

海水による温浴時の体温変動および心拍応答

清水, 富弘
Faculty of Education, Oita University

藤島, 和孝
Institute of Health Science, Kyushu University

大柿, 哲朗
Institute of Health Science, Kyushu University

堀田, 昇
Institute of Health Science, Kyushu University

他

<https://doi.org/10.15017/634>

出版情報 : 健康科学. 17, pp.103-108, 1995-02-25. Institute of Health Science, Kyushu University
バージョン :
権利関係 :

海水による温浴時の体温変動および心拍応答

清水 富 弘* 藤 島 和 孝 大 柿 哲 朗 堀 田 昇
 金 谷 庄 藏 右 田 孝 志** 吉 水 浩** 増 田 卓 二**
 青 山 秀 幸*** 富 田 真理子***

Changes of Body Temperatures and Heart Rate while Bathing in Sea Water

Tomihiro SHIMIZU*, Kazutaka FUJISHIMA, Tetsuro OGAKI, Noboru HOTTA,
 Shozo KANAYA, Takashi MIGITA**, Yutaka YOSHIMIZU**, Takuji MASUDA**,
 Hideyuki AOYAMA*** and Mariko TOMITA***

Summary

The purpose of the present study was to compare the thermal responses of the body between bathing in warm sea water and fresh water, and also to further examine how the chemical components in sea water affect the thermal responses of the body when bathing in warm sea water. The thermal responses were based on an examination of the rectal, skin and mean body temperatures at 0, 10 and 20 minutes of bathing as well as at 10, 20, 30 and 40 minutes in post-bathing recovery on land. Six healthy men were the subjects of this experiment, and they were on average 33.3 ± 2.6 in age, 168.8 ± 6.3 cm in body height, 69.6 ± 11.9 kg in body weight, and had a body fat ratio of 16.3 ± 4.5 % on average. The subjects bathed in sea water and fresh water for 20 minutes and thereafter recovery on land for 40 minutes, respectively. The experiment was conducted under water at a temperature of 38.5°C during the bathing.

In all subjects, the rectal temperature increased during bathing and thereafter decreased gradually during recovery on land. Bathing in sea water showed significant increases in the rectal temperature at 20 minutes during bathing and at 10 minutes during recovery on land. The mean skin temperature showed a continuous increase during bathing and a rapid decrease during the first 10 minutes of recovery on land, followed by a gradual decrease thereafter. No significant differences were observed in the mean skin temperature between sea water and fresh water. The mean body temperature also showed a continuous increase during bathing and a rapid decrease during the first 10 minutes of recovery on land, and a gradual decrease thereafter. The mean body temperature in sea water showed significant increase compared with that in fresh water during

Institute of Health Science, Kyushu University, Kasuga, 816, Japan.

* Faculty of Education, Oita University, Oita 870-11, Japan.

** Institute of Health and Physical Education, Kurume University, Kurume 830, Japan.

*** Tomita Pharmaceutical Co.LTD., Seto, Naruto, 771-03, Japan.

the examined time from the first 10 minutes after bathing to 40 minutes after recovery on land.

From the above results it was proven that the thermal responses of the body were higher when bathing in sea water than when bathing in fresh water. This was indicated as a result of the tunicate effect of the chemical components of sea water. Moreover, the amount of sweating judged from body weight loss indicated that bathing in warm sea water also demonstrated a tendency to control hydromeiiosis.

Key words : Sea water, Bathing, Rectal temperature, Skin temperature, Weight loss.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 17:103-108, 1995.)

緒言

近年、大衆浴場施設や温泉健康施設が各地につくられ、入浴や温泉に対する関心が高まってきている。温水による入浴が身体に与える効果¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾については、(1)温熱による各種血管の拡張、代謝亢進、神経系刺激、コラーゲン軟化などの効果、(2)水の物理的作用による静水圧効果(静脈還流増加、Naと水の排泄促進、心胸郭比増加)、浮力効果(体重負荷・上下運動負荷の軽減、過剰深部反射入力抑制)および粘性効果(水中運動時または流水時の抵抗増加)、(3)サウナ、スチーム、圧注浴、渦流浴、流水浴などの特殊入浴効果などが報告されている。

また、これらの効果の他に、入浴中の水に含まれる成分の影響が考えられる。例えば、フランスではタラソテラピー(thalassotherapie)と呼ばれる海洋療法が、専門医や専門療法士によって、海水や海藻の成分を利用した医療行為として位置づけられている²⁰⁾。これは海水に含まれる成分が人体に好結果をもたらしていることが予想できる。しかし、入浴中の水に含まれる成分の身体に及ぼす影響については明らかにされておらず、その検討が必要である。

