

# 足浴における人工芒硝泉が 自律神経活動に与える影響

塩澤信良\*・目加田優子\*・秋山嘉子\*・林かほり\*・  
森佳子\*・和田智史\*・上岡洋晴\*\*・川野 因\*\*\*

(平成 18 年 8 月 25 日受付/平成 18 年 12 月 14 日受理)

要約: 本研究は人工芒硝泉による足浴が自律神経活動に及ぼす影響について検討することを目的とした。健康な若年男女計 6 名 (男性 3 名:  $20.7 \pm 0.6$  歳, 女性 3 名:  $21.3 \pm 0.6$  歳) を対象に, 人工芒硝泉浴, 淡水浴, 湯なし条件 (対照座位) の足浴条件を 1 日 1 条件, ランダムな順序で施行した。対象者には 20 分間座位安静をとってもらい, 引き続き足浴前値の測定を行った。足浴は座位にて  $41^{\circ}\text{C}$  (33L) の温湯に両足膝下約 10 cm まで 15 分間浸漬して行った。足浴終了後は対象者自身が水分を拭き取り, 両足を毛布で覆い, 60 分間座位安静を保った。その間, 心拍数, 心拍変動周波数に基づく自律神経活動, 鼓膜温を測定するとともに, 体感温度, 眠気, 疲労感などの主観的評価を Visual Analogue Scale (VAS) を用いて記録した。

その結果, 人工芒硝泉浴及び淡水浴により体感温度は有意に上昇したが, 鼓膜温及び心拍数に有意な変動は見られなかった。また淡水浴後は交感神経活動の有意な亢進が認められたが, 人工芒硝泉浴後はそれが見られなかった。

本結果から人工芒硝泉による足浴は足浴後の交感神経活動の亢進を抑え, 疲労感の低減に寄与する可能性が示唆された。

キーワード: 足浴, 芒硝, 自律神経, 心拍変動, 疲労感

## 緒 言

足浴は全身浴に比して手軽に行える入浴法であることから, かねてより看護の現場で実践されてきた<sup>1)</sup>。しかし足浴は手軽さに加えて, 静水圧の影響が少なく<sup>2)</sup>, 身体への負担も少ない<sup>3)</sup>ことから, 健康者の入浴法としても近年注目を集めている。最近では全国各地の温泉場でも足浴 (足湯) 施設を見かけることも多くなった。

足浴に関してはこれまでに種々の研究がなされている。例えば湯温と快適度の関連については  $38 \sim 41^{\circ}\text{C}$  では快適,  $42^{\circ}\text{C}$  以上になると不快に感じる者が増加するという知見が複数得られている<sup>4-6)</sup>。また浸漬面積<sup>7)</sup>や浸漬時間<sup>8)</sup>と快適度の関連性を検討した報告もある。しかしながら, このような足浴効果と温泉関連成分の関連について, 淡水浴を対照に検討した研究報告は少ない。ヒトを対象に温泉関連成分の効果を正しく評価するためには淡水浴をプラセボとする研究デザインと, 足浴動作による影響を排除する研究デザインが必要であると考えられた。

そこで本研究では淡水浴及び対照座位を対照に, 無色透明・無臭である人工芒硝泉での足浴が心拍変動や鼓膜温, 並びに体感温度, 眠気, 疲労感などの主訴に与える影響について検討した。

## 方 法

### (1) 対象者

N 大学に在籍する健康学生 6 名 (男性 3 名, 女性 3 名) を対象とした (表 1)。対象者の選定条件は, ①参加時点において健康であり, 病気治療中・服薬中ではない者, ②慢性疾患のない者, ③服薬習慣のない者, ④普通体型である者, ⑤喫煙習慣のない者, ⑥足にけがを負っていない者, の全項目を満たす者とした。

対象者には参加前に試験内容について十分な説明を行った後, 文書による同意を得た。本研究プロトコールについては「人を対象とする実験調査等研究計画書」を作成し, 予め本学倫理審査委員会に提出し, 承認を得た。

