
原 著

岩盤浴における温熱効果の評価

大波英幸¹⁾, 大河内正一¹⁾, 大網貴夫¹⁾, 吉岡久美子¹⁾, 片岡喜直²⁾, 五味常明³⁾

(平成19年11月30日受付, 平成20年1月31日受理)

Evaluation of the Effect of Hyperthermia on Bedrock Bath

Hideyuki OHNAMI¹⁾, Shoichi OKOUCHI¹⁾, Takao OHAMI¹⁾,
Kumiko YOSHIOKA¹⁾, Yoshinao KATAOKA²⁾ and Tsuneaki GOMI³⁾

Abstract

The physiological effect has not become clear concerning the bedrock bath which recently becomes popular. Then, we have explored the body temperature and the change of hemodynamics in bedrock bath. In addition, we have evaluated the effect on autonomic nervous system by using heart rate variability (HRV). Twenty-one young, healthy adults were selected and they took a bedrock bath by the method of bathing 3 times by 15 min long. As a result, tympanic temperature, cutaneous temperature and cutaneous surface blood flow increased significantly. The effect of hyperthermia as bathing bedrock bath was confirmed by the measurement results. Furthermore, it was found that bedrock bath is low-impact bathing for body from the comparison with dry sauna. Therefore, the bedrock bath was expected to application to the senior citizen whose blood vessel and heart function became weak. The change of autonomic nervous activity on bedrock bath became clearer by the evaluation of HRV. HRV supported the effect of hyperthermia. Though, it was suggested that subjects were tired in later stages of bathing. Based upon the results of this study, it is desirable method that the iteration of bathing is 2 times or less, or that the period of time for once bathing is 10 min or less.

Key words : Bedrock bath, tympanic temperature, cutaneous temperature, blood flow, heart rate variability, dry sauna

¹⁾ 法政大学工学部物質化学科 〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2, ¹⁾ Department of Materials Chemistry, Faculty of Engineering, Hosei University, Kajinocyo 3-7-2, Koganei-shi, Tokyo 184-8584, Japan

²⁾ 昭和大学附属豊洲病院内科 〒135-8577 東京都江東区豊洲4-1-18, ²⁾ Department of Internal Medicine, Showa University Toyosu Hospital, Toyosu 4-1-18, Koto-ku, Tokyo 135-8577, Japan

³⁾ 五味クリニック 〒169-0073 東京都新宿区百人町1-10-12, ³⁾ Gomi Clinic, Hyakunincyo 1-10-12, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

要 旨

近年流行している岩盤浴だが、その生理的影響は明らかになっていない。そこで、岩盤浴時における体温および循環動態の変化を調べ、さらに自律神経に与える影響を心拍変動解析 (Heart rate variability, HRV) を用いて評価した。健康成人男女 21 名に 15 分間 3 回の岩盤浴をさせ各種測定を行った。その結果、鼓膜温、皮膚表面温度および血流量が有意に増加し温熱効果が確認できた。また、ドライサウナとの比較により、岩盤浴は身体に与える負荷がより少ない温浴であることが明らかとなった。今回の対象は若年健康成人であったが、静水圧が掛からず身体に与える負荷の少ない岩盤浴は心血管機能が弱くなる高齢者にも適応が期待できる。HRV による評価を加えたことにより岩盤浴時の自律神経活動の変化がより鮮明になった。HRV は温熱効果を裏付けたが、入浴後半にかけてやや負担となることも示唆した。岩盤浴の一般的な入浴方法は 15 分を 3 回とされているが、この HRV 評価より、各回の時間をやや短く、回数は 2 回程度が適切かと思われた。しかしながら個人差もあるため、一律の方法ではなく個々人にあった入浴方法が望まれる。

キーワード：岩盤浴、鼓膜温、皮膚温度、血流量、心拍変動、ドライサウナ

1. はじめに

これまで筆者らは、浴槽水を用いない入浴 (蒸し湯、ミストサウナ、ドライサウナ) と、浴槽水への入浴との相違を検討してきた。皮膚に対しては、浴槽水への入浴では泉質などの浴槽水の性質による影響 (大河内ら, 1999, 2003, 2005) が大きく、蒸し湯などでは体液 (汗) の影響が大きい結果が得られた。日本において入浴は、胸部まで湯に浸かる全身入浴が一般的であったが、最近では特に若者においては、普段の浴用をシャワーのみで済ませる欧米的な入浴になりつつある。従来入浴文化は、シャワーでは得られない温熱効果を得るという観点において貴重である。しかし、高温で且つ静水圧がかかる全身入浴は、特に高齢化社会を迎えた現在において、入浴事故という問題も含めて見直されるべき点も多い。昨今流行している岩盤浴には、少なくとも静水圧が掛からない点でリスクを低減させた新たな温浴手段としての可能性を秘めるが、現在基礎データさえなく、その効果についての検証も殆どされていない。

