

Sports Medicine, Training and Rehabilitation 10: 247-256, 2001
Matthews M. & Airley M.

A comparison of ratings of perceived exertion during deep water running and treadmill running: Considerations in the prescription of exercise intensity. (Harjoituksen aikana koetun rasittavuudentunteen vertailtavuus vesijuoksun ja juoksumatolla juoksun välillä: Harjoitusintensiteetin valinnassa huomioonotettavat tekijät.)

Johdanto

Monet vammautuneet urheilijat joutuvat pitämään harjoittelussa taukoa ja kunto-ominaisuudet heikkenevät sen seurauksena. Kunto-ominaisuuksien heikkeneminen ilmenee voimatasojen, suoritustehon, joustavuuden ja aerobisen kapasiteetin heikentymisenä jo kahden viikon harjoitustauon jälkeen (Coyle ym. 1984, Neuffer 1989). Jotta urheilijan kunto-ominaisuudet eivät heikkenisi kuntoutusjakson aikana, pitää urheilijan ja valmentajan etsiä tilalle vaihtoehtoisia harjoitustapoja sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyuden harjoittamiseksi. Hyviä korvaavia harjoitusmuotoja ovat esimerkiksi painovoiman eliminoiva pyöräily, soutaminen ja vesijuoksu.

Vesijuoksu on vedessä suoritettava vesiliikuntamuoto, joka simuloi juoksemista kuivalla maalla, mutta aiheuttaa huomattavasti vähemmän painovoimasta johtuvaa kuormitusta luustoon ja lihaksiin (Dowzer ym. 1998). Niinpä vesijuoksusta on tullut suosittu kuntoutuksessa käytettävä harjoitusmuoto alaraajojen vammoista kärsiville urheilijoille ja oheisharjoitusmuoto niille, jotka haluavat harrastaa juoksemista, mutta haluavat välttää juoksemiseen liittyvää vammautumisriskiä (Wilber ym. 1996).

Vaikka vesijuoksun ja maalla juoksun liikeradat näyttävät olevan samanlaiset, eroavat ne kuitenkin suoritustekniikoiltaan selvästi toisistaan, kun urheilija juoksee vedessä vesivyön kelluttamana ja veden vastusvoimat sekä hydrostaattinen paine vaikuttaa liikkeisiin. Erot vesijuoksun ja maalla juoksun suoritustekniikoissa aiheuttavat osaltaan myös erilaiset fysiologiset harjoitusvasteet (Wilder & Brennan 1993). Ritchien ja Hopkinsin (1991) mittauksissa havaittiin, että tietyllä määritetyllä suoritusteholla submaksimaalinen sydämen sykereaktio ja hapenkulutus olivat matalammat vesijuoksussa verrattuna maalla juostessa. Samalla suhteellisella teholla suoritettu vesijuoksuharjoitus koetaan rasittavammaksi kuin juoksuharjoitus maalla (Glass ym. 1995, Michaud ym. 1995b). Useissa tutkimuksissa on havaittu, että maksimaalinen sydämen syketaajuus ja hapenkulutus ovat matalammat maksimaalisessa vesijuoksussa kuin maalla juoksussa (Butts ym. 1991, Town & Bradley 1991, Glass ym. 1995, Mercer & Jensen 1997), kun vastaavasti veren laktaattipitoisuuden on havaittu olevan joko matalampi (Town & Bradley 1991), korkeampi (Svedenhag & Seger 1992, Michaud ym. 1995b) tai sama (Frangolias & Rhodes 1995, Wilber ym. 1996).

Edellä mainitut tulokset viittaavat siihen, että maalla juostessa kohdistuu elimistöön suurempi fysiologinen kuormitus kuin vesijuoksussa. Toisaalta eri vesijuoksu- / maalla juoksumuotojen tulosten vertailu keskenään on erittäin vaikeaa, jos eri tutkimusten menetelmät eroavat toisistaan. Tutkimusasetelmat eroavat yleensä toisistaan harjoitusajan suhteen (1 – 30 min), harjoitusintensiteetin kontrolloinnin suhteen (askeltiheys, hapenkulutus, sydämen syketaajuus, prosentuaalinen taso maksimaalisesta sydämen syketaajuudesta tai itse säädely suoritusteho), veden lämpötilan suhteen, (25 – 30 °C) ja onko kelluttava vesivyö menetelmässä mukana sekä miten koehenkilö on kiinnitetty paikoilleen (tethering) vesijuoksun aikana (Ritchie & Hopkins 1991, Butts ym. 1991, Town & Bradley 1991, Svedenhag & Seger 1992, Eyestone ym. 1993, Michaud ym.

