

ラジウム温泉浴が健常成人の血管内皮機能, 生理学的検査値 および自覚的体感に及ぼす影響

平山 匡男・西田 浩志

新潟薬科大学産官学連携推進センター

渡 辺 賢 一

新潟薬科大学大学院薬学系研究科臨床薬理学教室

荒 木 善 紀

風雅の宿長生館, 新潟県健康ビジネス協議会

後 藤 博

新潟バイオリサーチパーク株式会社, 新潟県健康ビジネス協議会

古内 亮・坂口 良子

株式会社ブルボン健康科学研究所

Effects of Radium Hot Spring Bathing on Flow - mediated Dilation, Physiologic Values, and Subjective Feeling

Masao HIRAYAMA and Hiroshi NISHIDA

Liaison Center for R&D Promotion,

Niigata University of Pharmacy and Applied Life Sciences

Kenichi WATANABE

Department of Clinical Pharmacology,

Niigata University of Pharmacy and Applied Life Sciences

Yoshinori ARAKI

Choseikan Corporation and Niigata Health Business Federation

Reprint requests to: Masao HIRAYAMA
Liaison Center for R & D Promotion
Niigata University of Pharmacy and
Applied Life Sciences
265 - 1 Higashijima Akiha - ku,
Niigata 956 - 8603 Japan

別刷請求先：〒956 - 8603 新潟市秋葉区東島 261 - 1
新潟薬科大学産官学連携推進センター

平山 匡男

Hiroshi GOTO

Niigata Bio Research Park, Inc and Niigata Health Business Federation

Ryo FURUUCHI and Yoshiko SAKAGUCHI

Bourbon Institutes of Health, Bourbon Corporation

要 旨

【目的】ラジウム温泉に入浴した時の上腕動脈血管内皮機能, 生理学的検査値および自覚的体感の変動を, 入浴中および入浴終了後2時間まで測定し, 入浴がこれらに及ぼす影響を評価することを目的とした。

【方法と対象】健康成人16名(男女それぞれ8名)がラジウム温泉に20分間入浴中および入浴終了後2時間までの間, 血管内皮機能検査[血流依存性血管拡張反応率, flow-mediated dilation (FMD %)]と血管拡張径増加量, 生理学的検査(血圧, 脈拍, 体温, 体重, 体脂肪率), 自覚的体感(快適感, リラックス感, 体のすっきり感)の測定を行い, その変動を解析した。

【結果】ラジウム温泉入浴中のFMD %および血管拡張径増加量のそれぞれの平均値は, 入浴前($7.5 \pm 0.8\%$ および $0.27 \pm 0.03\text{mm}$)から入浴終了直後($9.3 \pm 1.0\%$ および $0.35 \pm 0.03\text{mm}$)に有意に上昇し, 入浴終了2時間後($9.0 \pm 1.2\%$ および $0.31 \pm 0.03\text{mm}$)も有意な上昇は保持された。この変動を男女別に解析すると, 女性群でのみ入浴終了後2時間まで有意な上昇が確認された。収縮期および拡張期血圧, 体重, 体脂肪率も入浴中および入浴終了後2時間までそれぞれ有意な低下が認められたが, 体温および脈拍の上昇は入浴中のみであった。VAS法で測定した快適感, リラックス感, 体のすっきり感の自覚的体感は入浴中, 入浴終了2時間後ともにそれぞれ有意な改善が認められた。

【総括】ラジウム温泉浴が及ぼす生理的作用について, 上腕動脈血管内皮機能の検査を組み入れて評価した結果, 入浴中および入浴後の血流依存性血管拡張反応率(FMD %)と血管拡張径を増加させる効果があることを見出し, かつ血圧の低下や自覚的体感も向上させる利点もあることを明らかにした。

キーワード: ラジウム温泉浴, 血流依存性血管拡張反応, FMD, 血圧, 自覚的体感

Abstract

Effects of radium hot spring bathing on flow-mediated dilation, physiologic values, and subjective feeling were investigated in healthy adults. Sixteen adults (8 men and 8 women) were subjected to bathing for 20 min and staying in rest until 2 h postbathing. During the period of bathing and postbathing, effects on brachial artery flow-mediated dilation (FMD and vascular diameter), physiologic values, and subjective feeling were measured and analyzed. Average values of FMD and vascular diameter, $7.5 \pm 0.8\%$ and $0.27 \pm 0.03\text{mm}$, before bathing increased significantly to $9.3 \pm 1.0\%$ and $0.35 \pm 0.03\text{mm}$ during 20 min bathing and then these significant increases were sustained for 2 h after bathing, respectively. Subgroup analysis of these changes for men and women revealed that significant increases after bathing were sustained only in a women's group. The average values of systolic and diastolic blood pressures, body weights, and body fat percentages decreased significantly during bathing and after bathing in comparison with those before bathing, but pulse rates and body temperatures increased significantly only during bathing. Subjective feelings containing cheerfulness, relaxation, and physical activity were measured using

visual analog scale (VAS) and improvement of them was observed during and after bathing. These results indicate that radium hot spring bathing exerted beneficial effects in increase of flow-mediated dilation, decrease of blood pressure, and improvement of subjective feelings.

