

中性重炭酸イオン入浴剤を用いた 全身浴が生体にもたらす効果

小星重治 奴久妻 智代子

中性重炭酸イオン入浴剤を用いた 全身浴が生体にもたらす効果

小星重治 奴久妻 智代子

1. はじめに

冷えは万病の元といわれて久しいが、冷えを招くのは外因性・内因性、物理的・化学的、身体的・精神的に分類される様々なストレスに起因する血流障害である。加えて近年、都市部、農村部によらず、仕事スタイルや生活スタイルが変わり、屋外で筋肉を動かす機会が減って温度調節の効いた屋内で過ごすことが多くなった現代人にとって、血流不足が招く冷えは、多くの不調をもたらす要因となっている。

冷えを解消するには、冷えのある局所だけでなく全身の循環を亢進することが必要であり、循環を亢進して体温を上げることを目的にしたスパやホットヨガスタジオと呼ばれる施設も多い。いずれも自ら十分な産熱ができる体づくりを目指してはいるが、まずは外側からエネルギーを供給して体を温めることがその第一歩である。熱の供給デバイスには、遠赤外線を使った岩盤浴や溶岩浴、マイクロ波やラジオ波を使った温熱治療器、水蒸気を使ったサウナや蒸気浴などがあるが、深部体温を安全かつ効率的に温めてくれる方法の1つに、温泉に代表される温浴がある。

温泉が生体にもたらす効果として、温熱による物理的作用、温泉成分による化学的作用に加え、適度な温泉入浴を反復することでもたらされる非特異的な変調作用があるといわれる。ミトコンドリアを活性化してエネルギー代謝を高め、自律神経系や免疫系、内分泌系に代表される生体調節系の機能を介して体の偏りを調整する反復温浴の効果は、伝統的療法である湯治の大きな特徴でもあり、この作用は血流の維持と冷えの解消につながることが期待される。

このような温泉療法の代表的なものに自然炭酸泉があるが、その効果を家庭入浴に応用すべく、

錠剤型の中性重炭酸イオン入浴剤が開発され、誰でも手軽に重炭酸泉浴を行うことが可能となった。

2. 炭酸泉、重炭酸泉とpHとの関係

温泉特有の化学作用を家庭でも手軽に再現しようと様々な入浴剤が開発されているが、中でも炭酸ガスは顕著な血管拡張作用を有し、末梢循環の改善効果が高い成分であるとされ、人工炭酸泉製造装置を用いた研究報告も多い。人工炭酸泉製造装置は、炭酸ガス濃度1,000 ppmの高濃度炭酸泉をつくり出すことが可能で、これによる部分浴の実験ではさら湯に比べて血流亢進作用が高い。しかしながら自然炭酸泉の場合、炭酸ガスは温泉水のpHが5.0以下の酸性領域では高濃度に溶存するものの、pH5.0を超えて中性に近づくにつれ水と反応して徐々に重炭酸イオンと水素イオンに電離分解され、中性のpH7.0付近では溶存炭酸ガスのほとんどは重炭酸イオンとして存在する。国内の自然炭酸泉の中でも代表的な大分県竹田市・長湯温泉におけるpH実測値の平均値±標準偏差は 6.84 ± 0.08 であり、pHから推測すると80%以上が重炭酸イオンと水素イオンに解離した状態で存在するが、酸性の炭酸ガス泉や人工炭酸泉より高い温泉効果が認められるのは、ほかでもない血液のpHが 7.40 ± 0.05 と中性領域であり、重炭酸イオンや水素イオンがより血管に溶解しやすいことによると考えられる。

3. 中性重炭酸イオン入浴剤の特徴

中性重炭酸イオン入浴剤（薬用ホットタブ重炭酸湯、[®]ホットアルバム炭酸泉タブレット）は、中和反応を起こしにくいpH領域で激しく微細な炭酸ガスを発泡させるために、高分子である必要最低限のPEG6000で被覆し造粒した炭酸水素ナ

トリウム（重曹）と、中性領域で炭酸水素ナトリウムと反応性の高いクエン酸の単純造粒を混合し、アスコルビン酸を加え、平均硬度 80 kgsft の超高硬度の錠剤として圧縮成型したものである。40℃を超えないぬるめの温水 200 L に対して 4 錠の入浴剤を溶解後、発泡した炭酸ガスが水と反応して重炭酸イオンと水素イオンに解離し、長湯温泉に近い pH6.98 の重炭酸泉湯となる（図 1）。

