

水中歩行は運動処方にも有効か？

名古屋市立大学 高石鉄雄

(共同研究者) 名古屋大学 石田浩司

愛知教育大学 小野隆

What is the Effect of Aqua Walking as a means of Exercise Prescription ?

by

Tetsuo Takaishi

College of General Education, Nagoya City University

Koji Ishida

Research Center of Health, Physical Fitness

and Sports, Nagoya University

Takashi Ono

Aichi University of Education

ABSTRACT

To estimate the effect of aqua walking for exercise prescription, oxygen uptake (\dot{V}_{O_2}), heart rate (HR) and electromyographic data (EMG) of working muscles were measured in seven healthy female college students. Three bouts of actual walking in water ($27.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$) with the depth of 0.9 and 1.3 m were conducted. From the results of \dot{V}_{O_2} ($72.9 \pm 7.9\% \dot{V}_{O_{2\max}}$) and HR (151.4 ± 12.1 bpm) which were obtained from the fast walking bout (46.0 ± 2.1 m/min) performed in shallow water, it is concluded that aqua walking has a sufficient intensity for exercise prescription. The estimated \dot{V}_{O_2} was determined by applying the HR data obtained from aqua walking to the relationship between \dot{V}_{O_2} and HR obtained from the incremental walking test on a treadmill ($0.4 \sim 2.4$ m/sec). The estimated \dot{V}_{O_2} was

significantly ($P < 0.01$) smaller than the actual \dot{V}_{O_2} obtained during aqua walking. This result suggests that to apply the relationship between \dot{V}_{O_2} and HR during walking on land to estimating exercise intensity during walking performed in water should be avoided.

In addition, the increased electric activity of m. gastrocnemius, m. tibialis anterior and m. rectus femoris estimated from surface EMG showed that aqua walking has an effect for avoiding the decrease of performance of leg muscles.

要 旨

水中歩行が、運動処方の有効な手段になり得るか否かを明らかにするため、健康な女子大学生7名に対して、水深1.3 mおよび0.9 mの屋外プール(水温 $27.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$)において、実際の移動を伴う水中歩行を行わせ、運動時の呼気ガス測定、心拍数測定、表面筋電図測定を実施した。その結果、浅水速歩行($46.0 \pm 2.1 \text{ m/min}$)において、十分な酸素摂取量($72.9 \pm 7.9\% \dot{V}_{O_{2\max}}$)と心拍数($151.4 \pm 12.1 \text{ 拍/min}$)が得られ、水中歩行が有効な運動方法になることが明らかになった。

さらに、 $0.4 \sim 2.4 \text{ m/sec}$ の速度による漸増トレッドミル歩行を、各被験者に対して実施し、陸上歩行時の酸素摂取量と心拍数との関係式を求め、この式に水中歩行時の心拍数を代入して求めた推定酸素摂取量と、水中歩行時の酸素摂取量の実測値を比較した結果、各条件において有意($P < 0.01$)に水中歩行時の酸素摂取量が高く、陸上歩行で得られた心拍数を基準として、水中歩行運動を処方した場合、その運動強度がオーバーワークになる危険性があることが示唆された。また、水中歩行時の筋電図測定の結果、とくに速歩行時において、前脛骨筋、腓腹筋および大腿直筋の活動量が大幅に増加し、水中歩行が脚筋の機能低下防止に対して効果を持つ可能性が示唆された。

緒 言

水泳は陸上運動とは異なり、体重負荷が下肢長管状骨に掛からないため、肥満者や膝関節障害を有する者の運動として、有効であることが知られている。しかし、「泳ぐ」という絶対的な技能が要求されることから、「誰もが気軽に始められるか?」という点では問題がある。

一方、「水中歩行」は、水泳のように「技能」を必要としないだけでなく、浮力によって体重が軽減されることから、ランニングやジョギング愛好者に多い膝関節や足関節の障害を発生させる危険性がなく、さらに、下肢筋力が低下した高齢者であっても「気軽に」始められる運動であると考えられる。また、水泳と同様、熱エネルギーの放出増加が期待できることなどから、成人病の原因である肥満を改善させる手段としても、そのトレーニング法の開発は意義があるものと思われる。