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⁴⁾¹²⁾¹⁴⁾されている。また、フランスや国内における海洋療法の実態が散見²⁰⁾¹²⁾されるようになってきた。しかし、これらの報告の多くが総括的説明であり、入浴や温泉の作用については、漠然とした言葉でしか語られず、その効果、作用機序、疾患への適応についても極めて曖昧なままであると指摘されている⁴⁾。したがって、種々の疾患・リハビリテーションへの応用についての知見を得られるまでには至っていない。

そこで、本研究では、今後の健康増進やリハビリテーションに参考になる資料を作成することを目的として、海水および淡水の温浴によって皮膚温や直腸温の体温応答、心拍数、温度感覚および体重減少などに差異が認められるかを検討し、さらに海水による温浴の

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

被験者は、陸上で30分間の安静を保った後、海水および淡水の条件下で20分間の入浴を行ない、その後、室温条件下で40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、同一被験者による両条件下での実験は同一日に行った。両方の試行間には少なくとも1時間以上の休息時間を入れ、デジタル表示される直腸温が安静時レベルに回復したことを確認した後、他方の条件における実験を開始した。日内変動の影響⁹⁾をできるだけ避けるため全被験者とも時刻を統一(午前8時~午前11時)して実施した。

浴槽は、一般的なFRP製のユニットバスを使用した。被験者は、入浴時に脚をやや曲げた半仰臥位の姿勢をとり、陸上での安静時および回復期には、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。両条件下での入浴時の水位は、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 になるように統一した。また、実験中は、水温計を用い、水温が常時一定に保たれるように監視した。その結果、海水および淡水入浴測定中の水温はそれぞれ $38.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ および $38.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の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り、本実験では塩水ではなく海水の温浴条件を設定したことになる。

3. 測定および分析

直腸温および胸部、上腕部、大腿部の皮膚温は、陸上安静時から回復期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、各温とも 1 分ごとに連続記録した。直腸温は、ビニール製温度電極 (YSI 社製) を用いて、肛門から約 150mm の位置で測定した。また、各部皮膚温測定には、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・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なった。

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)¹⁰⁾ の $[(0.43 \times \text{胸部皮膚温}) + (0.25 \times \text{上腕部皮膚温}) + (0.32 \times \text{大腿部皮膚温})]$ から算出した。また平均体温は、Wilmore ら (1994)¹⁸⁾ の $[(0.4 \times \text{平均皮膚温}) + (0.6 \times \text{直腸温})]$ から算出した。

心拍数は、CM5 誘導法による心電図を心電図監視記録装置 (DM-882 型・フクダ電子社製) によって無線搬送し、その R 棘を 1 分ごとに数えて求めた。

被験者の主観的な温度感覚の経時的変化については、大道らの RTS (Rating of thermal sensation) 尺度^{7,8)} を使用した。

発汗量の目安として、入浴直前および入浴直後にお

ける体重を測定した。入浴前後の体重測定の間、飲食や排尿など体重の増減をもたらす行為は行なわなかった。

4. 統計処理

体温に関する測定結果は、各被験者の 1 分ごとの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。海水と淡水の比較には、ノンパラメトリックテストの Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて検討した。有意水準は、 $p < 0.05$ とした。

結果

1. 体温反応

海水および淡水での入浴における陸上安静時から入浴中、入浴後の回復期までの胸部 (Tchest)、上腕部 (Tarm)、大腿部 (Thigh) の皮膚温および直腸温 (Tr)、平均皮膚温 (\bar{T}_{sk})、平均体温 (\bar{T}_b) の平均値と標準偏差 (S.D.) を Table 1 に示した。被験者 1 名の直腸温の記録の一部に欠損値がみとめられた。そのため直腸温と平均体温については、5 名の平均値で示した。

Table 1. Skin, rectal, mean skin and mean body temperatures (mean, S.D.) by fresh and sea water bathing.

