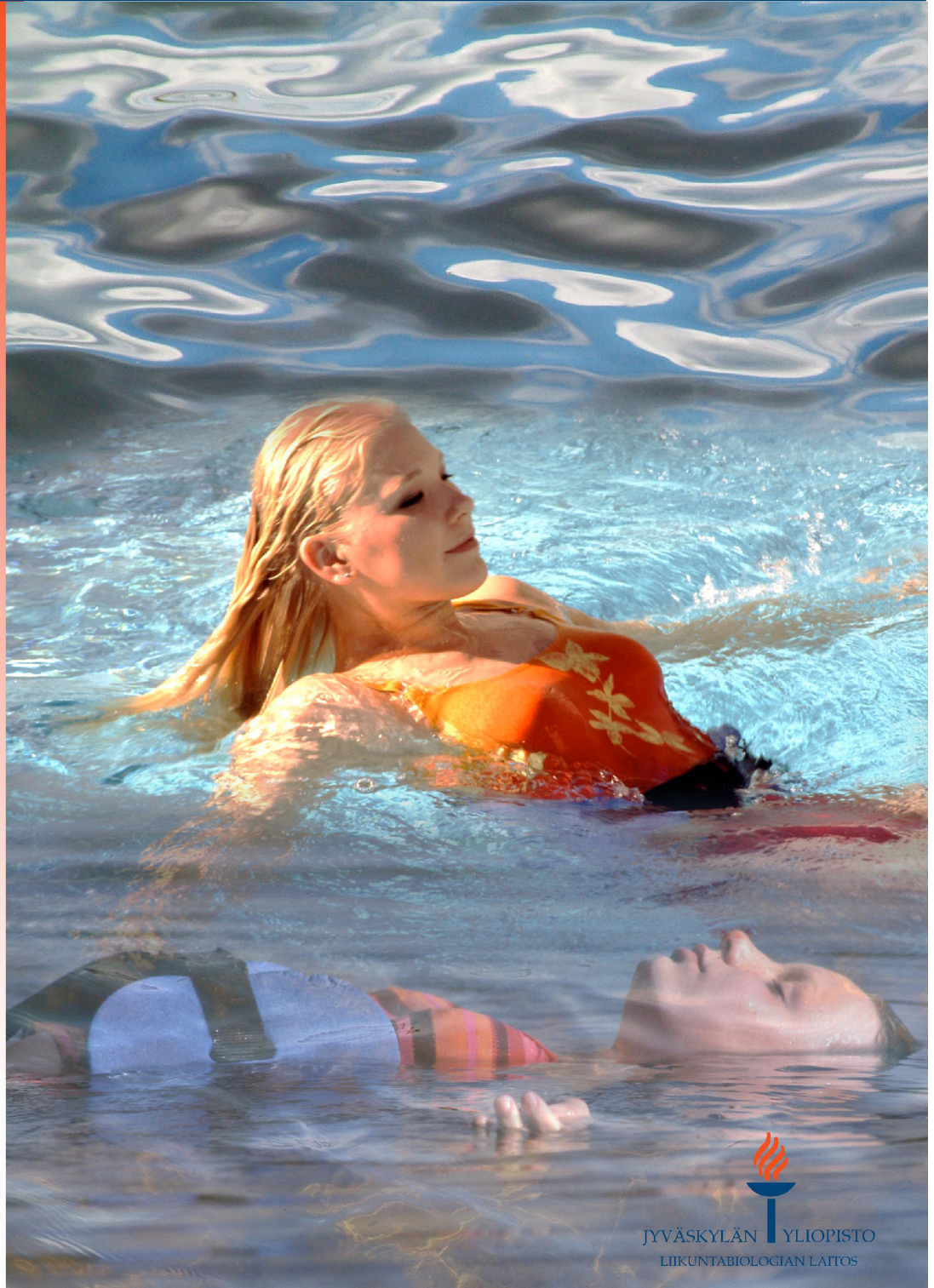


Kooste vesijuoksututkimuksista

Ossi Keskinen



SUOMALAINEN
VESILIIKUNTA-
INSTITUUTTI



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
LIIKUNTABIOLOGIAN LAITOS

Tilaukset:

Suomalainen Vesiliikuntainstituutti Oy

PL 164, 40101 Jyväskylä

p.(014)445 1423

Internet: <http://www.vesiliikunta.com>

Sähköposti: info@vesiliikunta.com

Jyväskylän yliopiston julkaisuja

ISBN 951-39-1665-0

2003

Kooste vesijuoksututkimuksista

Ossi Keskinen

Johdanto

Luonnon vesissä ja uimahalleissa toteutettavasta vesijuoksusta ja järvihölkästä on tullut viime vuosina yhä suositumpi kuntoliikunta- ja terveysliikuntaharrastus yhä useammille ihmisille. Vesijuoksua on perinteisesti käytetty apuna kuntoutuksessa ja sen vaikutukset on todettu monissa tutkimuksissa hyviksi. Idea vesijuoksusta kuntoutus- ja harjoittelumielessä ei ole uusi, sitä on tehty hevosten kanssa jo vuosisatoja. Vesijuoksussa apuvälineenä käytettävä vesivyö kantaa vedessä niin, että sen avulla voi liikkua pystyasennossa. Vesijuoksu tarjoaa uuden liikkumistavan niille, joille perinteinen uinti ei syystä tai toisesta sovi. Vesijuoksu soveltuu erityisesti alaraajojen nivel- ja lihaskivuista kärsiville, niska- ja selkäkipuja poteville, ylipainoisille, vammaisille, pitkäaikaissairaille, ikääntyneille, lapsille, avantouimareiden kesäharjoitteluun, monenlaisille kuntoutujille ja urheilijoille peruskuntoharjoitteluun sekä korvaavaan harjoitteluun.

Veden hydrodynaamiset ominaisuudet tekevät siitä hyvin erilaisen liikkumiselementin ilmaan verrattuna. Vesiliikunnan kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat veden vastus, noste ja hydrostaattinen paine. Nämä ominaisuudet ovat seurausta veden tiheydestä, sillä vesi on 1000 kertaa ilmaa tiheämpää. Veden vaikutus, samoin kuin veden ja liikunnan yhteisvaikutus ihmisen elimistöön on tunnettava hyvin, jotta vesijuoksuharjoittelua voi tehdä tavoitteellisesti. Vesi liikkumisympäristönä sisältää niin paljon muuttujia, että vaikka veden vaikutus tunnetaan pääpiirteissään, tutkimusta tarvitaan lisää. Tutkimusta kaivataan erityisesti eri muuttujien yhteisvaikutuksesta.

Niinpä tämän työn tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia vesijuoksuun liittyviä tutkimuksia on tähän mennessä tehty eri puolilla maailmaa. Vesijuoksuun liittyviä tutkimuksia löytyi noin 80 kappaletta. Valtaosassa näistä tutkimuksista selvitettiin juoksumatolla ja vedessä tapahtuvan juoksun välisiä eroja hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan erilaisilla koehenkilöryhmillä. Monissa tutkimuksissa selvitettiin vesijuoksuharjoittelun vaikutuksia fyysisiin kunto-ominaisuuksiin ja hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan erilaisilla koehenkilöryhmillä. Biomekaanisia vesijuoksuun liittyviä tutkimuksia löytyi vain yksi. Tässä koosteessa on myös käsitelty veden fysikaalisia ja hydrodynaamisia vaikutuksia ja veden vaikutuksia hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan lepotilassa. Tämän koosteen lopusta löytyy lähdeluettelo tutkimuksista, jotka liittyvät vedessä tapahtuvaan kuntoutukseen, harjoitteluun ja veden vaikutuksista ihmiselimistön fysiologisiin toimintoihin.

Sisällys

Veden fysikaaliset ja hydrodynaamiset ominaisuudet -----	1
Veteen upottamisen vaikutuksia ihmisen elimistöön lepotilassa -----	2
Vesijuoksun ja vedessä tapahtuvan harjoittelun vaikutuksia ihmisen elimistöön -----	5
Vesijuoksun mekaniikka ja tekniikka -----	9
Testaaminen vesijuoksussa -----	9
Vesijuoksun tekniikka ja käytännön toteutus -----	10
Yhteenveto-----	10
Vesijuoksututkimukseen liittyvät lähteet -----	12
Muut lähteet -----	20

Veden fysikaaliset ja hydrodynaamiset ominaisuudet

Veden hydrodynaamiset ominaisuudet tekevät siitä hyvin erilaisen liikkumiselementin ilmaan verrattuna. Vesiliikunnan kannalta tärkeimpiä veden ominaisuuksia ovat vastus, noste ja hydrostaattinen paine. Nämä ominaisuudet ovat seurausta veden tiheydestä, joka on tuhatkertainen ilmaan verrattuna. Arkhimeden lain mukaan veteen upotettu kappale menettää painostaan yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä vesimäärä painaa. Mitä syvemmällä vedessä ollaan, sitä suurempi veden omasta painosta johtuva hydrostaattinen paine siellä vallitsee. Uintiasennossa vedenpinnan tuntumassa veden paine vaikuttaa vain vähän, mutta paine on suurempi esimerkiksi vesivoimistelussa ja vesijuoksussa, koska niitä suoritetaan pystyasennossa ja syvemmällä vedessä. Veden hydrostaattinen paine on korkeuseroista johtuen suurempi pohjasta pintaa kohti kuin pinnasta pohjaan kohti. Tämä painevoimien ero on noste. (Holmberg ym. 1988, Reid & Campion 1990.) Veden noste jaetaan dynaamiseen ja staattiseen nosteeseen. Staattinen noste eroaa dynaamisesta nostevoimasta siinä, että dynaaminen nostevoima syntyy liikkeen seurauksena ja staattinen noste on veden vakio-ominaisuus, vaikka liikettä ei esiintyisikään. Veden virtaus, pyörteet tai ihmisen liikkuminen aiheuttavat vedessä dynaamista nostetta. Staattinen noste sekä avustaa ja helpottaa että vastustaa liikkeitä vedessä. Tämän lisäksi staattisella nosteella on liikettä tukeva vaikutus. (Golland 1981.) Staattisen nosteen vaikutus kohdistuu kaikkiin kehon osiin, jotka ovat veden pinnan alapuolella. Arkhimedeen lain ja staattisen nosteen perusteella voidaan määrittää, kuinka paljon ihmisen paino kevenee vedessä tietyssä syvyydessä. (Davis ym. 1988.) Ihminen painaa vedessä keskimäärin 8 % normaalipainostaan, kun veden pinta on seitsemännen kaulanikaman tasolla. Jos veden pinta on rintalastan alaosan tasolla, nainen painaa keskimäärin 28 % ja mies keskimäärin 34 % normaalipainostaan. Ihmisen ollessa vedessä lantioita myöten, painaa nainen keskimäärin 47 % ja mies keskimäärin 54 % normaalipainostaan. (Harrison ym. 1987.)

