

原著

水中トレッドミル歩行およびプール歩行における
心拍数，直腸温，酸素摂取量の変化小野くみ子^{*1} 伊藤三千雄^{*1} 川岡臣昭^{*1} 河野 寛^{*1} 椎葉大輔^{*1}
妹尾奈月^{*1} 寺脇史子^{*1} 中嶋雅子^{*1} 西村一樹^{*1} 小野寺昇^{*2}

要 約

プール施設において適切な運動処方を行うための水中トレッドミル歩行とプール歩行の指標は未だ確立されていない。本研究では，プール施設において運動処方を行う際の指針となる指標を作成するための基礎的データとして，水中トレッドミル歩行（T）およびプール歩行（P）における心拍数，直腸温，酸素摂取量の変化について比較・検討することを目的とした。

被験者は，成人男性6名（年齢 22.7 ± 0.7 歳，身長 170.3 ± 5.4 cm，体重 71.2 ± 7.9 kg，BMI 24.6 ± 2.0 kg/m²；すべて平均値±標準偏差）であった。被験者は，陸上および水中立位において各5分間安静をとった。続いてTまたはPを10分間行った。その後水中立位で10分間の回復をとった。歩速は時速1～3km（それぞれ1，2，3）とした。水位は腰部とした。水中トレッドミルの水流はなしとした。水温は 29.7 ± 0.7 とした。

P1の心拍数の経時変化は，T1と比較して有意に高値を示した（ $p < 0.01$ ）。P2およびP3の心拍数の経時変化は，T1～3全てと比較して有意に高値を示した（すべて $p < 0.01$ ）。P1の直腸温の変化量の経時変化はT1とT2と同様に变化した。P2はT1，T2と比較して有意に高値を示した（それぞれ $p < 0.01$ ）。P3はT1～3と比較して有意に高値を示した（すべて $p < 0.01$ ）。酸素摂取量の経時変化は直腸温変化と同様であった。これらの変化から，プール歩行は水抵抗が大きく，同じ歩速でも水中トレッドミル歩行と比較して運動強度が高くなることが考えられた。Tの場合，酸素摂取量（ y ：ℓ/分）は $y = 0.0375x^2 - 0.017x + 0.33$ （ x ：km/時；歩速）で表すことができる。また，Pの場合， $y = 0.3540x^2 - 0.722x + 0.88$ で表すことができる。これらの式から，酸素摂取量をもとに歩速を設定できると考えられた。これらのことから，水中トレッドミル歩行およびプール歩行の指標を提案する。

緒 言

水中において，生体は水の物理的特性の影響を受け，陸上とは異なる生理学的反応を示す¹⁻⁴。水の物理的特性である浮力が作用し，水中では関節にかかる負荷が少ない状態で運動することが可能である。また，歩行速度および水位を設定することによって，水中運動において陸上運動と同等のエネルギー消費を得ることができる。

水の物理的特性を活用した水中運動として，水中トレッドミルやプールなどにおける水中歩行があげられる。多くの先行研究から，水中トレッドミルは，速度を調節することで客観的な運動強度の設定が可

能であることが明らかになっている⁴⁻⁷。一方で，プール歩行は，温水プールを併設した健康増進施設等で多く取り入れられているにもかかわらず，それに関する研究報告は少ない⁷⁻¹⁰。また，水中トレッドミル歩行とプール歩行の違いを心拍数や酸素摂取量などの生理学的指標から比較・検討した報告も少ない¹¹⁻¹³。水中トレッドミル歩行の運動形式は，静止水中でベルトの走行に合わせ下肢を運動させるものである。一方で，プール歩行は静止水中で全身を移動させる形式である。これらのことから，水中トレッドミル歩行に関する実験で得られた指標をそのままプール歩行に生かすことはできないと考えられる。プール施設で適切な運動処方が行われるため

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻 *2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
（連絡先）小野くみ子 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

には、水中トレッドミル歩行と比較したプール歩行における生理学的指標の検討が必要である。

そこで本研究は、健康増進施設において運動処方を行う際の指針となる指標を作成するための基礎的データとして、水中トレッドミル歩行およびプール歩行における速度の違いが、心拍数、直腸温および酸素摂取量に及ぼす影響について比較・検討することを目的とした。

