

〈原著〉

足浴中の下腿部温度変化に関する基礎的研究 -サーモグラフィを用いた部位別皮膚温測定と経時的変化-

中村令子

弘前学院大学 看護学部

要旨

足浴によって遠隔部位である上肢前腕内側の血流量が増加すること、手指、大腿部、胸腹部でも皮膚温度上昇があることが示されており、足浴の効果は全身に波及することが知られている。温熱刺激は湯に直接浸漬する足部から下腿部へと伝達されることから、下腿部の皮膚温度変化は足浴の効果発現における特性を明らかにするために重要であるが、異なる条件下でさまざまな部位が測定されているため有用性についての比較検討が困難であり、足部に加えられた温熱刺激がどのような経路で伝達されるのかは明らかにされていない。そこで、本研究では下腿部全体の表面温度を同時に示すことができるサーモグラフィを用いて、下腿部5ヶ所の部位別について足浴中の経時的皮膚温度変化を明らかにした。

30～50歳代の健康な女性8名を対象とし、足浴方法は湯温40°Cで両足を足底より約10cmまで10分間浸漬した。サーモグラフィで足浴開始前より足部及び、左右の下腿部を撮影した。また、下腿前面内側上部と下部、後面腓腹部上部と下部、膝蓋内側部の5箇所で足浴前から開始後10分まで1分ごとに温度計測を行った。その結果、足浴開始後約2分から下腿前面内側下部の温度上昇が認められ、大伏在静脈の分布領域と一致した下腿前面内側及び膝蓋内側部において開始後4～5分まで有意な皮膚温度の上昇が認められた。

キーワード：足浴 皮膚温 サーモグラフィ

研究目的

足浴による皮膚温度変化については、遠隔部位である上肢の前腕内側の血流量が増加すること^{1,2)}が明らかにされている。また、手指や大腿部、胸腹部でも皮膚温度上昇があることが示され^{3)～7)}、足浴の効果は全身に波及することが知られている。このことから、足浴による温熱刺激は、足部から下肢へと伝達され、さらに体幹へと伝わっていくと考えられ、足部に続いて温熱刺激が伝達される下腿部の皮膚温度は、足浴の効果発現における特性を明らかにするための指標として有効と考える。しかし、下腿前面⁸⁾、腓腹部⁹⁾¹⁰⁾、膝窩部¹¹⁾で行われた下腿部の皮膚温度測定の結果は、有意な温度上昇があつたとするものと、なかつたとするものが混在している。また、それぞれの測定条件が異なることや、部位が明確に示されていないものもあるため、研究結果の比較検討が行えない現況にある。

本研究に先立ち、予備実験として4名の健康な対象者に湯温40°Cで10分間の足浴を行い、浸漬部位からすぐ上の下腿前面内側と下腿後面腓腹部中央で皮膚温を測定

したところ、両部位における測定温度結果に差異が認められた。しかし、皮膚温測定用プローブは、貼付部位の温度を点として捉えるものであることから、測定対象箇所としたプローブ貼付位置のずれが生じやすく、複数の対象者で測定部位を一定にすることは困難であった。また、下腿部全体の皮膚温度分布を知るための同時測定も難しいことから、体表面の広範な領域の温度を同時に示すことができる測定機器であるサーモグラフィを用いて、足浴中の下腿部全体の皮膚温を観察することが有効と考えた。

そこで本研究では、サーモグラフィを用いた足浴中の下腿部の撮影、及びこれまでの種々の研究において測定部位として用いられた下腿部5ヶ所^{8)～11)}の皮膚温度測定により、足浴中の経時的皮膚温度変化を明らかにすること目的とした。

研究方法

1. 被験者と実験環境

30～50歳代の健康な女性8名(平均年齢36.4±7.3歳)を対

象とした。実験は平成16年5月から7月に実施した。測定開始時間は14時前後とし、1日あたり1名の足浴実験を実施した。

2. 足浴方法

体位は坐位とし、足浴前に四つ折にしたバスタオルに足底を置いた状態で15分間の安静時間をとった。

足浴は両足を同時に同溶液に10分間浸漬することとし、足底より外踝上まで約10cmを足浴加温範囲とした。湯温は恒温槽(タイテック・サーモミンダーSM-05R・湯量6リットル)により、40°Cに保つこととした。