そこで今回、岩盤浴による生理的影響について検討を行った。岩盤浴中の体温および循環動態の変化を調べ、また心拍変動解析 (Heart rate variability, HRV) を用いて自律神経活動の変化を評価し、さらにドライサウナ浴の場合と比較した。

2. 岩 盤 浴

近年、発汗作用を強調している岩盤浴が、若年から中高年まで幅広い年齢層に美容および健康法として大きなブームを引き起こした。岩盤浴は玉川温泉が発祥である。玉川温泉では地熱で温められた北投石の岩盤に横たわり、病状の改善を期待し行われている。現在流行の岩盤浴は、黒鉛珪石 (ブラックシリカ) や見立礫石 (天照石) などの天然鉱石およびそれらを人工的に混合したものに、熱を加えて放射される遠赤外線を利用し温熱効果を得ようとする温浴方法が主流であり、岩盤浴施設において室温 40℃ 前後に調節された室内で、温められた岩盤上に横たわり行われている。

3. 実験方法

3.1 実験条件および方法

今回被験者は、21~36 歳 (平均 26 ± 4.0 (SD) 歳) の健康成人男女 21 名 (男性 3 名, 女性 18 名)

であった。

岩盤浴施設(浴室内温度: 42 ± 1.3 (SD) °C, 浴室内相対湿度: 62 ± 6.6 (SD) %, 岩盤温度: 51 ± 2.0 (SD) °C)において, 被験者に自動血圧計(HEM-737, OMRON)とホルタ型心電計(FM-180, フクダ電子)を装着させ岩盤浴を行った。基本的な入浴方法(五味, 2006)とされている, 伏臥位で5分の後, 仰臥位で10分岩盤に横たわる1回15分間の入浴を3回繰り返し, その間各種測定を行った。各回の間は浴室外(約25°Cに設定)で10分間の休憩をとり, 自由に水分補給も行った。5分毎に血圧(Blood pressure, BP)を, 各回前後には鼓膜温を耳式体温計(MC-510, OMRON)で, 皮膚表面温度を非接触温度計(PT-7LD, OPTEX)で測定した。また, 被験者中5名の皮膚血流量を血流画像化装置(PIMII, PERIMED, Sweden)(大河内ら, 2002)により測定した。なお皮膚温度および血流量測定の際, 左手前腕内側, 左足足背部を測定部位とした。

対照として, ドライサウナ室(室温約85°C, 相対湿度約15%)において自動血圧計装着のうえ, 座位にてドライサウナ入浴を行い, 入浴前後の鼓膜温, 皮膚表面温度および皮膚血流量を測定した。測定方法は岩盤浴時と同様で, 測定は岩盤浴被験者に含まれる6名で行った。岩盤浴とドライサウナ浴の間は約2週間の間隔を空けた。入浴時間および回数は, 身体への負担を考慮し15分間の入浴を1回とした。

3.2 心拍変動解析(HRV)

岩盤浴において, 入浴時の自律神経活動の評価(Kataoka *et al.*, 2005)にHRVを用いた。ホルタ型心電計に記録された心拍データより, 5分毎の平均心拍数(Heart rate, HR)の変化と, R波の間隔(RR間隔)から最大エントロピー法(MemCalc/CHIRAM, 諏訪トラス) (常盤野ら, 2002)を用いてスペクトル解析して得た計測値を5分毎に算出した。評価には, スペクトルの高周波成分(High frequency, HF: 0.15-0.4 Hz)を副交感神経活動の指標として, 低周波成分(Low frequency, LF: 0.04-0.15 Hz)をHFで除したLF/HFを交感・副交感神経活動の大まかなバランスを示す指標として, 引き続きN個のRR間隔であるNN間隔の標準偏差値(SDNN)を全体の心拍のゆらぎの指標として用いた。

測定値および解析により得られた各データについてt検定を行い, 入浴前値と比較した。その際有意水準は5%未満($p < 0.05$)とした。結果は平均値 \pm SDで表した。

