

中高年女性の陸上および水中歩行時の呼吸 循環応答と下肢筋活動

別府女子短期大学 正野 知基
(共同研究者) 九州大学 藤島 和孝
健康科学センター 堀田 昇
同

Cardiorespiratory Responses and Muscle Activity in Lower Extremity during Walking on Land and in Water in Middle-Aged and Elderly Women

by

Tomoki Shono

Beppu Women's Junior College

Kazutaka Fujishima, Noboru Hotta

Institute of Health Science, Kyushu University

ABSTRACT

The purpose of the present study was to examine cardiorespiratory responses and muscle activity in the lower extremity during walking on land and in water in middle-aged and elderly women. Seven healthy female volunteers, with a mean age of 62.6 ± 4.0 years, took part in this study. Walking on land was performed on a treadmill (40, 60 and 80 m/min). Walking in water was performed in a device for water-walking (Flowmill), which is a treadmill positioned at the base of a water flume (belt and water-flow velocity: 20, 30 and 40 m/min). The water depth was at the level of the xiphoid process of each subject. The water temperature was 30.6 ± 0.1 °C. The electromyogram (EMG) of five muscles, tibialis anterior (TA), medial gastrocnemius (MG), vastus medialis (VM), rectus femoris (RF) and biceps femoris (BF),

were recorded by bipolar surface electrodes in the right lower extremity. TA, VM and BF activity levels in water at 40 m/min were significantly higher than on land at 40 m/min. The velocity at 40 m/min was slower on land and faster in water. Oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), heart rate (HR) and METs were significantly higher in water than on land. During walking on land and in water at a similar $\dot{V}O_2$ level, MG and RF activity levels tended to be lower in water than on land. Based on the relationship between $\dot{V}O_2$ and activity in each muscle, TA, VM and BF tended to increase similarly during both land-walking and water-walking. However, there was a tendency for MG and RF activity levels to be lower in water than on land at the same $\dot{V}O_2$. These results showed that muscle activity $\dot{V}O_2$ level, and suggested that the lower extremity muscles can be trained selectively.

要 旨

中高年女性7名(62.6±4.0歳)を対象に、トレッドミルを用いた陸上歩行時(40, 60, 80m/分)と回流水槽の底面にトレッドミルを備えた水中歩行装置(フローミル)を用いた水中歩行時(ベルトおよび水流速度: 20, 30, 40m/分)の呼吸循環応答と下肢筋活動(前脛骨筋, 腓腹筋, 内側広筋, 大腿直筋, 大腿二頭筋)について比較検討を行なった。陸上および水中での同速度(40m/分)歩行時には、前脛骨筋, 内側広筋および大腿二頭筋で、水中歩行時の方が有意に大きな活動量を示した。また、酸素摂取量($\dot{V}O_2$), 心拍数(HR)およびMET_sも、水中歩行時の方が有意に高値を示した。同一 $\dot{V}O_2$ レベルの歩行時、腓腹筋および大腿直筋の活動量は、水中歩行時の方が小さくなる傾向が認められた。 $\dot{V}O_2$ と各筋の活動量との関係から、水中歩行時の前脛骨筋, 内側広筋および大腿二頭筋の活動は、 $\dot{V}O_2$ の増加に伴い、陸上歩行時と同様の増加傾向が認められた。しかし腓腹筋および大腿直筋は、同一 $\dot{V}O_2$ 時の活動が陸上歩行時より少ない傾向が認められた。

以上の結果から、水中歩行は浮力の影響が大きくなる条件では、術後のリハビリテーションや肥満症者および中高年者のコンディショニングのた

めの運動として有効である。また、抵抗の影響が大きくなる条件では、重力方向への負荷を軽減しての心肺機能訓練の運動として有用である。さらに、水中歩行では同一 $\dot{V}O_2$ レベルでの下肢筋群の活動様式が陸上歩行とは異なり、選択的な筋力訓練の可能性が示唆された。