湯温を40°Cに、また浸漬時間を10分間とした根拠は、湯温40°Cは、糖尿病で末梢循環障害、神経障害がある場合の足浴に用いられている¹²⁾こと、事前に報告した基礎的研究の結果¹³⁾から、湯温40°Cで足背部皮膚温が最高温度に達するのは、足浴開始17分後であり、10分間の浸漬時の平均皮膚温は37°Cであったことから、足部の皮膚に与える刺激が少なく安全性が高いと判断されたことによる。同報告において、足背部皮膚温は、湯温42°Cでは足浴開始後5分までは40°C、41°Cと比べて低く経過し、以後上

昇することが示されている。さらに健常者を対象とした実験において、心拍変動解析から湯温40°Cでのリラクゼーション効果が検証されている¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾が、湯温42°Cでは覚醒度を高める効果があること¹⁷⁾¹⁸⁾、収縮期血圧と心負荷係数の有意な上昇があり、脳圧や交換神経機能の亢進が示唆されることが報告されている¹⁹⁾²⁰⁾。以上のことから、本研究では湯温40°Cを設定温として用いた。

3. 測定方法と測定項目

サーモグラフィ(日本アビオニクス・ネオサーモTVS-700)を用いて足部及び下腿部を撮影した。

被験者は下腿部の内側部と外側部が同時に撮影できる体位で足浴を行い、左右両足を撮影した。撮影時の下腿部の配置と温度計測部位を図1に示した。温度計測部位は、先行研究における測定部位として用いられることが多い^{8)~11)}、下腿前面内側上部と下部、後面腓腹部上部と下部、膝蓋内側部の5箇所とし、サーモグラフィの画像から、足浴開始1分前から開始後10分まで、1分毎に計測した。

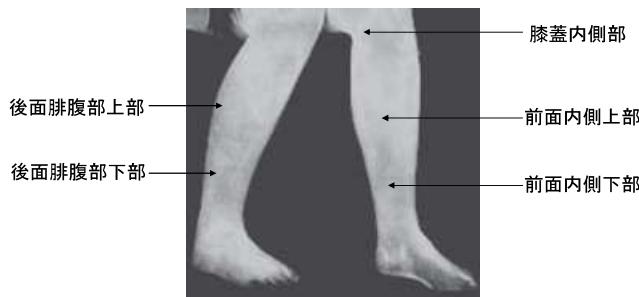


図1. 下腿部の配置と温度計測部位

4. データ分析方法

足浴前から終了後までの映像を観察し、2分後、5分後、10分後の映像を記録した。また、画像から得られた下腿前面内側上部と下部、後面腓腹部上部と下部、膝蓋内側部の5箇所での皮膚温度の測定値について、反復測定による一元配置分散分析を行なった。その後の多重比較にはDunnetの検定を用いた。PCを用いた統計解析ではSPSS12.0 for Windowsを用いた。

5. 倫理的配慮

事前に研究の目的、方法、データ処理の方法と結果の公開について、文書を用いて説明し、同意書の提出によって了解を得た。また、実験の開始にあたっては、研究へ

の参加は自由意志であり、承諾後、実験の途中であっても中止できることを説明した。

結果

室温は平均 $24.7 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、また湿度は50~60%とほぼ一定であった。

サーモグラフィによる皮膚温度測定の結果を図2に示す。足浴前、2分後、5分後、10分後のサーモグラフィ測定画像においては、対象者8例全員の下腿部同一領域において、ほぼ同様の皮膚温度の変化が認められた。足浴開始後約2分から下腿前面内側下部に線状を示す皮膚温の変化が認められ、5分後には中枢側に向かって延長した。時間の経過とともに変化の範囲は拡大し、10分後には浸漬