炭酸泉の特徴が浸漬部位の紅潮反応にあり、浸漬部位のみ血流が充進することはよく知られているが、これは酸性 pH による皮膚刺激が浸漬部位に血液を集中させた結果である。一方重炭酸イオン入浴剤は、pH6.98 の中性領域を保ち、入浴剤含有成分のアスコルビン酸により水道水中の残留塩素を分解するため、皮膚への刺激が極めて少なく、浸漬部位の皮膚の紅潮反応は見られない。重炭酸イオンが皮脂腺などから経皮的に毛細血管内に移行すると、酸塩基平衡により血漿中の重炭酸緩衝系が機能し、化学反応が進行する。これに伴う pH 変動は内皮型一酸化窒素合成酵素（eNOS）の発現を介して一酸化窒素（NO）の産生を促し、細動脈の血管平滑筋を弛緩させ、血管拡張と血流増加をもたらす。加えて、経皮吸収された水素イオンが、平滑筋の収縮に必要な free Ca²⁺ の平滑筋細胞への取り込みを阻害するため、さらなる血管拡張により末梢組織血流量を強力に充進させ大きな温浴効果をもたらすと考えられる。

4. 重炭酸泉がもたらす効果

サーモセルクリニックにてサポート治療として全身温熱療法を受けている患者、あるいは冷えの

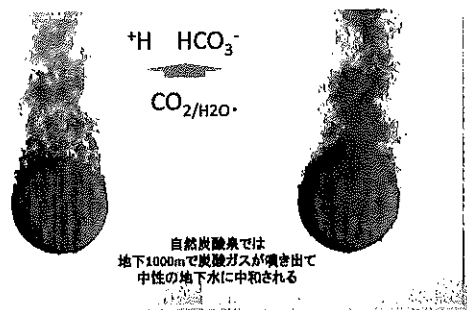


図 1 水中における重炭酸イオンと水素イオンの解離 PH6.98

解消目的で臨床試験に参加した健常人について、重炭酸泉温浴に期待される様々な効果が認められている。なお、試験の適用に際しては、インフォームドコンセントを十分に行い、「臨床研究に関する倫理指針」(平成 20 年厚生労働省告示 第 415 号)を遵守した。

4-1. 深部体温上昇速度

温浴のスタート時の湯温は同じでも、個々人によって深部体温の上昇はまったく異なり、健常人においても体温上昇速度は若い人ほど高く、年代が上がるにつれて低くなる傾向がある（図 2）。また、手術や化学療法による治療を受け、体力低下が著しいがん患者では、外から温めても深部体温がなかなか上がらない例も多い。深部まで熱を届けるのは血液の流れであり血中酸素であるため、深部体温が上がりにくい場合、それは末梢循環が低下していることを示す。このようながん患者 4 名（70 代・男性 1 名、50 代・女性 3 名）を対象に、温浴スタート時の湯温は 39.5℃とし、直腸温をモニターしながら、さら湯、1,000 ppm 人工炭酸泉及び重炭酸泉（入浴剤）の 3 種類の温水について 30 分間の加温浴を実施し、直腸温を指標として深部体温の上昇速度を比較したところ、さら湯及び人工炭酸泉と比較して重炭酸泉で発汗までの時間が最も短縮され、深部体温の上昇が最も速かった（図 3）。重炭酸泉の血流充進作用がさら湯や人工炭酸泉より高いことは以前も報告したが、深部体温上昇を指標にしたがん患者で

