九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

高塩分濃度海水温浴時の生理的応答

大柿, 哲朗
九州大学健康科学センター

丸山, 徹
九州大学健康科学センター

藤野, 武彦
レオロジー機能食品研究所（株）

白川, 太郎
京都大学大学院社会健康医学健康増進行動学

他

https://doi.org/10.15017/745

出版情報：健康科学. 25, pp.21-29, 2003-03-25. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

健　康　科　学
Vol. 25, 2003年 3 月

―原　著―

高塩分濃度海水温浴時の生理的応答

大　柿　哲　朗[1)*]　丸　山　　徹[1)]　藤　野　武　彦[2)]
白　川　太　郎[3)]　小　倉　理　一[4)]

Physiological responses to bathing in concentrated seawater

Tetsuro OGAKI[1)*], Toru MARUYAMA[1)], Takehiko FUJINO[2)],
Taro SHIRAKAWA[3)] and Michihito OGURA[4)]

Abstract

The purpose of the present study was to investigate whether or not bathing in concentrated seawater could affect some physiological parameters. Eight male subjects bathed in concentrated seawater (salt concentration of 7%) and freshwater at a temperature of 39℃ for 10-min, and thereafter rested quietly on land (room temperature 24－25℃) for 30-min. The rectal and tympanic-cavity temperature, heart rate, oxygen uptake, minute ventilation, systolic and diastolic blood pressure, and plasma free and sulpho-conjugated catecholamines were measured before bathing, during bathing, and at 30-min after bathing. Body weight was also measured before bathing and after the 30-min recovery period. The rectal temperature increased significantly during both bathing and at 30-min of post-bathing, and the diastolic blood pressure and plasma free catecholamines (adrenaline and noradrenaline) decreased significantly during bathing in both fresh and seawater. The oxygen uptake, minute ventilation, and heart rate showed a transitory increase immediately after bathing; these values, however, reached a resting level during both bathing trials. The plasma sulpho-conjugated catecholamines (adrenaline, noradrenaline and dopamine) concentration did not change by bathing. The body weight decreased significantly after bathing compared with before bathing. No significant differences were observed in all parameters between bathing in the concentrated seawater and bathing in the freshwater. Therefore, we concluded that the physiological response to bathing in concentrated seawater does not differ from bathing in freshwater, at least in a 10 min immersion at a thermoneutral water temperature.

Key words: Core temperature, Oxygen uptake, Heart rate, Catecholamine,

(Journal of Health Science, Kyushu University, 25: 21-29, 2003)

1）九州大学健康科学センター　Institute of Health Science, Kyushu University
2）レオロジー機能食品研究所（株）　Institute of Rheological Function of Foods Co. Ltd.
3）京都大学大学院社会健康医学健康増進行動学　Department of Health Promotion & Human Behavior, Kyoto University Graduate School of Public Health
4）ジャパンアクアテック（株）　Japan Aqua-Tec Co. Ltd.
* 連絡先: 九州大学健康科学センター　〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1　Tel/fax: 092-583-7851
Correspondence to: Institute of Health Science, Kyushu University 6-1 Kasuga-koen, Kasuga, Fukuoka 816-8580, Japan
Tel/fax: +81-92-583-7851　E-mail: ogaki@ihs.kyushu-u.ac.jp

はじめに

入浴や温泉への関心への高まりあるいは健康ブームに伴い，大衆浴場施設や温泉健康施設が各地につくられ，利用されている。それらの施設の一環として，近年，海水を用いた入浴施設も設置されてきている。これらは，海水や海藻，海泥などに含まれる成分，特に塩類が人体に好影響を与えるとされ，海水や海藻の成分を利用した海洋療法，すなわちフランスのタラソセラピーやドイツのケアオルトに基づいているようである。フランスでは，このタラソセラピーは医療行為として位置づけられているという[1]。しかし，海水への温浴時の生理作用や生体応答については，ほとんど明らかになっていない。

淡水温浴の心臓・血管系を中心とした循環動態や体温等に及ぼす影響に関する研究は，幾つか認められる[2)3)4)5)6)7)]。しかし，海水温浴時の生体応答を測定した例は，極めて少ない。しかも測定項目も限られている。著者ら[8]は，海水の成分に近い粉末剤を温水に溶かし，海水濃度に近い3.5％濃度にして，38.5℃の海水入浴と淡水入浴時の体温や心拍数の変化を検討した。その結果，直腸温あるいは平均体温が，海水入浴においては入浴後10分目と20分目だけでなく，出浴後10分目あるいは40分目にも高い傾向があった。これは，海水の含有成分による皮膜効果の為ではないかと考えられた。また別の研究[9]では，「海水・動水」，「海水・静水」，「真水・動水」，「真水・静水」の４条件での入水実験を行った。その結果，「海水・動水」への温浴条件での直腸温は，「真水・動水」条件に比べて入浴20分～出浴20分，「真水・静水」条件に比べて入浴10分目～出浴30分間にわたって有意に高かった。出浴後の体重減少も，海水温浴時の方が真水（淡水）浴より大きく，発汗量が大きいことが予想された。しかし，平均皮膚温や心拍数，主観的温度感覚などには有意差が認められなかった。

