

心・脳血管系の循環動態から見た安全な入浴法の検討

分担研究者 鏡森定信 富山医科薬科大学医学部教授（保健医学）
麻野井英次 富山医科薬科大学医学部助教授（内科学）
堀井雅恵 富山医科薬科大学医学部研究補助員（保健医学）
山田邦博 富山医科薬科大学医学部大学院生（内科学）

研究要旨

日本においては、健康増進やリハビリテーションなどに温浴が利用されている一方で、入浴中の死亡事故が年々増加しており、問題視されてきている。本研究では、出浴時の起立による心・循環動態の変化に着目して実験を行い、安全な入浴法の検討を行った。入浴中の起立の実験から、40℃以上の高い入浴温度、10分以上の入浴時間では、起立による心・脳血管系の負担が大きくなることが示された。また、頭位を低くして出浴を行うと起立して出浴する場合に比べ、負担が少ないことが示された。入浴後に傾斜負荷試験を行った実験からは、入浴による温熱効果で血管収縮能が落ちているために、入浴後は起立性失調を起こしやすい状態にあることが示唆された。出浴時の起立は温浴負荷に起立負荷が重なった状態となり、健康な若年者でも立ちくらみを感じることもある。入浴事故を防ぐためには従来から言われているように高温浴、長時間浴は避け、出浴後も安静にする必要があることが、実験データから証明された。新しい知見として出浴姿勢に注意することが入浴事故を防ぐために有効であることが本研究から明らかにされた。

A. 研究目的

日本においては、健康増進やリハビリテーションなどに温浴が利用されている一方で、入浴中の死亡事故が多いという一面もある。死因としては入浴中急死という範疇で捉えられておらず、溺水、心疾患、脳血管障害に分類されることが多い¹⁾ため、実態の把握は難しいが、厚生省人口動態統計の家庭内溺死者数と東京都における病死を含めた入浴中急死の全体数と溺死の比率からの推定では、入浴中の死亡者数は全国で年間 10000-14000 人とされており、増加傾向にある¹⁾²⁾。これは急死全体（約 8 万人）

の割以上を占め、社会的医学的に検討すべき課題と考えられるが、この問題を身近に知り得る救急関係者、法医学者が注目しているのみで¹⁾、一般社会にも臨床医にもあまり認識されてこなかった¹⁾⁴⁾。その理由として入浴中急死は死亡率が高く、蘇生率も低いために臨床医の目に触れにくかったこと、先に述べたように死因としては溺水、心疾患、脳血管障害に分類され、入浴中急死としてまとめて検討されることがなかったことが挙げられている¹⁾³⁾。多くは死体検案のみによって死因が確定され⁵⁾、また心臓・脳血管発作後の溺水といったよ

うに複数の原因が関与している場合は死因確定が困難であるため、地域によって判定の傾向が異なり、入浴中急死の死因としての溺水、心疾患、脳血管障害の割合については、全国的に共通した傾向は見られない¹⁾⁶⁾。

入浴中急死の統計的な特徴としては、日本特有の現象であること、寒冷地・寒冷期に多いこと、65歳以上の高齢者が80%以上を占めることが挙げられる¹⁾⁻⁵⁾。日本特有の現象であることから、40度以上の高温浴を好み、深い浴槽につかる日本の入浴習慣を考慮すると高温による血管拡張と心拍出量増加、静水圧による表在血管の虚脱と前負荷の増加が入浴中急死に関与していると考えられている¹⁾⁷⁾。寒冷地・寒冷期に多いことから、入浴温度と外気温の温度差によって短時間に血圧低下と上昇が繰り返えされることが関与していると考えられている⁷⁾。高齢者の入浴中急死が多いことについては、より高温浴を好む傾向²⁾、循環障害を伴う既往症を持つ割合が増えること⁴⁾⁵⁾、自律神経系や血管収縮能の低下⁷⁾が関与していると考えられる。主に法医学的見地から入浴中急死の死因としては、虚血性心疾患が半数以上を占め、溺水とされているものも大部分は虚血性心疾患が原因となっていると考えられてきた⁵⁾⁶⁾。しかし、中村²⁾、堀他³⁾は、救急医学からの検討で、入浴中急死は浴槽内での発生が多いこと、入浴事故の生存例において器質的原因が見られない例が多いことから、虚血性心疾患は考えにくく、熱中症や血圧低下による一過性の意識障害(失神)が起こり、結果として、溺水、心肺停止した症例が多いとの考えを示している。入浴中に意識障

害を起こすほどの顕著な血圧低下は報告されていないが、入浴により起立性失調を起こしやすくなっている可能性があり、出浴時の起立による血圧低下が考えられる。入浴中急死の病態・機序に関しては未だ不明な点が多く、様々な議論がなされている。

実際に入浴実験を行って、入浴中から出浴後の循環動態を調べ、入浴の負荷について検討した研究例⁷⁾⁻¹¹⁾は多いが、入浴中急死、入浴事故に起立性失調が関与するという観点に立って調べた実験は見当たらない。

本研究では、特に浴槽からの出浴時の起立、出浴後の起立に着目して、入浴中、出浴後の心脳循環動態を健康な若年者において実験的に調べ、入浴中急死、入浴事故の機序について検討し、科学的事実に基づいた安全な入浴法を提言することを目的として研究を行った。

本研究では、起立による循環動態変化に着目して2つの実験を行った。実験1では、入浴中から出浴後の体位変換の過程における循環動態を調べ、実験2では姿勢変化による瞬間的な循環動態変化を捉えるために、入浴後にTilt台を用いた傾斜負荷試験を行った。それぞれの実験の特色として、実験1においては血圧・心拍に加えて脳血流の変化を検討したこと、実験2においては高解像度で連続的に血圧波形・心電図・脳血流・胸郭内の血液量のデータを同時系列で取り込んだことが挙げられる。

B. 研究方法

1. 実験1

36°C, 39°C, 41°Cの温度で10-15分入浴し、入浴中に立位を取る、頭位を下げ姿勢を低くしたまま出浴し、浴槽の縁に腰掛け、

その後、立位を取るといった体位変化の過程の脳血流・血圧・心拍の変化を測定し、出浴姿勢による負荷の違い、体位変化に対して働く脳・心血管系反応の温度・入浴時間による違いを検討した。

1) 被験者

すべて健康な若年男性を対象として実験を行った。36°Cの入浴の被験者は、平均年齢 31.3±6.2 歳、平均身長 170.0±4.5 cm、平均体重 69.8±4.3 kg (平均±標準偏差) の 4 名、39°Cの入浴については 29.5±6.0 歳、171.3±4.8 cm、67.1±7.2 kg の 8 名、41°Cの入浴については、27±6 歳、171.7±4.8 cm、67.3±7.6kg の 7 名である。

被験者には、実験の目的、普段の入浴行為を模した実験で危険はないこと、用いるセンサー類は非侵襲であること、体調不良が生じた場合は実験を中止することを説明して実験の参加に対する同意を得た。

2) 測定項目

脳血流量はセンサーを前額部に付け、浜松ホトニクス NIRO300 にて測定した。血圧と心拍数はカフ式の Kenz 自動血圧計を用いて左上腕部で測定した。

*脳血流測定

NIRO300 は、近赤外分光法を用いた測定装置で、ヘモグロビンが酸素化状態により吸光度が異なることを利用して、酸化型ヘモグロビン、還元型ヘモグロビンの量を非侵襲的に測定できる。測定で得られるパラメーターのうち、酸化型ヘモグロビンの濃度変化を示す ΔO_2Hb は、絶対量ではなく変化量の測定であるが、わずかな血流量の変化を反映する¹²⁾。本研究では、脳血流量の指標として ΔO_2Hb を用いた。