部位の直上から中枢側に向かって、内側部全体に広範で、より明確な温度上昇が認められた。下腿外側部から後

面腓腹部にかけての範囲の皮膚温の変化はなく、足浴開始前と同様の状態であった。

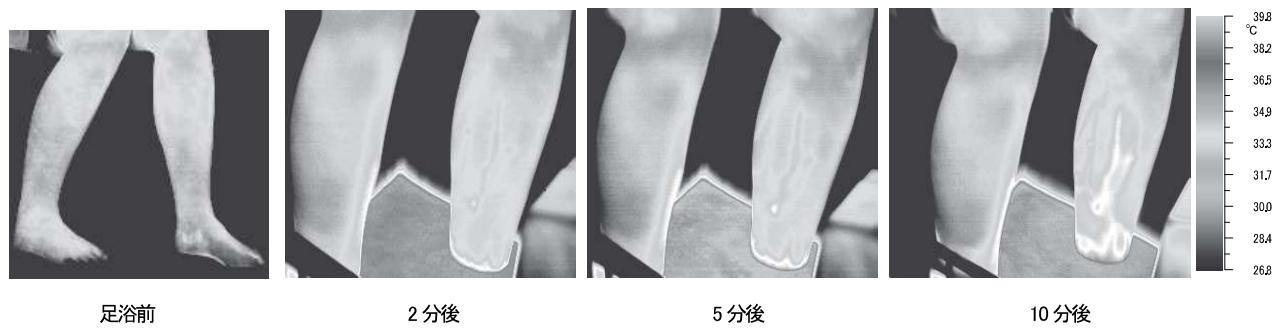


図2. 足浴前から足浴10分までの下腿部皮膚温度変化

サーモグラフィの画像から、5箇所の測定部位で1分毎に計測した皮膚温の経時的变化を図3に示した。足浴開始と比較すると下腿前面内側下部の温度上昇が最も大きく、これに次いで下腿前面内側上部、膝蓋内側部に温度上昇が認められた。分散分析の結果、下腿前面内側下部($F(10,60)=56.11, p=0.00$)、下腿前面内側上部($F(10,70)=14.66, p=0.000$)、膝蓋内側部($F(10,70)=10.45, p=0.000$)で有意な上昇があり、多重比較

の結果、足浴開始後10分と比較して、下腿前面内側下部と上部では、開始から5分まで、膝蓋内側部では開始から4分までに有意な上昇があった(表1)。下腿后面腓腹部下部は前 30.38 ± 0.84 (mean \pm SD) $^{\circ}\text{C}$ 、足浴開始後10分 30.83 ± 1.08 $^{\circ}\text{C}$ 、後面腓腹部上部は前 30.78 ± 0.60 $^{\circ}\text{C}$ 、足浴開始後10分 30.88 ± 0.76 $^{\circ}\text{C}$ であり、有意な温度上昇はなかった。

