

【原 著】

高濃度人工炭酸泉による下腿浴が 筋組織硬度と足関節トルクに与える効果

山本憲志* 柏木悠** 平野智也*** 竹ノ谷文子**** 和田匡史*****

【要 旨】

【目的】本研究は、高濃度人工炭酸泉下腿浴が足底屈・背屈トルクと下腿部筋組織硬度に与える影響について検討を行った。【方法】被検者は健常な男子大学生8名であった。被検者には下腿浴前後に右腓腹筋周辺部の筋組織硬度、左右の等尺性足底屈・足背屈最大トルクおよび等速性（5deg/sec）で15度底屈および-10度背屈の足関節トルクを計測した。下腿浴は10分間とし、35℃の人工炭酸泉（CO₂泉浴）または水道水（tap 浴）とした。下腿浴中、2分毎に主観的温度評価を行った。【結果】温度感覚はCO₂泉浴がtap 浴より有意に温かく感じていた（入浴10分目 tap 浴 vs CO₂泉浴、 -0.38 ± 0.52 vs 1.00 ± 0.54 、 $p < 0.05$ ）。また、入浴後の筋組織弾性はCO₂泉浴がtap 浴より有意に増加していた（ 3.04 ± 1.40 vs 7.23 ± 3.51 、 $p < 0.05$ ）。等尺性および等速性足底屈・足背屈トルクはtap 浴よりCO₂泉浴で高い傾向であった。【結論】CO₂泉浴は筋組織弾性を増加させたことから交感神経活動の抑制による筋緊張を弛緩させたと推察される。しかしながら、単回のCO₂泉下腿浴のみでは足関節トルクへの影響は確認できなかった。

【キーワード】人工炭酸泉，下腿浴，足底屈，足背屈，筋力

I. 緒言

地下の高温高压下で形成され、地表に湧出した高濃度の二酸化炭素（1g/L 以上）を含む療養泉（炭酸泉）は、古くから心臓・循環器系疾患の治療に用いられている（Hartmann, B., Drews, B., Burnus, C., Bassenge, E. 1991）。炭酸泉と同程度のCO₂濃度を含む人工炭酸泉（CO₂泉）が作成できるようになり、泉源からの距離と無関係に炭酸泉浴の効果を生理学的に解析する事ができるようになった。CO₂泉浴では、浸漬部皮膚で顕著な紅潮、皮膚血管の拡張、皮膚血流の増加が観察される（Hartman, B., Pittler, M., Drews, B. 1997）。さらに、浸漬部皮下の骨格筋でも血管の拡張や血流の増加が生ずるとの報告がある。また、経験的にCO₂泉浴後に筋の柔軟性が増加するなどの効果が報告されている（Yamamoto, Hashimoto, 2008; 橋本, 山本, 2015）。

筋の硬さは神経筋疾患（Marusiak, Jaskolska,

Koszewicz, Budrewicz, Jaskolski, 2012）や筋損傷（Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have, Cambier, 2003）などで増加することは良く知られている。また、疾患や損傷のみならず、日々のトレーニングや急激な運動（Kubo et al., 2007）、さらに過度な身体活動による疲労などでも筋の硬さや張った状態を経験する。これら筋の硬さは触診や個々人の訴えなど経験則に応じて確認されていた。

筋の硬さは筋組織硬度（muscle tissue hardness）と言い、“筋に対する垂直圧力によって生じる抵抗力”と定義されている（Horikawa, Ebihara, Sakai, Akiyama, 1993; Murayama, Watanabe, Kato, Uchiyama, Yoneda, 2012）。

従来、筋組織硬度の客観的測定として加圧時の力-変位関係から評価する押圧法や機器を体表から押し込む筋組織硬度計などが用いられてきた（Murayama, Nosaka, Yoneda, Minamitani, 2000）。しかしながら、これらの方法は筋のみならず皮膚や

* 日本赤十字北海道看護大学 ** 専修大学スポーツ研究所 *** 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科
**** 星薬科大学 ***** 国士舘大学理工学部