2) 測定手順

富山医科薬科大学保健医学教室の環境制御室のバスユニットにて実験を行った。室温は 25±1°C、湿度は 50±5% に設定した。入浴前に座位から起立し、コントロール計測を行った。入浴時の水位は腋下部までとし、入浴姿勢は座位、水着着用で実験を行った。36±1°C (バスユニットの温度設定は 38°C であるが実際の温度は 1-3°C 低い) では、15 分間入浴した後、立位を取り、再び 3 分入浴した後、頭位を下げ姿勢を低くしたまま出浴し、浴槽の縁に腰掛け、3 分後に立位を取り、再び座位を取った。39±1°C (バスユニットの温度設定は 41°C) の場合は、入浴開始後、5 分、10 分、15 分で立位を取り、再び 3 分入浴した後、頭位を下げ姿勢を低くしたまま出浴し、浴槽の縁に腰掛け、3 分後に立位を取り、再び座位を取った。41±1°C (バスユニットの温度設定は 43°C) では、入浴開始後、5 分、10 分、15 分で立位を取り、再び 3 分入浴した後、頭位を下げ姿勢を低くしたまま出浴し、浴槽の縁に腰掛け、3 分後に立位を取り、再び座位を取った。同一被験者が 2 種あるいは 3 種の温度条件の入浴を行う場合は、日を変えて実験を行った。いずれの温度の実験においても、脳血流量は、入浴前座位にて 0 点設定を行い、入浴開始から実験終了まで 0.5 秒間隔 (2Hz) で連続測定し、血圧と心拍数については、入浴前座位にて測定後、入浴中は 3 分ごとに、体位を変換した際はその度ごとに測定した。

3) 統計処理

血圧、心拍、脳血流の時間変化の入浴温度による比較は、対応のある因子 (時間) と対応のない因子 (温度) による 2 元配置反復測定分散分析を用い、それぞれの温度条

件における入浴前値との比較にはダネットの多重比較を用いた。入浴温度による起立負荷の違いでは対応のない因子（温度）による一元配置分散分析とシェフェの多重比較を用いた。出浴姿勢の効果は、頭位を低くした出浴時とその一回前の起立における値を対応のある t 検定で比較した。入浴継続時間の効果は、対応のない因子（時間）による一元配置分散分析とシェフェの多重比較を用いた。P<0.05 を有意水準とし、P<0.1 を傾向ありとした。

2 実験 2

36℃、39℃の温度で 15 分間入浴し、出浴した後、Tilt 台を用いた傾斜負荷試験を行った。出浴後から、血圧波形、心電図、脳血流、胸郭内の血液量のデータを同時系列で測定した。

このような方法を用いたのは、姿勢変化による脳・心血管系の反射的な変化を下肢の随意筋の影響を除いて調べるためである。

1) 被験者

平均年齢 24.0±2 歳、平均身長 174.9±6.2 cm、平均体重 64±6.3 kg（平均±標準偏差）の健康な若年男性 7 名を対象として 36±1℃入浴後、39±1℃入浴後、入浴なしの 3 条件で Tilt 台を用いた傾斜負荷実験を行った。被験者には、実験の目的、装着するセンサー類は非侵襲的であること、体調不良が生じた場合は実験を中止することを説明して実験の参加に対する同意を得た。

2) 測定項目

血圧については、日本 Colin BP508 を用いて、血圧計のカフを左上腕部、トノメトリセンサーを左橈骨に装着し、カフ校正後、トノメトリ法で血圧波形を連続測定した。心電図は日本 Colin BP-508 に付属している

ものを用いて測定した。脳血流量はセンサーを前額部に装着し、浜松ホトニクス NIRO300 で測定した。胸郭インピーダンスは日本光電製のテープ電極を頸部と剣状突起付近に巻いて日本光電インピーダンスプレチスモグラフにて測定した。

*胸郭インピーダンス測定

胸郭インピーダンスの測定は 2 つの電極に微量の電流を流し、抵抗を測定することによって行われる。この抵抗は胸郭内に水分が多いほど低く、少ないほど高くなる。抵抗によって水分量を測定する原理は市販の体脂肪率計でも使われているものである。本研究では、姿勢変化による血液の下肢への移動量を調べ、血管抵抗の変化を推定する目的で胸郭インピーダンスを測定した。

3) 測定手順

富山医科薬科大学保健医学教室の環境制御室のバスユニットにて実験を行った。室温は 25±1℃、湿度は 50±5% に設定した。36±1℃、あるいは 39±1℃の温度で、脱衣にて腋下部までの座位で 15 分間入浴し、出浴後、T シャツ、トレーニングパンツ等の簡単な着衣の後、センサー類を装着した。その後、Tilt 台で 2 分間の臥位の後、5 秒で 60° に台を傾斜させ、15 分間保持し、その後臥位に戻した。その間、血圧波形と心電図を 1000Hz、脳血流量と胸郭インピーダンスを 20Hz のサンプリング間隔で、A/D 変換器を介してパーソナルコンピューターに取り込んだ。

4) 解析及び統計処理

心電図の RR 間隔から心拍数を算出し、血圧波形から収縮期血圧、平均血圧、拡張期血圧を求め、すべてのデータを 4 Hz に変換した。統計処理については、対応のある

因子(温度)と対応のある因子(時間、体位)による2元配置反復測定分散分析を用い、有意差のある組み合わせの検出にはチューキーの多重比較を用いた。P<0.05を有意水準とし、P<0.1を傾向ありとした。

B. 研究結果

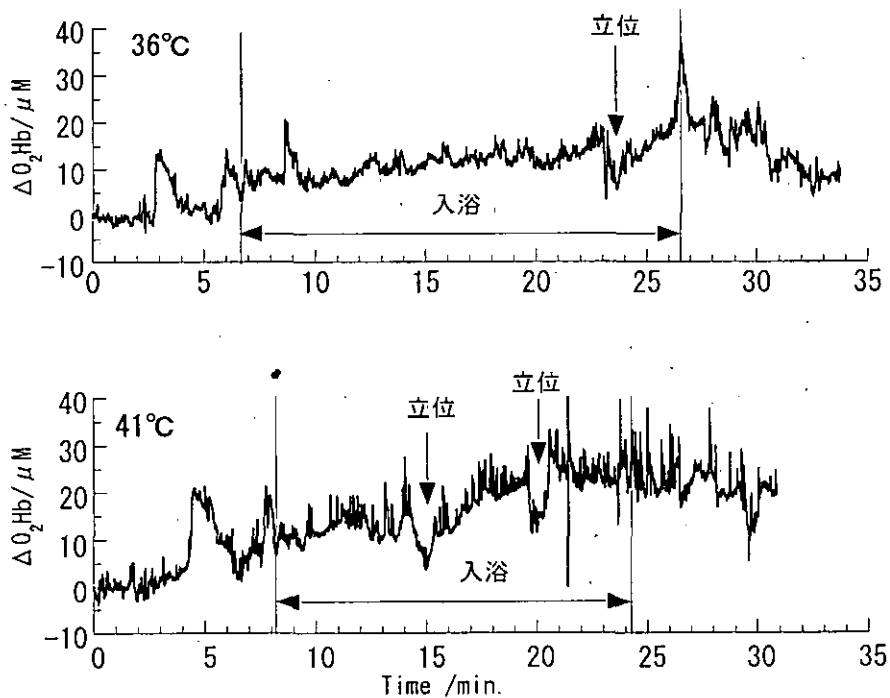
1. 実験1

1) 全体の傾向—特に脳血流について—

入浴前に座位から起立、入浴中に何度か起立し、最終的に頭位を低くして出浴し、座位を取り、また起立する実験を行った。今回の実験で、起立による血圧・心拍の反応は、血圧・心拍ともに変わらない、心拍が上昇し血圧は変わらない、心拍が上昇し

