

高濃度人工炭酸泉入浴中の皮膚血流量の変化

大森 圭・古川 順光・毛利 光宏・宮下 智・内田 勝雄

Change in Skin Blood Flow during Highly Concentrated Artificial Carbonic Acid Bathing.

Kei OMORI, Yorimitsu FURUKAWA, Mitsuhiro MOURI, Satoshi MIYASHITA,
Katsuo UCHIDA

Abstract : Skin blood flow was measured for 8 healthy adult men (30.9 ± 4.5 years old) during highly concentrated artificial carbonic acid bathing using a laser Doppler flow meter. Concentration of carbonic acid was 1000 ppm and the temperature was fixed at 35 °C. A sensor of the flow meter was attached on a thigh bathed in the water. The blood flow was significantly increased during the bathing for four subjects (referred to as A group), while the blood flow remained unchanged during the bathing for the other four subjects (B group). Along with the blood flow measurement, cardiac output, heart rate, blood pressure, oxygen uptake, carbon dioxide output, skin and tympanum temperatures were measured continuously before, during and after the bathing at rest. Two-factor ANOVA test showed no significant difference in these parameters between the A and B groups. Anthropometric data of the subjects also showed no significant difference between these two groups. In the A group diastolic pressure during the bathing was significantly lower than that before the bathing ($p < 0.05$). These results suggest that reduction of peripheral vascular resistance shown by the decrease in the diastolic pressure causes the blood flow increase.

Key words : artificial carbonic acid bathing, skin blood flow, blood pressure

はじめに

温熱療法や温泉療法によって、循環の改善に効果があることは一般的によく知られている。人工炭酸泉浴においても、末梢の血管拡張、血流増加、保温効果など様々な生理作用の効果が報告¹⁻⁷⁾されており、皮膚血流に及ぼす高濃度人工炭酸泉の効果も注目されている⁸⁻¹¹⁾

今回我々は、高濃度人工炭酸泉（以下炭酸泉）

に入浴中、浸漬した部分の皮膚血流量を測定し、末梢の循環作用に及ぼす炭酸泉浴の効果を明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 対 象

健常成人男子8名で、平均年齢は 30.9 ± 4.5 歳であった。被験者には本実験の目的および方法を説明し同意を得た。

2. 入浴方法

高濃度人工炭酸泉製造装置（MRE-SPA、三菱レイオンエンジニアリング）で製造した炭酸泉（1000ppm）を200リットル用意し、水温は35℃

山形県立保健医療短期大学理学療法学科
〒990-2212 山形市上柳 260 番地
Department of Physical Therapy, Yamagata School of Health
Science, 260 Kamiyanagi, Yamagata 990-2212, Japan

に保った。実験実施時の室内環境は気温 25°C, 湿度 55 ~ 65% に調節した。炭酸泉の給排水は, 被験者が浴槽内に入ったままで行ない, 体動による測定値の変化を避けた。また, 給排水を短時間 (約 4 分) で行ない, 入退浴による血流量の時間変化を測定できるように工夫した。被験者が実験開始から終了まで浴槽内で長座位を保つように指示した。実験プロトコールは, 給水前 (入浴前) 6 分, 入浴中 18 分, 排水後 (入浴後) 12 分の計 36 分とした。皮膚血流量の定量的比較は, 入浴前安静時 (以下安静時) と炭酸泉入浴 18 分目のデータで行なった。

3. 測定項目および測定機器

(1) 皮膚血流量 :

大腿部前面中央の皮膚血流量をレーザー血流計 (LBF- III, バイオメディカルサイエンス) で測定した。血流計のプロブは, 大腿部前面中央にテープで装着した。測定値は入浴前安静値を 100% とした相対値で表示した。本実験で使用したレーザー血流計は, 波長 780 nm の半導体レーザーを使用している。この波長の光はヘモグロビンの等吸収点に近く, 酸化および還元ヘモグロビンの比率変化の影響をうけないという特徴がある。したがって, 毛細血管血の酸素飽和度の変化に依存しない血流量を測定することができる。