1995, Glass ym. 1995, Frangolias & Rhodes 1995, Wilber ym. 1996, DeMaere & Ruby 1997, Mercer & Jensen 1998).

Eri tutkimuksien tuloksissa havaitut eroavuudet ovat perustana siihen, että vesijuoksuharjoittelun toteuttaminen pitää määrittellä tarkasti, jotta optimaalinen harjoittelukuormitus pystytään saavuttamaan. Juoksuharjoittelussa käytetään yleisesti sydämen syketaajuutta apuvälineenä harjoittelun kuormittavuuden seurannassa ja säätelyssä. Nykyään on olemassa vedenpitäviä ja vesiliikunnassa käytettäviä sykemittareita, joten myös vesijuoksuharjoittelun kuormittavuutta voidaan mitata ja säädellä sydämen syketaajuuden avulla. Sydämen syketaajuuteen perustuvia yleisiä harjoitteluohjeita käytetään apuna kuivalla maalla tapahtuvassa liikuntaharjoittelussa. Niinpä monet urheilijat, kuntoilijat, valmentajat ja liikuntaa ohjaavat henkilöt käyttävät samoja maksimaalisen sydämen syketaajuuden määrittäviä maalla suoritettavia testejä avuksi laatiessaan vesijuoksuharjoitukseen kuormitusmallin. Edellä on kuvattu fysiologisissa harjoitusvasteissa havaittuja eroavuuksia vesijuoksun ja maalla tapahtuvan juoksun välillä, siksi tarvitaan myös lisää tutkimusta, jossa otetaan huomioon edellä mainitut seikat vesijuoksuharjoittelun ohjeistamisessa.

Tutkimusmenetelmät

Koehenkilöt: Kuusi (6) miestä ja neljä (4) naista osallistui tutkimukseen (ikä 28.1 ± 4.9 vuotta, paino 83.6 ± 16.2 kg, pituus 179.8 ± 10.5 cm). Kellään koehenkilöistä ei ollut aiempaa vesijuoksukokemusta. Kaikki koehenkilöt harjoittelivat tai osallistuivat säännöllisesti ohjattuun joukkueurheiluun vähintään kolme (3) kertaa viikossa. Koeasetelman alussa koehenkilöiltä määritettiin yksilöllinen lepo- ja maksimaalinen sydämen syketaajuus. Sydämen leposyketaajuudeksi määritettiin kolmena aamuna heräämisen jälkeen selinmakuulla mitattu lukema. Kolmesta sykelukemasta laskettiin keskiarvo, jota käytettiin lepsykelukemana ja sitä käytettiin Karvosen tavoitesykekaavassa. Maksimaalinen syketaajuus saatiin selville 1,5 mailin Cooperin juoksutestin aikana mitatusta sykekäyrästä (Zwiren ym. 1991, Anderson 1992, Grant ym. 1999), joka toteutettiin moottoroidulla juoksumatolla. Maksimisyketaajuudeksi määritettiin korkein 10 sekunnin keskiarvo syketaajuus testin loppuvaiheessa. Koehenkilöiden maksimisyketaajuuden ja lepsyketaajuuden keskiarvot olivat 193.1 ± 8.0 ja 58.5 ± 7.0 lyöntiä minuutissa. Koehenkilöiden yksilölliset syketaajuuslukemat ja määritetyt harjoitusintensiteetit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sydämen syketaajuustiedot ja harjoitusintensiteetit, jotka on laskettu Karvosen kaavalla. Harjoittelun tavoitesyke $HRR = ((\text{maksimisyke} - \text{lepsyke}) \times \text{intensiteetti} (\%)) + \text{lepsyke}$. HR_{max} = maksimisyke, HR_{lepo} = lepsyke, HRR = sykereservi

