

遠赤外線足温器の効果と有用性の検討

- 足浴と比較した生理的效果 -

Usefulness and effectiveness of far infrared foot warmer.

- The physiological effects in comparison with those of foot bath. -

箕越功浩¹⁾, 伊帳田峻佑²⁾, 長坂祐二³⁾, 張替直美⁴⁾

Katsuhiko Minokoshi, Syunnsuke Ichouda, Yuji Nagasaka, Naomi Harikae

要約

本研究では遠赤外線足温器の生理的效果を従来の湯を使用した足浴と比較し、その有用性を検討した。健康な大学生13名を対象とし、同一被験者に足浴と遠赤外線足温器フジカ製スマーティ・レッグホット® LH-2 (以下、足温器) を使用して15分間 $39 \pm 1^\circ\text{C}$ で加温を行った。皮膚血流量・皮膚表面温度・深部温・収縮期血圧・拡張期血圧・脈拍・ SpO_2 を安静時から加温終了後30分まで経時的に測定した。

皮膚血流量と皮膚表面温度は、足浴では加温開始後急激に上昇し、加温終了後急激に低下した。一方、足温器では加温開始後緩やかに上昇し、加温終了後緩やかに低下した。足温器の加温開始後15分の皮膚血流量は、足浴と同等の変化率を示した。加温終了直後の皮膚血流量と皮膚表面温度の変化の違いは、気化熱の影響であると考えられる。足温器では、加温終了後30分を経過しても加温直前より高く維持し、足浴以上の持続性が認められた。中枢の循環動態を反映する深部温・血圧・ SpO_2 ・脈拍の経時的変化は、足浴と足温器共に有意な変化は認められず、安全な加温方法であることが示唆された。

キーワード：レーザードップラー血流計、皮膚血流量、皮膚表面温度、遠赤外線足温器、足浴

Keywords : laser doppler blood flow meter, skin blood flow, Skin surface temperature, Far infrared foot warmer, foot bath

1. 諸言

足浴の効果は、足を湯に浸して洗うことで入浴に近い気分を与え、清潔保持とともに循環促進効果、リラクゼーション効果、下肢の皮膚温度上昇と皮膚血流量の増加をもたらす、体熱放散を促すことで入眠促進効果などが考えられる¹⁾。

豊田の研究では、およそ6割の看護師が日頃のケアに足浴を行っているほど、日常的に行われる看護援助の1つである。しかし、行わない理由では、「時間が取れない」「対象がいらない」「準備が大変」「後始末が大変」「適切な器具がない」であった。足浴をするために要する時間は、その準備に平均5.8分、実施

に13.6分、後始末に5.7分であり、一連の流れに平均25.1分を要していた。足浴器具の不満としては、「湯こぼれ」「深さ」「湯温管理」「広さ」などが多かった。足浴には、以上のような問題点があるのが現状である²⁾。

近年、遠赤外線を使用した足温器が開発・販売されている。湯を使用しないため準備や後始末に時間を要さず、使用方法は電源スイッチ入れ温度調節をするためのボタンを操作するだけであるため容易である。また、湯のように冷めないため温度は安定している。足温器を横にすることで、下肢を伸展させた状態でも使用ができるため、寝たきりの患者や膝関節に拘縮があり屈

山口県立大学大学院健康福祉学研究科

1) 山口県立大学大学院健康福祉学研究科博士後期課程

2) 岡山大学病院看護部

3) 山口県立大学看護栄養学部栄養学科

4) 山口県立大学看護栄養学部看護学科

曲できない患者、体動に制限のある患者にも用いることが可能である。足温器には、足浴にはない利点があることが理解できる。

足浴の効果については、様々な先行研究により多く立証されている。しかし、遠赤外線を使用した足温器の効果についてはほとんど見当たらないため、本研究によりその効果について検討したいと考えた。今回の研究から、足温器による加温が足浴と同等の効果、またはそれ以上の効果があることが明らかになれば、清潔保持の効果はないが、臨床において足浴よりも簡便に足部の加温ができることになる。また、患者の必要に応じたケアの選択肢が広がり、看護師の業務負担の軽減にも貢献できると考えた。

2. 研究目的

本研究の目的は、遠赤外線を使用した足温器の生理的効果を従来の湯を使用した足浴と比較検討し、その有用性を検討することである。

3. 研究方法

従来の湯を用いた足浴の実験を「足浴」とし、遠赤外線を使用した足温器（フジカ製、スマーティ・レッグホット[®]LH-2）を用いた実験を「足温器」とする。研究はクロスオーバーデザインとし、2つの実験の順序はランダムで行った。

1) 対象

本研究の趣旨を理解し、実験に同意・協力が得られ、ボランティアで参加した健康な女子大学生13名（平均年齢 18.9 ± 1.32 歳）を被験者とした。

2) 被験者の条件

疾病による治療や定期投薬を受けていない者、下肢に外傷・血流障害などの異常が疑われていない者とした。

被験者には普段と変わらない生活を送ってもらい、前日の多量飲酒、実験2時間前の食事、喫煙、刺激物の摂取及び激しい運動は避けた上で、実験に参加してもらった。

3) 実験場所

山口県立大学5号館E 107看護実験室

4) 実験期間・時間

実験は平成24年7月9日～20日、10時～19時の

間に実施した。

同一被験者の実験については、自律神経の日内変動を考慮し、2種類の実験を同じ時間帯に行えるようにした。また、先に行った実験の影響を少なくするため、2つの実験の間隔を1日以上空けるようにした。

5) 加温に使用した物品

①足浴

特殊発砲スチロール製の蓋付き足浴器（MAJA製・フットバスプロ）

サイズ：縦35cm、横35cm、高さ30cm

②足温器

遠赤外線足温器（フジカ製・スマーティ・レッグホット[®]LH-2）

サイズ：縦37cm、横47cm、高さ43cm。

重量：約4.8kg

温度調節機能付き（9段階）

6) 環境設定

温湿度は一定になるようにし、部屋は薄暗く静寂を保つように設定した。室温 $26.0 \pm 3.2^\circ\text{C}$ 、湿度 $54 \pm 16\%$ 、照度 $24.2 \pm 26.2\text{lx}$ 、騒音 $43.1 \pm 5.6\text{dB}$ であった。

