lihasvoimaosio	122 (15) (n=7)	118 (16) (n=7)	4	-4-13	0,263

Harjoitusliikkeiden (n= 6) iänmukaisesta (220- ikä) laskennallisesta maksimisykkeiden lasketut prosentit on esitetty taulukossa 5. Liitteessä 5 on esitetty eri liikkeiden sykearvot keskiarvojen, keskihajonnan ja vaihteluvälien osalta.

Taulukko 5. Harjoitusliikkeiden sykevasteet iänmukaisesta maksimisykkeestä. Liike 1= suoran jalan vienti eteen-taakse, liike 2= yhden jalan abduktio-adduktio, liike 3= yhden jalan ojennus-koukistus istuen, liike 4= steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus-koukistus, liike 5= polven koukistus-ojennus liike seisten

liike	ilman vastusta	vastus
liike 1	78 %	72 %
liike 2	79 %	74 %
liike 3	75 %	67 %
liike 4	85 %	83 %
liike 5	79 %	79 %

7.3 MET-arvot

Ilman vastusta tehdyssä harjoituksessa MET:n keskiarvo (n= 6) oli 3,1 (SD 1,5) ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa (n= 3) keskiarvo oli 3,5 (SD 1,2). MET-arvoissa oli kuitenkin suuriakin yksilöllisiä eroja koehenkilöiden välillä. Ilman vastusta tehdyssä harjoituksessa MET- arvot vaihtelivat välillä 1,3- 5,1 ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa vaihteluväli oli 1,1–4,5. Suuren vaihteluvälin takia MET-arvot esitetään koehenkilöittäin taulukossa 5.

Taulukko 6.. MET-arvot koehenkilöittäin

sukupuoli	ikä v.	pituus cm	paino kg	MET1	MET2
nainen	68	165	91,4	1,6	
nainen	62	167	100	1,3	1,1
nainen	60	160	76	3,7	
mies	62	184	90	5,1	4,5
mies	70	172	76,8	4,2	
mies	62	171	84,5	4,3	4

*MET 1= ilman vastusta

*MET 2 = vastuksen kanssa

7.4 Koettu kuormittuminen

Koetussa kuormittumisessa oli merkitsevää eroa ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa kolmessa liikkeessä. Nämä liikkeet olivat suoran jalan eteen ja taakse ($p=0,013$), yhden jalan lonkan abduktio-adduktio ($p=0,043$) ja polven koukistus-ojennus liike seisten ($p=0,001$). Näissä liikkeissä koettu kuormittuminen oli merkitsevästi korkeampi vastuksen kanssa tehtynä. Harjoituksen aikainen RPE oli keskimäärin ilman vastusta 15 ja vastuksen kanssa 16. Tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Koettu kuormittuminen ilman vastusta ja vastuksen kanssa (keskiarvo, keskihajonta, suoritusten välinen ero, 95% luottamusväli ja p-arvo). Liike 1= suoran jalan vienti eteen-taakse, liike 2= yhden jalan abduktio-adduktio, liike 3= yhden jalan ojennus-koukistus istuen, liike 4= steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus-koukistus, liike 5= polven koukistus-ojennus liike seisten

liike	Ilman ka. (SD)	Vastus ka. (SD)	suoritusten välinen ero	95 % lv.	p-arvo
liike 1	15 (1) (n=9)	17 (1) (n=9)	-1	-2-0	0,013
liike 2	15 (1) (n=9)	16 (1) (n=9)	-1	-1-0	0,043
liike 3	15 (1) (n=9)	16 (1) (n=9)	-0	-1-0	0,282
liike 4	16 (1) (n=9)	16 (1) (n=9)	0	-1-1	1,000
liike 5	14 (1) (n=9)	16 (1) (n=9)	-1	-2-1	0,001

p<0,05

8. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka vain toisen polven tekonivelleikatut miehet ja naiset fyysisesti kuormittuvat voimatyypisessä vesiharjoitusohjelmassa, kun liikkeet suoritettiin paljaalla jalalla ilman vastusta ja vastuksen kanssa. Vedessä suoritettu voimaharjoitusohjelma oli kuormittavuudeltaan rasittava kahdella eri vastusmuodolla. Ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa sydämen syketasot olivat 65 % laskennallisesta maksimisykkeestä. Eri liikkeiden keskimääräinen syke oli ilman vastusta 79 % ja vastuksen kanssa 75 % laskennallisesta maksimisykkeestä. Tutkimustulokset antoivat hyödyllistä tietoa vesiharjoitusohjelman kuormittavuudesta ja ilman vastusta sekä vastuksen kanssa suoritetusta harjoitusohjelman välisistä eroista. Tutkimuksen tulokset antoivat myös viitteitä, kuinka ikääntyneet polven tekonivelleikatut henkilöt fysiologisesti kuormittuvat tämäntyyppisen vesiharjoitusohjelman aikana ja kuinka kuormittavana he itse kokivat harjoituksen. Tutkimustulokset osoittivat, että tämäntyyppinen harjoitusohjelma on tarpeeksi kuormittava, jotta sillä saadaan myönteisiä vaikutuksia sydän- ja verenkiertoelimistön kuntoon. Tämäntyyppinen vesiharjoitusohjelma on verrattavissa rasiustasoltaan maalla suoritettuun harjoitteluun.

