

海水温浴および動水温浴が体温変動に及ぼす影響

清水 富弘*・藤島 和孝**・大柿 哲朗**・堀田 昇**
右田 孝志**・青山 秀幸***・富田 真理子***

(平成7年10月31日受理)

要 旨

本研究は、海水および動水が温水浴時の体温調節反応に及ぼす影響を検討することを主たる目的とした。被験者は健康な成人男性6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 33.3 ± 2.6 歳、 168.8 ± 6.3 cm、 69.6 ± 11.9 kgおよび $16.3 \pm 4.5\%$ であった。実験は、水温 38.5°C に設定された「海水・動水」「海水・静水」「真水・動水」「真水・静水」の4条件下で20分間の入浴後、30分間の回復をとった。

直腸温は、全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴10分では潜熱現象を示したが、出浴20分からはゆるやかな下降傾向を示した。有意に直腸温を上昇させる結果を示したのは海水条件だった。

平均皮膚温は、全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴10分以内に急速に下降傾向を示し、その後はゆるやかな低下を示した。

平均体温は、全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を、また出浴直後には急速に下降傾向を示し、その後はゆるやかな低下を示した。他条件と比較して有意差が認められたのは、海水と動水を組み合わせた条件「海水・動水」であった。

以上のように一般（真水）の温浴時と比較した場合に、直腸温を有意に上昇させるのは海水温浴、また平均体温を有意に上昇させるのは海水温浴と動水温浴の併用であった。

KEY WORDS

Sea water 海水, Bathing 入浴, Rectal temperature 直腸温

Skin temperature 皮膚温, Body temperature 体温

緒 言

一般的な温水浴が身体に与える様々な作用としては、水のもつ高い熱伝導率によるもの（温熱効果）、水压によるもの（水压効果）、浮力によるもの（浮力効果）^{1,16,17,18,19}）があげられる。しかし、この温水浴を健康の維持・回復、リハビリテーション、さらには運動したくても通常の運動が自身の力だけでは困難な人のための「パッシブヘルス（passive health）」の展開として

* 生活・健康系教育講座

** 九州大学健康科学センター

*** 富田製薬株式会社

位置づけるならば、温泉水のようなミネラルの含有物や粘性（成分効果）および圧注浴、渦流浴、流水浴などのような水の動き（動水効果）などの作用も検討されなければならない。なぜなら、フランスのタラソテラピーセンターやドイツのクアオルトでは海洋療法および水中運動療法が、専門医や専門療法士によって普及しており患者に好結果をもたらしている実績^{2,11,15)}を見過ごすことはできないからである。

近年の研究では、塩類が皮膚被膜を形成することによって体温の保温効果が高まることが報告^{5,13,18)}されているように海水や温泉の持つ成分効果の検討がすすんでいるが、海洋療法として海水中で運動を行う場合は、人体に水流圧が加わる。つまり、成分および動水の二重の効果を受けることになる。

本研究は、今後の温水浴での運動療法の参考になる資料を作成することを目的として、海水温浴および動水温浴における体温変動について各々検討し、さらに海水と動水を併用した温浴の効果について検討した。

方 法

1. 被 験 者

被験者は年齢30～36歳の健康な成人男性6名であった。被験者の平均の年齢、身長、体重および体脂肪率はそれぞれ 33.3 ± 2.6 歳、 168.8 ± 6.3 cm、 69.6 ± 11.9 kgおよび $16.3 \pm 4.5\%$ であった。

2. 実 験 手 順

温水浴の条件は、「海水・動水」「海水・静水」「真水・動水」「真水・静水」の4条件に分けた。すなわち、成分効果は海水および真水で検討し、動水効果は動水および静水で検討した。なお、「海水・静水」「真水・静水」の両条件のみの比較¹³⁾については、別に報告されている。

