

水中歩行時の体温および主観的温度感覚に及ぼす水温の影響

清水 富弘*・藤島 和孝**・大柿 哲朗**・堀田 昇**
(平成8年4月30日受理)

要 旨

本研究は、水中歩行時における水温条件の違いが体温調節および主観的温度感覚に及ぼす影響を検討することを主たる目的とした。被験者は健康な男子大学生8名であり、その平均の年齢、身長、体重および体脂肪率はそれぞれ 19.0 ± 0.7 歳、 168.2 ± 3.7 cm、 60.8 ± 4.6 kg および $11.1 \pm 2.5\%$ であった。

実験は30分間の陸上安静後、25、30、35℃にそれぞれ設定された水温条件下で60分間歩行運動を行わせた。実験には、回流水槽内にトレッドミルを設置した水中運動負荷装置を用いた。運動強度は、事前に実施した陸上トレッドミル走行から算出した $\dot{V}O_{2max}$ の50%強度に設定した。水位は、各被験者の剣状突起位に統一した。

平均皮膚温は、水温25℃では運動開始10分まで約1℃低下したが、その後は運動終了時まで緩やかに上昇した。水温30℃では陸上安静時から運動開始10分まで定常状態を保っていたが、その後10-20分の間に1.0℃上昇し運動開始後30分からは安定した。水温35℃では陸上安静時から運動開始20分まで上昇傾向を示したがその後は安定した。各実験期間における平均皮膚温の水温条件を比較すると、35℃条件が入水後から運動終了時まで他温より有意に上昇した。また、皮膚部位を比較すると、大腿部皮膚温が最も大きな影響を受け、運動開始10分から終了時まで全水温条件間に有意差が認められた。

直腸温は、入水後から低下現象を示したのは水温25℃の初期10分だけであった。それ以外は全水温条件とも緩やかな上昇傾向を示した。各実験期間における直腸温の水温条件を比較したが、統計学的有意差は認められなかった。

平均体温は、水温25℃では運動開始10分までは低下したがそれ以降は、運動終了時まで0.6℃の幅で漸増した。水温30℃では、運動開始10分までは安静時の状態を保っていたが、運動開始後10-20分にかけて上昇し、その後はわずかに上昇した。水温35℃は、運動開始から30分にかけて上昇した。各実験期間における平均体温の水温条件を比較すると、35℃条件が入水後から運動終了時まで他温より有意に高かった。また、運動開始10分後からは全水温条件間に有意差が認められた。

KEY WORDS

Walking in water 水中歩行, Skin temperature 皮膚温, Rectal temperature 直腸温
Body temperature 体温

* 生活・健康系教育講座

** 九州大学健康科学センター

緒 言

近年、健康づくりや運動療法の目的で水中での運動を実践する人々が増加⁴¹⁾している。水を利用した運動療法の成果は、適切な運動強度や運動時間を設定することにより、骨・関節障害および内科疾患にその効果が期待できることが数多く報告されている^{2,3,9,21,24,28,29)}。水中運動でもとりわけ水中歩行は、特別な運動技術を必要としないで年齢、対象を問わず実施できる処方プログラムのひとつであるために、水中歩行が現場で主流となっている。萩原¹⁴⁾は、大腿骨骨折の患者に対し術後2-3週目からの水中歩行がその後の回復に良好であったことを、また堀田ら¹⁹⁾は、高齢患者で自立歩行のできない低体力者に対しての水中歩行が有効であったことを報告している。

水中運動は、水温、抵抗、浮力、水圧などの水の持つ物理的特性^{34,46)}に大きく影響を受ける。中でも水温の人体に与える影響は大きく、水泳および水中運動において、水温条件の影響を検討した研究は、Pugh と Edholm⁴²⁾の海峡横断泳者たちを対象とした研究から現在に至る40年間に継続的に報告されている^{7,8,11,12,20,25,30,32,45)}。しかし、水温条件を説明変数とした水中歩行時の生理学的応答の報告はわずかに散見^{13,26,36,39)}できるものの、今後の水中歩行における運動処方に応用できるような再現性の高いデータの蓄積が急がれる。

従来の研究から、水中歩行に関する研究の実験条件の設定には大きく3通りに分けることができる。つまり、被験者とともに関者も移動しながらデータを収集する方法、移動しないで水槽内を足踏み状態で行う方法および水槽内にトレッドミルを設置する方法である。水中歩行の処方のためのデータを蓄積するためには、多段階の運動強度を設定する必要があるため、今後は、水槽内にトレッドミルを設置する方法を採用する報告が増加するものと思われる。しかし、本研究はこの水中トレッドミル条件に加え、歩行速度に同調した水流が提供できる装置を採用した。なぜなら、水中を歩く物体は陸上の同一運動に比して790-800倍の抵抗^{2,46,48)}を受ける。また、水中を立位で進行すると、人体は液体の不規則な渦流またはカルマン渦の影響を受け、その摩擦抵抗は進む速さの2乗に比例^{10,48)}する。また、この水流条件が低水温の場合は体温低下の促進^{44,45)}につながる。このような対流、流圧等の水の物理的特性は、水中歩行時の環境として無視できないほど身体に影響を及ぼすことが予想されるからである。

本研究では、今後の水療法やリハビリテーションのための運動処方作成に有効な資料を作成することを目的として、水流下における水中歩行時の異なる水温条件が体温変動および主観的体温感覚に及ぼす影響を検討した。

方 法

1. 被 験 者

被験者は大学の運動部に所属し、1日2-3時間、週5日間の定期的なスポーツトレーニングを行っている健康な男子大学生8名であった。実験に先立ち被験者に実験内容を十分に説明し、同者から実験の同意を得た。被験者の身体的特性および陸上での最大運動負荷テスト（漸増トレッドミル走行）から求めた $\dot{V}O_{2max}$ をTable1に示した。

Table 1. Physical characteristics and $\dot{V}O_{2max}$ of the subjects.