血圧が上昇する、心拍が上昇し、血圧が下降するというパターンが見られたが、入浴中では心拍が上がり血圧が下がる場合が多かった。脳血流に関しては、入浴前の起立ではほとんど下降しないが、入浴中、出浴後の起立では例外なく下降していた。図表1に同一被験者の35℃入浴と41℃入浴における脳血流のデータの例を示す。立位のところで顕著な脳血流の低下が見られ、41℃の方が立位による脳血流の低下の程度が大きいように見える。また、入浴中に脳血流は上昇傾向にあり、36℃より41℃の方が上昇率の大きいことが見受けられる。

図表1 入浴中の脳血流データの例



2) 入浴中の測定値の温度による違い

36°C、39°C、41°Cそれぞれの温度の入浴において入浴前値、入浴直後、入浴3分、9分、12分、出浴後10分の血圧、心拍、脳血流の平均値を比較した。データは平均±標準偏差で示した(図表2-7)。入浴6分、15分および出浴後10分までのデータは、入浴5分、15分の起立および出浴後における起立の影響があると考えられたので、入浴中の測定値の解析では除いた。

図表2に収縮期血圧の時間変化を表す。反復計測分散分析では、 $P<0.01$ で温度によって収縮期血圧の変化のパターンが異なることが示された。41°Cにおいては入浴前値と比較して有意な変化が見られなかった。39°Cにおいては入浴直後から収縮期血圧が有意に下降し($P<0.01$)、入浴中は下降したままであった。36°Cにおいては入浴後9分で有意な低下が見られた($P<0.05$)。平均血圧、拡張期血圧については36°C、39°C、41°Cで同様な変化を示しており、温度によって変化のパターンに違いは見られなかった(図表3,4)。

平均血圧、拡張期血圧はどの温度においても入浴中一貫して下降している。各温度における入浴前値との比較において41°Cでは入浴9分と12分で入浴前値との有意差が見られた($P<0.01$, $P<0.001$)。39°Cでは入浴直後から12分まで入浴前値と比較して有意に低かった($P<0.001$, $P<0.01$)。35°Cでも入浴直後から12分まで入浴前値と比較して有意に低かった($P<0.05$, $P<0.01$)。

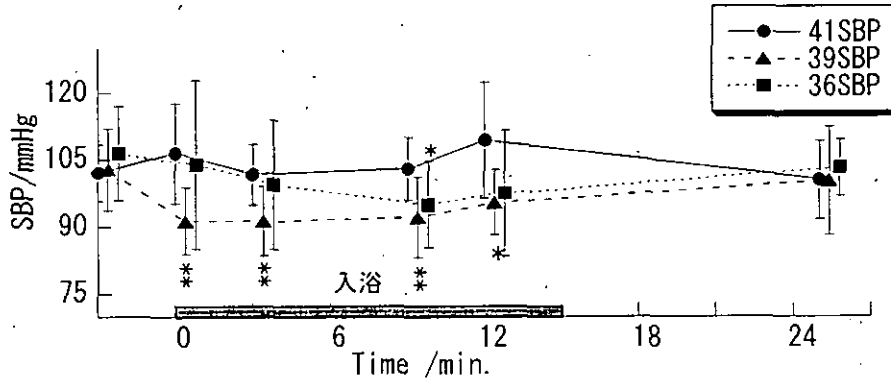
図表5に脈圧の変化を示した。反復計測分散分析では、 $P<0.01$ で温度によって脈圧の変化のパターンが異なることが示された。41°C入浴での収縮期血圧の入浴12分にお

ける上昇は入浴前値と比べて有意な変化ではなかったが、拡張期血圧が有意に下降しているため、脈圧は41°C入浴において入浴12分で入浴前値より有意に大きくなっている($P<0.001$)。その他、36°Cの入浴直後($P<0.05$)と39°Cの入浴12分($P<0.001$)41°Cの入浴9分($P<0.01$)で入浴前値と有意差が見られている。

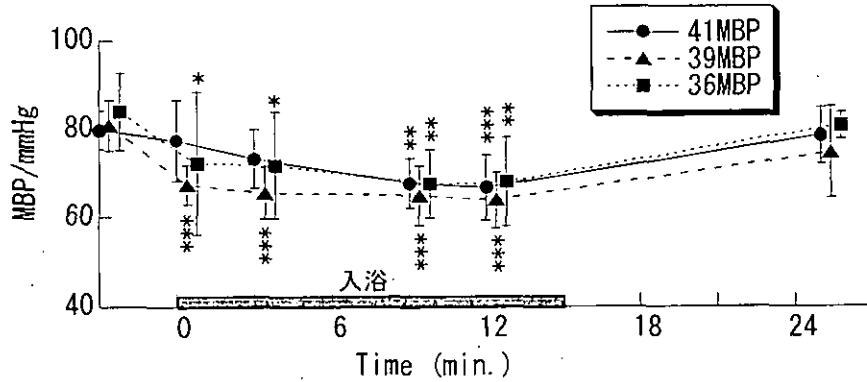
図表6に心拍数の変化を示す。反復計測分散分析では、 $P<0.001$ で温度によって心拍数の変化のパターンが異なることが示された。各温度における入浴前値との比較で41°C入浴では入浴3分から有意に心拍数が上昇した($P<0.01$, $P<0.001$)。39°C入浴では入浴9分から有意に心拍数が上昇した($P<0.001$)。41°C、39°Cでは出浴10分後でも入浴前値に戻っていなかった。36°C入浴では入浴前値に対して心拍数の有意な変化はなかった。

図表7に脳血流の変化を示す。反復計測分散分析では、温度によって変化のパターンに有意な差は見られなかったが、異なる傾向は見られた($P<0.1$)。各温度における入浴前値との比較では、39°C、41°Cで入浴3分、9分、12分、出浴後10分において、入浴前値と有意差が見られた($P<0.01$, $P<0.001$)。36°Cでは入浴前値に対して有意な脳血流の変化はなかった。

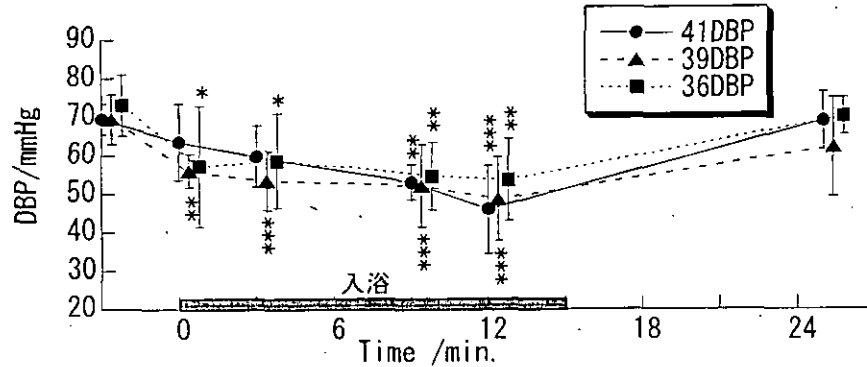
図表2 入浴による収縮期血圧の変化
(入浴前値との有意差 **: P<0.01, *: P<0.05)



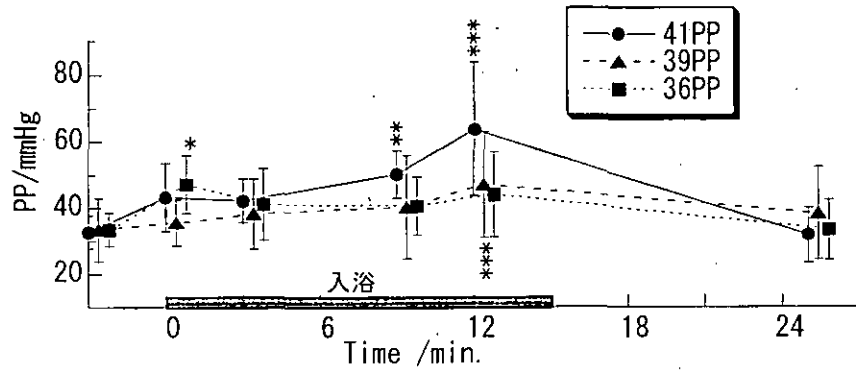
図表3 入浴による平均血圧の変化
(入浴前値との有意差 ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05)



