

高濃度人工炭酸泉によるクーリングダウン効果

大森 圭・宮下 智・古川 順光・吉野 直美
村井 真由美*・内田 勝雄

Cooling-Down Effect of Carbonic-Acid Bathing

Kei OMORI, Satoshi MIYASHITA, Yorimitsu FURUKAWA, Naomi YOSHINO,
Mayumi MURAI*, Katsuo UCHIDA

Abstract : A cooling-down effect of carbonic-acid bathing was examined for 17 healthy adult male subjects (21.5 ± 4.2 years old) with bathing their forearms after exercise. The forearms were bathed in a carbonic dioxide dissolved water (1000 ppm) or a tap water at 15 °C for 10 min just after wrist-flexion exercise, and skin temperature, blood flow, grip strength were measured. The skin temperature was reduced during the carbonic-acid bathing as in the case of the tap-water bathing. There was no significant difference in grip strength between the two types of bathing. In contract, the blood flow was significantly high in the carbonic-acid bathing ($p < 0.05$) for 5 and 10 min bathing. These results suggest that carbonic-acid bathing is effective to reduce an exercise-induced muscle temperature with keeping the skin blood flow. It is also likely that carbonic-acid bathing is useful for the so-called cooling-down effect after exercise.

Key words : artificial carbonic acid-bathing, cooling-down, exercise

はじめに

炭酸泉は、温泉療法の伝統的な治療法として、欧州では古来より活用されている¹⁾。炭酸泉の主な作用は、血流増加、血管拡張、保温効果などであり²⁻⁴⁾近年ではこういった効果をさらに有効活用できるように、人工的に炭酸泉を製造して⁵⁻⁷⁾、場所を選ばず利用できるようになってきている。炭酸泉を使用した医療への適応は、高血圧治療などの全身的なものから、末梢循環障害や褥創治療など局所的なものまで幅広く応用、研究されている⁸⁻¹⁸⁾。温泉療法としての炭酸泉による血流増加作用は、温度に依存した効果とともに炭酸ガスそのものの効果として支持されているが、生体に対する作用機

序は未解明な部分も多い。炭酸ガス効果が血流量に変化を与えているとすれば、炭酸泉は様々な水温においても同様の効果が得られると考えられる。

今回我々は、これら炭酸泉の作用に着目し、血流増加や血管拡張などが低温度でも得られれば、血流を維持しながら局所の冷却が行える、新しいクーリングダウンの方法として応用が可能であるのではないかと仮説を立てた。

スポーツなど身体の運動後にクーリングダウンとして軽運動を行うことは一般的によく知られている。近年では、クーリングダウンの方法として軽運動と冷却の併用が、疲労回復やトレーニング効果の向上など、コンディショニングを目的としてスポーツ選手などに活用されている^{19,20)}。冷却は激しい運動によって高まった筋温を適正に戻す効果があり、さらにストレッチなどの軽運動で血流を増加させることで、組織の微細損傷の修復や疲労物質代謝を促すものと考えられている^{21,22)}。しかし実際に行われている冷却は、氷点に近い低

山形県立保健医療短期大学理学療法学科
山形県立保健医療短期大学作業療法学科
* Department of Physical Therapy, Yamagata School of Health Science
* Department of Occupational Therapy, Yamagata School of Health Science

温度で使用されている場合が多く、急激な冷却が血流を抑制してしまう矛盾などから、この方法がコンディショニングを目的とした冷却に適當であるか、明らかでないのが現状である²³⁾。

そこで本研究では、従来の冷却と比較して高い温度である15℃の水および炭酸泉で、前腕運動後に部分浴を行い、運動後の高濃度人工炭酸泉におけるクーリングダウンの効果について、皮膚血流量、皮膚温などから比較検討し、基礎研究として今後の可能性について考察することを目的とした。

対 象

本実験の目的および方法を説明し同意を得た、健康成人男性17名(21.5 ± 4.2歳)を対象とした。

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)で製造した濃度1000ppmの人工炭酸泉(以下、炭酸泉)と、水道水(以下、水)をそれぞれ20リットル用意し、水温はいずれも15℃に保った。室内環境は気温22~25℃, 湿度50~60%とした。炭酸泉の濃度は、pH測定で確認した。

1. 測定プロトコール (Fig. 1)

