

カイロを用いた局所加温が 皮膚温及び循環動態に及ぼす影響

西村 正広, 加藤 敏明

1. 緒言

我々はこれまで、異なる水温下における足浴が皮膚温、深部体温、自律神経活動に及ぼすことを影響について検討し、循環器系への負担が小さく、水温の影響を受け皮膚温が変化すること、副交感神経活動が亢進することを報告してきた¹⁾。

局所加温を行い、皮膚温、皮膚血流、筋血流、疼痛緩和、リラクゼーション効果についての報告はあるが、効果に関して一致した結果が得られてない。しかしながら皮膚温の上昇や血流の改善などが期待できるのであれば、災害時における避難所生活などにおいて水の使用が制限されている環境下では大きな成果が期待できると考えられる。

そこで日常的に広く用いられている使い捨てカイロを用い、足部における短時間一過性の局所加温が皮膚温、鼓膜温、心臓足首血管指数 (CAVI)、ヘモグロビン量及び心臓自律神経調節に及ぼす影響について検討し、足浴と同様の効果が得られるのかについても検討することを目的とした。

2. 方法

1) 対象

対象は、健康な女子大学生 6 名であった。年齢は 19.3 ± 0.5 歳 (mean \pm SD)、身長 160.9 ± 5.1 cm、体重 56.1 ± 3.4 kg、体脂肪率 29.5 ± 2.7 % であった。被験者には研究の趣旨、方法、研究参加及び撤回の自由について十分に説明し参加の同意を得た。これらの手順は鳥取大学医学部倫理委員会の承認 (2754) を得て行われた。

2) 測定条件

本研究の全ての条件は、ジャージ上下と靴下を着用し実験室のベッド上にて 15 分以上の仰臥位安静を行い、仰臥位のままコントロール条件、足背条件、足底条件および膝窩条件の 4 条件のいずれかを 20 分間行った。仰臥位安静時、実験条件時においては、ブランケットをかけ首から下の部位を覆った。足背条件では、乾式つま先用カイロ (桐灰) を靴下の上から足部の甲側に貼付、足底条件では、乾式つま先用カイロ (桐灰) を足部の裏側に貼付、膝窩条件は、湿式シート (花王: メグリズム) を膝窩に貼付した。貼付時間は 20 分間とした。つま先用カイロは靴の着用を想定したものであるため、すべての実験条件開始時に検者によりスリッパを着用させた。膝窩条件は直接肌に貼付した。

3) 測定項目

皮膚温は、サーミスタプローブ (日機装サーモ: 409 J) を用いて、鼓膜温は、サーミスタプローブ耳栓型 (日機装サーモ: ITP010-27) を用いて、データロガー (日機装サーモ: N502) を介して連続的にコンピューターに記録した。プローブがカイロにより直接的に加温されるのを避けるため体表用断熱カバーを使用した (日本光電)。皮膚温の測定部位は足背部、足底部、下腿部 (ふくらはぎ) の 3 点とした。測定値は安静終了時を BASE 値、局所加温開始 10 分後及び 20 分後を代表値として用いた。

血圧脈波検査装置 (フクダ電子: VaSera100) を用いて、心拍数、心臓足首血管指数 (Cardio-Ankle Vascular Index: CAVI) を安静時 (BASE 値) と局所加温終了直後 (20 分後) に測定し、左右の平均値を代表値として用いた。

帯型近赤外線組織酸素モニタ装置（ダイナセンス：Pocket NIRS Duo）を用いて、下腿の酸化ヘモグロビン量（oxy-Hb）と脱酸化ヘモグロビン量（deoxy-Hb）、総ヘモグロビン量（total-Hb = oxy-Hb + deoxy-Hb）を測定し実験条件開始時を0とした相対値を用いた。測定部位は、仰臥位時にベッドにより圧迫されない、右腓腹筋部とした。測定値は安静終了時を0、局所加温開始5～10分、15～20分時の5分間の平均値をそれぞれ10分後及び20分後の値として用いた。