足浴の湯温（足温器の場合は内部温）は、基礎看護学テキストを参考に $40 \pm 1^\circ\text{C}$ を保つように設定した。足浴湯温 $39.2 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 、足温器内部温 $38.8 \pm 2.7^\circ\text{C}$ であった。

気流による皮膚温度の変化を避けるため、直接冷たい空気に晒されないように、スクリーンを用いた。実験の時間帯によって日光の差し込みが強く、ブラインドを調節するだけでは、部屋を薄暗く保つことが困難であった。また、実験者の動作が見えることも、被験者に生理的な影響を与えと考えスクリーンで遮り、適切な実験環境が設定できるように配慮した。

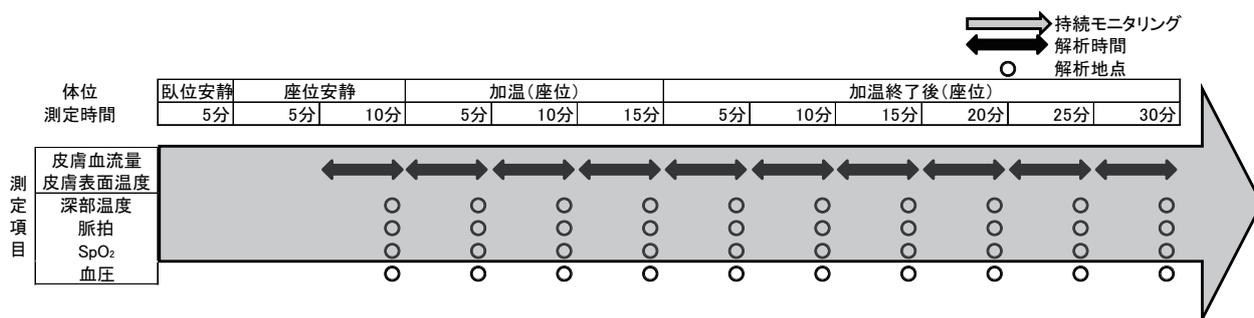


図1 実験プロトコール

7) 実験手順

実験プロトコールを図1に示した。

実験用に準備した衣服に更衣し、背もたれのある椅子へ座位になり、測定用のプローブ類を装着した。

始めに循環動態を安定させる目的で臥位安静5分間、その後に座位安静10分間をとってもらった。

足浴の場合は、足底より約25cmの深さの湯に両足を15分間浸漬し、実験中は足を動かさないように注意を促した。足温器の場合には、足浴と加温する範囲が同程度となるように、底上げをして深さを調整した。いずれの加温方法でも、足底を底に接地し、正確な血流量が測定できるようにした。

足浴終了後は、足部の水分をバスタオルで強く摩擦しないように注意をしながら軽く拭き取った後、別の乾いたバスタオルの上に両足を置き、30分間の座位安静をとってもらった。本研究の目的は、足浴と足温器の加温による差を比較検討するものである。従って、足浴の本来の目的である清潔保持としての足部の洗浄は行わず、加温のみとした。

足温器の場合には、あらかじめ加温しておき、両足を15分間加温した。加温終了後、足部に発汗があった場合にはバスタオルで軽く拭き取り、足浴と同様に30分間の座位安静をとってもらった。

8) 測定項目と測定方法

①両足背部の皮膚血流量、皮膚表面温度

両足背部の皮膚血流量は、レーザードップラー血流計(アドバンス製・ALF21RD)を使用した。足背部の皮膚表面温度は、ポータブル熱電対温度計DEGITARAL THERMOMETER(ユニークメディカル製・PTW-301)を使用した。測定に使用するプローブ(アドバンス製・タイプCS)は、両機器(以下、血流計)に接続した。血流計はパソコンに接続し、データ収集システムUAS-108S Ver2.11により記録・保存を行った。レーザーを照射するセンサー部分は、足背

静脈を避け、足背の中心部に幅50mmのトランスポアTMサージカルテープ®(以下、テープ)を使用し装着した。プローブが引っ張られて抜け落ちないようにループを作りテープで固定した。臥位安静時より実験終了まで経時的に測定・記録を行った。皮膚血流量は、加温開始時と終了時の動作による変動が測定結果に影響を受けることを避けるため、測定時間に含まないようにした。

②深部温

深部温は、深部温モニターコアテンプ(テルモ製・CM-210、以下深部温計)を使用した。プローブ(テルモ製・深部温プローブPD3)のセンサー部分が直接皮膚に接触しないようにガーゼで覆い、幅25mmのテープを使用し前額部へクロスするように装着した。発汗がある場合には、汗を拭きとった上で装着した。臥位安静時から実験終了まで経時的に測定した。記録時間は、加温直前、加温開始後5分、10分、15分、加温終了後5分、10分、15分、20分、25分、30分の10時点とした。

③非観血血圧・動脈血酸素飽和度・脈拍

非観血血圧(以下、血圧)・動脈血酸素飽和度(以下、SpO₂)・脈拍は、ベッドサイドモニタ(日本光電製・PVM-2701、以下血圧計)を使用した。利き腕ではない上腕へ血圧測定用のマンシェットを装着した。また、SpO₂測定用のプローブ(日本光電製・TL-201T)も同様に利き腕ではない上肢の第2指に装着した。脈拍はSpO₂測定時に検出できる脈波とした。血圧は他の生理的指標と同時点の計10回測定した。SpO₂と脈拍は、経時的に測定できるが、他の生理的指標と同時点を記録した。

9) 研究の仮説

足浴、足温器共に、加温後の皮膚血流量は促進され、皮膚表面温度は上昇すると考えられる。加温終了後の経時的変化は、足温器は足浴よりも気化熱による影響

が少ないと考えられ、皮膚血流量の減少や皮膚表面温度の低下が緩やかであると推測した。

10) 倫理面の配慮

本研究は、山口県立大学倫理委員会の承認を得た上で行った(承認番号 24-1)。被験者には、研究の目的及び実験方法を文書と口頭で説明し承諾を得た。実験への参加は任意であり、実験の途中であっても随時これを撤回することができ、不利益が生じることはないことを説明した。また、個人情報や実験で得られたデータの管理・取扱いに関しては厳重な注意を払うことを約束した。