Key words: radium hot spring bathing, flow-mediated dilation, FMD, blood pressure, subjective feeling

はじめに

近年は健康志向の時代, 温泉を活用した健康の増進が再び見直されつつある。最近, 松原は, 温泉を利用した健康増進に関する包括的考察の中で 25 年間の論文紹介を行っている¹⁾。その中で, 温泉療法は入浴のみならず, 運動や入浴剤, 食事, 薬物を複合した療法の研究が進められていることを報告している。また, 3 ヶ月, 6 ヶ月間の無作為化比較試験の中で, 他覚的測定値に加えて自覚的幸福感の変化も含めて解析するなど, 研究手法も科学的にもなってきた²⁾。しかし, これら温泉入浴と健康機能に関する研究もまだ系統的なものは少なく, 従来から改善されると言われてきた血流に関する科学的な検証も限られた報告に留まっている³⁾。

血流依存性血管拡張反応 (Flow Mediated Dilation, FMD) は早期動脈硬化性血管障害の指標として考えられており, その危険因子 (加齢, 肥満, 喫煙, 高血圧など) により低下することが明らかになっている⁴⁾⁵⁾。最近では, ライフスタイルにおける諸因子, 例えば, 食事成分 (ポリフェノール⁶⁾ や食酢⁷⁾ など) の摂取や生活習慣因子 (喫煙⁸⁾ や入浴³⁾, 酸化ストレス⁹⁾ など) が FMD の増減と密接に関係していることが見出されている。従って, 早期動脈硬化性血管障害のリスクを生活習慣の中で軽減していくために, FMD を効率よく向上させる生活習慣関連因子を生活の中に取り入れていくことが重要であり, 有用因子の探索と評価が一つの研究対象となってきた。

本研究は, ラジウム温泉に単回入浴した時の上

腕動脈血管内皮機能検査値 (血流依存性血管拡張反応率 (FMD %) と血管拡張径増加量) および生理学的検査値 (収縮期および拡張期血圧, 脈拍, 体温, 体重, 体脂肪率) を入浴終了後 2 時間まで測定し, その変動を比較解析することにより入浴が及ぼす影響を評価することを目的とした。また, その間の快適感などの自覚的体感の変化についても Visual Analogue Scale (VAS) 検査¹⁰⁾ にて評価した。

材料と方法

被験者として健常成人を募集し, 本試験はヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則を遵守し, また新潟バイオリサーチパーク(株)食品ヒト試験審査委員会の審査を受けて実施した。

1. 対象

下記の選択基準を満たし, かつ除外基準に抵触しない健常成人 16 名 (20 ~ 68 歳, 42 ± 15 歳) (男 8 名, 35 ~ 68 歳, 50 ± 14 歳; 女 8 名, 20 ~ 53 歳, 34 ± 13 歳) を被験者とした。

1-1 選択基準

- ①年齢 20 歳以上 70 歳未満 (同意取得日現在)
- ②被験者背景, 自覚症状・他覚所見, 理学検査で重篤な異常が認められず, 治験責任医師または治験担当医師が被験者として適切であると判断した者
- ③事前に, 試験内容及び試験方法などについて十分な説明を受け, 文書により同意した者

1-2 除外基準

- ①温熱に対するアレルギーを有する者

- ②緊急的な降圧療法を必要とする者
- ③脳血管障害症候、心不全患者及び心筋梗塞既往、心房細動及び重篤な不整脈、腎機能障害(血清クレアチニン 2.0mg/dl 以上)、高度の肝機能障害のいずれかを有する者
- ④血圧関連の薬剤を服用している者、コントロール困難な糖尿病患者、貧血(ヘモグロビン量 9.5g/dl 未満)のある者、妊婦・授乳婦及び妊娠している可能性のある者
- ⑤その他、担当責任医師が被験者として不適格と判断した者

2. 場所

風雅の宿長生館(新潟市阿賀野市村杉温泉)のラジウム温泉内風呂(湯温度、41℃)を用いて、平成23年3月14日から3月19日に実施した。血管内皮機能検査、生理学的検査および自覚的体調検査は、脱衣場および隣接する部屋に装置を設置して測定した。