Name	Sex	Age (Yrs)	Height (cm)	Wight (kg)	%Fat* (%)	$\dot{V}O_{2max}$ ** (L/min)
BAB	m	19	173.9	66.7	8.4	3.3
KAW	m	19	167.5	65.1	15.0	3.3
KGH	m	18	166.4	57.7	10.2	3.1
KGH	m	20	164.9	60.8	11.4	3.7
MIT	m	20	167.2	58.5	12.0	2.9
SIR	m	19	169.8	55.9	7.0	2.8
TAN	m	18	173.1	67.2	14.0	3.2
WAT	m	19	162.5	54.8	11.0	3.0
Mean		19	168.2	60.8	11.1	3.2
SD		0.7	3.7	4.6	2.5	0.3

*%Fat was estimated by B-mode ultra sound wave method.

** $\dot{V}O_{2max}$ was measured by incremental treadmill running on land.

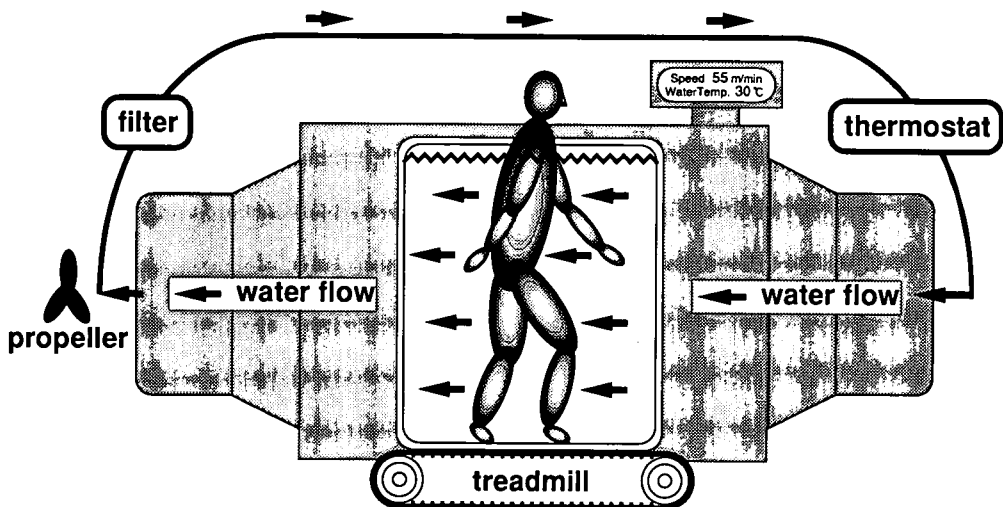


Fig. 1. The schema of water walking flume "FLOWMILL".

2. 運動負荷条件および実験手順

水中歩行は、Fig.1に示すような回流水槽内にトレッドミルを設置した水中運動負荷装置フローミルFM-1200D（ジャパンアクアテック社製）を使用した。水中歩行開始から酸素摂取量をモニターし、約10分間で50% $\dot{V}O_{2max}$ に相当する強度になるように歩行速度を調節した。水流は歩行速度に同調させ、被験者の前方から施した。水位は各被験者の剣状突起位に統一し、水流のために少し歩きにくくなるので、被験者の両側にある固定手すりに両手を触れた状態で実施した。水温の設定は、25、30および35°Cの3条件とした。実験中は常時水温計のモニターを観察し、水温が一定に保たれるようにした。

実験の手順は、陸上で30分間の安静を保った後に回流水槽に入り、その後水中を60分間歩行

Table 2. Skin temperatures (chest, arm, thigh) during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C. Each date shows the mean and SD (n=8).

Skin temperature (°C)						
	Chest		Arm		Thigh	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
25°C						
Rest on land	33.60	0.74	32.75	0.79	32.44	1.15
0min	33.67	0.83	32.71	0.65	30.64	1.15
10min	33.75	0.97	32.74	0.94	29.19	1.25
20min	33.91	0.90	32.90	1.16	29.39	1.35
30min	34.08	1.01	33.20	1.42	29.43	1.41
40min	34.43	1.17	33.66	1.78	29.59	1.60
50min	34.88	1.08	34.31	1.79	29.80	1.74
60min	35.01	1.00	34.60	1.68	29.94	1.75
30°C						
Rest on land	33.26	0.73	32.60	0.72	32.94	0.40
0min	33.31	0.56	32.28	0.76	32.36	0.42
10min	33.59	0.91	32.53	0.66	31.95	1.02
20min	34.65	0.88	34.04	1.04	32.45	1.32
30min	34.88	0.98	34.78	1.10	32.63	1.39
40min	34.90	0.92	35.05	1.06	32.65	1.42
50min	34.93	0.83	35.06	0.93	32.72	1.38
60min	34.98	0.70	35.21	0.83	32.81	1.39
35°C						
Rest on land	33.56	0.37	32.67	0.60	33.42	1.27
0min	33.61	0.26	32.61	0.48	34.78	0.53
10min	35.05	0.82	34.14	0.63	35.98	0.45
20min	35.76	0.37	35.68	0.41	36.16	0.37
30min	35.83	0.36	35.73	0.44	36.18	0.36
40min	35.93	0.35	35.89	0.42	36.19	0.37
50min	35.86	0.35	35.81	0.45	36.16	0.38
60min	35.80	0.37	35.98	0.41	36.22	0.37

