

Effects of Far-Infrared Radiation Low Temperature Sauna Bathing on Recovery from Muscle Damage following The Running Race among Long-distance Runners - a Pilot Study -

Ryo MIYAZAKI*, Kojiro ISHII**, Yoshikazu YONEI***

(Received July 12, 2010)

This pilot study aimed to examine the effects of far-infrared radiation low temperature sauna bathing on recovery from muscle damage following the race among long-distance runners. The subjects were 4 well-trained male runners. After the running race, the subjects were allocated either the sauna bath group (n=2, aged 20.0±1.4 years) or the shower bath group (n=2, aged 20.0±0.0 years) and bathed 6 times (right after the race, 24, 48, 72, 96 and 120 hours later). The measurements were anthropometrics, blood sampling, maximal voluntary contraction (MVC), visual analogue scale (VAS) concerning muscle soreness and profile of mood states (POMS). In the sauna bath group, C-reactive protein (CRP) and aldolase (ALD) levels tended to be lower compared to the shower bath group. Better results of acute inflammatory markers in the sauna bath group may explain the sauna bathing can suppress the inflammation.

Key words : thermotherapy, inflammation, delayed onset muscle soreness, athlete, running

キーワード : 温熱療法, 炎症, 遅発性筋痛, アスリート, ランニング

乾式遠赤外線低温サウナ浴が、長距離陸上選手の大会後における筋肉痛回復に及ぼす影響（予備研究）

宮崎亮, 石井好二郎, 米井嘉一

1.はじめに

従来より、サウナ等による温熱療法が疲労回復に有効であると言われている。北欧では、古来よりサ

* Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyoto

Telephone: +81-774-65-6382, Fax: +81-774-65-6394, E-mail: rmiyazak@mail.doshisha.ac.jp

** Faculty of Health & Sports Science, Doshisha University, Kyoto

Telephone/Fax: +81-774-65-6724, E-mail: kishii@mail.doshisha.ac.jp

*** Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyoto

Telephone/Fax: +81-774-65-6394, E-mail: yyonei@mail.doshisha.ac.jp

ウナ浴が一般的な健康法として親しまれており¹⁾、我が国においても、「湯治(とうじ)」という言葉があるように²⁾、温熱療法は古来より治療手段の一つであった。

一般に普及している乾式サウナ浴は、80~100℃の温度設定となっており、北欧では100~110℃が一般的である³⁾。しかし、このような高温のサウナは、入浴と同時に顔面・皮膚が刺激され、交感神経の緊張、血圧・心拍数の反射的な増加が難点であった⁴⁾。そのため、最近開発が進んでいる乾式遠赤外線低温サウナ浴では、温度が60℃に設定されており、熱による痛覚刺激を受けることなく、効率よく深部体温を上昇できる利点がある⁴⁾。心疾患患者に対しても、その安全性・有効性が確認されている⁵⁾。

一方、競技生活を送るアスリートにとって、大会後の筋肉痛を回復させることは、快適な競技生活を送る上で重要である。競技の世界において、経験的にサウナの効用が知られ、選手の疲労回復・筋肉痛の回復にサウナが利用されてきた。しかしながら、我々の知る限り、競技選手を対象にして、筋肉痛からの回復を乾式遠赤外線低温サウナ浴で検討した研究は行われていない⁶⁾。

そこで本研究では、予備研究として、乾式遠赤外線低温サウナ装置を用い、若年男子長距離陸上選手を対象とし、サウナ浴による陸上競技大会からの筋肉痛の回復を検討することとした。

2.サウナの原理

サウナは、乾式遠赤外線低温サウナ「家庭用全身低温温浴ルーム(乾式) PAR-0122」(株式会社ノムス、名古屋)(Fig. 1)を用いた。本機器は、座位式小型サウナ装置であり、天井部分から床の高さまで、内部全体が60℃と均一に温度設定が可能となるような様々な工夫がなされており、その治療効果は従来の遠赤外線サウナ治療室のそれと同等とされている⁷⁾。また、小型で消費電力も少ないことから、設置場所、費用の面でも多くの施設で温熱療法が可能と

