

心筋梗塞患者における温浴
の血行動態に及ぼす影響：
観血的血行動態と超音波ド
ップラー法による検討

Effects of bathing on car-
diac function in patients
with myocardial infarc-
tion: Hemodynamic and
Doppler echocardio-
graphic studies

小澤 優樹
長谷川雅一
松崎 明廣
鈴木幹二郎
嶽山 陽一
藤田 良範
新谷 博一

Masaki OZAWA
Masaichi HASEGAWA
Akihiro MATSUZAKI
Kanjiro SUZUKI
Youichi TAKEYAMA
Yoshinori FUJITA
Hirokazu NIITANI

Summary

Hemodynamic changes during bathing in patients with myocardial infarction were studied using a Swan-Ganz catheter and Doppler echocardiography.

The subjects consisted of 14 patients with myocardial infarction (mean age 55.6 years), including the six extensive ones of the anterior wall, five of the anteroseptal wall, two of the inferior wall, and one of the inferoposterior wall. Bathing was by means of 42 °C tap water for five min in the supine position in a Hubbard tank. Pulsed wave Doppler was used to analyze left and right ventricular inflow velocity patterns, and continuous wave Doppler was employed to measure right ventricular outflow velocity.

Blood pressure, pulmonary arterial pressure, pulmonary arterial wedge pressure and right atrial pressure increased significantly during bathing. After bathing, these parameters decreased and remained lower than the baseline levels before bathing. Heart rate and the cardiac index increased significantly during bathing, but decreased after bathing. The systemic vascular resistance index and pulmonary vascular resistance index decreased significantly during bathing, but increased after bathing. The A/R ratio at the left and right ventricular inflow tracts increased during bathing, and right ventricular outflow velocity increased significantly. However, when the subjects were categorized into two groups, i.e., those whose pulmonary arterial pressure consistently increased to the higher level than the average during bathing and those who did not show any increase, the A/R ratio at the inflow tract of the left ventricle increased significantly during bathing in the former group, but there was no significant change in the latter group. The former group generally had more severe infarction with higher left ventricular

昭和大学医学部 第三内科
東京都品川区旗の台 1-5-8 (〒142)

The Third Department of Internal Medicine, Showa
University, School of Medicine, Hatanodai 1-5-8,
Shinagawa-ku, Tokyo 142

Received for publication December 17, 1987; accepted January 16, 1988 (Ref. No. 35-44C)

end-diastolic pressure.

From the above, it was evident that pulmonary arterial pressure, pulmonary arterial wedge pressure and right atrial pressure are elevated and right ventricular outflow velocity is increased despite decreased systemic and pulmonary vascular resistances during bathing. This indicates that an increase in venous return is the primary cause of increased pulmonary arterial pressure during bathing. It seems that patients with impaired cardiac function cannot control increased venous return, resulting in a marked increase in pulmonary arterial pressure and elevation of the A/R ratio at the inflow tract of the left ventricle.

Key words

Bathing Hemodynamics Myocardial infarction Swan-Ganz catheter Doppler echocardiography

緒 言

心筋梗塞患者における温浴は、実地臨床、リハビリテーションを進めたり、日常生活の指導においても、極めて大切な問題である。したがって温浴時の血行動態を明らかにすることは重要であるが、従来の報告は血圧、心拍数、心電図、酸素摂取量など、非観血的方法を用いた検討にすぎず、血行動態を十分解明したものとはいえない。

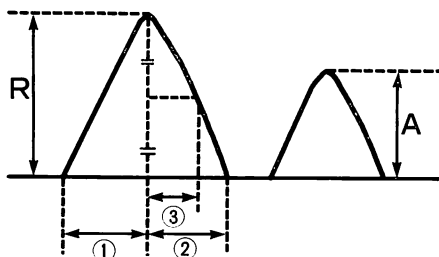
我々は Swan-Ganz カテーテルを用いて、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧、心拍出量を観血的に計測するとともに、ドップラー心エコー図法を用いて、温浴時の血行動態を経時的に記録し検討したので報告する。

対象と方法

対象は当科入院心筋梗塞症例中、平地歩行一回 300~500 m 以上のリハビリテーションを施行している 24~76 歳 (平均 55.6 歳) の男性 14 例である。梗塞部位は広範前壁 6 例、前壁中隔 5 例、下壁 2 例、下・後壁 1 例である。なお患者にはこの検査の意義を十分に説明し、承諾を得てから行った。