被験者は、陸上で30分間の安静を保った後、上記の4条件下で20分間の入浴を行い、その後、室温条件下で30分間の回復をとった。

実験期間は1994年8月13日から15日であったが、同一被験者による各条件下での実験は同一日に行った。各条件の試行間には少なくとも1時間以上の休息時間を入れ、毎分表示される直腸温が安静時レベルに回復し、それが5分間以上安定したことを確認した後、他の条件における実験を開始した。日内動揺の影響⁶⁾をできるだけ避けるため全被験者とも実験時間帯を統一して実施した。

浴槽は、水流を生じさせることのできるFRP製の動水浴槽「アクアエレガンス」（ジャパンアクアテック製）を使用した。被験者は、入浴時に脚を少し曲げた半仰臥位の姿勢をとり、陸上の安静時および回復時には、リクライニングチェアを使用して、入浴時と同様の姿勢を保った。入浴時の水位は、鎖骨部位が浸水する程度とした。

入浴時の水温は、実験開始時が 38.5°C になるよう統一した。また、実験中は常時水温計のモニターを用い、水温が一定に保たれるように監視した。その結果、全実験中の水温は $38.5 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 範囲内に保つことができた。実験中の室温および相対湿度はそれぞれ $31.5 \sim 32.8^{\circ}\text{C}$ 、 $70.5 \sim 72.2\%$ であった。

海水の供給は、粉末海水「マリンリラクセス」（富田製薬製）を使用し、実際の海水と同様に

3.5%の成分濃度に設定した。この粉末海水は、水に溶かすことで天然海水と同じ組成を再現できる浴用製剤である。よって本実験は、塩水ではなく海水の温浴条件を設定したことになる。

動水の設定は、入浴した被験者の背部から0.95~1.10m/secの水流を生じさせた。本研究では、この水流を用いた温浴を「動水」、また用いない温浴を「静水」と規定した。

3. 測定および分析

体温の指標として、直腸温および胸部、上腕部、大腿部の皮膚温は入浴直後から出浴の回復期30分後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、各部位とも1分毎に連続記録した。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。また、各部位皮膚温測定には、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IVドレッシング(3 M 社製)を用い、測定部分への浸水を防いで行った。

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(1977)¹²⁾ [(胸部皮膚温×0.43) + (上胸部皮膚温×0.25) + (大腿部皮膚温×0.32)] から算出した。また平均体温は、Gagge ら(1977)³⁾ の [(直腸温×0.67) + (平均皮膚温×0.33)] から算出した。

心拍数は、CM 5 誘導法による心電図を心電図監視記録装置(DM-801型・フクダ電子社製)によって無線搬送し、そのR棘を1分毎に数えて求めた。

被験者の主観的な温度感覚の経時的変化については表1に示す大道らのRTS(Rate thermal sensation) 尺度^{9,10)}を使用した。

発汗量の推測として、入浴直前および入浴直後における体重を測定した。そのために、入浴前後の体重測定をする間には飲食や排尿など体重の増減をもらたす行為は行わないようにした。

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1分毎の値を調べ、データに欠損値や異常値がないことを確認して、被験者の平均値と標準偏差を算出した。各条件の比較には、対応のあるステュデントのt検定を用いた。有意水準は5%とした。

表1. 主観的温度感覚尺度

5	ひどく熱い
4	熱い
3	少し熱い
2	温かい
1	少し温かい
0	感じない
-1	少し冷える
-2	冷える
-3	少し凍える
-4	凍える
-5	ひどく凍える

結 果

1. 体 温

入浴における入浴直後から入浴中、出浴の回復期までの胸部、上腕部、大腿部の皮膚温および直腸温、平均皮膚温、平均体温の平均値を算出した。被験者6名のうち1名については、体温を感じるセンサーが確実に装着されていないような値であったため、体温の検討に限ってはその被験者1名を除外して5名の平均値で示した。