全被験者が女性であり、膝下を露出し測定機器を装着、また足浴後に実験者が水分の拭き取りを行うため、女性の実験者が全被験者に対応することでプライバシーの保護や羞恥心への配慮を行った。

11) 安全性と安全確保のための配慮

実験時には原則として指導教員(または代理の教員)が待機しておく体制をとった。安全確保のため、実験前に正確な温度設定が行えているか必ず複数の実験者で確認を行った。

機器による生体への悪影響、特にレーザーや遠赤外線照射による生体への悪影響はないことが証明されている。

4. データの分析方法

被験者 13 名に対して足浴と足温器の各 2 通りの実験を行った。

深部温、血圧、SpO₂、脈拍は加温直前、加温開始後 5 分、10 分、15 分、加温終了後 5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分の 10 時点とした。足背の皮膚血流量と皮膚表面温度は、生理的指標と対応するように 5 分毎の平均値を解析した。

血圧(拡張期血圧、収縮期血圧)、SpO₂、脈拍において、足浴と足温器の各時間による比較については、関連のある 2 群の差の検定(対応のある t 検定)を行った。

皮膚血流量、皮膚表面温度、深部温度に関しては、全てのデータが正確に測定できなかったため、独立 2 群の差の検定(スチューデントの t 検定)を行った。

足浴と足温器の各経時的変化の比較に関しては、一元配置分散分析を行い、有意差のあるものは更に多重比較検定として Dunnett 法を行った。Dunnett 法は、加温直前を基準値とした。

各指標の測定値は、平均値 ± 標準偏差(mean ± SD) で表した。変化率は次の計算式により求めた。変化率(%) = (測定値 - 基準値) / 基準値 × 100。変化率は加温直前を基準値 0% とした。

統計解析には、4 Steps エクセル統計(第 3 版)に付属しているアドインソフト Statcel 3 を用い、有意水準は 5% 未満とした。また、統計解析の値には変化率を用いて処理を行った。

5. 結果

1) 足背の皮膚血流量の変化

皮膚血流量の測定値を表 1、変化率を図 2 に示した。

各時間における足浴と足温器の皮膚血流量は、加温開始後 5 分において足浴は足温器よりも有意に増加した(p < 0.05)。加温終了後 5 分までは、足温器よりも足浴の方が高いが、加温終了後 10 分からは逆転し、足温器の方が足浴よりも高い状態のままで推移した。

足浴と足温器それぞれの経時的変化については、一元配置分散分析では、足浴において有意差が認められた(p < 0.05)。多重比較検定では、足浴の加温直前を基準値として加温開始後 5 分では有意に増加し(p < 0.01)、加温後 15 分でも有意に増加した(p < 0.05)。

足浴は、加温開始後 5 分で急激に増加し、加温開始後 10 分で一端は減少したが、加温開始後 15 分で再び増加し、加温終了後 20 分には加温直前を下回り、加温終了後 25 分には最低となる。しかし、加温終了後 30 分には再び増加した。足温器は、加温開始後 15 分にかけて足浴と同程度まで徐々に増加し、加温終了後には減少した。加温終了後 5 分から 30 分までは横ばいであった。

表 1 皮膚血流量の測定値 (ml/min/100g)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=18)	平均値	2.1	3.1	2.4	2.7	2.4	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0
	標準偏差	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
足温器(n=26)	平均値	1.9	2.2	2.3	2.5	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1
	標準偏差	1.0	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.1	0.9	1.0	1.0

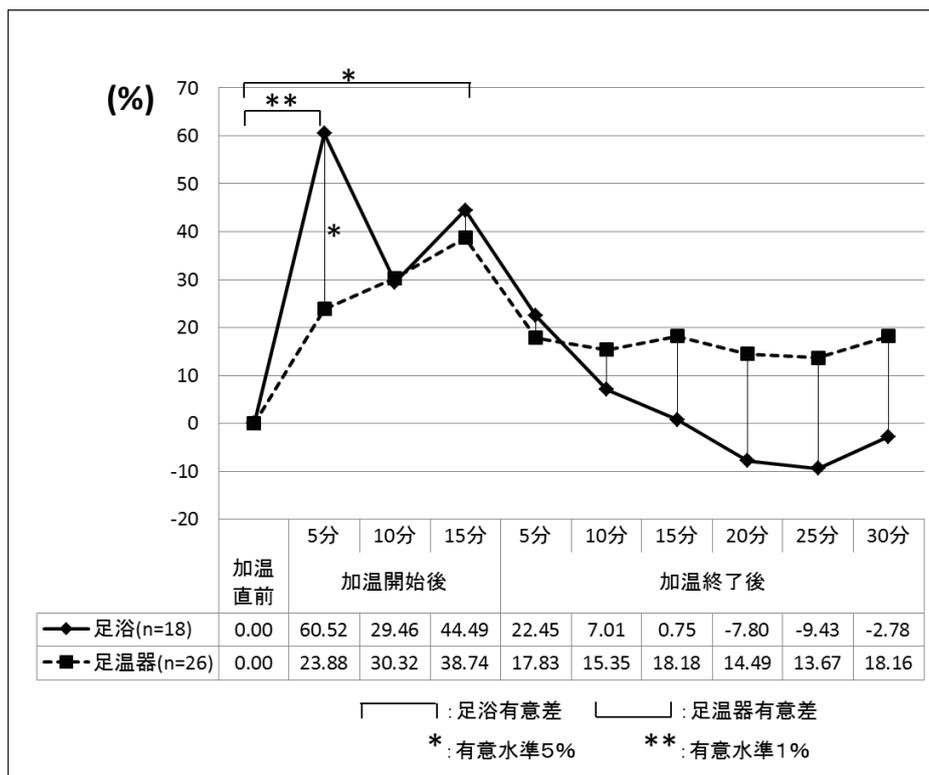


図2 皮膚血流量の変化率 (%)