このように海水入浴の影響は，必ずしも一致した結果に達しているわけではない。また，これらの実験では，体温や心拍数，主観的感覚および入浴前後の体重の変化の面からの検討でしかなかった。したがって，代謝や呼吸循環系を始めとした生体応答はまだ明らかでない。さらに，これまで3.5％海水が用いてきた。しかし，体温や海水の塩類が生体に影響を及ぼすことを考えれば，さらに高濃度の海水への入浴は生体応答に影響を及ぼす可能性がある。

したがって，本研究の目的は，高塩分濃度（７％）の海水への温浴時の呼気ガス指標，心拍数，体温，血圧，血漿カテコラミンなどを測定し，海水温浴時の生体応答を明らかにすることであった。なお，これまでの入浴実験では，20分以上の入浴時間が用いられてきた。しかし，実験条件としては十分であろうが，20分以上も連続して入浴することは実際的ではない。本研究では，実用的な面から10分間の入浴時間とした。

方　　法

本研究は，九州大学健康科学センターの倫理委員会の承認（課題番号：IHS-2001-5）を得て実施した。また本実験は，2001年９月15日・16日に，長崎県平戸市の日本ヒーリング科学研究所で実施した。

１．被験者

被験者は，健康な成人男性８名であった。彼らは，研究内容と実験にともなう危険性について説明を受け，実験に参加することに同意し，さらに文書による同意書に署名した。被験者の身体特性は Table 1. に示した。

いずれの被験者も，内科的および外科的疾患を持たず，心電図検査や血液生化学的検査にも異常が認められず，何ら医薬的治療薬も服用していなかった。また，測定の前日および当日は，室内で実験の準備や実験の補助を行い，比較的座業的な生活で，意識的な身体活動は行わなかった。

２．実験手順

濃海水温浴は，塩分濃度が７％の海水（濃海水）への10分間入浴とした。比較のために，10分間の淡水

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

Subjects	Age (yr)	Height (cm)	Body Mass (kg)	BMI	%Fat (%)
KS	28	187.5	94.45	26.9	24.1
JT	24	180.5	71.95	22.1	16.7
TN	34	164.0	68.60	25.5	18.8
NK	31	179.3	76.15	23.7	21.2
HT	24	181.0	92.30	28.2	28.8
TA	26	165.7	68.15	24.8	17.4
TF	25	166.8	72.55	26.1	21.7
KY	25	172.9	72.20	24.2	21.5
Mean	27.1	174.7	77.0	25.2	21.3
SD	3.6	8.6	10.4	1.9	3.9

（水道水）温浴も実施した。温浴時の水温は，微温浴（中性水温）とされる39℃とした。実際の水温は，濃海水温浴時が39.1±0.2℃，淡水温浴時が39.1±0.4℃であり，両入浴実験の水温に差は認められなかった。濃海水は，福岡地区水道企業団の「海水淡水化濃縮塩水等活用事業化検討委員会」から供給を受けた。

浴槽は，FRP 制の浴槽「アクアエレガンス」（ジャパンアクアティック社）を用いた。被験者は，陸上で20～30分間の半仰臥位での椅座位安静を保った。その後10分間の温浴をし，さらに出浴後に30分間の安静を保った。温浴時の水位は鎖骨部位が浸水する位置とし，温浴時の姿勢は両脚を少し曲げた半仰臥位であった。温浴前の姿勢も，温浴中と同様な姿勢を保った。また，出浴後も被験者は各自タオルで身体を清拭し，温浴時と同じ姿勢を保った。

温水浴実験は，２日に分けて行った。８名の被験者のうち４名は濃海水温浴を，残り４名は淡水温浴を１日目に行い，２日目には１日目と同時刻に残りの温浴実験を行った。最初の被験者の温浴開始時刻は午前９時15分であり，最後の被験者の温浴開始時刻は午後４時15分であった。

これら温水浴の前６時間は，お茶以外の飲料水の摂取は行わなかった。したがって午前中の温浴者は朝食を摂取せず，12時間以上の絶食状態であった。一方，午後の温浴者は昼食を摂らず，朝食後少なくとも６時間の絶食状態であった。また出浴後の回復期間中には，一切の飲料水を摂取しなかった。実験は，空調器が設置された部屋で行い，室温は24－25℃に保たれた。温水浴は男性用水着を装着して行い，温水浴前および温水浴後は，バスタオルで身体を覆った姿勢を保った。

３．測定項目および分析

温浴の直前，温浴中，温浴30分後の体温（直腸温，鼓膜温），呼気ガス（酸素摂取量，換気量等），心拍数，血圧等を記録した。また，採血を行い，血漿カテコラミンの分析を行った。この他に，心エコー図，長時間心電図波形記録，血液学および血液生化学的分析も行ったが，これらについては別に報告される[10]。