緒 言

健康の維持・増進のための運動として、水中運動に取り組む人々が増えてきている。水中運動の中でも水中歩行は、水泳のような特殊な技術を必要としないので、初めて水中運動に取り組む人々にとって、容易に実施できる有酸素運動となりうる。水中歩行時の生理学的特徴については、呼吸・循環応答、体温調節反応およびエネルギー代謝の面から検討した報告^{1-10),14),16-18),20),22),23),25)}が主であり、水中歩行時の筋活動について検討した報告^{12),13),15),19),21),24),26)}は少ない。これらの筋電図学的研究は、プールでの歩行^{13),21)}、水槽にトレッドミルを設置して歩行速度が調節可能な水中トレッドミルでの歩行^{24),26)}、水流速度が調節可能である回流水槽での歩行¹⁹⁾、回流水槽にトレッドミルを設置して歩行速度および水流速度が調節可能な水中歩行装置(フローミル)での歩行^{12),15)}で実施されており、下肢筋群の活動様式に

ついでの特徴が報告されている。しかし、水中歩行に用いられた装置や実験条件によって違いが認められ、水中歩行装置の違いによる歩行様式の比較が課題として考えられる。さらに、これらの研究の大部分が、同速度での陸上と水中歩行を比較しており、酸素摂取量と筋活動の関係を両歩行間で比較しているのは、回流水槽での歩行時¹⁹⁾だけである。

水中歩行は、運動強度の面から考えると、中高年者の健康の維持・増進に適した運動強度であると考えられるが、中高年者を対象とした報告^{5),6),16-18),23)}は少なく、同一酸素摂取レベルで両歩行の筋活動を比較した報告はみあたらない。

そこで本研究では、中高年女性を対象に、フローミルを用いた水中歩行時と、トレッドミルを用いた陸上歩行時の呼吸循環応答と下肢筋活動を対応させながら比較することで、水中歩行の生理学的特徴を検討し、水中での運動処方やリハビリテーション等に役立てるための基礎的資料を得ることを目的とした。

1. 方法

被験者は、定期的に水泳または水中運動を実施している58歳～68歳(62.6±4.0歳)の中高年女性7名とした。被験者の身長、体重および上腕背部と肩甲骨下角部の皮下脂肪厚から算出した体脂肪率は、それぞれ154.9±2.2cm、57.5±6.8kg、24.3±6.0%であった。被験者には、研究の目的および測定手順について十分に説明し、同意を得た。

陸上歩行は、トレッドミル(ELG-2, Woodway社製)を用い、1段階4分間で3段階の速度漸増歩行を、各段階の間に1分間の休息をおいて実施した。各段階の速度は、後述するフローミル歩行時のベルトおよび水流速度の約2倍でほぼ同程度の生体負担度が得られた過去の研究⁹⁾から、40、60、80m/分とした。水中歩行は、トレッドミルの

ベルト速度に加えて水流速度も調節可能な水中歩行装置(フローミル FM1200D, ジャパンアクアテック社製)を用いて行なった。水位は、各被験者の剣状突起とし、負荷方法は陸上歩行と同様であった。負荷強度は、乳酸性作業閾値レベル以下の歩行強度とするため、過去の研究結果¹⁶⁾から各段階のベルトおよび水流速度は、ともに20、30、40m/分とした。水中歩行時のバランスを保つために、被験者に歩行および水流速度に応じて腕を振るように指示した。測定時の水温は30.6±0.1℃であった。測定は、先に陸上歩行を行ない、運動前の心拍数に回復するまで椅座位安静の後、水中歩行を行なった。

歩行時の酸素摂取量($\dot{V}O_2$)は、質量分析器(WSMR-1400, WESTRON社製)および自動呼気ガス分析器(RM-300i, ミナト医科学社製)を用いて分析し、30秒ごとに記録した。また、各歩行時の $\dot{V}O_2$ からMET_Sを算出した。心拍数(HR)は、テレメーター法(ST-30, DS-501, フクダ電子社製)によって連続測定し、30秒ごとに記録した。 $\dot{V}O_2$ およびHRは、各段階3分から4分目の1分間の値を採用した。