2) 足背の皮膚表面温度の変化

皮膚表面温度の測定値を表2、変化率を図3に示した。

各時間における足浴と足温器の皮膚表面温度は、加温開始後5分から加温開始後15分まで足浴の方が足温器よりも有意に高く ($p < 0.01$)、加温終了後には逆転し加温終了後5分から加温終了後15分までは足温器の方が足浴よりも有意に高かった ($p < 0.01$)。

足浴と足温器それぞれの経時的变化は、一元配置分散分析では両群共に有意差が認められた ($p < 0.01$)。多重比較検定では、足浴は加温直前を基準値として、加温開始後5分から加温開始後15分まで有意差があった ($p < 0.01$)。足温器は、加温直前を基準値として加温終了後5分まで有意差があり ($p < 0.01$)、加温終了後10分でも有意差があった ($p < 0.05$)。

足浴は加温開始後5分で急激に上昇、加温開始後10分で最高値となった。加温終了後5分では急激に低下し、加温終了後10分には加温直前を下回り、加温終了後15分には最低値となるが、加温終了後25分にはわずかに上昇した。足温器は加温開始後上昇し、加温開始後15分で最高値となり、加温終了後には急激に低下し、加温終了後30分にかけて徐々に低下した。

表2 皮膚表面温度の測定値 (°C)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=18)	平均値	33.18	38.03	38.41	38.39	33.75	32.85	32.78	32.99	33.11	33.07
	標準偏差	0.90	0.56	0.46	0.44	0.60	0.93	0.95	1.08	1.06	1.00
足温器(n=26)	平均値	33.57	36.05	36.97	37.29	34.81	34.13	33.90	33.84	33.77	33.66
	標準偏差	0.96	0.96	1.06	1.07	0.83	0.95	0.99	1.01	1.05	1.03

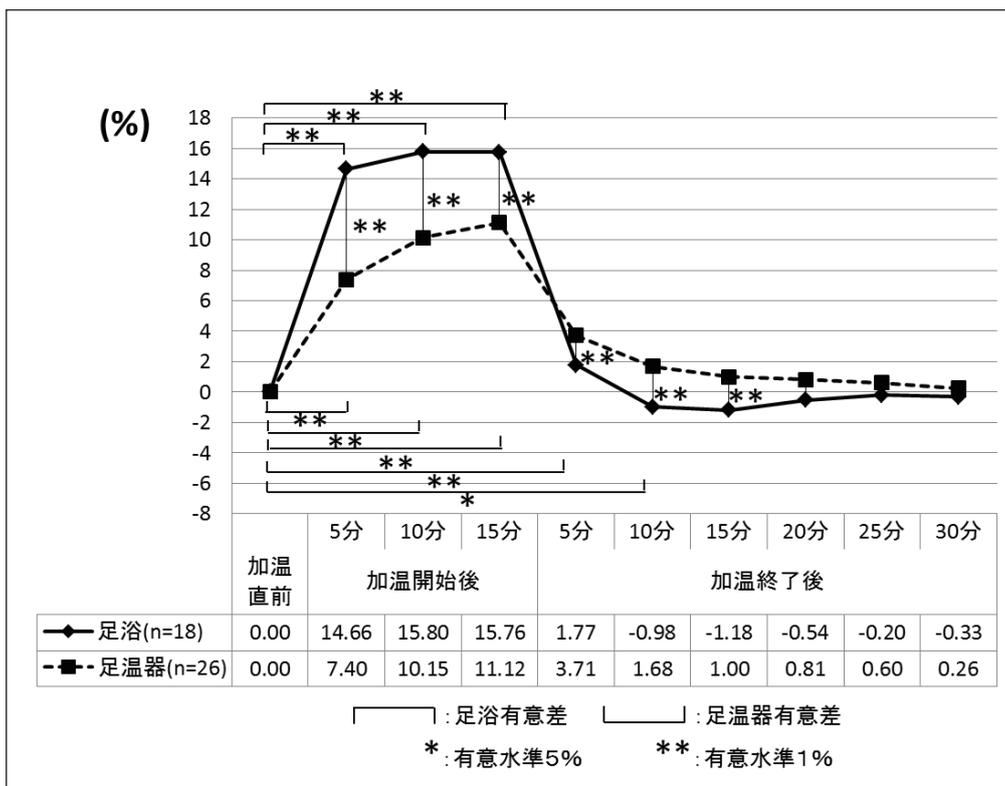


図3 皮膚表面温度の変化率 (%)

3) 深部温の変化

深部温の測定値を表3、変化率を図4に示した。各時間における足浴と足温器の深部温は、有意差は認められなかった。足浴と足温器それぞれの経時的変化は、一元配置分散分析では、両群共に有意差は認められなかった。

4) 脈拍の変化

脈拍の測定値を表4、変化率を図5に示した。各時間における足浴と足温器の脈拍は、加温開始後5分から加温終了後5分まで有意差が認められた (p < 0.05)。足浴は加温開始後5分から増加し、足温器は減少した。両群は相反する変動を示した。足浴と足温器それぞれの経時的変化は、一元配置分散分析では両群共に有意差は認められなかった。足浴

は加温開始後5分から加温終了後5分にかけて増加した。足温器では加温開始後5分に減少し、加温終了後10分まで横ばいであった。足浴と足温器共に加温終了後15分では一時的に増加したが、加温終了後25分にかけて減少、加温終了後30分には再び増加した。

5) 収縮期血圧の変化

収縮期血圧の測定値を表5、変化率を図6に示した。各時間における足浴と足温器の収縮期血圧は、有意差は認められなかった。足浴と足温器それぞれの経時的変化は、一元配置分散分析では、両群共に有意差は認められなかった。足浴と足温器共に加温開始後15分にかけて低下するが、加温終了後10分には上昇し、再び加温終了後15分には低下するという同様の変動を示した。しかし、足浴

表3 深部温の測定値 (°C)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=11)	平均値	35.98	35.91	35.91	35.80	35.77	35.82	35.81	35.89	35.78	35.74
	標準偏差	0.38	0.49	0.56	0.41	0.38	0.39	0.42	0.28	0.41	0.45
足温器(n=12)	平均値	35.98	35.87	35.87	35.91	35.71	35.77	35.86	35.93	35.91	35.99
	標準偏差	0.38	0.53	0.33	0.27	0.56	0.58	0.46	0.46	0.41	0.45