4. 結 果

4.1 体温変化

岩盤浴での, 鼓膜温の変化をFig. 1aに示す。初回の入浴から鼓膜温は有意に上昇した。休憩時に低下したが, 入浴前に比べ有意に高かった。浴用を繰り返すごとに鼓膜温は上昇し, 3回目の入浴後は入浴前から平均0.8°Cほど上昇した。また入浴後10分間は入浴前より高い温度を維持した。

ドライサウナ浴での鼓膜温変化をFig. 1bに示す。15分間の入浴で鼓膜温は約2°C上昇したが, 入浴後15分で入浴前値まで低下した。岩盤浴に比べると急激な上昇であった。

岩盤浴での皮膚表面温度の変化をFig. 2aに示す。皮膚表面温度は前腕内側・足背部とも, 岩盤浴中に上昇し休憩時に低下するという, 鼓膜温と同様の変化を示した。しかし回を重ねても最高温度は上昇することなく, 前腕内側・足背部ともに各回約37°Cで一定であった。入浴前値が前腕内側より低かった足背部は休憩時および入浴後も有意に高値を維持した。

ドライサウナ浴での皮膚表面温度変化をFig. 2bに示す。前腕内側では明らかな上昇を示し, 足背部でも上昇傾向を示した。前腕内側は入浴前から約6°C上昇したが, 足背部は2°C程度の上昇で

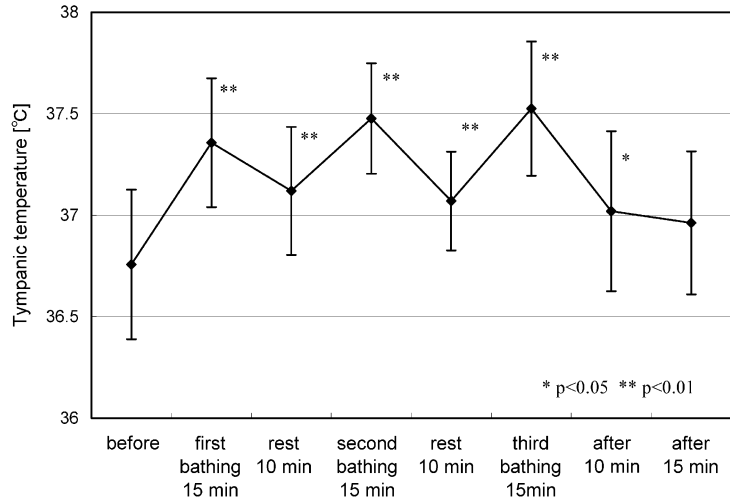


Fig. 1a Change of tympanic temperature on bedrock bath.

図 1a 岩盤浴時の鼓膜温変化

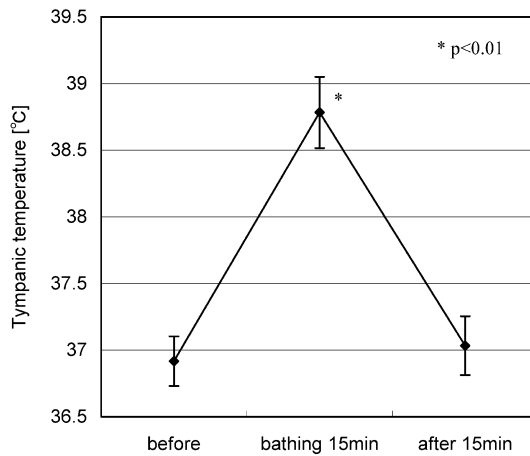


Fig. 1b Change of tympanic temperature on dry sauna.

図 1b ドライサウナ浴時の鼓膜温変化

あった。

4.2 循環動態変化

岩盤浴における皮膚血流量変化を Fig. 3a に示す。測定した血流量は相対値であるため、各時間の測定値を入浴前値で除して、前値からの変化率で表した。前腕内側部では3回目の入浴後、3倍程度になり有意な血流量増加が認められた。足背部では変化率は高くないが入浴1回目から有意な変化を認めた。