Tutkimuksen saatuihin tuloksiin on voinut vaikuttaa, että jokainen koehenkilö sai suorittaa liikkeet omalla maksimaalisella liikenopeudellaan ja suoritusrytmillä. Jokaista koehenkilöä kannustettiin maksimaaliseen liikenopeuteen. Liikenopeuden eroihin eri koehenkilön kesken vaikuttivat henkilön koko, voimataso, jne. Tietty liikenopeus saattaisi olla toiselle koehenkilölle lähes maksimaalista tasoa ja toiselle sama liikenopeus saattaisi olla 60–70 % maksimaalisesta tasosta. Viikoittaisen liikuntamäärän suhteen koehenkilöiden välillä ei ollut eroja, joten saatuihin tuloksiin ei koehenkilöiden liikuntaharrastuksilla näytä olevan vaikutusta. Kaikki koehenkilöt harrastivat pääsääntöisesti liikuntaa 3 kertaa viikossa. Lisäksi liikuntaharrastukset olivat kuormittavuudeltaan samanlaisia.

Ilman vastusta tehdyssä harjoituksessa oli yleisesti ottaen suoritusrytmi nopeampi kuin vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa. Veden vastuksen kasvaessa ovat liikkeet raskaampia suorittaa. Myös ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehtyjen

sarjojen ajallinen ero on voinut vaikuttaa saatuihin tuloksiin, ilman vastusta tehty harjoitus oli merkittävästi pidempi (15 sek) kuin vastuksen kanssa tehty harjoitus. Näin ollen ilman vastusta tehdyssä harjoituksessa tuli suorituskertoja enemmän kuin vastuksen kanssa tehdessä. Kenelläkään koehenkilöistä ei esiintynyt kipua tai muuta rajoittavaa tekijää, joka olisi vaikuttanut suoritusnopeuteen ja liikerataan.

Kliinistä harjoittelua ajatellen saadut tulokset ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa osoittavat, että polven tekonivelleikattuja voi kuormittaa vedessä myös vastuksen kanssa. Saadut tulokset osoittavat, että vastuksen lisäys näin toteutetussa harjoittelussa ei kuitenkaan lisää merkittävästi henkilöiden sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista. Samaan tulokseen on päädytty myös muissakin tutkimuksissa (Seefeld & Abraham 1997). Tosin tässä tutkittiin opiskelijoita eikä ikääntyneitä.

8.1 Sydämen syketasot

Koehenkilöiden syketaso oli suurimmillaan ilman vastusta ja vastuksen kanssa steppilaudalla suoritettussa lonkan ojennus-koukistus liikkeessä, jossa polvi koukistuu lonkan koukistuksen aikana ja ojentuu lonkan ojennuksen aikana, alhaisimmillaan syke oli ilman vastusta ja vastuksen kanssa yhden jalan ojennus-koukistus liikkeessä istuen. Kun veden vastus kasvaa, niin liikkeet on raskaampia suorittaa (Bates & Hanson 1996, Becker & Cole 1997). Ilman vastusta suoritettussa harjoituksessa keskimääräinen syke oli hieman korkeampi kuin vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa, mutta ero oli kuitenkin pieni, eikä sillä ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Koko harjoitus mukaan lukien alku- ja loppuverryttely ei syketasossa ollut juurikaan eroja ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa. Yksittäisillä koehenkilöillä ei ollut suuria muutoksia syke arvoissa ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa. Eri koehenkilöiden kesken syketasoissa oli eroja, jotka johtuvat yksilöllisistä eroista. Tilastollisesti ei ollut merkitsevää eroa ilman ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa, vaan saadut sykekeskiarvot vastaavat hyvin pitkälle samoja.

Vesiharjoittelussa sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyuden kehittämisessä on tärkeää huomioida harjoituksen kesto ja teho. Harjoittelun on oltava riittävän tehokasta, jotta sillä saavutetaan haluttuja hyötyjä. Vesiharjoittelussa syketason tulisi olla noin 80 % maksimisyketasosta, jotta se kehittää sydän- ja verenkiertoelimistöä (Gaspard ym.1995). ACSM:n mukaan sydän- ja verenkiertoelimistön kehittyminen vaatii harjoitustehon, joka on 70–85% maksimisykkeestä. Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden keskimääräinen syketaso oli ilman vastusta tehdyssä harjoitusosiossa 67 % ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoitusosiossa 74 % maksimisyketasosta. Koko 45 minuutin mittaisen harjoituksen sykekeskiarvo ilman vastusta tehdyssä harjoituksesta oli 64,7 % arvioidusta maksimisykkeestä ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa 65,3 % maksimisykkeestä. Nämä arvot vastaavat suosituksia, koska on muistettava, että vedessä maksimi syke on 7-15 lyöntiä alhaisempi vedessä kuin maalla ja ACSM:n suositukset on tehty maalla suoritettavaan harjoitteluun. Tässä tutkimuksessa ei mitattu koehenkilöiden maksimisykettä vedessä vaan se on mitattu laskennallisesti iänmukaisesta maksimisykkeestä maaolosuhteissa. Todellisuudessa syketaso maksimisykkeestä vedessä oli korkeampi kuin 67–74 %. Alhaisempi syketaso vedessä johtuu hydrostaattisen paineen vaikutuksesta, jolloin veren virtaus laskimoverisuonissa sydämeen päin tehostuu, joka aiheuttaa verimäärän uudelleen jakautumisen rintaontelosta ja sydämen onteloiden suurempaan täyttymiseen ennen sydänlihaksen supistumista. Iskutilavuuden kasvu on seurausta siitä, että verta pumpataan enemmän elimistöön. Myös veden lämpötilalla on vaikutusta siihen, kuinka suuri veden sykettä alentava vaikutus on vesiharjoittelussa. Kylmemmässä vedessä maa- ja vesiolosuhteiden välinen ero on suurempi. Tässä tutkimuksessa veden lämpötila oli 30 astetta, joka on todettu tutkimuksissa olevan vesivoimisteluun sopiva.

