

短報

タンク式クライオセラピー装置とチャンバー式クライオセラピー装置における  
全身冷却療法 (Whole-Body Cryotherapy : WBC) による生体反応についての比較  
Comparison of biological responses by Whole Body Cryotherapy between  
Tank-type and Chamber type machines

土肥美智子<sup>1)</sup>, 松林武生<sup>1)</sup>, 中村真理子<sup>1)</sup>, 星川雅子<sup>1)</sup>, 田名辺陽子<sup>1)</sup>, 遠藤直哉<sup>2)</sup>,  
鳴海絵美<sup>3)</sup>, 山口浩史<sup>4)</sup>, 平賀曜一<sup>4)</sup>, 大嶋博也<sup>4)</sup>, 福島将敏<sup>4)</sup>  
Michiko Dohi<sup>1)</sup>, Takeo Matsubayashi<sup>1)</sup>, Mariko Nakamura<sup>1)</sup>, Masako Hoshikawa<sup>1)</sup>,  
Yoko Tanabe<sup>1)</sup>, Naoya Endo<sup>2)</sup>, Emi Narumi<sup>3)</sup>, Hiroshi Yamaguchi<sup>4)</sup>, Yoichi Hiraga<sup>4)</sup>,  
Hiroya Oshima<sup>4)</sup>, Masatoshi Fukushima<sup>4)</sup>

I. 背景

近年、身体全身を超低温気流で冷却し、疲労からのリカバリー促進効果を得ようとする全身冷却療法 (クライオセラピー、Whole-Body Cryotherapy, WBC) の取り組みが行なわれるようになってきた。その効果の機序は、冷刺激による抗酸化力、抗炎症作用、免疫機能などの向上によると考えられている<sup>3,4)</sup>。しかし WBC を行う代表的な装置である、液体窒素ガス (-196℃、身体周囲は -170℃ から -130℃ となる) を首下の身体周りに環流させるタンク式クライオセラピー装置 (以下、タンク式) では、液体窒素の確保、窒息リスクへの対策、および一度に施行可能な人数が 1 名のみであることが、遠征時の使用やチームスポーツでの使用において課題となっている。一方、小部屋の室内温度を低下させるチャンバー式クライオセラ

ピー装置 (以下、チャンバー式) も存在し、多人数での使用が可能であることなどのメリットを有する。しかしながら、国内に存在する同装置の室内温度はタンク式ほど下がらず (およそ -100℃ 程度)、この条件にてタンク式と同様の効果が得られるかは不明である。またクライオセラピー装置は、その冷却媒体に関しても異なる種類が存在し、タンク式の装置では液体窒素ガスが多く利用される一方で、先述の国内に存在するチャンバー式装置は、冷媒として空気を用い、装置内の空気を圧縮により発熱させ、それを冷却水と室内の空気で冷やした後に膨張させ、空気をより冷たくするという原理を利用している。このチャンバー式装置を利用することでタンク式装置と同様の効果が得られるのであれば、それぞれの装置の特徴を生かした WBC の選択肢がスポーツ現場で増える

<sup>1)</sup> 国立スポーツ科学センター, <sup>2)</sup> 日本体育大学, <sup>3)</sup> 東京北医療センター, <sup>4)</sup> (株)前川製作所

<sup>1)</sup> Japan Institute of Sports Sciences, <sup>2)</sup> Nippon Sport Science University, <sup>3)</sup> Tokyo-Kita Medical Center, <sup>4)</sup> Mayekawa MFG. CO., LTD.

E-mail : michiko.dohi@jpnssport.go.jp

受付日 : 2019 年 3 月 5 日

受理日 : 2019 年 10 月 10 日

こととなり、アスリートの活用増加につながる。

## II. 目的

タンク式およびチャンバー式クライオセラピー装置での WBC に対する生体反応を比較し、装置内の温度がタンク式より高いチャンバー式でもタンク式と同様の効果を期待できるか否かについて検討した。

## III. 方法

事前に実験の趣旨を十分に説明し、参加の同意を得、国立スポーツ科学センター (JISS) の人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を受けて実施した。対象は成人男性 5 名 (19-38 歳、平均 25.0 歳) であった。各被験者には、2 つの装置を用いた WBC を、1 か月以上あけて行わせた。WBC 実施前後は安静とした。