温浴は淡水浴で、ハバード浴槽を使用し、臥位にて 42°C 5 分間施行した。まず温浴前に Swan-Ganz カテーテルを右鎖骨下静脈より挿入し、血圧、心拍数、心電図、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧を温浴前、温浴中、および出浴後 10 分まで 1 分毎に記録した。心拍出量は温浴前と温浴直

後、温浴 5 分後、および出浴後は 5 分ごとに計測した。一方、パルス・ドップラー心エコー図法は、温浴前、温浴 5 分、出浴 5 分後に、Fig. 1 に示すような左室および右室流入血流波形を記録し、心房収縮波のピーク速度 / 急速流入波のピーク速度 (A/R)、急速流入波の加速時間 (acceleration time : AT) と減速時間 (deceleration time : DT)、ピーク速度から 1/2 R までの半減速時間 (deceleration half time : DHT) を計測した。また、連続波ドップラー法では右室流出路の平均血流速度を計測した。血圧はマンシェット法を用い、圧モニターと心電図は YHP 製 78342A を、心拍出量は Edwards 製 9520 を、ドップラー装置は東芝製 SSH-60A を用いて記録した。心電図誘導は C_s, C_{5R} または modified II 誘導を用い、



- ① AT : acceleration time
- ② DT : deceleration time
- ③ DHT : deceleration half time

Fig. 1. Measurements from left and right ventricular inflow velocity signals.

電極はサージカルテープとビニールテープを用いて二重に胸壁上に固定し、さらにその上に液状絆創膏を塗布し、防水に注意した。また、Swan-Ganz カテーテル挿入部は airstrip で固定し、その上をサージカルテープとビニールテープで二重に被い、さらに液状絆創膏を塗布し、防水に注意した。統計的検討は t 検定によった。

結 果

温浴中、胸痛、前胸部圧迫感、動悸、息切れなどの自覚症状を訴えたものはなく、心電図上も、温浴中の不整脈の増加、ST-T の変化を認めたものは1例もなかった。

1. 血行動態の変化

1. 血圧、心拍数の変化: Fig. 2 は血圧と心拍数の変化を示す。温浴前、収縮期血圧 (SBP), 拡張期血圧 (DBP) はそれぞれ、 123.7 ± 17.5 mmHg, 73.4 ± 6.9 mmHg を示したが、温浴直後それぞれ 135.9 ± 20.9 mmHg, 80.1 ± 11.5 mmHg と一過性に上昇したが (SBP は $p < 0.01$, DBP は $p < 0.05$), 以後次第に下降し、温浴中に温浴前値に復した。出浴後は収縮期および拡張期血圧とも、温浴前値より低値で経過した。

心拍数は温浴前 64.0 ± 8.3 /min が、温浴直後 80.2 ± 11.4 /min と増加した ($p < 0.01$)。温浴中は温浴前値に比し有意に高値で経過した。出浴後は減少傾向を認めたが、出浴後7分までは、温浴前値に比し、有意に高値で経過した。

2. 肺動脈圧の変化: Fig. 3 は肺動脈圧の変化を示す。肺動脈収縮期圧 (SPAP), 肺動脈拡張期圧 (DPAP) は温浴前それぞれ 22.4 ± 6.8 mmHg, 5.3 ± 3.9 mmHg で、温浴直後はそれぞれ 35.4 ± 8.7 mmHg, 14.8 ± 5.2 mmHg と上昇し (SPAP, DPAP とも $p < 0.01$), 温浴中はそれぞれ有意に高値で経過した。しかし出浴後は低下し、温浴前値に比し有意に低値で経過し ($p < 0.05$ ないし $p < 0.01$), 出浴10分後にはそれぞれ 19.2 ± 7.6 mmHg, 3.5 ± 4.0 mmHg であった。