Vesijuoksututkimukset antavat hyvin pitkälle samansuuntaisia tuloksia sydämen sykkeen osalta kuin vesivoimistelututkimuksetkin. Vesijuoksussa on sydämen sykkeen osoitettu olevan 9-15 % ja hapenkulutuksen 14–27 % alhaisempi kuin juoksumattoharjoittelussa (Frangolias & Rhodes 1996, Michaud ym.1995, Svedenhag & Seger 1992).

Aikaisempien tutkimuksien mukaan vesiharjoittelu kehittää sydän- ja verenkiertoelimistöä, kun syketaso on riittävällä tasolla 70- 80 % maksimi syketasosta (Abraham ym.1994, Sanders 1993). Myös tämän tutkimuksen harjoituksen aikainen syketaso vastasi hyvin pitkälle samaa linjaa kuin Abrahamin (1994) ja Sandersin (1993) tutkimukset.

On harjoiteltava riittävällä syketasolla maksimisyketasosta, jotta voidaan saada vaikutusta maksimaaliseen hapenottokykyyn. Gaspardin ym. (1995) tutkimuksessa todettiin, että 80 % maksimisykkeestä kehittää maksimaalista hapenottokykyä, kun taas Seefeldtin & Abrahamin (1997) tutkimuksen 69,5 % maksimisykkeestä harjoittelulla ei saatu samanlaista vaikutusta / parannusta maksimaaliseen hapenottokykyyn. Eroa voidaan perustella sillä, että Seefeldtin & Abrahamin (1997) tutkimuksen koehenkilöt harjoittelivat liian alhaisilla tehoilla (69,5 %).

8.2 MET- arvot

MET arvot antavat hyvän kokonaiskuvan harjoittelun kuormittavuudesta. Ne mahdollistavat eri-ikäisten ja painoisten henkilöiden vertailun. Tutkimuksen koehenkilöillä, joilla MET oli alhainen, on harjoittelun vaikuttavuus kyseenalainen. Yleisesti tutkimuksen koehenkilöillä, jotka olivat ylipainoisia, olivat MET arvot alhaiset, joka voi rajoittaa heidän fyysistä suorituskykyä. Tässä tutkimuksessa MET arvot vastaavat hyvin pitkälle samanlaista linjaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu. Tutkimuksen suurin MET arvo oli 5,1, joka sijoittuu keskiväliin muiden tutkimuksien arvojen kanssa. Tämä MET vastaa maalla suoritettua reipasta kävelyä ja pyöräilyä. Tutkimuksen keskimääräinen MET ilman vastusta oli 3,1 ja vastuksen kanssa 3,5, jotka vastaavat maaolosuhteissa suoritettua kävelyä noin 4,5 km/h. Saadut arvot ovat samansuuntaiset kuin Kososen ym. (2006) tutkimuksessa on saatu, jossa suurin MET oli 5,2 ja keskimääräinen MET oli 3,9. Mittausmenetelmät MET:in määrittämiseksi olivat kuitenkin erilaiset. Tarkat MET arvot määritetään suorasta hapenkulutuksen mittauksesta kuten Kososen ym. (2006) tutkimuksessa tehtiin. Tässä tutkimuksessamme MET arvojen määrittäminen perustui sykemittarin kalorinkulutukseen. Vesijuoksututkimuksissa on raportoitu hieman suurempia MET

arvoja kuin vesivoimistelussa. Michaud ym. (1995) osoittivat vesijuoksututkimuksessaan, että tutkimuksen koehenkilöiden MET arvot olivat keskimäärin 11. MET arvoja esitettäessä on muistettava, että koehenkilöiden kuntotaso, ikä ja sukupuoli vaikuttavat, joten saadut tulokset ovat vain viitteellisiä, karkeita keskiarvoja, joita ei voida yleistää.