皮下脂肪の硬さも含まれ、これらの分離評価が必要である。近年開発された超音波組織弾性イメージング法 (Ultrasound Elastography : UE) は、組織のひずみ弾性率の分布をリアルタイムで可視化し、組織の硬さに関するより高精度な情報を提供するものである (Yanagisawa, Niitsu, Kurihara, Fukubayashi, 2011; Chino, Akagi, Dohi, Takahashi, 2014, Inami, Kawakami, 2016)。

一方、筋温を上昇させることで筋機能が向上することが古くから分かっている (Bergh, Ekblom, 1979)。これは Heat Shock Protein (HSP) の活性が影響していると考えられる (Gibson et al., 2023)。

このように UE 法を用いて筋組織硬度をより客観的に評価し、さらに、温浴による筋出力への影響を同時に検討することは意義深いものと考えられる。そこで本研究では、不感温度の高濃度 (1000ppm 以上) CO_2 泉の下腿浴により筋組織硬度と筋出力への作用について検証することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被検者

本研究に参加した被検者は健康な男子大学生 8 名 (年齢 19.6 ± 1.8 歳、身長 173.6 ± 7.4 cm、体重 67.7 ± 14.1 kg、体脂肪率 17.6 ± 6.8 %) であった。被検者は、年齢、身長、体重、体脂肪率がほぼ同様になるように 4 名ずつランダムに 2 群に分けてクロスオーバー法にて実験を行った。実験に先立ち被検者には十分な説明を行い、書面にて同意を得た。尚、本研究は日本赤十字北海道看護大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

2. 実験手順

被検者は、実験前日から実験終了日まで、嗜好品、アルコール、激しい運動を控えた。被検者は実験室に到着後、椅子座位にて 10 分間安静にした。その後、準備運動として屈伸 3 回、伸脚およびアキレス腱伸ばし運動を片足 2 回ずつ計 4 回行った。次に、ベッドに仰臥位になり右腓腹筋周辺部の筋組織硬度を計測した。これは体表からの微弱な押圧操作に対する組織変位を検出、ひずみ値を算出して組織弾性の分布を画像化する技術である。また、画像内に 2 つの測定範囲 (Range of Interest : ROI) を設定し、両者のひずみ比 (Strain Ratio : SR) を算出することで組織硬度の差を定量的に評価することが出来る。

さらに、画像内に音響的カプラーを基準物質として設定し、組織硬度の客観的かつ定量的評価を行った (Inami, Kawakami, 2016; Inami et al., 2017)。測定部位は腓腹筋内側頭周辺とし、リニアプローブにて計測した。プローブで加える微小な圧迫は、超音波装置に組み込まれた strain graph にて確認した。SR は皮下脂肪 / 腓腹筋内側頭で求めた。その後、新たに開発した足底屈背屈筋力測定器 (竹井機器工業株式会社、東京、写真 1) を用いて左右の等尺性底屈・背屈最大トルクおよび等速性 (5 deg/sec) で 15 度底屈および 10 度背屈の足関節トルクを長座位姿勢で計測した。筋力測定に引き続いて、浴槽を用いて下腿浴を行なった。下腿浴は、膝下までを浸漬させ、35°C の tap 浴および同温の高濃度 (1000ppm 以上) CO_2 泉浴に 10 分間入浴した。 CO_2 泉は人工炭酸泉製造装置 (SC40、三菱ケミカル・クリンスイ社、東京、写真 2) により作成した。下腿浴中、2 分毎に主観的温度評価 (-3 : 非常に冷たい、-2 : 冷たい、-1 : 少し冷たい、0 : どちらでもない、1 : 少し暖かい、2 : 暖かい、3 : 非常に暖かい) を記録した。下腿浴後に再度、下腿部筋組織弾性評価を行い、続いて足関節の最大筋力の測定を行った。