### (2) 実施期間・環境

各種実験は 2005 年 12 月～2006 年 1 月にかけて本学給食演習室 (室温  $25.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ , 湿度  $30.3 \pm 4.2\%$ , 照度  $244 \pm 22$  Lux, 平均±標準偏差) で行った。

### (3) 測定項目

#### a) 心拍数, 自律神経活動指標

心拍数については胸部  $\text{CM}_5$  誘導による心電図 R-R 間隔

\* 東京農業大学大学院農学研究科食品栄養学専攻

\*\* 東京農業大学地域環境科学部教養分野

\*\*\* 東京農業大学応用生物科学部栄養科学科

をメモリー心拍計 (GMS : LRR-130) に記録した。さらにこの心電図 R-R 間隔を基に、最大エントロピー法による心拍変動スペクトル解析ソフト (諏訪トラスト : Mem-Calc/Tarawa) を用いて、自律神経活動に関連があるとされる周波数帯成分を定量した。定量対象は超低周波成分 (VLF : 0.003~0.04 Hz), 低周波成分 (LF : 0.04~0.15 Hz), 高周波成分 (HF : 0.15~0.4 Hz) の 3 成分である。このうち VLF についてはその生理学的意義が未だ確立されていないものの、LF は交感神経と副交感神経活動の両方を、HF は副交感神経活動を反映することがヒトを対象とした薬理ブロック試験で明らかにされている<sup>9)</sup>。さらに LF/HF 比は交感神経活動指標、また HF/(LF+HF) 比は副交感神経活動指標として有用とされている<sup>9,10)</sup> ことから、本研究では交感神経活動指標に LF/HF 比を、副交感神経活動指標に HF/(LF+HF) 比を用いた。

尚、測定時は自然な安静状態を得るためメトロノーム等を使っての呼吸調整は行わなかったが<sup>11)</sup>、対象者には予めできるだけ一定の呼吸数を保つように指導した。

#### b) 鼓膜温

耳式体温計 (オムロン : MC-505) を用いて測定した。測定は測定時ごとに 3 回行い、平均値を採用した。測定誤差が大きい場合は 4 回以上測定し、値が安定した 3 回分の平均値を用いた。鼓膜温の測定は対象者本人が行い、数値は測定者が記録した。

#### c) 体感温度、眠気、疲労感

目盛りのない 100 mm VAS に対象者が自身の主観的評価として記録した。スケールの左端 (0 mm) と右端 (100 mm) には対義語を配し、体感温度の場合には「寒い」「熱い」、眠気では「眠くない」「眠い」、疲労感では「安楽」「疲労」とした。対象者には熟考せず直感で記録するよう、予め指導した。

#### (4) 足浴条件

足浴にはポリ容器を使用し、41°C (33 L) の温湯に膝下約 10 cm まで 15 分間浸漬した。ポリ容器は湯温保持のため、外側面と底面を 0.8 mm 厚の発泡ポリエチレン製断熱材 (片面アルミ蒸着) で被覆したものをを用いた。

足浴条件は、①人工芒硝泉浴 (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 33 g/33 L), ②淡水浴, ③湯なし条件 (対照座位) の 3 条件とし、1 日 1 条件の施行とした。各人の実施順序はランダムに設定した。①②については湯の種類を対象者に開示しない、いわゆる単純盲検法により実施した。

足浴時の姿勢は椅座位とした。両足浸漬動作及び足浴終了時の動作 (湯の拭き取りなど) については事前に対象者に練習をしてもらい、本番も対象者自身が行った。足浴時以外は保温のため、両足を毛布で覆った。足浴時においては人工芒硝泉浴及び淡水浴では湯温低下を防ぐため、足に触れないよう注意しながらポリ容器上面にラップフィルムを被せた。対照座位の場合は足の冷えを防ぐため、ポリ容器の中でも毛布を巻いたままとした。