方 法

1. 被験者および環境条件

被験者は、成人男性6名(年齢 22.7 ± 0.7 歳、身長 170.3 ± 5.4 cm、体重 71.2 ± 7.9 kg および BMI 24.6 ± 2.0 kg/m²)であった。被験者は、説明された本研究の目的、危険性、得られる成果を十分に理解し、実験に参加することに同意した。水温 29.7 ± 0.7 、室温 25.3 ± 1.4 、湿度 $71.6 \pm 4.8\%$ であった。

2. 運動条件

被験者は、水中トレッドミル歩行およびプール歩行を行った。水位は腰部に設定した。水中トレッドミル歩行は、水中トレッドミル(アクアトレーナー、YAMAHA)を用い、歩速を1, 2, 3 km/時(T1, T2, T3)とした。また、プール歩行はスイミングプールを用い、歩速を1, 2, 3 km/時(P1, P2, P3)とした。プール歩行の各歩速は、プールに沈めた台にビニールテープで2/3 m 毎につけた印を踏ませることによって設定した。被験者は、計算式から算出した速さ(1 km/時のとき25bpm; beats per minute, 2 km/時のとき50bpm, 3 km/時のとき75bpm)をメトロノームの音に合わせて踏みながら歩行した。

3. 測定プロトコル(図1)

陸上立位5分間を安静期とし、続いて水中立位5分間を水中安静期とした。次に各設定速度で10分間の歩行(運動期)を行った。運動終了後、水中立位10分間を回復期とした。

4. 測定項目

(1) 心拍数

心拍数は、水中心電計(AU-1010 FUKUDA 電

子)を用い胸部双極誘導によって経時的に導出し、実験開始から1分毎に終了まで記録した。

(2) 直腸温

直腸温は、YSIサーミスタ温度プローブ(YSI4000サーモメータ 日機装ワイエスアイ)を用いて経時的に導出し、実験開始から1分毎に終了まで記録した。

(3) 酸素摂取量

採気は、ダグラスバッグ法を用い、陸上及び水中安静期5分間、運動期1~2分, 3~4分, 5~6分, 7~8分, 9~10分, 回復期1~2分, 3~4分, 5~6分, 7~8分, 9~10分の各1分間とした。質量分析装置(model WSMR-1400ウエストロン)を用いて採気したガスの酸素濃度および二酸化炭素濃度を測定した。その後、乾式ガスメーター(DC-5品川製作所)を用いてガス量を測定した。得られた値から酸素摂取量を算出した¹⁴⁾。

(4) 統計処理

値はすべて平均値±標準偏差で示した。各条件間の経時的变化の差の検定には、反復測定分散分析法を用いた。また、各条件間の1分毎の差の検定には、t検定(対応あり)を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。

結 果

1. 心拍数(図2)

(1) 水中トレッドミル歩行

T1, T2およびT3において、心拍数に有意な経時的变化を認めた(すべて $p < 0.01$)。T1とT2, T1とT3における心拍数の経時的变化に、それぞれ有意な差を認めた(いずれも $p < 0.01$)。T2とT3における心拍数の経時的变化に有意な差を認めなかった。水中トレッドミル歩行におけるそれぞれの心拍数の経時的变化は、歩速が速いほど運動中に高値を示す傾向にあり、群間の値の差は回復期においてもその傾向を継続した。