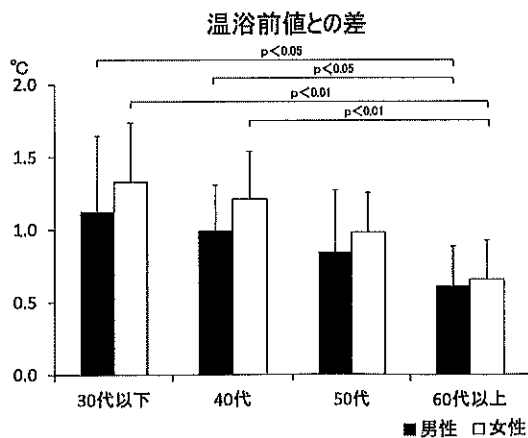


図 2 温浴 30 分後の深部体温の年代別変化

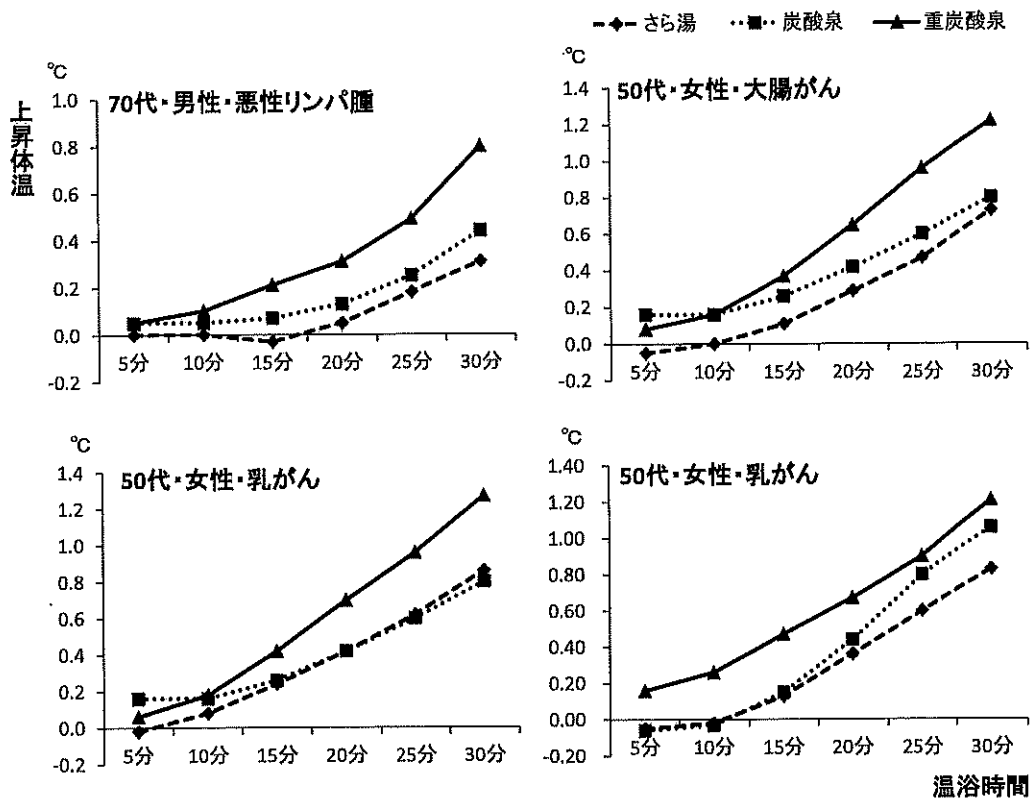


図3 温浴による深部体温上昇の比較

の施術においても同様の傾向を認めている。

4.2. 末梢血液ガスの変化

呼吸によって体内に取り込まれた酸素(O₂)は赤血球に乗って動脈経路で組織に運ばれ、細胞内小器官であるミトコンドリアで好氣的エネルギー合成の材料となり、細胞は老廃物として二酸化炭素(CO₂)を排出する。発生した炭酸ガスは同時に生成される炭酸脱水素酵素によって中和され、重炭酸イオンと水素イオンとして血液中に溶解する。末梢血中のガス分析では通常pvO₂(末梢血中酸素分圧)よりpvCO₂(末梢血中二酸化炭素分圧)の割合が多いが、温浴後は血管が拡張して血流量が上昇し、動静脈吻合を經由して動脈血が静脈へ流れ込むため静脈血の動脈化が起こる(図4)。その結果血液中の酸素分圧が高まり、酸素を使ったミトコンドリアにおける効率的な好気性代謝が活発になると考えられる。