Kappaleen tiheydellä on merkitystä vesiolosuhteissa. Tiheys ilmaistaan paino jaettuna tilavuudella. Yksi litra 4°C vettä painaa yhden kilon eli tiheys on silloin yksi. Veden tiheys muuttuu lämpötilan muuttuessa (esim. 26°C vedessä tiheys on 0.997). Jos kappaleen tiheys on suurempi kuin veden tiheys, painuu se pinnan alapuolelle, koska painovoima on tällöin nostetta suurempi. Painovoima ja noste yhdessä vaikuttavat uimarin kelluvuuteen. Kehon eri kudosten kelluntaominaisuudet ovat erilaiset. Luut ja lihakset upottavat ja rasva kelluttaa. Ihmisen lihaskudoksen tiheys on 1.05, luukudoksen 1.8 ja rasvakudoksen 0.94. Ihmisten kudosten tiheys on keskimäärin tiheämpää kuin veden. Kehon ontelot (rinta- ja vatsaontelo) kuitenkin lisäävät kehon tilavuutta ja esimerkiksi keuhkojen ollessa täynnä ilmaa, ihmisen kokonaistiheys on noin 0.97. Ikääntyminen, lisääntynyt rasvakudos ja

tiettyt sairaudet (esim. osteoporoosi, lihassurkastumatauti) alentavat ihmisen tiheyttä eli lisäävät kelpuutta vedessä. (Davis ym. 1988, Reid Campion 1990.)

Vedessä liikkuvaan ihmiseen vaikuttavat liikettä vastustavat voimat (etenemisvastusvoimat), staattiset nostevoimat ja vastustaviin voimiin 90° kulmassa vaikuttavia dynaamisia nostevoimia. Kehon liikettä vastaan samansuuruinen ja samansuuntainen vastakkaisvoima määritellään veden vastusvoimaksi. Vastusvoima kasvaa kehon liikkeen aikana liikenopeuden neliöksi eli nopeuden lisääntyessä kaksinkertaiseksi vastusvoimat lisääntyvät nelinkertaiseksi. Veden vastusvoimaan vaikuttaa useat eri fysikaaliset tekijät, kuten veden viskositeetti. Veden aiheuttaman vastuksen johdosta liikuvan kehon osan eteen syntyvää vastusta kutsutaan muotovastukseksi, jonka suuruuteen vaikuttaa liikkuvan kehon osan muoto. Vesimolekyylien ja liikkuvan kehon osan pinnan välistä kitkaa eli veden sisäistä liikevastusta kutsutaan kitkavastukseksi. Kitkavastukseen vaikuttavat esimerkiksi ihon pinnalla oleva karvoitus. Pyörrevastus tarkoittaa puolestaan hidastavana voimana olevaa vesimassaa, joka kulkee liikkuvan kehon osan takana ja sivuilla sekä on suhteessa liikkuvan kehon osan muotoon ja kokoon, mikä vaikuttaa edessä olevaa vesimassaa vastaan. Sekä vastusvoiman että nostevoiman keskinäinen vaikutus muuttuu liikkeen aikana. Esimerkiksi kun polvinivelen ojennusliike tehdään vedessä istuma-asennossa, vaikuttaa ojennusliikkeen aikana 90° polvikulman jälkeen enemmän nostevoima kuin vastusvoima ja koukistusliikkeen aikana ennen 90° polvikulmaa vaikuttaa enemmän vastusvoima ja sen jälkeen nostevoima. Kun sama liike tehdään seisoma-asennossa, niin koukistusliikkeeseen vaikuttaa enemmän nostevoima ja ojennusliikkeeseen enemmän vastusvoima. (Colwin ym. 1992, Edlich ym. 1987, McArdle ym. 1991, Robertson ym. 1985.)

Veteen upottamisen vaikutuksia ihmisen elimistöön lepotilassa

Veden hydrostaattinen paine vaikuttaa ihmisen hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Keuhkot joutuvat vedessä työskentelemään veden paineen alaisena. Paine vastustaa rintakehän ja keuhkojen laajenemista sisään hengityksessä ja avustaa supistumista uloshengityksessä. Paineen johdosta kaulan syvyisessä vedessä olevan ihmisen keuhkojen sisään hengittämän ilmamäärän tilavuus pienenee noin kymmenen prosenttia. Boylen lain mukaan kaasun tilavuus muuttuu, kun siihen vaikuttava paine muuttuu. Jos paine kaksinkertaistuu, kaasun tilavuus puolittuu. Esimerkiksi, jos sukeltaja on veden alla 10 metrissä, on keuhkojen vitaalikapasiteetti enää puolet siitä, mitä se on kuivalla maalla merenpinnan korkeudella. (Bondi ym. 1976, Cooper ym. 1976, Craig ym. 1975, Davis ym. 1988, McArdle ym. 1991, Srámec ym. 2000.)

Oltaessa 20 – 35°C vedessä lepotilassa sydämen syketiheyden on todettu alenevan 8 – 16 lyöntiä minuutissa verrattuna maa olosuhteisiin, mikä johtuu kiertävän verimäärän uudelleen jakautumisesta kehon ääreisosista kehon keskeisiin osiin. Vedessä oltaessa veden suuri hydrostaattinen paine puristaa pinnallisia kudoksia ja laskimosuonia kasaan ja aiheuttaa yhdessä lämmön luovutusta ehkäisevän kehon ääreisosien verisuonten/hiussuonten supistumisen seurauksena niissä olevan veren siirtymisen rintakehän alueelle. Tämä lisää sydämeen palaavan veren määrää, jolloin sydämen eteiset ja kammiot täyttyvät paremmin. Tämän seurauksena sydämen eteisten ja kammioiden tilavuus, supistumisvoima, sydämen iskutilavuus ja sydämen minuutin aikana pumppaaman verimäärän tilavuus lisääntyy jopa 50 %. Sydämen lyöntitiheys alenee hermostollisten ja humoraalisten säätelymekanismien avulla alentaen sydämen minuuttivolyymiä. (Arborelius ym. 1972, Avellini ym. 1983, Christie ym. 1990, Craig ym. 1969, Dressendorffer ym. 1976, Gabrielsen ym. 1993, Hayashi ym. 1997, Hong ym. 1969, Keskinen ym. 1992, Keskinen ym. 1993, Larsen ym. 1994, Lin 1984, McArdle ym. 1976, McArdle ym. 1974, McMurray ym. 1988, Miwa ym. 1994, Miwa ym. 1996, Miwa ym. 1997, Park ym. 1999, Perini ym. 1998, Pump ym. 2001, Srámec ym. 2000, Sugiyama ym. 1993, Tajima ym. 1999, Wattenbaugh ym. 2000, Weston ym. 1987.) Sydämen syketiheyden aleneminen veden vaikutuksesta ei ole yhtä suurta iäkkäillä kuin nuorilla ihmisillä (Sugiyama ym. 1993).

Veden lämpötila vaikuttaa sydämen sykereaktioon vedessä oltaessa. Lepotilassa yli 35°C vedessä oltaessa sydämen syke pyrkii nousemaan koska elimistö pyrkii poistamaan elintoiminnoissa syntynyttä liikalämpöä ihon kautta ohjaten verenkiertoa enemmän ihoalueille. (Dressendorffer ym. 1976, Miwa ym. 1994, Weston ym. 1987.) Srámecin ym. (2000) tutkimuksessa 20 ja 14°C vedessä oleskelu lisäsi sydämen syketiheyttä selvästi verrattuna 32°C vedessä oleskeluun. Syke oli 14°C vedessä keskimäärin 3 lyöntiä korkeampi kuin maalla oltaessa.

Lepohapenkulutuksen on todettu olevan korkeampi 30°C vedessä oltaessa kuin kuivalla maalla (McMurray ym. 1988). Srámec ym. (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että istuttaessa tunti kaulansyvyisessä 32°C vedessä energiankulutus ei lisääntynyt merkittävästi, mutta energiankulutus kasvoi 20°C vedessä oltaessa 93 % ja 14°C vedessä 350 %. Energiankulutuksen lisääntyminen johtui pitkälti lihasten vilunväristysten ja vapinan lämmöntuottoa lisäävästä vaikutuksesta. Vedessä suurin osa elimistön lämmöstä siirtyy johtumalla ja kuljettumalla. Veden ominaislämpö on 1000 kertaa ja lämmönjohtavuus 25 kertaa suurempi kuin ilman, joten lämpöä siirtyy vedessä aikayksikköä kohden huomattavasti enemmän kuin vastaavan lämpöisessä ilmassa. Virtaavassa vedessä lämmönluovutus voi olla jopa 200-kertainen.

Keskisen ym. (2002) tutkimuksessa havaittiin, että 26.9°C lämpöisessä vedessä lepotilassa oleminen alensi sydämen syketiheyttä, lisäsi sydämen iskutilavuutta, lisäsi energian- ja hapenkulutusta (lähes 40 %), lisäsi keuhkotuuletusta (ventilaatiota) merkittävästi verrattuna kuivan maan olosuhteisiin. Koehenkilöt kokivat 26.9°C lämpöisen veden olevan kohtalaisen viileää ja osalla havaittiin selvää palelemisesta johtuvaa lihasvapinaa. Tämä aiheutti pitkälti vesiolosuhteissa havaitun suuremman energiankulutuksen ja keuhkotuuletuksen verrattuna kuivanmaan olosuhteisiin. Vedessä tapahtuvalla asennon muuttamisella seisomasta makuulle ei ollut vaikutusta mitattuihin muuttujiin. Muutokset olivat samansuuntaisia sekä naisilla että miehillä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että sydämen syketiheys jäi matalammalle tasolle vedestä nousun jälkeen, kuin se oli ennen veteen menoa, mikä viitasi lisääntyneeseen parasympaattiseen aktiivisuuteen hengitys- ja verenkiertoelimistön säätelyssä. Toisin sanoen vedessä ololla oli rentouttavaa vaikutusta. Samansuuntaisia tuloksia saatiin myös Keskisen ym. (2003) tutkimuksessa.