被験者は，排尿排便後，デジタル精密体重計（UC-300，エー・アンド・ディ社）を用い，裸体での体重を50g 単位で測定した。その後，直腸温用プルーブを直腸に約15cm 挿入した。また，椅座位安静状態の肘静脈に採血用のサーフロ留置針（20G×1/4，SR-OT2032C，Terumo 社）を挿入し，ヘパリンを含む生理食塩水で満たされた三方活栓つきの延長チューブ（Terumo 社）を介して，採血用シリンジに接続された。さらに無線搬送用の心拍測定電極（Polar 社）も胸部に装着した。その後被験者は，半仰臥位で，20～30分間の椅座位安静を保った。

安静の終了前10分間の呼気ガスと心拍数を，携帯型呼気ガス分析器（K4b2，Cosmed 社）を用いて分析・測定し，ノート型のパーソナルコンピュータ（Think Pad-240，IBM 社）にオンライン入力した。そして５～８分間のデータを平均して，安静時の酸素摂取量（$\dot{V}O_2$），換気量（$\dot{V}E$）および心拍数（HR）を求めた。温水浴中は，１分毎の値を求めた。また，回復25分から30分間にも呼気ガスおよび心拍数を測定し，５分間の平均値を回復30分目の値とした。

直腸温用プルーブに接続されたアナログ式の多点式温度計（DU3-S，Elabu 社，Copenhagen）を用いて，安静終了３分前にアナログ表示される直腸温を少数第１位まで読みとった。また同時間帯に実験補助者によって，赤外線鼓膜体温計（Genius，日本シャーウッド社）を用い，デジタル表示された鼓膜温を少数第１位まで記録した。温水浴中の直腸温および鼓膜温は２分毎に記録し，回復30分目の値も求めた。

安静終了３分前から血圧測定（聴診法），および採血を行った。血圧測定は，温浴中２分毎と回復30分目にも行った。採血は，温浴の最後の１分間と回復30分目にも行った。採血された血液は，遊離型カテコラミンと抱合型カテコラミンの分析のため，前もって氷で冷やされた EDTA-2K 管と EDTA-2K 管に抗酸化防止剤を加えた採血管に移され，さらに遠心分離まで氷の中に保たれた。これらの採血管は，冷却遠心器（05PR-22，Hitachi 社）を用いて，15分間遠心分離された（０～４℃，3000 rpm）。分離された血漿は直ちにドライアイスで凍結され，運搬された後，分析まで－70℃で保存された。

遊離型および抱合型のカテコラミン（アドレナリン，ノルアドレナリン，ドーパミン）の分析は，高速液体クロマトグラフィー法によって，住友バイオサイエンス社に依託して行った。抱合型カテコラミンの分析は，Strobel と Weicher（1991）の報告[11] に基づいて遊離型とは別に行われた。

４．統計処理

時系列で測定した両温浴間の各測定値の変化は，反復測定分散分析（repeated measure ANOVA）を用い，時間要因に有意差が認められた場合は Fisher's PLSD 検定を用いて多重比較検定を行った。また，温

浴前後で測定した体重や血漿カテコラミンは，対応のある t-検定（Student's t-test）で差の検定を行った。有意差は $p<0.05$ とし，結果は平均値±標準偏差値で示した。

結　　果

1．直腸温，鼓膜温

温浴前，温浴中および出浴30分後の直腸温および鼓膜温を，Fig. 1. に示した。濃海水浴において，直腸温は安静時に比べて温浴２分目から有意に高くなり，温浴中だけでなく回復30分目も有意に高かった（いずれも $p<0.05$）。淡水浴中の直腸温も，濃海水浴と同程度上昇したが，安静値からの上昇は有意には至らず，回復30分目のみが有意な上昇であった（$p<0.05$）。鼓膜温は，入水中には上昇する傾向にあったが，濃海水浴および淡水浴とも有意な上昇には至らなかった。直腸温および鼓膜温ともに，濃海水温浴と淡水温浴では，いずれの測定時間帯でも有意な差を見いだせなかった。