近年、水泳以外の水中運動に関する研究が海外でも数多く報告されているが、これらの中には、体力高位者や運動選手を対象とした「より効果的なトレーニング」あるいは「リハビリテーション」という立場から、水中ジョギングや水中ランニングを扱ったもの^{2,8,14,17)}が多く、2 m程度の水深をもつプールが必要であったり、ライフジャケットやその他の補助具が必要である^{3,17)}など、「運動処方の手段として全国的に普及させることが可能

か?」という点では、必ずしも良い方法であるとは言えない面がある。

本研究は、比較的浅いプールを利用して「水中歩行」を行い、「水中歩行」時と「陸上歩行」時の下肢筋群の神経筋活動状態の違い、さらに「水中歩行」時の代謝量と「トレッドミル歩行時」の代謝量との違いなどについて明らかにし、「水中歩行」が運動処方手段として有効か、ということについて検討することを目的とした。

1. 方 法

被験者：被験者は健康な女子大学生7名で、その身長、体重の平均値および標準偏差は、 158.6 ± 3.2 cm, 54.5 ± 3.1 kgであった。また、あらかじめインピーダンス法 (KIKUSUI Bio-impemeter) によって測定した、被験者の体脂肪率の平均と標準偏差は $26.4 \pm 3.8\%$ であった。被験者には、事前に実験の目的、内容について十分な説明を行い、実験協力の上承を得た。

実験1 最大酸素摂取量の測定

各被験者に対して自転車エルゴメータによる最大負荷テストを実施した。負荷方法は $60 W \times 3$ 分間の作業に続いて、2分間ごとに $15 W$ ずつ負荷を上昇させる漸増負荷法を用い、呼気ガスの採取は、心拍数が170拍/分に達する段階から1分ごとにダグラスバッグを用いて行った。ダグラスバッグから採取された呼気ガスの一部を、サンプリングチューブ (5 l) に取り、ガス分析器 (METS-900) によって O_2 , CO_2 の濃度を決定した。ガス分析器の校正は、測定前後に3種類の標準ガスを用いて行い、ガス量の決定には乾式のガスメータを使用した。

実験2 安静時、歩行時酸素摂取量の測定

陸上、水中で実施された安静時と、各種歩行運動時の酸素摂取量測定をダグラスバッグ法によって行った。歩行の種類は、1. 陸上通常速度歩行 (GN), 2. 陸上速歩行 (GF), 3. 浅水中通常速

度歩行 (SWN), 4. 浅水速歩行 (SWF), 5. 深水速歩行 (DWF) であった。その他、陸上安静 (GR) と水中安静 (WR) についてはそれぞれ、プールサイドの木陰でイスに腰を掛けた状態、水中に沈めたイスに腰を掛けて、首まで水に浸かった状態で測定を実施した。

陸上歩行については、25 mプールの周囲 (1周 80 m) を、浅水歩行については、水深1.3 mのプールの底に高さ0.4 mのベンチを沈めることによって水深を0.9 mに調節した水中を、深水歩行については、水深1.3 mの水中をそれぞれ歩行させた。歩行速度については、実際の運動プログラムを想定した場合にその規定が不可能である。したがって、GNについては「普段歩いている速さ」で、GFについては「電車等の時間に合わせるようなつもりで早足」で、SWNについては「とくに速さを意識せずGNと同様に」、SWFについては「ある程度継続できる速度でできるだけ速く」、DWFについては「SWFと同様に」という指示を与え、被験者の歩行速度を尊重した。

なお、DWFについては、腕振り動作が水を掻く動作にならないよう両腕を水面から出した状態で実施させた。各歩行ともダグラスバッグに接続したマスクと心電図テレメータ (日本電気三栄、カルディオスーパ、2E32) を装着した状態で5分間実施し、最初の2分間で心拍数が安定したことを確認した後、残り3分間の呼気ガスをすべてダグラスバッグに採取した。呼気ガスの分析は実験1と同様の方法で実施した。心拍数は、各歩行終了前30秒間の平均値を採用した。すべての水中歩行が同一の屋外プールで行われ、測定時の水温は $26.5 \sim 27.5^\circ C$ であった。