心臓自律神経調節は、心拍変動リアルタイム解析プログラム（ジー・エム・エス：MemCalc/Bonaly Light）を用いて解析した。安静終了5分前から安静終了時、5～10分、15～20分時の5分間解析を行いそれぞれBASE、10分後及び20分後の値として用いた。先行研究に基づき周波数解析から得られた低周波帯域（Low Frequency：0.04～0.15Hz）のパワー積分値（LF）と高周波帯域（High Frequency：0.15～0.4Hz）のパワーの積分値（HF）を算出した。HF成分を心臓副交感神経調節、LF/HFを心臓交感神経調節の指標として用い、分布に正規性を得るため対数化した（Log HF）。心拍変動スペクトル解析によって求められるパワーは、呼吸数の影響を受けることが明らかにされているため、呼吸数の影響を除外するために、メトロノームを用いて呼吸数を4秒/回（呼気2秒，吸気2秒）に制御した。

4) 統計処理

得られたデータは、平均値±標準誤差（mean±SD）で示した。群間の比較、各条件による時間経過の比較には繰り返しのある分散分析を用い、post-hock テストとしてBonferroni法を用いた。統計処理ソフトはIBM SPSS statistics バージョン24（IBM社製）を用いた。危険率5%未満を有意な差とした。

3. 結果と考察

足背部の皮膚温は、条件間 $F(3, 15) = 5.528, p < 0.01$ 、時間 $F(2, 10) = 41.890, p < 0.01$ 、交互作用 $F(1.493, 7.465) = 120.069, p < 0.01$ に有意差が認められた。コントロール条件と足背部条件及び膝窩条件、足背条件と足底及び膝窩条件間に有意差が認められた[それぞれ（条件，時間，交互作用），（条件，時間），（時間，交互作用），（時間，交互作用）]。また時間の経過とともに、コントロール条件においては有意に低下し、足背条件時には有意に上昇した（図1）。足底部の皮膚温は、条件 $F(3, 15) = 5.769, p < 0.01$ 、時間 $F(2, 10) = 13.734, p < 0.01$ 、交互作用 $F(1.643, 8.214) = 11.884, p < 0.01$ が認められた。コントロール条件と足背、足底及び膝窩条件間、足背条件と足底条件間、膝窩と足底条件間に有意差が認められた[（条件），（条件，時間，交互作用），（条件，時間），（時間，交互作用），（時間，交互作用）]。また時間の経過に伴いコントロール条件において有意に低下し、足底条件時に有意に上昇した（図2）。下腿部の皮膚温は、時間 $F(2, 10) = 13.172, p < 0.01$ 、交互作用 $F(2.078, 10.390) = 5.429, p < 0.05$ と有意差が認められた。また、コントロールと膝窩条件間、膝窩と足背及び足底条件間に有意差が認められた[（時間，交互作用），（時間，交互作用），（時間，交互作用），（時間，交互作用）]。また時間の経過に伴い膝窩条件時に有意に上昇した（図3）。鼓膜温は時間 $F(2, 10) = 1.843, p < 0.01$ が認められた。コントロールと膝窩条件間、膝窩および足背条件間に有意差が認められた[（条件，時間），（時間）]。時間の経過に伴い足背条件時に有意に低下した（図4）。足背、足底及び膝窩条件時における足背部、足底部及び下腿の皮膚温が有意に上昇したことから、加温部位の皮膚温は温熱作用の影響を受けたことが明らかになった。コントロール条件時において、足底及び足背部の皮膚温は有意に低下した。これは加温しなければ末梢である足部の皮膚温度は低下する環境であったと考えられた。足背条件時における足底部、足底条件時の足背部の皮膚温は有意な変化は見られなかった。しかしながら加温しなければ足部の温度は有意に低下することが明らかになったため、皮膚温には有意な変化が認められなかったが、加温による温熱作用の影響により有意に低下することなく維持されたと考えられた。足背条件時における鼓膜温の低下については、他の条件では有意な変化がみられず低下する根拠が考えにくいため、サーミスタプローブがずれるなど測定方法上の問題が生じ、それが影響した可能性が考えられた。