8.3 Koettu kuormittuminen

Tämän tutkimuksen RPE arvot vastaavat samoja arvoja, joita on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa (Campbell ym.2003) Koehenkilöt kokivat vesiharjoituksen ilman vastusta ja vastuksen kanssa rasittavaksi tai hyvin rasittavaksi. Samansuuntainen tulos on todettu myös Campbellin ym. (2003) tutkimuksessa, jossa RPE oli 17. Tämä vastaa hyvin rasittavaa kuormitusta ASCM:n mukaan. Omassa tutkimuksessamme tilastollisesti merkitsevää eroa koetussa kuormittavuudessa ilman vastusta ja vastuksen kanssa tehdyssä harjoituksessa oli kolmessa liikkeessä, suoran jalan vienti eteen ja taakse, yhden jalan abduktio-adduktio liikkeessä sekä yhden jalan koukistus-ojennus liike seisten. Näissä liikkeissä RPE oli vastuksen kanssa merkittävästi korkeampi. Kahdessa liikkeessä, yhden jalan ojennus-koukistus liike istuen ja steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus-koukistus liike, jossa polvi koukistuu lonkan koukistuksen aikana ja ojentuu lonkan ojennuksen aikana, ei ollut ilman vastusta ja vastuksella tehdyssä harjoituskerrassa tilastollista eroa, vaan harjoitusliikkeet koettiin lähes yhtä kuormittaviksi. Tutkimuksen RPE arvot sijoittuvat hieman rasittavasta (RPE 14) hyvin rasittavaan (RPE 17). Koehenkilöiden välillä oli kuitenkin yksilöllisiä eroja. RPE arvot jakautuvat hieman rasittavasta RPE 13 hyvin rasittavaan RPE 18. Keskimääräisesti harjoituksen aikainen RPE oli rasittava (RPE 15) ja vastuksen kanssa se koettiin myös rasittavaksi (RPE 16).

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu vesijuoksussa korkeammat RPE arvot kuin maalla tapahtuvassa juoksussa (Michaud ym.1995), joka johtuu korkeammista veren laktaattipitoisuuksista ja yläraajojen lihasten väsymistasosta vedessä. Myös lihasten aktivoituminen vesijuoksussa on erilainen kuin juoksumatolla tehdyssä

suorituksessa, lisäksi ylävartalon lihaksia käytetään vesijuoksussa enemmän (Michaud ym.1995, Svedenhag & Seger 1992, Frangolias & Rhodes 1995). Edellä esitetyillä seikoilla on merkitystä siihen, että vesijuoksu koetaan kuormitukseltaan raskaammaksi. RPE arvojen on todettu vesijuoksussa 60 % teholla olevan 1,4 suuremmat, 70 % teholla 2,3 ja 80 % teholla 2,8 kuin juoksumatolla tapahtuvassa harjoituksessa (Matthews & Airley 2001).

8.4. Tutkimuksen luotettavuus

Tämän tutkimuksen tulokset pätevät vain tähän koehenkilöiden ryhmään, eikä niitä voida siirtää toiseen ympäristöön tai tutkimusjoukkoon. Tässä tutkimuksessa käytetty vastus oli kuormittavuudeltaan erittäin kuormittava ja saadut tulokset soveltuvat ainoastaan käytettyihin vastussaappaisiin. Tutkimuksessa käytettyjen vastussaappaiden tarkoituksena oli lisätä lihasvoimaa, eikä aerobista kuntoa. Pienempien vastuksien käyttö olisi saattanut vaikuttaa enemmän sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumiseen. Myös suoritusten liikenopeus, liikelaajuus ja suorituskertojen määrä olisi saattanut pienemmillä vastuksilla lisääntyä.

Tutkimuksen pieni koehenkilöiden määrä voi lisätä virheiden mahdollisuutta tuloksissa. Aineiston kasvaessa satunnaisvirheiden merkitys pienenesi. Suurempi koehenkilöiden määrä antaisi jo paljon luotettavampaa tutkimustietoa ja yleistyksen tekeminen olisi mahdollista suuremmalla koehenkilöiden määrällä. Pieni koehenkilöiden määrä vaikuttaa myös tilastollisen analyysin tekoon. Esimerkiksi luottamusvälit viittaavat siihen, että koehenkilöiden määrä on pieni. Suuremmalla koehenkilöiden määrällä luottamusvälit kapenisivat.

Tutkimuksen luotettavuutta olisi voitu lisätä mittaamalla koehenkilöiden todellinen maksimaalinen suorituskyky esim. polkupyöräergometrillä. Näin voitaisiin paremmin verrata saatuja tuloksia koehenkilöiden todelliseen suorituskykyyn.

Tämän tutkimuksen luotettavuutta lisää se, että mittausmenetelmät mittasivat juuri sitä, mitä haluttiin.

Sydämen sykkeen ja RPE arvojen on tutkimuksissa todettu vastaavan lineaarisesti toisiaan, joten RPE käytettävänä mittarina voidaan todeta riittävän luotettavaksi mittariksi (Davis 2002). Kaikilla mittareilla harjoituksen kuormittavuus vastasi rasittavan kuormituksen tasoa. Ennen varsinaista mittauskertaa oli koehenkilöillä yksi harjoituskerta viikkoa ennen mittauksia. Näin ollen liikkeet ja mittarit olivat koehenkilöille tuttuja. Tehdyt mittaukset suoritti joka kerta sama henkilö, samoin vesivoimistelun ohjasi sama henkilö joka kerta samalla tavalla. Luotettavuuteen vaikuttaa myös ympäristö, jossa tutkimus tehdään. Tutkimuksen ympäristönä oli terapia-allas, eikä siellä ollut muita ulkopuolisia henkilöitä mittauksien ajan. Näin ollen ympäristön häiriötekijät oli poissuljettu. Lisäksi luotettavuutta lisää, jos saadut tulokset saavat vahvistusta muista aikaisemmista tutkimuksista.