実験3 筋電図の測定

各種歩行実施時の神経筋の活動状態を明らかにするため、方法2の各種条件と、陸上立位 (GS) および深水中低速歩行 (DWS) をマスクを装着した状態で実施させ、その間の筋電図を、ヒラメ筋、

腓腹筋, 前脛骨筋, 外側広筋および大腿直筋よりテレメータ (日本電気三栄, 多用途テレメータ 511 X) を用いて, 表面筋電図法によって記録した。なお, 筋電図測定は, 各種歩行時について予備実験と同様な放電パターンが得られたため, 被験者 2 名について実施した時点で終了し, 後の被験者については実施しなかった。

実験 4 トレッドミル歩行時の酸素摂取量の測定

各被験者の陸上歩行における酸素摂取量と心拍数の関係を明らかにするため, トレッドミル (竹井機器 NWE-ROAD 21) を用いた漸増負荷歩行テストを行った。歩行速度を秒速 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 および 2.4 m と決め, 各ステップについて時間は 4 分間とした。ただし, 秒速 2.4 m においては, 歩行が不可能なためランニングを実施させた。運動中の呼気ガスの採取・分析・心電図の記録方法は実験 1, 2 と同様であり, 呼気ガス採取は, 各ステップの後半 2 分間をすべてダグラスバッグに集めることによって行った。後日, 分析の結果から得られた酸素摂取量と心拍数との関係について直線回帰を行い, 各被験者の回帰直線式を算出した。

統計処理: 得られたさまざまなデータの差の検定は t 検定により行い, 危険率 5% 以下を有意とした。

2. 結 果

1. 最大負荷テストの結果, 被験者 7 名の最大酸素摂取量と最大心拍数の平均値と標準偏差は, それぞれ, 2.20 ± 0.32 l/min (40.3 ± 5.1 ml/min · kg) および 194 ± 7.8 bpm であった。

2. 図 1 は, 各種条件下で実施された歩行の速度の平均値を比較したものである。SWN と DWF との間を除く, すべての条件間に有意な違いが認められた。図 2 は, 安静時と各種歩行時の酸素摂取量の絶対値の平均値を, 図 3 は, 各被験

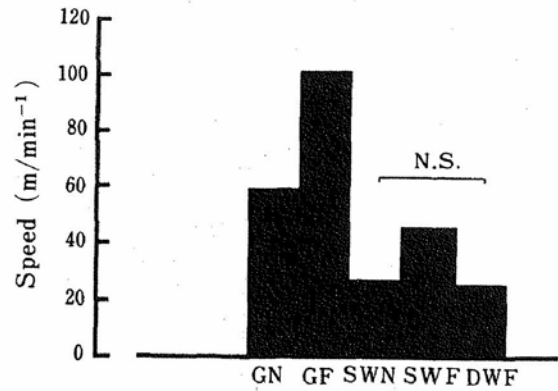


図 1 Comparison of walking speed
Note: GN-Ground Normal, GF-Ground Fast, SWN-Shallow Water Normal, SWF-Shallow Water Fast, DWF-Deep Water Fast