(2) プール歩行

P1, P2およびP3において、心拍数に有意な経時的变化を認めた(すべて $p < 0.01$)。P1とP2,

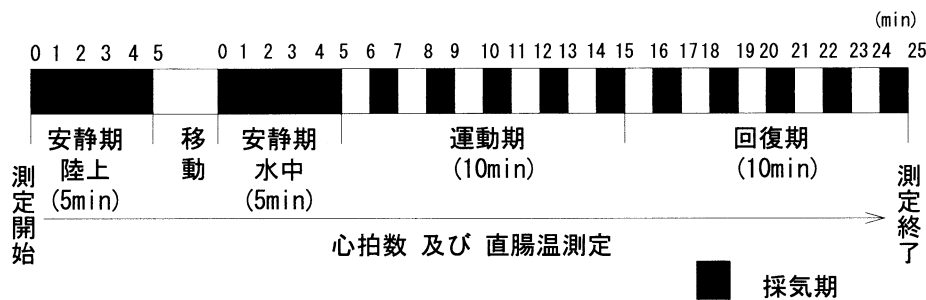


図1 測定プロトコル

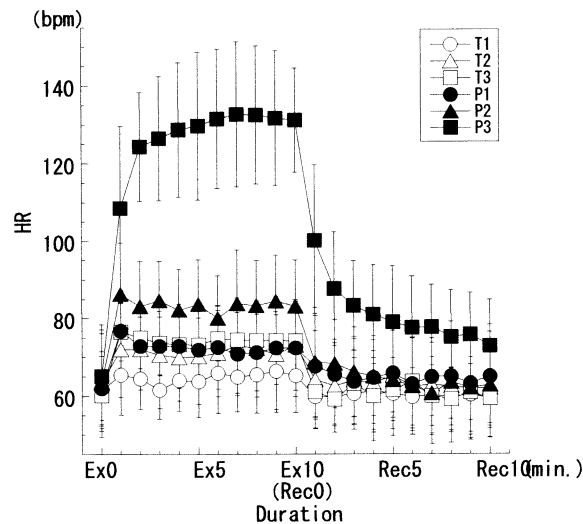


図2 運動期および回復期の心拍数変化 (Ex: 運動期, Rec: 回復期)

T1vsP1	$p < 0.01 \cdots$ Ex 3分	T1vsP2	$p < 0.05 \cdots$ Ex 1, 2, 5, 7-10分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 3, 4分
T1vsP3	$p < 0.05 \cdots$ Rec 4~9分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 1~Rec 2分		
T2vsP3	$p < 0.05 \cdots$ Rec 1, 2分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 1~Rec 1分	T3vsP2	$p < 0.05 \cdots$ Ex 3分
T3vsP3	$p < 0.05 \cdots$ Rec 4~9分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 1~Rec 3分	P1vsP2	$p < 0.05 \cdots$ Ex 3分
P1vsP3	$p < 0.05 \cdots$ Rec 3, 4分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 1~Rec 2分		
P2vsP3	$p < 0.05 \cdots$ Rec 2, 3, 7分	$p < 0.01 \cdots$ Ex 2~Rec 1分		

P1とP3, P2とP3における心拍数の経時的変化に, 有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$). プール歩行におけるそれぞれの心拍数の経時的変化は, 歩速が速いほど運動中に高値を示す傾向にあり, とりわけP3の運動期心拍数の上昇は大きく, 値の差は回復期においてもその傾向を継続した.

(3) 水中トレッドミル歩行とプール歩行の比較

P1の心拍数の経時的変化は, T1と比較して有意に高値を示し ($p < 0.01$), T2およびT3と比較して有意な差を認めなかった. P2の心拍数の経時的変化は, T1, T2およびT3と比較していずれも高値を示した(すべて $p < 0.01$). P3の心拍数の経時的変化は, T1, T2およびT3と比較して有意に高値を示した(すべて $p < 0.01$).

2. 直腸温 (図3)

直腸温変化の絶対値は個人間でばらつきが大きいことから, 結果としてすべて相対値で示すこととした.

(1) 水中トレッドミル歩行

T1, T2およびT3において, 直腸温の変化量の経時的変化に有意な差を認めた ($p < 0.01$). T1とT3, T2とT3における直腸温の変化量の経時的変化に有意な差を認めた(いずれも $p < 0.01$). T1とT2における直腸温の変化量の経時的変化に有意な差を認めなかった. T1は, 入水から運動終了まで低下し, 回復7分までほとんど変化なく, 回復7分から再び低下する傾向にあった. T2は, 運動開

始2分で最高値を示し, その後緩やかな減少傾向にあった. T3は, 運動開始から3分までわずかに上昇し, その後運動終了2分前まで低下し, その後徐々に上昇し, 回復期8分に最高値を示した.

(2) プール歩行

P1, P2およびP3において, 直腸温の変化量の経時的変化に, 有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$). P1とP2, P1とP3, P2とP3における直腸温の変化量の経時的変化に, 有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$). P1に, 運動開始から緩やかな減少傾向を認めた. P2は, 運動開始から8分でもっとも大きく減少し, その後緩やかな上昇を示した. P3は, 運動開始から5分まで低下傾向にあり, その後急激な上昇を示した.