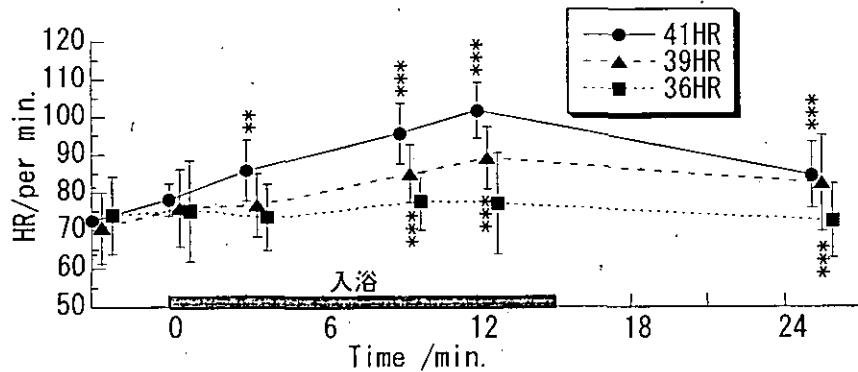
図表4 入浴による拡張期血圧の変化
(入浴前値との有意差 ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05)



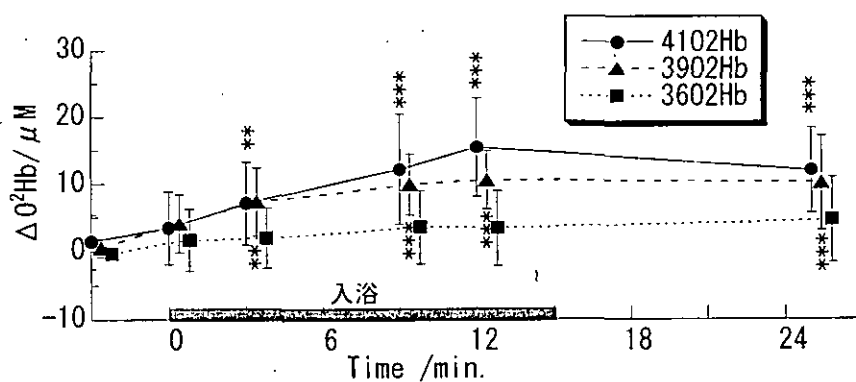
図表5 入浴による脈圧の変化
(入浴前値との有意差 ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05)



図表6 入浴による心拍数の変化
(入浴前値との有意差 ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05)



図表7 入浴による脳血流の変化
(入浴前値との有意差 ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05)



2) 温度による起立の負荷の違い

入浴温度によって起立の負荷の程度が変わるかどうかを調べるために、36°C入浴における15分時の起立、39°C入浴における15分時の起立、41°Cにおける10分時の起立において、起立前後の脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量を、対応のない一元配置分散分析で分析後、シェフェの多重比較を行った。変化量は起立前の値から

起立後の値の差を取った。正の値は起立前に比べて起立後に下降していること、負の値は起立後に上昇していることを示している（起立による一般的な反応から考えて心拍のみが負の値になる）。分析の結果、温度による有意な差が見られたのは、収縮期血圧のみで、37°Cの方が41°Cより有意に変化量が小さかった ($P < 0.05$) (図表8)。

図表8 それぞれの温度における起立前後の脳血流 (O2Hb)、収縮期血圧 (SBP)、心拍数 (HR)、脈圧 (PP) の変化量の一元配置分散分析の結果 Mean±SD (n) (*: $P < 0.05$)

	36°C	39°C	41°C	F値	P値
Δ O2Hb	6.3±5.0(3)	10.5±4.3(8)	12.4±6.2(6)	1.437	0.271
Δ SBP	-0.5±6.2(4)*	3.6±9.5(7)	12.1±5.0(7)*	4.428	0.031
Δ HR	-8.3±10.6(3)	-19.7±5.5(7)	-18.5±12.9(7)	1.451	0.267
Δ PP	15.8±9.7(4)	11.1±7.7(7)	12.4±8.1(7)	0.397	0.679

3) 出浴姿勢の効果

出浴姿勢を変えることによって出浴による血行動態の変化を小さくすることが出来るかどうかを検討するために、頭位を低くした出浴時とその一回前の起立による脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量を対応のある因子のt検定で比較した(図表9)。39°C入浴において頭位を低くした出浴の方が脳血流の低下が有意に小さく ($P < 0.01$)、心

拍数の上昇が有意に小さかった ($P < 0.05$)。41°C入浴において頭位を低くした出浴の方が血圧の低下が有意に小さく ($P < 0.05$)、心拍数の上昇が有意に小さかった ($P < 0.05$)。また、脳血流の低下が小さい傾向が見られた ($P < 0.1$)。36°C入浴については2つの条件の間でどの測定値の変化量においても有意な差、傾向はなかった。

図表 9 起立と頭位を低くした出浴における脳血流 (O2Hb)、収縮期血圧 (SBP)、心拍数 (HR)、脈圧 (PP) の変化量の比較 Mean±SD (n) (**:P<0.01, *:P<0.05, #:P<0.1)

	39°C		41°C	
	立位	頭位を低くした出浴	立位	頭位を低くした出浴
Δ O2Hb	11.1±4.3(7)	3.7±2.0**	12.4±6.1(5)	6.7±2.0#
Δ SBP	3.3±9.5(7)	-2.6±9.2	12.1±4.1(6)	0.8±7.3*
Δ HR	-21.5±5.5(7)	-4±11.8*	-18.5±12.9(7)	-9.2±12.9*
Δ PP	11.1±7.7(7)	3.3±8.5	12.4±8.1(7)	14.2±13.0

4) 入浴継続時間の効果

入浴時間が長くなるにつれて起立の負荷がどう変化するかを調べるために、39°C入浴では、入浴5分、10分、15分、41°Cでは10分、15分の時点で、立位を取った。それぞれの温度で対応のある検定をすべきであるが、欠損値が多く、有効数が少なくなったため、温度に関わらず、5分、10分、15

分の起立における起立前後の脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量を、対応のない因子の一元配置分散分析で分析後、シェフェの多重比較を行った。分析の結果、5分の起立より10分の起立の方が有意 (P<0.05) に心拍数の上昇が大きかった (図表 10)。

図表 10 入浴5、10、15分時における起立前後の脳血流 (O2Hb)、収縮期血圧 (SBP)、心拍数 (HR)、脈圧 (PP) の変化量の一元配置分散分析の結果 Mean±SD (n) (*:P<0.05)

	5分	10分	15分	F値	P値
Δ O2Hb	8.3±3.3(10)	10.2±5.0(9)	10.9±5.0(10)	0.896	0.420
Δ SBP	6.0±14.1(11)	8.0±5.2(10)	13.9±4.6(9)	0.160	0.853
Δ HR	-9.9±9.5(8)*	-22.3±11.0(10)*	-16.1±8.5(9)	3.556	0.044
Δ PP	9.4±13.5(11)	13.8±6.7(10)	16±7.9(9)	0.654	0.528