WBC には、タンク式クライオセラピー装置 (クライオシャワー CS-2000、サラヤ株式会社製) と、チャンバー式クライオセラピー装置 (クライオサウナ、榊前川製作所製) を用いた。WBC 実施時間は、どちらの装置の場合においても 3 分間とした。服装は、上半身は裸とし、短パン、長靴下 (脛が隠れる程度)、膝サポーター、防寒スリッパ、軍手を着用し、チャンバー式では更にマスクと耳当てを使用した。タンク式を利用する場合には、頭部が液体窒素ガスに暴露しないよう肩より上を冷却装置から出した立位姿勢にて実施した。チャンバー式においても立位姿勢で実施した。

WBC の直前 (Pre)、直後 (P0)、30 分後 (P1)、

60 分後 (P2) に、体表温の測定および採血を行った。体表温は、非接触温度計 (非接触温度計ボディーサーモ、DT-8806H, MK Scientific, Inc.) を用いて、身体表面の 4 箇所 (胸部、腹部、大腿前面、下腿前面) について測定した。血液検査の採血は腕部静脈より行い、検査項目は先行研究 1) を参考に白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血小板数、平均赤血球容積、平均赤血球色素量、平均赤血球色素濃度、カテコールアミン 3 分画 (アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン)、コルチゾール、副腎皮質刺激ホルモンを選択した。

統計処理には、統計処理ソフトウェア (StatView 5.0) を利用した。条件間と時間の交互作用および時間の主効果の検定には、対応あり二元配置分散分析を用い、交互作用が認められた場合の事後検定には、対応ありの多重比較 (ボンフェローニ / ダン法) を用いた。有意水準は 1% とした。

## IV. 結果

Table 1 に体表温のデータを示す。体表温は両装置で、すべての部位において Pre と比較して P0 において有意な低下を認めた。胸部以外の部位では有意な交互作用がみられ、チャンバー式よりもタンク式のほうが体表温の低下が大きかった。

血液検査項目では、白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血小板数、平均赤血球容積、平均赤血球色素量、平均赤血球色素濃度、アドレナリン、ドーパミン、コルチゾール、副腎皮質刺激ホルモンの動態に関して、有意な交

Table 1. Change in the mean skin surface temperature (°C)

	Chest		Abdomen		Thigh		Lower leg	
	Chamber type	Tank type	Chamber type	Tank type	Chamber type	Tank type	Chamber type	Tank type
Pre	32.23 ± 2.56	33.76 ± 2.27	32.63 ± 2.45	32.72 ± 2.99	33.30 ± 0.89	33.12 ± 1.49	33.20 ± 0.59	32.00 ± 1.40
P0	24.60 ± 3.20*	25.32 ± 3.72*	21.15 ± 5.74*	17.00 ± 4.41*†	22.55 ± 5.18*	13.64 ± 7.28*†	24.78 ± 3.58*	18.58 ± 5.36*†
P1	31.63 ± 1.37	32.90 ± 2.16	29.85 ± 3.06	30.06 ± 2.90	31.73 ± 0.69	31.50 ± 1.00	31.55 ± 0.40	30.64 ± 1.18
P2	32.78 ± 0.90	33.84 ± 1.69	32.53 ± 2.90	33.12 ± 1.49	33.05 ± 0.89	32.00 ± 1.17	32.43 ± 0.05	30.86 ± 0.90

Values are mean ± SD

\* , p < 0.01 vs Pre; † , p < 0.01 vs Chamber type

相互作用および主効果はみられなかった。ノルアドレナリンでは有意な交互作用は同様になかったが、時間の主効果については有意であり、両装置において群内でP0での有意な上昇がみられ、30分後にはほぼPreの値に戻った (Figure 1)。

### V. 考察

タンク式において胸部以外の体表温低下がチャンバー式と比較して大きかったことは、タンク式での冷却効果がより大きいことを示唆している。これは、先行研究の結果とは異なるものの<sup>1)</sup>、タンク式の装置内の平均温度は約-130℃であり(実測値)、空気を利用した方法で得られる-100℃より低い温度であったこと、ガスの特性でタンク内部のより下部分に冷気が分布しやすいこと、また装置と体表面との距離が近く冷気と皮膚の密着性が高かったことなどから、十分に理に適った結果であると考えられる。胸部での温度低下のみ両装置で同程度であったことは、タンク式では肩付近で装置が開口し、外気と接しているため、外気温