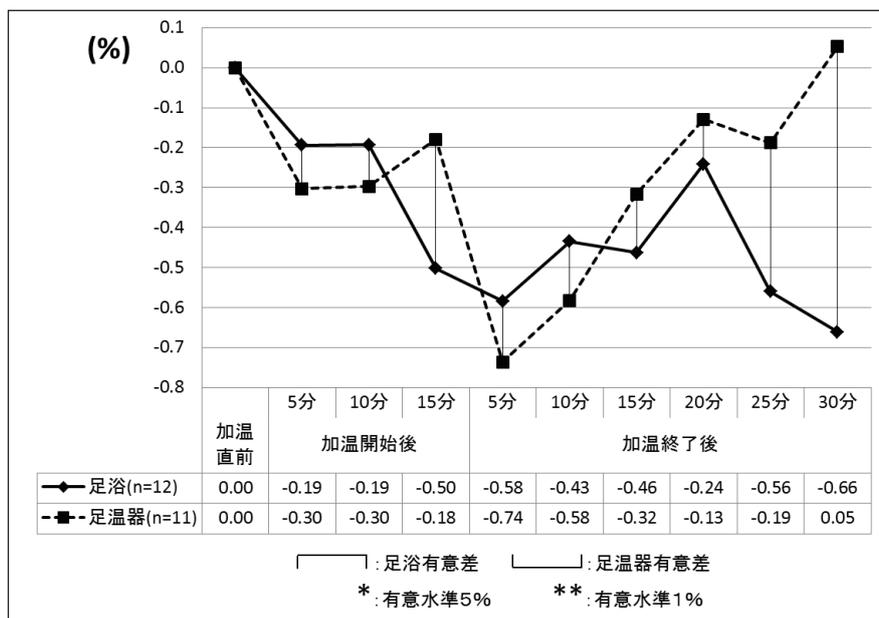


図4 深部温の変化率 (%)

表4 脈拍の測定値 (回/分)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=13)	平均値	70	73	73	74	75	73	74	72	70	75
	標準偏差	6	7	7	6	6	7	5	6	8	5
足温器(n=13)	平均値	74	71	72	71	71	71	73	72	71	74
	標準偏差	10	9	10	10	9	9	8	6	8	9

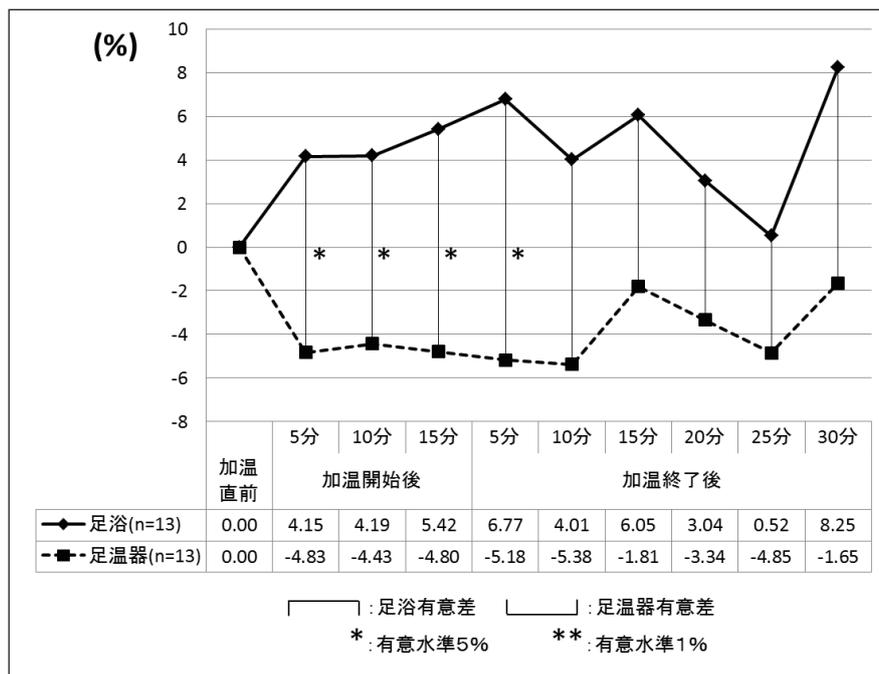


図5 脈拍の変化率 (%)

は加温終了後30分にかけて上昇するが、足温器は横ばいとなった。

6) 拡張期血圧の変化

拡張期血圧の測定値を表6、変化率を図7に示した。

各時間における足浴と足温器の拡張期血圧は、有意差は認められなかった。足浴と足温器は相反する変動を示した。

足浴と足温器それぞれの経時的変化は、一元配置分散分析では、両群共に有意差は認められなかった。

7) SpO₂ の変化

SpO₂の測定値を表6、変化率を図7に示した。

各時間における足浴と足温器のSpO₂は、有意差は認められなかった。両群は同様の変動を示した。

足浴と足温器それぞれの経時的変化は、一元配置分散分析では、両群共に有意差は認められなかった。

6. 考察

1) 足背の皮膚血流量の変化に関して

足浴は、加温開始後5分で急激に皮膚血流量が増加している。皮膚血管は豊富な交感神経の支配があり、

その働きによって調節されている。交感神経の活動が亢進し、皮膚血管が収縮すると、末梢血管の血液量が減少し、高温環境下では逆に交感神経の活動が抑制されると皮膚血管は拡張し、血流量が増加上昇する⁴⁾⁵⁾⁶⁾。湯による温度刺激で、皮膚血管の収縮運動を支配している交感神経の活動が抑制され、皮膚の血管拡張により皮膚血流量が増加したと考えられる。しかし、加温終了後5分には、急激に血流量が低下する。これは気化熱の影響により皮膚表面温度が低下し交感神経が抑制され、皮膚血管の収縮により皮膚血流量が減少したと考える。