3. 肺動脈楔入圧, 右房圧の変化: Fig. 4 は、

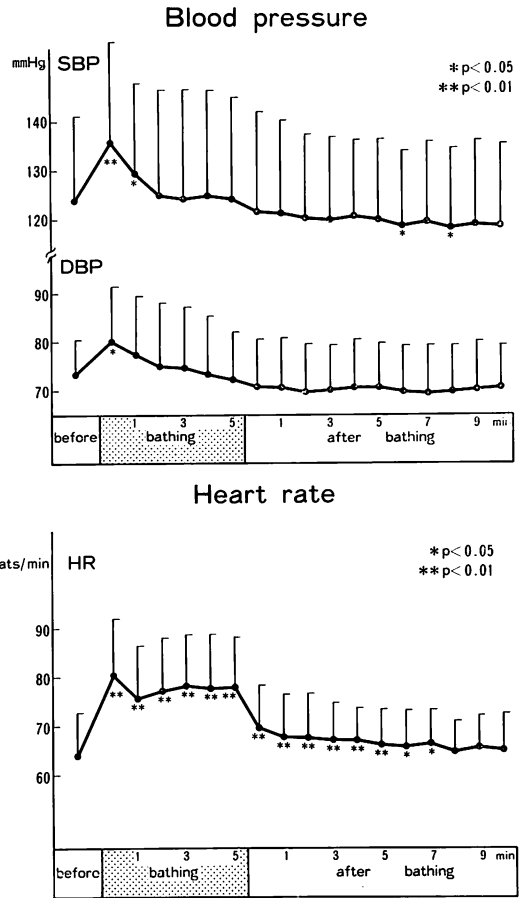


Fig. 2. Changes in blood pressure and heart rate during and after bathing.

肺動脈楔入圧 (PCWP) と右房圧 (RAP) の変化を示す。肺動脈楔入圧は温浴前 5.4 ± 4.7 mmHg で、温浴直後 15.2 ± 6.1 mmHg と有意に上昇し ($p < 0.01$), 温浴中は温浴前値に比し有意に高値で経過した。しかし出浴後は低下し、温浴前値に比し有意に低値で経過し ($p < 0.05$ ないし $p < 0.01$), 出浴10分後の値は 3.6 ± 4.7 mmHg であった。

右房圧も肺動脈楔入圧と同様な変化を示し、温浴前 -0.1 ± 2.0 mmHg が、温浴直後 5.7 ± 2.4 mmHg と有意に上昇し ($p < 0.01$), 温浴中は温浴前値に比し有意に高値で経過した。しかし出浴後は低下し、温浴前値に比し有意に低値で経過した

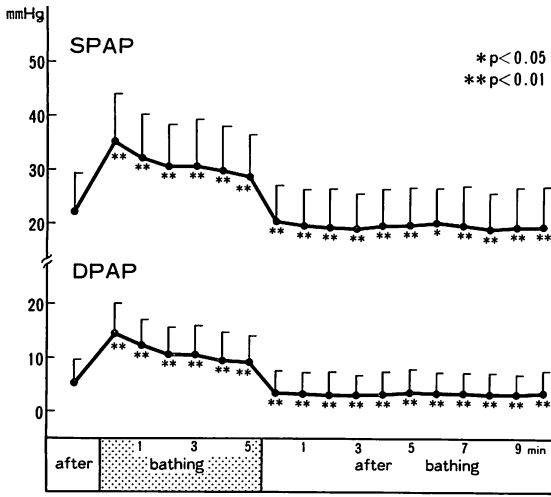


Fig. 3. Changes in systolic (SPAP) and diastolic (DPAP) pulmonary arterial pressures.

($p < 0.05$ ないし $p < 0.01$).

4. 心係数, 体血管抵抗係数, 肺血管抵抗係数の変化

Fig. 5 は心係数 (CI), 体血管抵抗係数 (SVRI), 肺血管抵抗係数 (PVR1) の変化を示す. 心係数は温浴前 2.38 ± 0.52 l/min/m² が, 温浴中有意に増大し ($p < 0.01$), 温浴 5 分後には 3.10 ± 0.87 l/min/m² となった. しかし出浴後は低下し, 出浴 10 分後には 2.40 ± 0.47 l/min/m² と温浴前値に復した.

体血管抵抗係数は温浴前 3149.5 ± 697.7 dyne·sec·cm⁻⁵/m² が, 温浴中有意に減少し ($p < 0.01$), 温浴 5 分後には 2336.6 ± 527.2 dyne·sec·cm⁻⁵/m² となった. 出浴後は増加したが, 出浴直後および 5 分後には温浴前値より有意に低値を保持し ($p < 0.05$), 出浴 10 分後には 3008.9 ± 594.4 dyne·sec·cm⁻⁵/m² となった.

