

Juoksuharjoittelu syvässä vedessä ja kuivalla maalla kehittää maksimaalista hapenottokykyä, naisilla joilla ei ole aiempaa harjoitustaustaa

Davidson K. & McNaughton L. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2000, 14(2), 191-195.

Referoinut suomeksi vesiliikuntatutkija Ossi Keskinen, Suomalainen Vesiliikuntainstituutti Oy

Deep water running training and road running training improve VO₂max in untrained women

Johdanto

Juokseminen on erittäin suosittu kuntoilu muoto, jota käytetään sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyyskehittämiseen. Se on myös ollut aloittelevilla kuntoilijoilla perinteinen tapa aloittaa kuntoliikunta. Juoksuharjoittelulla on paljon terveyteen liittyviä hyötyjä, mutta myös alaraajojen rasisitusvammojen riski on suuri, koska alaraajojen lihaksiin, luustoon ja niveliin kohdistuu voimakas rasisitus jokaisella askeleella (Blair ym. 1987, Grana & Coniglione 1985, Morris 1984). Syvässä vedessä tapahtuvaa juoksua on perinteisesti käytetty apuna vammautuneiden urheilijoiden kuntoutuksessa (Bishop ym. 1989, Morris 1984, Ritchie & Hopkins 1991). Vedessä vammautuneeseen kohtaan ei kohdistu samanlaista rasisitusta kuin juostessa maalla ja vesijuoksuharjoittelulla voidaan kehittää myös sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyttä (Town & Bradley 1991, Wilder & Brennan 1993). Monissa aiemmissa (Butts ym. 1991, Butts ym. 1991b, Frangolias & Rhodes 1995, Svedenhag & Seger 1992, Town & Bradley 1991, Wilder & Brennan 1993) vesijuoksua ja juoksumattojuoksua vertailevissa tutkimuksissa on havaittu, että maksimaalinen hapenkulutus ja maksimaalinen sydämen syketaajuus on matalampi vesijuoksussa kuin juoksumattojuoksussa. Myös submaksimaalisilla rasisitustasoilla havaitut kuormitusvasteet vesijuoksun ja juoksumattojuoksun välillä ovat olleet selvästi toisistaan eriävät, vaikka koehenkilöt ovat olleet tottuneita juoksijoita mutta eivät kuitenkaan ole aiemmin harrastaneet vesijuoksua (Bishop ym. 1989, Yamaji ym. 1990). Yhdessä tutkimuksessa ei havaittu eroa veren laktaattipitoisuuksissa ja ventilaatioissa submaksimaalisilla rasisitustasoilla vesijuoksun ja juoksumattojuoksun välillä, mutta sydämen syketaajuus oli 13 lyöntiä/min alhaisempi vesijuoksun aikana (Frangolias & Rhodes 1995).

Vesijuoksuun liittyvästä runsaasta kirjallisuudesta ja tutkimuksista ei löydy vertailevaa tutkimusta vesijuoksuharjoittelun ja kuivalla maalla tapahtuvan juoksuharjoittelun vaikutuksista tavallisilla liikuntaa harrastamattomilla henkilöillä. Siksi tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko vesijuoksuharjoittelun ja kuivalla maalla tapahtuvan juoksuharjoittelun vaikutukset sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyys eli maksimaaliseen hapenkulutukseen merkittävästi erilaiset aiemmin liikuntaa harrastamattomilla naisilla.

Menetelmät

Tutkimukseen osallistui 10 nuorta, tervettä, aiemmin liikuntaa harrastamatonta naista. Koehenkilöt täyttivät terveystietokyselylomakkeen. Koehenkilöiltä mitattiin pituus, paino, ihopimujen paksuus eripuolilta kehoa seitsemästä kohtaa ihopoimiumittarilla (biceps, triceps, subscapular, abdominal, suprailiac, midthigh, medial calf) rasvan määrittämistä varten. Koehenkilöiden taustatiedot (keskiarvo, keskihajonta): ikä 22.6 ± 3.4 , pituus 167.6 ± 4.3 cm, paino 63.9 ± 4.4 kg, 7 ihopimun summa 92.6 ± 8.7 mm, rasva-% 21.9 ± 7.6 , leposyke 79 ± 6 lyöntiä/min.