なっている。

遠赤外線は熱透過性に優れ、表皮を通過し皮下組織において温熱効果を発揮することから、ミストサウナなど他のサウナと異なり体表面を過度に温めることはなく、効率よく深部体温を上昇させることができる⁸⁾。乾式遠赤外線サウナに60℃で15分間サウナ浴をすると、深部体温が約1.0~1.2℃上昇し、体温上昇が約30分間維持されることが報告されている⁵⁾。



Fig. 1. Far-infrared radiation low temperature sauna

3.対象と方法

3.1.対象

被験者は、D大学陸上競技部所属の、よく鍛えられた男子長距離陸上選手であった。平成21年度関西学連長距離ロード競技会(2009年2月7日、長居公園周回コース、大阪。ハーフマラソン距離に相当)に参加した者6名のうち、当日完走した4名(20.0±0.8歳、ID01~04とした)を対象とした。実験は、事前に実験の主旨および手順を説明し、実験参加の署名による同意を得て実施した。本研究は、

ヘルシンキ宣言にのっとり行った。

3.2.実験方法

被験者 4 名をサウナ浴群（以下サウナ群）（n=2, ID01 と ID02）またはシャワー浴群（以下シャワー群）（n=2, ID03 と ID04）の 2 群に分けた。できるだけ均等な群分けとなるように、大会での順位に従い、サウナ群の 2 名が大会における 1 位と 4 位、シャワー群の 2 名が 2 位と 3 位とした。

Table 1 に実験スケジュールを示す。サウナ群にはレース完走後より 1 週間サウナ浴を課し、それ以外の日にはシャワー浴を課した。入浴のタイミングは、大会終了直後、24 時間後、48 時間後、72 時間後、

96 時間後、および 120 時間後の計 6 回とし、すべて 12～14 時の間に行った。サウナ内温度は 60℃に設定し、安静座位にて 20 分間入浴させた。入浴中の水分摂取は禁じ、ミネラルウォーター（500ml）を毎回の入浴直後に提供した。入浴中の服装は T シャツと短パンとし、毎回必ず同様の服装を指示した。なお、シャワー群は研究期間中、シャワー浴のみ許可し、湯船での入浴ならびにサウナ浴を禁じた。

両群とも、実験期間中に 6 回、採血、筋肉痛に関する評価としての最大等尺性膝伸展筋力（maximal voluntary contraction ; MVC）ならびに VAS（visual analog scale）法、主観的疲労感の評価としての POMS（profile of mood states）を測定した。

Table 1. Experiment schedule

Day	Time	Sauna bathing	Blood sampling	MVC, VAS	POMS	Events
0	1 day before the race (pre)		○	○	○	Light training (jog etc.)
1	Right after the race (0 hour)	○	○	○	○	The running race (half marathon)
2	24 hours later	○	○	○	○	Light training (jog etc.)
3	48 hours later	○	○	○	○	Rest (voluntary training)
4	72 hours later	○	○	○	○	30km running
5	96 hours later	○				Light training (jog etc.)
6	120 hours later	○				20km running
7	144 hours later		○	○	○	Light training (jog etc.)

3.3.測定項目

研究開始時に、身長、体重、安静時血圧（収縮期/拡張期）を計測した。

3.3.1.身体計測値、安静時血圧

3.3.2.血液生化学検査項目

筋損傷マーカー，炎症マーカー等を測定した (Table 1)．測定項目を以下に示す．ミオグロビン (Mb)，クレアチンキナーゼ (CK)，高感度 C-反応性蛋白 (CRP)，アルドラーゼ (ALD)．臨床検査は (株) 三菱化学ビーシーエル (東京) に依頼した．

3.3.3.最大等尺性膝伸展筋力 (MVC)

MVC は練習後，入浴前に実施し，各テンションメーターD (竹井機器工業製，新潟) を用いて測定した．テンションメーターに座らせ，最大筋力 (随意最大筋力) を発揮させ，二度測定し，二度の平均値を用いた．

3.3.4.筋肉痛 (圧痛および運動痛)

筋肉痛 (圧痛および運動痛) は VAS によって判定した．すなわち，5cm の直線の左端を「無痛」，右端を「耐えられないほどの痛み」とし，被験者自身に直線上にマークさせ，左端からの長さを痛みの程度として評価した⁹⁾．