(3) 水中トレッドミル歩行とプール歩行の比較

P1の直腸温の変化量の経時的変化に, T1およびT2と同様の变化を認めた. P2の直腸温の変化量の経時的変化に, T1およびT2と比較して, それぞれ有意な差を認めた(いずれも $p < 0.01$). P2の直腸温の変化量の経時的変化に, T3と比較して, 有意な差を認めなかった. P3の直腸温の変化量の経時的変化に, T1, T2およびT3と比較していずれも有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$).

3. 酸素摂取量 (図4)

(1) 水中トレッドミル歩行

T1, T2およびT3において, 酸素摂取量の経時的変化に, 有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$).

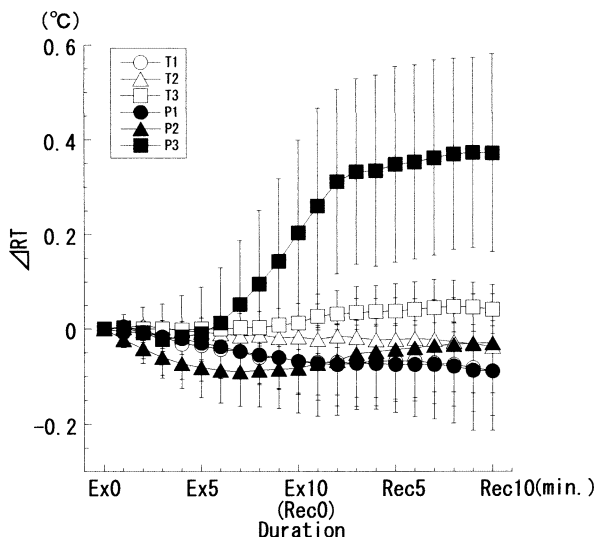


図3 運動期および回復期の相対値直腸温変化 (Ex : 運動期 , Rec : 回復期)
 T1vsT2 p<0.05... Ex 4分 T1vsT3 p<0.05... Ex 4-6, 8, 9分 p<0.01... Ex10~Rec10分
 T1vsP2 p<0.05... Ex 1分 T1vsP3 p<0.05... Ex 8~10分 p<0.01... Rec 1~10分
 T2vsT3 p<0.05... Rec 7~10分 T2vsP2 p<0.05... Ex 1, 3, 4分 p<0.01... Ex 2分
 T2vsP3 p<0.05... Ex10, Rec 1分 p<0.01... Rec 2~10分 T3vsP1 p<0.05... Rec 1分
 T3vsP2 p<0.05... Ex 2~4分 p<0.01... Ex 1分
 T3vsP3 p<0.05... Ex10, Rec 1分 p<0.01... Rec 2~10分 P1vsP2 p<0.05... Ex 1, 2分
 P1vsP3 p<0.05... Ex10, Rec 1, 4~10分 p<0.01... Rec 2, 3分
 P2vsP3 p<0.05... Ex 9, 10, Rec 1~10分