足温器は、足浴と比較して皮膚血流量の増加は急激ではなく緩やかであるが、加温開始後15分では同等の変化率となる。加温終了後は、足浴と同様に皮膚血流量の減少は起こるが、湯を使用しないため、気化熱の影響が少ない。そのため加温終了後30分を経過しても、加温直前の皮膚血流量以上を維持していると考ええる。気化熱の影響が少ないということは、加温終了後長い時間にわたって末梢の血液循環を維持することができると考ええる。

足温器は、足浴と比較して、急激な皮膚血流量の増加は期待できないが、変動が少なく末梢の血液循環を

表5 収縮期血圧の測定値 (mm Hg)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=13)	平均値	100.7	101.0	99.8	99.8	101.2	102.6	100.1	100.5	102.2	102.4
	標準偏差	7.5	6.4	7.0	6.0	6.6	8.0	8.2	7.5	8.6	6.0
足温器(n=13)	平均値	103.2	102.2	101.1	100.8	101.7	104.5	99.9	100.2	99.5	100.5
	標準偏差	5.6	7.1	5.1	6.1	6.4	11.1	6.6	6.6	5.3	6.5

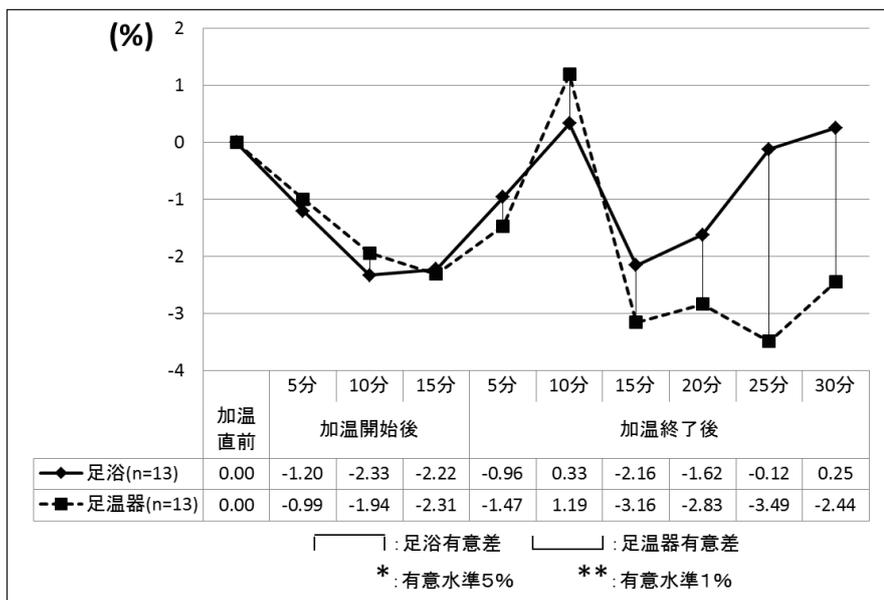


図6 収縮期血圧の変化率 (%)

表6 拡張期血圧の測定値 (mm Hg)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=13)	平均値	65.8	66.5	65.8	64.8	63.9	65.6	65.4	66.3	66.5	65.6
	標準偏差	6.1	7.0	6.9	9.3	5.9	7.0	7.5	5.7	6.7	6.1
足温器(n=13)	平均値	64.6	62.0	62.5	63.7	64.5	64.0	62.7	65.2	64.6	66.3
	標準偏差	6.1	4.9	5.1	6.2	6.2	6.5	6.7	6.9	5.8	6.3

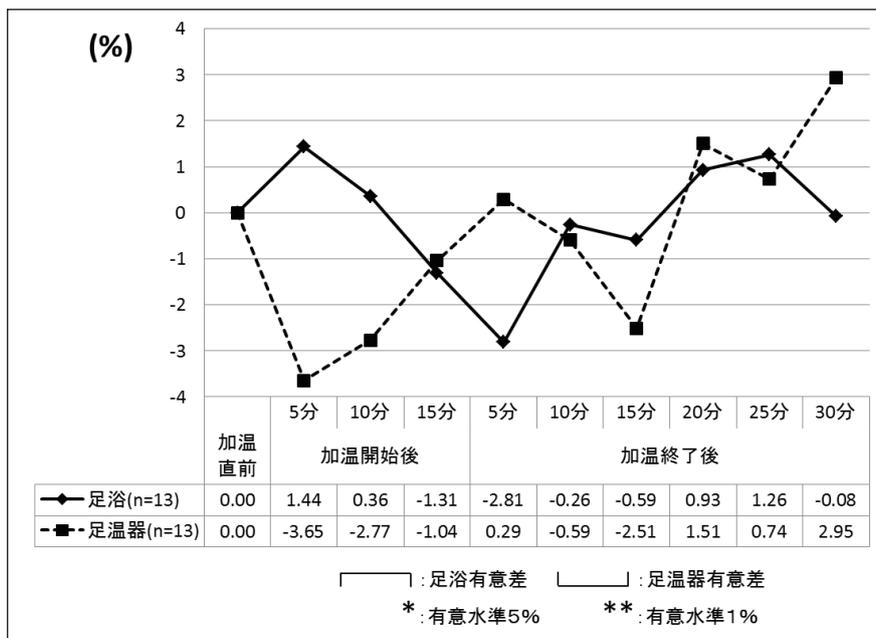


図7 拡張期血圧の変化率 (%)

表7 SpO₂の測定値 (%)

		加温直前	加温開始後			加温終了後					
			5分	10分	15分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
足浴(n=13)	平均値	97.7	97.4	97.7	97.8	97.2	97.5	97.4	97.6	97.8	98.1
	標準偏差	1.0	0.8	1.0	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9	0.6
足温器(n=13)	平均値	97.6	97.5	97.3	97.7	97.3	97.3	97.8	97.5	97.7	98.1
	標準偏差	0.9	0.7	0.8	0.5	0.9	0.9	1.2	0.8	0.6	0.8