肺血管抵抗係数は温浴前値 200.5 ± 82.0 dyne·sec·cm⁻⁵/m² が温浴中減少し, 温浴 5 分後には 148.4 ± 76.5 dyne·sec·cm⁻⁵/m² と温浴前値に比し有意に減少した ($p < 0.01$). しかし出浴後は増加し, 出浴 10 分後には 181.9 ± 94.3 dyne·sec·cm⁻⁵/m² と温浴前値に復した.

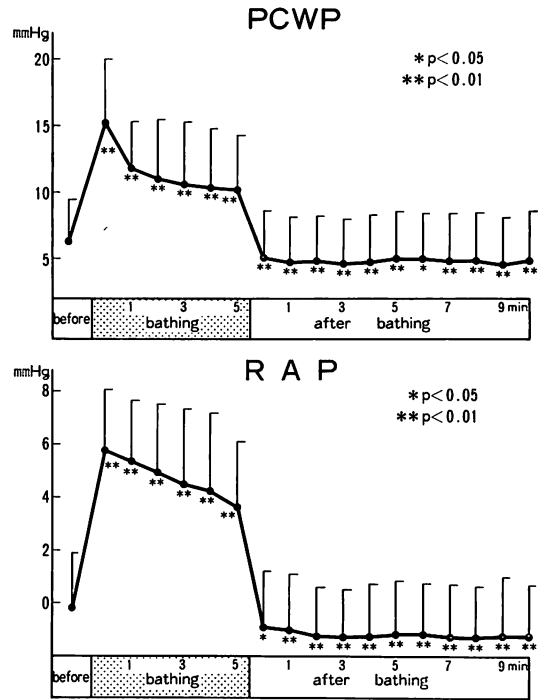


Fig. 4. Changes in pulmonary wedge pressure (PCWP) and right atrial pressure (RAP).

5. 平均右室流出血流速の変化: **Fig. 6** は連続波ドップラー法を用いて, 傍胸骨短軸像より得られた右室流出路平均血流速の変化を示す. 平均右室流出血流速は温浴前 0.57 ± 0.13 m/sec, 温浴中は 0.65 ± 0.14 m/sec と有意に上昇し ($p < 0.01$), 出浴後は 0.56 ± 0.07 m/sec と温浴前値に復した.

6. 左室および右室流入路における流入血流波形の変化: **Figs. 7, 8** はパルス・ドップラー法による計測値で, 心尖部からの右前斜位等価像および心尖四腔像より得られた左室および右室流入路波形の分析結果である. 左室流入血流波形 (**Fig. 7**) では, A/R は温浴前 (0.67 ± 0.18) より温浴中 (0.77 ± 0.22) に有意に上昇し ($p < 0.05$), 出浴後 (0.73 ± 0.21) は減少した. 加速時間 (AT) と減速時間 (DT) は温浴中短縮し, 出浴後温浴前値に復する傾向を認め, 半減速時間 (DHT) は温浴中有

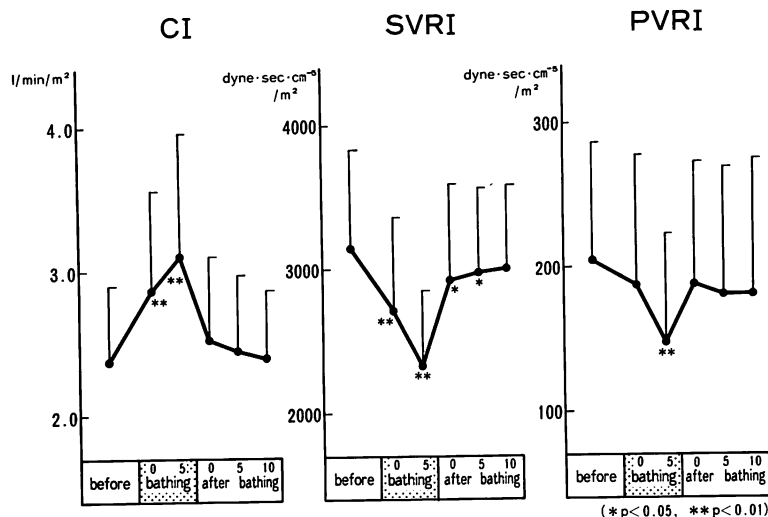


Fig. 5. Changes in the cardiac index (CI), systemic vascular resistance index (SVRI) and pulmonary vascular resistance index (PVRI).