(2) 心拍出量 (\dot{Q}), 心係数 (CI) :

\dot{Q} をアセチレン・アルゴン再呼吸法¹²⁾ (レスピロモニタ RM-300I ミナト医科学, RL-600 WESTRON) で非観血的に測定した。体格による個人差を正規化するために \dot{Q} / 体表面積 (BSA) で CI を計算した。

(3) 心拍数 (HR) :

心電計 (バイオビュー 1000A NEC) を用いて心電図の R-R 間隔から心拍数を求めた。

(4) 血圧 :

自動血圧計 (JENTOW-770 日本コーリン) を用いて, 1 拍ごとの収縮期血圧 (SBP) と拡張期血圧 (DBP) を測定し, 1 分間で平均した。

(5) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$), 炭酸ガス排出量 ($\dot{V}CO_2$) :

質量分析計 (RL-600 WESTRON) を用いて測定した呼気酸素, 炭酸ガス濃度および呼気流量計 (レスピロモニタ RM-300I ミナト医科学) を用いて測定した分時換気量から $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ を算出した。

(6) 深部体温 :

赤外線鼓膜体温計 (Thermo Scan Pro LT ブラウン) で鼓膜温を測定し, 深部体温とした。

(7) 皮膚温 :

サーミスタ温度計 (D992 タカラサーミスタ) を用いて, 上腕外側中央・大腿前面中央・胸部の皮膚温を測定した。

(8) 総末梢血管抵抗 :

平均血圧 / \dot{Q} にて算出した。

統計解析は 2 要因分散分析を行い, 有意水準は 5% とした。

結 果

1. 入浴中, 皮膚血流量の増加が明らかに認められた被験者 4 名 (以下 A 群) と, 変化が認められなかった被験者 4 名 (以下 B 群) に分類された。両群間の皮膚血流量の有意差は $F(1, 6) = 9.24$, $p < 0.05$ であった。皮膚血流量の測定例を Fig.1 に示す。また Fig.2 は, 入浴前の血流量に対する入浴 18 分後の血流量の比率を A, B 群で比較したものである (入浴前値を 100% とする)。

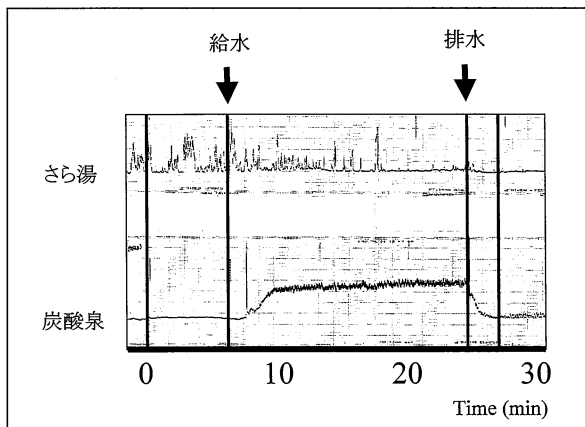


Fig. 1 皮膚血流量の測定例

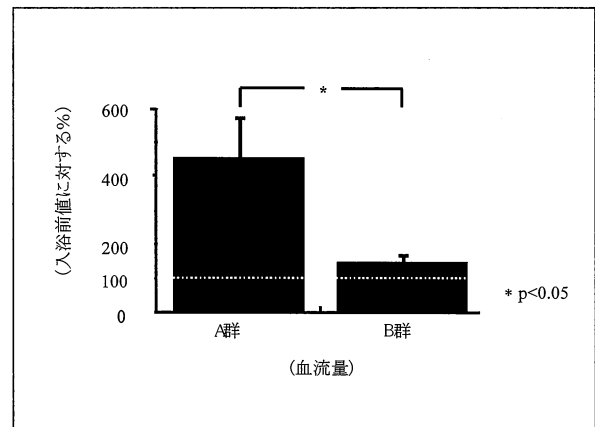


Fig. 2 大腿部皮膚血流量 (炭酸泉入浴中)