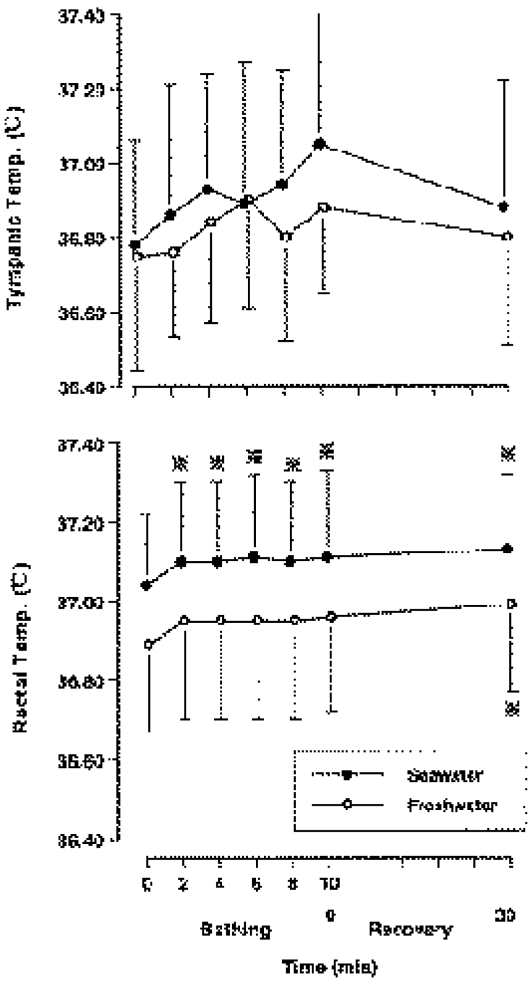

Fig. 1　Mean rectal and tympanic-cavity temperature at pre-bathing, during bathing and post-bathing（mean and SD, n=8）. * : $p<0.05$. Significant difference from the pre-bathing value.

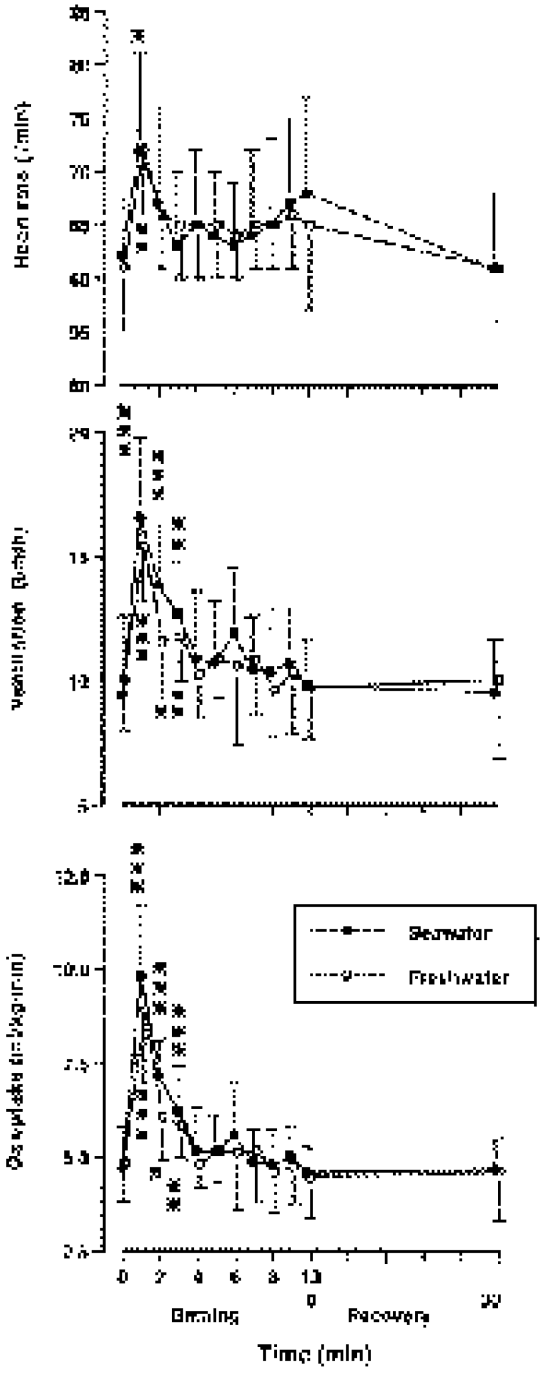

Fig. 2　Mean oxygen uptake, minute ventilation and heart rate at pre-bathing, during bathing and post-bathing（mean and SD, n=8）. * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$. Significant difference from the pre-bathing value.

Table 2. Systolic and diastolic blood pressure (BP) at rest, during bathing and at 30 min of after bathing.

	at rest	Bathing 2 min	6 min	10 min	Recovery 30 min
Seawater					
Systolic BP	115±9	116±10	115±10	113±10	114±12
Diastolic BP	78±7	73±10*	72±9*	70±8***	75±9
Freshwater					
Systolic BP	116±8	117±10	113±7	113±8	116±7
Diastolic BP	80±7	71±9**	67±9**	68±8**	80±4

*：p<0.05,　**：p<0.01,　***：p<0.001（vs at rest）

2．酸素摂取量，換気量，心拍数

濃海水および淡水への温浴前から回復30分目までの酸素摂取量，換気量および心拍数を Fig. 2. に示した。濃海水浴および淡水浴ともに，酸素摂取量および換気量は温浴直後から３分目まで安静値より有意に高かった。しかし，４分目以降は有意な上昇を認めなかった。また回復30分目にも，安静値と大差が認められなかった。温浴１分後の心拍数は，濃海水浴および淡水浴ともに有意に高かったが，その後の心拍数の安静からの増加は有意ではなかった。酸素摂取量，換気量および心拍数のいずれも，濃海水浴と淡水浴で有意な差を認めなかった。

3．血圧

収縮期血圧と拡張期血圧の変化を Table 2. に示した。濃海水浴と淡水浴とで有意な差を認めなかった。拡張期血圧は両条件とも，入浴時間とともに低下し，入浴前に比べて入浴２分以降に有意な低下であった。出浴30分目は，入浴前の値に戻っていた。