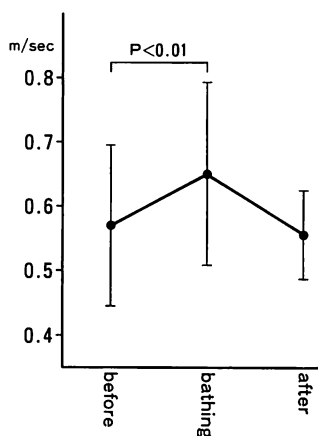


Fig. 6. Changes in mean velocity of the right ventricular outflow tract.

意に短縮し ($p < 0.05$), 出浴後温浴前値に復した。これら三者の変化は, 温浴中の心拍数変化の影響によると考えられた。右室流入血流波形 (Fig. 8) も左室流入血流波形と同様な変化を示し, 温浴中 A/R は上昇し, AT, DT, DHT は短縮傾向を示した。

2. 肺動脈圧上昇群と非上昇群の比較

Fig. 9 は 14 例の心筋梗塞患者中, 肺動脈圧上昇群と非上昇群について, 左室流入路における A/R の変化率を温浴前値を 100% としてみたものである。なお, 肺動脈圧上昇群 (5 例: 平均年齢 52.6 歳) とは, 温浴中の肺動脈圧の上昇程度が常に平均を上回るものとし, それ以外は非上昇群とした (9 例, 平均年齢 57.3 歳)。左室流入路における A/R は, 肺動脈圧非上昇群ではほとんど変化しなかったのに対し, 上昇群では 127.2% と非上昇群に比し有意に上昇し ($p < 0.05$), 出浴後も 125.9% と温浴前値に比し高値を示した。

Fig. 10 は, 肺動脈圧上昇群と非上昇群において, 梗塞部位, 退院時の運動耐容量, 冠動脈造影所見, 心臓カテーテル検査所見等を比較検討したものである。梗塞部位では, 肺動脈圧上昇群において広範前壁梗塞が 60% と高率に認められた。退院時に施行した自転車エルゴメーターによる連続的多段階負荷試験 (25 W 3 分間から開始し, 3 分ごとに 25 W ずつ増量) により得られた運動耐容量は, 肺動脈圧上昇群 6.06 METS, 非上昇群 6.24 METS で, 両者の間に差は認められず, 運

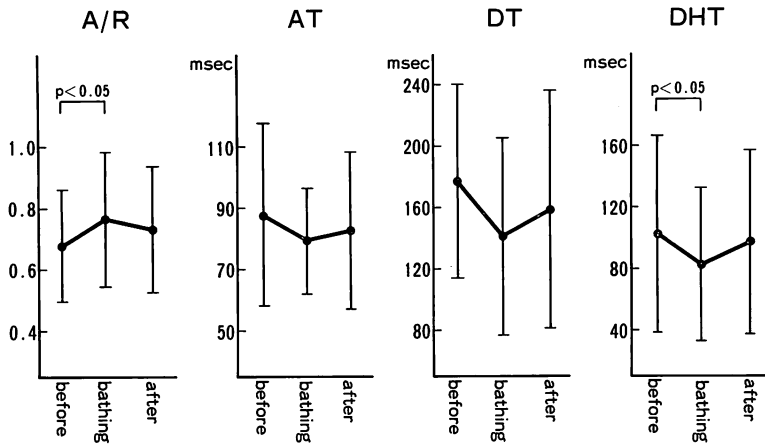


Fig. 7. Changes in left ventricular inflow velocity signals.