2. 入浴中, A 群と B 群の間に, 皮膚血流量以外の全ての項目で有意差は認められなかった。
3. 安静時, A 群と B 群の間に, 上腕部の皮膚温で $F(1, 6) = 6.90, p < 0.05$ の有意差が認められ, A 群の方が有意に低かった。その他の項目について有意差は認められなかった。
4. 安静時と入浴中の比較では, A 群における拡張期血圧は $F(1, 3) = 20.44, p < 0.05$ の有意な差が認められ, 入浴中の方が低かった。A 群のその他の項目及び, B 群の全ての項目について有意差は認められなかった。

考 察

今回の測定結果で入浴中の皮膚血流量は, A 群において特徴的な増加傾向がみられた。しかし, 生体内で皮膚血流量に影響を与える因子である心拍出量(心係数), 総末梢血管抵抗, 心拍数, 血圧, 皮膚温などの測定値を A 群と B 群で比較したところ, 入浴中には両群間に有意差がないことが分かった。そこで A, B 両群の違いが何に起因するかを検討するたために, 安静時におけるその他の因子のデータを比較したところ, 上腕の皮膚温のみ A 群の方が有意に低いことが分かった。A 群では入浴前に低かった上腕部の皮膚温が炭酸泉入浴によって上昇し, 入浴中に B 群の上腕部皮膚温と有意差がなくなったと考えられる。この皮膚温の上昇は皮膚血流量の増加に起因することが考えられる。一方, 入浴中の大腿部皮膚温に A, B 両群間で有意差がなかったことは, 35°C という中性温度の入浴で皮膚血流量の増加が皮膚温上昇に結びつかなかった可能性が考えられる¹³⁾。今回, 浴槽外上腕部の血流量を測定することができなかったが, 今後の研究として, 浴槽内(大腿部)と浴槽外(上腕部)の血流量を同時測定し, 比較検討することが必要である。

また, A 群の安静時と入浴中の比較については, 大腿部皮膚血流量以外に変化が認められたのは拡張期血圧であり, 入浴中に有意に低くなることが分かった。これは皮膚血流量の増加として現れた血管抵抗の減少を反映していると考えられ, 心機能に負担をかけることなく末梢の循環を促す生体作用のひとつであると捉えることができる。本研究によって, 1000 ppm という高濃度炭酸泉が呼吸, 循環系にとって特記すべき変化をもたらさない安

全な入浴であることがわかった。また, 炭酸泉入浴中に明らかな皮膚血流量の変化を認める群と, 変化を認めない群が存在することが明らかとなった。皮膚血流量が増加することによる身体の末梢に及ぼす直接的な効果や, 全身的な循環機能に対する効果は, 医療や健康の増進・維持管理に広く汎用することが可能であると考えられる。しかし, 今回の結果では炭酸泉の効果が期待できる者とできない者が存在するということがわかり, この両群の違いが何であるかを判断するまでには至らなかった。効果が期待される対象と適応を判断することが重要であり, 個体素因や測定環境・条件, 測定方法・項目, 被験者数についてもさらに考慮検討しなければならない課題であると思われた。炭酸泉は人工的に簡便かつ短時間に製造することができ, 場所を選ばず安全に利用できるという利点がある。その利点を生かすためにも, 今後, 手, 足のみの部分浴で炭酸泉とさら湯同時入浴の実験も行い, 炭酸泉を安全かつ効果的に利用するための基礎データを得る計画である。

謝 辞

炭酸泉の実験に対する(株)三菱レイヨン, (株)三菱レイヨン・エンジニアリングおよび(株)テクノ・モリオカのご協力に感謝申し上げます。また, 本研究は(株)三菱レイヨンおよび(株)テクノ・モリオカの受託研究として研究費の一部に援助を受けました。