3.3.5.主観的疲労感

主観的疲労感には日本語版 POMS (株式会社金子書房，東京) を用いた．POMS は，65 の質問項目から成り，緊張性，憂鬱度，怒り度，活動性，疲労度，情緒混乱度の 6 つの尺度に分類され，評価されるようになっている¹⁰⁾．このテストはすでにスポーツ選手のコンディションのチェックに有用であることが報告されている¹¹⁾．

4.結果

4.1.身体計測値，安静時血圧

サウナ群，シャワー群の 2 群間において，大きな違いはなかった (Table 2)．

4.2.血液生化学検査項目

Mb, CK は両群において，それぞれ 48 時間後，72

時間後までに回復していた．CRP はサウナ群において増加の幅が少なく，ALD は期間を通じてサウナ群で低値を示した (Fig. 2-A, B, C, D)．

4.3.最大等尺性膝伸展筋力 (MVC)

結果は，大会前日 (pre) の値を 100%とする，相対変化として示した (Fig. 3)．レース直後で一様に低下したが，72 時間後には回復していた．群間差は確認できなかった．

4.4.筋肉痛 (圧痛)

VAS 法による大腿部における圧痛は，群間で特徴的な差はなかった (Fig. 4)．

4.5.主観的疲労感

群間で大きな差はなかった (結果は示していない)．

Table 2. Profiles of the subjects

	Sauna bath group (n=2, ID 01, ID02)		Shower bath group (n=2, ID03, ID04)	
Age (years)	20.0	± 1.4	20.0	± 0.0
Height (cm)	168.8	± 4.2	171.1	± 2.3
Weight (kg)	52.7	± 0.6	57.4	± 1.3
BMI (kg/m ²)	19.0	± 1.1	19.6	± 1.0
SBP (mmHg)	111.0	± 8.5	101.0	± 7.0
DBP (mmHg)	60.0	± 2.8	57.5	± 9.2

Values are expressed as mean±SD.