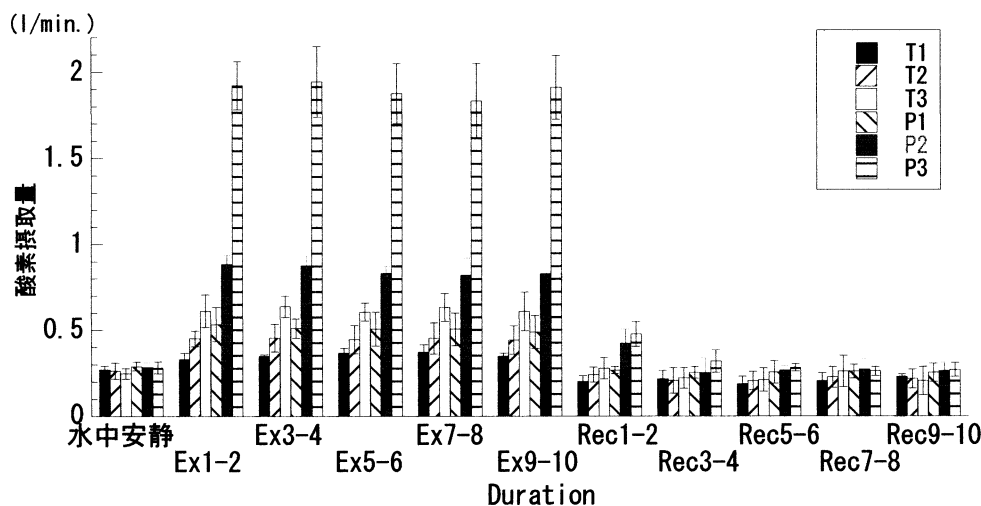


図4 入水後の酸素摂取量変化 (Ex : 運動期 , Rec : 回復期)
 T1vsT2 p<0.05... Ex 3-4, 5-6, 9-10 p<0.01... Ex 1-2
 T1vsT3 p<0.05... 水中安静 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2
 T1vsP1 p<0.05... Ex 5-6~9-10 p<0.01... Ex 1-2, 3-4, Rec 1-2
 T1vsP2 p<0.05... Rec 5-6 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2
 T1vsP3 p<0.05... Rec 3-4 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2, 5-6, 7-8
 T2vsT3 p<0.05... Ex 9-10 p<0.01... Ex 1-2~7-8 T2vsP1 p<0.05... Rec 5-6
 T2vsP2 p<0.05... Rec 5-6 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2
 T2vsP3 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2, 5-6
 T3vsP1 p<0.05... 水中安静, Ex 1-2 p<0.01... Ex 3-4, 7-8
 P1vsP2 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2 P1vsP3 p<0.05... Rec 3-4 p<0.01... Ex 1-2~Rec 1-2
 P2vsP3 p<0.05... Rec 3-4 p<0.01... Ex 1-2, 5-6, 9-10

T1とT2における酸素摂取量の経時的变化に、有意な差を認めた($p < 0.05$)。T2とT3、T1とT3における酸素摂取量の経時的变化に、有意な差を認めた(いずれも $p < 0.01$)。T1は、水中安静に対して最大で1.38倍の増加を示した。T2は、水中安静に対して最大で1.71倍の増加を示し、これはT1の約1.8倍の増加率であった。T3は、水中安静に対して最大で2.49倍の増加を示し、これはT1の約3.9倍、T2の約2.1倍の増加率であった。3条件全ての回復期の平均値は、水中安静を下回った。

(2) プール歩行

P1、P2およびP3において、酸素摂取量の経時的变化に有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$)。P1とP2、P2とP3、P1とP3の酸素摂取量の経時的变化に、有意な差を認めた(すべて $p < 0.01$)。P1は、水中安静に対して最大で1.74倍の増加を示した。P2は、水中安静に対して最大で3.08倍の増加を示し、これはP1の約2.8倍の増加率であった。P3は、水中安静に対して最大で6.65倍の増加を示し、これはP1の約6.8倍、P2の約2.7倍の増加率であった。3条件のうちP1の回復期平均値は、水中安静を下回った。P2は、回復期2分において水中安静と比較して1.48倍の増加を示したが、その後は全て下回った。P3は、回復6分までは水中安静に対して増加を示したが、その後は下回った。

(3) 水中トレッドミル歩行とプール歩行の比較

P1の酸素摂取量の経時的变化は、T1、T2と比較して、有意な高値を示し(いずれも $p < 0.01$)、T3と比較して、有意な差を認めなかった。P2の酸素摂取量の経時的变化は、T1、T2およびT3と比較して、有意な高値を示した(すべて $p < 0.01$)。P3の酸素摂取量の経時的变化は、T1、T2およびT3と比較して、有意な高値を示した(すべて $p < 0.01$)。

4. 水中トレッドミル歩行とプール歩行におけるエネルギー代謝量の比較(図5)

酸素1ℓに対し発生するエネルギーは5kcalである¹⁵⁾ことから、得られた酸素摂取量を元にエネルギー代謝量を算出することが可能である。これらの指標を用いて、具体的な数値目標としての目安とすることができる。エネルギー代謝量は、T1のとき1.77kcal/分、T2のとき2.24kcal/分、T3のとき3.10kcal/分、P1のとき2.55kcal/分、P2のとき4.25kcal/分、P3のとき9.49kcal/分となる。