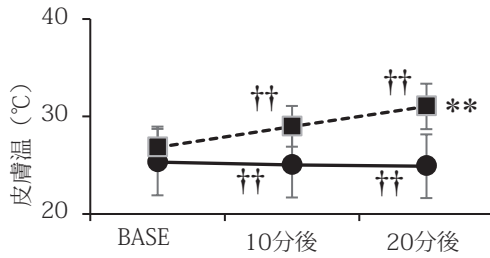


図1. 加温時における足背部温の変化

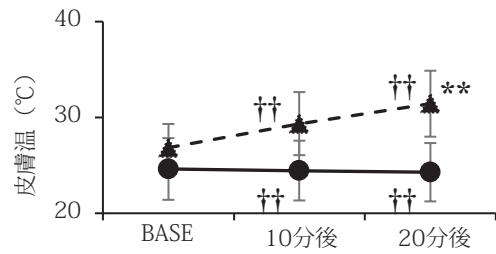


図2. 加温時における足底部温の変化

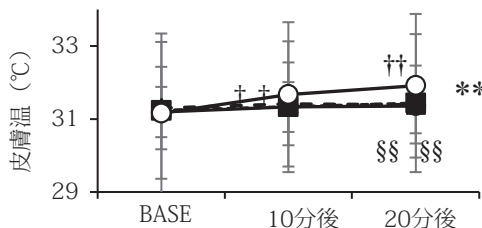


図3. 加温時における下腿温の変化

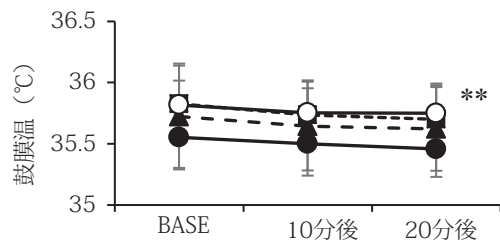


図4. 加温時における鼓膜温の変化

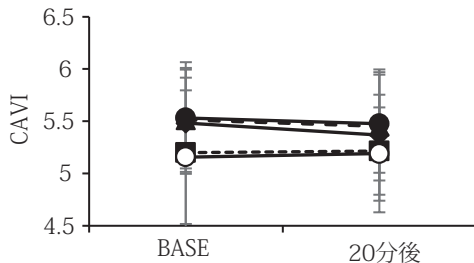


図5. 加温時におけるCAVI値の変化

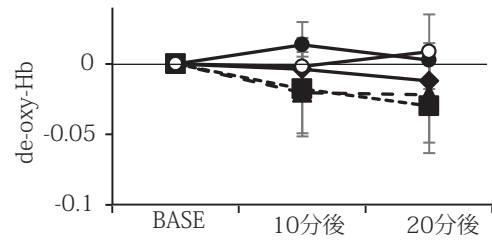


図6. 加温時におけるdeoxy-Hbの変化

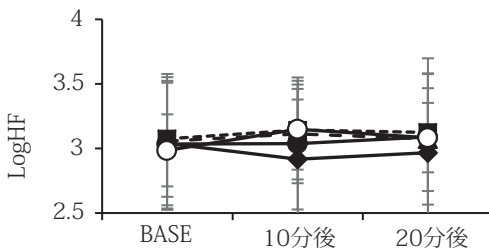


図7. 加温時におけるLogHFの変化

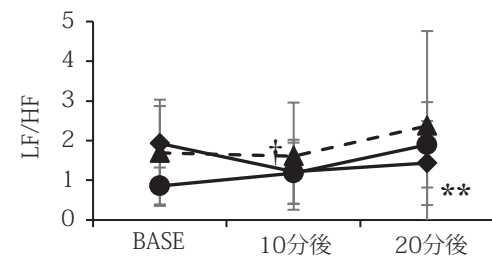


図8. 加温時におけるLF/HFの変化

図1～4. 加温時における下腿及び鼓膜温の変化。図1, 2, 3 は代表的なデータを抽出した。図5～9 は、加温時における各指標の変化を示した。平均値±SD。●コントロール、■足背、▲足底及び○膝窩条件を表す。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs コントロール条件。§ $p < 0.05$, §§ $p < 0.01$ vs 膝窩条件。† $p < 0.05$, †† $p < 0.01$ vs BASE。