歩行時の下肢筋群の筋電図(electromyogram; EMG)は、右側の前脛骨筋、腓腹筋、内側広筋、大腿直筋および大腿二頭筋の5部位で、双極表面電極法によって導出した。電極は、直径8mmの表面皿電極を使用し、電極間の距離は2cmとした。筋電図信号はテレメーターによる生体電気用増幅器(Multi Telemeter, 日本光電社製)を介し、A/D変換器(MacLab, AD Instruments社製)でA/D変換された。筋電図信号を1kHzのサンプリング周波数でデジタル化し、筋活動量を定量化するために筋電図積分値(integrated EMG; iEMG)を算出した。iEMGは、各段階3分から4分目の安定した部分から、各筋における1歩行周期の積分値を5回求め、その平均値を1歩行周期に要した時間で除することによって1秒間当たりの放電

表1 陸上および水中歩行時の酸素摂取量, 心拍数ならびにMET_s

速度 (m/分)	酸素摂取量 (ml/kg/分)		心拍数 (拍/分)		MET _s	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
陸上歩行						
40	10.9	2.1	89	8	3.1	0.6
60	12.0	1.9	94	11	3.4	0.5
80	14.7	2.4	104	12	4.2	0.7
水中歩行						
20	7.3	1.3 ****	79	8 **	2.1	0.4 ****
30	10.4	1.5	88	9	3.0	0.4
40	16.1	2.5	108	11	4.6	0.7

** : p<0.01, **** : p<0.0001 vs 陸上歩行 40m/分

量の積分値を求めた。さらに、得られたiEMGは、陸上での各筋の等尺性最大随意収縮時に得られたiEMG (iEMG_{max}) に対する相対値 (%) として表すことによって、両歩行および各筋の比較検討を行なった。

すべての測定値は、平均値±標準偏差で示した。歩行条件による各測定値の比較は、反復測定分散分析を実施し、有意なF値が得られた場合には、さらに多重比較検定を実施した。有意水準は5%とした。

2. 結果

陸上および水中歩行時の $\dot{V}O_2$, HRならびにMET_sを表1に示した。 $\dot{V}O_2$, HRならびにMET_sは、陸上80と水中40m/分および陸上60と水中30m/分には有意差は認められなかった。陸上40と水中20m/分では、水中20m/分の方が有意に低値を示した。また、陸上40と水中30m/分歩行時の $\dot{V}O_2$, HRおよびMET_sにも有意差は認められず、ほぼ同じ平均値を示した。

同速度である陸上および水中40m/分で歩行時の各筋の%iEMG_{max}を図1に示した。前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋での%iEMG_{max}は、水中歩行時の方が有意に大きかった。腓腹筋と大腿直筋には、有意差は認められなかった。

図2には、 $\dot{V}O_2$, HRおよびMET_sにおいて、ほぼ同じ平均値を示した陸上40と水中30m/分歩行時の各筋の%iEMG_{max}を示した。腓腹筋では水

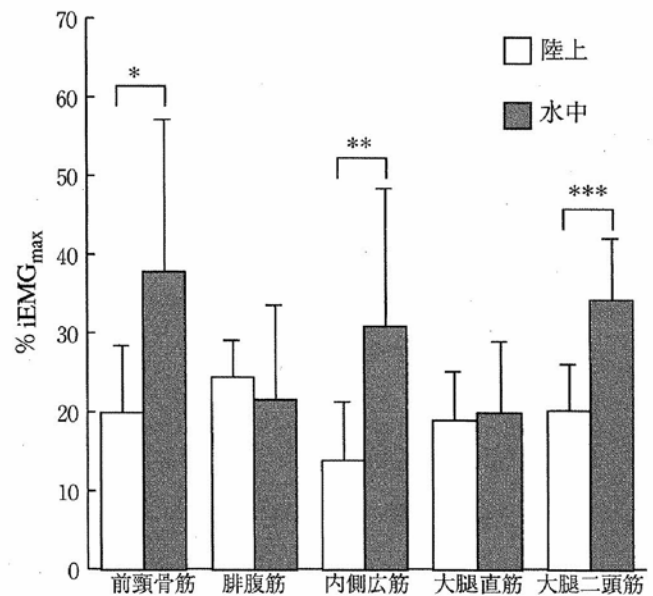


図1 陸上 (40m/分) および水中 (40m/分)