により冷気の温度が上昇してしまうためと(約-125℃、実測値)考えられる。

血液検査では、両装置において生体にストレスが加わった際に分泌されるノルアドレナリンが有意に短期的上昇を示した。先行研究においてもこのノルアドレナリン上昇は血圧の上昇という現象と同時に観察されていることから超低温冷気により交感神経の興奮が増した結果と考えられている<sup>1,3)</sup>。今回の結果から、チャンバー式ではタンク式よりも冷却温が高いものの、ノルアドレナリンを分泌させるだけの十分な刺激を与えることができていたことを示唆するものである。

体表温の変化に差があった一方で、有意な上昇を示したノルアドレナリンおよびその他の血液検査項目の値には、チャンバー式とタンク式の間で差は認められなかった。その理由としては、以下のような可能性が考えられる。まずはチャンバー式での顔面への冷刺激である。顔面は全身の中で最も冷点分布密度が高いといわれている<sup>2)</sup>。タンク式では顔面には冷気が当たらないが、チャン

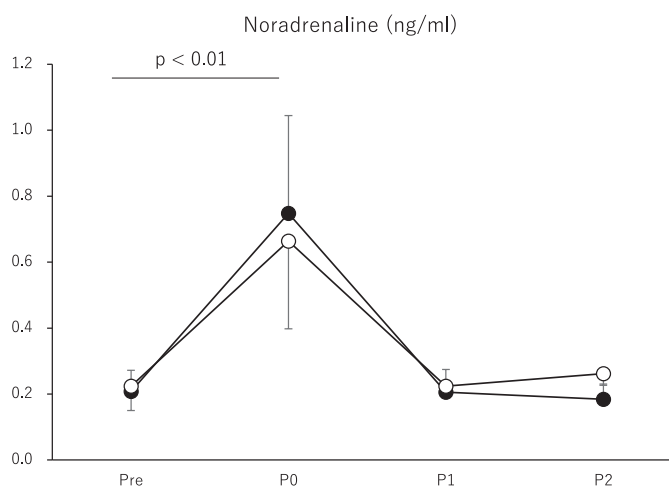


Figure 1. Changes in plasma concentration in Noradrenaline from pre to post whole body cryotherapy. Before (Pre), immediately (P0), 30 minutes (P1) and 60 minutes (P2) after WBC using chamber type (C, ●) and tank type (T, ○) machines. Within-group change (P0 vs Pre) in both type machines: significant difference ( $p < 0.01$ ). Between-group: n.s.

バー式では顔面も冷やされたことで、タンク式ほど冷気温が低くなくても血液生化学的指標に差を生じさせない結果となった可能性が考えられる。もう一つの可能性は、冷気温が異なっても、3分間の冷却曝露で生じる体表温の変化があれば血液生化学的指標に及ぼす影響は同等であるという可能性である。以上のような可能性が考えられるが、両装置における実際の顔面温度の違いや、顔面への冷刺激による血液生化学的指標の変化等を含め、冷却温と血液生化学的指標の関係に関しては更なる検討が必要であると考えられる。

## VI. まとめ

冷気の温度差を有していても、今回検討した血液生化学的指標においては、チャンバー式装置によるWBCはタンク式装置によるWBCと同様の変化をもたらすことが示された。チャンバー式装置は、チームスポーツにおける多人数を対象とした際の効率性や、液体窒素を使用しない安全性と利便性から、タンク式と同様それぞれの特徴を生かしたWBC実施の選択肢となり、スポーツ現場でのアスリートのWBCの活用が広がると思われる。

利益相反

この研究は一部榊前川製作所と国立スポーツ科学センターとの共同研究で行なったものである。

文献

- 1) Hausswirth C, Schaal K, Le Meur Y, Bieuzen F, Fillard JR, Volondat M, and Louis J. Parasympathetic activity and blood catecholamine responses following a single partial-body cryostimulation and a whole-body cryostimulation. *PLoS ONE*, 8(8): 1-14, 2013.
- 2) 李旭子, 田村照子. 人体表面の温度点分布(第1報)冷点分布密度の部位差. *人間と生活環境*, 2(1): 30-36, 1995.
- 3) Lubkowska A, Szygula Z, Klimek AJ, and Torii M. Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men?. *Eur J Appl Physiol*, 109:67-72, 2010.
- 4) Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard JR, Barbiche E, and Hausswirth C. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS ONE*, 6(7): 1-8, 2011.