した。被験者は1日に1回の歩行負荷を行い、異なる水温条件での実験は日を変えて実施したが、一定の水温における浸水時の体温調節反応は日周変動の影響を受ける³³⁾ことがあるために同一被験者の実験開始時刻については統一した。実験中の室温および相対湿度はそれぞれ $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、 $56.0 \pm 0.4\%$ であった。

3. 測定および分析

体温の指標として、胸部、上腕部、大腿部の皮膚温および直腸温は陸上安静時から運動終了時まで連続して測定した。測定には、多目的携帯用情報記録装置 VMM-67 (VINE 社製) を用い1分毎に連続記録した。各部位皮膚温の測定には、体表用断熱カバー (日本光電工業社製) およびトランスパレント (スリーエム社製) を用い、測定部分への浸水を防いだ。また直腸温は、体温測定用カニューレを直腸へ挿入し測定した。

これらの測定値から平均皮膚温および平均体温を算出した。平均皮膚温は、Roberts ら⁴³⁾の〔胸部皮膚温 $\times 0.43$ 〕+〔上腕部皮膚温 $\times 0.25$ 〕+〔大腿部皮膚温 $\times 0.32$ 〕から算出した。

また平均体温は、Kruk ら²³⁾、Wilmore & Costill⁵²⁾の〔(平均皮膚温 $\times 0.4$) + (直腸温 $\times 0.6$)〕から算出した。

被験者の主観的温度感覚の経時的変化については、大道ら^{38,39)}の RTS (Rate thermal sensation) 尺度を使用した。

発汗量の推定として、入水直前および入水直後における体重を測定した。入水前後の体重測定をする間に、飲食や排尿など体重の増減をもたらす行為は行わなかった。

4. 統計処理

体温に関する測定結果は、まず各被験者ごとの毎分の値を調べ、データに欠損値や異常値がないことを確認して、陸上安静時および運動開始から終了時まで10分毎における被験者の平均値、標準偏差を算出した。平均値の差の検定は、対応のあるステュデントの t 検定を用い、有意水準は5%とした。

結 果

1. 体 温

1) 平均皮膚温

胸部 (Tchest)、上腕部 (Tarm)、大腿部 (Tthigh) の皮膚温の平均値と標準偏差を Table 2 に示した。皮膚温の変化における皮膚部位間を比較すると大腿部が最も大きな影響を受け、運動開始10分から終了時まで全水温条件間に有意差が認められた。

3 部位の皮膚温から算出した平均皮膚温の経時的変化を Fig. 2 に示した。水温 25°C では運動開始10分まで約 1°C 低下したが、その後運動終了時まで緩やかに上昇した。水温 30°C では陸上安静時から運動開始10分まで定常状態を保っていたが、その後10-20分の間に約 1°C 上昇し、運動開始後30分からは $34.1\text{--}34.3^\circ\text{C}$ の間で安定した。水温 35°C では、陸上安静時から運動開始20分まで上昇傾向を示したが、その後は $35.8\text{--}36.0^\circ\text{C}$ の間で安定した。各実験期間における平均皮膚温の水温条件を比較すると、 35°C 条件が入水後から運動終了時まで他温より有意に上昇した。

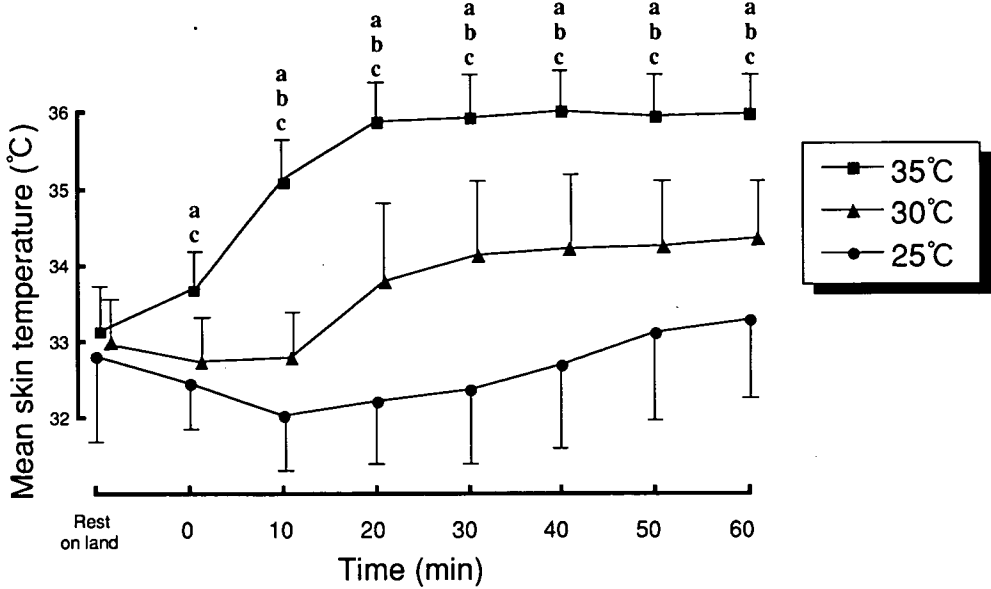


Fig. 2. Changes of mean skin temperatures during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C. Each data point represents the mean \pm SD (n=8).
 a: 25 vs 35°C, b: 25 vs 30°C, c: 30 vs 35°C ($p < 0.05$ between temperatures).