歩行時の各筋の%iEMG_{max}

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001 陸上 vs 水中

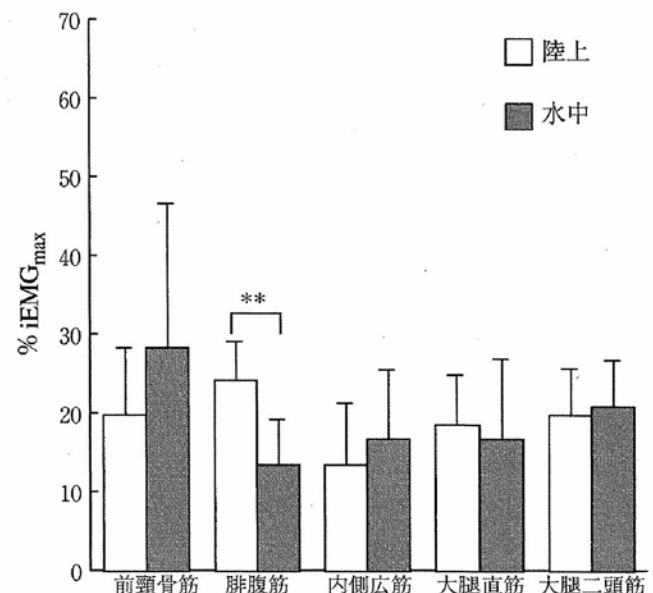


図2 陸上 (40m/分) および水中 (30m/分)

歩行時の各筋の%iEMG_{max}

** : p<0.01 陸上 vs 水中

中歩行時の方が有意に小さな% iEMG_{max}を示した。他の筋には有意差は認められなかった。

それぞれの歩行で最も速い速度であり、しかも $\dot{V}O_2$ 、HRおよびMET_Sに有意差が認められなかった。陸上80と水中40m/分歩行時の各筋の% iEMG_{max}を図3に示した。腓腹筋および大腿直筋において、水中歩行時の方が有意に小さな% iEMG_{max}を示した。他の筋には有意差は認められなかった。

図4に両歩行時の $\dot{V}O_2$ と各筋の% iEMG_{max}との関係を示した。前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋では、 $\dot{V}O_2$ と% iEMG_{max}との関係は、両歩行ともに同様の増加傾向が認められた。しかし、水中歩行時の腓腹筋および大腿直筋では、同一 $\dot{V}O_2$ 時の% iEMG_{max}が小さくなる傾向が認められた。

3. 考察

陸上80と水中40m/分および陸上60と水中30m/分には、 $\dot{V}O_2$ 、HRおよびMET_Sに有意差は認め

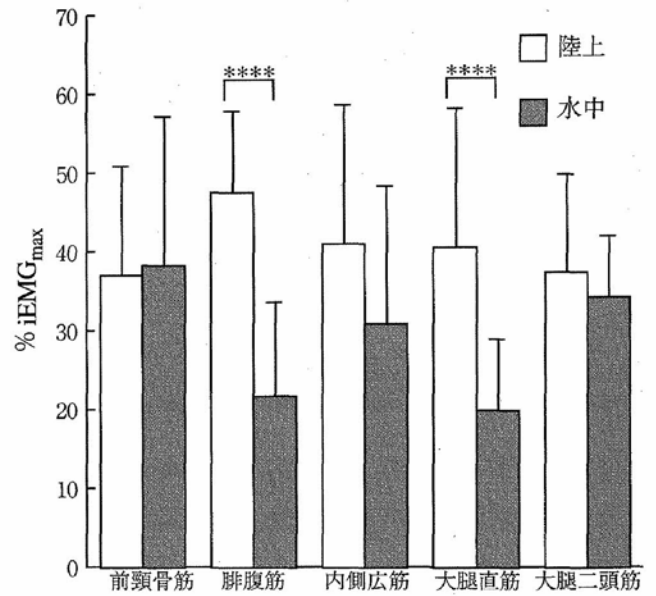


図3 陸上(80m/分)および水中(40m/分)歩行時の各筋の% iEMG_{max}
****: p<0.0001 陸上 vs 水中

られなかった。このことは、フローミル歩行は、歩行速度と同速度の水流を加えることで、陸上歩行時の1/2の速度でほぼ同程度の生体負担度を得ることができるとした過去の報告⁹⁾と一致した。