3. 測定項目

測定項目は、右腓腹筋周辺の SR 値、左右足関節の等尺性および等速性底屈・背屈トルク、下腿浴中の主観的温度評価であった。

4. 統計

データは平均値 \pm 標準偏差で示した。2 群間の比較は対応のある t-test を用い、有意水準は 5 % 未満とした。



写真 1 足底屈背屈筋力測定器

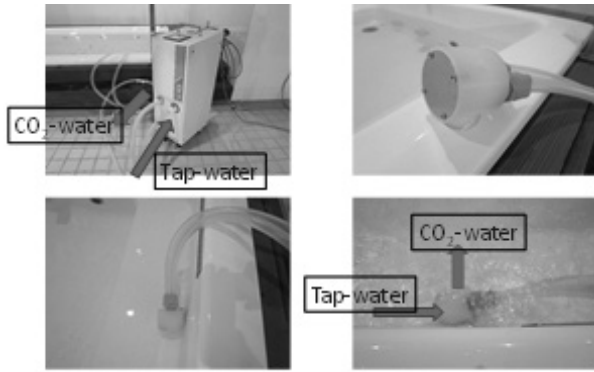
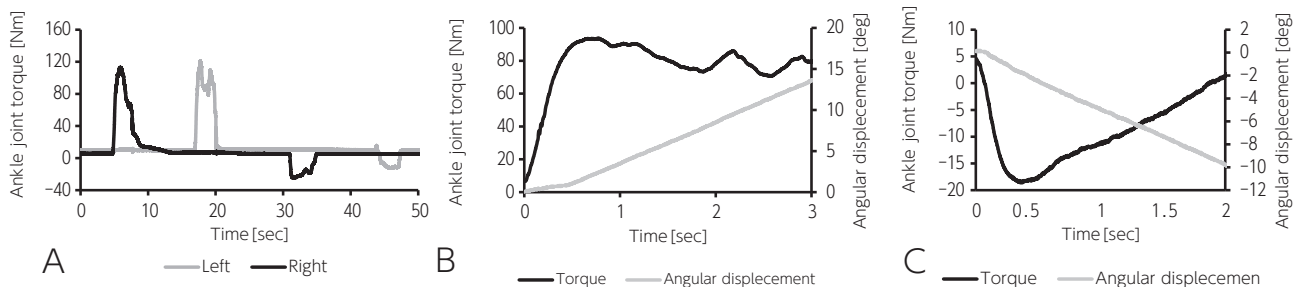


写真2 人工炭酸泉製造装置

表1 主観的温度評価の変化

Time [min]	tap-water	CO ₂ -water	Significant difference
2	0.88±0.83	1.50±0.54	p<0.05
4	0.38±0.74	1.00±0.76	p<0.05
6	0.13±0.64	1.38±0.52	p<0.05
8	-0.13±0.64	1.13±0.64	p<0.05
10	-0.38±0.52	1.00±0.54	p<0.05

図1 典型的1例におけるCO₂泉入浴後の筋力発揮。Aは等尺性収縮、Bは等速性足底屈、Cは等速性足背屈。

Ⅲ. 結果

表1には主観的温度評価の変化を示した。同温にもかかわらず入浴中の温度感覚はCO₂泉浴がtap浴より有意に温かく感じていた（入浴10分目 tap浴 vs. CO₂泉浴、 -0.38 ± 0.52 vs 1.00 ± 0.54 、 $p<0.05$ ）。

図1にはCO₂泉浴後に発揮した筋力の典型的1例を示した。Aは等尺性収縮、Bは等速性足底屈、Cは等速性足背屈のデータを示している。これらのデータから、それぞれのピーク値と平均値を求めた。

図2は等尺性足底屈の最大筋力と平均筋力を示した。Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力を示している。tap浴およびCO₂泉浴ともに下腿浴前後で有意な変化は認められなかった。

図3は等尺性足背屈の最大筋力と平均筋力を示した。Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力を示している。tap浴およびCO₂泉浴ともに下腿浴前後で有意な変化は認められなかった。しかしながら、下腿浴後、tap浴よりCO₂泉浴で筋力発揮が高い傾向であった。

図4は等速性足底屈の最大筋力と平均筋力を示した。Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力を示している。tap浴およびCO₂泉浴ともに下腿浴前後で有意な変化は認められなかった。しかしながら、下腿浴後、tap浴よりCO₂泉浴で筋力発揮が高い傾向であった。

筋力、Dは左平均筋力を示している。tap浴およびCO₂泉浴ともに下腿浴前後で有意な変化は認められなかった。しかしながら、下腿浴後、左足関節においてtap浴よりCO₂泉浴で筋力発揮が高い傾向であった。