5) 立ちくらみ症状を起こした例

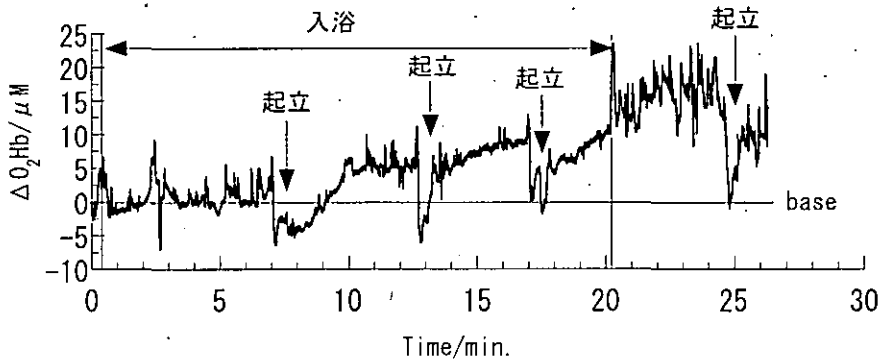
39°C、41°Cの入浴中の起立と出浴後の起立で立ちくらみの自覚症状のあった被験者が4名あった。図表 11 はその1例における脳血流のデータである。この例では、入浴中と出浴後の起立全てで、立ちくらみ症状があり、2度目の起立で一番強い立ちくらみを感じたとの自覚があった。図表 1 の立ちくらみを感じていない例と比べると脳血流の低下の程度はそれほど変わらず、ベー

スラインまで下がるかどうかの違いがあるように見える。そこで39°C、41°C入浴において立ちくらみを感じた個々の事例と感じなかった個々の事例で起立前後の脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量に加えて、脳血流の極小値 (ベースラインとの差) について、対応のない因子による t 検定を行った (図表 12)。その結果、脳血流の変化量、脳血流の極小値には立ちくらみを感じた事例と感じなかった事例で有意な差が

あった (P<0.001)。収縮期血圧の変化量には立ちくらみを感じた事例と感じなかった

事例で異なる傾向が見られた (P<0.1)。心拍数、脈圧の変化量には有意差がなかった。

図表 11 39°C入浴で立ちくらみ症状のあった例の脳血流のデータ



図表 12 立ちくらみを感じた事例と感じなかった事例の起立による脳血流 (O2Hb)、収縮期血圧 (SBP)、心拍数 (HR)、脈圧 (PP) の変化量、脳血流の極小値における対応のない因子の t 検定の結果 Mean±SD (n) (***:P<0.001, #:P<0.1)

	立ちくらみを感じた事例	立ちくらみを感じなかった事例
Δ O2Hb	14.2±4.4(14) ***	7.5±2.8(16)
O2HbMIN-base	-1.93±4.5(14) ***	5.8±4.6(16)
Δ SBP	13.0±8.4(11)#	-9.9±9.5(18)
Δ HR	-18.8±10.4(10)	-14.9±11.3(10)
Δ PP	15.0±10.1(11)	12.0±15.0(18)

2 実験 2

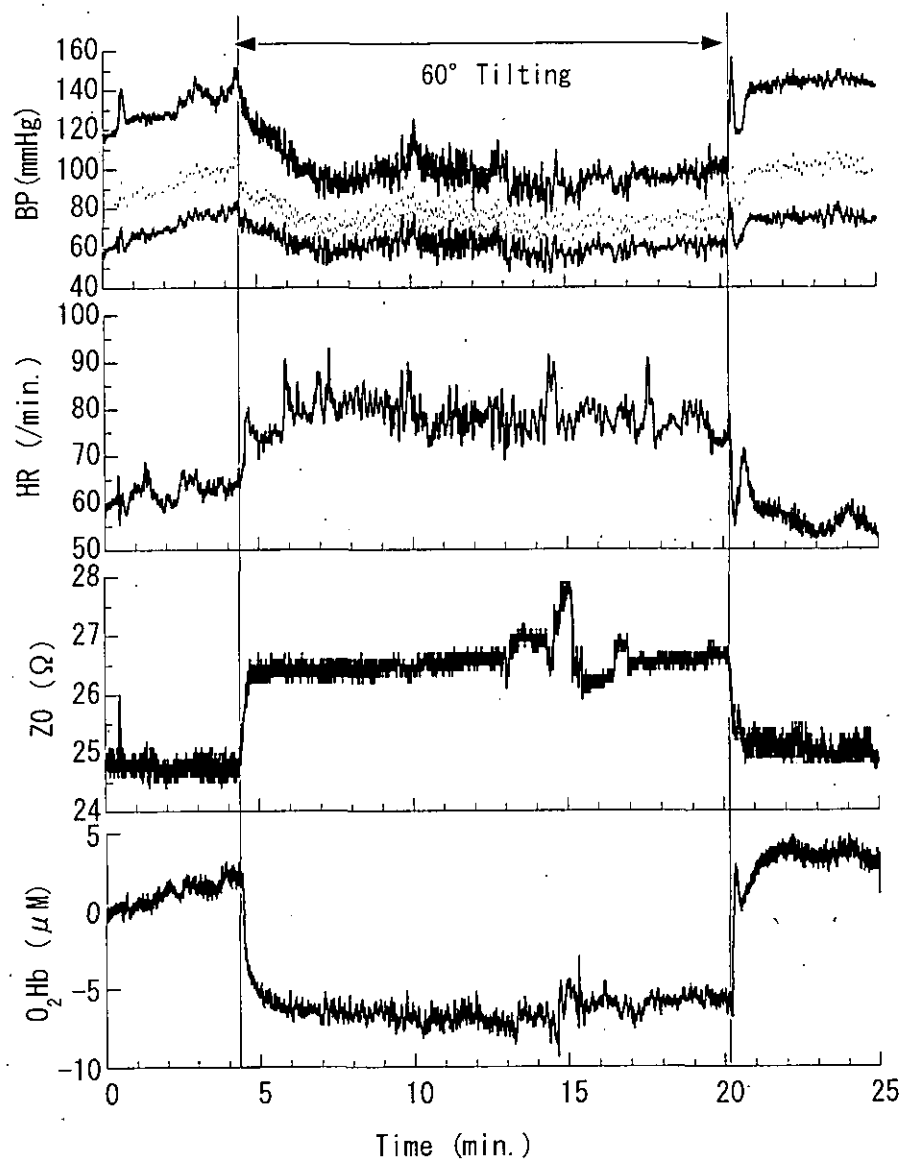
1) 全体の傾向

実験 2 では 7 名の同一被験者において、入浴なし (コントロール) と 36°C、39°C の入浴後の 3 条件で傾斜負荷試験を行った。出浴から測定開始までの時間は 5 分から 10 分程度である。どの条件でも傾斜負荷によって血圧、脳血流は低下し、心拍数と胸郭インピーダンスは上昇する。図表 13 は、負荷試験のデータの 1 例である。36°C、コントロールで各 1 名、血圧が傾斜負荷によっ