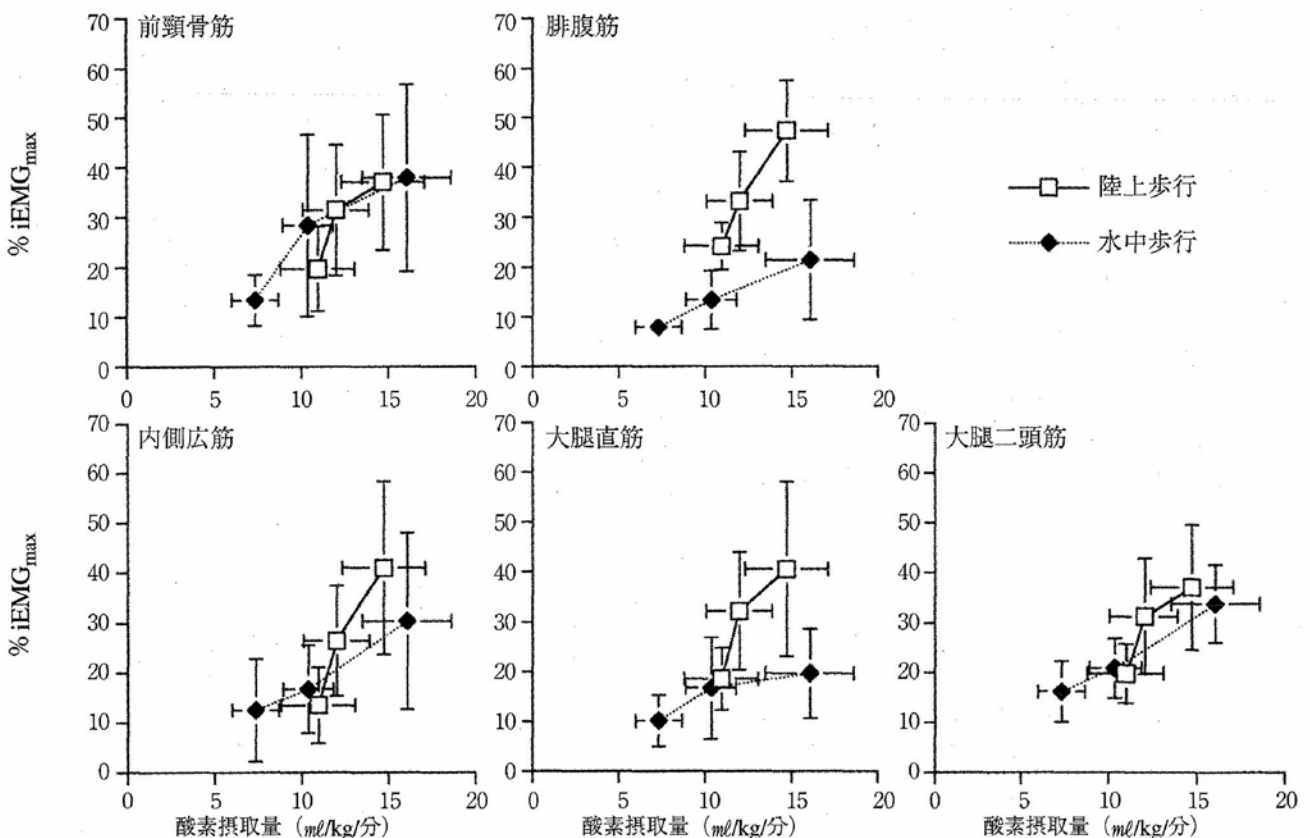


図4 陸上および水中歩行時の酸素摂取量と各筋の% iEMG_{max}との関係

しかし、陸上40と水中20m/分での $\dot{V}O_2$ 、HRおよび MET_S は、水中歩行時に有意に低値を示した。これらのことから、この速度では、水抵抗よりも浮力の影響を強く受けていると考えられ、水の抵抗と浮力との複雑な関係が示唆された。