図5は等速性足背屈の最大筋力と平均筋力を示した。Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力を示している。tap浴およびCO₂泉浴ともに下腿浴前後で有意な変化は認められなかった。しかしながら、下腿浴後、右足関節においてtap浴よりCO₂泉浴で筋力発揮が高い傾向であった。

図6には下腿浴前後における筋組織硬度の変化を示した。入浴後の筋組織硬度はCO₂泉浴がtap浴より有意に増加していた（ 3.04 ± 1.40 vs 7.23 ± 3.51 、 $p<0.05$ ）。

Ⅳ. 考察

一般に、筋疲労は運動によって引き起こされ、筋力や仕事量を低下させる。これは大きく中枢性疲労と末梢性疲労に分けられる。末梢性疲労は、筋での乳酸蓄積、pH低下、Ca²⁺の移動の減少、血液のうっ滞などが原因と考えられている。スポーツや日常

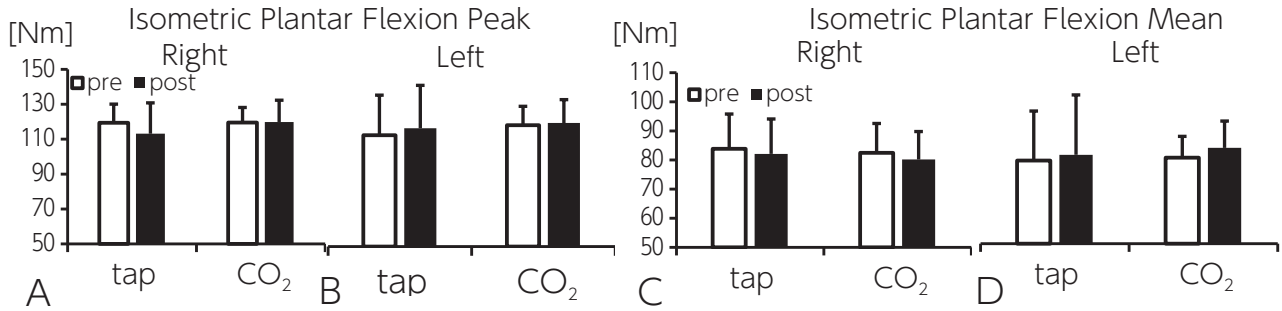


図2 等尺性足底屈の最大筋力と平均筋力の変化. Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力

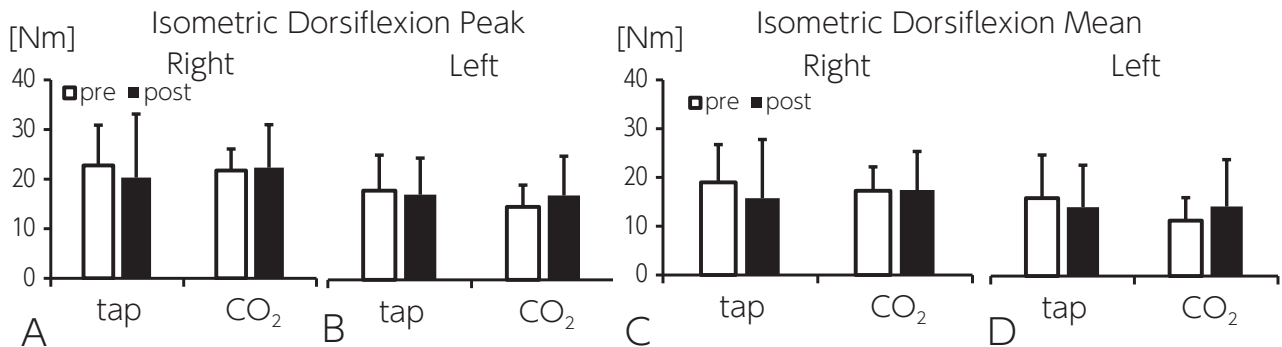


図3 等尺性足背屈の最大筋力と平均筋力の変化. Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力