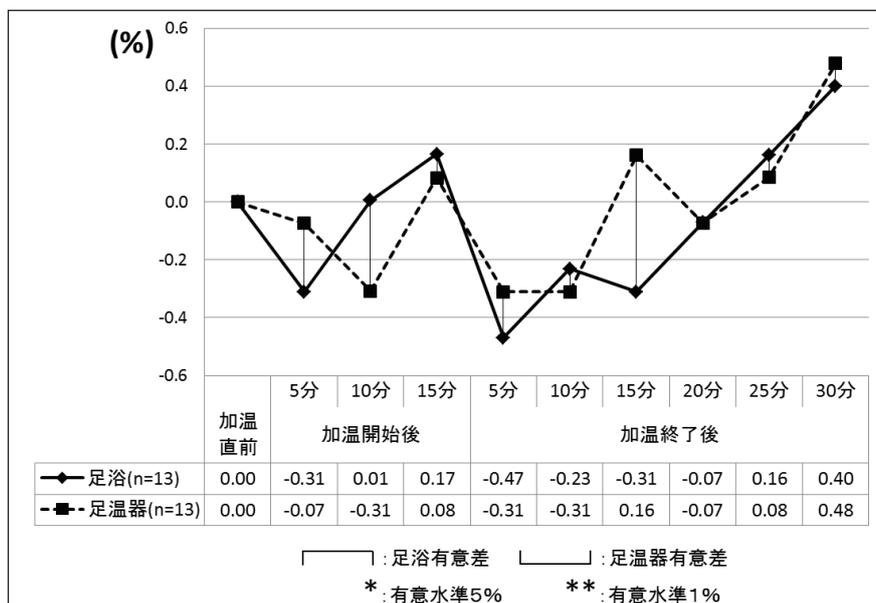


図8 SpO₂の変化率 (%)

長く維持できる加温方法であることが示唆された。

実験に用いたプローブは、装着した皮膚表面から半径約 1 mm の半球形領域の皮膚血流量を測定している。このことから、皮膚表面温度の低下が加温終了後の皮膚血流量の減少に影響していたと推測される^{7) 8)}。

2) 足背の皮膚表面温度の変化に関して

足浴は、加温開始後 5 分で急激に皮膚表面温度が上昇している。中村の研究で検証されているが、湯の中にプローブを浸漬しているため、測定部位のセンサーが湯温の影響を直接受けている可能性が強いことが考えられる⁸⁾。加温終了後 5 分後には急激に低下しているが、外気温に晒され気化熱の影響によるものと考えられる。テープが水分を含んだことで、より気化熱の影響を強く受けた可能性がある。実験の中には、テープ内側に水分が浸潤し水滴が付着していた状態も認められており、皮膚表面温度を低下させていた原因であると考える。加温終了後 25 分には、加温直前の皮膚表面温度に近い状態に戻ったことは、皮膚に付着した水分の気化が終了したことが考えられる。

足温器もプローブに遠赤外線が照射されることによる影響を受けていることも考えられるが、足浴と比較して皮膚表面温度の上昇は緩やかである。中村の研究では、プローブを湯に浸漬しないで足背の皮膚表面温度を測定できる方法を考案している⁸⁾。足温器の皮膚表面温度の変動は、その方法で行った実験と酷似している。足温器は足浴と比較して、周囲の環境温度による影響が少なく、実際の表面温度に近い値を示していたと考えられる。

足温器は足浴ほどの急激な加温効果は得られない可能性がある。しかし、加温終了後は気化熱の影響が少なく、加温効果を長く維持できる可能性があることが示唆された。

3) 深部温の変化に関して

今回の実験では、両群共に加温直前から加温終了後 5 分にかけて深部温が低下している。道上らは、足底部の局所加温に伴う生体反応として、加温開始後からは皮膚血流量の増加、核温の減少が起こることを明らかにした。この現象は、加温部で温められた血液が、加温部位外での熱放散によって冷却され、その後中枢へ還流するために起こっていることが考えられると述べている⁹⁾。両群の経時的な変化に有意差はなかったが、加温による生体反応の現象は、測定結果として現れていると考える。

先行研究では、足浴による生理的変化を観察する指標として、深部温の測定がよく用いられている。前額部による深部温の測定は、肺動脈温度と相関をしていると言われている。しかし、実際の測定値の平均は 35.0℃ 代であり、肺動脈温度を反映しているとは言い難い結果であった。

遠藤らの研究でも、予測された測定値よりも低く $36.69 \pm 0.34^\circ\text{C}$ であったことに疑問を感じ、テルモ研究所に問い合わせたところ、深部温の測定は外気温の影響を受ける可能性があるというコメントであった¹⁰⁾。今回の実験時期が 7 月であり、加温効果を検討する実験であったため、室温が高いと加温することで被験者に不快感を与えると考え、涼しく感じるように室温を $26.0 \pm 3.2^\circ\text{C}$ に設定した。また、プローブを装着した時に、汗をよく拭き取ったが、加温により発汗することで、測定結果に影響を及ぼした可能性も否定できない。

加温終了後は、局所で温められた血液が中枢へ戻ることで深部温が上昇したと考える。足浴では、加温終了後 25 分で再び低下しているが、気化熱の影響により、足部の皮膚表面温度が低下したことで、冷やされた末梢の血液が中枢に戻り深部温が低下したものと考える。足温器は、加温終了後は足浴のように皮膚表面温度の低下がなかったため、加温終了後 30 分には加温直前の値まで戻ったと考える。末梢における皮膚表面の温度変化が、中枢では時間差が生じて影響を受けていると考える。

4) 脈拍の変化に関して

足浴は、湯による急な温度刺激により、交感神経が刺激され脈拍が増加したと考えられる。加温終了後は、足部を足浴器から出し、水分を拭き取る動作や気化熱による影響で再び交感神経が刺激されることで、脈拍が減少することなく経過したと考える。

足温器は、湯を使用しないため足浴に比べて温度刺激が弱いと推測されるため、加温開始後の交感神経への刺激が少なく、副交感神経が足浴のときよりも早く刺激されたことにより脈拍が減少したと考える。