1) 直 腸 温

安静値(陸上安静時のうち入浴直前5分間を平均した値)を基

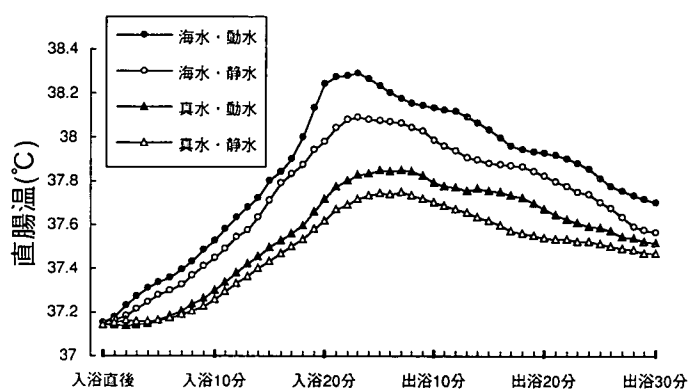


図1. 直腸温の経時的変化

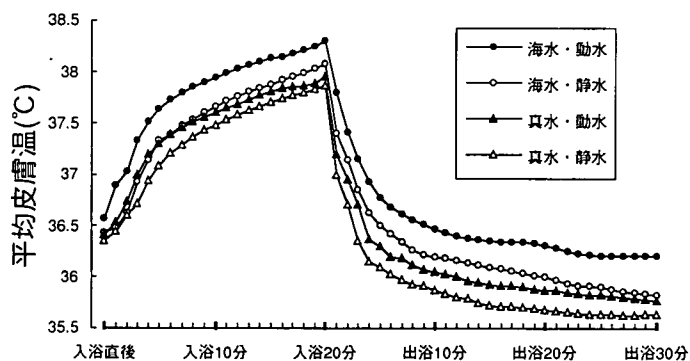


図2. 平均皮膚温の経時的変化

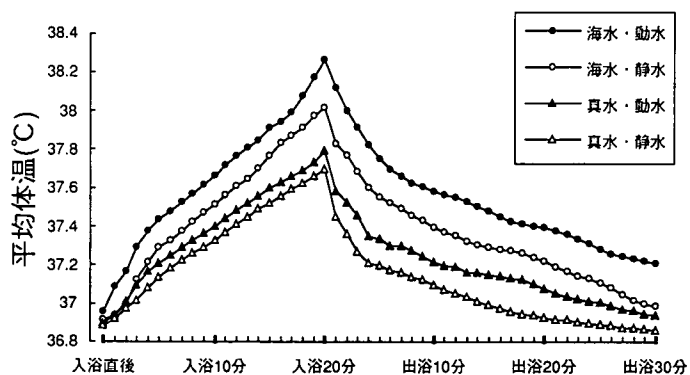


図3. 平均体温の経時的変化

準にして、入浴および出浴時の直腸温の毎分の変化を図1に示した。全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴10分では潜熱現象を示したが、出浴20分からはゆるやかな下降傾向を示した。特に「海水・動水」の直腸温の上昇は大きく、「真水・動水」との間で入浴20分～出浴20分の時間帯、および「真水・静水」の入浴10分～出浴30分の時間帯において有意差が認められた。

また、本実験において海水と動水を比較した場合、直腸温を上昇させたのは海水の要因が大きい傾向を示した。

2) 平均皮膚温

平均皮膚温の変化を図2に示した。全条件とも入浴直後から10分間は一過性に上昇傾向を示した。その後、入浴10～20分の間はわずかに上昇し、出浴後は10分以内に急速に下降傾向を示し、それ以来はゆるやかな低下を示した。入浴後は全実験時間において「海水・動水」「海水・静水」「真水・動水」「真水・静水」の順に高い値を示したが、全条件との間に有意差は認められなかった。

3) 平均体温

平均体温の変化を図3に示した。全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を、また出浴直後から急速に下降傾向を示し、その後の回復期にはゆるやかな低下を示した。ま