Tutkimusasetelma: Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen viiden hengen ryhmään. Toinen ryhmistä suoritti ensin 4 viikon mittaisen vesijuoksuharjoittelun (3 x viikossa, 50 min / harjoitus) ja toinen ryhmä vastaavasti maalla tapahtuvan juoksuharjoittelun. Harjoitusjakson jälkeen molemmat ryhmät pitivät 10 viikon mittaisen harjoittelutauon. Sitten molemmat ryhmät vaihtoivat harjoitusmuotoa ja toistivat 4 viikon mittaisen juoksuharjoittelun. Molempia harjoitusjaksoja ennen ja välittömästi niiden jälkeen koehenkilöiltä mitattiin juoksun maksimaalinen hapenkulutus uupumukseen asti suoritettulla juoksumattotestillä Balken kuormitusmallia käyttäen. Juoksumaattotestin aikana mitattiin sydämen syketaajuutta Polarin sykemittarilla ja hengitysmuuttujia Quinton Metabolic Cart hengityskaasuanalyysaattorilla.

Harjoitusohjelma: Juoksu- ja vesijuoksuharjoittelua tehtiin neljän viikon ajan kolme kertaa viikossa 50 minuuttia kerrallaan. Harjoitusteho määritettiin yksilöllisesti jokaiselle koehenkilölle ennen harjoittelujaksoa tehdyn maksimaalisen juoksumattotestin tulosten pohjalta. Ensimmäiset kaksi viikkoa koehenkilöt harjoittelivat 60 % tasolla maksimaalisesta hapenkulutuksesta ja jälkimmäiset kaksi viikkoa 65 % tasolla maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Harjoittelun intensiteettiä seurattiin sydämen syketaajuutta tarkkailemalla Polarin sykemittarilla. Sykkeen piti olla ± 5 lyöntiä / min sisällä tavoitesykkeestä harjoituksen aikana. Tavoitesyke saatiin laskettua mattotestin aikana määritetystä sykkeen ja hapenkulutuksen välisestä lineaarisesta regressiosuorasta ja -kaavasta. Harjoittelu toteutettiin aina samaan aikaan päivästä. Vesijuoksuharjoittelu toteutettiin uimahallissa veden lämmön vaihdellessa 22 – 25 °C välillä ja koehenkilöt käyttivät kelluttavaa vesivyötä vesijuoksun aikana.

Tiedon analysointi: Tiedon analysoinnissa käytettiin StatView 4.0 tietokoneohjelmaa. Kaikille muuttujille laskettiin keskiarvot ja –hajonnat ja tilastollista merkitsevyyttä testattiin ANOVAN kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Scheffen testiä (post hoc analyysi) käytettiin keskiarvojen välisten erojen tilastollisen merkitsevyyden selvittämisessä.

Tulokset

Ennen varsinaista harjoittelua tehty maksimaalinen juoksumattotesti osoitti, että koehenkilöt olivat heikkokuntoisia, maksimaalinen hapenkulutus oli keskimäärin 34.1 ± 2.1 ml/kg/min. Kymmenen viikon mittainen harjoitustauko kahden neljän viikon mittaisen harjoitusjakson välissä palautti kestävyyskunnan lähes lähtötasolleen, hapenkulutus oli silloin 35.1 ± 2.8 ml/kg/min. Otettaessa huomioon kaikki vesijuoksuharjoittelun ja normaalin juoksuharjoittelun tulokset havaittiin molemmilla harjoitustavoilla saavutetun tilastollisesti merkittävän ja yhtä suuren kehittymisen maksimaalisessa hapenkulutuksessa. Vesijuoksuharjoittelun jälkeen maksimaalinen hapenkulutus oli 42.5 ± 1.5 ml/kg/min ja normaalin juoksuharjoittelun jälkeen 42.9 ± 1.9 ml/kg/min. Harjoittelun aikainen syke pysyi kaikilla koehenkilöillä ennalta määrätyllä alueella. Neljän viikon kestoinen vesijuoksuharjoittelu ja normaali juoksuharjoittelu alensivat leposykettä yhtä paljon, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Leposyke oli ennen harjoittelua 79 ± 6 lyöntiä minuutissa ja harjoittelun jälkeen 75 ± 5 lyöntiä minuutissa. Kymmenen viikon kestoinen harjoittelutauko palautti leposykkeen ennen harjoittelua olleelle tasolle 79 ± 5 lyöntiä minuutissa.

Pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kehittääkö vesijuoksuharjoittelu ja kuivalla maalla tapahtuva juoksuharjoittelu sydän ja verenkiertoelimistö kestävyyttä eri tavalla. Tulosten pohjalta voitaneen sanoa, että liikuntaa harrastamattomat naiset saavuttivat samansuuruisen sydän- ja

verenkiertoelimistön kestävyuden kehittymisen neljän viikon kestoisella harjoitusohjelmalla riippumatta siitä, oliko kyseessä vesijuoksu- tai normaalijuoksuharjoitus.

Tämän tutkimuksen päähuomio on se, että myös vesijuoksuharjoittelulla saavutetaan samanlaisia harjoitusvaikutuksia sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyudessa kuin muilla aerobisilla liikuntatavoilla. Harjoittelua pitää silloin tehdä 3 – 5 kertaa viikossa harjoitusteholla 60 – 75 % maksimaalisesta sydämen syketaajuudesta ja yksittäisen harjoituksen pitää kestää 20 – 60 minuuttia. Samoin kuin Michaudin ym. 1995 tutkimuksessa, tässä tutkimuksessa havaittu maksimaalisen hapenkulutuksen lisääntymisen suuruus johtui pitkälti siitä, että tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat suhteellisen huonokuntoisia.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat yhtenevät Wilderin ja Brennanin 1993 tutkimustulosten kanssa. He havaitsivat, että vesijuoksuharjoittelulla saadaan aikaiseksi riittävän suuria fysiologisia harjoitusvasteita, jotka johtavat kestävyuden kehittymiseen. Heidän johtopäätöksensä oli, että oikean vesijuokсутekniikan omaksumisella voidaan saavuttaa paras mahdollinen harjoitusvaikutus vesijuoksijalle. Nykyisessä tutkimuksessa varmistettiin kelluntavyön käytöllä se, että koehenkilöt pystyivät keskittymään harjoittelussaan oikeaoppiseen vesijuokсутekniikkaan eikä pinnalla pysymiseen. Michaudin ym. 1995 tutkimuksessa sydän- ja verenkiertoelimistön kehittyminen vesijuoksuharjoittelun vaikutuksesta oli tilasollisesti merkitsevää ja vesijuoksun maksimaalinen hapenkulutus lisääntyi 20.1 %, kuten tässäkin tutkimuksessa.

Tässä tutkimuksessa mitatut maksimaaliset hapenkulutukset eivät välttämättä tarkasti vastaa suuruudeltaan niitä lukuja, jotka saataisiin mitattua tarkasti juoksu- tai vesijuoksuharjoittelua vastaavalla testitavalla. Mahdollisimman paljon harjoittelua vastaavalla testitavalla saadaan mitattua yleensä korkeampia maksimaalisia hapenkulutuservoja kuin laboratoriotestillä. (Magel ym. 1975, McArdle ym. 1978, Pechar ym. 1974, Stromme ym. 1977). Tämän tutkimuksen tulosten mukaan vesijuoksuharjoittelulla saavutettiin käytännössä suurempi aerobisen kunnon paraneminen kuin maalla suoritettulla juoksuharjoittelulla, koska harjoituksen aikainen syke oli sama molemmissa harjoitustavoissa, vaikka vedenpaine ja vastus olivat suuremmat vesijuoksussa suhteessa kuivanmaan olosuhteisiin.

Aiemmissä tutkimuksissa on oletettu, että syvässä vedessä tapahtuvan vesijuoksuharjoituksen aikana sydämen syketaajuus on matalampi samoilla suoritustehoilla kuin kuivalla maalla juostessa (Butts ym. 1991, Butts ym. 1991b, Frangolias & Rhodes 1995, Glass ym. 1995, Quinn ym. 1994, Ritchie & Hopkins 1991, Svedenhag & Seger 1992, Town & Bradley 1991). Nykyisessä tutkimuksessa ei todettu sykkeiden olevan alhaisemmat vesijuoksuharjoittelun aikana kuin maalla juostessa. Mitattu maksimaalinen hapenkulutus oli sama kummankin harjoittelujakson jälkeen ja voidaan olettaa, että maalla juostessa ei saavutettu suurempaa hyötyä. Mahdollisesti veden suurempi vastusominaisuus vesijuoksun aikana vaikuttaa samalla tavalla kuin maalla tapahtuvan juoksun suurempi iskuvaikutus maata vasten.