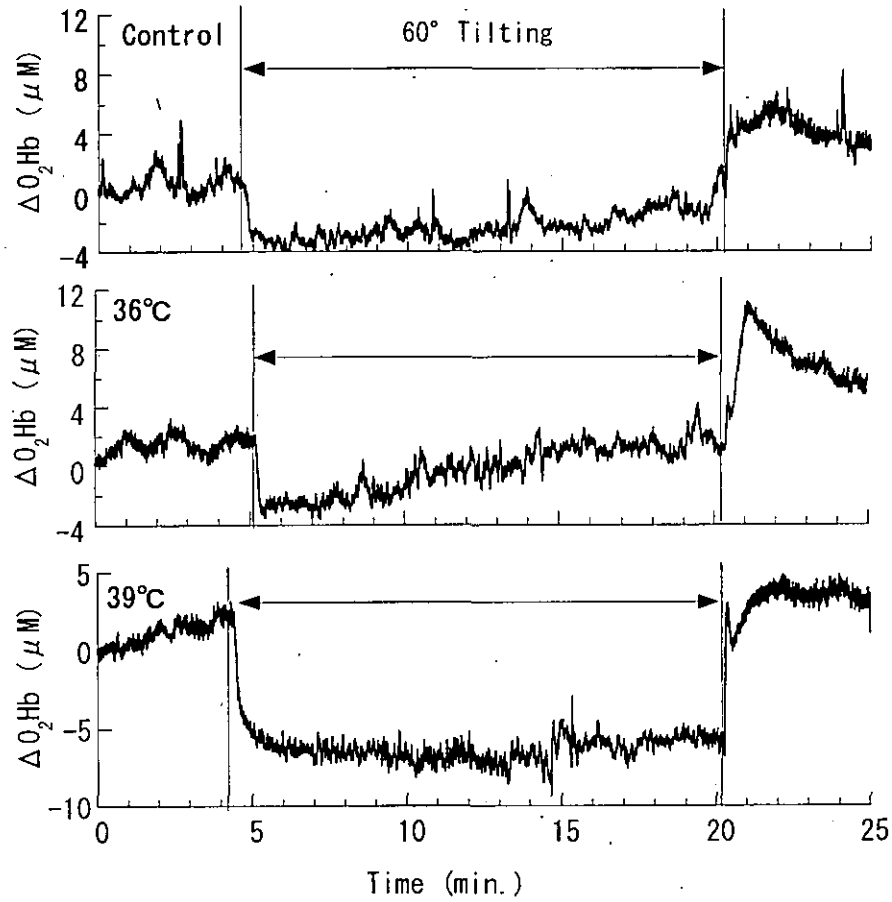
て上昇する例が見られたほかはすべて同じ反応であった。

全体として条件によって顕著な測定値の違いは見られなかったが、コントロールと 36°C では傾斜中に脳血流の回復が見られるのに 39°C では見られないといった違いがあり (図表 14 の例)、何らかの温熱効果は出浴後の実験中も持続していると考えられた。

図表13 39°C入浴後傾斜負荷試験データの1例



図表 14 入浴なし、36°C入浴後、39°C入浴後の3条件における同一被験者の脳血流のデータ

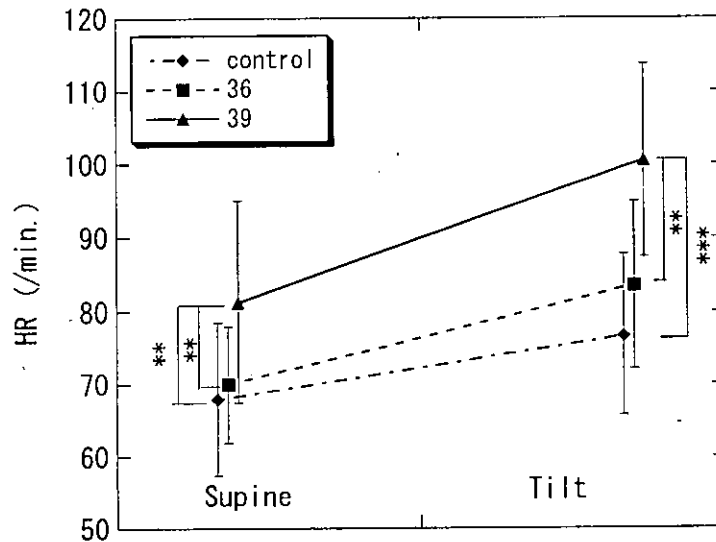


2) 傾斜前2分と傾斜3分の比較

傾斜負荷に対する入浴温度による違いを見るために、それぞれの測定値について傾斜前2分間の平均値と傾斜後3分間の平均値を対応のある反復測定分散分析で検定した。その結果、温度による有意差が検出さ

れたのは、心拍数のみであった ($P < 0.05$)。心拍数では傾斜前の値の多重比較においても傾斜後の値の多重比較においても 39°C入浴と 36°C入浴、39°C入浴とコントロールの間で有意差が見られた (図表 14)。

図表 14 傾斜負荷による心拍数の変化 データは Mean±SD で示した (***:P<0.001, **:P<0.01 テューキーの多重比較による)



3) 傾斜 15 秒間の変化

浴槽の中での入浴急死が多いことを考慮すると、起立による短時間の血行動態の反応を見ることが重要であると考えた。実験 2 では連続データを取っているので、傾斜から 15 秒間の測定値を調べた。図表 15 は、傾斜開始 1 5 秒間の心拍数のデータを 1 点ごとに 7 名で平均し、グラフにしたものである。心拍数は傾斜前後の平均値の比較で温度条件による有意差があったが、このグラフからも 39°C での上昇率が高く、傾斜開始前の値も傾斜後の値も他と比べて高いことがうかがえる。測定値を時間について平均すると短時間の変化がつかめないで、各被験者のデータで傾斜開始 15 秒間、10 秒間の傾きを求め、多重比較を行った。心拍数では 15 秒間の傾きにおいて 39°C とコ

ントロールで有意差があり (P<0.01)、また 10 秒間の傾きにおいても 39°C とコントロールで有意差があった (P<0.05)。5 秒間の傾きには有意差がなかった。

図表 16 には平均血圧の 15 秒間のデータを示した。36°C、39°C、コントロールで 0 秒と 15 秒の値に差はないが、途中経過に若干異なる傾向が見られる。5 秒、10 秒、15 秒の傾きの多重比較では、有意な差は見られなかったが、5 秒間の傾きにおいて 39°C とコントロールの間に異なる傾向が見られた (P<0.1)。

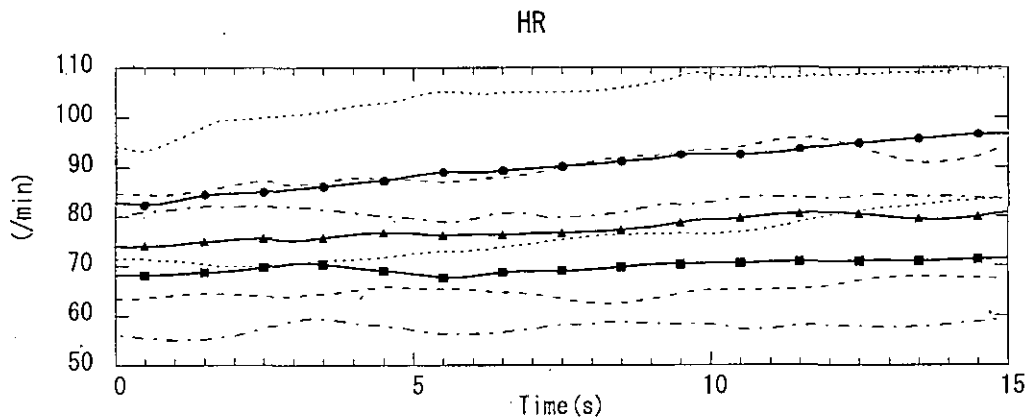
図表 17 には胸郭インピーダンスの 15 秒間のデータを示した。胸郭インピーダンスはテープ電極を巻く位置によって変わるので、一回の測定における相対変化しか見られない。故に 0 秒からの % 変化量を示した。

傾斜開始から15秒でどの条件でも4%程度の値に落ち着くが、コントロールのデータは、他の2つのデータと途中経過が異なっている。しかし、5秒、10秒、15秒での傾きには統計的には有意差や傾向が示されなかった。傾きを%変化量ではなく、測定値で算出しているためであるかもしれない。

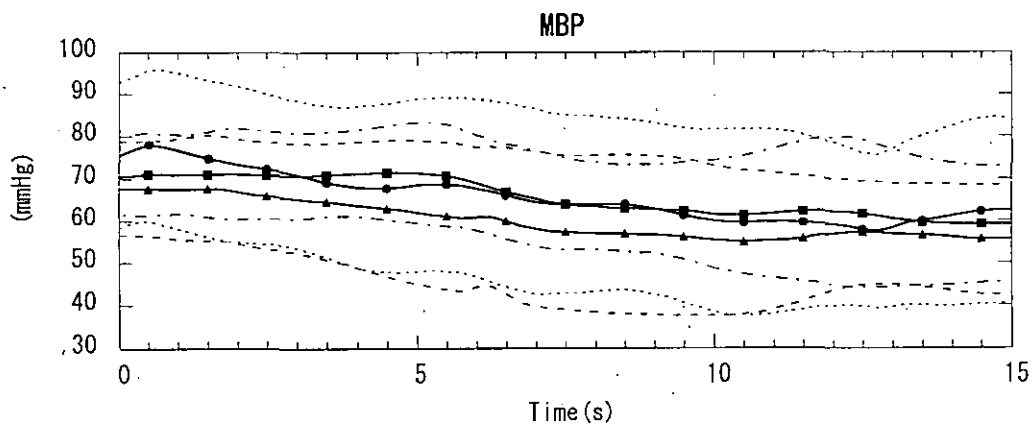
図表18に脳血流の15秒間のデータを示す。コントロールの測定において異常値を示した1名のデータを省いてある(36°C、