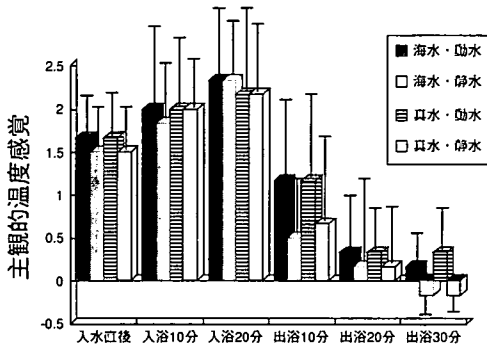


図4. 主観的温度感覚の経時的変化

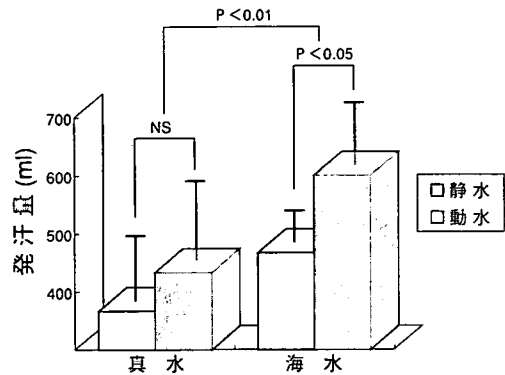


図5. 発汗量の比較

た、両条件の上昇と下降のパターンは非常に相似した傾向を示した。「海水・動水」と他条件と比較すると、「真水・動水」「真水・静水」の間において入浴10分～出浴30分の時間帯の全てにおいて有意差が認められた。

2. 心 拍 数

安静時心拍数は全条件ともに、同程度 (68 ± 9 拍/分) であり、いずれも入浴直後に15拍/分程度の急激な増加を示した。そして20分間の入浴中に定常状態には至らず増加し続け、入浴20分目には、安静値から約24拍/分の増加を示した。その後、全条件とも一過性に減少した後急速な回復を示し、出浴10分後にはほぼ安静値に戻った。海水と真水および動水と静水の間に、また全ての入浴条件間による有意差は認められなかった。

3. 主観的温度感覚

図4に、被験者の主観的な温度感覚の経時的変化を示した。入浴直後は動水条件がともに1.67、静水条件がともに1.50であり、いずれも入浴中に増加し、入浴20分後には海水条件がともに2.33、真水条件が2.17に増加した。出浴時には低下現象を示し、出浴30分には「海水・静水」「真水・静水」の両条件においてマイナス値を示した。全条件と比較すると、出浴後に関しては動水より海水条件の方が低い得点を示す傾向にあった。しかし、全条件の間にはどの時間帯においても有意差は認められなかった。

4. 発 汗 量

図5には、海水、真水および動水、静水の温浴における入浴前および入浴後の体重の比較を示した。前後の体重差が最も顕著だったのは、「海水・動水」で約600ml、次いで、「海水・静水」「真水・動水」「真水・静水」の順だった。海水温浴の動水と静水浴の間で、また海水と真水浴の間で有意差が認められた。このことから、発汗作用は、海水条件および動水条件の両者において促進する結果であったが、特に海水条件が高い傾向にあった。

考 察

今回の実験で設定した水温は、微温浴（37～39℃）に該当する。ヒトは体温より高い温水に入浴することによって皮膚血管が拡張し、温まった血液が体表面に還流することから、体の深部温（core）と外部温（shell）間の熱絶縁が減少する。本実験においても皮膚温は、入浴後10分を待たずに直腸温のレベルに到達した。このように、温水浴による温熱効果は単に体表から深部への熱伝導だけでなく、表皮毛細管で加熱された血液が静脈を介して体内に熱を運び込むために、非常に迅速な体温上昇が得られる¹⁹⁾ことになる。

一般（真水）の温浴条件と比較し、海水のもつ成分効果、動水のもつ水流圧効果、および両者を組み合わせた条件が、ヒトの体温変動にどのような影響を及ぼすのかを検討した結果、以下のことが示唆された。すなわち、(1)海水温浴は、深部温である直腸温を有意に上昇させる。(2)海水および動水を組み合わせた温浴条件は有意に平均体温を上昇させる。(3)動水温浴は、出浴後における被験者の主観的温度感覚の低下を抑制する。