Koehenkilö	HR _{max}	HR _{lepo}	60 % HRR	70 % HRR	80 % HRR
1	191	60	138	151	164
2	201	54	142	156	171
3	199	51	141	155	170
4	185	56	131	144	158
5	196	52	140	154	166
6	180	63	129	142	154
7	185	70	136	148	161
8	195	70	145	158	170
9	193	55	144	156	168
10	206	59	146	161	178
Keskiarvosyke	193 ± 8	59 ± 7	139 ± 6	153 ± 6	166 ± 7

Koeasetelma: Koeasetelma sisälsi kaksi erilaista testiasetelmaa. Toinen oli vesijuoksutesti ja toinen oli juoksumattotesti. Kaikki koehenkilöt suorittivat molemmat testit. Molemmat 30 minuutin kestoiset testit sisälsivät 10 minuutin kestoisen harjoittelun 60, 70 ja 80 % tasolla Karvosen kaavalla lasketusta sykereservistä (katso taulukko 1. teksti). Harjoittelun intensiteettiä valvottiin seuraamalla syketaajuutta Polarin sykemittarilla. Jokaisen 10 minuutin harjoitusjakson viimeisen minuutin aikana kysyttiin kuormituksen rasittavuutta käyttämällä Borgin 6 – 20 RPE–asteikkoa (rating of perceived exertion).

Juoksumattotestiasetelma. Kymmenen (10) minuutin verryttelyn jälkeen koehenkilöt juoksisivat 30 minuuttia eli 10 minuuttia 60, 70 ja 80 % tasolla sykereservistä. Jos harjoituksen aikana mitattu sykereaktio poikkesi tavoitesykkeestä enemmän kuin kaksi (2) lyöntiä minuutissa, silloin muutettiin juoksumaton nopeutta tavoitesykettä vastaavaksi.

Vesijuoksutestiasetelma. Koehenkilöt saivat liikkua vapaasti vedessä ja heillä oli kelluttava vesijuoksuvyö vyötärön ympärillä. Kelluvuus säädettiin siten, että vedenpinnantasoo oli koehenkilön rintalasta-solisluunivelen korkeudella. Koehenkilöt suorittivat 10 minuutin kestoisen verryttely- ja totuttautumiskakson, jonka aikana he saivat ohjeita oikeasta vesijuoksutekniikasta, joka matkisi mahdollisimman hyvin juoksutekniikkaa maalla. Verryttelyn jälkeen koehenkilöt juoksisivat syvässä vedessä 30 minuuttia eli 10 minuuttia 60, 70 ja 80 % tasolla sykereservistä. Koehenkilöt saivat suullista syketietoa harjoituksen aikana, jonka mukaan he säätelivät harjoituksen rasittavuuden tavoitesykettä vastaavaksi. Veden lämpötila oli 30 °C.

Molemmat erilaiset testiasetelmat suoritettiin samaan aikaan vuorokaudesta ja satunnaistetussa järjestyksessä. Cooperin testin ja ensimmäisen testiasetelman välillä oli vähintään 72 tuntia taukoa ja kahden erilaisen testiasetelman välillä oli 7 päivää väliä. Tällä tavalla varmistettiin koehenkilöiden palautuminen rasittavista mittauksista.