	Tchest		Tarm		Thigh		Tr		\bar{T}_{sk}		\bar{T}_b	
	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.
Sea water												
At rest on land	35.48	0.32	35.22	0.04	34.72	0.63	36.98	0.29	35.17	0.38	36.25	0.29
10min in water	37.68	0.20	37.68	0.28	37.66	0.23	37.47	0.50	37.67	0.22	37.55	0.38
20min in water	38.09	0.12	38.04	0.19	37.99	0.24	37.91	0.39	38.05	0.16	37.97	0.29
10min after bathing	36.61	0.43	36.43	0.12	36.26	0.35	37.97	0.47	36.45	0.25	37.36	0.36
20min after bathing	36.38	0.39	36.26	0.18	36.29	0.38	37.86	0.48	36.32	0.20	37.24	0.36
30min after bathing	36.28	0.33	36.13	0.14	36.12	0.41	37.60	0.51	36.19	0.18	37.03	0.37
40min after bathing	36.20	0.29	36.04	0.22	35.99	0.26	37.52	0.49	36.09	0.16	36.95	0.34
Fresh water												
At rest on land	35.32	0.49	34.96	0.70	34.62	0.64	37.20	0.41	35.01	0.56	36.33	0.33
10min in water	37.52	0.27	37.40	0.32	37.51	0.25	37.27	0.24	37.49	0.27	37.36	0.25
20min in water	37.85	0.24	37.78	0.25	37.81	0.24	37.62	0.16	37.82	0.23	37.70	0.18
10min after bathing	36.21	0.51	36.02	0.39	36.00	0.23	37.69	0.28	36.09	0.25	37.05	0.18
20min after bathing	36.06	0.29	35.82	0.28	35.85	0.35	37.53	0.25	35.93	0.11	36.89	0.16
30min after bathing	35.97	0.21	35.68	0.31	35.70	0.28	37.45	0.25	35.81	0.11	36.79	0.16
40min after bathing	35.90	0.19	35.49	0.33	35.57	0.23	37.31	0.35	35.69	0.16	36.66	0.23

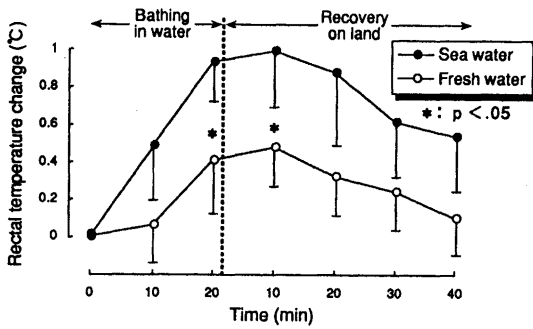


Fig 1. Changes of rectal temperature (mean \pm S.D.) by fresh and sea water bathing.

1) 直腸温

安静値（陸上安静時のうち入水直前5分間を平均した値）を基準にして、入浴および出浴時の直腸温の変化を Fig. 1 に示した。両条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴時にはゆるやかな下降傾向を示した。特に海水条件の直腸温の上昇は大きく、その結果、出浴時の下降の程度が小さい傾向を示した。安静時と比較して最も直腸温が上昇したのは、海水条件下の出浴10分目で約1.0°Cの上昇であった。両条件を比較すると、入浴20分および出浴10分において有意差が認められた。

2) 平均皮膚温

安静値を基準にして、入浴および出浴時の平均皮膚温の変化を Fig. 2 に示した。両条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示した。その後、出浴10分以内に急速に下降傾向を示し、それ以降はゆるやかな低下を示した。両条件の間に、どの測定時においても有意差は認められなかった。

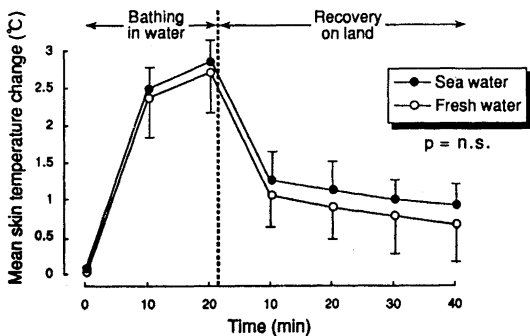


Fig 2. Changes of mean skin temperature (mean \pm S.D.) by fresh and sea water bathing.

3) 平均体温

安静値を基準にして、入浴および出浴時の平均体温の変化を Fig. 3 に示した。両条件とも入浴直後から一

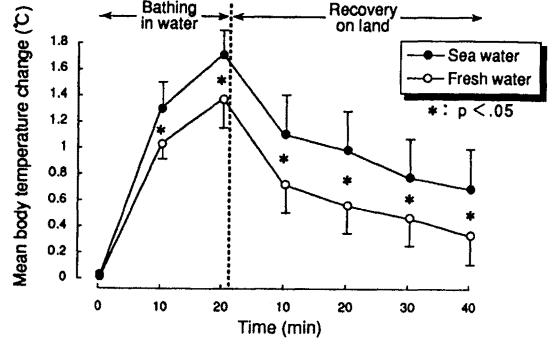


Fig 3. Changes of mean body temperature (mean \pm S.D.) by fresh and sea water bathing.