考 察

水中トレッドミル歩行の場合、水抵抗が速度の2乗に依存する¹⁶⁾ことから、酸素摂取量は以下の(1)式で表される回帰曲線で示すことが可能である。な

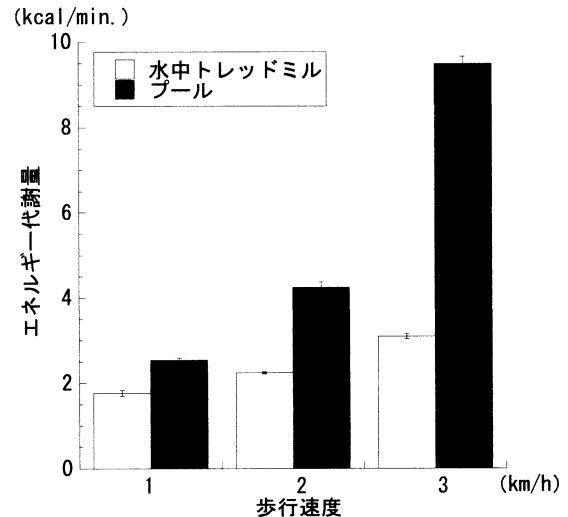


図5 エネルギー代謝量

お、 x は歩速(km/時)、 y は酸素摂取量(ℓ /分)を表す。

$$y = 0.0375x^2 - 0.017x + 0.33 \quad (1)$$

また、プール歩行の場合は(2)式となる。

$$y = 0.3540x^2 - 0.722x + 0.88 \quad (2)$$

このことから、静止水を移動するために必要な前進力は(3)式で表すことができる。

$$y = 0.3175x^2 - 0.705x + 0.55 \quad (3)$$

(3)式から水中歩行時のエネルギー消費量増大には、速度増加における水抵抗の増大が大きく関わっていると考えられる。水抵抗は水中の進行方向の体表面積に相関するものと考えられている。また(1)式および(2)式を用いることによって、水中トレッドミル歩行の酸素摂取量をもとにプール歩行での歩行速度に換算することが可能であると考えられる。このことを活用し、プール設備を持つ施設において、実際のプール歩行を利用者に処方する際に目安となる速度を提示することができると考えられる。

水中トレッドミル歩行において酸素摂取量が0.61ℓ/分(歩速3km/時)の時、10分間の水中歩行は熱損失と比較して熱産生が上回ることから、熱産生が直腸温低下を抑制していると考えられる。また、プール歩行において0.83ℓ/分(歩速2km/時)の時、10分間の水中歩行は熱平衡を保つことができず、直腸温保持が不可能である。1.8ℓ/分(歩速3km/時)の時は熱平衡を保つことができることから、直腸温の低下を抑制することが可能であると考えられる。歩速2km/時におけるプール歩行が歩速3km/時における水中トレッドミル歩行の酸素摂取量を上回って

いるにも関わらず直腸温が低下している。その理由として、前述したように、プール歩行では水中で体を前進させるため、常に攪拌された水が体表面の熱を奪い易い環境にあることがあげられる。そのため、酸素摂取量が多く熱産生も多い場合においても放散熱が上回ることから、直腸温が低下したものと考えられる。

歩速 2 km/時でのプール歩行において、歩行開始から他の群に比較して急速に体温が低下した。このことから、2 km/時でのプール歩行時には歩行初期において水中を前進する際に攪拌された水によって体表面から奪われた熱が運動時に体内で産生される熱を下回ったものと考えられる。この速度では、歩行開始後 8 分で最も体温低下を招き、8 分以降では体温が上昇し、回復期終了後にはほぼ運動開始時の体温に回復した。このことから、プールにおいて 2 km/時での水中歩行を行う場合、10 分間連続で歩行することが体温低下防止になると考えられる。