Tulokset

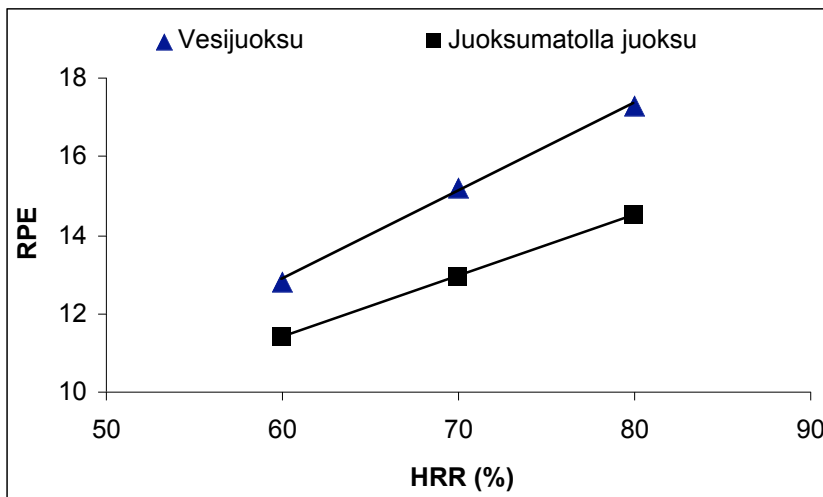
Keskiarvoiset harjoituksen aikaiset rasittavuuden tuntemukset, jotka mitattiin kaikilta eri harjoitustehoilta, on esitetty taulukossa 2. Tilastollisesti merkitsevää eroa havaittiin rasiustuntemuksissa (RPE) kaikilla harjoitusintensiteeteillä vesijuoksu- ja juoksumattosuoritusten välillä. Vesijuoksussa RPE arvot olivat keskimäärin 1.4 pistettä suuremmat kuin juoksumattojuoksun aikana harjoitusteholla 60 % sykereservistä, 2.3 pistettä suuremmat harjoitusteholla 70 % sykereservistä ja 2.8 pistettä korkeammats harjoitusteholla 80 % sykereservistä.

Taulukko 2. Keskiarvoiset rasiustuntemukset juoksumattojuoksun ja vesijuoksun aikana Borgin 6 – 20 RPE –asteikolla mitattuna (keskiarvo, keskihajonta).

Intensiteetti	Juoksumatolla juoksu			Vesijuoksu		
	60 % HRR	70 % HRR	80 % HRR	60 % HRR	70 % HRR	80 % HRR
RPE	11.4 ± 0.5	12.9 ± 0.3	14.5 ± 0.5	12.8 ± 0.9	15.2 ± 0.8	17.3 ± 0.7

Kuvio 1 havainnollistaa erot vesijuoksun ja juoksumatolla juoksun välillä eri suoritus-tehoilla koetuissa rasiustuntemuksissa ($p < 0.001$) ja osoittaa myös selvästi erot lineaaristen regressiosuorien jyrkkyysskulmissa. Miehet ja naiset reagoivat kuormituksen lisäykseen samalla tavalla vesijuoksun ja juoksumatolla juoksun aikana, joten sukupuolten välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavuuksia rasiustuntemuksissa. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei havaittu, verrattaessa 60 % tasolla sykereservistä toteutetun vesijuoksuharjoituksen rasiustuntemusta 70 % tasolla

sykereservistä toteutetun juoksumattojuoksun raskautustuntemuksen kanssa. Sama löydös havaittiin 70 % tasolla sykereservistä toteutetun vesijuoksuharjoituksen raskautustuntemuksen ja 80 % tasolla sykereservistä toteutetun juoksumattojuoksun raskautustuntemuksen kesken. Näiden tulosten perusteella raskautustuntemuksella 12 – 13 keskimääräinen ero sydämen syketaajuudessa oli 13.3 lyöntiä minuutissa vesijuoksun ja juoksumatolla juoksun välillä ja raskautustuntemuksilla 14 – 17 keskimääräinen ero sydämen syketaajuudessa oli jopa 17 lyöntiä minuutissa.



Kuvio 1. Kuviossa on esitetty keskiarvolukuina vesijuoksun ja juoksumatolla juoksun aikana mitatut raskautustuntemukset (RPE) 60, 70 ja 80 % tasolla sykereservistä (HRR) harjoitusintensiteetillä.