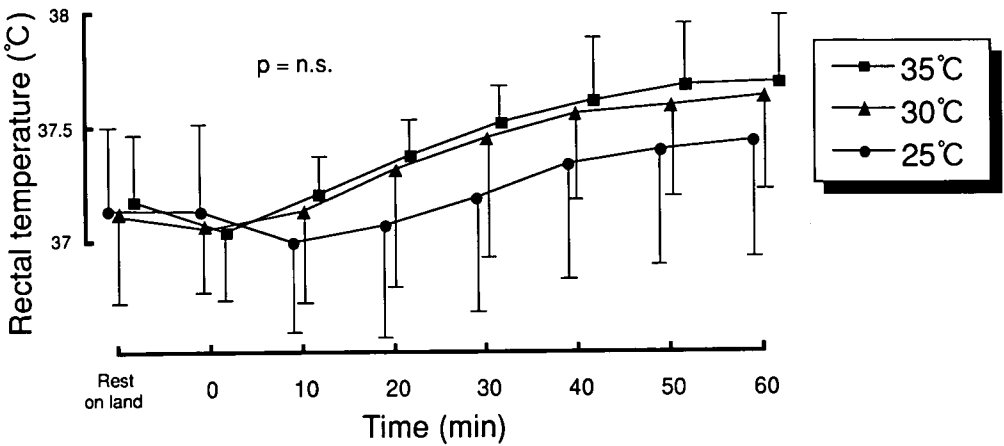


Fig. 3. Changes of rectal temperatures during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C. Each data point represents the mean \pm SD (n=8).
 No significant differences at 25 vs 35°C, 25 vs 30°C and 30 vs 35°C.

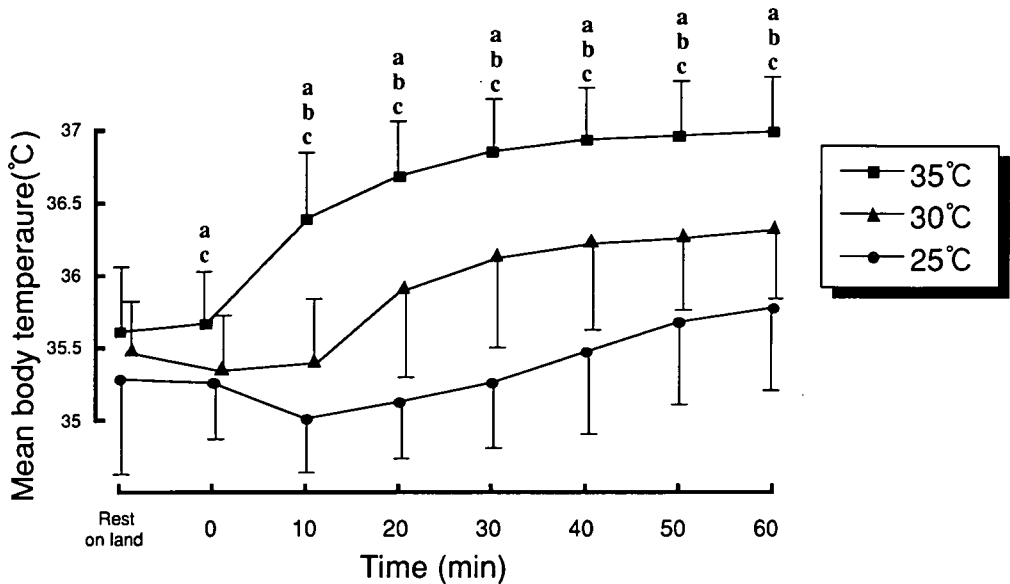


Fig. 4. Changes of mean body temperatures during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C. Each data point represents the mean \pm SD (n=8).
a: 25 vs 35°C, b: 25 vs 30°C, c: 30 vs 35°C ($p < 0.05$ between temperatures).

2) 直腸温

直腸温の経時的変化を Fig.3に示した。運動開始から低下現象を示したのは、水温25°Cの初期10分だけであった。それ以外は全水温条件とも緩やかな上昇傾向を示した。最高温と最低温の幅は、水温25, 30, 35°Cの順に0.5, 0.6, 0.7°Cであった。各実験期間における直腸温の水温条件を比較したが、統計学的有意差は認められなかった。

3) 平均体温

平均体温の経時的変化を Fig.4に示した。水温25°Cでは運動開始10分までは低下したがそれ以降は、運動終了時まで0.6°Cの幅で漸増した。30°Cでは運動開始10分までは安静時の状態を保っていたが、運動開始後10-20分にかけて上昇し、その後はわずかに上昇した。35°Cでは運動開始から30分にかけて上昇した。各実験期間における平均体温の水温条件を比較すると、35°C条件が入水後から運動終了時まで他温より有意に高かった。また、運動開始10分後からは全水温条件間に有意差が認められた。

2. 主観的温度感覚 (RTS)

Fig.5に被験者の主観的な温度感覚の経時的変化を示した。被験者が入水してから水中歩行が終了するまでの期間に、最高値と最低値との幅が大きかったのは、25>30>35°Cの順であった。水温条件による差を検討すると運動開始から20分では全水温で、30-40分では25°Cと他温との間に、50-60分では25と35°Cとの間において有意差が認められた。