ドライサウナ浴での皮膚血流量変化を Fig. 3b に示す。血流量においても皮膚表面温度同様に前

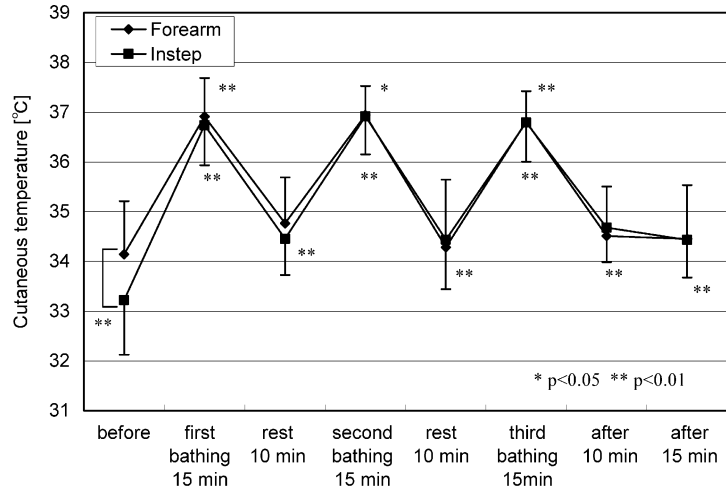


Fig. 2a Change of cutaneous temperature on bedrock bath.

図 2a 岩盤浴時の皮膚表面温度変化

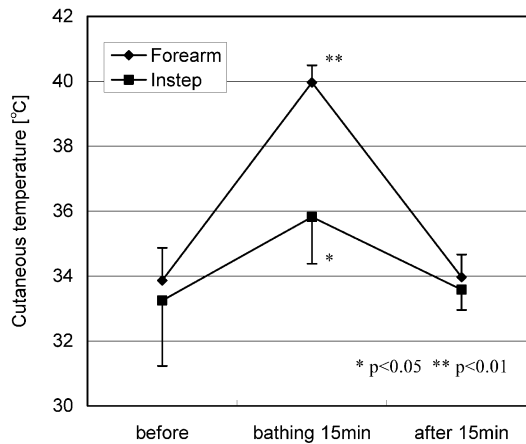


Fig. 2b Change of cutaneous temperature on dry sauna.

図 2b ドライサウナ浴時の皮膚表面温度変化

腕の増加が大きかった。鼓膜温，皮膚表面温度の上昇は岩盤浴より大きいにもかかわらず，血流量増加率は岩盤浴より低く，足背部においては有意な増加を認めなかった。

岩盤浴中5分毎の血圧の変化を Fig. 4a に示す。拡張期血圧（Diastolic blood pressure, DBP）は入浴直後から入浴中有意に低下した。収縮期血圧（Systolic blood pressure, SBP）はDBPより変動が小さいが，入浴中有意に低下した。

サウナ浴での血圧変化を Fig. 4b に示す。DBP, SBPとも入浴により直ちに上昇し，入浴10分では有意の増加を認めた。入浴15分ではそれぞれ20mmHgも上昇（n.s.）し，さらにDBPは入浴後5分で入浴前値以下まで急激に低下（n.s.）した。

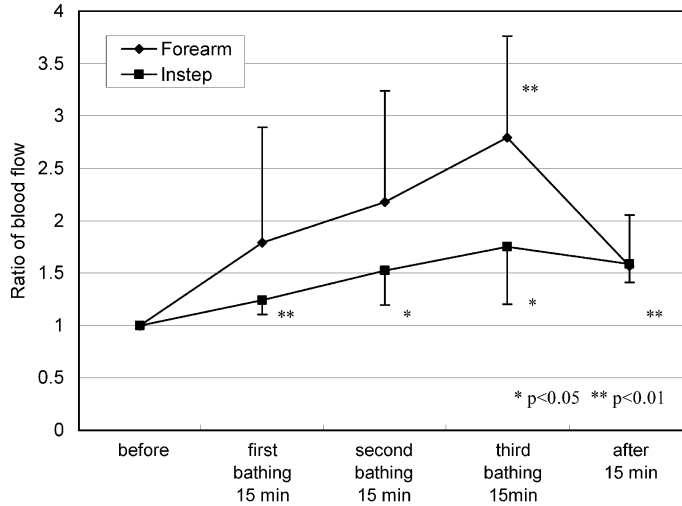


Fig. 3a Change of blood flow on bedrock bath.

図 3a 岩盤浴時の血流変化

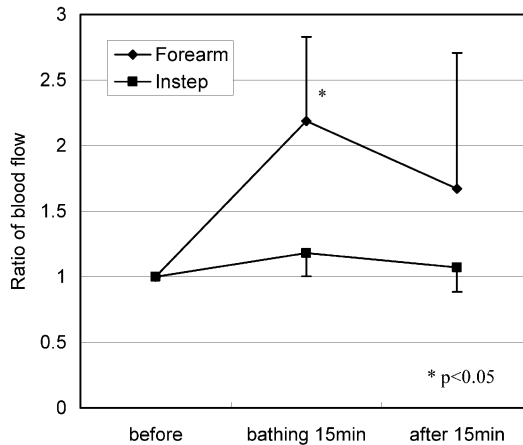


Fig. 3b Change of blood flow on dry sauna.