Pohdinta

Tulosten mukaan havaittiin vesijuoksuun tottumattomilla koehenkilöillä selkeitä psykofyysisiä eroja vesijuoksun ja juoksumattojuoksun välillä erilaisilla harjoitustehoilla, kun harjoitustehot määritettiin maalla tehdyn maksimaalisen juoksutestin perusteella. Jo ensimmäisellä harjoitusteholla havaitut erot ja siitä eteenpäin suurenevat erot raskautustuntemuksissa eri olosuhteiden välillä (RPE erot 1.4 – 2.8 kuviossa 1 ja taulukossa 2) voidaan olettaa johtuvan monista eri syistä. Vedessä oltaessa kehoon vaikuttaa hydrostaattinen paine, joka avustaa laskimoverisuonissa olevan veren virtausta sydämeen päin, mikä aiheuttaa verimäärän uudelleen jakautumiseen elimistön eri alueilla ja sydämen onteloiden suurempaan täyttymiseen ennen sydänlihaksen supistumista (Christie ym. 1990). Millä tahansa sydämen minuuttitilavuudella, lisääntynyt sydämen iskutilavuus pyritään kompensoimaan alentamalla sydämen syketaajuutta (avellini ym. 1983, McArdle ym. 1976, Conelly ym. 1990, Choukroun & Varenne 1990, Christie ym. 1990, Srameck ym. 2000). Vesijuoksun aikana havaittiin kaikilla ennalta maksimitestin perusteella määritetyillä tietyillä sydämen syketaajuuksilla korkeampi raskautustuntemus sekä suurempi aineenvaihdunnallinen ja sydän- ja verenkiertoelimistön kuormitus. Tämä tarkoittaa sitä, että maksimaalinen sydämen syketaajuus on vesijuoksussa matalampi kuin kuivalla maalla juostessa. Siksi koehenkilöt suorittivat vesijuoksun suuremmilla todellisilla prosenttiluvuilla vesiolosuhteiden maksimaalisesta sydämen syketaajuudesta.

Vesijuoksuun tottumattomat koehenkilöt joutuivat vedessä juostessaan käyttämään lihaksiaan heille oudolla tavalla, koska vesijuoksussa ja juoksumattojuoksussa liikkumista vastustavat voimat ovat erilaiset. Vesi lisää raajojen liikkeitä vastustavia voimia sellaisella tavalla, joka ei ole tyypillistä ja totuttua kuivalla maalla juostessa ja siksi aiheuttaa väsymystä työskentelevissä lihaksissa. Lisäksi kuivalla maalla harjoitetut painovoimaa vastaan työtä tekevät alaraajojen lihakset (m. soleus, m.

gastrocnemius) eivät kuormitu ja aktivoitu yhtä voimakkaasti painovoiman aiheuttamien maan ja jalan välisten reaktivoimien puuttuessa. DeMaeren ja Rubyn vastaavanlaisessa tutkimuksessa, jossa koehenkilöt juoksivat 60 ja 80 % tasolla maksimaalisesta hapenkulutuksesta, joka oli määritetty juoksumattotestissä, ei löydetty RPE tuntemuksissa eroavuuksia kuten nykyisessä tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessa havaittiin kuitenkin selvästi korkeammat hengitysosamääräsuhteet (RER) ja hiilidioksidin tuotot (CO₂) vesijuoksussa verrattuna juoksumattojuoksuun, mikä osaltaan kertoo kuormitustapaan liittyvistä ominaisista eroista.

Nykyisessä tutkimuksessa havaittiin, että 60 % ja 70 % tasolla sykereservistä tapahtuvan vesijuoksuharjoittelun raskustuntemukset olivat samanlaiset kuin 70 % ja 80 % tasolla sykereservistä tapahtuvassa juoksumattojuoksumattotestissä. Tämä johti mielenkiintoiseen johtopäätökseen, että sydämen syketaajuus oli 12 – 17 lyöntiä minuutissa matalampi vesijuoksussa verrattuna maalla juoksuun tietyllä raskustuntemuksella. Sitä paitsi erot lisääntyivät sitä enemmän mitä suuremmat harjoituskuormitukset olivat. Koska raskustuntemusta (RPE-asteikko) voidaan käyttää luotettavasti apuna fysiologisen kuormittumisen mittarina (Borg 1970, 1982, 1998; Noble & Robertson 1996), voi olla järkevää alentaa sydämen syketaajuutta vesijuoksuharjoittelun aikana verrattuna juoksumattotestitettiin maalla, jotta harjoitusohjelmalla saavutetaan ohjelmalle asetetut tavoitteet. Tämä voi olla erityisen tärkeää kuntoutettaville juoksijoille, jotka eivät ole tottuneet vesijuoksuharjoitteluun. Kun juoksija tottuu vesijuoksuun ja oppii oikean tekniikan, voi sydämen syketaajuuden ja RPE-tuntemuksen välillä havaittu ero pienentyä. Siksi tulisi harjoittelun kuormittavuutta tarkkailla ja hienosäätää kaikilla harjoitustehoilla. Edellä mainitut huomioon ottaen, voisi olla järkevää kontrolloida vesijuoksuharjoittelua käyttämällä apuna sydämen syketaajuuden mittaamisen sijasta raskustuntemusasteikkoa.