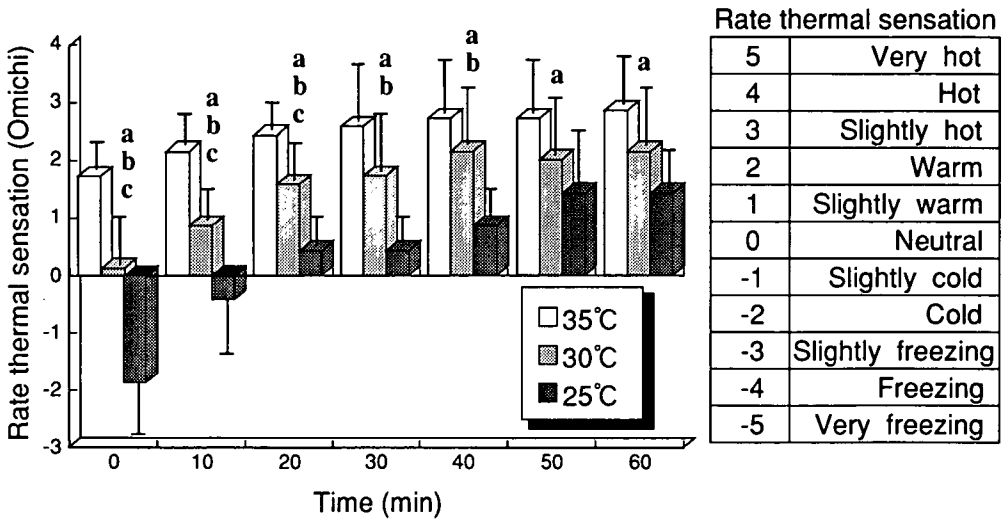


Fig. 5. Changes of RTS during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C. Each data point represents the mean ± SD (n=8). a: 25 vs 35°C, b: 25 vs 30°C, c: 30 vs 35°C (p<0.05 between temperatures).

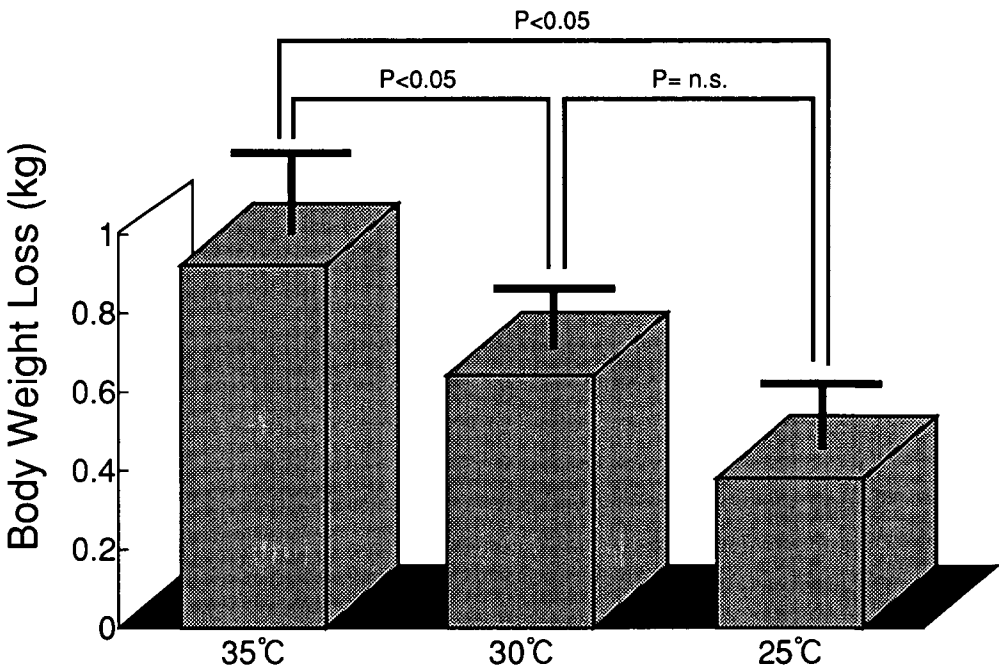


Fig. 6. Difference of body weight between before and after walking in water at 25, 30 and 35°C. Each data point represents the mean ± SD (n=8).