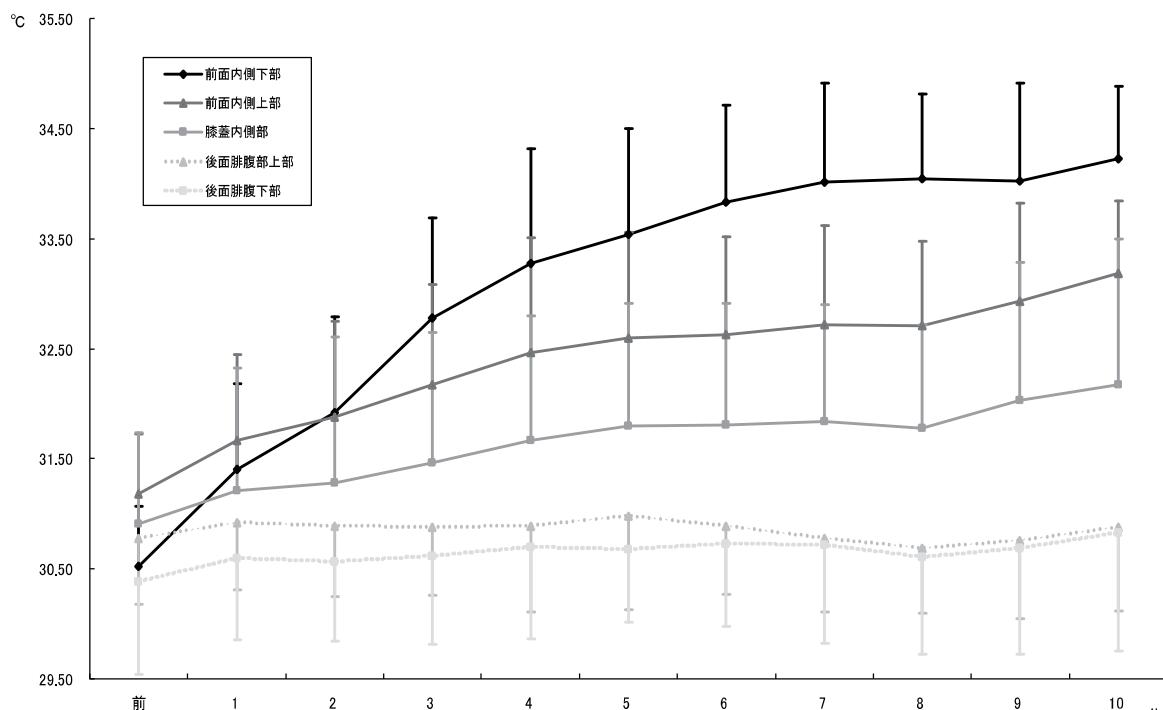


図3. 足浴による下腿部の皮膚温度変化

表1. 下腿前面内側と膝蓋内側部の1分ごとの測定値と10分後との比較

	下腿前面内側下部	下腿前面内側上部	膝蓋内側部
	平均値±標準偏差 (有意確率)	平均値±標準偏差 (有意確率)	平均値±標準偏差 (有意確率)
前	30.52±0.56	31.18±0.55	30.91±0.82
1分後	31.40±0.42 (p=0.000)	31.67±0.72 (p=0.000)	31.21±1.1 (p=0.000)
2分後	31.92±0.61 (p=0.000)	31.88±0.81 (p=0.000)	31.28±1.33 (p=0.000)
3分後	32.78±0.87 (p=0.000)	32.17±0.91 (p=0.000)	31.46±1.20 (p=0.001)
4分後	33.27±0.96 (p=0.000)	32.47±1.04 (p=0.007)	31.67±1.13 (p=0.035)
5分後	33.53±1.04 (p=0.004)	32.60±0.96 (p=0.043)	31.80±1.11
6分後	33.83±0.92	32.63±0.89	31.81±1.10
7分後	34.02±0.88	32.72±0.90	31.84±1.07
8分後	34.04±0.70	32.71±0.77	31.77±0.95
9分後	34.03±0.75	32.94±0.88	32.03±1.25
10分後	34.23±0.76	33.18±0.66	32.17±1.33

考察

サーモグラフィは、非接触、非侵襲的に皮膚温度を面で測定することができ、皮膚温度測定用プローブでの測定における貼付部位の差による誤差をなくすことが可能である²¹⁾。サーモグラフィでの撮影を行うことによってこれまで明らかにされていなかった足浴中の下腿部の広範囲な皮膚温度変化をとらえることが可能となり、下腿部の足浴による部位別温度変化の様子を明らかにすることができた。この結果から、足浴時の皮膚温度測定部位の選定及び足浴効果について考察した。

1. 足浴時の皮膚温度測定部位について

足浴による皮膚温度変化は、下腿部の下腿前面内側下部での温度上昇が最も大きく、それに続き下腿前面内側上部、膝窩部でも有意な温度上昇が認められた。その他の部位では有意な温度変化が認められなかった。本研究の結果から、足浴による下腿部の皮膚温度変化は一律ではなく、部位による差があることが明らかになった。これまでの研究において、村上と沼山⁸⁾は、湯温42°Cで20分間の足浴により、下腿前面で有意な温度上昇が認められたとした。この実験の測定が下腿の内側か外側かの詳細な記述はないが、今回は下腿前面内側部で有意な皮膚温度の上昇が認められた。荒川ら¹¹⁾は、40～41°Cでの20分間の足浴で、膝窩部に有意な皮膚温度の上昇があったとしている。本研究においては膝蓋内側部で有意な皮膚温度上昇が認められた。さらに、荒川ら¹¹⁾による実験で用いられた足浴方法と比較して、本研究ではより低温の40°Cの湯温で、さらに10分間という1/2の加温時間で有意な温度上昇がおこることが明

らかになった。腓腹部に関しては、杉浦ら⁹⁾と竹本ら¹⁰⁾の実験では皮膚温度の有意な上昇が得られなかつたとしているが、本研究においても同様に後面腓腹部上部、後面腓腹部下部とともに、有意な温度上昇は認められなかつた。これに対し、竹本ら¹⁰⁾は腓腹部の皮膚温度が足浴中に有意に低下したとしている。この実験においては、被験者の安静時の体位をベッド臥床とし、その後足浴時に座位としていることから、安静時にベッドに接していたことによって上昇した皮膚温が、座位となつたことにより低下したものと推測される。