BMI, Body Mass Index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure

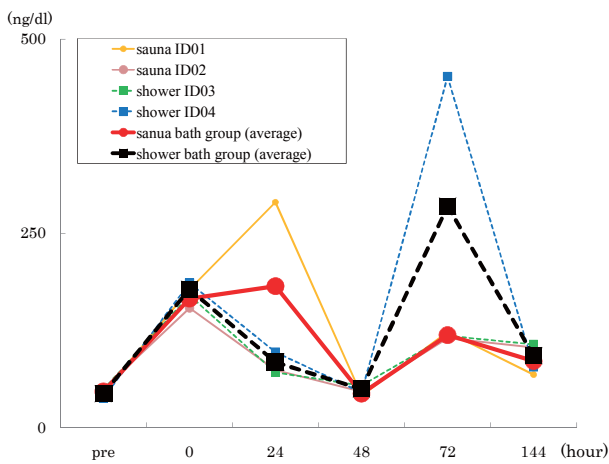


Fig. 2-A. Individual change of Mb

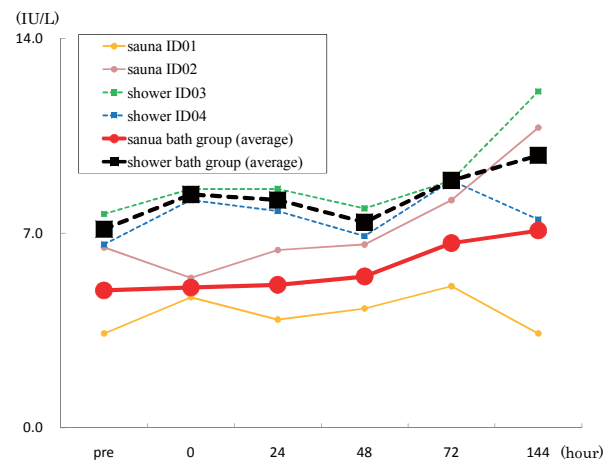


Fig. 2-D. Individual change of ALD

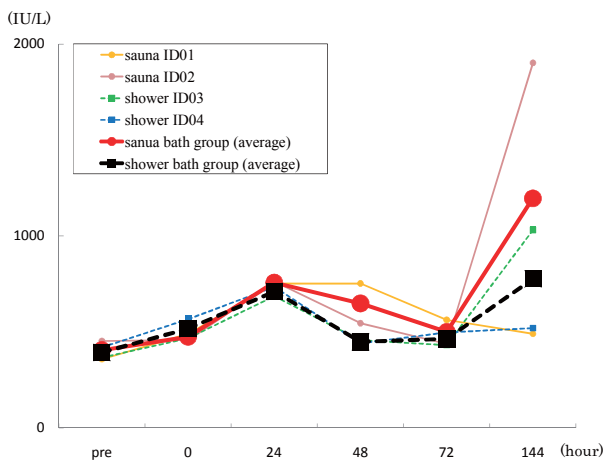


Fig. 2-B. Individual change of CK

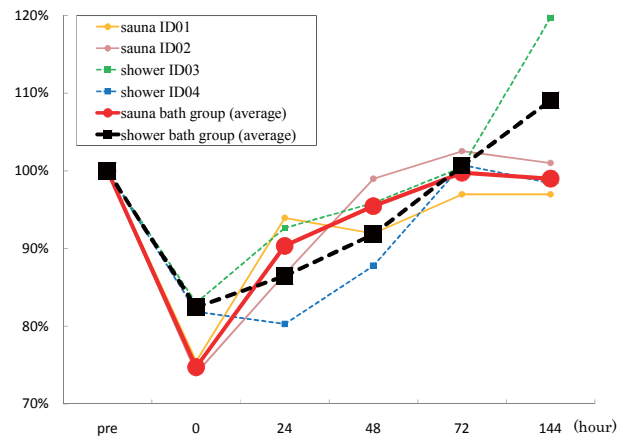


Fig. 3. Individual and relative change of MVC

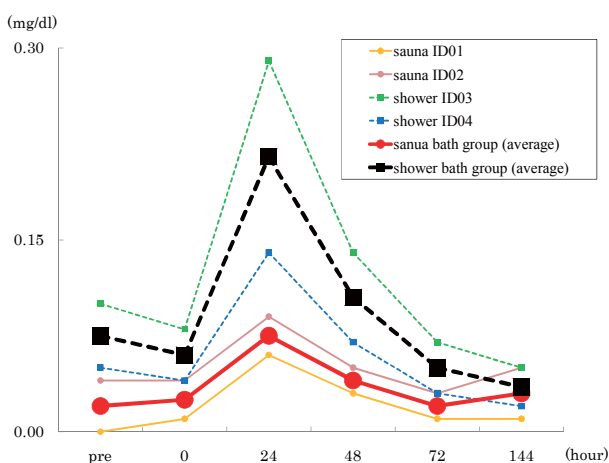


Fig. 2-C. Individual change of CRP

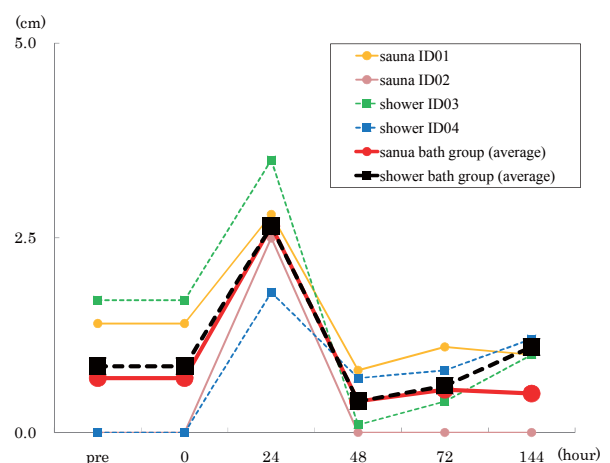


Fig. 4. Individual change of the subjective pain in thigh

5. 考察

本研究では、乾式遠赤外線低温サウナを用いた実験を行い、陸上競技大会からの回復において、サウナ浴が炎症の改善を通して筋肉痛を改善する可能性を示唆した。

いわゆる筋肉痛は、運動に関してはほとんどが遅発性筋痛（delayed onset muscle soreness；DOMS）である。DOMSは運動後数時間から24時間程度経過して、筋を圧迫したり動かしたりした時に知覚され、運動1～3日後にピークとなり、7～10日以内には消失する痛みである¹²⁾。DOMSがなぜ、どのように起こるのかについては未解明の点も多いが、筋線維あるいは結合組織の損傷、およびその後の炎症反応が原因だとする説が広く支持されている¹³⁾。