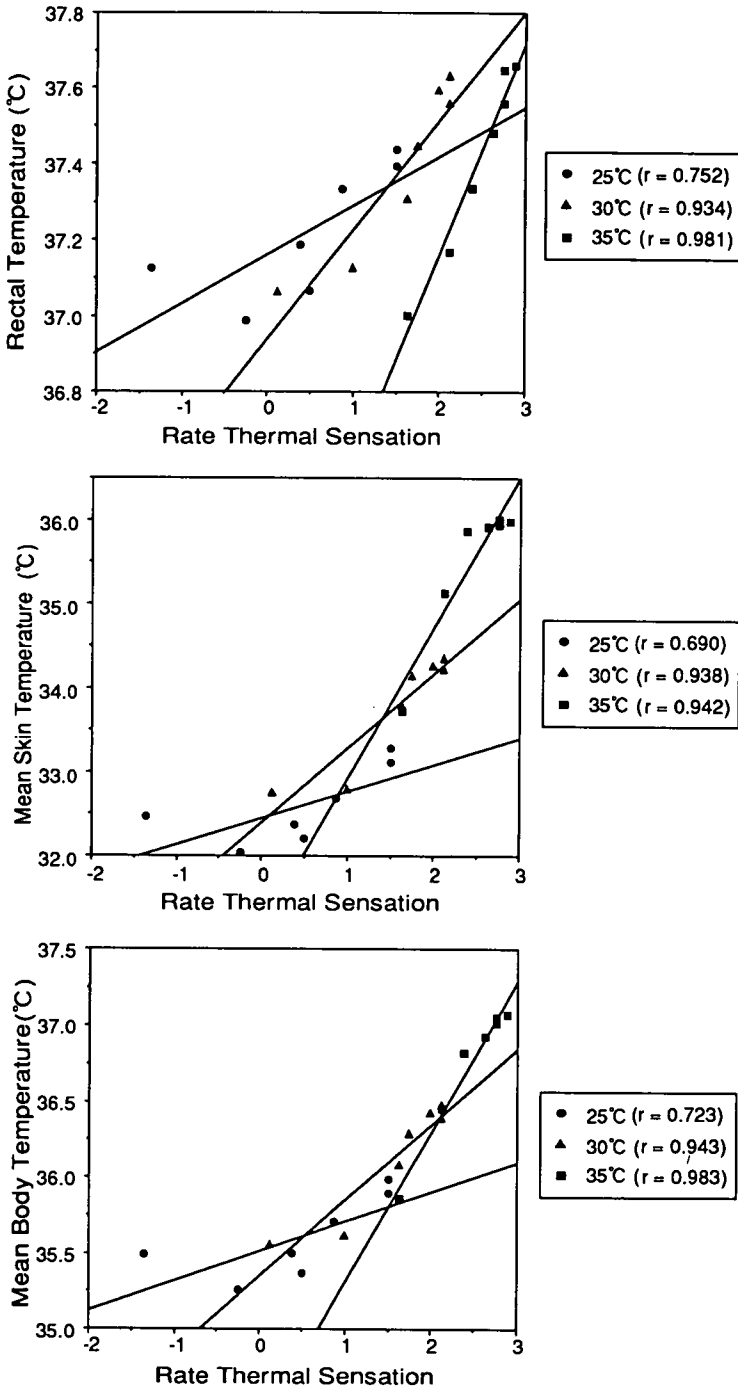


Fig. 7. Correlation between RTS and rectal, mean body and mean skin temperatures during treadmill walking in water at 25, 30 and 35°C.

3. 体温と RTS の関係

Fig. 7に3種体温とRTSの相関図を示した。各水温別にみた3種体温の相関係数の平均値は、25℃が0.72、30℃が0.94、35℃が0.97であった。また直腸温、平均皮膚温および平均体温の全てにおいて相関係数が高かったのは、35>30>25℃の順であり、25℃と他温との間に有意差が認められた。すなわち、水温30および35℃条件下では体温とRTSとの間に高い連関が認められた。

4. 体重の変動

Fig. 6に入水前および入水後の体重差を表した。図で示すように、体重は水温35℃、30℃および25℃の条件下で920g、640gおよび380gそれぞれ減少し、水温条件が高いほど体重減少(発汗量)が大きい傾向が認められた。なお、35と25℃との間および35と30℃との間に有意差が認められた。

考 察

平均皮膚温、直腸温および平均体温に対して水温条件を比較したところ、平均皮膚温および平均体温に大きな影響を与えたのは大腿部皮膚温の経時的変化であった。水中での運動処方、水の浮力を有効に利用することが多いことから、大腿部が浸水しないことは極めて希である。そうすると、水中運動の際の体温調節反応を左右する大腿部をはじめ、浸水している部位の皮膚温に影響を与える水温は、慎重に設定しなければならないことになる。

実験中、特に運動負荷の後半期には、ほとんどの被験者の前額部および後背部から発汗の出現が顕著に観察されたが、実験前後の体重差から判断すると、浸水部位からの無効発汗も活発に行われていたことが推察された。体重減少から水中歩行中の発汗量を推定すると、水温が高いほど発汗量が増加する傾向が認められた。

直腸温が運動開始10分から緩やかな上昇を開始したのは、程度差はみられるもののその頃から熱放散が不十分なために深部温の上昇を誘発したことが考えられる。この深部温を中心とする体温の上昇が心拍数に影響を及ぼすことが報告されている^{12,18)}ことから、thermoneutralな水温として28-31℃の水温がよく用いられている^{3,6,13,36,40)}。本結果からも同じ傾向が得られた。すなわち、25℃条件下では大腿部皮膚温が2.5℃の低下を招くこと、また35℃条件下では平均体温を安静時から1.4℃以上上昇すること、0.92±0.2kgの体重減少が起こったこと等から25℃、35℃ともに身体的ストレスが高進することが予想され、比較的長時間にわたる水中歩行時の水温は、30℃を中心とした温度帯がthermoneutralとして標準化できることが示唆された。

反対に深部温の低下を考えると、小野寺³⁶⁾は、本実験とほぼ同速度で45分間の水中歩行において水温22および30℃の比較を行い、直腸温は22℃で低下、30℃で上昇傾向が認められたと報告している。本結果と重ね合わせると、45-60分間の比較的長時間で低強度の水中歩行での直腸温低下は、水温22℃以上25℃未満の温度帯から開始することが推察された。

体温とRTSとの関係を検討したところ、30および35℃の水温下では非常に高い相関係数での連関が認められた。このように、一定の尺度を活用し、被験者の主観的な応答を記録・蓄積し、生理学的な反応との関係を検討することによって、今後水中運動に適した運動処方の提供

が可能となることが本研究から示された。

謝 辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました(株)ジャパンアクアテックの皆様に心からお礼申し上げます。