3. 試験方法

被験者は、試験前には不規則な生活を避け、睡眠、食事、運動、アルコールの摂取等に関しては、日常生活と同様の量・質を維持すること、検査前空腹測定を原則とするために試験前5時間以内の水以外(茶、コーヒー、喫煙など)の飲食は避けて、指定された日時に試験場所に到着するように指導した。食事の影響を少なくするために、グループA(午前の部)は朝食を、グループB(午後の部)は昼食を、グループC(夜の部)は夕食を摂取しないで試験に参加した。被験者は室内で30分以上安静にした後、入浴前の検査を行って速やかに入浴した。入浴は20分間とし、入浴開始から中間点である入浴10分目の測定(生理学的検査およびVAS検査)のみは各自が行って記録した。20分間の入浴後、速やかに終了直後の測定を行った後、被験者はミネラルウォーター(300ml)の水を補給を行った。その後、室内で安静に待機して、入浴後1時間および2時間の測定を行った。

測定項目と測定装置は次の通り。上腕動脈血管内皮機能検査となるFMD%と血管拡張径は

FMD装置(株)ユネクス社製、ユネクスイーエフ)；収縮期および拡張期血圧、脈拍はオムロン自動血圧計(株)オムロン社製、HME-1000型)；体温(舌下法)はオムロン電子体温計(株)オムロン社製、MC-171W型)；体重と体脂肪率は体重体組成計(株)オムロン社製、HBF-362型)を用いて測定した。自覚的体感は、主観申告のVisual Analogue Scale (VAS) 検査(全長10cm長上に記したポイントと入浴前のポイントの差を測定し、プラスを改善、マイナスを悪化とする)により、快適感、ストレス感、および体のすっきり感を数量化して評価した。

4. 統計処理

数値は測定値および平均値±標準誤差(SE)を示す。入浴前と入浴中(終了直後まで)および入浴終了後(1時間および2時間)の比較の統計処理には、2標本については対応のあるt検定、3標本以上については繰返しのない2元配置分散分析法を用いて実施し、 $p < 0.05$ を有意、 $0.05 < p < 0.1$ を有意傾向とした。

結 果

1. 血管内皮機能検査

被験者16名全員、その男性8名および女性8名の入浴前、入浴10分目、入浴終了直後、入浴終了1時間後および2時間後のFMD%および血管拡張径増加量の平均値±SEの変動について図1A-1およびA-2(太い実線)に示した。被験者16名全員のFMD値は、入浴前(7.5±0.8%)から入浴終了直後(入浴20分後)には、有意に上昇し(9.3±1.0%, $p = 0.044$)、入浴終了後2時間(9.0±1.2%)まで有意な拡張が認められた($p = 0.044$)。血管拡張径増加量も、入浴前(0.27±0.03mm)から入浴終了直後(入浴20分後)には有意に増加(0.35±0.03mm, $p = 0.006$)し、入浴終了後2時間(0.31±0.03mm)には入浴前と同じレベルに減弱することが観測された。FMDと血管拡張径増加量の平均値の変動は極めて類似のプロファイルを示した。