4.3. 末梢血中リンパ球の増加

さら湯、人工炭酸泉及び重炭酸泉による全身浴

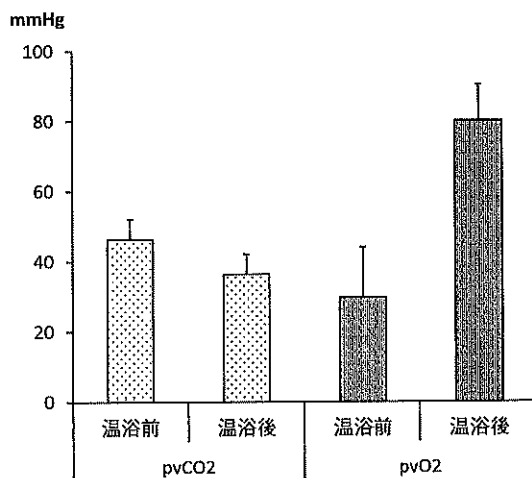


図4 重炭酸温浴による末梢血液ガス分圧の変化

の前後で採血し、リンパ球数を算出したところ、患者によってはリンパ球数の増加比率がさら湯や炭酸泉に比べて重炭酸泉で最も高値であった(図5)。この傾向は特に深部体温の上がりにくい発汗機能

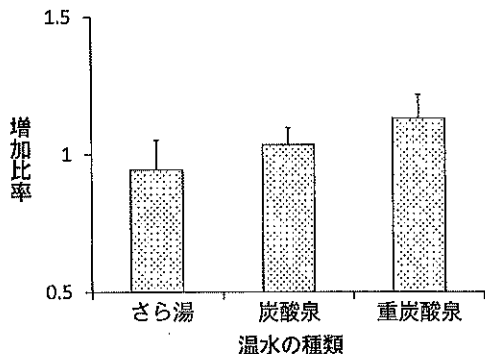
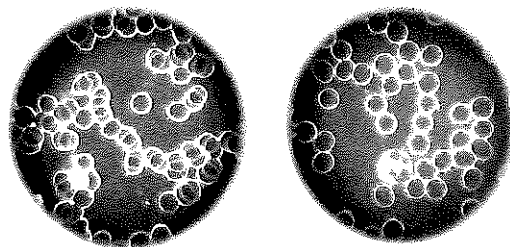


図5 温浴による末梢血中リンパ球増加比の比較

の低下した患者で顕著であり、このようなケースでは、重炭酸泉が循環動態に負担をかけずにより血管を拡張させることで末梢血中へのリンパ球の動員が容易になったものと考えられ、重炭酸泉温浴はより免疫機能向上への効果が期待できる。

4-4. 血液状態の変化

温浴の前後で採血し、暗視野顕微鏡下にて全血を観察したところ、さら湯、人工炭酸泉、重炭酸泉のいずれの温水でも温浴前に比べて温浴後では赤血球同士の連結や連鎖、集合状態が改善された。特に重炭酸泉では温浴開始後早い段階から血流の充進が起ることから、血液が流れやすい赤血球の連鎖などが少ない状態が早期にもたらされている可能性に期待できる。図6に、70代・男性における重炭酸泉30分温浴前後の血液観察の結果を示す。



×200 暗視野顕微鏡下

図6 温浴前後の血液状態変化
温浴前(左) 温浴後(右)

4-5. 反復温浴による体温の変化

温浴による深部体温上昇が不良の患者に、45分間の加温浴を週1~2回のペースで約3カ月間反復することで、次第に体温上昇が速まり、温浴による最高到達体温が高まる傾向がみられる。また、毎回同時刻に測定した平熱時の深部体温も徐々に上昇し、温浴を繰り返すことで普段のエネルギー代謝が向上することが期待される。図7に40代・男性の例を示す。

4-6. 反復温浴による自律神経機能の変化

耳介脈波の測定値より心拍変動をスペクトル解析し、自律神経機能全体の働きを示す指標としてトータルパワー (TP) に注目した。TPは自律神経活動全体を反映し、その数値は加齢に伴って減