Veteen mentäessä veden paine vaikuttaa verenkiertoon välittömästi. Paine vastustaa kehon ääreisosien verenkiertoa ja on sitä voimakkaampi mitä syvemmälle mennään. Tämän johdosta akuutisti verenpaine pyrkii nousemaan. Verenpaineen käyttäytyminen vedessä oleskeltaessa on tutkimusten mukaan ristiriitaista, sen on todettu laskevan jonkin verran 30 - 35°C vedessä oltaessa (Srámec ym. 2000) ja toisten tutkimusten mukaan se ei muutu (Christie ym. 1990, Gabrielsen ym. 1993, Miwa ym. 1997) verrattuna kuivan maan olosuhteisiin. Park ym. (1999) havaitsi tutkimuksessaan verenpaineen lievää nousua 30°C vedessä oltaessa, mutta ei muutosta 34.5°C vedessä oltaessa. Samassa tutkimuksessa havaittiin ääreisverisuonten kokonaisvastuksen alenevan 34.5°C vedessä 37 % ja 30°C vedessä 32 %. Samanlaisia tuloksia saatiin Pump ym. (2001) tutkimuksessa ääreisverisuonten kokonaisvastuksen alenemisesta. Weston ym. (1987) havaitsivat tutkimuksessaan, että veden lämpötilan kohotessa myös ääreisverisuonten kokonaisvastus aleni. Kylmässä (14°C) vedessä oleskelu kohottaa verenpainetta huomattavasti (Srámec ym. 2000). Kuten kylmävesi kohottaa verenpainetta, myös ikääntyneet reagoivat vedessä oloon verenpainetta lisäten (Sugiyama ym. 1993). Keskisen ym. (2003) tutkimuksessa verenpaine muuttui hyvin vähän nuorten naisten istuessa kaulan syvyydessä 32°C lämpöisessä vedessä. Samassa tutkimuksessa havaittiin lievää diastolisen verenpaineen nousua, kun naiset istuivat terapia-altaassa vesisuihkujen hieroessa selän alueen lihaksia.

Gabrielsenin ym. (1993) tutkimuksessa koehenkilöt menivät asteittain yhä syvempään veteen aina kaulan syvyyteen asti. Veden lämpötila oli 35°C. Tulosten mukaan, mitä syvemmälle koehenkilöt menivät vedessä, sitä enemmän lisääntyi valtimoiden pulssipaine, keskuslaskimopaine, ruokatorven

sisäinen paine ja vatsaontelon paine ja sitä enemmän laskee myös sydämen syketiheys, mutta valtimoiden keskipaine ei lisääntynyt. Kun veden syvyys ylsi koehenkilöiden miekkalisäkkeen korkeudelle, syvempään veteen meneminen ei enää lisännyt tai laskenut edellä mainittuja muuttujia.

Vedessä oltaessa veden hydrostaattinenpaine vaikuttaa aineenvaihdunnan säätelyyn. Paineen vaikutuksesta kehon ääreisosien imunesteet ja laskimoveri virtaavat rintaontelon alueelle ja sisäelimiin. Myös munuaisten työskentely lisääntyy, tämän seurauksena virtsan erityys ja natriumin poistumisen elimistöstä lisääntyy sekä veriplasman määrää pienenee. (Convertino ym. 1993, O'Hare ym. 1986.) Neutraalilämpöisessä vedessä oleskelu alentaa plasman noradrenaliinin ja adrenaliinin pitoisuuksia huomattavasti (O'Hare ym. 1986, Wolf ym. 1987). Srámec ym. (2000) mukaan oleskelu 20 - 32°C vedessä alentaa plasman reniinin, kortisolin ja aldosteronin pitoisuuksia selvästi sekä lisää virtsan eritystä voimakkaasti. Toisaalta kylmässä 14°C vedessä oleskelu lisää merkittävästi plasman noradrenaliinin (530 %) ja dopamiinin (250 %) pitoisuuksia sekä lisää virtsan eritystä 163 % verrattuna 32°C vedessä oleskeluun.

Vesijuoksun ja vedessä tapahtuvan harjoittelun vaikutuksia hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan

Vesijuoksua on perinteisesti käytetty apuna kuntoutuksessa ja sen vaikutukset on todettu monissa tutkimuksissa hyviksi. Tuki- ja liikuntaelimistöön veden noste vaikuttaa nivelkuormituspainetta alentavasti. Kuntoutuksessa vesi mahdollistaa kelluttavan ja painovoiman eliminoivan vaikutuksensa johdosta aikaisemman liikkeelle lähdön ilman uudelleen vammautumisen riskiä. Liike on tärkeää nivelille ja lihaksille, koska vilkastuneen verenkierron johdosta vammat paranevat nopeammin kuin levossa. Vesijuoksuharjoittelulla voidaan myös ylläpitää juoksukuntoa ja sillä on palauttava vaikutus. Veden paine ja viileys rentouttaa ja vilkastuttaa lihasten verenkiertoa edistäen palautumista. Viime vuosina yhä useammat ihmiset ovat alkaneet käyttämään vesijuoksua aerobista kuntoa korottavana kuntoilumuotona. Vesijuoksuharjoittelu soveltuu erittäin hyvin vanhemmille ja ylipainoisille ihmisille, koska siinä pystytään yleensä pitkäkestoisempaan suoritukseen kuin kuivalla maalla. Harjoittelun hyvinä puolina voi pitää myös sitä, että sitä voi tehdä lähes kaikissa uimahalleissa ja luonnonvesissä, kunhan veden syvyys on vähintään 1.4 metriä. Vedessä tapahtuvan harjoittelun fysiologisia vaikutuksia on tutkittu paljon eri-ikäisillä miehillä ja naisilla, eri potilasryhmillä, normaali väestöllä ja urheilijoilla. Vedessä tapahtuvan harjoittelun on todettu parantavan fyysisiä kunto-

ominaisuuksia ja hengitys- ja verenkiertoelimistön mukautumismuutoksia samansuuntaisesti kuin kuivalla maalla harjoiteltaessa, kun harjoitustapa on ollut samankaltainen. Myös vammautuneiden juoksijoiden ja urheilijoiden suorituskyyä on pystytty ylläpitämään vedessä tapahtuvalla harjoittelulla. (Avellini ym. 1982, Avellini ym. 1983, Bishop ym. 1989, Brewer ym. 1998, Burns ym. 2001, Christie ym. 1990, Chu ym. 2001, Chu ym. 2002, Danneskiöld ym. 1987, Davidson ym. 2000, Dowzer ym. 1998, Eckerson ym. 1992, Eyestone ym. 1993, Eyestone 1994, Frangolias ym. 1996, Frangolias ym. 1997, Frangolias ym. 2000, Gehlsen ym. 1984, Hamer ym. 1990, Hyppönen 2002, Jambor ym. 1994, Kirby ym. 1984, LeFort ym. 1994, Melton-Rogers ym. 1996, Mercer ym. 1998, Michaud ym. 1995, Nakanishi ym. 1999, Prins ym. 1994, Rhodes ym. 1995, Ritchie ym. 1991, Rudzki ym. 1999, Ruoti ym. 1994, Sheldahl ym. 1986, Tovin ym. 1994, Wilber ym. 1996, Willen ym. 2001.)

Eri-ikäisten miesten ja naisten hengitys- ja verenkiertoelimistö reagoi vedessä tapahtuvassa kuormituksessa samansuuntaisesti kuin kuivalla maalla. Sydämen syketiheys on kuitenkin 8 – 16 lyöntiä minuutissa matalampi vedessä kuin maalla samalla suhteellisella submaksimaalisella teholla harjoiteltaessa ja maksimikuormituksessa. Myös keuhkotuuletus eli ventilaatio on jonkin verran alhaisempi. Lisäksi veden lämpö vaikuttaa siihen, kuinka suuri veden sykettä alentava vaikutus on vesiharjoittelun aikana. Mitä kylmempää vesi on, sitä enemmän on syketiheydessä havaittava ero vesiharjoittelun ja maalla tapahtuvan harjoittelun välillä tiettyyn rajaan asti. (Avellini ym. 1983, Butts ym. 1991, Christie ym. 1990, Conelly ym. 1990, Dressendorfer ym. 1976, Frangolias ym. 1997, Fufishima ym. 2003, Hall ym. 1998, McMurray ym. 1979, Mercer ym. 1998, Michaud ym. 1995, Norsk ym. 1990.) Esimerkiksi Dressendorferin ym. (1976) tutkimuksessa havaittiin että veden lämpötila (25, 30, 35°C) ei vaikuttanut maksimaaliseen hapenkulutukseen, mutta sydämen syketiheys oli 25°C vedessä harjoiteltaessa 15 lyöntiä minuutissa alhaisempi ja 30°C vedessä 8 lyöntiä minuutissa alhaisempi kuin 35°C vedessä harjoiteltaessa.

Nadelin (1974) tutkimuksessa selvitettiin, miten 18, 26 ja 33°C lämpöinen vesi vaikuttaa hapenkulutukseen rintauinnissa eri uintinopeuksilla. Hapenkulutus oli merkittävästi suurempi 18 ja 26°C vedessä kuin 33°C vedessä kaikilla uintinopeuksilla. Kylmässä 18°C vedessä hapenkulutus oli merkittävästi suurempi kuin 26°C vedessä. Maksimiuintinopeudella erot hapenkulutuksessa olivat pienimmät. Korkein maksimaalinen hapenkulutus mitattiin uitaessa 18°C vedessä. Se johtui lähinnä siitä, että kehonlämmön säilyttämiseksi uimarit vapisivat kylmän vaikutuksesta, tuottaen näin ylimääräistä lämpöä. Vedessä tapahtuvan harjoittelun kannalta suositeltava lämpötila on useimmille

26 - 30°C. Toisaalta mitä enemmän on ihonalaista rasvaa kylmän eristeenä, sitä kylmemmässä vedessä voi harjoitella.