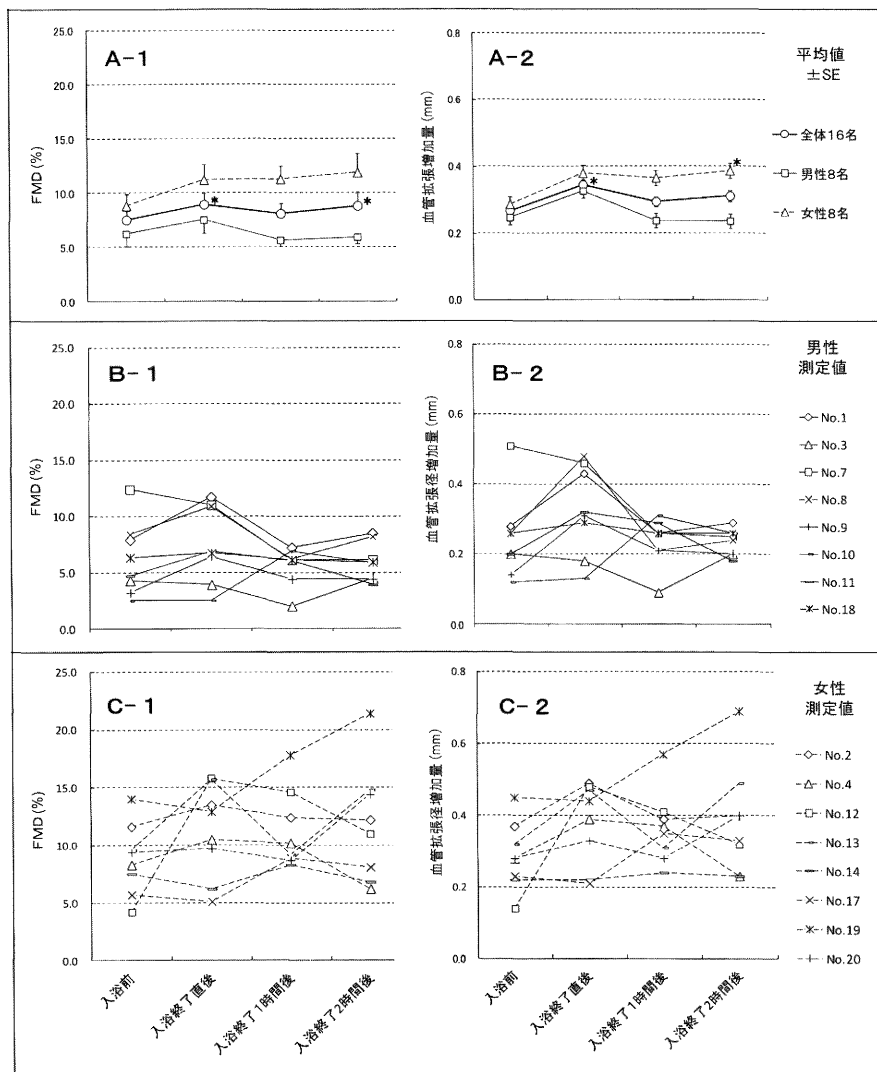


図 1

ラジウム温泉入浴が入浴中および入浴終了後の血管内皮機能（血流依存性血管拡張率，FMD および血管拡張径の増加）の平均値（A-1, 2）と被験者測定値（男性，B-1, 2；女性，C-1, 2）に及ぼす影響。

* $p < 0.05$ vs. 入浴前

被験者を男性群 8 名と女性群 8 名のサブグループ解析したときの平均値 \pm SE の変動も図 1 A-1 および A-2（男性，細い実線；女性，破線）に示される。男性群の FMD 値については，入浴終了

直後に拡張傾向（ $6.2 \pm 1.2\%$ から $7.5 \pm 1.2\%$ へ， $p = 0.094$ ）が認められたものの，終了 2 時間後には減弱（ $5.9 \pm 0.6\%$ ）して入浴前の数値に回帰した。男性の血管拡張径増加量も同様の変動（入

浴終了直後に $0.25 \pm 0.04\text{mm}$ から $0.33 \pm 0.05\text{mm}$ へ、増加傾向、 $p = 0.059$ が観察されたが、終了2時間後には減弱 ($0.24 \pm 0.01\text{mm}$) した。一方、女性群のFMD値においては、入浴直後の拡張 ($8.8 \pm 1.1\%$ から $11.2 \pm 1.4\%$ 、 $p = 0.17$) には有意差はなかったが、入浴終了後も拡張が継続し (1時間後、 $11.3 \pm 1.2\%$; 2時間後、 $11.9 \pm 1.8\%$)、入浴終了2時間後に拡張傾向 ($p = 0.074$) が認められた。血管拡張径増加量においても、入浴終了直後に増加 ($0.27 \pm 0.03\text{mm}$ から $0.38 \pm 0.04\text{mm}$ へ、 $p = 0.064$) し、入浴終了後にも増加が維持されて (1時間後、 $0.37 \pm 0.04\text{mm}$; 2時間後、 $0.39 \pm 0.05\text{mm}$; $p = 0.034$)、有意な増加となった。これらの結果は、ラジウム温泉入浴による血管内皮機能 (血流依存性血管拡張率および血管拡張径) への作用は、入浴直後には血流依存性血管拡張率および血管拡張径共に増加し、入浴終了後も維持されることが判明した。また、入浴終了後の変動は、男性群では減弱し、女性群では増加が持続することがサブグループ解析により確認された。

また、男性群の個別被験者のFMD%と血管拡張径増加量の変動を図1B-1およびB-2に、女性群の対応する測定値を図1C-1およびC-2に示した。被験者が示すそれぞれのFMD%及び血管拡張径増加量は、共に、被験者により差異があることが観察された。被験者全体では、湯上り直後に極大値となるような変動曲線を示すが、その極大値における差異も大きく、FMD%で2.5~15.8%、血管拡張径で0.13~0.39mmに及んだ。また、女性群の入浴終了2時間後では、FMD%および血管拡張径増加量が、入浴前の値よりも上昇している被験者があり、測定値の差異も更に広がった。しかし、男性群の2時間後の差異は、入浴前の1/2以下に縮小されており、女性群とは異なる変動が示された。