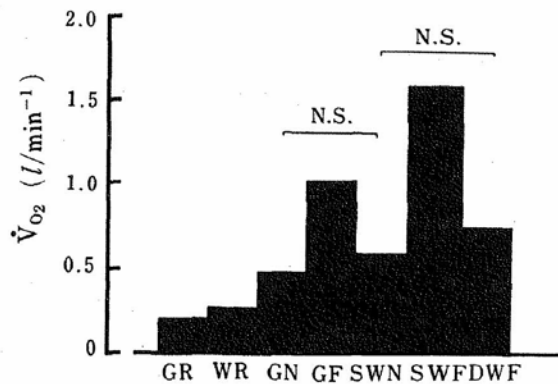


図 2 Comparison of oxygen uptake
Note: GR-Ground Rest, WR-Water Rest

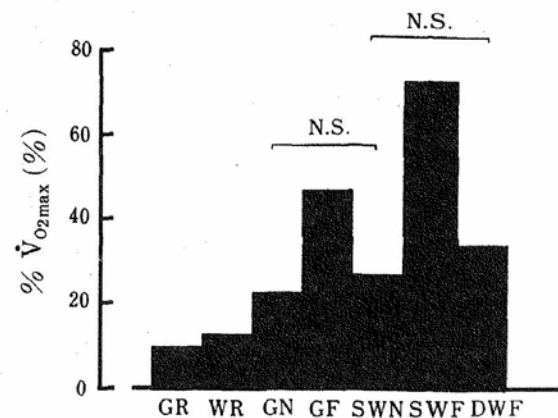


図 3 Comparison of work intensity determined by $\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_{O_2max}$ ratio

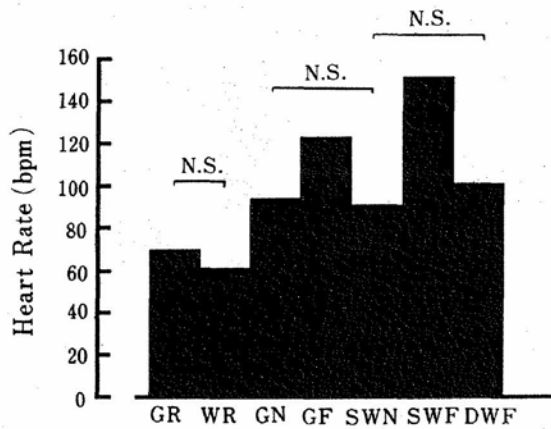


図4 Comparison of Heart Rate

者の最大酸素摂取量に対する相対値の平均値を、各種条件間でそれぞれ比較したものである。図2、図3ともGNとSWNおよびSWNとDWF間を除く、すべての条件間に有意な違いが認められた。図4は、各種条件における心拍数の平均値を比較したものである。GRとWRおよびGN、SWN、DWFの3条件間を除く、すべての条件間で有意な違いが認められた。