McArdlen ym. (1974) tutkimuksessa havaittiin, että hapenkulutus oli 18°C ja 25°C vedessä käsi-jalkaergometrillä poljettaessa keskimäärin 25.3 % (400 ml) ja 9 % (150 ml) suurempi kuin 33°C vedessä poljettaessa. Suurimmat erot hapenkulutuksessa havaittiin laihoilla koehenkilöillä. Toisaalta kuivalla maalla ja 33°C vedessä poljettaessa hapenkulutus oli samansuuruinen. Sydämen syketaajuuden ja hapenkulutuksen välinen riippuvuus oli suoraviivainen ja samanlainen kuivalla maalla ja 33°C vedessä poljettaessa, mutta regressioviiva siirtyi merkittävästi enemmän oikealle xy-koordinaatistossa 18°C ja 25°C vedessä poljettaessa. Hapenkulutus oli kylmässä vedessä tietyllä sydämen syketiheydellä työskenneltäessä keskimäärin 250 – 700 ml korkeampi kuin kuivalla maalla ja 33°C vedessä. Sydämen iskutilavuus oli merkittävästi suurempi tietyllä hapenkulutuksen tasolla työskennellessä 18°C ja 25°C vedessä kuin kuivalla maalla tai 33°C vedessä.

Christien ym. (1990) tutkimuksessa, poljettiin pyörällä samoilla suhteellisilla tehoilla vedessä ja maalla. Tulosten mukaan maksimaalisessa hapenkulutuksessa ja verenpaineessa ei havaittu eroja poljettaessa pyörällä vedessä tai maalla. Sydämen syketiheys oli kuitenkin 80 – 100 % tehoilla maksimista alhaisemmat vedessä kuin maalla.

Hall ym. (1998) tutkimuksessa käveltiin juoksumatolla vedessä (28 ja 36°C vesi) ja maalla samoilla nopeuksilla. Tulosten mukaan vedessä kävely kulutti selvästi enemmän happea kuin maalla kävely samalla nopeudella. Veden lämmöllä ei ollut hapenkulutukseen vaikutusta. Hapenkulutuksen ja sydämen syketiheyden välinen vuorovaikutus osoitti, kun hapenkulutus oli 0.91 l/min tasolla oli maalla käveltäessä sydämen syketiheys 100 lyöntiä minuutissa, 28°C vedessä käveltäessä 99 lyöntiä minuutissa ja 36°C vedessä käveltäessä 115 lyöntiä minuutissa.

Melton-Rogers ym. (1996) vertailivat syvässä vedessä suoritettua vesijuoksua ja maalla suoritettua polkupyöräilyn vaikutusta sydän ja verenkiertoelimistön toimintaan reumaatikoilla. He havaitsivat maksimikuormituksessa korkeammat Borgin RPE-tuntemukset ja hengitysosamääräluvut (RQ) vesijuoksussa, mutta ventilaatio ja hengitystilavuus olivat suuremmat ergometrillä poljettaessa. Maksimaalinen sydämen syketiheys ja hapenkulutus olivat samansuuruiset maksimaalisessa vesijuoksussa ja ergometrityössä.

Vesijuoksun mekaniikka on melko samankaltaista kuin juoksumatolla tapahtuva juoksu, mutta kuitenkin hyvin erilaista (Mercer ym. 1997). Sydämen sykkeen ja hapenkulutuksen välisen vuorovaikutuksen on todettu olevan samanlainen vesijuoksun ja juoksumattojuoksun välillä samoilla suhteellisilla submaksimaalisilla työtehoilla (Brown ym. 1998, Mercer ym. 1998, Michaud ym. 1995, Yamaji ym. 1990).

Lukuisissa tutkimuksissa on havaittu, että syvässä vedessä suoritettun vesijuoksun maksimaalinen hapenkulutus on 14 – 27 % ja maksimaalinen syke on 9 – 15 % alhaisempi kuin juoksumattojuoksussa. Myös ventilaation on todettu olevan selvästi matalampi vesijuoksussa maksimikuormituksen aikana. Veren laktaatipitoisuuden on havaittu olevan maksimaalisessa vesijuoksussa sama tai hieman korkeampi kuin juoksumattojuoksussa ja korkeampi samalla suhteellisella teholla juostessa. (Bishop ym. 1989, Brown ym. 1996, Brown ym. 1997, Brown ym. 1998, Butts ym. 1991, Chu ym. 2002, DeMaere ym. 1997, Dowzer ym. 1999, Frangolias ym. 1995, Frangolias ym. 1996, Frangolias ym. 2000, Gehring ym. 1997, Glass 1987, Glass ym. 1995, Mercer ym. 1997, Michaud ym. 1995, Nakanishi ym. 1999, Navia 1986, Svedenhag ym. 1992, Town ym. 1991, Wilber ym. 1996.)

Tutkimustulosten mukaan alhaisemmat VO_{2max} lukemat vesijuoksussa johtuvat erilaisesta lihasten rekrytointimallista (aktivoitumismallista) juoksumattojuoksun ja vesijuoksun aikana (Michaud ym. 1995, Svedenhag ym. 1992). Toisin sanoen vesijuoksun aikana hermolihaskäytön toiminta ei ole samanlainen kuin juoksumattojuoksun aikana. Vesijuoksussa ylävartalon lihakset toimivat suuremmalla aktiivisuudella ja alavartalon sekä alaraajojen suuret painovoimaa vastustavat lihakset alhaisemmalla aktiivisuudella kuin juoksumattojuoksussa (Glass ym. 1995, Frangolias ym. 1995, Moening ym. 1993). Veden hydrostaattisen paineen sykettä alentava vaikutus voi myös osaltaan vaikuttaa alhaisempaan maksimaaliseen hapenkulutukseen vesijuoksussa (Craig ym. 1969, Frangolias ym. 1995).

Dowzerin ym. (1998) tutkimuksessa selvitettiin matalassa ja syvässä vedessä juoksemisen vaikutuksia selkärangan pituuden muutokseen. Tutkijat totesivat, että selkärangan pituus lyheni merkittävästi vähemmän syvässä vedessä tapahtuvan vesijuoksun aikana kuin maalla tai matalassa vedessä tapahtuneen juoksun aikana. Tämä johtui veden kelluttavasta ja painovoiman eliminoivasta vaikutuksesta.

Vesijuoksun biomekaniikka

Vesijuoksun biomekaniikkaa selvittäviä tutkimuksia ei löytynyt tähän esiselvitykseen kuin yksi Moening ym. (1993) suorittama tutkimus. Siinä yhden koehenkilön vesijuoksusuorituksesta tehtiin liikeanalyysi. Liikeanalyysin tuloksia verrattiin kirjallisuudesta löytyvien juoksumattojuoksun EMG-analyysin tietoihin. Johtopäätöksenä todettiin, että vesijuoksun mekaniikka eroaa juoksumatolla suoritetusta juoksusta suhteellisen paljon.

Testaaminen vesijuoksussa

Vesijuoksuun on myös kehitelty testimenetelmiä, joilla pystytään määrittämään yksilön maksimaalinen hapenkulutus ja syke vesijuoksussa. Testit toteutetaan yleensä sidottuna vesijuoksuna, jossa testattava pysyy paikallaan. Vesijuoksutesteissä on portaittaisesti kuormitusta lisäten edetty uupumispisteeseen asti ja suorituksen aikana on mitattu hapenkulutusta ja sydämen sykettä. Yksittäisten portaitten kesto on ollut 1 – 2 minuuttia. Vesijuoksutestin aikana intensiteettiä nostetaan juoksun askeltiheyttä nostamalla. Apuna käytetään yleensä metronomia, joka antaa oikean tahdin tai sidotussa vesijuoksussa lisätään painoa esim. 0.57 kg ja testattava valitsee juoksutahdin vastuksen mukaan. Tavoitteena on ollut noin 10 % nosto sydämen syketiheydessä peräkkäisten kuormien välillä. (Mercer ym. 1997, Michaud ym. 1995, Svedenhag ym. 1992, Wilder ym. 1993.)

Sherman ym. (1997) kehittivät vesijuoksuun submaksimaalisen 15 minuutin kestoisen testin, jolla voidaan määrittää epäsuorasti maksimaalinen hapenkulutus. Tämä vesijuoksutesti soveltuu käytettäväksi nuorilla terveillä ihmisillä. Tutkimukseen osallistui 21 miestä ja 19 naista. Testi suoritetaan syvässä vedessä käyttäen vesijuoksuun suunniteltua kelluttavaa vyötä apuna. Testattava juoksee itse valitsemallaan sopivalta tuntuvalla tasaisella juoksutahdilla 15 minuutin ajan. Testin lopussa kysytään testattavan tuntemus Borgin 6 – 20 RPE-asteikkoa käyttämällä ja testin aikana määritetään juoksutahti. Testin tuloksen laskennassa käytetään apuna regressioyhtälöä, jolla määritetään maksimaalinen hapenkulutus. Kaavassa käytetään RPE-arvoa, juoksutahtia (askelta minuutissa), kehon painoa ja sukupuolta apuna. Kaava on seuraava: $VO_{2max} \text{ (l/min)} = 0.425 + (\text{juoksutahti} * 0.029) + (\text{RPE} * -0.169) + (\text{kehon paino} * 0.013) + (\text{sukupuoli (nainen 0, mies 1)} * 1.2)$. Kaavan keskivirhe $SDD = 0.33 \text{ l/min}$, $r = 0.931$.