4．血漿カテコラミン

安静時，温水浴10分目および回復30分目の遊離型カテコラミンを Fig. 3. に示した。遊離型ドーパミンについては，測定の下限値（７pg/ml）以下を示す被験者がいたため除外した。温水浴10分目のアドレナリンは，濃海水浴および淡水浴ともに安静時より有意に低く，回復30分目には安静時と大差がなかった。濃海水浴と淡水浴の比較では，何ら差異を認めなかった。温水浴10分目のノルアドレナリンも，安静時より低くなる傾向にあったが，濃海水浴においてのみ有意な低下であった。回復30分目は安静時に戻っていたが，淡水浴の場合が有意に高かった。

抱合型のアドレナリン，ノルアドレナリンおよびドー

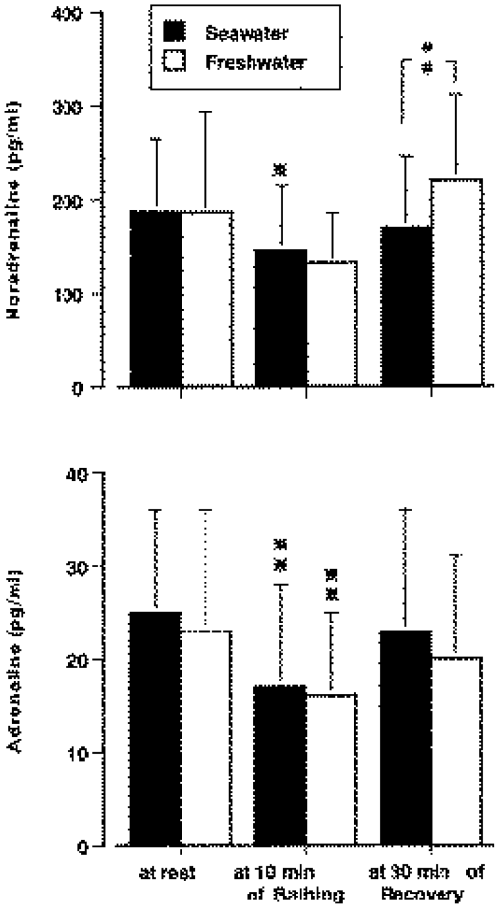

Fig. 3　Mean plasma adrenaline and noradrenaline concentration at pre-bathing, during bathing and post-bathing (mean and SD, n=8). * : p<0.05, ** : p<0.01. Significant difference from the pre-bathing value. # : p<0.01. Significant difference between seawater and freshwater trials.

パミンの安静時，温水浴10分目および回復30分目の値をFig. 4. に示した。いずれの抱合型カテコラミンにも，温浴による有意な変化は認められず，濃海水浴と淡水浴で差異も認められなかった。

5．体重

出浴30分経過後の体重は，濃海水浴後が76.83±10.29kg，淡水浴後が76.64±10.30kgであり，入浴前の体重（濃海水浴：77.17±10.33kg，淡水浴：76.96±10.27kg）の体重に比べそれぞれ0.34±0.21kg（p<0.002），0.32±0.13kg（p<0.001）の有意な減少であった。濃海水浴と淡水浴の体重の減少には，差は認められなかった。

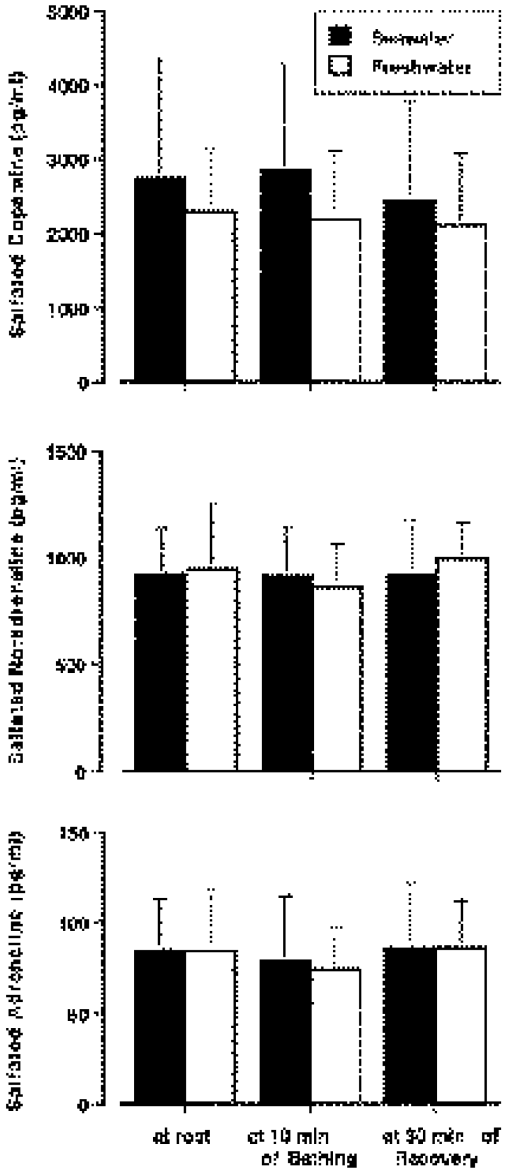

Fig. 4　Mean plasma sulpho-conjugated adrenaline, noradrenaline and dopamine concentration at pre-bathing, during bathing and post-bathing (mean and SD, n=8).