引用・参考文献

- (1) Amelung, W.. and Hildebrandt, G. (1985) : *Balneologie und medizinische klimatologie. Band 2 Balneologie.* Springer-Verlag, Berlin. 61-78.
- (2) 浅沼義英, 藤屋秀一, 井出盛, 美甘達, 阿岸祐幸(1990) : 水中運動—その特徴と疾患応用. *体力科学*, 39, 14-21.
- (3) Bishop, P.A., Fraizier, S., Smith, J., and Jacobs, D. (1989) : Physiologic response to treadmill and water running. *Phys. Sportsmed.* 17. 87-94.
- (4) Blanche, W.E. (1978) : Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. *Res. Quart.* 49. 442-449.
- (5) Borg, G. (1970) : Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehab. Med.* 2 . 92-98.
- (6) Christie, J L., Sheldahl, L. M., Tristani, F E., Wann, L. S., Sagar, K. B., Levandoski, S. G., Ptacin, M. J., Sobocinski, K. A. and Morris, R. D. (1990) : Cardiovascular regulation during head-out immersion exercise. *J. Appl. Physiol.*, 69, 657-664.
- (7) Craig, A.B. Jr., and Maria, D. (1969) : Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1. 124-130.
- (8) Costill, D. L., Cahill, P.J., and Eddy, D. (1967) : Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperature. *J. Appl. Physiol.*, 22, 628-632.
- (9) Danneskiold-Samsøe, B., Lyngberg, K., Risum, T. and Telling, M. (1987) : The effect of water exercise therapy given to patients with rheumatoid arthritis. *Scand. J. Rehab. Med.*, 19 : 31-35.
- (10) Duffield, M.H. (1976) : *Exercise in water*, The Cassell & Collier Macmillan Publishers, London.
- (11) 藤島和孝, 清水富弘, 大柿哲朗, 堀田昇, 金谷庄藏, 正野知基(1993) : 長時間水泳時での水温条件が生理的諸反応に及ぼす影響. *デサントスポーツ科学*, 14, 201-208.
- (12) Galbo, H., Houston, M.E., Christensen, N.J., Nielsen, H.B., Nygaard, E., and Suzuki, J. (1979) : The effect of water temperature on the hormonal response to prolonged swimming. *Acta physiol. scand.*, 105, 326-337.
- (13) Gleim, G.W. and Nicholas, J.A. (1989) : Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am. J. Sports Med.*, 17, 248-252.
- (14) 萩原博嗣, 新しいプール治療装置の開発およびその使用経験. *整形外科と災害外科*, 38, 1819-1822, 1990.

- (15) 服部一郎(1974) : 水治療法. リハビリテーション技術全書, 医学書院, 163-185.
- (16) 林石松, 折笠敏, 伊藤朗(1991) : 水中ランニング運動が腎臓機能に及ぼす影響. 体力科学, 40, 48-59.
- (17) Hertig, B. A., Riedesel, M.L., and Belding, H.S. (1962) : Time course of sweating in warm baths. In : Advance in Biology of Skin, 3, 213-228. Pergamon Press, Oxford.
- (18) Holmer, I. and Bergh, U.(1974) : Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. J. Appl. Physiol., 37, 702-705.
- (19) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄藏, 萩原博嗣(1993) : 術後低体力者に対する水中での運動療法. 健康科学, 15, 57-61.
- (20) 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄藏, 藤島和孝, 清水富弘, 正野知基(1993) : 3種類の異なる水温下での低強度長時間水泳時の心拍・血圧応答. 健康科学, 15, 63-68.
- (21) 金谷庄藏, 堀田昇, 大柿哲朗, 藤島和孝, 正野知基, 清水富弘, 萩原博嗣, 藤野武彦(1993) : 水中歩行負荷心電図の試み. 健康科学, 15, 69-74.
- (22) 加藤好信, 永田晟(1992) : 流水プールによる運動プログラム. Jpn. J. Sports Sci.. 11. 568-572.
- (23) Kruk. B., Pekkarinen, H., Manninen, K. and Hanninen, O. (1991) : Comparison in men of physiological response to exercise of increasing intensity at low and moderate ambient temperatures, Eur. J. Appl. Physiol., 62, 353-357.
- (24) Levin, S. (1991) : Aquatic therapy-A splashing success for arthritis and injury rehabilitation. Phys. Sportsmed., 19. 119-126.
- (25) McArdle, W.D., Magel, J.R., Lesmes, and G.R.,Pechar, G.S. (1976) : Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25. and 33°C. J. Appl. Physiol., 40, 85-90.
- (26) 右田孝志, 堀田昇, 大柿哲朗, 金谷庄藏, 藤島和孝, 増田卓二(1996) : 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.
- (27) 宮本忠吉, 藤本繁夫, 栗原直嗣, 金尾顕郎, 辻英次, 前田如矢(1994) : 健常者における頸椎水位と横隔膜水位の動的および静的肺機能に及ぼす影響. 体力科学, 43, 155-161.
- (28) 森健躬, 武藤芳照(1983) : 骨・関節療法と水泳. 水泳療法の理論と実際, 金原出版, 149-158.
- (29) 武藤芳照, 森健躬(1986) : 骨・関節障害を有する者への運動処方—水泳療法を中心として—. Jpn. J. Sports Sci.. 5. 714-721.
- (30) Nadel. E.R.. Holmer.I.. Bergh.U.. Astrand. P.O.. and Stolwijk. J. (1974) : Energy exchanges of swimming man. J. Appl. Physiol.. 36. 465-471.
- (31) 中山彰一, 高柳清美, 浜田哲郎, 大野寿子, 堤文生, 吉村理, 萩原博嗣(1989) : 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, 33-43.
- (32) Nielsen. B.. and Davies. C.T.M. (1976) : Temperature regulation during exercise in water and air. Acta physiol. scand.. 98. 500-508.
- (33) 丹羽健市(1992) : 漫水安静時における体温調節反応の日周変動. 体力科学, 41, 255-260.
- (34) 野村武男, 清水富弘(1993) : アクアフィットネスマニュアル. ベースボールマガジン社, 9-24.
- (35) 小川徳雄(1981) : 蒸発性熱放散. 中山昭雄編著, 温熱生理学, 理工学社, 135-166.
- (36) 小野寺昇, 宮地元彦, 矢野博巳, 木村一彦, 中村由美子, 池田章(1993) : 水の粘性抵抗と