8.5 Tutkimuksen kliininen merkitys

Vesiharjoittelussa pystytään huomioimaan tekonivelpotilas, harjoitteet pystytään toteuttamaan paremmin vedessä kuin maalla. Harjoittelun tulee olla riittävän tehokasta aerobista harjoittelua, jotta pystytään parantamaan sydän- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä. Vesiharjoittelu mahdollistaa nopeamman liikkeellelähden kuntoutuksessa, koska veden noste vaikuttaa nivelkuormituspainetta alentavasti. Vesiharjoittelu soveltuu hyvin ikääntyneille ja ylipainoisille henkilöille. He pystyvät vedessä yleensä paremmin aerobiseen suoritukseen kuin maaolosuhteisessa ja näin ollen se kehittää sydän- ja verenkiertoelimistöä, lihasten voimaa ja kestävyyttä paremmin.

Tämä tutkimus antoi tietoa siihen, kuinka polven tekonivelleikatut ikääntyneet henkilöt kuormittuvat vedessä. Myös tutkimuksen avulla saatiin tietoa siitä, että polven tekonivelleikattuja voidaan harjoittaa vedessä vastuksen kanssa ilman, että siitä olisi vaaraa ylikuormittumiseen. Kuitenkin huonokuntoiselle henkilölle voi vastuksen käyttö vedessä olla liian raskas ja näin ollen harjoitus voi aerobisen harjoituksen sijasta olla anaerobista harjoitusta. Tutkimuksessa saatuja tuloksia voidaan hyödyntää käytännön työhön suunnitellessa polven tekonivelleikattujen vesiharjoittelua.

Kliinisen työn kannalta tutkimuksessa käytetyt mittarit ovat helppokäyttöisiä ja mittaukset ovat helppo toteuttaa myös käytännön työssä. Käytetyt mittarit antavat hyödyllistä tietoa sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumisesta. Niiden avulla voidaan hyvin seurata sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista ja siinä tapahtuvia harjoituksen aikaisia muutoksia.

9. JOHTOPÄÄTÖS

Tutkimustulokset osoittavat, että vastuksen lisäys vesiharjoitusohjelmassa ei lisää merkittävästi sydän- ja verenkiertoelimistön kuormittumista 55–75-vuotiailla polven tekonivelleikatuilla. Tutkimus myös osoitti, että vedessä suoritettussa harjoituksessa pystytään harjoitteet suorittamaan riittävällä syketasolla, jolla saadaan harjoitusvaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistöön.

Tuloksia ei voida yleistää koskemaan kaikkia polven tekonivelleikattuja, koska tässä tutkimuksessa saadut tulokset pätevät vain tähän tutkimusjoukkoon. Tarvitaan lisätutkimuksia suuremmalla koehenkilöiden määrällä, jotta voidaan tehdä yleistyksiä. Aihetta on tärkeää tutkia lisää, koska ikääntyneiden määrä väestöstä lisääntyy ja tekonivelleikkaukset lisääntyvät. Lisätutkimuksia tarvitaan myös, koska vastaavanlaisia tutkimuksia on tehty vain vähän.

LÄHTEET

Abraham, A., Szezerba J, Jackson M. 1994. The effects of an eleven week aqua aerobic program on relatively inactive collage age women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: S 103

ACSM`s guidelines for exercise testing and prescription.2000. American College of Sports Medicine. Kuudes painos. Philadelphia PA:Lippincott Williams & Wilkins

Arborelius M., Ballidin Ul., Lundgren CE. 1972. Hemodynamics changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Medicine* 43: 592-598

Avellini BA., Shapiro Y., Pandolf KB.,1983. Cardio-respiratory physical training in water and on land. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50: 255-263

Barker, K.L, Dawes, H., Hansford, P., Shamley, D. 2003. Perceived and measured levels of exertion of patients with cronic back pain exercising in a hydrotherapy pool. *Archieves of Physical Medicine and Rehabilitation* 84: 1319-1323

Bates, A. ja Hanson, N. 1996. Aquatic exercise therapy. Philahelphia: W.B.Saunders Company

Becker, B. ja Cole, A. 1997. Comparehensive Aquatic Therapy. Boston : Butterworth-Heinemann

Bojoljukov, V. 1983. Fysikaalisen lääketieteen ja kylpylähoitojen perusteet. Suomentanut Pekka Palin 1991

Borg, G. 1998. Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, IL. Human Kinetics

Campbell, J.A., D'Acquisto, L.J., D'Acquisto, D.M. ja Cline, M. 2003. Metabolic and cardiovascular response shallow water exercise in young and older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35: 675-681

Cassady S.L., Nielsen D.H. 1992. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus water. *Physical Therapy* 72: 532-538

Chu, K. ja Rhodes, E. 2001. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young. *Sport Medicine* 31: 33-46

Chu K.S, Eng, J., Dawson A.S, Harris, J.E, Ozkaplan A., Gylfadottir S. 2004. Water-Based Exercise for Cardiovascular Fitness in People With Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 85: 870-874

Cole A.J & Becker B.E. 2004. *Comprehensive aquatic therapy*. Butterworth Heinemann. Second edition. USA.