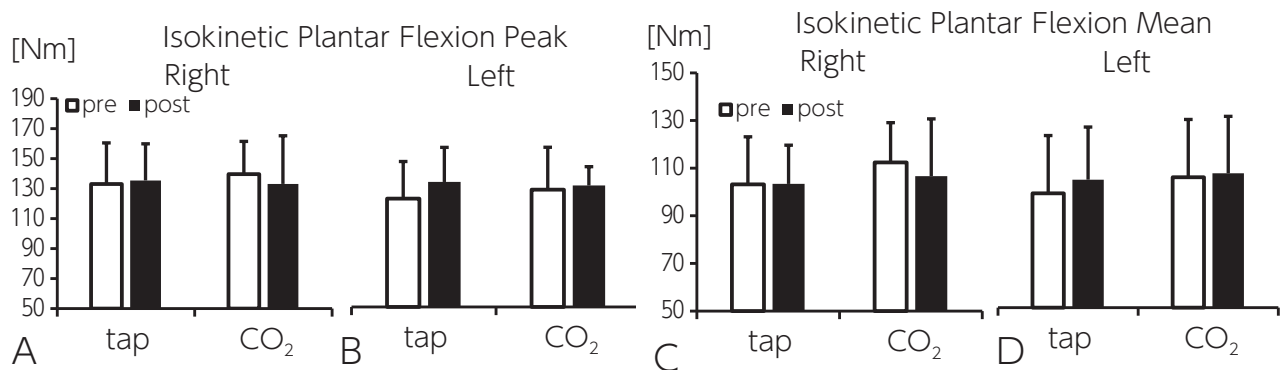


図4 等速性足底屈の最大筋力と平均筋力の変化. Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力

生活において運動直後に筋肉がこわばる状態がみられる。このような上昇した筋組織硬度が持続するような状況下では、血管圧閉により筋血流が阻害され、筋細胞（繊維）内に浸透圧性の代謝産物が蓄積し、水移動により筋内圧が上昇するという悪循環メカニズムが想定されている。一方、CO₂泉を利用しているアスリートから浴後に筋肉が柔らかくなるという内省報告を得ている。

本研究ではCO₂泉浴による骨格筋への影響を検討するため、RTEを用いてCO₂泉およびtap下腿浴による筋組織硬度を検討した。さらに、新しく開発した足底屈・足背屈筋力計を用いて下腿浴前後の筋出

力発揮を比較した。その結果、筋組織弾性は安静時およびtap浴後と比較してCO₂泉浴後、有意に増加した。これはCO₂浴によって筋組織の弾性、すなわち筋に対する垂直圧力によって生じる柔軟性が増加したことになる。また、主観的温度感覚はCO₂浴がtap浴と比較して全ての時間で有意に高い値となった。しかしながら、CO₂泉およびtap浴前後の筋出力には有意な変化は認められなかった。

本実験では炭酸ガスによって皮膚冷感受容器の抑制と温感受容器の刺激によりtap足浴時と同じ温度でもCO₂泉の方がより暖かく感じた（表1）。水野ら（水野，中野，松本，松本，梅村，2011）は、