被験者姿勢は椅坐位で、肘関節90度屈曲、前腕回外位にし、利き手に体重の10%の重りを把持し手関節掌屈運動を行った。この運動を毎秒1回で50回行った後、手関節角度0度の状態で保持が不可能になるまで持続した。保持終了直後に、前腕部を炭酸泉または水に10分間浸水し、出水後は10分間安静を保った。さらに比較のために同様の運動の後、20分間そのままの状態を保つ測定(以下、放置)も行った。一人の被験者につき各測定は、1日以上の間隔をあけて行ない、炭酸泉、水、放置の順序はランダムになるよう配慮した。

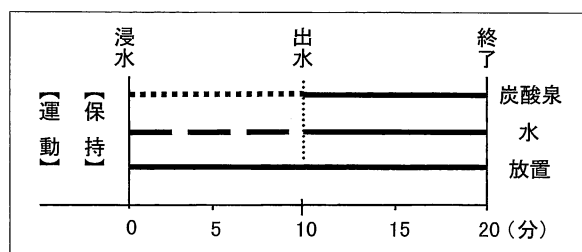


Fig. 1 測定プロトコール

2. 測定項目および測定機器

測定項目は、前腕部皮膚表面温度、前腕部皮膚血流量、握力とした。

皮膚表面温度はサーミスタ温度計(D922, タカラサーミスタ), 皮膚血流量はレーザー血流計(LBF-III, バイオメディカルサイエンス)を使用し、各センサーを前腕部中央にテープで固定した。測定は連続して行い、安静時、運動終了後1分、5分、10分、15分、20分の値を比較した。また安静時と運動終了後20分に握力を測定した。

統計処理は、炭酸泉、水および放置の各実験について一元配置分散分析を行い、有意水準は5%とした。

結 果

- 1) 炭酸泉、水および放置の各実験で手関節運動時間に有意な差は認められず、運動が一定であったことが示された。(Fig. 2)
- 2) 前腕部皮膚表面温度: 浸水10分において、炭酸泉(24.8 ± 1.8℃)が水(23.5 ± 2.0)に比べ高く、有意差(p < 0.05)が認められた。放置は常に安静時より高値であった。(Fig. 3)
- 3) 前腕部皮膚血流量: 安静時を100%とした比較において、浸水5分で炭酸泉(104.5 ± 18.0%)が水(90.7 ± 14.1%)に比べ高値で、有意差(p < 0.05)が認められた。同様に浸水10分においても、炭酸泉(108.6 ± 20.5%)が水(94.2 ± 16.1%)に比べ高値で、有意差(p < 0.05)が認められた。(Fig. 4)
- 4) 握力は、炭酸泉、水および放置の各実験で有意差は認められなかった。(Fig. 5)

考 察

今回の実験で15℃の水と炭酸泉の比較において、炭酸泉浸水中は皮膚血流量の低下を抑制しながらも徐々に皮膚表面温度を低下させていることが分かった。炭酸泉における皮膚血流量の維持・増加は、これまで温浴もしくは不感温度での報告以外では見当たらず^{1-18, 24)}、15℃での有意な差は本実験によって明らかとなった。皮膚表面温度は炭酸泉より水の方が有意に低下していたが、炭酸泉は皮膚血流量の低下の抑制によって、深部熱を皮膚表面に循環させ、結果的に生体内の熱放散を促していると考えられた。筋活動には適正温度が