3. 図5は、筋電図測定を実施した2名のうち

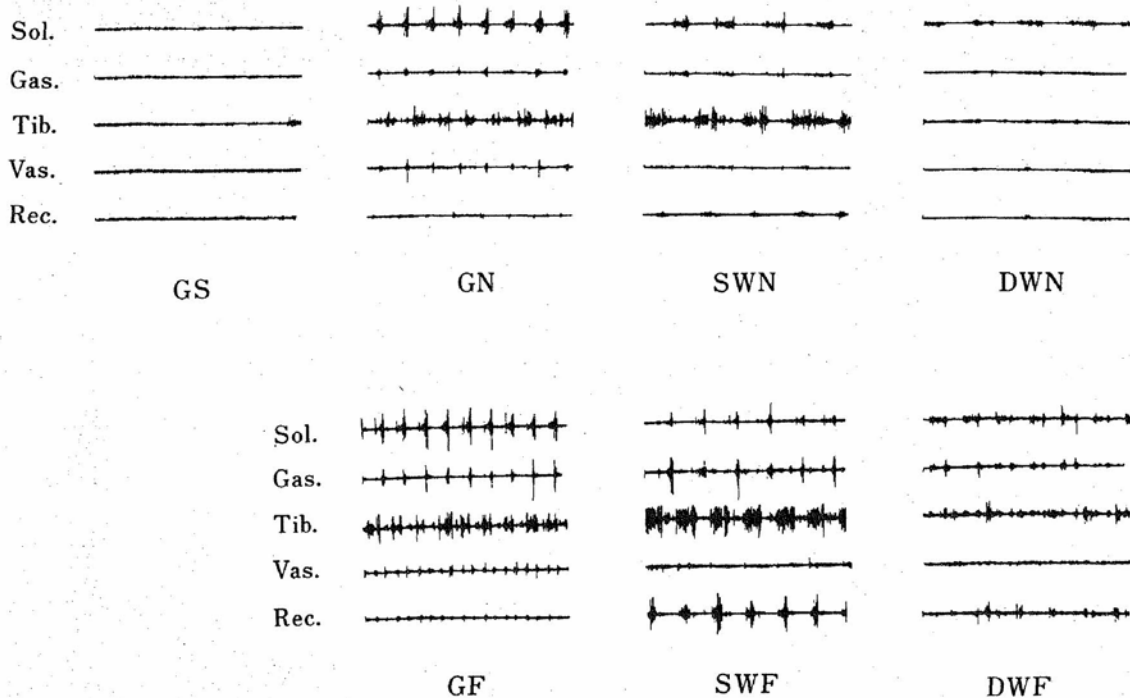


図5 A set of data showing raw EMG signals, Sol, Gas, Tib, Vas and Rec in the figure are abbreviations for the type of muscle. They represent soleus, gastro cnemius, tibialis anterior, vastus lateralis and rectus femoris, respectively

1名について、各種条件下で記録された筋電図波形について示したものである。GFとSWFにおいて推進力を得るために、ヒラメ筋と腓腹筋の放電量が大幅に増加する傾向が認められた。また、陸上歩行に比べて水中歩行では、前脛骨筋と大腿直筋の放電が顕著に大きく、逆に体重を支持する

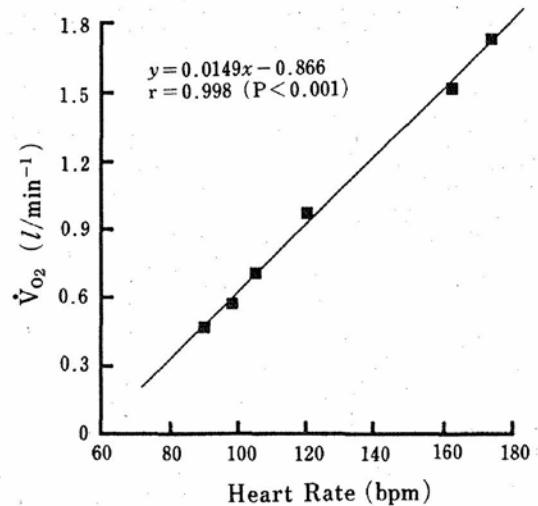


図6 A typical set of data showing the relationship between HR and oxygen uptake

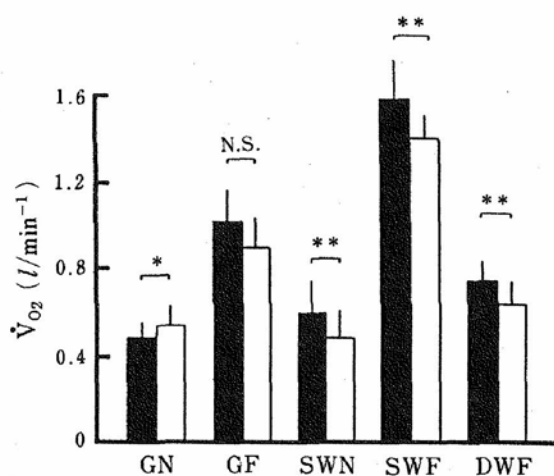


図7 Comparison of actual \dot{V}_{O_2} and estimated \dot{V}_{O_2}

外側広筋の放電は小さい傾向が認められた。

4. 図6は、実験4において得られた酸素摂取量と心拍数の関係を7名のうち1名についてプロットしたものである。酸素摂取量と心拍数は0.1%水準で有意な直線関係を示し、このような歩行時の酸素摂取量と心拍数との高い直線関係は、全被験者について認められた。

5. 図7は、上記4の方法で得られた、各被験者の酸素摂取量と心拍数との関係式を用いて、各被験者のプールサイド歩行および水中歩行時の心拍数に相当する酸素摂取量の推測値を求め、実際の酸素摂取量と比較した結果である。GNにおいて、トレッドミル歩行時の酸素摂取量が5%水準で有意に推測値より高い結果が得られたが、GFについては、推測値と実測値の間に有意な違いが認められなかった。水中歩行については、SWN, SWF および DWF のいずれについても実測値の方が1%水準で、有意に推測値より高いという結果が得られた。