文 献

- 1) 萬 秀憲: 学会報告・最近の温泉学会から. フレグランスジャーナル 69: 82-84, 1984
- 2) 松岡正敬, 前田真治, 正木かつら, 頼住孝二, 糠沢達志: 脳血管障害患者における人工炭酸泉浴による炭酸ガス吸入と脳循環. 日温気物医誌 57 (2), 129-134, 1994.
- 3) 白倉卓夫, 田村耕成, 武 仁, 倉林 均, 久保田一雄, 砂川 隆, 萬 秀憲: 高濃度人工炭酸泉浴の治療抵抗性高血圧症, とくに夜間非降下型患者の日内血圧変動におよぼす効果. 日温気物医誌 56 (2), 119-125, 1993.
- 4) 田中信行, 日吉俊紀, 川平和美, 竹追賢一: 人工炭酸泉浴(花王バブ浴)による本態性高血圧症の血圧, 循環機能の変化. 日温気物医誌 50 (2), 87-93, 1987.

- 5) 田原 亨, 安田正之, 延永 正: 人工炭酸泉浴の慢性関節リュウマチに対する効果. 日温気物医誌 54 (4), 224-230, 1991.
- 6) 日吉俊紀, 田中信行, 谷口幸子, 土橋和子: 人工炭酸泉浴剤による褥創治療について. 総合リハ 17 (8), 605-609, 1989.
- 7) 森 和, 高橋暁正: 物理療法の実際 (pp218-222). 南山堂, 東京, 1985.
- 8) Schmid, K. L.: 炭酸浴 (炭酸泉). 人工炭酸泉 1 (1), 005-009, 1998
- 9) Hartmann, B., Pitter, M., Drews, B.: 小動脈閉塞性疾患の CO₂ 温泉療養 生理と臨床. 人工炭酸泉 1 (1), 010-016, 1998
- 10) 内田 誠: 多層複合中空糸膜 (MHF) の開発と応用. 人工炭酸泉 1 (1), 017-020, 1998
- 11) 萬 秀憲, 久保裕一郎, 江口泰輝, 砂川 満, 河本知二, 古元嘉昭, 古元順子: 人工炭酸泉浴に関する研究・第4報人工炭酸浴の効果. 岡山大学温泉研究所報告 54, 1-12, 1984.
- 12) Sackner, M. A., Greenelch, D., Heiman, M. S., Epstein, S., Atkins, N.: Diffusing capacity, membrane diffusing capacity, capillary blood volume, pulmonary tissue volume, and cardiac output measured by a rebreathing technique. American Review of Respiratory Diseases 111, 157-165, 1975.
- 13) 美和千尋, 岩瀬敏, 小出陽子, 松川俊義, 杉山由樹, 間野忠明: 40℃ 入浴 20 分間によるヒトの生理的変化と心理的変化の関係, 総合リハ 25 (8): 737-742, 1997
- 1998. 11. 18. 受稿, 1999. 2. 2. 受理 -

要 約

健康成人男子 8 名 (30.9 ± 4.5 歳) を対象に, 高濃度人工炭酸泉入浴中の水中部分の皮膚血流量をレーザー血流計で測定した。炭酸泉は濃度 1000ppm, 温度 35℃ とした。血流計のセンサーは水浴している大腿部に装着した。炭酸泉入浴中に皮膚血流量の増加が明らかに認められた被験者 4 名 (A 群) と変化が認められなかった被験者 4 名 (B 群) に分類された。また, 皮膚血流量の測定と併行して心拍出量, 心拍数, 酸素摂取量, 皮膚温および鼓膜温についても入浴前安静時, 入浴中および入浴後の測定を行った。2 要因の分散分析では A 群と B 群の間に有意差は認められなかった。また, 2 群間で被験者の身体的特徴にも差は認められなかった。A 群においては, 入浴中の拡張期血圧が安静時の値に比べ有意に低かった ($p < 0.05$)。これらの結果から, 末梢血管抵抗が低下し, 拡張期血圧が下がることにより血流量が増加することが示唆された。

キーワード: 人工炭酸泉, 皮膚血流量, 血圧