食事が自律神経活動に影響する<sup>12)</sup>とされることから、実験前日の朝よりカフェイン飲料、アルコール類、香辛料、

高脂肪食などの摂取を避けるように指導した。また前日・当日に強度の運動を行うことを禁止した。入浴については、前日は全員シャワー浴のみ可とし、当日のシャワー浴・入浴は禁止とした。

女性については性周期が自律神経活動に影響する<sup>13,14)</sup>との報告があることから、全て卵胞期に実験を行った。

#### (5) 実験プロトコール

日内リズムの影響を除去するため、実験は毎回同時間帯に行った。実験当日は被験者には 16 : 30 に実験室に入室を依頼し、16 : 40 より 20 分間安静後、15 分間の安静時測定を行った (pre)。次に足浴を 15 分間行い (bath), 足浴終了後 60 分まで追跡した。足浴回復期の 60 分間については前半の 30 分 (post30) と後半の 30 分 (post60) に分けて測定を行った。鼓膜温及び VAS については各時間帯の最後の 2 分間に測定した。尚、心拍数及び自律神経活動指標については体動の影響を除去するため、上記の各時間帯の最初の 2 分間、及び鼓膜温・VAS 測定を行う最後の 2 分間のデータを集計から除外した。

実験中の読書は可としたが、会話は禁止した。

#### (6) 統計解析

身体特性は平均値±標準偏差 (SD), その他の値は全て平均値±標準誤差 (SEM) で示した。心拍数、LF/HF 比、HF/(LF+HF) 比は足浴前値に対する変化率 (%) で、また VAS の値は足浴前からの増加量 (mm) で表した。VAS の値については直前の数値より±4 mm 以内の変化の場合は誤差とみなし、変化がなかったものとして扱った。

解析には SPSS 12.0J を使用した。正規性が見られた項目に関しては 2 要因に対応のある二元配置分散分析を行い、時間変動及び足浴条件の主効果、並びに時間×足浴条件の交互作用を検討した。さらに足浴条件ごとの足浴前と各時間の比較、及び各時間における足浴条件間の比較は Bonferroni 補正による paired T test を用いて行った。一方、正規性が見られなかった項目に関しては各足浴条件での足浴前と各時間の比較、及び各時間における足浴条件間の比較は Bonferroni 補正による Wilcoxon sign rank test を用いた。

VAS による主観的評価と自律神経活動指標、鼓膜温の関連については、体脂肪が表面温度及び深部温度の変化に影響を与える<sup>15)</sup>とされることから、体脂肪率を制御変数とした偏相関係数を求めた。

いずれも統計学的有意水準は 5% 未満とした。

## 結 果

#### (1) 単純盲検法の効果

人工芒硝泉浴、淡水浴の実験を両方終了した段階で、対象者に対し温湯の種類が判別できたかを尋ねたところ、6 名全員が「分からなかった」と答えた。

#### (2) 心拍数及び自律神経活動

心拍数については、3 条件とも実験中に有意な変化が見

表 1 身体特性

	男性 (n=3)	女性 (n=3)
年齢 (歳)	20.7 (0.6)	21.3 (0.6)
身長 (cm)	171.6 (1.4)	160.1 (9.5)
体重 (kg)	62.4 (4.1)	50.5 (5.7)
体脂肪率 (%)	15.6 (5.6)	23.6 (2.4)
除脂肪体重 (kg)	52.6 (2.3)	38.6 (4.1)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.2 (1.1)	19.7 (1.4)
平均 (SD)		