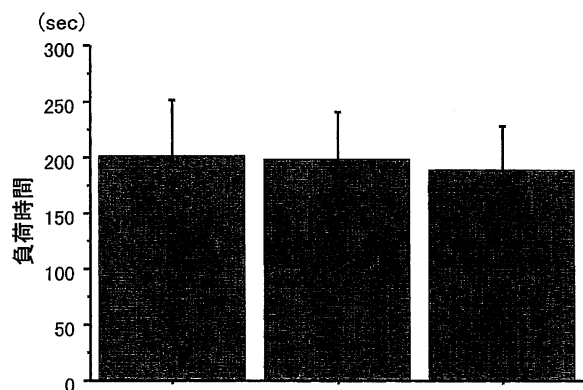


Fig. 2 手関節運動時間

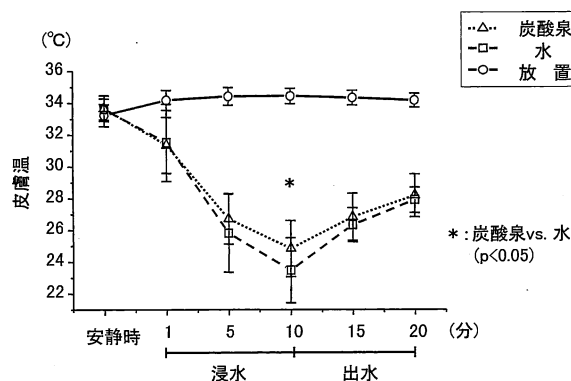


Fig. 3 前腕部皮膚表面温度の変化

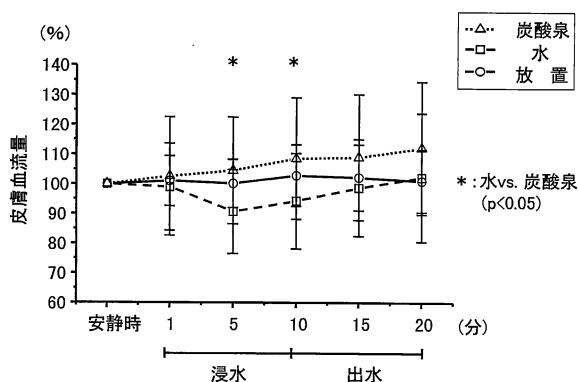


Fig. 4 前腕部皮膚血流量の変化

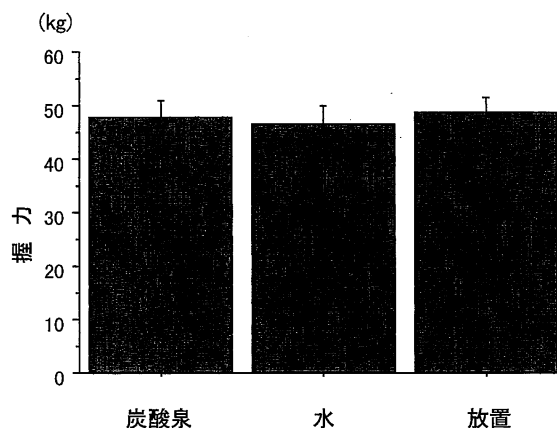


Fig. 5 握力の変化

存在すると言われているが^{25,26)}, 筋収縮によって産生された熱は、血液を介して皮膚表面を循環することで冷却され、冷却された血液が戻ることで深部の組織を冷却させる可能性が考えられる。炭酸泉は外部環境である水温に依存した冷却のみではなく、炭酸ガスの直接作用と考えられる生体反応を積極的に利用できるため²⁷⁾, これまでとは異なった冷却方法となり得ることが示唆された。激しい運動で筋温は高まり、筋温の高い状態のままであればそれだけでエネルギーは消費されるため^{28,29)}, 炭酸泉での冷却は適正な筋温に戻すためのコンディショニングを目的としたクーリングダウンに効果が期待できると考える。しかし今回は、筋温そのものは測定できなかったため、実際の筋温の変化について今後検討を要する。

現段階で実際に本法が応用できる可能性を考えると、従来のような氷点温度に近い冷却方法では痛覚異常や循環障害、筋・腱の伸張性低下が起こる場合に対して、冷却をしながらも血流を維持あるいは増加させたい状況に有用であるといえる。具体的には、サッカー等のハーフタイム時、陸上競技での競技間など、スポーツにおける競技間コ

ンディショニング時や、競技後やトレーニング後のクーリングダウンが挙げられ、従来の軽運動やストレッチの併用によって更なる効果が期待できると考える。現在はスポーツ現場での実績はないが、これらの可能性が少しでも現実化できるよう、更に基礎的な科学的証明と現場での実績による、相互のフィードバックが必要であると考えられる。

まとめ

運動後の 15°C 高濃度人工炭酸泉浴は水との比較において、皮膚血流量の低下の抑制が認められ、従来の冷却方法とは異なるコンディショニングを目的としたクーリングダウンの方法として、新たな冷却方法となり得ることが示された。また、炭酸泉は低温度においても炭酸ガス効果として作用することが示唆されたことから、様々な状況において適応対象と目的を明確にした適正温度の設定についても検討する必要性が示された。

参考文献

- 1) K, L. Schmidt . : 炭酸浴 (炭酸泉). 人工炭酸泉 1 (1), 005-09, 1998.