Koehenkilöt käyttivät kelluttavaa vesivyötä vesijuoksuharjoittelussa. Vesivyö mahdollisti sen, että henkilö oli vedessä pystyasennossa hivenen etukenossa kaulan syvyydellä. Sen avulla koehenkilöt pystyivät keskittymään paremmin oikeaan kävely- tai juokсутekniikkaan vedessä eikä tekemään ylimääräisiä liikkeitä vedenpinnalla pysymiseksi. Niissä tutkimuksissa (Ritchie & Hopkins 1991, Town & Bradley 1991), joissa ei ole käytetty apuna vesijuoksuvyötä, on todettu vesijuoksuharjoittelun aiheuttavan matalammat fysiologiset ja aineenvaihdunnalliset vasteet kuin juostessa maalla. Town & Bradley 1991 tutkivat ja vertailivat syvässä vedessä tapahtuvaa vesijuoksua, matalassa vedessä tapahtuvaa vesijuoksua ja juoksumatolla juoksua keskenään. Juoksumattojuoksussa ja matalassa vedessä tapahtuvassa juoksussa havaittiin selkeästi suurempi

energiankulutus kuin syvässä vedessä tapahtuvassa vesijuoksussa. Tässä tutkimuksessa ei käytetty vesijuoksuvyötä ja se voi osaltaan selittää eroa energiankulutuksessa, koska koehenkilöt eivät kyenneet optimaalisesti keskittymään vesijuoksuun pinnalla pysymisen kustannuksella. Ritchie & Hopkins 1991 tarkkailivat vesijuoksun ja juoksumattojuoksun harjoitustehoja ja havaitsivat, että vesijuoksun aikana hapenkulutus oli matalammalla tasolla. Koehenkilöt kokivat vesijuoksun samalla suhteellisella kuormalla rasittavammaksi kuin juoksumatolla juoksun. Koehenkilöt havaitsivat, että joutuivat tekemään vesijuoksu-tekniikan lisäksi ylimääräistä työtä käsillään pitääkseen päänsä pinnalla.

Aiemmissä tutkimuksissa, joissa on vertailtu vesijuoksun ja kuivalla maalla tapahtuvan juoksun aineenvaihdunnallisia ja fysiologisia vaikutuksia (Eystone ym. 1993, Glass ym. 1995, Gleim & Nicholas 1989, Quin ym. 1994, Ritchie & Hopkins 1991), on ollut yksi tuloksiin vaikuttava rajoittava tekijä eli se, että koehenkilöt ovat olleet harjoitelleita juoksijoita. Kuten on odotettua, harjoitelleet juoksijat saavuttavat maalla juostessa paljon korkeamman aineenvaihdunnallisen vasteen kuin vesijuoksun aikana, joka on paljon oudompi harjoitusmuoto heille. Tähän voidaan hyvin todennäköisesti vaikuttaa oppimisprosessin kautta, jolloin ero pienenee. Niinpä, rajoitukset tutkimusmenetelmissä voivat rajoittaa myös koehenkilöiltä mitattua maksimaalista hapenkulutusta, vaikuttaa harjoitteluun, testeihin. Myös koeasetelmaan perehdytysmenetelmät voivat vaikuttaa lopputuloksiin. Monissa tutkimuksissa on väitelty lihasten käytöstä ja rekrytoitumismalleista vesijuoksun ja maalla tapahtuvan juoksun välillä (Butts ym. 1991, Butts ym. 1991b, Frangolias & Rhodes 1995, Michaud ym. 1995, Town & Bradley 1991). Veden painovoiman eliminoiva ja vastusta lisäävä ominaisuus voi vähentää suurilla alaraajojen lihaksilla tehtävää työmäärää vesijuoksun aikana ja samanaikaisesti yläraajoilla joudutaan tekemään vastaavasti paljon enemmän työtä kuin kuivalla maalla juostessa. Niinpä, tästä syystä oletetaan vesijuoksun aikaisen maksimaalisen hapenkulutuksen olevan matalampi kuin maalla juostessa (Svedenhag & Seger 1992, Wilder & Brennan 1993).