考　　察

温浴が生体に及ぼす影響として，静水圧効果，温熱効果，自律神経機能を含む心理的効果が挙げられる[7)12)13)]。そのうち温熱効果についてみると，空気に比べて水の比熱は4,000倍，熱伝導率が25倍も大きく[14)]，温水浴は水温の影響が極めて大きいと思われる。淡水温浴についてみると，健常な成人男性７名（21～51歳）が５種類（43℃，37℃，31℃，25℃，19℃）のうち２～４種類の淡水に10分間入浴した時の外耳温および前額温を測定した大城戸ら[5)]のデータによれば，43℃の温浴時には両部位の温度の上昇が認められるが，その他の温度条件では安静値とほぼ同値で，変化は認められない。動水（38.5±0.03℃）と静水（38.7±0.15℃）による淡水温浴時の直腸温について右田ら[6)]は，両条件とも入浴後５～６分間は変化が認められず，その後上昇し，温浴20分目に安静値より直腸温の0.5℃の上昇を見ている。淡水温浴と海水温浴の直腸温を比較した清水ら[8)]は，淡水温浴（38.6±0.1℃）の直腸温は，入浴10分目には安静時と大きな差を認めず，20分目に約0.4℃の上昇であったのに対し，海水温浴（38.5±0.2℃）時には入浴10分目が安静時より約0.5℃高く，20分目には約0.9℃の上昇を報告し，20分目の海水温浴時の直腸温は淡水温浴より有意に高かった（p<0.05）ことを報告した。そして彼らは，淡水温浴に比べて海水温浴時の直腸温が高い理由として，海水に含まれる無機塩類による皮膜効果を挙げている。本研究の濃海水浴の場合，直腸温は入水２分目から安静より有意に高かったものの，その上昇の程度は0.06±0.07℃（入浴２分目）～0.07±0.07℃（10分目）および0.09±0.08℃（出浴後30分目）であり，その上昇の程度は小さかった。また淡水浴の場合も安静値からの直腸温上昇は温浴２分目が0.06±0.11℃，10分目が0.08±0.10℃で，その上昇は有意ではなかったが濃海水浴と同程度であり，回復30分目（0.1±0.11℃）のみが有意な上昇であった（p<0.05）。本研究において直腸温や鼓膜温に大きな変化が認められなかった理由のひとつとして，入浴時間が上げられよう。すなわち直腸温の上昇を見た報告では入浴10分以降[6)]か20分目[8)9)]であった。これに対し本研究では温浴時間は10分であり，淡水浴10分目の31℃～37℃の温浴では体温

に大きな認められないとする大城戸ら[5]の報告に近いものであった。濃海水温浴時の直腸温が温浴２分目から安静値より有意に高くなったと言っても，その上昇の程度は淡水温浴と有意な差がなかった。また，直腸温や鼓膜温の標準偏差値や安静値からの増加率の標準偏差値が大きいことから，微温浴における体温の上昇は極めて個人差が大きいことも伺える。したがって本実験から，濃海水温浴が淡水温浴よりも深部温の上昇を引き起こすのか，あるいは10分程度の濃海水温浴では海水に含まれる無機塩類の被膜による影響が充分に観察できないのかは明かではない。

平松ら[7]は，水温40℃，35℃および29℃の淡水に20分間の温浴時の左室機能や血行動態，血漿カテコラミン濃度等を測定している。温浴中のカテコラミン（ノルアドレナリンとアドレナリン）は，入浴温度の影響を受けて動態が異なることを明らかにしている。すなわち，40℃温浴中は入浴10分目では安静時から有意な変化が認められず，20分目には有意に増加した。29℃温浴では，ノルアドレナリンは入浴10分目に有意に上昇したが，20分目には有意な上昇ではなく，アドレナリンは漸次減少し，20分目には有意な減少であった。さらに35℃温浴では，ノルアドレナリンは10分目と20分目に有意に低下し，アドレナリンも安静値より10分目に有意に低く，20分目にも低い傾向にあった。このことから彼らは，快と感じる至適温度（この場合は35℃温浴）の場合は，自律神経機能の面から温熱に対してまず副交感神経の緊張が解放されるとしている。本研究においても，ノルアドレナリンは濃海水温浴10分目に安静より有意に減少し，淡水浴の場合は，濃海水温浴も淡水温浴においても10分目には有意な低下であった（Fig. 3）。したがって，10分程度の微温浴においては，交感神経の緊張が低下すると考えられる。また濃海水温浴と淡水温浴時のカテコラミン濃度に有意な差はなく，その緊張の低下の程度には差はないといえよう。なお，濃海水温浴後30分目のノルアドレナリンは，淡水温浴後より有意に低かったが，その原因については明らかではない。