図 3b ドライサウナ浴時の血流変化

4.3 岩盤浴時の HRV

岩盤浴中装着したホルタ型心電計に記録された 5 分毎の HR の変化を Fig. 5 に示す. 測定値はその時間の前 5 分間の平均値であるため, やや時相のずれが生じるが, 1 回目入浴前半に有意の減少を示し, その後逆に増加傾向を示すようになり, 3 回目の入浴後には有意の増加を認めた.

さらに心電計に記録された心拍データからスペクトル解析を行った. 副交感神経活動を表す HF の変化を Fig. 6 に示す. 有意差は認めなかったが各入浴前半に上昇し後半にかけて低下する傾向が見られ, 入浴を繰り返すごとに低下傾向が見られた. これは 1 回の入浴時間が長くなるほど, 入浴回数が増えるほど副交感神経活動が抑制される傾向を示している.

交感・副交感神経バランスを表す LF/HF の変化を Fig. 7 に示す. 1, 2 回目の入浴前半に有意に

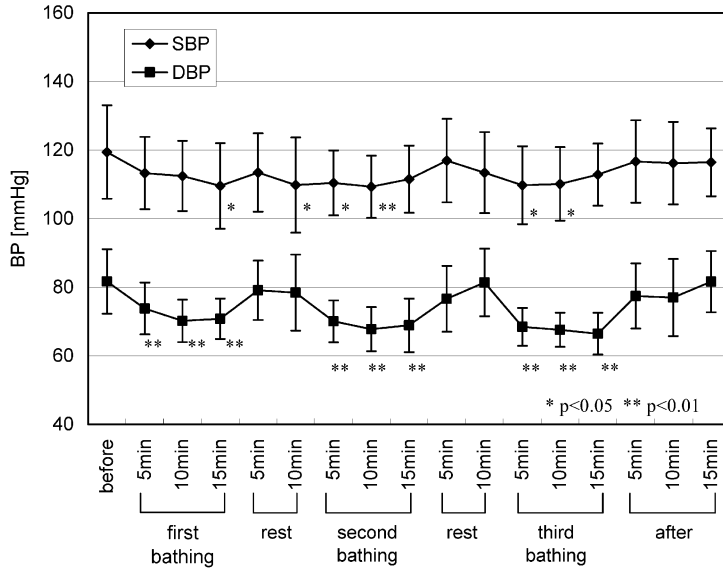


Fig. 4a Change of BP on bedrock bath.

図 4a 岩盤浴時の血圧変化

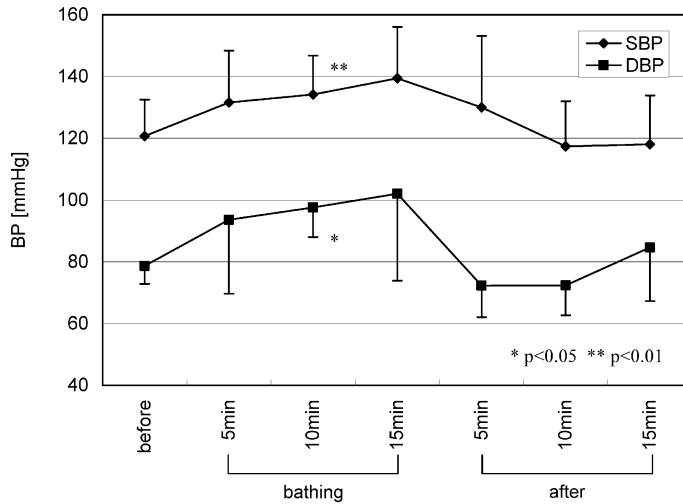


Fig. 4b Change of BP on dry sauna.