Muutamien tutkimusten mukaan veden lämmöllä on vaikutusta sydämen syketiheyteen vedessä oltaessa (Evans ym. 1978, Glass ym. 1995, Trappe ym. 1995). On oletettu, että mitä korkeampi veden lämpötila on, sitä korkeampi on myös sydämen syketiheys verrattuna alhaisempaan veden lämpötilaan, jolloin sydämen syketiheys on alhaisempi. Nykyisessä tutkimuksessa vedenlämpö vaihteli 22 – 25 °C välillä ja oli keskimäärin 24 °C sekä oli matalampi kuin aiemmissä tutkimuksissa. Harjoittelun tehoa ei kuitenkaan vaihdettu veden lämmön vuoksi. Etukäteen tiedettiin, että syke alenee matalammassa veden lämpötiloissa. Siksi koehenkilöitä muistutettiin suorittamaan harjoitukset etukäteen sovitulla suoritusteholla, noudattamalla etukäteen annettua sykealuetta ja käyttämällä hyväksi koettua rasiustuntemusasteikkoa (RPE).

Kymmenen viikon kestoinen harjoitustauko, joka pidettiin kahden eri harjoitusjakson välillä, oli riittävän pitkä, jotta koehenkilöiden kunto taantui takaisin ennen harjoittelua valinneeseen tilaan, mikä oli tarkoituksin. Ennen harjoittelua ja harjoitustauon jälkeen mitatun juoksumatolla juoksun maksimaalisen hapenkulutuksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

Johtopäätökset

Vesijuoksuharjoitusohjelmalla saavutettu sydän- ja verenkiertojärjestelmän aerobisen kestävyys (VO₂max) kehittyminen mahdollistaa sen, että vesijuoksuharjoittelua voidaan sisällyttää säännölliseen harjoitusohjelmaan, kunhan vain huomioidaan oikeaoppinen harjoitusteho, harjoituskertojen tiheys ja kesto. Tässä tutkimuksessa käytetty pitkäkestoinen vesijuoksuharjoitus tarjoaa uutena kuntoilumuotona mahdollisuuden ylläpitää ja kehittää aerobista kestävyyttä ilman vammautumiseriskiä vähintäänkin naisilla, joilla ei ole aiempaa harjoitustaustaa.

Vesijuoksuharjoittelun yhteydessä suositellaan käytettäväksi apuna kelluttavaa vesivyötä, jolloin pystytään täysin keskittymään oikeaan suoritustekniikkaan. Vesijuoksu voi olla hyödyllinen tuki- ja lisäharjoite kuntoilijoille ja urheilijoille. Normaaleilla harjoituskertojen lukumäärään, keston ja harjoituksen tehoon perustuvilla periaatteilla voidaan saada aikaiseksi maksimaalinen kehittyminen sydän- ja verenkiertoelimistön aerobisessa kestävyudessa.