39°Cについても省いた)。脳血流の値として用いている ΔO_2Hb は相対変化を示すものであるため、0秒の値を0とした。39°C入浴で他より急な下降が見られ、15秒での値も異なっている。5秒、10秒、15秒の傾きの多重比較では、39°Cとコントロール($P<0.05$)、39°Cと36°C($P<0.01$)に有意差があった。5秒、10秒においては有意差がなかった。

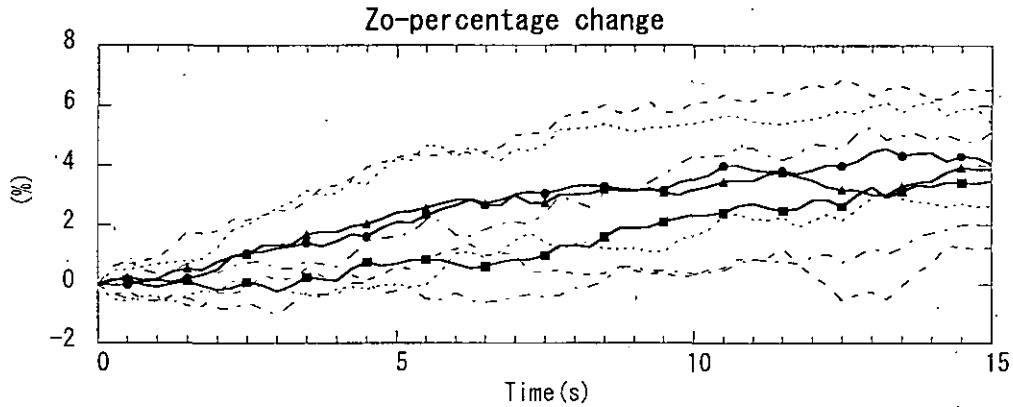
図表15 傾斜負荷開始から15秒間の心拍数の変化 ●は39°C、▲は36°C、■はコントロールを示しており、点線、破線、半破線で±SDの範囲を示している (N7)



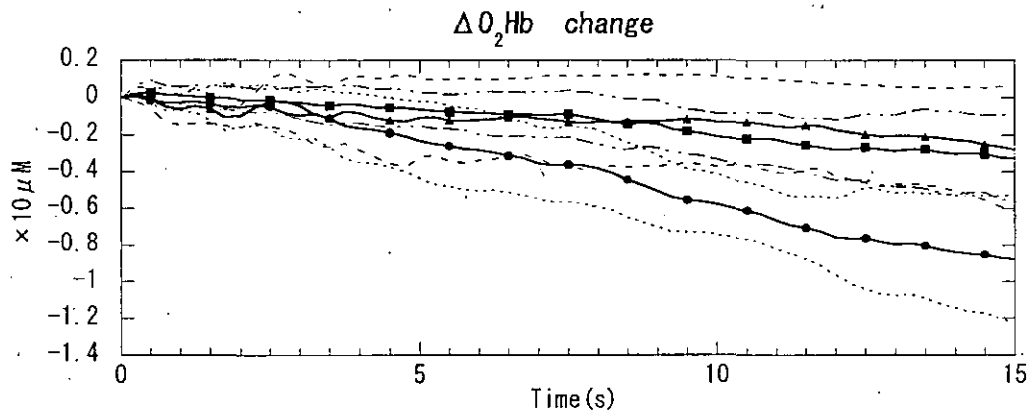
図表16 傾斜負荷開始から15秒間の平均血圧の変化 ●は39°C、▲は36°C、■はコントロールを示しており、点線、破線、半破線で±SDの範囲を示している (N=7)



図表 17 傾斜負荷開始から 15 秒間の胸郭インピーダンスの%変化 ●は 39°C、▲は 36°C、■はコントロールを示しており、点線、破線、半破線で±SD の範囲を示している (N=7)



図表 18 傾斜負荷開始から 15 秒間の脳血流の相対変化 ●は 39°C、▲は 36°C、■はコントロールを示しており、点線、破線、半破線で±SD の範囲を示している (n=6)



C. 考察

1 実験 1

1) 入浴中の測定値の温度による違い

収縮期血圧の変化に入浴温度による違いがあり、平均血圧、拡張期血圧が、どの温度でも入浴中に下がる傾向は、健康な若年者や高齢者を対象にした従来の研究^{7)~11)}のデータと同様であった(図表 2,3,4)。心拍についても入浴温度が高いほど上昇が高く、入浴中に上昇し続ける傾向は従来の研究と同様の結果であった(図表 6)。

入浴中の脳血流については、報告はあるが、従来、信頼できるデータが示されていなかった¹³⁾、本研究の結果は重要な知見になると考えられる。体温程度の低い入浴温度では脳血流が大きく変化せず、40°以上の高温で脳血流が増加する傾向が見られた(図表 7)。

心拍数、脳血流のデータは、出浴 10 分後でも入浴前値に戻っておらず、入浴の影響が残っていると考えられる(図表 6,7)。

2) 入浴温度による起立の負荷の違い

温度による起立の負荷の違いを調べるために、起立前後の収縮期血圧、脈圧、心拍数、脳血流の変化量を比較したが、温度によって有意な差が見られたのは収縮期血圧のみで36℃と41℃で有意であった(図表8)。41℃の高温浴では起立による血圧低下の程度が大きいといえる。

36℃入浴の例数が4名と少なく、また測定値の個人差も大きいため、他のパラメータでは、有意差が検出されなかったと考えられる。入浴温度による起立負荷の違いを明らかにするには、3条件で同一被験者による実験が望ましい。実験2では、実際の入浴時の起立とは異なるが、下肢筋力の影響を除いた、より厳密な条件で、温度による起立の負荷の違いを調べており、3条件の実験を同一被験者で行った。

3) 出浴姿勢の効果

出浴姿勢によって、血行動態の変化を小さくすることが出来るかどうかを検討するために、頭位を低くした出浴時とその一回前の起立による脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量を対応のあるt検定で比較した。その結果、39℃入浴における脳血流、心拍数の変化量が、頭位を低くした出浴時で有意に小さかった。また、41℃入浴において脳血流、収縮期血圧、心拍数の変化量が有意に小さいか、または小さい傾向が見られた(図表9)。このことは頭位を低くした出浴姿勢が心・脳循環系に負担が少ないことを示していると考えられる。

4) 入浴継続時間の効果

入浴時間が長くなるにつれて起立の負荷がどう変化するかを調べるために、39℃入浴では、入浴5分、10分、15分、41℃では10分、15分の時点で、立位を取った。温度

に関わらず、5分、10分、15分の起立における起立前後の脳血流、収縮期血圧、心拍数、脈圧の変化量を、対応のない因子の一元配置分散分析で分析後、シェフェの多重比較を行った結果、心拍数のみで5分の起立より10分の起立の方が有意($P<0.05$)に変化量が大きという結果を得た(図表10)。10分以上の入浴で起立による負担が大きくなるといえる。それぞれの温度で対応のある検定をすべきであるが、欠損値が多く、有効数が少なくなったため、対応のない検定を用いており、検出力が悪いため、他のパラメータでは有意差が検出されなかったと考えられる。