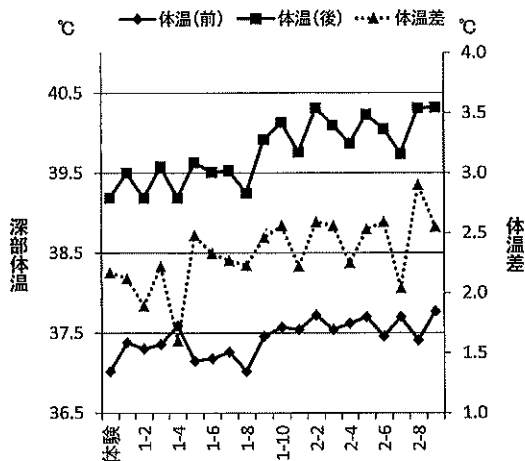


図7 反復温浴による加温前後の深部体温と加温による上昇体温 (体温差) の変化

少する。がん患者3名 (いずれも50代・女性) について週1~2回の反復重炭酸温浴による変化を調べたところ、温浴開始前に比べて温浴10回終了後ではTPが増加する傾向を示し、自律神経機能の向上を認めた (図8)。

また、常に交感神経優位で副交感神経にシフトしにくいケースについて、週に1回、発熱範囲まで体温を誘導することを繰り返したところ、交感神経と副交感神経のバランスが徐々に整い、3回目では浴後副交感神経へのシフトが認められた (図9)。

5. 考察

治療中のがん患者の中には体の様々な部位に冷えを感じているケースが多く、外殻体温が低く、かつ血液の酸塩基平衡もやや酸性にシフトし、酸

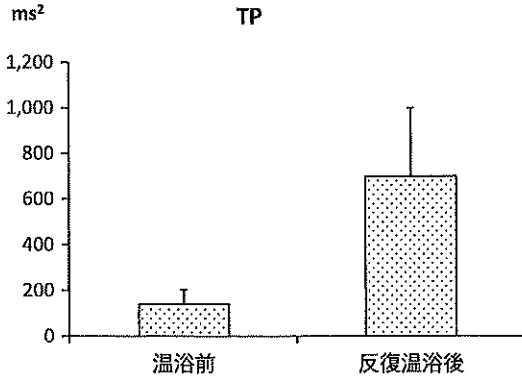


図8 重碳酸泉反復温浴による自律神経機能の変化

素が細胞でうまく使われないケースが見られる。健常人でも体温に偏りがある例では、特別な疾患があるわけではないのに冷えに起因する不定愁訴を抱え、ストレスに弱く、いずれがんや生活習慣病、神経変性疾患へと移行するリスクの高い人が多くみられる。体温を上げて末梢循環を亢進する

重碳酸温浴を用いた全身温熱療法は、種々の治療のサポートや、ほかに治療のない発症前の予防手段として昨今見直されてきている。外から体を温める全身温熱の中でも、温泉療法は古くからヨーロッパをはじめ我が国でも親しまれてきた伝統的療法であり、その臨床効果は経験的に広く知られてきた。

温泉が生体に及ぼす作用は、物理作用、化学作用及び調整作用の3つに大別されるが、温熱、静水圧、浮力、粘性などの特性を含む物理作用については、さら湯であっても適切な入浴プログラムであれば得られる作用である。温泉が一般入浴と差別化される最大の作用は、多様な温泉成分が経皮的、あるいは吸入により体内に吸収されることでもたらされる化学作用である。さらに反復温浴によってもたらされる自律神経系の調整を初めとする非特異的な生体調整作用は、毎日の温浴が心臓や血管に過度の負担をかけないことが条件である。