Lähteet

- BISHOP, P.A., S. FRAZIER, J. SMITH, AND D. JACOBS. Physiological responses to treadmill and water running. *Phys. Sports Med.* 17:87-94. 1989.
- BLAIR, S.N., H.W. KOHL, AND N. GOODYEAR. Rates and risks for running and exercise injuries: Studies in three populations. *Res. Q. Exerc. Sport.* 58:221-228. 1987.
- BUTTS, N.K., M. TUCKER, AND C. GREENING. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. *Am. J. Sports Med.* 19:612-614. 1991.
- BUTTS, N.K., M. TUCKER, AND R. SMITH. Maximal responses to treadmill and deep water running in high school female cross country runners. *Res. Q. Exerc. Sport.* 62:236-239. 1991.
- COSTILL, D.L., W.J. FINK, M. HARGREAVES, D.S. KING, R. THOMAS, AND R. FIELDING. Metabolic characteristics of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:339-343. 1985.
- COYLE, E.E., M.K. HEMMERT, AND A.R. COGGAN. Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: Role of blood volume. *J. Appl. Physiol.* 60:95-99. 1986.
- DRESENDORFER, R.H., J.F. MORLOCK, D.G. BAKER, AND S.K. HONG. Effects of head-out water immersion on cardiorespiratory responses to maximal cycling exercise. *Undersea Biomed. Res.* 3:177-187. 1976.
- EVANS, B.W., K.J. CURETON, AND J.W. PURVIS. Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. *Res. Q.* 49:442;149. 1978.
- EYESTONE, E.D., G. FELLINGHAM, J. GEORGE, AND A.G. FISHER. Effect of water running and cycling on maximum oxygen consumption and 2-mile run performance. *Am. J. Sports Med.* 21:41;4. 1993.
- FARHI, L.E., AND D. LINNARSSON. Cardiopulmonary readjustments during graded immersion in water at 35° C. *Respir. Physiol.* 30:35-50. 1977.
- FRANGOLIAS, D.D., AND E.C. RHODES. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1007-1013. 1995.
- GLASS, B., D. WILSON, D. BLESSING, AND E. MILLER. A physiological comparison of suspended deep water running to hard surface running. *J. Strength Cond. Res.* 9:17-21. 1995.
- GLEIM, G.W., AND J.A. NICHOLAS. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am. J. Sports Med.* 17:248-252. 1989.
- GRANA, W., AND T. CONIGLIONE. Knee disorders in runners. *Phys. Sports Med.* 13:17-23. 1985.
- LOLLGEN, H., G. VON NIEDING, H. KREKELER, U. SMIDT, K. KOPPENHAGEN, AND H. FRANK. Respiratory gas exchange and lung perfusion in man during and after head-out water immersion. *Undersea Biomed. Res.* 3:49-56. 1976.
- MAGEL, J.R., G.F. FOGLIA, W.D. MCARDLE, B. GUTIN, G.S. PE-CHAR, AND F.I. KATCH. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* 38:151-155. 1975.

- MCARDLE, W.D., J.R. MAGEL, D.J. DELIO, M. TONER, AND J.M. CHASE. Specificity of run training on VO₂max and heart rate changes during running and swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10:16-20. 1978.
- MICHAUD, T.J., D.K. BRENNAN, R.P. WILDER, AND N.W. SHER-MAN. Aquarunning and gains in cardiorespiratory fitness. *J. Strength Cond. Res.* 9:78-84. 1995.
- MORRIS, A. *Sports Medicine: Prevention of Athletic Injuries*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1984.
- PECHAR, G.S., W.D. MCARDLE, F.I. KATCH, J.R. MAGEL, AND J. DELUCA. Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training. *J. Appl. Physiol.* 36:753-756. 1974.
- QUINN, T.J., D.R. SEDORY, AND B.S. FISHER. Physiological effects of deep water running following a land-based training program. *Res. Q. Exerc. Sport.* 65:386-389. 1994.
- RITCHIE, S.E., AND W.G. HOPKINS. The intensity of exercise in deep-water running. *Int. J. Sports Med.* 12:27-29. 1991.
- SALTIN, B., G. BLOMQUIST, J.H. MITCHELL, R.L. JOHNSON, K. WILDENTHAL, AND C.B. CHAPMAN. Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training. *Circulation.* 38(Suppl.):VII1-VII78. 1968.
- STROMME, S.B., F. INGJER, AND H.D. MEEN. Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J. Appl. Physiol.* 42:833-837. 1977.
- SVENDENHAG, J., AND J. SEGER. Running on land and in water: Comparative exercise physiology. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 1155-1160. 1992.
- TOWN, G.P. AND S.S. BRADLEY. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:238-241. 1991.
- TRAPPE, T.A., R.D. STARLING, A.C. JOZSI, B.H. GOODFASTER, S.W. TRAPPE, T. NOMURA, S. OBARA, AND D.L. COSTILL. Thermal responses to swimming in three water temperatures: Influence of a wet suit. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1014-1021. 1995.
- WASSERMAN, K., J.E. HANSEN, D.Y. SUE, AND B.J. WHIPP. *Principles of Exercise Testing*. Lea and Febiger: Philadelphia, 1987.
- WILDER, R.P. AND D.K. BRENNAN. Physiological responses to deep water running in athletes. *Sports Med.* 16:374-380. 1993.
- YAMAJI, K., M. GREENLEY, D.R. NORTHEY, AND R.L. HUGHSON. Oxygen uptake and heart rate responses to treadmill and water running. *Can. J. Sport Sci.* 15:96-98. 1990.