直腸温は、水中トレッドミル歩行およびプール歩行において、すべての歩行速度で歩行開始後連続的に低下した。歩速 1 km/時および 2 km/時での水中トレッドミル歩行、歩速 1 km/時でのプール歩行において直腸温は運動期終了まで低下し続けた。このことから、これらの速度は水中歩行時の熱産生が体温の平衡を保つために不十分であったと考えることができる¹⁷⁾。また、皮下脂肪や体表面積/容積比、汗腺の応答などの身体的条件が整っていない子ども¹⁸⁾や体温調節機能の低下を起こしている高齢者¹⁹⁾などにとって、運動強度としては最適であっても、低速度での水中歩行は体温低下を招き、運動中の寒さを感じさせる原因にもなりうると思われた。

水中トレッドミルを用いることによって、水中歩行に関する資料を容易に収集することができると考

えられる。静止水は、水抵抗がプール歩行と比較して少ないため、水中歩行導入初期の利用者に必要とされる低強度を設定することができる。さらに、運動速度を正確に設定することができると思われる。

一方で、1 台の水中トレッドミルは 1 名のみ歩行可能であるが、プール施設では同時に多くの利用者が水中歩行を行うことができる。また、静止水の中を移動するプール歩行は、体表面積に依存した抵抗が負荷されるため、水中トレッドミル歩行と比較して高い運動強度を設定することができる。歩行速度は、一定の歩幅を保ち、曲に合わせて歩行することで歩調が整うことから、曲の拍子を運動強度設定の指標として活用することも可能である²⁰⁾。これらのことから、水中トレッドミルとプールの活用の仕方を分けると、より効果的な水中運動を行うことができるものと考えられる。

ま と め

水中トレッドミル歩行およびプール歩行における生理学的指標について比較・検討した。プール歩行は、水中トレッドミル歩行と比較して水抵抗が大きいことから、同じ歩行速度であっても運動強度が高いことが明らかとなった。数式(1)から求めた酸素摂取量を(2)に代入し、水中トレッドミルにおける運動速度と同様の運動強度のプール歩行速度を設定することができることも明らかとなった。これらのことから、水中トレッドミル歩行における指標に加え、実際のプール歩行の指標を提案する。

本研究にご協力頂きました川崎医療福祉大学大学院の中
西洋平さん、大槻桂右さん、関和俊さん、西岡大輔さんに
深く感謝致します。

文 献

- 1) Gleim GW and Nicholas JA: Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking at different depths and temperatures. *Am J Sports Med*, **17**, 248-252, 1989.
- 2) 小野寺昇, 宮地元彦, 矢野博己, 宮川健: 水の物理的特性と水中運動. *バイオメカニクス研究*, **2**(1), 33-38, 1998.
- 3) 小野寺昇, 木村一彦, 宮地元彦, 米谷正造, 原英喜: 水の粘性抵抗が水中トレッドミル歩行中の心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響. *宇宙航空環境医学*, **29**, 67-72, 1992.
- 4) Risch WD, Koubence HJ, Beckmann U, Lange S and Gauer O: The effects of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution and heart rate in man. *Pflugers Arch*, **374**, 115-118, 1991.
- 5) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄藏, 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.
- 6) 小野寺昇, 山元健太, 西村正広, 宮地元彦: 新型水中エルゴメーターを用いた運動負荷時の心拍数と酸素摂取量の変化. *川崎医療福祉学会誌*, **7**, 205-209, 1997.