加温開始後 5 分から加温終了後 10 分まで両群は相反する変化を示したが、測定値には大きな差はない。両群共に加温終了後 15 分以降は同様の変化を示している。

足浴と足温器それぞれの経時的変化には有意差がなかったことは、中枢の循環動態に及ぼす影響が少ないと言える。また加温方法の違いにより脈拍の変動に影響

響を及ぼしたことが推測できる。

5) 収縮期血圧の変化に関して

収縮期血圧は、足浴と足温器の両群共に加温開始後は低下した。理由は、皮膚血管の拡張により末梢血管の抵抗が小さくなり血圧が低下するといわれている¹¹⁾。

加温終了後10分は両群共に最も高く上昇した。気化熱の影響により、交感神経が刺激され皮膚血管が収縮し、収縮期血圧の上昇に繋がったと考える。両群共に加温終了後15分には低下したことは、加温終了後の気化熱による影響が少なくなったと考える。しかし、足浴は外気温へ継続的に晒されることで、皮膚血流量は加温終了後20分以降において加温直前以下が続いていたことから、収縮期血圧が再び上昇したと考える。足温器は、加温終了5分後から皮膚血流量の減少が緩やかであることから、収縮期血圧に与える影響が足浴よりも少ないと考える。

6) 拡張期血圧の変化に関して

足浴と足温器は相反する変動を示し、各時間と経時の変化には有意差がなかったことから、加温による影響を拡張期血圧の結果からは推測が困難である。

7) SpO₂の変化に関して

道の上は、加温部で温められた血液が、加温部位外での熱放散が起こると述べられている⁹⁾。足部で温められた血液が、上肢末梢でも熱放散が起こるとすれば、手指の皮膚血管が拡張し皮膚血流が促進され、それに伴いSpO₂も上昇すると考える。加温終了後は、足部が気化熱の影響により皮膚表面温度が低下し皮膚血管が収縮し皮膚血流量が減少すれば、上肢末梢の皮膚血管も収縮し皮膚血流量が減少することでSpO₂も低下したと考える。気化熱の影響は、直接加温されない上肢では一時的であり、下肢で温められた血液が循環することによって再び上肢末梢の皮膚血管が拡張し皮膚血流が促進されSpO₂が上昇したと考える。

しかし、足浴と足温器両群の各時間の比較、経時の変化では有意差がなかったことから、両群がSpO₂に与える影響は少ない。

また、被験者が健康であるため、SpO₂の変動が少なく、測定結果に影響を与えにくかったことも考えられる。

7. 結論

遠赤外線足温器は湯を使用しないため、気化熱による影響が少なく、加温終了後の皮膚表面温度の低下が緩やかであり、加温効果の持続性が認められた。また、加温開始後15分の皮膚血流量の促進は足浴と同等の効果が得られ、加温終了後には血流促進効果の持続性も認められた。

更に足浴と同様に中枢の循環動態を反映する深部温、血圧、SpO₂、脈拍に大きな影響を及ぼさないことが実証された。以上のことから、循環器疾患のある患者や体温調節機能が低下している高齢者の足部の加温には適していると考えられる。

また、足浴よりも準備や片付けの時間を要さないことが実験を通して実感した。遠赤外線足温器は、清潔保持の目的では用いることはできないが、足部の加温や皮膚血流量の促進効果を簡便に提供できる足温方法の1つであると考えられる。

8. 今後の課題

本研究では、遠赤外線足温器の効果について生理的指標を用いて検討した。足浴による心理的効果は、リラクゼーション効果や入眠効果などがあることは先行研究で実証されているが、足温器においても心理的効果との関連性について検討する必要がある。

加温終了後、経時変化の観察においては、本研究では加温終了後30分までとした。しかし、遠赤外線足温器は加温終了後30分を経過しても皮膚血流量は、加温直前を超える測定値を維持しているため、効果の維持できる時間についても検証する必要がある。

皮膚血流量と皮膚表面温度は、レーザードップラー血流計を使用したため、数値のみの一次元データの結果であった。近年、皮膚血流量を二次元データとして可視化できる機器も開発されている。サーモグラフィと併用することで末梢の循環動態を広範囲に分析できるため、本研究を発展させ遠赤外線足温器の効果をより詳しく知ることができると考える。

引用文献

- 1) 平松則子, 大吉三千代, 川島みどりほか: 入眠を促す援助としての足浴の効果について - 足浴が及ぼす生理的変化 -, 日本看護科学学会誌, 14 (3), p.208-209, 1994.
- 2) 豊田久美子: 臨床現場で求められる足浴器具の開発に向けた実態調査, 京都市立看護短期大学紀要, 35, p.163-169, 2010.

- 3) 深井喜代子, 前田ひとみ: 基礎看護学テキスト-EBN 志向の看護実践-, 南江堂, 2010.
- 4) 永坂鉄夫: 体温調節反応, 皮膚血管反応, 温熱生理学, 中山昭雄編, 理工学社, p.126, 1981.
- 5) 林正建二: ナーシンググラフィカ①人体の構造と機能-解剖生理学-, メディカ出版, p.70-73, 2002.
- 6) 佐藤昭夫, 朝長正徳: ストレスの仕組みと積極的対応, 藤田企画出版株式会社, p.185-188, 1991.
- 7) 竹本由佳里, 高橋万子, 佐々木裕子, 丸山良子, 山本真千子: 座位による足浴がもたらす生理的效果について-自立神経活動と循環動態からの評価-, 宮崎大学看護学部紀要, 10 (1), p.37-45, 2007.
- 8) 中村令子: 足浴中の足背部の皮膚温度変化-湯温の直接的影響を受けない実験条件下での検討-, 形態・機能, 5 (2), p.61-67, 2007.
- 9) 道上大策, 神谷厚範他: 足底部局所加温の核温と皮膚交感神経活動に与える影響, 自律神経, 36 (6), p.552-563, 1999.
- 10) 遠藤芳子, 武田淳子, 大池真樹, 丸山真紀子: 電子体温計による腋窩体温と前額部深部温との比較検討, 宮城大学看護学部紀要, 12 (1), p.1-8, 2009.
- 11) 西田直子: 清潔ケアのエビデンス-足浴と生体反応-, 深井喜代子編, 実践へのフィードバックで活かすケア技術のエビデンス, へるす出版, p.77-99, 2006.