- 水温が水中トレッドミル歩行中の酸素摂取量及び直腸温に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌, 3, 167-174.
- (37) 小野寺昇, 宮地元彦, 木村一彦, 米谷正造, 中村由美子(1993): 水中トレッドミルを用いた水中歩行時の粘性抵抗と水位の変化がエネルギー代謝量へ与える影響. デサントスポーツ科学, 14, 100-104.
- (38) 大道等, 岩崎輝雄, 宮下充正(1983): 水中エルゴメーターの試作. 体育の科学, 33, 477-482.
- (39) 大道等, 大城戸道生, 岩崎輝雄(1984): 入浴時の生理的反応. 体育の科学, 34, 502-509.
- (40) 大道等, 山本利春(1987): 水中運動の生理的強度とその力学的基礎. 理学療法, 4, 255-264.
- (41) 太田壽城(1994): 民間健康増進施設を活用したアクアプログラムの開発事業・事業報告書. 健康保険組合連合会, 3-10.
- (42) Pugh. L.G. and Edholm. O.G. (1955): The physiology of channel swimmers. Lancet, 2, 761-768.
- (43) Roberts, M. F., Wenger, C. B., Stolwijk, J. A. J., and Nadel. E. R. (1977): Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. J. Appl. Physiol., 43, 133-137.
- (44) 清水富弘, 藤島和孝, 正野知基(1992): 低水温下における遠泳中の体温調節反応. 体育の科学, 42, 557-560.
- (45) 清水富弘, 藤島和孝, 大柿哲朗(1996): 保温水着が女性水泳指導者の体温および血液性状に及ぼす影響. デサントスポーツ科学, 17, 201-208.
- (46) 杉元雅晴(1991): 水治療法. 理学療法ハンドブック改訂第2版, 共同医書出版社, 1163-1196.
- (47) 田原靖昭, 西澤昭, 綱分憲明, 萩原博嗣, 小倉理一(1990): 水中トレッドミル歩行のエネルギー代謝量, RMR 及び Mets. 九州スポーツ医科学会誌, 2, 1-5.
- (48) 高橋伍郎(1983): 水泳における身体動作. Jpn. J. Sports Sci., 2, 518-526.
- (49) Town, G.P. and Bradley, S.S. (1991): Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. Med. Sci. Sports Exerc., 23, 238-241.
- (50) Weston, C.F., O'Hare, J.P., Evans, J.M. and Corral, R.J.M. (1987): Hemodynamic changes in man during immersion in water at different temperatures. Clin. Sci., 73, 613-616.
- (51) Whitley, J.D., and Schoene, L.L. (1987): Comparison of heart rate response to water walking versus treadmill walking. Physical Therapy, 67, 1501-1504.
- (52) Wilmore, J. H., and Costill, D. L., (1994): Physiology of sport and exercise. 242-265, Human Kinetics.

Effects of water temperatures to thermal responses of the body during walking in water

Tomihiro SHIMIZU*, Kazutaka FUJISHIMA**
Tetsuro OGAKI**, Noboru HOTTA**

ABSTRACT

The purpose of the present study was to compare thermal responses of the body on different temperatures. Eight healthy men were the subjects in this experiment, and they were in average 19.0 ± 0.7 in age, 168.2 ± 3.7 cms in height, 60.8 ± 4.6 kgs in weight, and $11.1 \pm 2.5\%$ in body fat.

The subjects first rested on land for 30 min. then walked on the water treadmill, "Flowmill" (made by Japan Aquatec Co., Ltd.), for 60 minutes with water level set at xiphisternum for each subject under waer temperature et 25, 30, and 35°C. All subjects were tested under the burden of $50\% \dot{V}O_{2max}$, which was calculated from the treadmill walking on land.

The results of the mean skin temperature showed: At 25°C water temperature, it decreased at 1°C until 10min. from the start fo walking in water and increased gradually afterwards. At 30°C, it increased at 1°C during 10-20min. of walking in water and stabilized after 30 min. At 35°C, it increased continuously until 20 min. of walking in water and stabilized afterwards.

These mean skin temperature results under different water temperature conditions showed statistically significant differences from 10 min. until the end of walking in water.

Results fo the rectal temperature showed gradual increases during walking in water except during first 10 min. at 25°C. No statistically significant differences were detected among different water temperature conditions.

The results of mean body temperature showed: At 25°C it decreased until 10 min. of walking in water and increased gradually at 0.6°C in every 10 min. afterwards until the end of walking in water. At 30°C, it increased rapidly duing 10-20 min. of walking in water and gradually increased afterwarda. At 35°C, it increased continuously until 30 min. of walking in water. Under different water temperature conditions, the body temperature showed statistically significant differences at the beginning of walking in water at 35°C compared with other water temperatures. From 10 min. until the end of walking in water, statistically significant differences of the body temperature were detected among different water temperature.

* Division of Physical Education, Home Economics and Technology Education:
Department of Health and Physical Education

** Institute of Health Science, Kyushu University