- 7) Whiteley JD and Sehoene LL : Comparison of heart rate responses water walking versus treadmill walking . *Physical therapy* , **67** , 1501-1504 , 1987 .
- 8) 桶井忠昭 , 高橋繁浩 , 北川薫 , 石河利寛 : 水中及び水中歩行による運動強度の指標としての心拍数 , 運動スピード , 主観的運動強度の有効性 . *東海保健科学* , **9** , 1-9 , 1987 .
- 9) 青葉貴明 , 松本高明 : 水中運動における運動強度と血圧応答の関係 . *国士舘大学体育研究所報* , **22** , 117-121 , 2004 .
- 10) 宮川江里 , 鈴木直子 , 伊原千夏 , 島田美恵子 , 川久保清 , 吉武裕 : 中高年女性の水中歩行時の呼吸循環系および代謝系応答 . *臨床スポーツ医学* , **19** (9) , 1073-1076 , 2002 .
- 11) 近藤和夫 , 辻田孝輔 : 一般のプールと水中トレッドミル歩行の呼吸循環応答の比較 . *理学療法学* . **30** (Suppl 2) , 305 , 2003 .
- 12) 宮川健 , 枝松千尋 , 小野寺昇 : 水中歩行動作の運動学的考察 . *体力科学* , **48** (6) , 760 , 1999 .
- 13) 竹島伸生 , 植屋節子 , 成田誠 , 山本高司 : 高齢者における陸上 , 水中トレッドミル歩行及びプール歩行時の酸素摂取量と心拍数の相違 . *体力科学* , **46** (6) , 719 , 1997 .
- 14) 山地啓司 : 最大酸素摂取量の科学 . 改訂第2版 , 杏林書院 , 東京 , 12-15 , 2001 .
- 15) 池上晴夫 : 運動生理学 . 初版 , 朝倉書店 , 東京 , 42-51 , 1995 .
- 16) 鈴木洋児 : 水中運動の生理学的基礎 . *臨床スポーツ医学* , **20** (3) , 261-270 , 2003 .
- 17) 甲斐美和子 : 水中での体温変化 . *J.J.SPORTS SCI.* , **7** (8) , 505-509 , 1988 .
- 18) 仁科秀則 : IV 章 . 生態の状態が体温調節に影響する c . 成人との違い 1 . 胎児・乳児—体温調節の個体発生 . 入來正躬編 , 体温調節のしくみ , 第1版 , 文光堂 , 東京 , 241-249 , 1995 .
- 19) 入來正躬 : 体温生理学テキスト～わかりやすい体温のおはなし～ . 145-151 , 2003 .
- 20) 星島葉子 , 小野寺昇 , 宮地元彦 , 宮川健 , 西村正広 , 山元健太 , 山口英峰 : 水中運動における曲の拍子が心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響 . *水泳水中運動科学* , **3** , 1-6 , 2000 .

(平成16年11月20日受理)

Changes in Heart Rate, Rectal Temperature and Oxygen Uptake during Treadmill Walking in Water and Walking in a Pool

Kumiko ONO, Michio ITO, Tomiaki KAWAOKA, Hiroshi KAWANO, Daisuke SHIBA, Natsuki SENO, Fumiko TERAWAKI, Masako NAKAJIMA, Kazuki NISHIMURA and Sho ONODERA

(Accepted Nov. 20, 2004)

Key words : treadmill walking in water, walking in a pool, index of under water exercise

Abstract

Indexes for prescribing proper procedure for treadmill walking in water and walking in pools haven't been established. The present study was designed to compare and investigate changes in heart rate, rectal temperature and oxygen uptake walking on a water treadmill (T) and in a pool (P) to gather information for developing an index. Six males (age: 22.7 ± 0.7 yr; $M \pm SD$) volunteered to participate in the study. After resting while standing at poolside and in water for 5 minutes, they walked on a water treadmill or the pool for 10 minutes at 1, 2 and 3 km/h pace. After walking a 10 minute recovery interval was set. Tests were done with water at waist level at a temperature of 29.7 ± 0.7 °C. Heart rate changes for P1 were significantly higher than those for T1 ($p < 0.01$). Changes for P2 and P3 were significantly higher than those for T1, T2 and T3 ($p < 0.01$). The patterns of changes in the relative amount of rectal temperature were similar for P1, T1 and T2. Rectal temperatures for P2 were significantly higher than those for T1 and T2 ($p < 0.01$). P3 were higher than those for T1, T2 and T3 ($p < 0.01$). The changes in oxygen uptake were similar to those for rectal temperature. The data infers that water resistance is greater when walking in the pool so that exercise can be sustained for longer periods on a water treadmill. It can be shown that oxygen uptake (y : ℓ/min) is $y = 0.0375x^2 - 0.017x + 0.33$ for T (x : km/h; walking velocity) and to $y = 0.3540x^2 - 0.722x + 0.88$ for P. It was concluded that oxygen uptake is a good indicator of walking velocity and can be used for developing proper procedures for walking on water treadmills and pools.

Correspondence to : Kumiko ONO

Master's Program in Health and Sports Sciences, Graduate School of Medical Professions, Kawasaki University of Medical Welfare Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.14, No.2, 2005 323-330)