本研究では、血液生化学検査項目における急性炎症マーカーに興味深い変化が見られた。まずCRPはサウナ群において増加の幅が少なく、大会後の炎症悪化が抑制されていた。またALDは、実験期間を通じて一貫してサウナ群の方が低値を示した。すなわち、これらのことは、サウナ浴が、一過性ではなく、経時的に炎症・細胞破壊を抑制した可能性を示している。この機序として、熱ショック蛋白（heat shock protein; HSP）の関与が考えられる。HSPは細胞、組織あるいは固体が生理的溫度より5～10℃高い溫度（熱ショック）にさらされた時に合成が誘導される一群の蛋白質であり¹⁴⁾、マイルドな加温により、ヒトの体内で生体防御効果、疲労回復効果などが得られるHSP70が発現すると考えられている¹⁵⁾。動物実験においては、温熱療法によって、心不全ハムスターの生命予後が改善されることも報告されている¹⁶⁾。本実験では、体温を測定していないが、先行研究では本実験と同じ方法でのサウナ浴後に深部体温が約1℃上がっていたこと⁵⁾から、本実験でもHSPの発現などが関係していたのかもしれない。

一方、主観的マーカーには明確な群間差が見られなかった。まず、筋肉痛の自覚的評価であるVASでは、競技の特性上、大腿前部で最も大きな痛みを感

じるはずと考えられた。しかしながら、運動痛・圧痛ともに、群間で顕著な差は確認できなかった。むしろ大腿後部はサウナ群で低値を示す傾向があった。これは被験者数が少なかったこと、VASが主観的な測定法であり、痛みの感じ方に個人差があることなどから、本実験の結果によって効果があったかどうかは判断が難しいと考えられる。次にPOMSによる主観的疲労感では、両群において、レース直後に「活力」が下がっており、その後はサウナ群でF（疲労）の回復が遅い傾向が見られた（結果は示していない）。しかし、主観的な測定法であることもあり個人差が大きい結果となった。そのため特徴的な群間差は見出せなかった。とはいえ、先行研究では、温熱療法の急性効果として、温熱療法中の発汗は気分を爽快にし、睡眠、食欲などの基本的な身体条件を改善させること²⁾、また、4週間のサウナ浴により、アンケートによる回答ではあるが、心不全患者の筋肉痛が有意に改善したこと⁷⁾などが報告されている。

以上のことから、サウナ浴によって、主観的マーカーでは差異があるか不明であったものの、CRP、ALDなどの急性炎症マーカーは、大会直後だけではなく、実験期間中一貫してサウナ浴によって抑制傾向を示していた。すなわち、炎症の改善を介して、サウナ浴は陸上競技大会からの筋肉痛回復に好影響を与えたといえるのかもしれない。先行研究では、遅発性筋痛の治療には、急性期（通常、負傷から48～72時間後）は寒冷療法が推奨され、急性期が過ぎると温熱療法が薦められる¹⁷⁾。本研究の結果は、競技選手が乾式遠赤外線低温サウナ浴を使うことで、もしかすると急性期・急性期後の炎症回復に付加的な効果をもたらすといえるかもしれない。

最後に、本研究における課題を挙げておく。第一に、本研究では、期間中にも通常の練習スケジュールが組まれていた。Mb、CKはいずれも急性の炎症マーカーであるが、Mbの方がCKに比べ反応が早い傾向にある。Mb、CKはいずれも72時間後以降に増加していたが、これは72時間後に行われた野外走（30km）というハードな練習による影響と考えられ

る。したがって、72時間以降の検査値で大会後の疲労回復を評価することは困難であった。そのため、主に48時間後までの検査値を評価した。しかしながら、実際の部活動においてはこのようなハードな練習スケジュールは一般的であり、実際の活動実態に則した実験であったといえる。そのような制約があったにも関わらず、サウナ浴によって急性の炎症マーカーに変化が見られたことは興味深い。第二に、炎症マーカーのCRP, ALD以外の測定項目では群間で明確な差は見出せなかった。この原因として、本研究は被験者数が少なかったため、統計的解析を行うまでには至らなかったこと、または個人差が大きかったことなどが考えられる。今後は被験者数を増やす、または条件を変えるなどさらなる検証が求められる。