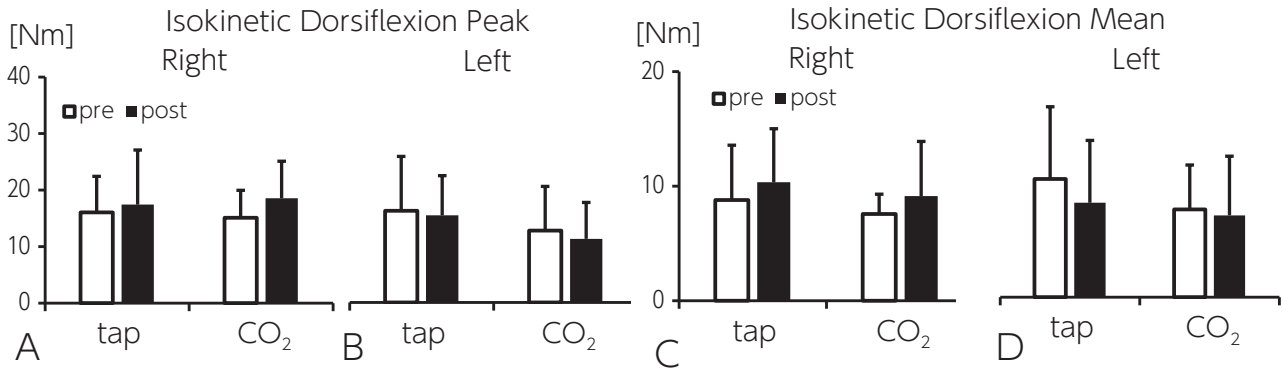


図5 等速性足背屈の最大筋力と平均筋力の変化. Aは右最大筋力、Bは左最大筋力、Cは右平均筋力、Dは左平均筋力

CO₂泉浴前後に足関節を受動的に背屈させると入浴後、筋の弾性は変化しないが足関節背屈角度が増加し、さらに、入浴時間の違いが受動的足関節背屈角度に影響する可能性を検討し、10分間のCO₂泉浴およびtap浴で足関節最大背屈角度が増加したことを報告した(水野, 中野, 松本, 梅村, 2013)。これらの結果は、CO₂泉浴による温冷感覚の修飾によって痛み感覚も変調し、足関節最大背屈角度が増加した可能性を示した。本研究においてもCO₂泉の効果である冷感の抑制と温感の増強が筋組織硬度に影響したと推測される。

和田ら(和田, 兵頭, 地神, 土居, 山本, 2021)は、高強度全力運動後のCO₂泉全身浴が同温tap浴と比較して血中乳酸濃度が有意に低下したことを報告した。さらに、その後の睡眠における入眠潜時が、CO₂泉浴でより短く、睡眠効率はCO₂泉浴の方が高値を示した。これはCO₂泉浴により筋毛細血管が拡張し、筋血流を促進させ、さらに、交感神経活動の抑制によるリラックス効果の増強があったことが示唆される。

我々が行った前腕部のCO₂泉浸漬では筋血流量の増加を示唆する結果を得ており(Yamamoto, Hashimoto, 2008)、全身及び局所のトレーニング後にCO₂泉浴を行うと活動筋での筋組織硬度が低下し、自律神経活動が抑制され疲労回復促進効果がある事が分かった(Yamamoto, Hashimoto, 2014)。我々の先行研究の結果からも活動筋で蓄積した代謝産物の洗い流しが促進される可能性を示唆し、CO₂泉が α - γ 連関へ作用し、筋の柔軟性を増加させたと考えられる。また、我々は超音波を用いて、トレーニング後のCO₂浴が筋疲労回復を促進する可能性を示唆した(Yamamoto, Hashimoto, 2008; Yamamoto et al., 2017)。

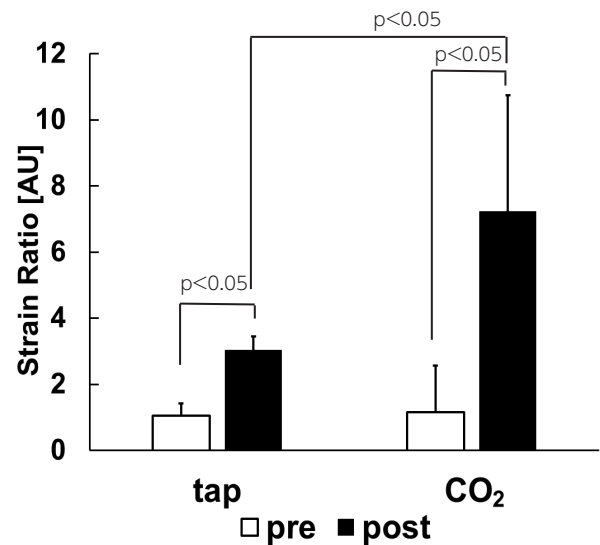


図6 下腿浴前後における筋硬度の変化

Irieら(2005)は、マウスを用いてCO₂泉連浴により筋毛細血管が増加したことを報告した。本研究では10分間の単回の入浴であったため、骨格筋への影響は少なかったと考えられる。

このように、CO₂泉浴による筋への影響は本研究においても先行研究と同様の結果を得た。しかしながら、単回の高濃度CO₂泉下腿浴だけでは筋出力への影響は見られなかった。