Davis, B. ja Harrison, R. 1988. *Hydrotherapy in practise*. Edinburgh: Churtchill Livingstone

Davis, A. 2002. Cardiac rehabilitation. In W. Frontera ja J. Silver (eds.) *Essentials of physical medicine and rehabilitation*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc.

D'Acquisto, L.J., D'Acquisto D., Renne, D. 2001. Metabolic and cardiovascular responses in older women during shallow-water exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15:12-19

DiPampero P.E. 1986. The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine* 7: 55-72

Eckerson J., Anderson T. 1992. Physiological response to water aerobics. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 32: 255-261

Erler K., Anders C., Fehlberg G., Neumann U., Brucker L., Scholle HC. 2001. Objective assessment of results of special hydrotherapy in patient rehabilitation following knee prosthesis implantation. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 139: 352-358

Evans F., Cureton K. 1996. Metabolic, circulatory and perceptual responses to bench stepping in water. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 28: S210

Foley A., Halbert J., Hewitt T., Crotty M. 2003. Does hydrotherapy improve strength and physical function in patients with osteoarthritis – a randomised controlled trial comparing a gym based and a hydrotherapy based strengthening programme. *Annals of the Rheumatic Diseases* 62: 1162-1167

Frangolias, D.D., Rhodes, E.C. 1996. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. *Sports Medicine* 22: 38-53

Frontera, W. 1999. *Exercise in rehabilitation medicine*. Champaign: Human Kinetics

Gaspard, G, Schmal, J., Porcari, J., Butts, N., Simpson, A., Brice, G. 1995. Effects of a seven-week aqua step training program on aerobic capacity and body composition of collage-aged women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27: 1003-1011

Golland, A. 1981. Basic hydrotherapy. *Physiotherapy* 67: 258-262

Heberlein, T., Perz, H., Wygand, J., Connor, K. 1987. The metabolic cost of high impact aerobics and hydrotherapy exercise in middle-aged females. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19: S89 (Abstract)

Hered S.L., Darby L.A., Yaekle G.C. 1997. Comparison of physiological responses to comparable land and water exercises. *Medicine and Science in Exercise and Sport* 29: S162

Hoeger, W.K., Gibson, T., Moore, J., Hopkins, D. 1992. A comparison of selected training responses to water aerobics and low impact aerobic dance. National Aquatic Journal, Winter ED. 13-16

Kettunen, H., Rintala, P. 1993. Vedestä voimaa nivelreumaa sairastaville. Liikunta ja Tiede 2: 38-40

Kosonen T. 2004. Vesivoimisteluliikkeiden aikainen hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen terveillä sekä hengitys- ja verenkiertoelinsairailta naisilla. Jyväskylän yliopisto. Fysioterapian Pro gradu-tutkielma

Kosonen T., Mälkiä E., Keskinen K., Keskinen O. 2006. Cardiorespiratory responses to basic aquatic exercise. A pilot study. Advances in Physiotherapy 8: 75-81

Koury, J. 1996. Aquatic therapy programming. Guidelines for orthopaedic rehalitation. USA: Human Kinetics

Kwan, M. Woo, J., Kwok, T. 2004. The standard oxygen consumption value equivalent to one metabolic equivalent (3,5 ml/kg/min) is not appropriate for elderly people. International Journal of Food Sciences and Nutrition 55: 179-182

Luoma, K., Rätty, T., Moisio, A., Parkkinen, P., Vaarama, M., Mäkinen E. 2003. Seniori-Suomi Ikääntyvän väestön taloudelliset vaikutukset. Sitran raportteja 30. Edita Prima Oy. Helsinki

Matthews, M., Airley M. 2001. A compararison of ratings of perceived exertion during deep water running and treadmill running: Considerations in the prescription of exercise intensity. Sports Medicine. Training and Rehabilitation 10: 247-256

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. 1996. Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance. 4.painos

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. 2001. Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance. 5. painos

Michaud, T.J., Rodriguez-Zayas, J., Andres, F.F., Flynn, M.G., Lambert C.P. 1995. Comparative exercise responses of deep-water and treadmill running. Journal of Strength and Conditioning Research 9: 104-109

Niemelä, S., Rintala, P. 2002. Vesiliikunta. Teoksessa Mälkiä, E., Rintala, P. (toim.) Uusi erityisliikunta. Liikunnan sovellukset erityisryhmille. Tammer-Paino Oy, Tampere 2002

Ohanian, H. 1989. Physics. 2. painos. New York: W.W.Norton & Company

Pöyhönen, T. 2002. Neuromuscular function during knee exercises in water. University of Jyväskylä. Studies in Sport, Physical Education and health.