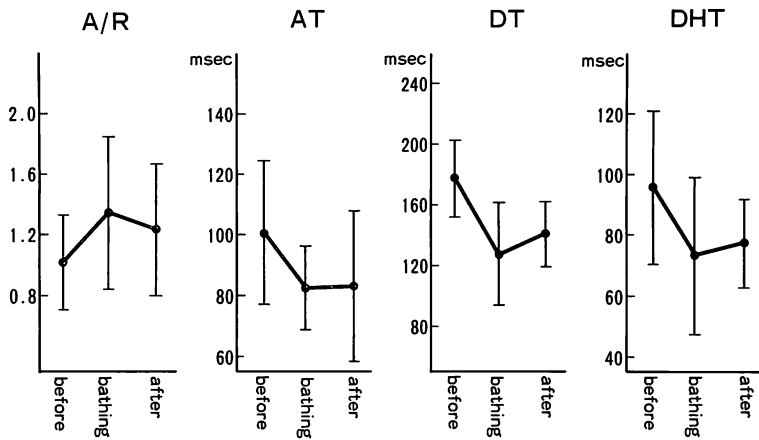


Fig. 8. Changes in right ventricular inflow velocity signals.

動持続時間も上昇群 6.9 min, 非上昇群 7.5 min と差は認められなかった. 同様に退院時に施行した冠動脈造影所見 (75% 以上の狭窄を有意とする) では, 上昇群, 非上昇群の間に差はなく, 心臓カテーテル検査でも, 左室駆出率 (EF) は上昇群 0.42, 非上昇群 0.44 と差は認められなかった. しかし左室拡張末期圧 (LVEDP) は, 上昇群では 23.8 mmHg で, 非上昇群の 17.9 mmHg に比し高い傾向を認めた.

考 察

日本人にとって温浴は日常生活の一部であり, 心筋梗塞患者ではリハビリテーション上, 非常に重要な問題である. したがって, 温浴の血行動態に及ぼす影響について多くの報告がなされており, その温熱作用, 皮膚知覚刺激作用, 静水圧効果, 内分泌および代謝的效果, 精神的鎮静爽快作用, 温泉含有成分の作用などが, 血行動態に影響

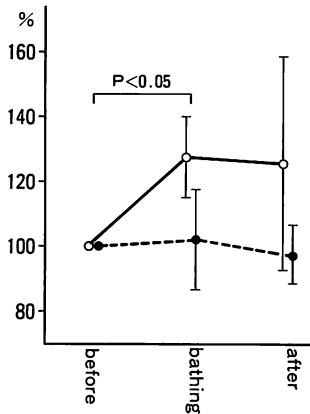


Fig. 9. Comparison of changes in the A/R at the left ventricular inflow tract between cases with and without elevated pulmonary arterial pressure beyond the averaged rise in 14 patients during bathing.

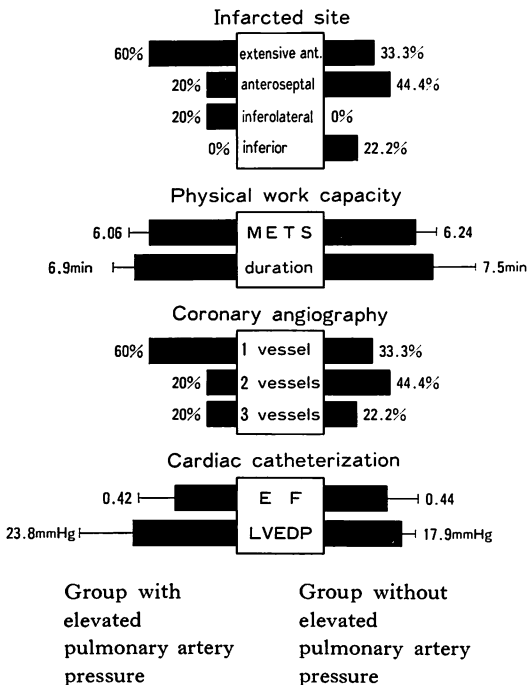


Fig. 10. Comparisons of clinical findings of cases with and without elevated pulmonary arterial pressure beyond the averaged rise in 14 patients during bathing.