これら遊離型のカテコラミンが一過性の交換神経系緊張の指標として用いられるのに対して，抱合型のカテコラミンはそれを補足する指標である。著者らは，抱合型カテコラミンは運動後[15]のみならず，運動中にも[16]増加することを報告した。それは遊離型カテコラミンが血中に遊離されると，直ちに抱合化されて，生物学的に不活性化されるのではないかと考えられる。さらに運動中の抱合型ドーパミンは，運動中に一過性の低下を示す[16]が，それは抱合型ドーパミンが交感神経活動の亢進にともない遊離型のアドレナリンおよびノルアドレナリンの前駆物質として貯蔵されているためではないかとも考えられる。しかし，本研究の温浴中および温浴後に抱合型のアドレナリン，ノルアドレナリンおよびドーパミンに安静値からの変化は何等認められていない（Fig. 4.）。このことは，濃海水温浴・淡水温浴ともに，交感神経の緊張が亢進せず，むしろ副交感神経の緊張が優位となったことが影響していよう。したがって，抱合型カテコラミンの面からも，温浴中の交感神経の緊張が低くかったと思われる。そして，交感神経や副交感神経の緊張の程度にも，濃海水温浴と淡水温浴で差異がないと思われる。

このように温浴中の体温上昇の程度や交感神経・副交感神経の緊張の程度に差が認められなかった濃海水浴および淡水浴中の酸素摂取量および換気量は，温浴の３分目まで入水前の安静時より有意に高く，その後は安静値と大差がなかった。淡水温浴中の酸素摂取量を測定した報告[4)5)6)17]でも，酸素摂取量は，入・出浴時の動作によって一時的に増加することが明らかにされている。本研究においても，酸素摂取量の増加は一過性であった。本研究においては，できるだけゆっくりとした動作で入水を行わせたが，安静の座位姿勢から立位姿勢への移行，浴槽のまたぎ越し，立位姿勢から座位姿勢への姿勢の変化などが，温浴直後の酸素摂取量や換気量への影響があったものと思われる。大道ら[17]は，入・出浴動作の影響を除けば，温浴の温度が31～37℃の間では入浴前の安静時とほぼ等値であり，25℃以下あるいは43℃では，酸素摂取量の上昇が認められたことを報告している。本研究の温浴時の温度は39℃であり，微温浴に相当する。したがって，温浴３分経過後の酸素摂取量や換気量の動態から，中性温度での淡水温浴はもちろん，濃海水温浴の場合も，酸素摂取量や換気量に影響を及ぼすほど大きいものではないものと考えられる。

酸素摂取量に比べて心拍数は，体温や環境温度の影響を受けやすい。海水温浴と淡水温浴を比較した清水ら[8]，淡水による動水温浴と静水温浴を比較した右田ら[6]によれば，心拍数は温浴の時間経過とともに上昇を示し，いずれも心拍数は安静値に比べて入浴10分目の10拍／分程度，20分目が25拍／分程度の上昇であったことを報告している。これに対し本研究では，入浴動作を行った入水時から温浴１分目に濃海水浴も淡水浴も安静値より有意に高かったが，温浴２分目以降には両条件ともに安静値から大きな変化を示していない。

これらの結果は，淡水温浴で31℃と37℃への10分間の温浴では心拍数に大きな変動は認められず，43℃温浴時のみ心拍数も増加するという大道らの報告[17]と一致する。また40℃，35℃および29℃の淡水への20分間の温浴時の心臓の左室機能や心血行動態を観察した平松ら[7]は，40℃の温浴時には心拍数や心拍出量，左室機能に有意な変化を認めているが，35℃では大きな変化を認めていない。本研究の温浴時の温度は39℃であり，左室機能等に有意な変化が認められた平松ら40℃実験に近いことになる。したがって，本研究でも温浴中の心拍数の有意な上昇が期待されたが，実際には有意な上昇には至っていない。これらの先行研究と本研究の心拍数の上昇の程度が異なる理由は明かでない。本研究において，体温の上昇は小さく，血漿カテコラミンは上昇するどころか，逆に温浴中に低下したことから，心拍数の上昇も大きくはなかったものと思われる。また，温浴時間が他の研究より短い10分間であったことも影響しているかも知れない。いずれにしろ，清水ら[8]も海水温浴と淡水温浴時の心拍数に差を認めていないことから，濃海水浴の心拍数は淡水浴の場合と差はないと考えられる。

本研究では，濃海水浴および淡水温浴とも収縮期血圧は温浴中に変化を示さず，拡張期血圧は温浴中には安静値から有意な低下を示した。平松ら[7]は，3種類の水温の温浴時の平均血圧を算出し，温浴29℃の温浴中には変化せず，35℃の温浴中は10分目と20分目に有意な低下，40℃の温浴中は10分目に有意に低下したが20分目には安静値より高かったことを報告した。温浴あるいは体温の上昇に伴い，毛細血管の拡張がおこり，末梢血管抵抗が低下する[7)13]。また，血漿カテコラミンの動態から，温浴時には交感神経系の緊張よりも副交感神経の緊張が優先したことが伺える。したがって，温浴中の拡張期血圧の有意な低下は，血管拡張と副交感神経緊張の亢進の結果であろうと思われる。そしてそれらの両者とも，濃海水温浴と淡水温浴で差は認められなかったと考えられる。