サーモグラフィによる撮影からは、足部に加えられた温熱刺激が中枢側に向かって次第に伝達される様子が時間経過とともに描出された。下腿前面内側下部から膝蓋内側部に向かう領域で線状の皮膚温度の上昇が認められたが、この温度変化領域は皮静脈である大伏在静脈の分布領域と一致する。したがって、撮影された温度変化は、大伏在静脈周囲の組織温度の上昇を反映していると考えられる。足浴による下腿部の皮膚表面温度の変化は、表在的には大伏在静脈から大腿静脈へ向かう皮静脈の分布領域において最も明確に測定できることが明らかになった。

以上のことから、下腿前面内側から膝蓋内側部にかけての領域は、足浴による温熱刺激の効果としての皮膚温の変化をとらえられる測定部位として有効と考える。これらの部位は湯に浸漬しない部位でもあることから、湯温の直接的な影響を受けずに測定することが可能であり、今回使用した40°C以外の湯温についての検証、並びに遠隔部位である上肢の前腕内側の血流量¹²⁾や、手指、大腿部、胸腹部の皮膚温度測定^{3)～7)}の結果との関連の検証においても有効な測定部位であると考える。

2. 足浴効果について

下腿前面内側下部から膝蓋内側部に向かう皮膚温度上昇は足浴開始後約2分という早期から認められた。また、下腿前面内側下部と上部では開始から5分まで、膝蓋内側部では開始から4分までの皮膚温度上昇が大きいことが明らかになった。湯温40°Cの足浴では、足背部の皮膚温が最高温に達するには17分を要することが明らかにされている¹³⁾。本研究において、同様の足浴条件において開始後早期に下腿部の静脈の分布域に一致した皮膚温度の上昇が認められたことで、足背部の温度上昇とともに、温熱刺激が下腿部から、より中枢側に向けて伝達されていることが明らかになった。足浴の浸漬時間の設定に関して他の報告では、5～20分までと様々な時間設定が使用されているが、その根拠として足背部の皮膚温が充分に上昇するのに必要とされる時間が設定値として用いられことが多い¹³⁾。本研究において、下腿部の温度上昇の様子を明らかにしたことは、足浴の浸漬時間の検討に新しい視点からのデータを提供するものと考える。今後、より中枢側である体幹部や上肢での皮膚温度測定、対象者の主観的な感想の評価を行うことによって、さらなる検討を進めて行きたい。

結論

湯温40°Cで10分間の足浴によって、大伏在静脈の分布領域と一致した下腿前面内側及び膝蓋内側部においては、開始後4～5分までに有意な皮膚温度の上昇が認められた。足浴加温後、後面腓腹部上部、後面腓腹部下部での温度上昇は認められなかった。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、終始あたたかいご指導をくださいました岩手県立大学武田利明教授に感謝申し上げます。