Pöyhönen, T., Avela, J. 2002. Effect of head-out water immersion on neuromuscular function of the plantarflexor muscles. Aviation Space & Environmental Medicine 73: 1215-1218

Pöyhönen, T., Sipilä, S., Keskinen, K.L., Hautala, A., Savolainen, J., Mälkiä, E. 2002. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. Medical Science Sports Exercise. 34: 2103-2109

Pöyhönen, T., Keskinen, K.L., Kyröläinen, H., Hautala, A., Savolainen, J., Mälkiä, E. 2001a. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 82: 1446-1452

Pöyhönen, T., Keskinen, K.L., Kyröläinen, H., Hautala, A., Savolainen, J., Mälkiä, E. 2001b. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercise under water. Clinical Biomechanics 16: 496-504

Pöyhönen, T. Keskinen, K.L., Kyröläinen, H., Hautala, A., Savolainen, J., Mälkiä, E. 1999. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 80: 52-56

Reid Champion, M. 1990. *Adult hydrotherapy*. Oxford. Heinemann Medical Books. London

Richie S.E., Hopkins W.G. 1991. The intensity of exercise in deep-water running. *International Journal of Sports Medicine* 12: 27-29

Ruoti, R.G., Troup, J.T., Berger, R.A. 1994. The effects of nonswimming water on older adults. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 19: 140-145

Sanders, M.E. 1993. Selected physiological training adaptations during water fitness program called wave aerobics. Thesis, University of Nevada, Reno

Seefeldt, L.R., Abraham, A. 1997. The effects of eleven week aquastep program on relatively inactive collage age females. *AKWA*. 10: 10-12

Simpson A., Lemon P., 1995. Effects of an eight week deep water vertical training program in adult women. *AKWA Newsletter*. Kent State University.

Sjogren, T., Long, N., Storay, I., Smith, J. 1997. Group hydrotherapy versus group land-based treatment for chronic low back pain. *Physiotherapy Research International* 2: 212-222

Sramek, P., Simeckova, M., Jansky, L., Savlikova, J., Vybilar, S. 2000. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology* 81: 436-442

Suomi, R., Collier, D. 2003. Effects of arthritis exercise programs on functional fitness and perceived activities of daily living measures in older adults with arthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 84: 1589-1594

Svedenhag, J., Seger, J. 1992. Running on land and in water: comparative exercise physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: 1155-1160

Taunton, J., Rhodes, E., Wolski, L., Donnelly, M., Warren, J., Elliot, J., McFarlane, L., Leslie, J., Mitchell, J., Lauridsen, B. 1996. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of women aged 65-75 years. *Gerontology* 42: 204-210

Thein, J., Thein Brody, L. 1998. Aquatic-based rehabilitation and training for elite athlete. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy* 27: 32-41

Valtonen, A., Pöyhönen, T., Sipilä, S., Heinonen, A. 2008. Effects of aquatic resistance training on knee extensor-flexor muscle power, torque and mobility after total knee arthroplasty. *Julkaisematon tutkimus*

Vickery S.R., Cureton K.J., Langstaff J.L. 1983. Heart rate and energy expenditure during aqua dynamics. *Physician and Sportsmedicine* 11 : 67-72

Wilber, R.L, Moffatt, R.J., Scott, B.E., Lee, D.T., Cucuzzo, N.A. 1996. Influence of water run training on the maintenance of aerobic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28: 1056-1062

Åstrand, P.O., Rodahl, K. 1986. *Textbook for work Physiology*. New York: McGraw-Hill

Yu, E., Kitagawa, K., Mutoh, Y. ja Miyashita, M. 1994. Cardiorespiratory responses to walking in water. *Medicine Sport Science* 39: 35-41

Liite 1. Kirjallisuuskatsauksen tulokset

Tekijä	Interventio	koehenkilöt	tutkimusasetelma	kesto	vaikuttavuus
Abraham ym. 1994	vesiaerobic	14 kpl/ naiset	nuoret koe/ kontrolli	11 viikkoa	maksimaalinen hapenkulutus parani 5,6 %
Campbell ym. 2003	vesiaerobic	11 kpl nuorta 19–24 vuotta 11 kpl ikääntynyttä 63–72 vuotta	koeryhmä: nuoret, ikääntyneet	2 viikkoa	ryhmien välillä ei eroja, ikääntyneillä VO2 max. alhaisempi, systolinen RR nuoremmilla alhaisempi RPE: 17 molemmilla ryhmillä syke: nuoret 95–144, ikääntyneet 92–124 MET: nuoret 3,5–8,6, ikääntyneet
Cassady & Nielsen 1992	vesiharjoitus ylä- ja alaraajat	40 kpl/ keski-ikä 25 vuotta	maa/ vesi 3:lla eri liiketiheydellä		hapenkulutus korkeampi vedessä, sykereaktiot maalla korkeammat
Chu ym. 2004	vedessä kuntopiiri	12 kpl/ 6 kpl koeryhmä 6 kpl kontrolliryhmä, 51–70 vuotta	RCT koe / kontrolli	8 viikkoa 1 h / 3x viikossa	VO2 max. 22 % parannus RPE arvot 15 tai suuremmat kävelynopeudessa 19 % parannus
D'Acquisto ym. 2001	sub. vesiharjoitus	max. 16 kpl / 60–80 vuotta	verrattiin alku- ja lopputilanne	4 kk / 3-4 x viikossa	MET 2,8–5,8 syke 89,7–119,5 RPE 8,0–12,5 max.syke 143,7 MET arvot kasvoivat harjoitusjakson aikana
Evans & Cureton 1996	penkilleaskeltaminen 3:lla eri korkeudella	10 kpl / naiset	maa / vesi	5 min	syke ja hapenkulutus arvot vedessä matalammat RPE:T samanlaiset kädet liikkeissä mukana lisääntyi hapenkulutus 48 %, 58 % ja 78 %
Gaspard ym. 1995	penkilleaskeltaminen 80 % syketaso	21 kpl / lukioikäiset	koe/ kontrolli	7 viikkoa	VO2 max. 14,8 % parannus
Heberlein ym. 1987	vesiaerobic	10 kpl / 43 vuotta	maa / vesi		maalla hapenkulutus korkeampi
Hoeger ym. 1992	vesiaerobic 20 min. 70–85 % syketaso	49 kpl / 20–32 vuotta vesi 20 kpl, maa 15 kpl, kontrolli 14 kpl	maa / vesi / kontrolli	8 viikkoa 3 x kossa	leposyke 7 lyöntiä alhaisempi vesiryhmällä VO2 max. 14,8 % ero merkitsevä maalla ja vedessä samansuuruinen kehitys
Ruoti ym. 1994	vedessä aerobinen harjoitus, kuntopiiri	20 kpl / 12 kpl koe / 8 kpl kontrolli 59–75 vuotta	koe/ kontrolli	12 viikkoa / 3x viikossa	VO2 max. 15 % parannus leposykkeen alentuminen työtehon kasvaminen lihaskestävyyden parantuminen