Vesijuoksun tekniikka ja käytännön toteutus

Vesijuoksuharjoittelu tapahtuu pystyasennossa kelluntavyön avulla, jolloin jalat eivät kosketa pohjaan. Veden syvyyden tulee olla noin 1.4 metriä. Vesijuoksussa nojataan kevyesti eteenpäin, pää on ylhäällä veden pinnan yläpuolella vartalon jatkeena. Jaloilla tehdään tehokkaita rytmisiä juoksuliikkeitä. Jalat ojennetaan taakse suoriksi joka potkulla, myös nilkka ojentuu. Loppuojennus on tehokas pakaralihaksille. Kädet pumpaavat vartalon sivuilla rytmittäen juoksua, kuten kuivalla maalla. Yläraaja pidetään koukistettuna kyynärpästä noin 90° kulmassa ja kädet kauhovat vettä taaksepäin sormet yhdessä. Vesijuoksun rasittavuutta voidaan lisätä tai laskea muuttamalla juoksun tempoa. Oikean juoksutekniikan harjoittelu aloitetaan matalalta ja sen löytämiseen ja vartalon hallintaan kannattaa käyttää paljon aikaa. Aluksi liikkeelle kannattaa lähteä vesikävelyllä ja vähitellen lisätä vauhtia vesijuoksuksi. Kädet voi ottaa siinä vaiheessa mukaan kun jalat saa toimimaan. Juoksuvyö on riittävän kannatteleva kun vedenpinta on olkapäiden tasolla. (Anttila 2003.)

Yhteenveto

Vesi vaikuttaa nestemäisen olomuotonsa ja ilmaa tuhat kertaa tiheämpänä ihmisen elimistön toimintaan vesiliikunnassa ja vedessä oltaessa. Suurimmat muutokset tapahtuvat hengityselimistön ja sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnoissa verrattuna kuivalla maalla oleskeluun tai liikkumiseen. Sydämen syketiheys laskee veteen mentäessä keskimäärin 10 – 15 lyöntiä minuutissa, hengitysvolyymi pienenee noin 10 %, verenpaine säilyy ennallaan tai nousee hieman, energian- ja hapenkulutus on suurempi kuin kuivalla maalla. Veden lämpötilalla on vaikutusta muutosten suuruuteen. Kylmässä vedessä muutokset ovat suurempia kuin lämpimässä vedessä varsinkin sydämen syketiheydessä, verenpaineessa ja energian- ja hapenkulutuksessa.

Syvässä vedessä tapahtuvaa vesijuoksuharjoittelua on käytetty erityisesti alaraajojen ja alaselän alueen rasitusvammoista ja vammoista kärsivien juoksijoiden kuntoutuksessa apuna. Myös muiden tukielinongelmaisten ja ylipainoisten keskuudessa on vesijuoksuharjoittelua käytetty kuntoa parantavana kuntoilumuotona. Viime vuosina on luonnon vesissä tapahtuva vesijuoksu lisännyt suosiota tavallisten ihmisten keskuudessa. Vesijuoksuun ja vesijuoksuharjoitteluun liittyviä tutkimuksia on julkaistu noin 80 kappaletta. Valtaosa tähän mennessä tehdyistä vesijuoksututkimuksista liittyy vesijuoksun tai harjoittelun vaikutuksiin hengitys-, sydän- ja verenkiertoelimistön toimintoihin sekä elimistön muihin fysiologisiin toimintoihin. Monissa tutkimuksissa on myös vertailtu vesijuoksun ja kuivalla maalla tapahtuvan juoksun ja pyöräilyn välisiä eroja elimistön fysiologisissa toiminnoissa.

Monien tutkimusten mukaan vesijuoksuharjoittelulla saavutetaan aivan samanlaisia hyötyjä aerobisen kestävyys- ja lihasvoiman kehittämisessä kuin kuivalla maalla tapahtuvissa kuntoilumuodoissa. Vesijuoksuharjoittelun hyödyt ja vaikutukset aerobisen kestävyys- ja lihasvoiman kehittämisessä ovat tutkimusten mukaan samanlaiset miehillä, naisilla ja eri-ikäisillä. Vesijuoksuharjoittelun hyvinä puolina voidaan pitää, että lihakset eivät kipeydy, vesi rentouttaa, vesi eliminoi painovoiman vaikutuksen ja alaraajojen rasitusvammoja ei synny, lähes kaikki vartalon ja raajojen lihasryhmät toimivat aktiivisesti, kun tehdään uinnin omaisia käsiliikkeitä juoksuliikkeiden ohella, kelluttavan vesivyön avulla myös uimataidottomat voivat harrastaa sitä.

Biomekaaniset vesijuoksuun liittyvät tutkimukset ovat hyvin vähäisiä. Tässä koosteessa on mukana vain yksi tutkimus, jossa todetaan, että vesijuoksu on erilaista hermolihaskäytön toimintoiltaan kuin juoksumattojuoksu. Kuntoutukseen liittyviä vesijuoksututkimuksia löytyi kymmenen.

Vesijuoksuun liittyvien tutkimusten lähteet

1. Bishop PA., Frazier S., Smith J. & Jacobs D. Physiologic responses to treadmill and **water running**. [Article] Physician and sportsmedicine 17(2), Feb 1989, 87-89; 92; 94.
2. Black MR. Estimation of maximal oxygen uptake in highly conditioned college males and females from a 12-minute shallow water run test and a 12-minute land run test. [Thesis or Dissertation Microform] University Microfilms International Ann Arbor, Mich., 1996, 1 microfiche (49 fr.).
3. Brennan DK., Michaud TJ., Wilder RP. & Sherman NW. Gains in aqua running peak oxygen consumption after eight weeks of aqua run training. Med Sci Sports Exerc 1992; 24(5): 23 (abstract).
4. Brewer BW. & Helledy KI. Off (to) the deep end: psychological skills training and water running. Applied research in coaching and athletics annual 13, 1998, 99-118.
5. Brown SP., Chitwood LF., Alvarez JG., Beason KR. & McLemore DR. Predicting oxygen consumption during deep water running: gender differences. [Article] Journal of strength and conditioning research 11(3), Aug 1997, 188-193
6. Brown SP., Chitwood LF., Beason KR. & McLemore DR. Deep water running physiologic responses: gender differences at treadmill-matched walking/running cadences. [Article] Journal of strength and conditioning research 11(2), May 1997, 107-114.
7. Brown SP., Chitwood LF., Beason KR. & McLemore DR. Perceptual responses to deep water running and treadmill exercise. [Article] Perceptual and motor skills 83(1), Aug 1996, 131-139.
8. Brown SP., Chitwood LF., Beason KR. & McLemore DR. Physiological correlates with perceived exertion during deep water running. [Article] Perceptual and motor skills 83(1), Aug 1996, 155-162.
9. Brown, S.P., Jordan, J.C., Chitwood, L.F., Beason, K.R., Alvarez, J.G., Honea, K.P. Relationship of heart rate and **oxygen uptake** kinetics during deep **water running** in the adult population - ages 50 to 70 years. [Article] Journal of aging and physical activity 6(3), July 1998, 248-255.
10. Brown SP., O'Donnell D., Kravitz L., Beason K. & Alvarez J. Regression of oxygen consumption on heart rate during supported and unsupported deep water running in healthy mixed gender subjects. Sports medicine, training and rehabilitation 8(3), 1998, 291-299.
11. Burns AS. & Lauder TD. Deep water running: an effective non-weightbearing exercise for the maintenance of land-based running performance. Mil Med. 2001 Mar; 166(3):253-258.

12. Bushman BA. The effects of four weeks of deep water run training on running performance. University Microfilms International Ann Arbor, Mich., 1995, 2 microfiches (102 fr.). Thesis (Ph. D.) - The University of Toledo, 1995. Includes bibliography.
13. Bushman BA., Flynn MG., Andres FF., Lambert CP., Taylor MS. & Braun WA. Effect of 4 wk of deep water run training on running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1997 May; 29(5):694-9.
14. Butts NK., Tucker M. & Smith R. Maximal responses to treadmill and deep water running in high school female cross country runners. *Research Quarterly for Exercise & Sport.* 62(2):236-239, 1991 Jun.
15. Butts NK., Tucker M. & Greening C. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. *Am J Sports Med.* 1991 Nov-Dec;19(6):612-614.
16. Chu KS. & Rhodes EC. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young. Possible implications for the elderly. [Review] *Sports Medicine.* 31(1):33-46, 2001.
17. Chu KS., Rhodes EC., Taunton JE. & Martin AD. Maximal physiological responses to deep-water and treadmill running in young and older women. *Journal of aging and physical activity* 10(3), July 2002, 306-313.
18. Davidson K. & McNaughton L. Deep water running training and road running training improve $\text{VO}_{2\text{max}}$ in untrained women. *Journal of strength and conditioning research* 14(2), May 2000, 191-195.
19. DeMaere JM. & Ruby BC. Effects of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. [Article] *Journal of sports medicine and physical fitness* 37(3), Sept 1997, 175-181.
20. DeMaere JM. Effects of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. Microform Publications, University of Oregon Eugene, Or., 1998, 1 microfiche (49 fr.) : negative ; 11 x 15 cm.
21. Dowzer CN., Reilly T. & Cable NT. Effects of deep and shallow water running on spinal shrinkage. *Br J Sports Med.* 1998 Mar;32(1):44-48.
22. Dowzer CN. & Reilly T. Deep-water running. *Sports exercise and injury* 4(2/3), Aug 1998, 56-61.
23. Dowzer CN., Reilly T., Cable NT. & Nevill A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics.* 1999 Feb;42(2):275-281.
24. Eckey UR. Exercise therapy for degenerative disease of the knee joint - evaluation of the efficiency of a 6-month suspended deep water running program for first or second degree osteoar-

thrititis of the knee according to WIRTH (1992). Deutsche Sporthochschule Koeln, 1996, viii, 426 p. Thesis (Ph.D.) - Sporthochschule Koeln, 1996. Bibliography: p. 390-426.