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、その後の回復期にはゆるやかな低下を示した。また、両条件の平均体温の上昇と下降のパターンが非常に相似した傾向を示した。両条件を比較すると、入浴10分から出浴40分まで、いずれも有意差が認められた。

2. 心拍数

心拍数の経時変化を Fig. 4 に示した。両条件での安静時心拍数は同程度 (68 \pm 9拍/分) であり、いずれも入浴直後に10拍/分程度の急激な増加を示した。20分間の入浴中は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25拍/分の増加を示した。回復期には、一過性に減少したあと急速な回復を示し、出浴20分にはほぼ安静値に戻った。入浴開始から回復期まで海水条件の方がやや高い値を呈したが、海水および淡水の入浴条件による有意差は認められなかった。

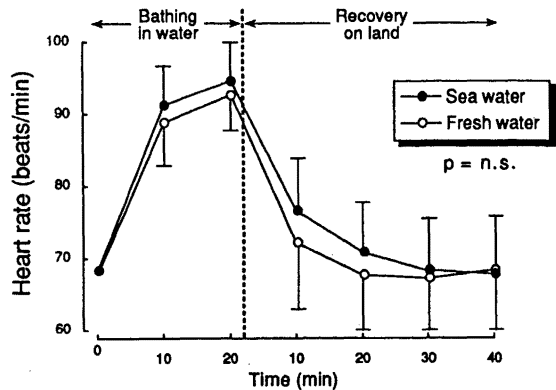


Fig 4. Changes of heart rate (mean \pm S.D.) by fresh and sea water bathing.

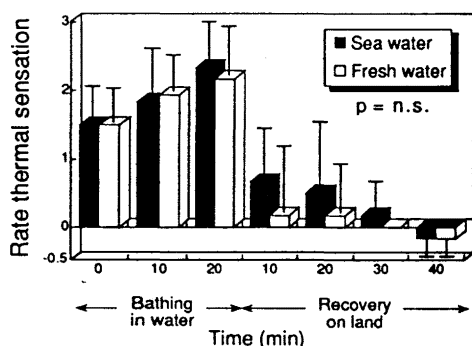


Fig 5. Changes of RTS (mean±S.D.) by fresh and sea water bathing.

3. 温度感覚 (RTS)

被験者の主観的な温度感覚の経時的変化を Fig. 5 に示した。入水直後は両条件ともに1.5であり、いずれも入浴中に増加し、入浴20分後には入水直後と比較して、海水で0.8、淡水で0.7増加した。出浴時には、一過性に低下し、出浴40分には両条件ともマイナス値を示した。両条件を比較すると、出浴後10分をピークにその前後20分まで海水の得点が高い傾向にあったが、両条件の間にはどの測定時においても有意差は認められなかった。

4. 体重の変化

海水および淡水の温浴における入浴前および入浴後の体重の比較 ($n = 6$) を Fig. 6 に示した。前後の体重差は、海水が470g、淡水が370gと海水の方の体重差が大きかった。両条件ともに、入浴前に比べ入浴後は有意な体重減少が認められた。

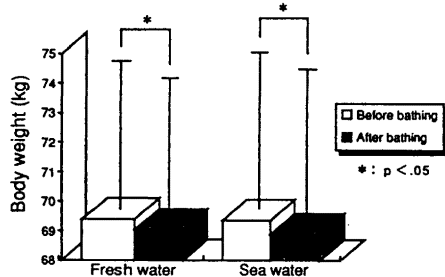


Fig 6. Changes of body weight (mean±S.E.) between before and after bathing.