食塩水による温浴は，発汗減少を抑制する作用があるとされる。すなわち，塩分を含んだ温浴，またはミネラル成分を多く含んだ温浴の場合，発汗量が比較的増大するとされている[18]。もし温浴による発汗量が異なれば，温水入浴前後の体重の差となって表れる可能性もある。しかし，本研究では濃海水温浴による体重減少は，淡水温浴の場合と差は認められなかった。したがって，体重減少の結果から，濃海水温浴の発汗作用が大きいという証拠も得られなかった。

濃海水温浴によって，深部体温の上昇，代謝の亢進が期待されたが，連続した10分間の高塩分濃度の海水への微温浴による体温，血漿カテコラミン，血圧，酸素摂取量，換気量，体重減少など淡水温浴と顕著な差を認めなかった。温浴時間をさらに伸ばすか，家庭での入浴のように入・出浴を繰り返す方法であれば，深部体温や代謝の亢進の可能性もあろう。また水の熱伝導率や比熱が大きいことから，温浴温度の影響も大きいと思われる。海水温浴の生体に及ぼす影響については，さらなる研究が必要であろう。

謝　　辞

本研究において，高濃度の海水は，福岡地区水道企業団の「海水淡水化濃縮塩水等活用事業化検討委員会」から供給を受けた。また実験の実施に当たって，(株)ジャパンアクアテック社の小宗隆喜氏および音成直樹氏ならびに日本ヒーリング研究所の職員の方々の多大な協力を得た。記して，関係各位に深謝いたします。

引 用 文 献

1）野村　正訳（1993）：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.
2）秋永秀幸（1960）：浴と肺機能についての実験的研究．温研紀要，257-308.
3）矢永尚士，市丸雄平，畑　知二，矢野健一，長井克介，川崎義巳（1988）：人工泉浴の健康人における呼吸循環系に対する作用．日温気物医誌，51：135-146.
4）畑　洋一，市丸雄平，大塚邦明，上野照起，岡本健次，吉岡政満，横井忠滋，恒本毅一，佐藤義則，矢永尚士（1980）：入浴の呼吸循環機能に及ぼす影響．温研紀要，32：116-122.
5）大城戸道生，大道　等，岩崎輝雄，植田理彦，宮下充正（1983）：水温が入浴時の体温，心拍数および酸素摂取量へ与える影響．体力科学（第38回日本体力医学会大会号），32：446.
6）右田孝志，清水富弘，堀田　昇，大柿哲朗，金谷庄藏，藤島和孝，吉水　浩，増田卓二（1995）：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.
7）平松伸一，丸山　徹，加治良一，金谷庄藏，藤野武彦，高杉紳一郎，仁保喜之（1999）：健常男性における温浴中の心血行動態および自律神経機能

の変化に関する研究．日本生理人類学会誌，4（3）：27-34.

8）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（1995）：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.

9）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（1996）：海水温浴および動水温浴が体温変動に及ぼす影響．上越教育大学研究紀要，15：233-240.

10）丸山　徹，大柿哲朗，藤野武彦，白川太郎，小倉理一（2003）：高塩分濃度海水温浴時の心機能および一般血液動態．健康科学，25：31-35.

11）Strobel G, Weicker H（1991）：Catecholamine sulfates as internall standards in HPLC determinations of sulfoconjugated catecholamines in plasma and urine. Clin Chem, 37：196-199.

12）井手　肇，秋田久美，藤屋秀一，阿岸祐幸，森崎幹雄（1987）：心機能におぼす静水圧の影響．北海道医誌，62：68-73.

13）堀　清記（1995）：暑熱生理学．中山照雄（編），温熱生理学．理工学社，pp.491-500.

14）中山昭雄（1981）：温熱生理学．理工学社，pp.437-438.

15）Ogaki T, Saito A, Kanaya S, Fujino T（1995）：Plasma sulpho-conjugated catecholamine dynamics up to 8 h after 60-min exercise at 50% and 70% maximal oxygen uptakes. Eur J Appl Physiol, 72：6-11.

16）Ogaki T, Saito A, Hotta N, Ueda N, Kanaya S, Fujino T（2001）：Plasma sulpho-conjugated catecholamine responses to moderate steady-state exercise. Adv Exerc Sports Physiol, 7：87-92.

17）大道　等，大城戸道生，岩崎輝雄（1984）：入浴時の生理的反応―体温が体温，心拍数，酸素摂取量に与える影響―．体育の科学，34：502-509.

18）Hertig BA, Riedesel ML, Belding HS（1962）：Time course of sweating in warm baths．In Advance in Biology of Skin．3，Pergamon Press，Oxford，pp.213-228.