25. Evans BW., Cureton KJ. & Purvis JW. Metabolic and circulatory response to walking and jogging in water. *Research quarterly* 49(4), Dec 1978, 442-449.
26. Eyestone ED., Fellingham G., George J. & Fisher AG. Effect of **water running** and cycling on maximum **oxygen** consumption and 2-mile run performance. [Article] *American journal of sports medicine* 21(1), Jan/Feb 1993, 41-44.
27. Eyestone ED. Effect of **water running** and cycling on VO₂max and 2-mile performance. [Microform Thesis or Dissertation] Microform Publications, Int'l Institute for Sport and Human Performance, Univ. of Oregon Eugene, Ore., 1994, 1 microfiche (64 fr.) : negative, ill.; 11 x 15 cm.
28. Frangolias DD. & Rhodes EC. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1995; 27: 1007-1013.
29. Frangolias DD., Rhodes EC. & Taunton, J.E. The effect of familiarity with deep water running on maximal oxygen consumption. *Journal of strength and conditioning research* 10(4), Nov 1996, 215-219.
30. Frangolias DD. & Rhodes EC. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. [Review] *Sports Medicine*. 22(1):38-53, 1996 Jul.
31. Frangolias DD., Taunton JE., Rhodes EC., McConkey JP. & Moon M. Maintenance of aerobic capacity during recovery from right foot Jones fracture: a case report. *Clin J Sport Med*. 1997 Jan;7(1):54-57; discussion 57-58.
32. Frangolias DD., Rhodes EC., Taunton JE., Belcastro AN. & Coutts KD. Metabolic responses to prolonged work during treadmill and water immersion running. *Journal of Science & Medicine in Sport*. 3(4):476-92, 2000 Dec.
33. Gabel P. In too deep? Deep water versus tethered running - abstract. In, Australian Conference of Science and Medicine in Sport, National Convention Centre, Canberra 7-10 October 1997 : abstracts, Bruce A.C.T., Sports Medicine Australia, 1997, p. 128-129.
34. Gatti CJ., Young RJ. & Glad HL. Effect of water-training in the maintenance of cardiorespiratory endurance of athletes. *Br J Sports Med*. 1979 Dec;13(4):161-164.
35. Gehring MM., Keller BA. & Brehm BA. Water running with and without a flotation vest in competitive and recreational runners. [Article] *Medicine and science in sports and exercise* 29(10), Oct 1997, 1374-1378.
36. Gehring MM. A practical evaluation of water running research. *Track and field coaches review* 98(1), Winter 1998, 14-15.

37. Glass B. Comparative biomechanical and physiological responses of suspended deep water running to hard surface running. Unpublished PhD thesis, Auburn, AL 1987.
38. Glass B., Wilson D., Blessing D. & Miller E. A physiological comparison of suspended deep water running to hard surface running. *Journal of strength and conditioning research* 9(1), Feb 1995, 17-21.
39. Hamer PW. Water-running : training effects of aerobic, anaerobic and muscular parameters following an eight-week interval training programme. s.n. s.l., 1985, x, 203 p. Thesis (B.P.E. (Hons.)) - University of Western Australia, 1985.
40. Hamer PW. & Morton AR. Water-running : training effects and specificity of aerobic anaerobic and muscular parameters following an eight-week interval training programme. *Australian journal of science and medicine in sport* 21(1), Mar 1990, 13-22.
41. Hamer P. & Slocombe B. The psychophysical and heart rate relationship between treadmill and deep-water running. *Aust J Physiother.* 1997; 43(4):265-271.
42. Hartman H. The comparison between an aquatic running program versus a hard surface running program on aerobic capacity and body composition. Microform Publications, College of Human Development and Performance, University of Oregon Eugene, Ore., 1992, 1 microfiche (58 fr.) : negative; 11 x 15 cm. Thesis (M.A.) - University of Mississippi, 1988; includes bibliography (l. 35-40). Available from: Microform Publications, International Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, Eugene, OR.
43. Jambor EA., Rudisill ME., Weekes EM. & Michaud TJ. Association among fitness components, anxiety, and confidence following aerobic training in aquarunning. *Perceptual and motor skills* 78(2), Apr 1994, 595-602.
44. Jonck LT., Colman V., Persyn U., De Weerd W. & Lysens R. The effect of water running on the functional rehabilitation of medial tibial stress syndrome. [Book Analytic] In, Keskinen, K.L.(ed.) et al., *Biomechanics and medicine in swimming VIII. Proceedings of the VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, University of Jyväskylä, Finland, June 28 - July 2, 1998, Jyväskylä, University of Jyväskylä. Department of Biology of Physical Activity, 1999, p.521-526.
45. Kaminsky LA., Wehrli KW., Mahon AD., Robbins GC., Powers DL. & Whaley MH. Evaluation of a shallow water running test for the estimation of peak aerobic power. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 25(11):1287-1292, 1993 Nov.
46. Kuehne C. & Zirkel A. Accelerated rehabilitation following patellar tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction using the aqua-jogging protocol: a primary study. [Article] *Sports exercise and injury* 2(1), Feb 1996, 15-23.

47. Matthews M. & Airey, N. A comparison 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(4), 2001, 247-256.
48. McKee RA. Patterns of leg movement in deep-water running. *National aquatics journal* 4(2), Spring 1988, 12.
49. McKenzie DC. & McLuckie SL. Running in water as an alternative training method for injured runners. *Clinical journal of sport medicine* 1(4), Oct 1991, 243-246.
50. Melton-Rogers S., Hunter G., Walter J. & Harrison P. Cardiorespiratory responses of patients with rheumatoid arthritis during bicycle riding and **running in water**. [Article] *Physical therapy* 76(10), Oct 1996, 1058-1065.
51. Mercer JA. & Jensen RL. Reliability and validity of a deep water running graded exercise test. [Article] *Measurement in physical education and exercise science* 1(4), 1997, 213-222.
52. Mercer JA. & Jensen RL. Heart rates at equivalent submaximal levels of VO_2 do not differ between deep water running and treadmill running. *Journal of strength and conditioning research* 12(3), Aug 1998, 161-165.
53. Michaud TJ., Brennan DK., Wilder RP. & Sherman NW. Aquarun training and changes in treadmill running in maximal oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24(5): 23 (abstract).
54. Michaud TJ., Brennan DK., Wilder RP. & Sherman NW. Aquarunning and gains in cardiorespiratory fitness. *Journal of strength and conditioning research* 9(2), May 1995, 78-84.
55. Michaud TJ., Rodriguez-Zayas J., Andres FF., Flynn MG. & Lambert CP. Comparative exercise responses of deep-water and treadmill running. *Journal of strength and conditioning research* 9(2), May 1995, 104-109.
56. Moening D., Scheidt A., Shepardson L. & Davies GJ. Biomechanical comparison of water running and treadmill running. *Isokinetics and exercise science* 3(4), 1993, 207-215.
57. Morrow MJ. Effects of ten weeks of deep water running or land based run training. University Microfilms International Ann Arbor, Mich., 1995, 1 microfiche (44 fr.). Thesis (M.S.) - University of North Texas, 1995. Includes bibliography.
58. Nakanishi Y., Kimura T. & Yokoo Y. Maximal physiological responses to deep water running at thermoneutral temperature. *Applied Human Science*. 18(2):31-35, 1999 Mar.
59. Nakanishi Y., Kimura T. & Yokoo Y. Physiological responses to maximal treadmill and deep water running in the young and the middle aged males. *Appl Human Sci*. 1999 May;18(3):81-86.

60. Navia AM. Comparison of **energy expenditure** between treadmill **running** and **water running**. [Microform Thesis or Dissertation] Microform Publications, College of Human Development and Performance, University of Oregon Eugene, Ore., 1991, 1 microfiche (54 fr.) : negative, ill.; 11 x 15 cm.
61. Parkinson, K. Deep water interval training. In, Sports Coach 1998 : 1998 National Coaching and Officiating Conference, 25-28 November 1998, Melbourne Convention Centre, Victoria, Unpublished papers, Australian Coaching Council, Australian Sports Commission, 1998, vol.2, p.424-426.
62. Quinn TJ., Sedory DR. & Fisher BS. Physiological effects of deep water running following a land-based training program. Research Quarterly for Exercise & Sport. 65(4):386-389, 1994 Dec.
63. Rankin RR. & Vicenzino B. Comparison of quadriceps muscle contractile properties during the recovery phase after treadmill and deep water running - abstract. In, Fifth IOC World Congress on Sport Sciences : book of abstracts, Canberra, Sports Medicine Australia, 1999, p.185.
<http://www.ausport.gov.au/fulltext/1999/iocwc/abs185b.htm>
64. Reilly T., Cable NT. & Dowzer CN. The effects of a six-week land and water-running training programme on aerobic, anaerobic and muscle strength measures. (Poster Session). In 12th Commonwealth International Sport conference, 19-23 July 2002, Manchester, United Kingdom: abstract book, London, Association of Commonwealth Universities, 2002, p.414.
65. Reilly T., Cable NT. & Dowzer CN. The effects of a 6 week land- and water-running training programme on aerobic, anaerobic and muscle strength measures. (Abstract) Journal of sports sciences 21(4), Apr 2003, 333-334. Communications to the 12th Commonwealth International Sport Conference. Part IV: physiology.
66. Ritchie SE. & Hopkins WG. The intensity of exercise in deep-water running. Int J Sports Med. 1991 Feb;12(1):27-29.
67. Rudzki SJ. & Cunningham MJ. The effect of a modified physical training program in reducing injury and medical discharge rates in Australian Army recruits. Military Medicine. 164(9):648-52, 1999 Sep.
68. Schlumberger A., Hemmling G., Frick U. & Schmidtbleicher D. Running on land and in water: heart rate and blood lactate response. Deutsche Zeitschrift fuer Sportmedizin 48(5), May 1997, 183-189.
69. Sherman NW. & Michaud TJ. VO_{2max} estimation in healthy adults using submaximal deep-water running. Journal of strength and conditioning research 11(2), May 1997, 73-76.