2. 生理学的検査

ラジウム温泉入浴が生理学的検査の平均値に及ぼす影響を図2A-Cに示す。入浴後の収縮期血圧および拡張期血圧 (図2-A) はともに、入浴

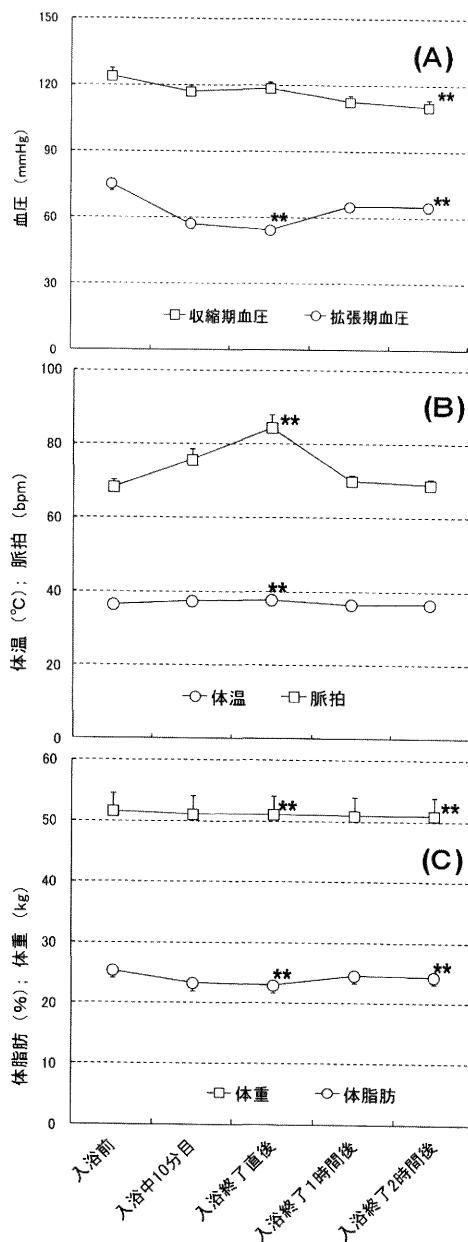


図2

ラジウム温泉入浴が入浴中および入浴終了後の生理学的検査値、血圧 (A)、脈拍、体温およびダブルプロダクト (B)、体重および体脂肪 (C) に及ぼす影響。* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ vs. 入浴前

前（収縮期血圧， $124.0 \pm 3.7\text{mmHg}$ ；拡張期血圧 $75.3 \pm 2.9\text{mmHg}$ ）に比べて有意に低下することが観察されたが，その変動には経時的な差異がみられた．前者の低下は，入浴終了直後では有意傾向（ $117.1 \pm 2.8\text{mmHg}$ ， $p = 0.067$ ）であったが，入浴終了後（1時間後， $112.4 \pm 2.9\text{mmHg}$ ；2時間後， $110.3 \pm 3.1\text{mmHg}$ ； $p < 0.01$ ）には有意な値にまで低下した．一方，拡張期血圧は，入浴中（10分目， $57.2 \pm 3.1\text{mmHg}$ ；入浴終了直後， $54.4 \pm 1.8\text{mmHg}$ ； $p < 0.01$ ）となり，以降入浴終了2時間後（ $64.9 \pm 2\text{mm}$ ）まで有意な低下は持続した．

脈拍数，脈拍数と収縮期血圧を積算したダブルプロダクト（DP, double product）および体温の変動は図2-Bに示される．脈拍数は，入浴中は有意な上昇を続け[入浴前， $68.3 \pm 2.1\text{bpm}$ （beats per minute）から入浴中10分目に $75.7 \pm 3.1\text{bpm}$ ，入浴終了直後に極大値， $84.4 \pm 14.02\text{bpm}$ ； $p < 0.01$]となり，20分間の入浴により平均 16.1bpm の上昇が認められた．この上昇は，入浴終了2時間後には入浴前と有意差のない数値（ $69.0 \pm 1.7\text{bpm}$ ）に回帰した．DPも脈拍数と類似の変動（入浴前 $8490 \pm 390\text{mmHg} \cdot \text{bpm}$ ，入浴終了直後に極大値 $10100 \pm 570\text{mmHg} \cdot \text{bpm}$ ，入浴終了2時間後 $7620 \pm 310\text{mmHg} \cdot \text{bpm}$ ）を示した．但し，入浴終了後2時間までのDPの変動では，脈拍数では認められなかった有意（ $p < 0.01$ ）な低下が確認された．体温は，入浴前（ $36.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）から，入浴中10分目， $37.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）；入浴終了直後， $37.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ； $p < 0.01$ ）と有意に上昇し，20分間の上昇値は平均 1.4°C となった．この上昇は，入浴終了2時間後には $36.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$ に下降して，入浴前と同等の数値に復帰した．図2-Bにおける脈拍数と体温の変動は，入浴終了直後に有意な上昇を示し入浴終了後は下降する類似のプロファイルとなった．