考 察

今回の実験で設定した水温は、微温浴 ($37 \sim 39^\circ\text{C}$) 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を

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10分を待たずに直腸温のレベルに到達した (Table 1)。温水浴による温熱効果は単なる体表から深部への熱伝導だけではなく、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生じる¹⁷⁾。

海水と淡水との比較を行なった本実験の結果として、入浴開始から出浴40分の間、直腸温ならびに平均皮膚温を構成する胸部、上腕部および大腿部の皮膚温は、海水の場合が淡水より、いずれも高い値を示した。

温泉の保温効果は、その含有成分による被膜効果によるところが大きいとされている¹⁸⁾¹⁹⁾。これは温泉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被膜をつくり、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¹⁷⁾。本実験でも同様に、出浴中も海水条件の方が比較的体温の低下が少なかったことは、海水に含まれる無機塩類の被膜効果の影響によるものと考えられる。さらに、日本の温泉 (鉱泉) は温度が高い反面、含有成分が比較的薄く、 $0.1 \sim 0.3\%$ 前後のものが大半¹¹⁾であるが、海水の含有成分の一般的な濃度は 3.5% である。このことから海水のもつ被膜効果は、一般の温泉より高いことが推察される。

心拍数が両条件とも入浴中に約25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、静水圧による胸郭への圧迫および深部体温 (直腸温) の上昇 (Fig. 1) によって体温中枢が刺激されたことに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10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は至らず増加し続け、出浴時には一過性に減少したと思われる。

実験前後の体重差は、海水が470g、淡水が370gと海水の方が大きかったが、体重は両条件とも入浴前に比べて有意に減少した。Hertig ら (1962)⁹⁾は $36 \sim 37^\circ\text{C}$ の温水浴で一定量運動し、発汗させると発汗量は $30 \sim 60$ 分で最高値 ($300 \sim 800\text{g}$) に達し、その後著しく減少すると報告している。

本実験の入浴中は、両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分過ぎから顕著に観察された。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腺口部

が機械的に閉塞された場合には、発汗減少が抑制される⁹⁾と報告されている。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⁹⁾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、発汗量が比較的増大することが知られている。本実験前後の体重差において、海水条件が淡水より上回ったことは、それを示唆する結果となった。

要 約

本研究は、海水に含まれる成分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±6.3cm、69.6±11.9kg および16.3±4.5%であった。

実験は、水温38.5°Cに設定された海水および淡水の条件下で20分間の入浴後、40分間の回復期とした。

直腸温は、入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴時にはゆるやかな下降現象を示した。入浴20分および出浴10分において海水条件の方が淡水より有意に上昇した。

平均皮膚温は、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た。その後はゆるやかな低下を示したが、海水と淡水の間に有意差は認められなかった。

平均体温は、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。入浴10分から出浴40分まで海水条件の方が淡水より有意に高かった。

以上のように、体温反応に関して、海水条件の方が淡水条件より上昇傾向にあったことは、海水の含有成分による被膜効果を示唆する結果となった。

また、実験前後の体重差から発汗量を推定した場合、海水による温浴は、淡水より発汗減少を抑制する傾向にあることが推察された。

謝 辞

本研究の実施にあたり、ご協力をいただいた株式会社ジャパンアクアテックの皆様には深く感謝致します。

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，1983. pp11-28.

2) Deledicque, A. G. (野村正訳)：フランス専門医からみたタラソセラピー。海洋療法研究会，103-146，1993.

3) Hertig, B. A., Riedesel, M. L., Belding, H. S.：Time course of sweating in warm baths. In：Advance in Biology of Skin, 3, Pergamon Press, Oxford, 1962. pp213-228.

4) 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.

5) 真島英信，石田絢子：人体生理の基礎。杏林書院，1979. pp210-211.

6) 小川徳雄：「蒸発性熱放散」中山昭雄(編)，温熱生理学。理工学社，1981. pp135-166.

7) 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.

8) 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.

9) Paule, O (高山林太郎訳)：タラソセラピー。フレグランスジャーナル社，1987.

10) Roberts, M. F., Wenger, C. B., Stolwijk, J. A. J., Nadel, E. R.,：Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. J. Appl. Physiol.,43：133-137,1977.

11) 杉山尚：「温泉治療学総論」日本温泉気候物理医学会(編)，温泉医学。日本温泉気候物理医学会，1990. pp16-18.

12) 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.

13) 田中信行・他：人工塩類泉バスキリンの効果に関する研究—循環動態，深部体温，自律神経機能，血液ガスの変化について—。温気物医誌，50：187-196，1981.

14) 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.

15) 田中信行：循環器疾患と温泉療法。総合リハ，17：581-588，1989.

16) 田中信行：「循環器疾患の温泉療法」日本温泉気候物理医学会(編)，温泉医学。日本温泉気候物理医学会，1990. pp177-183.

17) 田中信行，鄭忠和，堀切豊：温泉の効果とその利用法。保健の科学，32：272-275，1990.

18) Wilmore, J. H., Costill, D. L.,：Physiology of sport and exercise. Human Kinetics, 1994. pp242-265.