- 2) 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.
- 3) 萬 秀憲：炭酸ガス浴剤の進歩と課題。フレグランスジャーナル臨時増刊 8：23-30, 1987.
- 4) 萬 秀憲, 江口泰輝, 河本知二, 砂川 隆, 古元嘉昭：人工炭酸泉に関する研究 (第2報) 炭酸ガス浴剤の皮膚血流量増加作用と保温作用。日温気物医誌 47, 130-136, 1984.
- 5) 植田理彦, 矢崎俊樹：二酸化炭素水供給装置による入浴の末梢循環に及ぼす効果の検討。日温気物医誌 58 (4), 249-256, 1995.
- 6) 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.
- 7) 八田 秋：心疾患への炭酸ガス浴の効果。温研紀要 32 (3), 171-182, 1980.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 前田真治, 正木かつら, 頼住孝二, 糠沢達志, 松岡正敬, 横山 巖：脳血管障害患者における人工炭酸泉吸入および連浴による脳循環の変化。日温気物医誌 60 (2), 75-81, 1997.
- 13) B, Hartmann., M, Pitter., B, Drews. : 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.
- 14) K, L. Schmidt. : リウマチ病の鉱泉療法に対する科学的根拠。人工炭酸泉 2 (1), 016-020, 1999.
- 15) 田原 亨, 安田正之, 延永 正：人工炭酸泉浴の慢性関節リウマチに対する効果。日温気物医誌 54 (4), 224-230, 1991.
- 16) 前田真治, 高橋由美, 頼住孝二, 正木かつら：人工炭酸泉浴剤の褥創温湿布療法における皮膚温の変化。日温気物医誌 53 (4), 195-199, 1990.
- 17) 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.
- 18) 寺内雅美：末梢循環不全に対する炭酸泉浴の効用。形成外科 36 (9), 1015-1021, 1993.
- 19) 山本利春, 吉永孝徳, 山本正嘉, 有馬三郎, 佐藤哲守, 藤巻悦夫, 坂本桂造：運動後のアイシングがパフォーマンスに及ぼす効果。体力科学 45 (6), 801, 1996.
- 20) 福岡重雄, 齊籐和快：ウォーミングアップ・クーリングダウンの理論。骨・関節・靭帯 11 (7), 765-770, 1998.
- 21) MR Safran., WE Jr Garrett. : The role of warmup in muscular injury prevention. Am J 16 (2), 123-127. 1988.
- 22) 栗山節朗：リハビリテーション医学的クールダウンとリ・コンディショニング, Coaching Clinic 5, 12-17, 1990.
- 23) 山本利春, 福岡重雄, 加賀谷善教, 泉 秀幸, 成田英子, 吉永孝徳, 石山修盟, Keith Webster: アイシングの実際。Sportsmedicine Quarterly 21, 13-56, 1997.
- 24) 下沖 晋, 辻 隆之, 遠藤宏和, 森反俊幸, 榊原巨規, 大坪弘明, 松尾 汎, 中野寿彦, 藤元登四郎：足背部皮膚血流量計測による人工炭酸泉足浴時の至適炭酸濃度および湯温の検討。人工炭酸泉 2 (1), 004-009, 1999.
- 25) 山田 茂, 福永哲夫編著：骨格筋 運動による機能と形態の変化, NAP, 63-83, 1999.
- 26) R. S. Clarke. : The duration of sustained contraction of the human forearm at different muscle temperature. J. Physiol, 143, 454-473, 1958.
- 27) 村松 準監訳：循環の生理 第2版, 医学書院, 139-174, 1994.
- 28) 中山 昭雄：温熱生理学, 理工学社, 1981.
- 29) 佐藤昭夫監訳：スタンダード人体生理学, シュプリンガー・フェアラーク東京, 64-82, 1994.

—1999.12.21. 受稿, 2000.1.26. 受理—

要 約

炭酸泉を用いた運動後のクーリングダウンの有効性を検討するために、健常成人男性 17 名 (21.5 ± 4.2 歳) を対象に、前腕運動後の部分浴を行った。冷却は 15°C 高濃度人工炭酸泉 (1000ppm) と 15°C の水に、手関節掌屈運動後 10 分間浸水し、出水後 10 分間安静を保ち、それぞれの前腕部皮膚表面温度、皮膚血流量、握力を測定した。皮膚表面温度は浸水 10 分において、炭酸泉が水に比べ有意に高かった ($p < 0.05$)。皮膚血流量は浸水 5 分、10 分において、炭酸泉が水に比べ有意に高かった ($p < 0.05$)。握力は有意差が認められなかった。これらのことから炭酸泉は、運動によって産生された深部熱を皮膚表面に循環させながら局所の冷却が可能であると考えられ、炭酸泉のクーリングダウン効果が示唆された。また運動後コンディショニングにも応用可能であると考えられた。

キーワード：高濃度人工炭酸泉, クーリングダウン, 運動