70. Svedenhag J. & Seger J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. [Article] *Medicine and science in sports and exercise* 24(10), Oct 1992, 1155-1160.
71. Tant CL. & McGrath D. Simply water: water rehabilitation for lower extremity overuse running injuries. In, Bauer, T. (ed.), XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings. Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18-22, 1995, Thunder Bay, Ont., Lakehead University, c1996, p. 25-28.
72. Thomas DQ., Long KA., Kindred D. & Miller CA. Blood pressure and deep water running. *Sports medicine, training and rehabilitation* 6(3), 1995, 207-214.
73. T'Jonck, L. Lysens, R. The effect of water running on the functional rehabilitation of medial tibial stress syndrome. In, Marconnet, P. (ed.) et al., First annual congress, frontiers in sport science, the European perspective. May 28-31, 1996, Nice, France. Book of abstracts, Nice, European College of Sport Science, 1996, p. 792-793.
74. T'Jonck L., Lysens R., Witvrouw E., Delvaux K., Hulens M. & Peers K. Water running as alternative rehabilitation modality with shin splints. In Federation internationale de natation amateur - FINA, XII FINA World Congress on Swimming Medicine, April 12-15, 1997, Goteborg, Sweden: in connection with the 3rd FINA Short Course Swimming World Championships Goteborg, April 17-20, 1997. Final programme & abstracts, Goteborg, Federation Internationale de Natation Amateur, 1997, p.60.
75. Town GP. & Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991 Feb; 23(2):238-241.
76. Wilber RL. Influence of water-run training on the maintenance of physiological determinants of aerobic performance. University Microfilms International Ann Arbor, Mich., 1994, 4 microfiches (302 fr.). Thesis (Ph.D.) - The Florida State University, 1994. Includes bibliography.
77. Wilber RL., Moffatt, RJ., Scott BE., Lee DT. & Cucuzzo NA. Influence of water run training on the maintenance of aerobic performance. [Article] *Medicine and science in sports and exercise* 28(8), Aug 1996, 1056-1062.
78. Wilder RP., Brennan D. & Schotte DE. A standard measure for exercise prescription for aqua running. *American journal of sports medicine* 21(1), Jan/Feb 1993, 45-48.
79. Wilder RP. & Brennan DK. Physiological responses to deep water running in athletes. [Review] *Sports Medicine.* 16(6):374-380, 1993 Dec.
80. Wright J. & Sleivert G. Effects of interval deep water running on anaerobic capacity and 400 m run performance in female netball players. In, Partners in performance national conference 11-13 October 1996: proceedings of the combined national conference of Coaching New Zealand,

Sports Medicine New Zealand and Sport Science New Zealand...Coaching New Zealand :
Sports Medicine New Zealand : Sport Science New Zealand, 1996, p. 153.

81. Yamaji K., Greenley M., Northey DR. & Hughson RL. Oxygen uptake and heart rate responses to treadmill and water running. [Article] Canadian journal of sport sciences 15(2), June 1990, 96-98.
82. Zenhausern R. & Frey WO. Aqua-jogging in the rehabilitation process. Orthopade 1997; Nov 26(11):926-9.

Muut lähteet

1. Anderson GS., Meneilly GS. & Mekjavic IB. Passive temperature lability in the elderly. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. 1996; 73(3-4):278-86.
2. Andersson J., Schagatay E., Gislen A. & Holm B. Cardiovascular responses to cold-water immersions of the forearm and face, and their relationship to apnoea. *European Journal of Applied Physiology* 2000; 83(6):566-72.
3. Anttila E. Vesijuoksuopas. Suomalainen Vesiliikuntainstituutti Oy 2003; s. 8.
4. Arborelius M., Ballidin UI. & Lundgren CE. Hemodynamics changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Medicine* 1972; 43: 592-598.
5. Avellini BA., Shapiro Y. & Pandolf KB. Cardio-respiratory physical training in water and on land. *European Journal of Applied Physiology* 1983; 50(2): 255-263.
6. Avellini BA., Shapiro Y., Fortney SM., Wenger CB. & Pandolf KB. Effects on heat tolerance of physical training in water and on land. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental & Exercise Physiology* 1982; 53(5):1291-8.
7. Bondi KR., Young JM., Bennett RM. & Bradley ME. Closing volumes in man immersed to the neck in **water** *Journal of Applied Physiology* 1976; 40(5): 736-740.
8. Brukner P. & Bennell K. Stress fractures in female athletes. Diagnosis, management and rehabilitation. [Review] *Sports Medicine*. 24(6):419-29, 1997 Dec.
9. Butler PJ. & Woakes AJ. Heart rate in humans during underwater swimming with and without breath-hold. *Respiration Physiology* 1987; 69(3):387-99.
10. Carlberg KA. & Riedesel ML. Effects of water immersion on submaximal exercise. (Abstract) *Medicine and science in sports* 1978; 10(1): 61.
11. Choukroun M-L. & Varene P. Adjustments in oxygen transport during head-out immersion in water at different temperatures. *J. Appl. Physiol.* 1990; 68(4): 1475-1480.
12. Christie JL., Sheldahl LM., Tristani FE, Wann LS., Sagar KB., Levandoski SG., Ptacin MJ., Sobocinski KA. & Morris RD. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. *Journal of Applied Physiology* 1990; 69: 657-664.
13. Cohen MC., Kaye MJ. & Hosek RS. Accelerated rehabilitation program for anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon bone graft: case study. *Chiropractic sports medicine* 9(3), Aug 1995, 79-83.
14. Colwin CM. *Swimming into the 21. Century*. Champaign, IL, Leisure press 1992; 19-59.

15. Conelly TP., Sheldahl LM. Tristani FE., Levandovski SG., Kalhoff RK., Hoffmann MD. & Kalbfleisch JH. Effect of increased central blood volume with water immersion exercise. *Journal of Applied Physiology* 1990; 69: 651-656.
16. Convertino VA., Tatro DL. & Rogan RB. Renal and cardiovascular responses to water immersion in trained runners and swimmers. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1993; 67(6):507-512.
17. Craig AB. & Dvorak M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Medicine and Science in Sports* 1969; 1: 124-130.
18. Craig AB Jr. & Dvorak M. Expiratory reserve volume and vital capacity of the lungs during immersion in water. *Journal of Applied Physiology* 1975; 38(1): 5-9.
19. Danneskiold B., Lyngberg K. & Risum T. The effect of water therapy given to patient with rheumatoid arthritis. *Scand J Rehab Med* 1987; 19: 31-35.
20. Daskalovic IY. Effects of posture, stabilization and depth on the cardiopulmonary response to underwater arm exercise. Univ. of Oregon Eugene, Ore., 1978, 2 fiches. 10 x 15 cm. Microfiche (neg.) of typescript. Thesis (M.S.) - Univ. of Wisconsin-Madison, 1977. vi, 118 l. Bibliography: 1. 86-101. Available from: Microform Publications, International Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, Eugene, OR.
21. Davis BC. & Harrison RA. *Hydrotherapy in practise*. Churchill Livingstone. London 1988.
22. Dressendorfer RH.; Morlock JF.; Baker DG. & Hong SK. Effects of head-out water immersion on cardiorespiratory responses to maximal cycling exercise. *Undersea Biomedical Research* 1976; 3(3):177-87.
23. Eckerson J. & Anderson T. Physiological response to water aerobics. [Article] *Journal of sports medicine and physical fitness* 32(3), Sept 1992, 255-261.
24. Edlich RF., Towler MA. & Goitz RJ. Bioengineering principles of hydrotherapy. *J Burn Care Rehab* 1987; 8: 540-584.
25. Edlich RF., Abidin MR., Becker DG., Pavlovich LJ Jr. & Dang MT. Design of hydrotherapy exercise pools. *J Burn Care Rehabil.* 1988 Sep-Oct;9(5):505-509.
26. Evans EM. & Cureton KJ. Metabolic, circulatory, and perceptual responses to bench stepping in water. [Article] *Journal of strength and conditioning research* 12(2), May 1998, 95-100.
27. Frangolias DD., Taunton JE., Rhodes EC., McConkey JP. & Moon M. Maintenance of aerobic capacity during recovery from right foot Jones fracture: a case report. *Clin J Sport Med.* 1997 Jan;7(1):54-57; discussion 57-58.

28. Fujishima K. & Shimizu T. Body temperature, oxygen uptake and heart rate during walking in water and on land at an exercise intensity based on RPE in elderly men. *Journal of Physiological Anthropology & Applied Human Science*. 22(2):83-8, 2003 Mar.
29. Gabrielsen A., Johansen LB. & Norsk P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *Journal of Applied Physiology* 1993; 75(2):581-585.
30. Gehlsen GM., Grigsby SA. & Winant DM. Effects of aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis. *Physical Therapy* 1984; 64: 653-657.
31. Golland A. Basic hydrotherapy. *Physiotherapy* 1981; 67(9): 258-267.
32. Green JH., Cable NT. & Elms N. Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water. *J Sports Med Phys Fitness* 1990; 30(1):49-52.
33. Hall J., Macdonald IA., Maddison PJ. & O'Hare JP. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998 Feb;77(3):278-284.
34. Harrison R. & Bulstrode S. Percentage weight bearing during partial immersion in the hydrotherapy pool. *Physiotherapy Practise* 1987; 3: 60-63.
35. Hayashi N., Ishihara M., Tanaka A., Osumi T. & Yoshida T. Face immersion increases vagal activity as assessed by heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1997; 76(5):394-399.
36. Hayashi N. & Yoshida T. Water immersion delays the oxygen uptake response to sitting arm-cranking in humans. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1999; 80(2):132-138.
37. Hong SK., Cerretelli P., Cruz JC. & Rahn H. Mechanics of respiration during submersion in water. *Journal of Applied Physiology* 1969; 27: 535-538.
38. Hoeger W., Hopkins D. & Barber D. Physiologic responses to maximal treadmill running and **water aerobic** exercise. [Article] *National aquatics journal* 11(1), Spring 1995, 4-7.
39. Holmberg P. & Perkkio J. Biotieteiden fysiikkaa ja säteilyfysiikkaa. *Kanditaattikustannus Oy. Hangan kirjapaino Oy. Hanko* 1988: 125-128.
40. Hudson OD., Loy SF., Vincent WJ. & Yaspelkis BB. Blood lactate concentration and rated perceived exertion following active recovery in water. *Sports medicine, training and rehabilitation* 9(1), 1999, 41-50.
41. Hyppönen J. Maalla ja vedessä toteutetun fysioterapian vaikutuksia polven voimantuottoon, koettuihin oireisiin ja toimintaan eturistisideleikatuilla potilailla. *Jyväskylän yliopisto, Terveystieteiden laitos, Fysioterapian pro gradu –tutkielma* 2002.