図 4b ドライサウナ浴時の血圧変化

低下し、各入浴の前半に副交感神経が優位な状態であったことを示している。しかし各入浴の後半上昇傾向を示し、また入浴を繰り返すに連れて前半の有意性が無くなった。HF の変化からも各入浴初期は比較的副交感神経活動が優位で入浴時間が長くなるほど交感神経活動が優位に、さらに入浴回数が増えるほど交感神経活動が優位になっていったと考えられる。

心拍のゆらぎを表す SDNN の変化を Fig. 8 に示す。各入浴中低下傾向を示し、休憩時および入

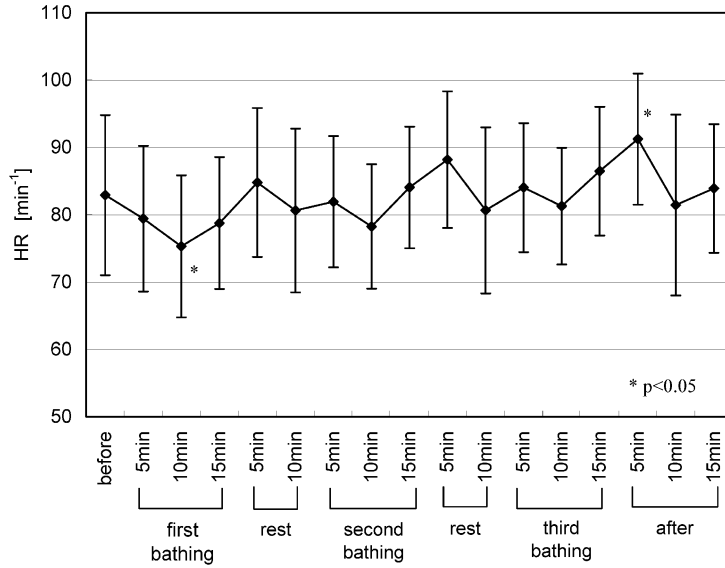


Fig. 5 Change of HR on bedrock bath.

図 5 岩盤浴時の心拍数変化

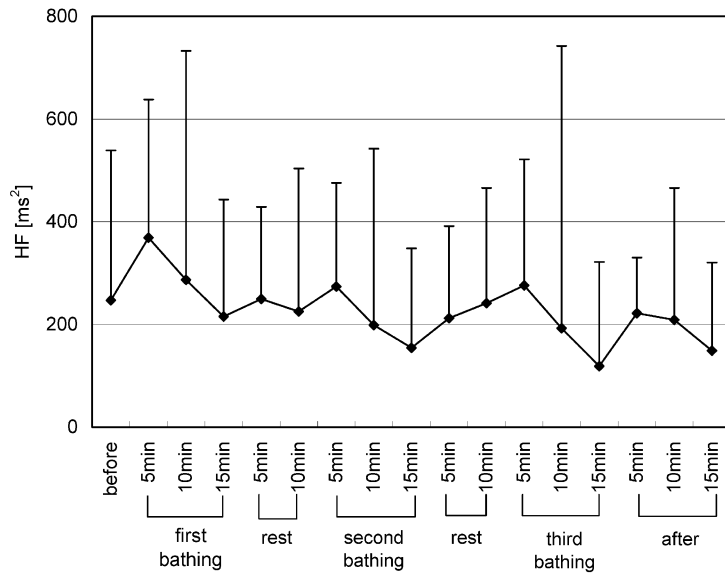


Fig. 6 Change of HF on bedrock bath.

図 6 岩盤浴時の HF 変化

浴後上昇した。入浴中の低下は入浴 3 回目後半に有意差を認めた。

5. 考 察

岩盤浴時の体温および循環動態の変化を測定し、さらに HRV を用いて自律神経活動を評価し

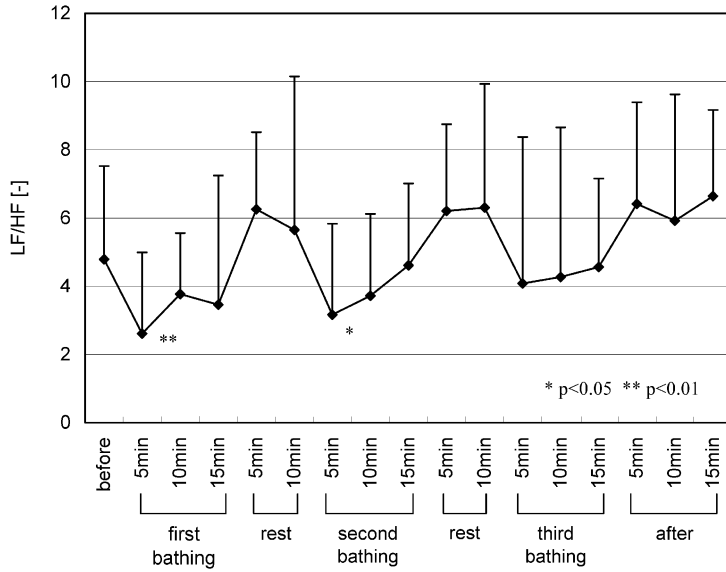


Fig. 7 Change of LF/HF on bedrock bath.