体重および体脂肪の変動は，図2-Cに示されるように，入浴により有意な減少が入浴終了後2時間まで続くことが観測された．平均体重は，入浴前（ $63.34 \pm 3.01\text{kg}$ ）から入浴中（入浴10分目， $63.05 \pm 3.02\text{kg}$ ；入浴終了直後， 62.98 ± 3.03

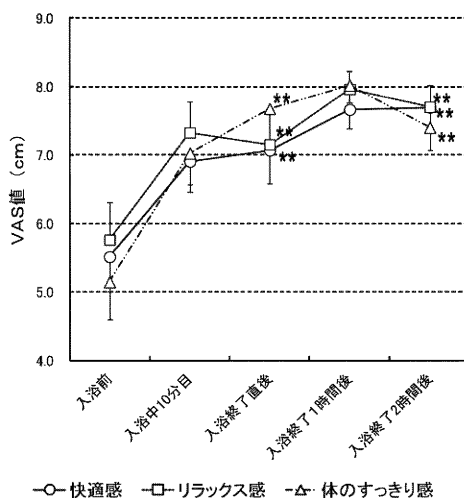


図3

ラジウム温泉入浴が入浴中および入浴終了後の自覚的体感（快適感，リラックス感および体のすっきり感）に及ぼす影響．** $p < 0.01$ vs. 入浴前

kg ； $p < 0.01$ ）に有意に減少し，入浴前に比べて 0.36kg 減少した．入浴終了後（1時間後， $62.83 \pm 3.01\text{kg}$ ；2時間後， $62.76 \pm 3.05\text{kg}$ ； $p < 0.01$ ）も有意に減少が続いて，2時間後の減少量は 0.58kg となった．体脂肪率も，入浴前（ $25.42 \pm 1.23\%$ ）から入浴中（入浴10分目， $23.35 \pm 1.27\%$ ；入浴終了直後， $23.00 \pm 1.26\%$ ； $p < 0.01$ ）に有意に減少し，その減少量は 2.42% であった．入浴終了後（1時間， 0.78% （ $24.64 \pm 1.16\%$ ），入浴終了2時間後 0.99% （ $24.43 \pm 1.22\%$ ）も有意な減少は維持されていたが，入浴中の極小値（ 23.0 ± 1.3 ）からは入浴前の状態に戻る傾向がみられた．この結果から，体重および体脂肪の測定平均値の変動プロファイルは入浴中では同様であるが，入浴終了後には異なるプロファイルとなった．

3. 自覚的体感（VAS 検査）

入浴による自覚的感覚の変化について，快適感，リラックス感，体のすっきり感の3項目をVAS

検査により評価した結果を図3に示す。入浴することにより、快適感、リラックス感、体のすっきり感の3項目それぞれの平均VAS値は、入浴前(5.1～5.8cm)から、入浴(10分目, 6.9～7.3cm; 終了直後, 7.1～7.7cm; すべて $p < 0.01$)に向上し、それぞれ有意な改善が示された。また、入浴終了後(1時間, 7.7～8.0cm, 2時間, 7.4～7.7cm; すべて $p < 0.01$)もそれぞれの改善効果が持続していることが示された。

考 察

ラジウム温泉に入浴し、入浴中および入浴終了後2時間までの上腕動脈血管内皮機能検査値(FMD%と血管拡張径増加量)、生理学的検査値(血圧、脈拍、体温、体重、体脂肪率)および自覚的体感(快適感、リラックス感、体のすっきり感)を測定し、その変動を比較解析した。その結果、ラジウム温泉することにより、いずれの測定項目においても健康増進に結びつく有意な変動があることが明らかとなった。

上腕動脈血管内皮機能検査における被験者16名の平均値は、FMD%および血管拡張径増加量ともに入浴20分後に有意な上昇がみられ、入浴終了後2時間までの測定でもFMD%は有意な上昇を維持していた。この結果は入浴により血管内皮機能が向上し、その効果が入浴終了後も持続されているものと推察された。更に、被験者を男女のサブグループ別にして平均値を比較すると、入浴中は類似の上昇傾向を認めたが、入浴終了後は男性群と女性群では異なる変動を示した。すなわち、男性群のFMD%および血管拡張径は入浴終了後には減弱していくが、女性群では入浴終了後2時間までFMD%および血管拡張径が有意傾向および有意な上昇を示すという興味ある結果を得た。また、女性群のFMD%および血管拡張径の変動プロファイルは、男性群よりも高値で推移していた(図1A-1およびA-2: 男性、細い実線; 女性、破線)。この理由の一つに、性差と年齢差が挙げられる。FMD%は、一般に、男性よりも女性が高く、かつ加齢に従って低下する。本試験における男性被験者8名(35～