海水温浴の効果は、その含有成分による皮膜効果によるところが大きいとされている。これは海水に含まれる無機塩類等が表皮に付着し、皮膚の蛋白や脂肪と結合し薄い皮膜をつくり、熱の発散を妨げて保温効果が得られる機序によると考えられている¹³⁾。しかし本実験で海水条件と他条件を比較すると、平均皮膚温に大きな差は生じなかったのに対し、直腸温では海水条件が有意に上昇傾向を示した。このことから、皮膜効果以上の化学的またはイオンの作用が深部体温の変動に影響を及ぼしていることが予想される。

心拍数は、全条件とも入浴中に約24拍/分も増加した。これは、被験者が鎖骨部位まで20分間微温浴したことによる熱伝導と静脈還流の急速な増加、水圧による胸郭への圧迫等によって呼吸筋および呼吸中枢が刺激されたことが起因していると推察される。そのため、両条件とも入浴直後に15拍/分程度の急激な増加を示し、20分間の入浴中は定常状態に至らず増加し続け、出浴時には一過性に減少したものと思われる。しかし、心拍数の変動に関する現象^{5,7,13)}は、「真水・静水」条件と他条件の間に統計学的な有意差が認められなかった。このことから、今回の水温下では海水温浴および動水温浴が心拍数に特有な影響を及ぼすことはないと判断できる。また右田ら⁷⁾は、動水温浴条件における酸素摂取量は入・出直後に一過性の増加を示したが、入浴中は平均240～250ml/minの間で安定しており、静水と動水の間の差異は認められなかったと報告している。以上のことから、心筋および心臓血管系の負担について、一般の温浴に比べ海水および動水条件が著しく大きいことはないと考えられる。

実験前後の体重は、海水条件で有意に減少した。本実験の入浴中は、全条件ともに被験者の前額部から発汗の出現が、特に入浴5分過ぎから顕著に認められた。しかし、体重差から発汗量を判断すると、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。温水浴における発汗漸減現象は、皮膚角質層とくに汗腺導管のケラチン環の膨潤によって汗口部が機械的に閉塞された場合には、発汗の減少が抑制される⁸⁾と報告している。また、食塩水による温浴は、発汗減少を抑制する作用がある⁴⁾ことから、塩分を含んだ温浴、または塩類を多く含んだミネラル成分の温浴の場合には、発汗量が比較的大増大することが知られている。しかし、この機序に関しては、海水温浴における直腸温および皮膚温の変動に見られるように、単純な作用では説明が困難であることから今後は、異なる海水条件での検討、海水に含まれるNa, Cl, Mg,