図 7 岩盤浴時の LF/HF 変化

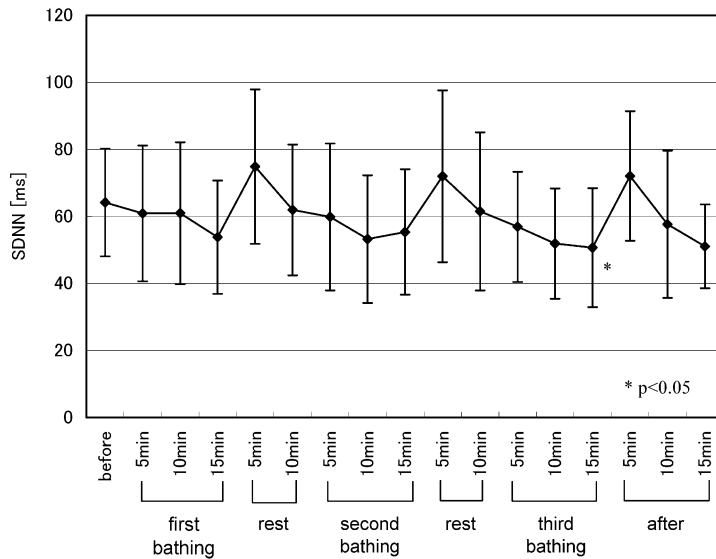


Fig. 8 Change of SDNN on bedrock bath.

図 8 岩盤浴時の SDNN 変化

た. 岩盤浴浴用により鼓膜温, 皮膚表面温度, 皮膚血流量は上昇した. 高温環境に曝された場合, 末梢血管を拡張させ血流量を増加し, 汗の蒸散(気化熱)で体温の上昇を防ごうとする. さらに血管拡張が続くと BP と血液量の維持のため心拍数を増加させる. 本研究においても岩盤浴により DBP の低下が観察され, 末梢血管が拡張していたと考えられ, 皮膚血流量も増加していた. 岩盤浴

終盤には心拍数は微増した。自律神経活動においては入浴初期に上昇した HF が徐々に低下し、LF/HF のバランスが交感神経優位になっていったことは心拍数増加を裏付けていると考えられる。これらのことから、①体温よりも高温環境である岩盤浴浴室内で、まず皮膚表面が温められ、温められた血液が循環し鼓膜温を上昇させた。②体温を一定に保つため、末梢血管が拡張し熱を放散した。③血管拡張による血圧低下、局所血液量不足を防ぐため交感神経が働き、心拍数が増加した。岩盤浴において、これら一連の変化が起きていたと推察できる。しかしながら HR および SBP の変動は僅かで、岩盤浴は身体にあまり負担をかけない温浴方法であると考えられる。一方、従来のドライサウナにおいて、岩盤浴と同様に体温および循環動態の変化を測定したところ、被験者数は少ないが、体温および BP の大幅な上昇の後、急激な低下が見られた。この入浴前から後までの急激な変動は、心血管系にかなりの負担である可能性があり、事故の危険性もある。このことから、岩盤浴は横臥位で行うため BP が低下した可能性を含めても、全身入浴のような身体を圧迫する静水圧もなく、ドライサウナに比べて安全性の高い温浴方法であると言える。

一般に室内の温度分布から上肢よりも下肢で皮膚温度が低い。本研究においても、皮膚温度の入浴前値は前腕に比べ、足背部が低かった(岩盤浴前: $p < 0.01$, ドライサウナ前: n.s.)。しかし、岩盤浴の際、足背部でのみ休憩中および入浴後に有意な皮膚温度の増加を維持した。一方、ドライサウナにおいては、座位での入浴のため、浴室の温度分布の影響も考えられるが、鼓膜温の大幅な上昇の割に末梢部位での温熱効果は岩盤浴に比べて少ないと思われた。岩盤浴では深部体温上昇に伴い、四肢末梢部分まで血管を拡張させていたと考えられる。従って末梢まで温熱効果が得られ、心血管系に与える負担が僅かな岩盤浴は、新たな温浴方法として期待できると思われる。