42. Johnson BL., Stromme SB., Adamczyk JW. & Tennoe KO. Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on land and in water. *Physical Therapy* 1977; 57(3):273-278.
43. Kame VD Jr. & Pendergast DR. Effects of short-term and prolonged immersion on the cardiovascular responses to exercise. *Aviation Space & Environmental Medicine* 1995; 66(1):20-25.
44. Kannus P., Jozsa L. & Renström P. The effects of training, immobilization and remobilization on musculoskeletal tissue. Parts 1 and 2. *Scand J Med Sci Sports* 2:100-118 and 164-176, 1992.
45. Keskinen KL., Rodríguez FA., Keskinen OP. & Merikari J. Human cardiorespiratory responses to resting water immersion to the neck with changing body positions. In: Chatard JC. (ed) *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, L'Université de St Etienne, France, 2002.
46. Keskinen KL., Harmokivi P. & Keskinen OP. Water flow effects on cardiovascular and respiratory responses to immersion. Abstract of 14th International Congress of the World Confederation for Physical therapy 7.-12.6.2003. (Abstract)
47. Kirby RL., Sacamano JT., Balch DE. & Kriellaars DJ. Oxygen consumption during exercise in a heated pool. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984 Jan; 65(1):21-23.
48. Larsen AS., Johansen LB., Stadeager C. Warberg J., Christensen NJ. & Norsk P. Volume-homeostatic mechanisms in humans during graded water immersion. *J. Appl. Physiol.* 1994; 77: 2832-2839.
49. LeFort S. & Hannah T. Return to work following an aquafitness and muscle strengthening programs for the low back injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75(11): 1247-1254.
50. Lin YC. Circulatory functions during immersion and breath-hold dives in humans. [Review] [76 refs] *Undersea Biomedical Research* 1984; 11(2):123-138.
51. Magel JR., McArdle WD., Weiss NL., Stone S. & Newman A. Heart rate response to apnea and face immersion. *Journal of sports medicine and physical fitness* 1982; 22(2): 135-146.
52. McArdle WD., Magel JR., Lesmes CR. & Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33°C. *Journal of Applied Physiology* 1976; 40: 85-90.
53. McArdle WD., Katch FI. & Katch VL. *Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance*, 3th edition, Lea & Febiger, London, 1991; 192 – 195.
54. McArdle WD., Katch FI. & Katch VL. Microgravity: The last frontier. In: *Exercise Physiology*, 5th edition, Lippincott Williams & Wilkins 2001; p. 685.

55. McMurray RG. & Horvath SM. Thermoregulation in swimmers and runners. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental & Exercise Physiology* 1979; 46(6):1086-92.
56. McMurray RG. Plasma volume changes during submaximal swimming. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1983; 51(3):347-356.
57. McMurray RG., Katz VL., Berry MJ. & Cefalo RC. The effect of pregnancy on metabolic responses during rest, immersion, and aerobic exercise in the water. *American Journal of Obstetrics & Gynecology* 1988; 158(3 Pt 1): 481-486.
58. McMurray RG., Katz VL., Berry MJ. & Cefalo RC. Cardiovascular responses of pregnant women during aerobic exercise in water: a longitudinal study. *International Journal of Sports Medicine* 1988; 9(6):443-447.
59. Mekjavic IB., Tipton MJ., Gennser M. & Eiken O. Motion sickness potentiates core cooling during immersion in humans. *Journal of Physiology* 2001; 535(Pt 2):619-623.
60. Miwa C., Matsukawa T., Iwase S., Sugiyama Y., Mano T., Sugeno Y., Yamaguchi H. & Kirsch KA. Human cardiovascular responses to a 60-min bath at 40 degrees C. *Environmental Medicine: Annual Report of the Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University* 1994; 38(1):77-80.
61. Miwa C., Sugiyama Y., Mano T., Iwase S. & Matsukawa T. Spectral characteristics of heart rate and blood pressure variabilities during head-out water immersion. *Environmental Medicine: Annual Report of the Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University* 1996; 40(1):91-94.
62. Miwa C., Sugiyama Y., Mano T., Iwase S. & Matsukawa T. Sympatho-vagal responses in humans to thermo-neutral head out water immersion. *Aviat. Space Environ. Med.* 1997; 68(12): 1109-1114.
63. Miwa C., Sugiyama Y., Mano T., Matsukawa T., Iwase S., Watanabe T. & Kobayashi F. Effects of aging on cardiovascular responses to gravity-related fluid shift in humans. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 2000; 55(6):M329-335.
64. Nadel E., Holmer I., Bergh U., Åstrand PO. & Stolwijk J. Energy exchanges of swimming man. *J Appl Physiol* 1974; 36: 465.
65. Nishimura M. & Onodera S. Effects of supine floating on heart rate, blood pressure and cardiac autonomic nervous system activity. *Journal of Gravitational Physiology: a Journal of the International Society for Gravitational Physiology* 2000; 7(2):P171-172.
66. Norsk P., Bonde-Petersen F. & Christensen NJ. Catecholamines, circulation and the kidney during water immersion in humans. *Journal of Applied Physiology* 1990; 69: 474-484.

67. O'Hare JP., Dalton N., Roland JM., Gooding J., Payne B., Walters G. & Corrall RJ. Plasma catecholamine levels during water immersion in man. *Hormone & Metabolic Research* 1986; 18(10):713-716.
68. Park KS., Choi JK. & Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *J. Physiol. Anthropol.* 1999; 18(6): 233-241.
69. Perini R., Milesi S., Biancardi L., Pendergast DR. & Veicsteinas A. Heart rate variability in exercising humans: effect of water immersion. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1998; 77(4): 326-332.
70. Prins JH., Harley Hartung G. & Merritt DJ. Effects of aquatic exercise training on persons with poliomyelitis disability. *Sports Med Training and Rehab* 1994; 5: 29-39.
71. Pump B., Kamo T., Gabrielsen A. & Norsk P. Mechanisms of hypotensive effects of a posture change from seated to supine in humans. *Acta Physiologica Scandinavica* 2001; 171(4):405-412.
72. Pump B., Shiraishi M., Gabrielsen A., Bie P., Christensen NJ. & Norsk P. Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *American Journal of Physiology - Heart & Circulatory Physiology* 2001; 280(6):H2607-2615.
73. Rhodes EC., Tauntin, JE., Donnelly M., Warren J., Elliot J. & Martin AD. The effects of land-based and **water aerobic** exercise on the fitness of elderly women. [Article] *New Zealand journal of sports medicine* 23(3), Spring 1995, 16-18.
74. Robertson JA. & Crowe CT. *Engineering fluid mechanics* (3. painos). Houghton Miffling Company. Boston 1985.
75. Robertson CH. Jr., Engle CM. & Bradley ME. Lung volumes in man immersed to the neck: dilution and plethysmographic techniques. *J. Appl. Physiol.* 1978; 44(5): 679-682.
76. Ruoti R., Troup J. & Berger R. The effects of nonswimming water exercises on older adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994; 19(3): 140-145.
77. Savourey G., Sendowski I. & Bittel J. Biometrical characteristics and physiological responses to a local cold exposure of the extremities. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1996; 74(1-2):85-90.
78. Sheldahl LM., Tristani FE., Clifford PS., Kalbfleisch JH., Smits G. & Hughes CV. Effect of head-out water immersion on response to exercise training. *Journal of Applied Physiology* 1986; 60(6):1878-1881.
79. Shimitsu T., Kosaka M. & Fujishima K. Human thermoregulatory responses during prolonged walking in water at 25, 30 and 35°C. *Eur J Appl Physiol* 1998; 78: 473-478.

80. Srámek P., Simeckova M., Jansky L., Savlikova J. & Vybiral S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology*. 81(5):436-42, 2000 Mar.
81. Sugiyama Y., Miwa C., Xue YX., Iwase S., Suzuki H., Matsukawa T., Watanabe T., Kobayashi F. & Mano T. Cardiovascular function in the elderly during water immersion. *Environmental Medicine: Annual Report of the Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University* 1993; 37(1):91-94.
82. Tajima F., Sagawa S., Claybaugh JR. & Shiraki K. Renal, endocrine, and cardiovascular responses during head-out water immersion in legless men. *Aviation Space & Environmental Medicine* 1999; 70(5):465-470.
83. Takahashi T., Okada A., Hayano JI. & Takeshima N. Responses of **heart rate** and vagus tone to treadmill walking on land and in water in healthy older adults. [Article] *Journal of aging and physical activity* 11(1), Jan 2003, 18-26.
84. Takeshima N., Nakata M., Kobayashi F., Tanaka K. & Pollock, M.L. **Oxygen uptake** and **heart rate** differences between walking on land and in **water** in the elderly. [Article] *Journal of aging and physical activity* 5(2), Apr 1997, 126-134.
85. Tant CL. & McGrath D. Simply water: water rehabilitation for lower extremity overuse running injuries. In, Bauer, T. (ed.), XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings. Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18-22, 1995, Thunder Bay, Ont., Lakehead University, c1996, p. 25-28.
86. Tovin B., Wolf S., Greenfield B. & Crouse J. Comparison of the effects of exercise in water and no hand on the rehabilitation of patients with infra-articular anterior cruciate ligament reconstruction's. *Physical Therapy* 1994; 74(8): 710-719.
87. Waldo BR. Energy cost of walking/jogging in a laminar flow resistance pool. [Thesis or Dissertation Microform] Microform Publications, University of Oregon Eugene, Or., 1998, 1 microfiche (83 fr.) : negative, ill. ; 11 x 15 cm.
88. Watenbaugh DE., Pump B., Bie P. & Norsk P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? *J. Appl. Physiol.* 2000; 89 (2): 621-628.
89. Weiss M., Hack F., Stehle R., Pollert R. & Weicker H. Effects of temperature and water immersion on plasma catecholamines and circulation. *International Journal of Sports Medicine* 1988; 9 Suppl 2:S113-117.
90. Weston CF., O'Hare JP., Evans JM. & Corral RJ. Haemodynamic changes in man during immersion in water at different temperatures. *Clinical Science* 1987; 73(6):613-616.

91. Whitley JD. & Schoene LL. Comparison of heart rate responses. Water walking versus treadmill walking. *Phys Ther.* 1987 Oct;67(10):1501-4.
92. Willen C., Sunnerhagen KS. & Grimby G. Dynamic water exercise in individuals with late poliomyelitis. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 2001; 82(1):66-72.
93. Wolf JP., Nguyen NU., Dumoulin G., Baulay A. & Berthelay S. Relative effects of the supine posture and of immersion on the renin aldosterone system at rest and during exercise. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1987; 56(3):345-349.
94. Zenhausern R. & Frey WO. Aqua-jogging in the rehabilitation process. *Orthopade* 1997; Nov 26(11):926-9.