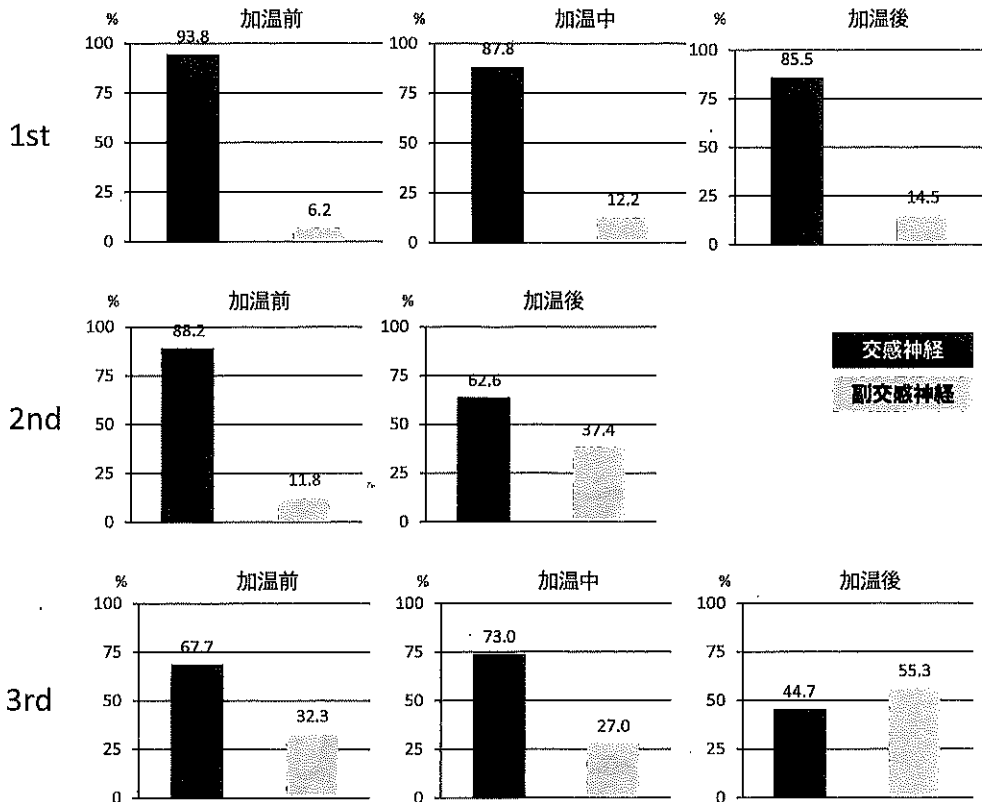


図9 自律神経バランスに対する3回繰り返し温浴効果

重炭酸泉温浴は、40℃を超えないぬるめの湯温、あるいは体温と同程度の湯温でも、その化学作用がもたらす血管内皮へのNO分泌の維持と血管平滑筋の弛緩、血漿pHの緩衝作用など生体恒常機能によって高い血管拡張作用を発揮し、浸漬部位のみならず全身性に速やかに血流充進を誘導する。1回の温浴によってもたらされる一過性の血流改善や深部体温上昇、末梢血中のリンパ球増加などの免疫活性などに加え、反復温浴による基礎体温上昇の可能性は恒常的な冷え改善が可能という点で注目すべきである。

基礎体温の維持は主にミトコンドリアで合成されるエネルギー(ATP)産生で賄われるため、例えば貧血のために組織への酸素の運搬が不十分であったり、養分の吸収不良、ATP合成工場であるミトコンドリアの酸化、あるいは合成されたエネルギーを熱として運ぶ血流に障害がある場合などに、体内の熱量が不足して体温が低下し冷えとなって現れる。体温の低下は血流の低下を招き、血流の低下はまたミトコンドリアの活性を低下させてATPの合成を低下させるという悪循環に陥る。

重炭酸泉の反復温浴により無理なく血流を改善して好氣的エネルギー代謝を高め、体全体の熱量を増やすとともに、血管拡張や血液pHの調整により血流による熱の運搬が円滑に行われる体づく

りをすることで、次第に外から熱エネルギーを供給しなくても自ら適正な体温を維持することができるようになることが期待される。加齢とともに体温上昇速度は低下し、それが体内老化のサインにもなるが、70代以上の患者群において通常下がる一方であるはずの体温上昇速度が、反復温浴により3カ月～半年で速まるケースもあり、適切な温浴を日々の習慣とすることの重要性を物語るものである。加えて、血流の調整には自律神経の機能が果たす役割も大きい。環境の変化に応じて交感神経と副交感神経をスムーズに切り替える能力をトレーニングすることもまた、重炭酸泉の反復温浴に期待する作用の1つである。

重炭酸泉温浴は浴後の保温効果が高いことも大きな特徴であり、深刻な冷えの解消には有用である。岩盤浴や家庭入浴ではなかなか汗をかけず、温まったと思っても一過性で出浴後すぐ末梢が冷えてしまうというタイプでは、重炭酸温浴で特に顕著な浴後の保温効果を体感しており、これは重炭酸イオンの化学作用で末梢の血流改善が持続することにより、熱の運搬が浴後も活発に行われた結果であると考えられる。冷えの自覚は反復重炭酸温浴により改善し、冷えの改善によって睡眠の質の向上や慢性疼痛の軽減を認める例も多く、これも血流改善に伴うプラスの変化である。