3. 考 察

McArdleら¹⁰⁾は、水温25度の条件下では、陸上安静時に比べて安静時酸素摂取量が有意に増加したことを報告している。彼らは、この酸素摂取量の変動が水温33度の条件下では確認されな

かったことから、低温に対する震えによる熱産生が、酸素摂取量の増加に関与した可能性を示している。水中安静時の酸素摂取量が、陸上安静時のそれに比較して高いという本研究の結果は、彼らの報告に一致するものであり、水温26.5～27.5度条件下では、とくに運動をしなくても酸素摂取量の増加が生じることを示している。

陸上と水中で同様の身体作業を実施し、酸素摂取量や心拍数を比較した研究の一つに、CraigとDvorak⁵⁾の自転車を使った研究がある。彼らは22度の空気中における酸素摂取量と心拍数の関係は、30度および35度の水中では保たれたが、水温25度の条件下では、同じ酸素摂取量に対して心拍数が10拍程度低かったことを示し、代謝量が同じであっても、水温によって心拍数が異なることを指摘している。

低温暴露における心拍数低下については、水中^{4,6,9,13)}に限らず、低気温下¹²⁾においても報告されているが、その原因として、低温がもたらす末梢血管収縮、さらに、その結果として引き起こされる深部血液増加による、一回拍出量増加が考えられる。本研究においても、陸上運動をトレッドミル歩行によって代表させ、その間に得られる酸素摂取量と心拍数との応答を、水中運動時のそれらと比較した。

各条件下における水中歩行時の心拍数を、回帰式に代入して酸素摂取量の推測値を求め、水中歩行時の酸素摂取量の実測値と比較した結果、水中歩行時の実際の酸素摂取量の方が、回帰式から求めた酸素摂取量の推測値よりも、1%水準で有意に高いという結果が得られた。この結果は、心拍数が同じであっても、水中歩行が陸上歩行に比較して、有意に負荷強度の高い運動であることを示している。水中運動の長所として、心拍数低下を指摘する報告¹¹⁾も見られるが、同じ酸素摂取量を必要とする身体作業では、時間当たりに必要な心拍出量は同じである¹⁰⁾。

したがって、水中歩行時の心拍数低下がある場合には、陸上運動時以上の血圧上昇が一方で生じている⁶⁾ことが考えられ、運動プログラムの作成において、陸上で得られる酸素摂取量と心拍数の関係を、そのまま水中運動に移行させることは、とくに高齢者を対象とした場合には非常に危険であると思われる。

Town & Bradley¹⁰⁾は、陸上トレッドミルランニングと水深 1.3 m 条件下における実際の移動を伴う水中ランニングを比較し、陸上での最大酸素摂取量に近い値 (90.3%) が水中ランニングで得られたこと、また同時に、疾走中のフォームも陸上歩行時のそれと似たものが得られたことから、浅い水深における水中ランニングの有効性を指摘している。体力的に高い水準にあるスポーツ選手を対象とした、より効果的なトレーニング法として開発が進められている水中ランニング¹⁵⁻¹⁷⁾に比べて、どちらかと言えば低位体力者が対象である水中歩行については報告も少ない。

Evans⁷⁾は、腰までの水深において秒速 0.7 ~ 1.0 m の速度で実際の歩行とジョギングを実施させ、水中歩行時および水中ジョギング時と同じ酸素摂取量を得るためには、陸上では、その 2 倍の歩行速度、あるいは、その 3 倍のジョギング速度が必要であることを示すとともに、比較的浅いプールであっても、有効な運動強度を生み出せることを報告している。また、先に述べた水中運動の際に、問題となる酸素摂取量と心拍数との関係についても、水温 30 度から 31 度の環境で、腰までの水深で実験を行った限りでは、任意の酸素摂取量における心拍数は、陸上運動時のそれと違いがなく、先行研究で報告されているような心拍数の低下が認められなかったことから、浅い水深における水中歩行が有効であることを示唆している。

本研究においても、水深に依存した酸素摂取量の有意な違いが認められ、DWF に比べて SWF

時の方が高い酸素摂取量が得られた。一般に、呼吸循環器系のトレーニング効果を得るには、最大酸素摂取量の 60% 以上の強度が必要である¹⁾。本研究の SWF においては最大酸素摂取量の 72% に相当する値が得られ、浅い水深を利用した際に、運動処方に有効な強度を与えられることが明らかになった。