68歳, 50 ± 14 歳)および女性被験者8名(20～53歳, 34 ± 13 歳)を考慮すると、本試験における女性群が高値を示すことも理解できる。しかし、本試験において、入浴終了(湯上り)後にも血管内皮機能の向上が持続される現象が女性群だけに観測されたことは大変興味深いものであり、その理由については今後解明していく必要がある。

生理的検査値(収縮期および拡張期血圧、脈拍、体温、体重、体脂肪率)の平均値の変動は図2に示される。中でも、血圧と脈拍数との関係は興味深い。入浴中(20分間)に、脈拍数は有意に(約16bpm, 23.6%)増加したが、この間に収縮期血圧の上昇は認められず、拡張期血圧は有意に低下していた。また、入浴終了後2時間までに脈拍は入浴前の水準に戻ったが、収縮期血圧および拡張期血圧は共に有意な低下が認められた。両者の値を冠血管流量の指標となるBPに換算すると、入浴中では有意な上昇が、入浴終了後2時間には有意な低下が認められ、見かけ上、入浴中では脈拍数、入浴終了後では収縮期血圧の影響が表れた変動プロファイルとなった(図2-B)。この結果は、入浴後の冠血流量は脈拍数のみならず、拡張期血圧も反映されていることを示すものであり、血管内皮機能、すなわちFMD%と血管拡張径の向上が関与していることが推定される。更に、自覚的体調の高まりが血圧を低下させる報告¹¹⁾もあり、後述の自覚的体感の高まりの相乗的寄与も考えられる。体重および体脂肪率は、入浴中および入浴終了後2時間まで有意な減少を示した。その変動プロファイルを比較すると、体重減少は入浴終了後も継続したが、体脂肪率は入浴終了直後に極小となり、以後ゆっくりと回復した。入浴終了直後に全員がミネラルウォーター(300ml)を等しく摂取しているが、体重・体脂肪の減少と、水分補給および発汗量との関連については今後検討する必要がある。尚、本ラジウム温泉入浴中における収縮期および拡張期血圧、脈拍数、体重、体脂肪率の変動は、筆者らが先に報告したナノミストサウナ使用時の変動と類似した挙動であった¹²⁾。

入浴が及ぼす自覚的体感について、3項目(快適感、リラックス感、体のすっきり感)それぞれの平均VAS値は、入浴前(5.1～5.8cm)、入浴中(10分

目, 6.9 ~ 7.3cm ; 入浴終了直後, 7.1 ~ 7.7cm) および入浴終了後 (1時間, 7.7 ~ 8.0cm ; 2時間, 7.4 ~ 7.7cm) の範囲にあり, 入浴中および入浴終了後 2 時間までにそれぞれの有意な向上が認められた。また, 入浴終了後 1 時間に極大値がみられ, 2 時間後も継続していることは, 入浴以降の安らぎや癒しの効果を裏付けるものと考えられる。

一方, 入浴以外に, 加温を利用して有益な生体反応を誘導しようとするものに温熱療法がある。がんのハイパーサーミア療法は医療適用にもなっているが, それ以外の入浴や温湿布による効果も研究されてきた。例えば, 単回の入浴やサウナ浴により健康者の皮膚血流¹³⁾ やうっ血性心不全患者の血行力学が改善¹⁴⁾ されることが報告されている。後者の研究者らは, 心疾患患者に反復温熱療法を施すことにより FMD %³⁾ が向上し, さらにマウスにおいて血管内皮の NOS (nitric oxide synthase) が増幅¹⁵⁾ されることを見出している。現在, 和温療法として臨床試験にまで進展してきており¹⁶⁾¹⁷⁾, 温熱により, 血管内皮の NOS が臨牀的にも増幅されることが報告¹⁸⁾ されている。これらの研究は, 温泉入浴における血管内皮機能の変化を血流依存性血管拡張反応 (FMD) 装置により明確に捉えることが出来る可能性を示しており, 事実, 本試験においてその一端が実証されたものと考ええる。

結 論

ラジウム温泉浴が及ぼす生理的作用について, 上腕動脈血管内皮機能の検査を組み入れて評価した結果, 入浴中および入浴後の血流依存性血管拡張反応率 (FMD %) と血管拡張径を増加する効果があることを見出し, かつ血圧の低下や自覚的体感も向上させる利点もあることを明らかにした。今後は, 反復入浴や被験者の性差・年齢などとの関連性についても明らかにしていくことが必要と考える。

参 考 文 献

- 1) 松原 勇: 温泉を利用した健康増進についての包括的考察—国内の最近 25 年の論文の紹介を

中心に一。石川看護雑誌 7: 97 - 107, 2010.