Ca および K の成分別またはその組み合わせによる分析, pH の検討などの研究課題の遂行が必要であると考えられる。

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深く感謝の意を申し上げます。

引用・参考文献

- (1) 阿岸祐幸：水中運動の生体内変化，宮下充正・武藤芳照（編）：水泳療法の理論と実際，金原出版，11-28，1983.
- (2) Deledicque, A. G., : 野村正訳：フランス専門医からみたタラソテラピー，海洋療法研究会，103-146，1993.
- (3) Gagge, A. P. and Y. Nishi. : Heat exchange between human skin surface and thermal environment. Reactions to Environment Agent. Am. Physiol. Soc., Bethesda, Md. 69-72, 1977.
- (4) Hertig, B. A., Riedesel. M. L., Belding, H. S. : Time course of sweating in warm baths. In : Advance in Biology of Skin, Pergamon Press, Oxford, 3, 213-228, 1962.
- (5) 堀切豊，鄭忠和，田中信行：温浴と循環動態，総合リハ，19：1057-1061，1991.
- (6) 真島英信：人体生理の基礎，杏林書院，210-211，1979.
- (7) 右田孝志，清水富弘，堀田昇，大柿哲朗ほか：動水浴の酸素摂取量，心拍数，直腸温および血液性状に及ぼす影響，健康科学，17：87-91，1995.
- (8) 小川徳雄：温熱生理学，理工学社，135-166，1981.
- (9) 大道等，岩崎輝雄，宮下充正：水中エルゴメーターの試作. 体育の科学，33：477-482，1983.
- (10) 大道等，大城戸道生，岩崎輝雄：入浴時の生理的反応. 体育の科学，34：502-509，1984.
- (11) Paule, Obel : 高山林太郎訳：タラソテラピー，フレグランスジャーナル社，1987.
- (12) Roberts, M. F., Wenger, C. B., Stolwijk, J. A. J., Nadel. E. R., : Skin blood flow and sweating changes followe in exercise training and heat acckimation. J. Appl. Physiol., 43, 133-137, 1977.
- (13) 清水富弘，藤島和孝，大柿哲朗ほか：海水による温浴時の体温変動および心拍応答，健康科学，17：103-108，1995.
- (14) 杉山尚：温泉医学，16-18，日本温泉気候物理医学会，1990.
- (15) 高橋素子：アトピーに効く海洋療法の不思議. Quark, 13- 8, 110-115, 講談社，1994.
- (16) 田中信行：入浴の生理学，フレグランスジャーナル，12：531-536，1984.
- (17) 田中信行：循環器疾患と温泉療法. 総合リハ17：581-588，1989.
- (18) 田中信行：循環器疾患と温泉療法. 温泉医学，177-183，1990.
- (19) 田中信行，鄭忠和，堀切豊：温泉の効果とその利用法. 健康の科学，32効果272-275，1990.
- (20) Wilmore, J. H., Costill, D. L., : Physiology of sport and exercise. Human Kinetics, 242-265, 1994.

Changes of Body Temperatures while Bathing in Sea Water and Water with Flow

Tomihiko SHIMIZU * , Kazutaka FUJISHIMA ** , Tetsuro OGAKI **
Noboru HOTTA ** , Takashi MIGITA ** , Hideyuki AOYAMA ***
Mariko TOMITA ***

ABSTRACT

The purpose of the present study was to compare thermal responses of the body when bathing in four different conditions : (1) warm sea water with flow, (2) warm sea water, (3) warm fresh water with flow, (4) warm fresh water. The thermal responses were based on the examination of taking rectal, skin, and mean body temperatures at each 0, 10, 20, minutes in bathing and each 10, 20, 30 minutes in recovery on land.

Six healthy men were the subjects in this experiment, and they were in average 33.3 ± 2.6 in age, 168.8 ± 6.3 cms in height, 69.6 ± 11.9 kgs in weight, and $16.3 \pm 4.5\%$ in body fat.

The subjects bathed in warm water for 20 minutes and took recovery on land for 30 minutes respectively. The experiment was tested under water temperature at 38.5°C during bathing.

The rectal temperature increased during bathing and decreased gradually during recovery on land. Bathing in sea water with flow showed statistically significant increases of rectal temperature for the certain periods of time compared with bathing in warm fresh water and fresh water with flow.

The mean skin temperature showed a continuous increase during bathing and showed a rapid decrease during the 10 minutes in recovery on land, and a gradual decrease after then. No statistically significant differences were detected in the mean skin temperature among four conditions.

The mean body temperature also showed a continuous increase during bathing and showed a rapid decrease during the 10 minutes in recovery on land, and a gradual decrease after then. In bathing in sea water with flow, the mean body temperature statistically showed significant increases during bathing after 10 minutes and during recovery on land compared with bathing in warm fresh water and fresh water with flow.

Bathing in warm sea water with flow showed the highest in all examined temperatures (rectal, skin and mean body temperature) followed by warm sea water, warm fresh water with flow and just warm fresh water.

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

Department of Health and Physical Education

** Institute of Health Science, Kyushu University

*** Tomita Pharmaceutical Co. LTD