を及ぼすと考えられている。

従来、温浴時の肺動脈圧の変化についての報告はなかったが、我々の成績では肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧が温浴中有意に上昇した。これらの現象の原因としては、1) 静脈還流量の増加¹⁾、2) 静水圧の影響^{2,3)}、3) 自律神経系の影響⁴⁾、4) コルチゾール、レニン、アルドステロンなどの内分泌系の影響などが考えられる。1974年、Echtら²⁾は観血的に中心静脈圧を測定し、温浴中静水圧の影響で中心静脈圧が上昇すると報告している。Arboreliusら³⁾も1972年、色素稀釈法を用いて心拍出量を測定し、静水圧の影響で心拍出量が増加すると報告している。一方、近藤ら⁵⁾は拡張型心筋症例に、-30 mmHg から +30 mmHg まで段階的に10 mmHg ずつ下半身に圧負荷をかけ、ドップラー心エコー図法により計測した心拍出量の変化を検討したところ、圧をかけるに従って心拍出量は増加すると報告している。我々の検討でも、温浴直後、出浴直後、ただちに血行動態が変化すること、未発表ではあるが、不感温度に近い37°Cの温浴でも肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧が上昇することより、温浴中の肺動脈圧上昇の原因として、静水圧の影響がかなり重要であることが考えられた。しかし、温浴中、体血管抵抗係数、肺血管抵抗係数が減少するにもかかわらず、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧が上昇し、右室流出路血流速度が上昇すること、我々の以前の検討⁶⁾で、40°Cに比し43°Cの温浴で有意に肺動脈圧、心拍出量などの指標が上昇することより、静水圧の影響だけでなく、温熱作用や皮膚知覚刺激を介した自律神経系および内分泌系などの影響により静脈還流量が増大し、温浴中著明に肺動脈圧が上昇すると考えられる。

心エコー図などの非観血的方法を用いた従来からの報告⁷⁾では、37°Cの温浴で前負荷の減少が認められたとされている。しかし、我々の成績ではそれと異なり、温浴中、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧が上昇することから、温浴中は前負荷が増加し、出浴後はこれらの指標や血圧が温浴前値より

低値を示すことから, 前負荷および後負荷が減少すると考えられた。

我々は, 観血的に肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右房圧, 心拍出量を測定し検討したが, これらが著明に変化するにもかかわらず, 非観血的指標の血圧, 心拍数, 心電図の変化が少ない症例も少なくない。従来, 温浴負荷の検討は, 血圧, 心拍数, 心電図変化, 酸素摂取量などの指標を用いてなされてきたが, これらの指標の変化が少なくても, 肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右房圧, 心拍出量は著明に変化することが少なくないと考えられ, 予想以上の心負荷の存在が示唆された。したがって心疾患々者の温浴は, 十分な注意のもとに行われる必要があると思われた。

一方, 教室の荏原ら⁸⁾は心機図を用いて検討し, 心筋梗塞で重症度の高いものは温浴中の心収縮力の増加が少なく, 心予備力が低下していると報告している。またすでに我々は, 26例の心筋梗塞を肺動脈圧上昇群と非上昇群に分け検討⁶⁾し, 肺動脈圧上昇群では, 入院時の Forrester の血行動態分類や Killip の心不全重症度分類において重症例が多く, 心筋逸脱酵素の最大値も高く, 左室造影による慢性期の駆出率も低い例が多いと報告している。今回の検討は14例と症例数が少ないが, やはり肺動脈圧上昇群で梗塞範囲が広く, 左室拡張末期圧が高い症例が多い傾向を認めた。以上より, 肺動脈圧上昇群は心機能が低下しているため, 温浴により増加した静脈還流量を処理できず, 肺動脈圧が著明に上昇し, 同時に心房収縮の関与が大きくなり, 左室流入路における A/R が上昇すると考えられた。すなわち心筋梗塞患者において, 心機能が低下しているほど, 温浴中著明に肺動脈圧が上昇し, 左室流入路における A/R は上昇すると考えられた。

結 論

心筋梗塞14例について, ハバード浴槽を用いて 42°C 5分間の温浴を施行し, Swan-Ganz カテーテル法による肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右房