V. 結論

高濃度CO₂泉(1000ppm以上)による下腿部分浴では、中枢性の温度感覚をも修飾させた。また、本実験の浸漬部である腓腹筋周辺の筋組織弾性を増加させた。しかし、単回の入浴では筋出力に影響しなかった。このようにCO₂泉浴は、医療分野における傷害の改善から競技スポーツ、さらに健康増進に

まで幅広く応用の可能性を秘め、本分野の研究は健康科学への応用にも大きく貢献できると期待される。

VI. 謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究(C: 21K11450) 及び令和2年度北見市産学官共同研究により行なった。

引用文献

Bergh, U., Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*, 107(1), 33-37.

Chino, K., Akagi, R., Dohi, M., Takahashi, H. (2014). Measurement of muscle architecture concurrently with muscle hardness using ultrasound strain elastography. *Acta Radiol*, 55(7), 833-839.

Gibson, O. R., Astin, R., Puthuchear, Z., Yadav, S., Preston, S., Gavins, F. N. E., González-Alonso, J. (2023). Skeletal muscle angiogenic, regulatory, and heat shock protein responses to prolonged passive hyperthermia of the human lower limb. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 324(1), R1-R14.

Hartman, B., Pittler, M., Drews, B. (1997). Kohlendioxid als Balneo-therapeutikum bei Arterieller Verschlusskrankheit. 小動脈閉塞性疾患のCO₂温泉療養：生理と臨床, 人工炭酸泉研究会雑誌, 1, 10-16.

Hartmann, B., Drews, B., Burnus, C., Bassenge, E. (1991). Increase in skin blood circulation and transcutaneous oxygen partial pressure of the top of the foot in lower leg immersion in water containing carbon dioxide in patients with arterial occlusive disease. Results of a controlled study compared with fresh water. *VASA. Zeitschrift für Gefasskrankheiten.*, 20(4), 382-387.

Horikawa, M., Ebihara, S., Sakai, F., Akiyama, M. (1993). Non-invasive measurement method for hardness in muscular tissues. *Med Biol Eng Comput*, 31(6), 623-627.

橋本眞明, 山本憲志 (2015). 実験動物による人工炭酸泉浸漬部の皮膚血流と骨格筋血流の同時計測.. 人工炭酸泉研究会雑誌., 6 (1), 8-10.

Inami, T., Kawakami, Y. (2016). Assessment of individual muscle hardness and stiffness using ultrasound elastography. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine.*, 5(4), 313-317.

Inami, T., Tsujimura, T., Shimizu, T., Watanabe, T., Lau, W. Y., Nosaka, K. (2017). Relationship between isometric contraction intensity and muscle hardness assessed by ultrasound strain elastography. *Eur J Appl Physiol*, 117(5), 843-852.

Irie, H., Tatsumi, T., Takamiya M, Zen K, Takahashi T, Azuma A, Tateishi K, Nomura T, Hayashi H, Nakajima N, Okigaki M, Matsubara H. . (2005). Carbon dioxide-rich water bathing enhances collateral blood flow in ischemic hindlimb via mobilization of endothelial progenitor cells and activation of NO-cGMP system. *Circulation* 111, 1523-1529.

Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports Exerc*, 39(10), 1801-1810.

Marusiak, J., Jaskolska, A., Koszewicz, M., Budrewicz, S., Jaskolski, A. (2012). Myometry revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 27(6), 632-635.

水野貴正, 中野匡隆, 松本実, 松本孝朗, 梅村義久 (2011). 人工炭酸泉浴が関節可動域と筋の弾性に与える影響. 日本生気象学会雑誌, 48(1), 15-22.

水野貴正, 中野匡隆, 松本孝朗, 梅村義久 (2013). 人工炭酸泉への入浴時間の違いが関節可動域に与える影響. 日本生気象学会雑誌, 49(4), 149-155.

Murayama, M., Nosaka, K., Yoneda, T., Minamitani, K. (2000). Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*, 82(5-6), 361-367.