同速度である陸上および水中40m/分で歩行時の各筋の% iEMG_{max}を比較すると、前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋で、水中歩行時の方が有意に高値を示した。40m/分は陸上歩行で最も遅い速度であるが、水中歩行では最も速い速度であり、 $\dot{V}O_2$ ($p < 0.0001$)、HR ($p < 0.0001$) および MET_S ($p < 0.0001$) は、水中歩行時の方が有意に高値を示した。陸上と水中歩行を同速度で比較した時、前脛骨筋の活動量が水中歩行時に増大することは、プール^{13),21)}、水中トレッドミル^{24),26)}および回流水槽¹⁹⁾での歩行時に共通して認められているが、フローミルでの水中歩行時においても有意に増大することが確認された。水中歩行時の内側広筋の活動量は、静水中で床(トレッドミル)が動く水中トレッドミル²⁴⁾と流水中で床は動かない回流水槽¹⁹⁾での歩行時には、陸上歩行時と有意差は認められていない。しかし、床(トレッドミル)が動き、水流も加えることができるフローミルでの歩行時には有意な増大を示した。フローミルを用いて、水流の有無による内側広筋の活動を調べた報告¹⁵⁾では、水中歩行時に水流を加えることによって、内側広筋の活動量が増大したことが示されている。したがって、本研究における内側広筋の活動量の増大の理由の一つとして、水中歩行装置の違いが考えられる。大腿二頭筋の活動量は、水中トレッドミル歩行時^{24),26)}では増加し、回流水槽での歩行時¹⁹⁾に減少することが報告されている。山本ら²⁶⁾は、水中トレッドミルでの水中歩行時の大腿二頭筋の活動量増大の理由として、水中歩行の場合、身体を水の抵抗に打ち勝って前方へ押しやる必要があり、このため大腿を強く伸展させて前方への推進力を増している

とし、また、この時、膝関節を屈曲して下腿部を引き上げる必要があるためではないかと考察している。腓腹筋の活動量は、プールでの歩行時に増加することが報告されている^{13),21)}。西菌ら¹³⁾は、プール歩行では、実際に体を移動させ水の抵抗を受けるので、立脚期後期でより強い床面へのキックが必要となり、伸筋である腓腹筋の放電量が増加したと考察している。フローミル歩行は、床(トレッドミル)が動き、身体移動を伴わないためプール歩行ほど強い床面へのキックは必要ないためではないかと考えられる。大腿直筋の活動量は、水中トレッドミル歩行時に同速度の陸上歩行時よりも有意に増加することが示されている²⁴⁾が、その歩行速度は90m/分と本研究の水中歩行の約2倍の速度である。歩数については言及されていないが、大腿直筋の活動量増加の原因として、速度の上昇に伴う歩数の増加が影響しているのではないかと考えられる。

$\dot{V}O_2$ 、HRおよび MET_S において、ほぼ同じ平均値を示した陸上40と水中30m/分歩行時の各筋の% iEMG_{max}を比較すると、腓腹筋において水中歩行時の方が有意に低値を示したが、他の筋には有意差は認められなかった。また、それぞれの歩行において最も速い速度であり、しかも $\dot{V}O_2$ 、HRおよび MET_S に有意差が認められなかった。陸上80と水中40m/分歩行時の各筋の% iEMG_{max}の比較では、腓腹筋および大腿直筋において、水中歩行時の方が有意に低値を示したが、他の筋には有意差は認められなかった。さらに、 $\dot{V}O_2$ と% iEMG_{max}の関係から見ても、水中歩行時の前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋は、同一 $\dot{V}O_2$ の陸上歩行時とほぼ同じ負担度で働いていたと考えられる。一方、腓腹筋および大腿直筋は、同一 $\dot{V}O_2$ の水中歩行時の% iEMG_{max}が小さくなる傾向にあり、水中歩行時の負担度は陸上歩行時よりも低いと考えられる。本研究での腓腹筋の負担度低下は、水位が各被験者の剣状突起であり、浮力の影