圧, 心拍出量を経時的に測定するとともに, 血圧, 心拍数, 心電図, ドップラー心エコー図法も経時的に観察し, 以下の結果を得た。

1. 血圧, 肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右房圧は温浴中有意に上昇し, 出浴後は低下し, 温浴前値に比し低値で経過した。
2. 心拍数は温浴中有意に増加し, 出浴後減少したが, 出浴後も温浴前値に比し高値で経過した。
3. 心係数は温浴中有意に上昇し, 出浴後温浴前値に復した。
4. 体血管抵抗係数, 肺血管抵抗係数は温浴中有意に減少し, 出浴後増加したが, 出浴後も温浴前値に比し低値で経過した。
5. ドップラー心エコー図法では, 右室流出路における平均流出血流速度は温浴中有意に上昇し, 左室流入路における A/R も有意に上昇した。
6. 14例の心筋梗塞を肺動脈圧上昇群と非上昇群に分け検討すると, 肺動脈圧上昇群の左室流入路における A/R は温浴中有意に上昇したが, 非上昇群では有意な変化を認めなかった。

要 約

心筋梗塞患者において, 温浴の血行動態に及ぼす影響につき, Swan-Ganz カテーテル法による観血的血行動態とドップラー心エコー図法を用いて検討した。対象は平均年齢 55.6 歳の梗塞例 14 例で, 広範前壁 6 例, 前壁中隔 5 例, 下壁 2 例, 下・後壁 1 例である。温浴は淡水浴でハバード浴槽を使用し, 臥位にて 5 分間施行した。ドップラー法は, パルス・ドップラー法にて左室, 右室の流入血流波形を分析するとともに, 連続波ドップラー法にて右室流出血流速度を測定した。

血圧, 肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右房圧は温浴中有意に上昇し, 出浴後は温浴前値に比し低値で経過した。心拍数, 心係数は温浴中有意に増加し, 出浴後は減少した。体血管抵抗係数, 肺血管抵抗係数は温浴中有意に減少し, 出浴後は増加した。左室および右室流入路における A/R は, 温浴中

上昇し、右室流出血流速度は有意に上昇した。

温浴中肺動脈圧が平均より常に上昇する上昇群と、上昇しない非上昇群とに分け検討すると、左室流入路における A/R は、上昇群では温浴中有意に上昇したが、非上昇群では有意な変化を認めなかった。また上昇群では非上昇群に比し梗塞範囲が広く、左室拡張末期圧の高い症例を多く認めた。

以上より、温浴中体および肺血管抵抗が減少するにもかかわらず、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、右房圧が上昇し、右室流出血流速度が増加することから、温浴中肺動脈圧が上昇する原因として、静脈還流量の増大が重要な要因と考えられた。そのさい、心機能の低下した症例ほど、この増大した静脈還流量を処理できず、著明に肺動脈圧が上昇するとともに、左室流入路における A/R が上昇すると考えられた。

文 献

- 1) 吉利 和, 花岡和一郎: 各種疾患の温泉療法とリハビリテーション: 循環器疾患々者の特殊性. 日温気物医誌 **31**: 27-34, 1967
- 2) Echt M, Lange L, Gauer OH: Changes of peripheral venous tone and central transmural venous pressure during immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Arch* **352**: 211-217, 1974
- 3) Arborelius M Jr, Balldin UI, Lilja B, Lundgren CEG: Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med* **43**: 592-598, 1972
- 4) 田中信行: 入浴の生理学. フレグランスジャーナル **69**: 11-16, 1984
- 5) 近藤誠宏, 巻幡修三, 池岡清光, 御幡千里, 松森佳子, 寺脇一江, 小亀孝夫, 藤谷和大, 岩崎忠昭: 下半身陰圧・陽圧負荷時の左室流出血流パターン(心拍出量)の変化——超音波パルス・ドプラー法による検討——. 日超医講演論文集 **51**: 749-750, 1987
- 6) 小澤優樹, 鈴木嘉茂, 鈴木幹二郎, 桑原健太郎, 岩崎俊作, 長谷川武志, 藤田良範, 新谷博一: 心疾患々者における温浴の血行動態に及ぼす影響. 日温気物医誌 **49**: 71-81, 1986
- 7) 畑 洋一, 市丸雄平, 仲西廣展, 岡本健次, 大塚邦明, 上野照紀, 矢永尚士: 心エコー図よりみた入浴の左心機能におよぼす影響. 超音波医学 **7**: 307-312, 1980
- 8) 荏原包臣, 長谷川武志, 桑原敏樹, 内田宏子, 小島喜久子, 塩原保彦, 藤田良範, 新谷博一: 急性心筋梗塞患者における温浴の影響および温浴の時期に関する研究. リハビリテーション医学 **23**: 21-28, 1986