Sanders 1993	vesiharjoitus välineillä matala / syvä vesi, syke 74– 84 %	20 kpl / 28–52 vuotta	koe / kontrolli nuoret / iäkkäät	8 viikkoa	kestävyys suorituskyky parani nuoret 13,7 % ja iäkkäät 8,8 % lihasvoiman parannus lihaskestävyyden parannus RPE 11,8 VO2 max. ei tilastollista eroa
Seefeldt & Abraham 1996	penkilleaskellus syke 69,5 %	24 kpl / opiskelijat	2 eri harjoitusohjelmaa, ero harjoittelun tehossa	11 viikkoa	
Simpson & Lemon 1995	vesiaerobic välineillä	18 kpl / 22–39 vuotta	koeryhmä	8 viikkoa 3 x viikossa	leposyke aleni 11 lyöntiä VO2 max. 18,9 merkittävä parannus polven ojentaja- ja koukistajalihasten voimissa lihasten isokineettiset voima-arvot paranivat

Liite 2. Vesivoimisteluliikkeet (koehenkilöille annetut suoritusohjeet ja liikkeet)

VESIVOIMISTELULIIKKEET

- Suora jalka sivulle ja ristiin
(yhden jalan abduktio-adduktio)
- Polven ojennus ja koukistus istuen
(yhden jalan ojennus-koukistus istuen potilasnosturin tuolilla)
- Steppilauta: askelkyykky takaviistoon (leikattu jalka ensin portaalla)
(steppilaudalla suoritettu lonkan ojennus-koukistus)
- Polven koukistus taakse
(polven koukistus-ojennus liike seisten)
- Suora alaraaja eteen ja taakse
(suoran jalan vienti eteen-taakse)

Alkuverr. 6- 8 min.

- kävelyt eteen, taakse, sivuttain
- ristiaskleet
- kyykky ja varpaille nousu
- askelkyykky taakse kaiteesta kiinni pitäen

Lihassoima:

- kuntopiiriharjoitus
- sarjan kesto 45 sek. ilman vastusta ja vastuksen kanssa 30 sek.
- palautusaika 30 sek. liikkeitä vaihdettaessa palautusaika n. 1 min.
- leikatulla jalalla aina ensin 3 sarjaa, sitten terveellä 2 sarjaa
- steppiliikkeessä leikattu stabiloit ensin (laudan päällä)
- sarjat 3+2

Loppuverr.2-3 min

- venyttely

Ohje: “ Kivun rajoissa parhaalla mahdollisella vauhdilla “

Liite 3. RPE taulukko

RPE:

7	Hyvin, hyvin kevyt
8	
9	Hyvin kevyt
10	
11	Kevyehkö
12	
13	Hieman rasittava
14	
15	Rasittava
16	
17	Hyvin rasittava
18	
19	Hyvin, hyvin rasittava
20	

Liite 4. tutkimuskortti

TUTKIMUSKORTTI

Pvm: _____

Nimi: _____

Syntymäaika: _____

Milloin tehty polven
tekonivelleikkaus: _____

Kumpi polvi: _____

Sairaudet: _____

Lääkitys: _____

Liikuntaharrastukset: _____

Pituus: _____

Paino: _____

Leposyke: _____

Verenpaine: _____

Vastus kenkä / Ilman vastusta

Liike:	RPE / Leikattu jalka	RPE / Leikkaamaton jalka
--------	----------------------	--------------------------

Huomioita harjoituksen

aikana: _____

Liite 5.

Liikkeiden sykearvot

Ilman vastusta	suora jalka eteen ja taakse	suora jalka sivulle ja ristiin	istuen polven ojennus ja koukistus	steppi	polven koukistus taakse
keskiarvo	122	123	117	133	123
vaihteluväli	104–145	102–148	93–141	101–158	99–145
keskihajonta	15,84	17,87	19,86	23,04	19,50
Vastus					
keskiarvo	113	115	104	129	123
vaihteluväli	93–126	94–128	94–132	113–148	102–146
keskihajonta	17,79	18,15	18,69	15,64	22,12