フローサイトメリーによるCD3⁺/HLA-DR⁺発現解析

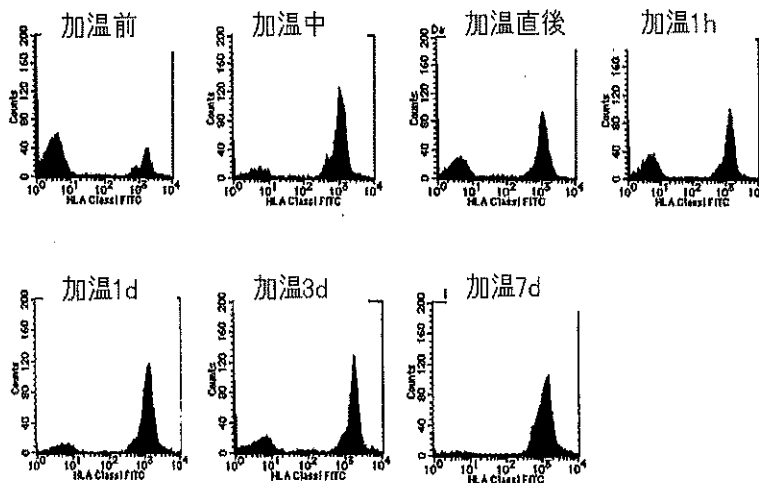


図10 温浴によるリンパ球の非特異的活性化

また、末梢血中のリンパ球の増加や活性化には血流充進や発熱範囲の体温上昇が関与し、大腸がんリスクの高い60代・男性のケースでは、Tリンパ球の非特異的活性化の指標としてフローサイトメトリーにてCD3+/HLA-DR+の発現解析を行ったところ、発熱範囲に体温を上昇させる温浴プログラムにより活性化が増強され、少なくとも7日間はその状態が維持された(図10)。冷えが深刻で、さら湯や人工炭酸泉による温浴では血流充進や深部体温上昇が不十分なケースでは、重炭酸泉を用いて十分な血流と体温上昇を得ることで、免疫増強を強力に後押しすることが期待される。一方、温浴を一定期間以上繰り返すことで、自己免疫疾患のように暴走した免疫に対してはそれを制御し修正する方向に働く傾向があり、適切な温浴には免疫をコントロールして正常化する作用があるように思われる。

6. まとめ

重炭酸泉は、循環動態に負担をかけない速やかな血管拡張により末梢循環を充進してエネルギー代謝を高め、冷えなどの体温異常を調整し、血流低下が招く多くの不調を根本的に解決する安全で効果的な手段になり得る。さらに特別なモチベーションが要らない家庭用入浴剤による重炭酸泉温浴は誰でも利用できる簡易な健康法となり、がん

をはじめとして糖尿病や高血圧などの生活習慣病、不眠やストレスなどの精神疾患、更年期障害などの自律神経失調症、アトピーや乾癬などの免疫機能異常によるアレルギーや間質性膀胱炎などの慢性炎症性疾患、乾燥肌や肌荒れなどの予防や、補完代替医療の分野で、幅広い応用が可能と考えられる。現代人の不調を癒す安全で簡便な手段として、その臨床的意義は大きい。

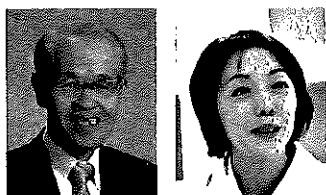
参考文献

- 1) 飯野靖彦, 日腎会誌, **43** (8), 621~630 (2001)
- 2) 久保田一雄 他, 日温気物医誌, **62**, 160~161 (1999)
- 3) 小星重治 他, *Fragrance Journal*, **43** (7), 45 ~ 53 (2015)
- 4) 山藤道明, “体温のバイオロジ 体温はなぜ37℃なのか”, メディカルサイエンスインターナショナル (2005)
- 5) 中野治郎 他, “温熱療法の生理学的効果”, 理学療法, **29** (9), 978~986 (2012)
- 6) 奴久妻智代子 他, 医療機器学, **83**(3), 66~72 (2013)
- 7) 奴久妻智代子 他, 日本健康開発財団研究年報, **34**, 1~9 (2013)
- 8) 前田眞治, *J. CLINICAL REHABILITATION*, **22**(2), 132~138 (2013)
- 9) K.L. Schmid [入来正躬 (翻訳・転載)], 人工炭酸泉, **1**, 5~9 (1998)
- 10) S. Iino et al., *Exp. Physiol.*, **79**, 669~680 (1994)
- 11) H.L. Peng et al., *Am. J. Physiol.*, **274**, H655~H662 (1998)