5) 立ちくらみ症状

本研究の実験において立ちくらみ症状を自覚した事例が少なからずあった。入浴中急に血圧低下が関連することを考察している論文でも、入浴中の血圧低下を考えており²³⁾、起立による血圧低下を原因としている論文はあまりない。しかし、温熱負荷と起立負荷が重なった状態は若年者にとってもかなり循環動態に影響を及ぼすことが本研究で示された。また、立ちくらみ症状を起こした事例と立ちくらみ症状がなかった事例では O_2Hb の変化量と極小値のベースラインからの差に違いがあり、立ちくらみ症状の診断に近赤外光による脳血流測定が有効であることが示唆された。

2. 実験2

傾斜負荷前後の平均値の入浴温度、入浴の有無による有意差は、心拍のみでしか見られなかった。若年者を対象としているので、温熱負荷による血圧低下が心拍上昇によって代償され、心拍以外の値では差が出にくいとも考えられる。しかし、実験1で

立ちくらみ症状が見られたことから、若年者でも温熱負荷に起立負荷が加わった状態はかなり負担になると考えられた。入浴中急死に起立による血圧低下が関わっているとすれば、浴槽内での死亡例が多い¹⁾³⁾ことから、起立後短い時間で起こる変化が影響していると考えられる。実験2ではすべてのデータを連続測定しているため、傾斜開始後15秒間の変化に着目して解析を行った。統計的に有意ではないが、39°Cの入浴後では、傾斜開始後5秒間での血圧の低下が大きい傾向が示された。また、温浴後と温浴なしで、傾斜による胸郭インピーダンスの上昇の程度は変わらないが、温浴後では、短い時間に速く上昇することがわかった。このことは、傾斜によって下肢へ移動する血液の総量は変わらないが、短い時間に血液の移動が起こることを意味している。温浴によって血管抵抗の低下が起こっていると考えられる。また、傾斜による15秒間の脳血流の低下は39°C入浴で有意に大きかった。

温熱によって血管抵抗が下がった状態で起立すると下肢への血液の移動が早く起こり、結果的に早い段階で血圧の低下が起こると考えられるが、圧反射によって心拍が上昇し、すぐに血圧は温浴なしの起立と同じレベルに収まる。しかし、血管が温熱によって開いているために血管収縮の方は起こりにくくなっており、心拍の上昇率は通常より大きい。また、脳血流の低下も血管収縮が起こりにくくなっていることと関連していると考えられる。

高齢者の場合は、心機能、交感神経活動、血管収縮能が低下していると考えられ、血圧の低下は更に大きくなると考えられる。

本研究の結果から入浴中急死には、出浴時の起立による血圧低下と脳血流低下が関わっている可能性が高いと考えられた。

E. 結論

入浴中起立の実験からは、40°C以上の入浴、10分以上の入浴では起立による負荷の程度が大きくなること、頭位を低くした姿勢で出浴することは、体位変化による心・脳循環の負担を軽くするのに有効であることが示された。また、若年者であっても温熱負荷と起立負荷の重なった状態はかなり循環動態に影響を与えることがわかった。

入浴後傾斜負荷実験からは、高い温度ほど入浴後の起立で、秒単位の短い時間での血圧低下が見られること、起立によって下肢へ移動する血液の総量は温浴によって変わらないが、温浴後の起立では早い時間で移動が起こることが示された。起立による脳血流の低下は高い温度の入浴後ほど大きいことが示された。また、血管抵抗の減少や心拍の上昇など温浴の循環動態への影響は出浴後30分以上続くことも示唆された。

参考文献

- 1 堀進悟：入浴中の急死。内科専門医会誌 1998；10：68-72.
- 2 中村岩男：失神の診かた 識る 失神と入浴急死。Heart View 2002；6：1163-1168.
- 3 堀進悟，中村岩男，鈴木昌，木村裕之，藤島清太郎，青木克憲，相川直樹：寒冷期における中高年者の入浴中の事故救急医学の面から。日本醫事新報 2000；3996：15-20.
- 4 奈良昌治，谷源一，小松本悟：高齢者の入浴事故死の医学的及び社会的検討。日本老年医学会雑誌 1994；31：

- 532-537.
- 5 安原正博：寒冷期における中高年者の入浴中の事故 法医学の面から。日本醫事新報 2000；3996：21-25.
 - 6 吉岡尚史，二部恒美，円山啓司，重臣宗伯：浴室での内因性急死例の実態調査と問題点について。法医学の実際と研究 1998；41：353-359.
 - 7 桑島巖：寒冷期における中高年者の入浴中の事故 循環動態の面から。日本醫事新報 2000；3996：1-5.
 - 8 美和千尋，岩瀬敏，小出陽子，杉山由樹，松川俊義，間野忠明：入浴時の湯温が循環動態と体温調節に及ぼす影響
 - 9 田島郁文，笠原浩一郎，野口寿一，堀越幸男，五十嵐秀夫，乾迪雄：温水浴における血漿カテコラミンの変動—正常血圧若年者と正常血圧老年者の比較検討—。日本老年医学会雑誌 1984；21：4
 - 10 重臣宗伯，佐藤ワカナ，丸山啓司，吉岡尚文：高齢者の入浴中突然死に関する調査研究。日救急医学会誌 2001；12：109-20.
 - 11 樗木晶子，長弘千恵，長家智子，赤司千波，小島夫美子，久保山直巳，安達隆博，小野順子，堀田昇，藤島和孝，橋本賢治：入浴中の循環動態の変化に関する基礎的研究—高齢者を対象に—。日循予防誌 2004；39：9-14.
 - 12 日本脳代謝モニタリング研究会：臨床医のための近赤外分光法。新興医学出版社，東京，2002；pp. 149.
 - 13 渡邊弘美，頼住孝二，佐々木節雄：温浴と脳血流の関係について—健常男性の結果と文献考察—。神奈川県総合

リハビリテーションセンター紀要
1996；23：47-50.

D. 健康危険情報

入浴事故を防ぐために、既往症がある場合は勿論、既往症のない健康な高齢者においてもできるだけ高温浴、長時間浴は避けると同時に、出浴時に頭位を低くして出浴し、出浴後もしばらく座位あるいは臥位で安静にすることが勧められる。

E. 研究発表

日本温泉気候物理医学会で発表予定

F. 知的財産権の出願・登録状況 なし

資 料

症例報告

入浴中に心事故（心肺停止）をきたしたが救命しえた事例

患者 T. I. 78歳 男性

【主訴】意識障害 低酸素性脳障害

【家族歴】特記事項なし

【既往歴】特記事項なし

【現病歴】生来健康であった。平成12年より慢性心房細動、慢性滲出性心膜炎のため当院外来に通院していた。労作時呼吸困難、胸水貯留を生じるも内服薬でコントロールされていた。平成16年2月8日12時頃入浴し、入浴中妻および孫が2回、応答があることを確認した。最後の応答から5~6分後に浴槽内に沈んでいるのを家人が発見し、救急車を要請した。電話で患者の長男が心臓マッサージの指示を受け、心臓マッサージを施行した。10分後に救急隊員が現地に到着したときには、自己心拍再開していた。当院、救急部に搬送された際は、JCS300、対光反射消失、気管内挿管による人工呼吸管理の上入院した。

【身体所見】身長164cm、体重60kg、意識：JCS300、血圧104/50mmHg、脈拍120/分・不整、瞳孔：右3.5mm、左3.0mm、対光反射消失、病的反射認めず、四肢弛緩、肺雑音なし、心雑音なし、腹部に異常を認めず

【入院後経過】頭部CT上異常を認めなかった。意識レベル・呼吸ともに改善を認め第4病日より経口摂取を開始した。その後リハビリテーションを行い3月13日に独歩で退院した。退院時に神経学的に異常を認めなかった。