響で約70%の免荷¹¹⁾を受け体重負荷が大幅に軽減されたことに加え、フローミル歩行は、床(トレッドミル)が動き、身体移動を伴わないため強い床面へのキックは必要がないためと考えられる。また、大腿直筋についても浮力の影響を受け、下肢を上方へ持ち上げるための負担が軽減されたためであると考えられる。

4. まとめ

本研究は、陸上および水中歩行時での下肢筋活動の相違を比較検討することによって、特に水中歩行の有用性を究明した。

中高年女性を対象に、トレッドミルを用いた陸上歩行時と歩行速度に加え水流速度も調節できる水中歩行装置(フローミル)を用いた水中歩行時の呼吸循環応答および下肢筋活動について比較した。

1. 陸上80と水中40m/分および陸上60と水中30m/分歩行時では、ほぼ同程度の運動強度を示した。陸上40と水中20m/分歩行時では、水中歩行時の運動強度が低く、この速度では、水抵抗よりも浮力の影響を強く受けていると考えられた。

2. 40m/分での同速度による陸上および水中歩行時には、前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋の活動が、水中歩行時に顕著に増加した。

3. 同一 $\dot{V}O_2$ レベルでの歩行時には、腓腹筋および大腿直筋の活動が、水中歩行時に顕著に減少する傾向が認められた。

4. 水中歩行時の前脛骨筋、内側広筋および大腿二頭筋は、同一 $\dot{V}O_2$ の陸上歩行時とほぼ同じ負担度で働いているが、腓腹筋および大腿直筋の負担度は、陸上歩行時よりも低かった。

以上の結果は、運動処方面で、次のような水中歩行の特徴を示唆している。

1) 水中歩行は、浮力の影響が大きくなる条件では、下肢筋の重力方向への負荷が軽減され、運動強度も低くなる。したがって、術後のリハビリテ

ーションや肥満症者および中高年者を対象に陸上での運動を行わせる前のコンディショニングの運動として有効である。2) 抵抗の影響が大きくなる条件では、重力方向への負荷は軽減されるが、抵抗によってエネルギー消費量が増加し、心肺機能の訓練が効率良く行える。3) 水中歩行では、同一 $\dot{V}O_2$ レベルでの下肢筋群の活動様式が陸上歩行とは異なり、選択的な筋力訓練の可能性がある。

謝 辞

本研究に対して研究助成をいただいた、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝いたします。なお、本研究において、九州大学大学院医学系学府 増本賢治氏に研究協力を得たので共同研究者として追記する。

文 献

- 1) Evans B.W., Cureton K.J., Purvis J.W., Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water, *Res. Q.*, **49**, 442-449 (1978)
- 2) Gleim G.W., Nicholas J.A., Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures, *Am. J. Sports Med.*, **17**, 248-252 (1989)
- 3) Hall J., Macdonald I.A., Maddison P.J., O'Hare J.P., Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **77**, 278-284 (1998)
- 4) 堀田昇, 村岡康博, 大柿哲朗, 他, 水中トレッドミル(flowmill)歩行時の呼吸循環応答, 久留米大学保健体育センター研究紀要, **1**, 19-23 (1993)
- 5) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 藤島和孝, 萩原博嗣, 高齢低体力者に対する水中での運動療法, デサントスポーツ科学, **15**, 78-83 (1994)
- 6) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 藤島和孝, 新しい水中運動装置(flowmill)を用いた中・高年者の水中での運動療法, 大和証券ヘルス財団研究業績集, **19**, 1-6 (1995)
- 7) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 藤島和孝, 新しい水中運動装置(flowmill)を用いた運動療法, 体