本論文は、岩手県立大学看護学研究科博士後期課程に提出した博士論文の一部である

引用文献

- 1) 稲見すま子, 井関典子, 篠崎ゆかり, 内海滉：皮膚血流量から見た足浴の温度と効果, 日本看護研究学会誌. 1989 ; 12(2) : 78-79
- 2) 稲見すま子, 内海滉：足浴の研究－刺激部位別にみた温湯による皮膚血流量－, 日本看護研究学会誌. 1989 ; 12(2) : 79
- 3) 香春知永：足浴ケアが生体に及ぼす影響, 小松浩子, 菱沼典子(編), 看護実践の根拠を問う(1), 南江堂, 2002, 1-11
- 4) 伊藤千代子：足浴面積および部位に関する研究, 三重看護. 1990 ; 11 : 33-36
- 5) 土江淳子：足浴が睡眠に及ぼす影響について—脳波と皮膚温から—, 日本看護研究学会雑誌. 1992 ; 15(2) : 90-91
- 6) 山本敬子, 川島みどり：温熱刺激を主とした足浴法の改善例(2)—末梢温・中枢温からみたリラクセーションとの関連—, 日本看護科学会誌. 1992 ; 12(3) : 108-109
- 7) 平松則子, 大吉三千代, 川島みどり, 菱沼典子, 香春知永, 操華子：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－, 日本看護科学会誌. 1994 ; 14(3) : 208-209
- 8) 村上静子, 沼山史子：皮膚温から見た局所加温の影響, 京都市立看護短期大学紀要. 1986 ; 11 : 19-22
- 9) 杉浦浩子, 梶間和枝, 竹内淑子：足浴時の生理的・心理的变化にみられる個人差の検討, 岐阜大学医療短期大学部紀要. 1999 ; 5 : 135-142
- 10) 竹本由香里, 高橋方子, 佐々木裕子, 丸山良子, 山本真千子：足浴がもたらす生理学的効果について—自律神経活動からみた科学的評価—, 第23回日本看護科学学会学術集会講演集. 2003 ; 327
- 11) 荒川千登世, 豊田久美子, 越智早苗, 大隈節子：足浴の心理的効果と身体に及ぼす影響, 日本看護科学会誌. 1996 ; 16(3) : 136
- 12) 阿部邦子：糖尿病下肢血流障害のある患者の足浴効果, 臨床看護. 2003 ; 29(2), 201-206
- 13) 中村令子：足浴中の足背部の皮膚温度変化に関する基礎的研究—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. 2007 ; 5(2) : 61-67
- 14) 清水祐子, 佐藤みつ子, 永澤悦伸, 小森貞嘉：仰臥位足浴による心臓自律神経活動の変化—若年健康女性を対象に—, 山梨医科大学紀要. 2001 ; 18 : 31-34
- 15) 金壽子, 志自岐康子, 城生弘美, 水戸優子, 習田明裕, 斎藤宏：足浴による入眠効果の測定(3), 日本看護科学学会学術集会講演集. 2000 ; 20 : 245
- 16) 香春知永, 菱沼典子, 操華子, 橋山美樹, 平松則子, 川島みどり他：入眠を促す援助としての足浴の効果—自律神経の影響に焦点を当てて—, 日本看護科学会誌. 1995 ; 15(3) : 29
- 17) 豊田久美子：フットケア看護技術としての驚くべき効果, 看護技術. 2001 ; 47(6) : 659-663

- 18) 西田礼子, 楊箸隆哉 : 足浴が及ぼす生理・心理的影響, 日本看護研究学会雑誌. 1999 ; 22(3) : 410
- 19) 楊箸隆哉, 西田礼子, 石川千津, 坂口けさみ, 大平政美, 木村貞治他 : 足浴が及ぼす生理・心理的影響(2)－心拍変動解析の結果から－, 日本看護研究学会雑誌. 2000 ; 23(3) : 398
- 20) 許鳳浩, 上馬場和夫 : 足浴による温度依存性の循環系の変化－全身循環, 脳循環, 末梢循環の変化について－, 日本温泉気候物理医学会誌. 2003 ; 66(4) : 214-226
- 21) 中島節夫, 山城一郎 : サーモグラフィで見るリラクゼーション, 心身医療. 1990 ; 2(12), 5-11

(2008年4月11日受付, 2008年6月6日受理)

<Original Article>

A Basic Study of Changes in Lower Leg Temperature during a Warm Foot Bath : Thermographic Measurement of Region-specific Skin Temperatures and Their Temporal Changes

Reiko Nakamura

Faculty of Nursing Hirosaki Gakuin University

Abstract

It is known that the effect of a warm foot bath spreads throughout the entire body. Since thermal stimulation is transmitted to the lower leg from the foot, changes in skin temperature are important parameters for clarifying the characteristics of the effects of a warm foot bath. However the path of thermal stimulation applied to the foot region has yet to be clarified. This study describes temporal and region-specific changes in the skin temperatures of five regions within the lower leg region measured using a thermographic equipment.

The subjects comprised 8 healthy women, each of whom immersed both feet in hot water at 40° C for 10 min, during which temperatures at five regions were measured repeatedly at 1-min intervals. It was found that the temperature at the lower anterior medial surface of the lower leg began to rise 2 min after the start of the foot bath. At the anterior medial surface of the lower leg and the popliteal region, which corresponds to the distribution area of the large saphenous veins, a significant increase in skin temperature was observed 4-5 min after the start of the foot bath compared with the skin temperature at the end of the experiment.

Keywords: foot bath, skin temperature, thermography