6.まとめ

本研究では、若年長距離陸上選手を対象とし乾式遠赤外線低温サウナを用い、陸上競技大会からの筋肉痛回復を検討した。その結果、急性の炎症マーカーに興味深い知見が得られた。CRPに関し、サウナ群において増加の幅が少なく、ALDに関しては、期間を通じてサウナ群の方が低値を示した。このことは、サウナ群において、急性の炎症・細胞破壊が抑えられたといえるのかもしれない。すなわち、乾式遠赤外線低温サウナが大会後の筋肉痛の回復に好影響を与えた可能性があった。今後は被験者数を増やす、または入浴条件を変えるなど、選手の競技生活に応用可能な研究が必要と思われる。

参考文献

- 1) K. Kukkonen-Harjula and K. Kauppinen, Health effects and risks of sauna bathing. *Int J Circumpolar Health*. **65(3)**, 195-205, (2006).
- 2) 新里拓郎, 池田義之, 鄭忠和, “温熱療法”, 治療, **86(7)**, 2176-2180, (2004).
- 3) 木原貴史, “和温療法—心筋症治療における和温療法の意義”, 医学のあゆみ, **226(1)**, 99-104, (2008).
- 4) 鄭忠和, “4. 心不全の温熱療法”, 日本内科学会雑誌, **95(3)**, 426-431, (2006).
- 5) C. Tei, Y. Horikiri, JC. Park, JW. Jeong, KS. Chang, Y. Toyama, and N. Tanaka, “Acute hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure”, *Circulation*, **91(10)**, 2582-2590, (1995).
- 6) 川岡臣昭, 小野寺昇, 詫間晋平, “遅発性筋肉痛および運動誘発性筋損傷研究における 予防・対処法に関する文献的知見”, 川崎医療福祉学雑誌, **17(1)**, 247-262, (2007).
- 7) 福留剛, 鄭忠和, “我が国の虚血性心臓病 先進医療の開発 均等低温乾式サウナを用いた非侵襲性治療”, 臨床と研究, **84(1)**, 79-84, (2007).
- 8) 池田義之, 宮田昌明, 鴨川泰之, 吉福士郎, 江藤英行, 折原弘治, 木原貴士, 鄭忠和, “心不全に対する温熱療法の効果発現機序の解明: 心不全モデル動物を用いた検討”, 心臓リハビリテーション, **11(1)**, 107-110, (2006).
- 9) 氏家良人, “鎮痛・鎮静のためのスコアリングシステム”, 救急医学, **20(11)**, 1451-1456, (1996).
- 10) 横山和仁, 「POMS 短縮版 手引きと事例解説」, (金子書房, 東京, 2005).
- 11) 江橋博, 「これでつかめる選手のコンディション. メンタル・タフネス読本」, (朝日新聞社, 東京, 1993), 188-200.
- 12) MJ. Cleak, and RG. Eston, “Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management”, *J Sport Sci*, **10(4)**, 325-341, (1992).
- 13) 野坂和則, “遅発性筋痛の病態生理学”, 理学療法, **18(5)**, 476-784, (2001).
- 14) 石川一彦, “熱ショック蛋白と動脈硬化”, 血圧, **10(2)**, 1270-1271, (2003).
- 15) AG. Pockley, A. Georgiades, T. Thulin, U. de Faire, and J. Frostegård, “Serum heat shock protein 70

- levels predict the development of atherosclerosis in subjects with established hypertension”, *Hypertention*, **42(3)**, 235-238, (2003).
- 16) Y. Ikeda, S. Biro, Y. Kamogawa, S. Yoshifuku, T. Kihara, S. Minagoe, and C. Tei, “Effect of repeated sauna therapy on survival in TO-2 cardiomyopathic hamsters with heart failure”, *Am J Cardiol*, **90(3)**, 343-345, (2002).
- 17) ゴー・アー・チェン, 藤原孝之, “いわゆる筋肉痛 (筋原性疼痛) に対する温熱療法”, *理学療法*, **18(5)**, 493-499, (2001).