近年、ストレス障害を受けたタンパク質を修復する熱ショックタンパク質 (Heat Shock Protein, HSP) が注目されている。HSP は生体防御作用として細胞が誘導する。身体が受ける外的ストレスの中で、特に熱ストレスが HSP を増加させると言われおり、温熱刺激による HSP の誘導には深部体温を上昇させることが有効である(伊藤, 2005)とされている。鼓膜温を上昇させる岩盤浴も HSP を誘導する可能性が高く、今後の検討課題である。

岩盤浴時の HRV による評価から、入浴終盤にかけて交感神経活動が優位になり、また SDNN の低下が見られた。RR 間隔の標準偏差である SDNN は、心拍のゆらぎであり、自律神経活動や生体機能維持能力の余裕を示す。入浴時間が長くなると、交感神経系が有意になり心拍を早めた結果、ゆらぎが小さくなったと考えられる。個人差もあるが、この働きが入浴時の疲労やストレスとなる可能性もある。より負荷の少ない、リラクスの観点からは、今後入浴方法の検討が必要であると思われる。今回、基本的な岩盤浴の入浴方法として 15 分間を 3 回繰り返したが、本研究結果からは、1 回の入浴時間を短くする、またはその回数を 2 回程度とするのが適当と思われる。また、得られた末梢部分の温熱効果をより持続するために、浴室外の温度設定や入浴後の保温の工夫などの検討も必要である。

現在岩盤浴には天然および人工の様々な種類の岩盤が用いられている。岩盤を用いない温室のみの場合も含めて、岩盤の種類による影響の差異も検討されるべきである。

6. おわりに

入浴が欧米的なシャワー浴になりつつある近年、温熱効果が得られる日本式の入浴文化は見直されるべきで、さらに身体的負荷の少ない岩盤浴は新たな温浴スタイルとして期待できる。今回対象は比較的若年の健康成人であったが、日本特有の静水圧のかかる高温度全身入浴による心血管疾患の発生が危惧される高齢者や、着衣のまま入浴ができるため浴槽への入浴が困難な病状患者にも積

極的な利用が期待される。

体温および循環動態変化に HRV による評価を加えたことにより, 岩盤浴時の自律神経活動の変化がより鮮明になった。身体に負担の少ない岩盤浴であるが HRV の変化から, 入浴により疲労やストレスを感じることも有り得る。岩盤浴の入浴方法において, 一律ではなく個々人に合った方法が望まれる。

謝 辞

本研究において, 被験者として協力して頂いた昭和大学附属豊洲病院の方々, 岩盤浴施設を提供して頂いた株式会社ジェイメック, DIVA 株式会社, ドライサウナ施設を提供して頂いた株式会社 ウェルランド, 心拍変動解析に用いたホルタ型心電計を提供して頂いたフクダ電子株式会社ならびにご尽力頂いた昭和化学工業株式会社の皆様に深く感謝する次第です。

文 献

- 伊藤要子 (2005): HSP が病気を必ず治す (ビジネス社, 東京).
- 大河内正一, 菅野こゆき, 勝本雅之, 鈴木雅樹, 甘露寺泰雄, 漆畑 修 (1999): 温泉水および皮膚の ORP (酸化還元電位) と pH の関係, 温泉科学, **49**, 59-64.
- 大河内正一, 竹崎大輔, 大波英幸, 首藤祐樹, 池田茂男, 見城由紀夫, 阿岸祐幸 (2002): 二酸化炭素泉による末梢血流量の 2 次元的可視化について, 温泉科学, **52**, 12-19.
- 大河内正一, 竹崎大輔, 大波英幸, 阿岸祐幸, 甘露寺泰雄, 池田茂男 (2003): 電解還元系の人工温泉について, 温泉科学, **53**, 1-9.
- 大河内正一, 大波英幸, 庄司未来, 大野慶晃, 池田茂男, 阿岸祐幸, 萩原知明, 鈴木 徹 (2005): 電解還元系の人工温泉水の皮膚および髪に与える効果, 温泉科学, **55**, 55-63.
- Kataoka, Y. and Yoshida, F. (2005): The change of hemodynamics and heart rate variability on bathing by the gap of water temperature. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **59**, S92-S99.
- 五味常明 (2006): 岩盤浴の秘密 (ハート出版, 東京).
- 常盤野和男, 大友詔雄, 田中幸雄 (2002): 最大エントロピー法による時系列解析—MemCalc の理論と実際— (北海道大学図書刊行会, 札幌).
- (2006 年 9 月 7 日, 第 59 回日本温泉科学会大会にて発表. 2007 年 9 月 20 日, 第 60 回日本温泉科学会大会にて発表)