The Effect of Whole Body Bathing by Using Neutral Bicarbonate Ion Bath Additive

Abstract : The effects of hot spring bathing are not only the physical effect from hot heat or the chemical effect from various minerals and elements in the hot spring, but also the non-specific modulation effect by soaking in the hot spring repeatedly. Therefore, the neutral bicarbonate ion bathing tablet was developed to provide that anyone can experience the benefits from the bicarbonate spring bathing easily at home. Through vasodilation by nitric oxide produced in the body without damaging circulation dynamics when soaking bicarbonate spring, it accelerates peripheral circulation, enhance aerobic energy metabolism and regulate body temperature such as a cold constitution from poor blood circulation. It is safe and effective to comfort various bad body conditions thoroughly caused by decreasing of blood flow. Moreover, bicarbonate spring bath tablets for home use can be used by anyone at any time to improve your health easily. It can be used at the various range of conditions for preventing lifestyle related diseases, such as cancer, diabetes and hypertension, mental disorders from insomnia and stress, autonomic imbalance such as menopausal disorder, allergies from immune deficiency such as atopy and psoriasis, chronic inflammatory diseases such as interstitial cystitis, and dry skin or rough skin. And can be used as a complementary and alternative medicine. It has a great clinical significance as a safe, simple and easy way to contribute to the health care for the people today.

Key words : neutral bicarbonate ion bath additive, nitric oxide, blood flow, hiesho



Shigeharu Koboshi *¹ Chiyoko Nukuzuma *²

*¹ HOT ALBUM Tansansen Tablet, Inc

株式会社ホットアルバム炭酸泉タブレット

〒 192-0082 東京都八王子市東町 1-10 グランデハイツ八王子 3F

*² THERMOCELL CLINIC

医療法人社団タイオンサーモセルクリニック

〒 141-0022 東京都品川区東五反田 5-25-19 東京デザインセンター2F (Tai-ON 内)

*¹ 1963 年神奈川県立相原高校 工業化学科卒業、

1963 年小西六写真工業(株) (現コニカミノルタ) 入社、技術部所属、

1978 年社内国内留学制度により都立大学 工学部卒業、

1978 年世界初 顔写真つき ID カードを開発大阪万博に出品警察庁から注目 (免許証)、

1970 年世界初 カラー写真の水洗処理をなくした店頭 1 時間処理システムを開発、

1984 年世界初 写真の処理剤の錠剤化技術を開発、ドライ化を実現、

1995 年科学技術庁長官賞 受賞、

1998 年紫綬褒章 受賞、

1999 年コニカミノルタ(株)を定年、

2004 年特別顧問を退任、

2006 年写真技術で社会に恩返しを社には ホットアルバムコム株式会社を設立、

2011 年株式会社ホットアルバム炭酸泉タブレット設立。重炭酸入浴剤開発。

日経流通新聞賞、システム開発賞 (日本経済新聞社)、技術賞 (日本写真学会)、技術賞 (日本化学工業協会)、全国発明賞 (特許庁)。

*² 1986 年北海道大学大学院 獣医学研究科修了、獣医師免許取得、

1986 年金沢医科大学 医学部 熱帯医学研究所 (現・総合医学研究所)、

1989 年大阪大学 医学部 付属動物実験施設、

1991 年(株)応用医学研究所、

1996 年カリフォルニア工科大学 James H. Strauss 研究室、

2000 年帰国後、全身温熱療法の機器開発と基礎実験に携わり現在に至る、

2004 年医学博士 学位取得 (北海道大学 医学部)、

2015 年(株)サーモセル 取締役、

2018 年医療法人タイオンサーモセルクリニック 理事。

全身ハイパーサーミア研究会 (幹事)、日本ハイパーサーミア学会、日本温泉気候物理医学会、日本分子生物学会。