また条件間で有意差が認められたものはBASE 値の違いが影響していると考えられた。

血圧脈波検査装置を用いて測定した心拍数は、全条件間及び時間経過ともに有意な差は認められなかった。CAVI 値においても、すべての条件間、時間経過ともに有意差は認められなかった(図5)。

携帯型近赤外線酸素モニタ装置を用いて測定した oxy-Hb, deoxy-Hb 及び Total Hb においては、全条件間、時間経過ともに有意な変化は認められなかった (図 6)。これまで局所加温により皮膚温が上昇し、oxy-Hb が増加するという報告⁴⁾がある。本実験においては同様の結果は得られなかった。近赤外光は皮下脂肪が厚いほど深部組織での oxy-Hb レベルを過小評価するという報告⁵⁾があることから、今回の結果においても皮下脂肪が影響した可能性は消しきれない。加温部位が小さく加温部以外の皮膚温が上昇していないことから、加温部以外である下腿部の血流量増加は小さい可能性も考えられた。またその両方が影響した可能性も考えられた。南山ら²⁾は加温部の皮膚温が 10°C 程度上昇しており、その後皮膚血流、筋血流の順で増加したと報告している。本実験では 5°C 程度の上昇であったことも循環動態に影響がみられなかった要因の一つであると考えられた。

心拍数及び CAVI に有意な変化がみられなかったことから温熱作用による循環動態への影響は少ない条件であったと考えられた。これについても、加温部以外の皮膚温及び鼓膜温が上昇していないこと、NIRS の結果からも妥当な結果であると考えられた。

心臓副交感調節の指標として用いた LogHF は、全条件間及び時間経過ともに有意な変化は認められなかった (図 7)。心臓交感神経調節の指標として用いた LF/HF においても有意差は認められなかった。循環動態に影響が少なかったと考えられることから、循環動態による心臓自律神経調節への影響が少なかったと考えられた。

全ての結果からカイロを用いた局所加温における温熱効果は、足浴時と比較し小さい可能性が考えられた。それには加温部位の面積、あるいは熱伝導率の違いが影響している可能性が考えられた。

4. まとめ

使い捨てカイロを用いた短時間一過性の局所加温においては、加温部以外の皮膚温、深部体温、循環動態及び心臓自律神経調節は大きな影響を受けない可能性が考えられ、足浴と同様の温熱効果小さい可能性が考えられた。その要因の一つに、加温している面積や熱伝導率の違いが影響している可能性が考えられた。今後の課題として、長時間使用における皮膚温及び循環動態について更に検討する必要性があると考えた。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 25463300JP の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Nishimura M, Saito T, Kato T and Onodera S. Effects of water temperature during foot bath in young females, *Yonago Acta Medica*, 56, 79-80, 2013.
- 2) 南山祥子, 岩元純. 肩こり女性の肩甲部蒸気加温における温熱効果, *名和市立大学紀要*, 4, 27-34, 2010.
- 3) 岩崎眞弓, 野村志保子. 局所温罨法によるリラクゼーション効果の検討-温罨法と足浴が身体に及ぼす影響の比較検討より-, *日本看護学研究会雑誌*, 28 (1) 33-43, 2005
- 4) Davis SL, Fadel PJ, Cui J, Thomas GD, and Crandall CG. Skin blood flow influences near-infrared spectroscopy-derived measurements of tissue oxygenation during heat stress, *J Appl Physiol*, 100, 221-224, 2006. McCully KK, Hamaoka T. Effects of Local Heating using disposable body warmer on skin temperature and Circulatory dynamics, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(3), 123-127, 2000.
- 5) McCully KK, Hamaoka T. Effects of Local Heating using disposable body warmer on skin temperature and Circulatory dynamics, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(3), 123-127, 2000.