一方、肩まで水没した DWF 条件下における平均の酸素摂取量は最大の 34% 程度であった。これは、身体が浮いて十分な筋活動を行うことができない状態で実施する水中歩行では、呼吸循環器系のトレーニング効果を得ることが難しく、水深の深いプールにおいて十分な運動量を得るには、水中ランニングもしくは水中ジョギングを実施する必要があることを示している。ただし、心拍数に注目した場合、本研究の結果は Evans⁷⁾の報告とは異なるものであり、27 度から 31 度あたりの水温が、酸素摂取量と心拍数の関係に対して微妙な影響与える可能性を示唆するものである。

本研究では、酸素摂取量と心拍数との関係だけではなく、作業筋の活動状態が水深と速度によってどのように変化するかという点について、表面筋電図から明らかにしようとした。その結果、水中歩行全般において、浮力による体重軽減が原因と考えられる姿勢保持筋の活動量減少が確認された。

一方、腰までの水深において実施した水中歩行では、低速 (分速 27.3 m) においてさえ、ヒラメ筋と前脛骨筋に比較的大きな放電が認められた。さらに、速歩行時 (分速 46.0 m) には、前脛骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋の放電量増加に加え、大腿直筋の大幅な放電量増加が認められ、実際に実験終了後多くの被験者から「大腿前部、下腿前部と足の付け根にあたる筋 (腸腰筋と思われる) にとくに疲労を感じた」とのコメントを得た。

水中歩行において大幅な放電増加が記録された前脛骨筋および大腿直筋は、足関節の背屈動作あ

るいは下腿全体の挙上に関わる筋であり、歩行動作中に爪先を引っ掛けることを防いだり、転倒しそうな場合、体勢を立て直すために必要な筋群である。

吉澤¹⁸⁾らは、加齢による歩容変化の特徴を、筋電図や画像から明らかにしており、下肢の老化が末梢にある足関節筋の筋力低下から始まることを示している。本研究で得られた水中歩行に関する筋電図の結果は、通常の歩行ではトレーニングが難しいこれらの筋群の機能向上に対して、水中歩行が有効な手段となる可能性を示すものである。さらに、近年「転倒」が寝たきり老人を生む最大の原因となっているが、定期的に水中歩行を実施し、これらの筋群の筋力や筋持久力を高めることは、結果的に高齢者の転倒事故を防止することにつながる事が考えられる。また、高齢者に対する水中歩行は、水自体が転倒時の衝撃を大幅に緩衝することから、運動時の事故発生の危険性が低いという点からも、水中歩行はとくに高齢者の運動処方手段として有効であると思われる。

一方、本研究で実施した深水歩行時の筋の活動状態に関する結果は、肩以上の水深では浮力によって体重のほとんどが軽減されたため通常の歩行が困難であり、十分な運動強度が得られないことを示している。また、酸素摂取量および心拍数の結果を含めて総合的に判断した場合、深水歩行の採用は、重度の肥満状態にあり、下肢に何らかの障害を有する者にとっては、ほとんど下肢に負担をかけずにエネルギー消費を増やすことが可能であるという意味で、効果的な運動手段となる可能性があると思われる。

4. ま と め

水中歩行が運動処方に対して、有効な手段となるか否かを明らかにするため、屋外プールにおいて女子大学生を対象とした実際の移動を伴う水中歩行を行い、その間に得られた酸素摂取量、心拍

数および活動筋の筋放電様式から以下のことが明らかにになった。

1) 水深 0.9 m における水中速歩 (46.0 ± 2.1 m/min) において、酸素摂取量と心拍数はそれぞれ $72.9 \pm 7.9\% \dot{V}_{O_{2max}}$, 151.4 ± 12.1 拍/分であった。