Vesijuoksuharjoittelu sopii vaihtoehtoisena tai kuntouttavana harjoitusmuotona sydän- ja verenkiertoelimistön kunnon ylläpitämiseksi ja parantamiseksi vammautuneille urheilijoille ja juoksun harrastajille, jotka haluavat välttää juoksumattotestitettiin liittyviä raskustuntemuksia. Kuntoilijoiden, urheilijoiden, valmentajien ja liikuntaa ohjaavien on syytä huomioida eri olosuhteiden spesifisyys, kun määrittää vesijuoksuharjoitteluun suoritustehon maksimimaaliseen sydämen syketaajuuteen perustuen. Tämä on erityisen olennaista silloin, kun käytetään maksimaalisen syketaajuuden määrittämiseen yleisiä laskennallisia kaavoja (220 – ikä) tai maksimaalinen syketaajuus mitataan jollain muulla kuormitustavalla esimerkiksi juosten maalla.

Lähteet

- Anderson, S. G. 1992. A Comparison of Predictive Tests of Aerobic Capacity. *Canadian Journal of Sports Science* 17 (4): 304-308.
- Atkinson, G., and T. Reilly. 1996. Circadian Variation in Sports Performance. *Sports Medicine* 21: 292-312.
- Avellini, B. A., Y. Shapiro, and K. B. Pandolf. 1983. Cardio-Respiratory Physical Training in Water and on Land. *European Journal of Applied Physiology* 50: 255-263.
- Bishop, P. A., S. Frazier, J. Smith, and D. Jacobs. 1989. Physiological Responses to Maximal Treadmill and Deep Water Running. *Physician and Sports Medicine* 17: 87-94.
- Borg, G. 1970. Perceived Exertion as an Indicator of Somatic Stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 2: 92-98.
- Borg, G. 1982. Psychophysical Basis of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 14 (5): 377-381.
- Borg, G. 1998. *Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 2-10, 13-18, 18-29.