- 2) Kamioka H, Nakamura Y, Yazaki T, Uebara K, Mutoh Y, Okada S and Takahashi M: Comprehensive health education combining hot spa bathing and lifestyle education in middle-aged and elderly women: one-year follow-up on randomized controlled trial of three- and six-month interventions. J Epidemiol 16: 35 - 44, 2006.
- 3) Imamura M, Biro S, Kihara T, Yoshifuku S, Takasaki K, Otsuji Y, Minagoe S, Toyama Y and Tei C: Repeated thermal therapy improves impaired vascular endothelial function in patients with coronary risk factors. J Am Coll Cardiol 38: 1083 - 1088, 2001.
- 4) Inoue T, Matsuoka H, Higashi Y, Ueda S, Sata M, Shimada KE, Ishibashi Y and Node K, Vascular Failure Workshop Group: Flow-mediated vasodilation as a diagnostic modality for vascular failure. Hypertens Res 31: 2105 - 2113, 2008.
- 5) 高谷具史, 川嶋成乃亮: 血管内皮機能検査. Angiology Frontier 6: 11 - 16, 2007.
- 6) Hooper L, Kroon PA, Rimm EB, Cohn JS, Harvey I, Le Cornu KA, Ryder JJ, Hall WL and Cassidy A: Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: a meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr 88: 38 - 50, 2008.
- 7) Sakakibara S, Murakami R, Takahashi M, Fushimi T, Murohara T, Kishi M, Kajimoto Y, Kitakaze M and Kaga T: Vinegar intake enhances flow-mediated vasodilatation via upregulation of endothelial nitric oxide synthase activity. Biosci Biotech Biochem 74: 1055 - 1061, 2010.
- 8) Celermajer DS, Sorensen KE, Georgakopoulos D, Bull C, Thomas O, Robinson J and Deanfield JE: Cigarette smoking is associated with dose-related and potentially reversible impairment of endothelium-dependent dilation in healthy young adults. Circulation 88: 2149 - 2155, 1993.
- 9) Iwabayashi M, Fujioka N, Nomoto K, Miyazaki R, Takahashi H, Hibino S, Takahashi Y, Nishikawa K, Nishida M and Yonei Y: Efficacy and safety of eight-week treatment with astaxanthin in individuals screened for increased oxidative stress burden. Anti-Aging Medicine 6: 15 - 21, 2009.

- 10) 紙上敬太, 西平賀昭, 八田有洋, 金田健史, 金勝烈, 東浦拓郎: 運動後に得られる快適感の違いが脳内情報処理過程に及ぼす影響. 体育学研究 50: 663-673, 2005.
- 11) Papousek I and Schuster G: Effects of a mood-enhancing intervention on subjective well-being and cardiovascular parameters. *Int J Behav Med* 15: 293-302, 2008.
- 12) 渡辺賢一, 小林義保, ワワイムリ アロザ, フロリ ラトナ サリ, ラクスマナン アラン プラサス, ラジャララン アミルサリンガム サンダバラヤン, 馬梅蕾, ナラシマン グルサミ, プニヤコッチ ベラベツ, ビジャヤクマル スクラマン, 結城智史, 嶋崎裕子, 川面香奈, 水戸沙耶佳, 小西徹也, 本間 隆, 後藤 博, 藤巻宏夫: ナノミストサウナ利用における生体変化. 新潟医学会雑誌, 124: 213-221, 2010.
- 13) Miwa C, Matsukawa T, Iwase S, Sugiyama Y, Mano T and Sugenoja J: Human cardiovascular responses to a 60-min bath at 40 °C. *Environmental Medicine* 38: 77-80, 1994.
- 14) Tei C, Horikiri Y, Park JC, Jeong JW, Chang KS, Toyama Y and Tanaka N: Acute hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure. *Circulation* 91: 2582-2590, 1995.
- 15) Akasaki Y, Miyata M, Eto H, Shirasawa T, Hamada N, Ikeda Y, Biro S, Otsuji Y and Tei C: Repeated thermal therapy up-regulates endothelial nitric oxide synthase and augments angiogenesis in a mouse model of hindlimb ischemia. *Circ J* 70: 463-470, 2006.
- 16) Miyata M and Tei C: Waon Therapy for Cardiovascular Disease - Innovative Therapy for the 21st Century. *Circ J* 74: 617-621, 2010.
- 17) Sohn IS, Cho JM, Kim WS, Kim CJ, Kim KS, Bae JH and Tei C: Preliminary clinical experience with waon therapy in Korea: safety and effect. *J Cardiovasc Ultrasound* 18: 37-42, 2010.
- 18) Al-Qaisi M, Kharbanda RK, Mittal TK and Donald AE: Measurement of endothelial function and its clinical utility for cardiovascular risk. *Vasc Health Risk Manag* 4: 647-652, 2008.

(平成24年1月11日受付)

[特別掲載]