2) 水深 1.3 m の下で行われた水中歩行時の酸素摂取量は、 $34.1 \pm 3.0\% \dot{V}_{O_{2max}}$ であった。

3) 各被験者の水中歩行時の心拍数を、各被験者について決定したトレッドミル歩行時の心拍数と酸素摂取量との関係式に代入して得られる酸素摂取量は、実際の水中歩行時に得た酸素摂取量に比べ有意に小さいものであった。

4) 水中歩行時の筋の活動状態の特徴として、前脛骨筋、腓腹筋および大腿直筋において陸上では得られない激しい放電が認められた。

以上のことから、浅い水深において速歩で行う水中歩行は、有効な運動処方の手段になるが、水位が肩に達するような水深では、十分な運動強度が得られないことが明らかにになった。また、水中歩行時の筋の活動状態から、水中歩行が、老化に伴う脚筋の筋力低下を防止する効果をもつ可能性をもつことが示唆された。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine ; Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription, Philadelphia, Lea & Febigen, pp 34-36 (1986)
- 2) Avellini, B. A., Shapiro, Y., Pandolf, B.; Cardio-respiratory physical training in water and on land, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **50**, 255-263 (1983)
- 3) Bishop, P. A., Frazier, S., Smith, J.; Physiologic responses to treadmill and water running, *Physician Sportsmed.*, **17**, 87-94 (1989)
- 4) Craig, A. B., Dvorak, M.; Thermal regulation of man exercising during water immersion, *J. Appl. Physiol.*, **25**, 28-35 (1968)
- 5) Craig, A. B., Dvorak, M.; Comparison of exercise in air and in water of different

- temperature, *Med. Sci. Sports*, **1**, 124-130 (1969)
- 6) Echt, M., Lange, L., Gauer, O. H. ; Changes in peripheral venous tone and central transmural pressure during immersion in a thermoneutral bath, *Pflügers Arch.*, **352**, 211-217 (1974)
 - 7) Evans, B. W., Cureton, K. J., Purvis, J. W. ; Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water, *Res. Qur.*, **49**, 442-449 (1978)
 - 8) Eyestone, E. D., Fellingham, G., George, J., Fischer, A. G. ; Effect of water running and cycling on maximum oxygen consumption and 2-mile run performance, *Amr. J. Sports Med.*, **21**, 41-44 (1993)
 - 9) Lange, L., Lange, S., Echt, M., Gauer, O. H. ; Heart volume in relation to body posture and immersion in a thermoneutral bath, *Pflügers Arch.*, **352**, 219-226 (1974)
 - 10) McArdle, W. D., Magel, J. R., Lesmes, G. R., Pechar, G. S. ; Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33°C., *J. Appl. Physiol.*, **40**, 85-90 (1976)
 - 11) Moore, T. O., Bernauer, E. M., Seto, G., Park, Y. S., Hong, S. K., Hayashi, E. M. ; Effect of immersion at different water temperatures on graded exercise performance in man, *Aerosp. Med.*, **41**, 1404-1408 (1970)
 - 12) Raven, P. B., Niki, I., Dahms, T. E., Horvath, S. M. ; Compensatory cardiovascular responses during an environmental cold stress, at 5°C, *J. Appl. Physiol.*, **29**, 417-421 (1970)
 - 13) Risch, W. D., Koubenec, H-J., Lange, S., Gauer, O. H. ; The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man, *Pflügers Arch.*, **374**, 115-118 (1978)
 - 14) Ritchie S. E. Hopkins, W. G. ; The intensity of exercise in deep-water running, *Int. J. Sports Med.*, **12**, 27-29 (1991)
 - 15) Svedenhag, J., Seger, J. ; Running on land and in water : comparative exercise physiology, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **24**, 1155-1160 (1992)
 - 16) Town, G. P., Bradley, S. S. ; Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **23**, 238-241 (1991)
 - 17) Wilder, R. P., Brennan, D., Schotte, D. E. ; A standard measure for exercise prescription for aqua running, *Amr. J. Sports Med.*, **21**, 45-48 (1993)
 - 18) 吉澤正尹, 中田久美子, 熊本水頼, 岡本 勉 ; 加齢による歩容変化の動作筋電図学的研究, *J. J. Sports Sci.*, **23**, 238-241 (1989)