- Butts, N. K., M. Tucker, and R. Smith. 1991. Maximal Responses to Treadmill and Deep Water Running in High School Female Cross Country Runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 62 (2): 236-239.
- Choukroun, M. L., and P. Varene. 1990. Adjustments in Oxygen Transport During Head-Out Immersion in Water at Different Temperatures. *Journal of Applied Physiology* 68 (4): 1475-1480.
- Christie, J. L., M. L. Sheldahl, F. E. Tristano, S. L. Warm, K. B. Sagar, S. G. Levandoski, M. J. Ptacin, K. A. Sobocinski, and R. D. Morris. 1990. Cardiovascular Regulation During Head-Out Water Immersion Exercise. *Journal of Applied Physiology* 69 (2): 657-664.
- Connelle, T. P., L. M. Sheldahl, F. E. Tristino, S. G. Levandoski, R. K. Kalkhoff, M. D. Hoffman, and J. H. Kalbfleisch. 1990. Effect of Central Blood Volume with Water Immersion on Plasma Catecholamines During Exercise. *Journal of Applied Physiology* 69 (2): 651-656.
- Coyle, E. F., W. H. Martin, D. R. Sinacore, M. J. Joyner, J. M. Hagberg, and J. O. Holloszy. 1984. Time Course of Loss Adaptations After Stopping Prolonged Intense Endurance Training. *Journal of Applied Physiology* 57: 1857-1864.
- DeMaere, J. M., and B. C. Ruby. 1997. Effects of Deep Water and **Treadmill** Running on Oxygen Uptake and Energy Expenditure in Seasonally Trained Cross Country Runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 37: 175-181.
- Dowzer, C. N., T. Reilly, and N. T. Cable. 1998. Effects of Deep and Shallow Water Running on Spinal Shrinkage. *British Journal of Sports Medicine* 32 (1): 44-48.
- Eyestone, E. D., G. Fellingham, J. George, and G. Fisher. 1993. Effect of Water Running and Cycling on Maximum Oxygen Consumption and 2 Mile Run Performance. *American Journal of Sports Medicine* 21 (1): 41-44.
- Frangolias, D. D., and E. C. Rhodes. 1995. Maximal and Ventilatory Threshold Responses to Treadmill and Water Immersion Running. *Medicine and Science in Sport and Exercise* II (1): 1007-1013.
- Glass, B., D. Wilson, D. Blessing, and E. Miller. 1995. A Physiological Comparison of Suspended Deep Water Running to Hard Surface Running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9 (1): 17-21.
- Grant, A. J., A. N. Joseph, and P. D. Campagna. 1999. The Prediction of VO₂max: A Comparison of 7 Indirect Tests of Aerobic Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13 (4): 346-352.
- McArdle, W. D., J. R. Magel, G. R. Lesmes, and G. S. Pechar. 1976. Metabolic and Cardiovascular Adjustment to Work in Air and Water at 18, 25 and 33°C. *Journal of Applied Physiology* 40 (1): 85-90.
- Mercer, J. A., and R. L. Jensen. 1997. Reliability and Validity of a Deep Water Running Graded Exercise Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 1 (4): 213-222.
- Mercer, J. A., and R. L. Jensen 1998. Heart Rate Equivalent Submaximal Levels of VO₂ Do Not Differ Between Deep Water Running and Treadmill Running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 12(3): 161-165.
- Michaud, T. J., D. K. Brennen, R. P. Wilder, and N. W. Sherman. 1995. Aqua-Running and Gains in Cardio-Respiratory Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9 (2): 78-84.
- Michaud, T. J., J. Rodriguez, F. F. Andres, M. G. Flynn, and C. P. Lambert. 1995. Comparative Exercise Response of Deep Water and Treadmill Running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9 (2); 104-109.
- Neufer, P. D. 1989. The Effect of Detraining and Reduced Training on the Physiological Adaptations to Aerobic Exercise Training. *Sports Medicine* 8: 203-221.
- Noble, B. T., and R. J. Robertson. Perceived Exertion. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ritchie, S. E., and W. G. Hopkins. 1991. The Intensity of Exercise in Deep Water Running. *International Journal of Sports Medicine* 12 (1): 27-29.

- Sramek, P., M. Simecova, L. Jansky, J. Savlikova, and S. Vybiral. 2000. Human Physiological Responses to Immersion in Water of Different Temperatures. *European Journal of Applied Physiology* 81: 436-442.
- Svedenhag, J., and J. Seger. 1992. Running on Land and in Water: Comparative Exercise Physiology. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 24 (10): 1155-1160.
- Town, G. P., and S. S. Bradley. 1991. Maximal Metabolic Responses to Deep and Shallow Water Running in Trained Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23 (2):238-241.
- Wilber, R. L., R. J. Moffat, B. E. Scott, D. E. Lee, and N. A. Cucuzzo. 1996. Influence of Water Run Training on the Maintenance of Aerobic Performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 28 (8): 1056-1062.
- Wilder, R. P., and D. K. Brennan. 1993. Physiological Responses to Deep Water Running in Athletes. *Sports Medicine* 16 (6): 374-380.
- Wilder, R.P., and D. E. Schotte. 1993. A Standard Measure for Exercise Prescription for Aqua Running. *American Journal of Sports Medicine* 21 (1): 45-48.
- Zwiren, L. D., P. S. Feedson, A. Ward, and J. M. Rippe, 1991. "Estimation of VO₂max: A Comparative Analysis of 5 Exercise Tests. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 62 (1): 73-78.