- Murayama, M., Watanabe, K., Kato, R., Uchiyama, T., Yoneda, T. (2012). Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. *Eur J Appl Physiol*, 112(1), 105-112.
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med*, 31(1), 41-46.
- Yamamoto, N., Hashimoto, M. (2008a). Repeated arm immersion into artificial CO₂-rich water increased O₂ consumption and blood flow in skeletal muscle of the immersed arm. *Annalen der Meteorologie*, 1-4.
- Yamamoto, N., Hashimoto, M. (2008b). Repeated forearm immersion into artificial CO₂-rich water enhanced metabolism in skeletal muscle of the immersed forearm. *J Physiol Sci*, 58, S106.
- Yamamoto, N., Hashimoto, M. (2014). High concentration CO₂-water bath may reduce the muscle hardness and soreness after resistance exercise. *J Physiol Sci*, 64, S264.
- Yanagisawa, O., Niitsu, M., Kurihara, T., Fukubayashi, T. (2011). Evaluation of human muscle hardness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography: a feasibility study. *Clin Radiol*, 66(9), 815-819. doi:10.1016/j.crad.2011.03.012
- 和田匡史, 兵頭洋樹, 地神裕史, 土居裕和, 山本憲志 (2021). 人工炭酸泉入浴が高強度運動後の身体回復を促進する可能性.. 国土館大学理工学部紀要, 14, 159-164.

Effects of high-concentration artificial carbonated spring lower leg bath on muscle tissue hardness and ankle joint torque

Noriyuki Yamamoto*, Yu Kashiwagi**, Tomoya Hirano***, Fumiko Takenoya****, Tadashi Wada*****

*Japanese Red Cross Hokkaido College of Nursing, **Sensyu University Institute of Sport, ***Graduate School of Sport Systems, Kokushikan University, ****Hoshi University, *****Kokushikan University, School of Science and Engineering

【Abstract】

【Purpose】 Facilitation of the blood supply and oxygen consumption in the muscle by a local immersion of the extremities into high-concentration carbon dioxide water (CO_2 -water, $\text{CO}_2 \geq 1000\text{ppm}$), suggests an improvement of muscle performance and flexibility. The purpose of this study was to investigate the effects of a highly concentrated artificial carbonated spring lower leg bath on plantar flexion and dorsiflexion torque and lower leg muscle tissue hardness. **【Methods】** The subjects were eight healthy male college students. The subjects were randomly divided into a tap-water and CO_2 -water, and a crossover test was conducted. The subjects immersed lower legs up to below the knee into tap-water or CO_2 -water at 35°C for 10 minute. Subjective thermal sensation (TS) during the lower legs bath were recorded by every two minutes. The medial head of gastrocnemius muscle (MG) dominant muscle hardness was evaluated using ultrasound real-time tissue elastography at pre and post lower legs bathing. The strain ratio (SR) between the MG and the subcutaneous adipose tissue of calf was calculated. Therefore, maximum torque of isometric plantar flexion and dorsiflexion, and ankle joint torque of 15° plantar flexion and -10° dorsiflexion at an isokinetic rate ($5^\circ/\text{sec}$) measured at pre and post lower legs bathing. **【Results】** TS in the CO_2 -water was significantly higher than in the tap-water (tap-water vs. CO_2 -water at 10 minute in bath, -0.38 ± 0.52 vs 1.00 ± 0.53 , $p < 0.05$). After lower legs bath, in the CO_2 -water compared with the tap-water, SR significantly increased (3.04 ± 1.40 vs 7.23 ± 3.51 , $p < 0.05$). Although no significant differences were observed in this experiment, isometric and isokinetic plantar flexion and dorsiflexion muscle torque also tended to be higher in the carbonated spring baths than in the tap water baths. **【Conclusions】** We reported previously that the muscle blood flow in the immersed part was larger in CO_2 -water than tap-water of a same temperature. In addition to a local effect of CO_2 , suppression of muscular sympathetic activity may also contribute to the increase in local blood flow. Facilitation of muscle tissue elasticity shown in this study might be caused by the increased muscle blood flow. The present results suggested that the high-concentration artificial CO_2 -water lower leg bath improves the muscle elasticity of the immersion part. However, there was no effect on ankle joint torque was observed with only a single CO_2 -water lower leg bath.