- 力研究, 88, 11-17 (1995)
- 8) 金谷庄蔵, 堀田昇, 大柿哲朗, 他, 水中歩行負荷心電図の試み, 健康科学, 15, 69-74 (1993)
 - 9) 右田孝志, 村岡康博, 堀田昇, 他, 水中および陸上歩行時の呼吸循環系の応答, 久留米大学保健体育センター研究紀要, 2, 25-30 (1994)
 - 10) 右田孝志, 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄蔵, 藤島和孝, 増田卓二, 長時間の水中および陸上歩行時の生体反応の比較, 体育学研究, 40, 316-323 (1996)
 - 11) 中山彰一, 骨・関節疾患の水中訓練, 理学療法, 4, 279-285 (1987)
 - 12) 中山彰一, 高柳清美, 浜田哲郎, 他, 下肢スポーツ障害に対する新しい流水トレーニング装置の使用経験, 九州スポーツ医・科学会誌, 2, 33-38 (1990)
 - 13) 西薮秀嗣, 茂岡泰弘, 下大迫晃, 他, 水中ウォーキングが筋・神経系に及ぼす運動生理学的研究. 歩行速度の上昇における下腿筋の選択的活動, 鹿屋体育大学学術研究紀要, 12, 19-26 (1994)
 - 14) Shimizu T., Kosaka M., Fujishima K., Human thermoregulatory responses during prolonged walking in water at 25, 30, and 35 °C, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 78, 473-478 (1998)
 - 15) 白石浩一, 萩原博嗣, 川上勝利, 中山彰一, 水中歩行時の下肢筋肉活動パターンの筋電図学的検討, 九州スポーツ医・科学会誌, 2, 39-43 (1990)
 - 16) Shono T., Fujishima K., Hotta N. et al., Physiological responses and RPE during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age, *J. Physiol. Anthropol.*, 19, 195-200 (2000)
 - 17) Shono T., Fujishima K., Hotta N., Ogaki T., Ueda T., Physiological responses to water-walking in middle aged women, *J. Physiol. Anthropol.*, 20, 119-123 (2001)
 - 18) Shono T., Fujishima K., Hotta N., Ogaki T., Masumoto K., Cardiorespiratory response to low-intensity walking in water and on land in elderly women, *J. Physiol. Anthropol.*, 20, 269-274 (2001)
 - 19) 菅嶋康浩, 原田隆, 松井健, 加藤尊, 北川薫, 水中歩行と陸上歩行の生理学的比較検討, ウォーキング科学, 1, 31-38 (1997)
 - 20) 田原靖昭, 西澤昭, 網分憲明, 萩原博嗣, 小倉理一, 水中トレッドミル (flowmill) 歩行のエネルギー代謝量, RMR および Mets, 九州スポーツ医・科学会誌, 2, 129-134 (1990)
 - 21) 高石鉄雄, 石田浩司, 小野隆, 水中歩行は運動処方にも有効か?, デサントスポーツ科学, 15, 252-260 (1994)
 - 22) 高岡郁夫, 大西朋, 岡村茂, 鈴木大地, 種々な水流速度および歩行速度の水中歩行 (フローミル) に対する生理学的応答と RPE, 順天堂大学スポーツ健康科学研究, 3, 61-67 (1999)
 - 23) 竹島伸生, 成田誠, 松井健, 他, 主観的運動強度設定に基づく高齢者の水中運動療法の有効性について, 臨床スポーツ医学, 16, 1469-1473 (1999)
 - 24) 渡辺一志, 宮側敏明, 藤本繁夫, 水中トレッドミル歩行時の呼吸循環機能ならびに下肢筋活動に及ぼす水位の影響, デサントスポーツ科学, 16, 252-259 (1995)
 - 25) Whitley J.D., Schoene L.L., Comparison of heart rate responses: Water walking versus treadmill walking, *Phys. Ther.*, 67, 1501-1504 (1987)
 - 26) 山本高司, 金樹直也, 渡部琢也, 成田誠, 山崎健, 筋活動等からみた水中歩行の生体負担に関する研究, 中京大学体育学論叢, 42, 1-9 (2001)