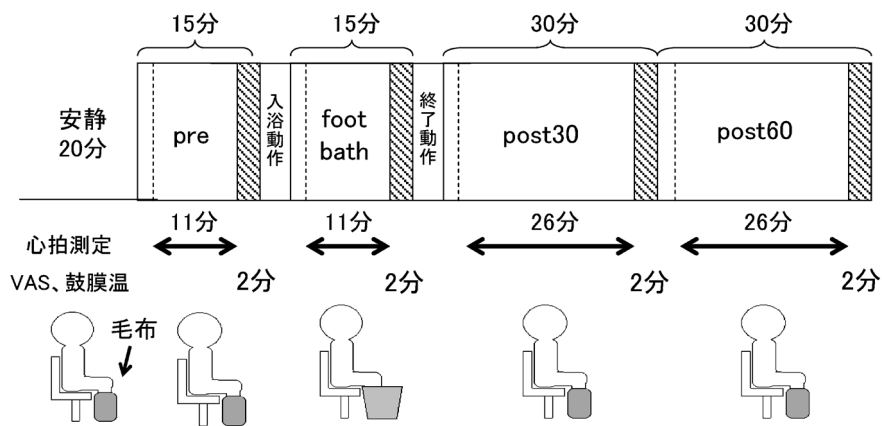


図 1 足浴プロトコール

られなかった (図 2)。淡水浴では足浴中にやや上昇傾向が見られたが、他の 2 条件との差は有意ではなかった。

LF/HF 比は二元配置分散分析の結果、有意な時間変動 ( $p < 0.001$ )、並びに時間  $\times$  条件の有意な交互作用 ( $p = 0.048$ ) が認められた (図 3)。paired T test の結果、人工芒硝浴では有意な時間変動が見られなかったが、淡水浴では足浴後の回復期 30 分、及び同 60 分において足浴前に比し有意な上昇が認められた。その結果、回復期 60 分における人工芒硝浴の LF/HF 比は淡水浴に比し有意な低値を示した。男女間の比較では、淡水浴において、男性の方が女性に比し足浴後により高く上昇する傾向が見られた。

HF/(LF+HF) 比は二元配置分散分析の結果、有意な時間変動が認められ ( $p = 0.003$ )、足浴条件の主効果 ( $p = 0.055$ )、並びに時間  $\times$  条件の交互作用についても有意傾向が見られた ( $p = 0.086$ ) (図 4)。すなわち、人工芒硝浴では有意な時間変動が認められなかったのに対し、淡水浴及び対照座位では足浴前に比べて回復期 60 分で有意に低下していた。それゆえ、回復期 60 分における人工芒硝浴の HF/(LF+HF) 比は淡水浴に比べて有意に高かった。回復期 60 分における個人別の数値を見ると、人工芒硝浴では足浴前に比べて 6 名中 3 名で上昇していたのに対し、淡水浴及び対照座位では 6 名全員が低下していた。

### (3) 鼓膜温

淡水浴では足浴中に鼓膜温が約  $0.1^{\circ}\text{C}$  上昇し、足浴後低

下する傾向が見られたが、3 条件とも有意な時間変動は認められなかった (図 5)。また 3 条件間にも有意な差は認められなかった。

### (4) 体感温度

二元配置分散分析の結果、有意な時間変動 ( $p < 0.001$ )、並びに足浴条件の違い ( $p = 0.023$ ) が認められた (図 6)。すなわち、人工芒硝浴及び淡水浴ではともに体感温度が足浴中に上昇し、足浴後は低下した。人工芒硝浴における足浴後の値は淡水浴に比べて低値傾向にあったが、両群間に有意差は見られなかった。しかし淡水浴と対照座位の間には回復期 30 分 ( $p = 0.016$ ) 及び同 60 分 ( $p = 0.004$ ) において有意差が認められ、対照座位では低下していた。

### (5) 眠気、疲労感

眠気については 3 条件とも有意な時間変動は認められなかった (図 7)。

疲労感については、人工芒硝浴では足浴中に低下し、回復期 60 分で足浴前のレベルに戻った (図 8)。これに対し淡水浴及び対照座位では足浴時にはほとんど変化が見られなかったが、足浴後の回復期に上昇するという傾向が見られた。しかし 3 条件とも個人間のばらつきが大きく、時間及び足浴条件間に有意な差異は認められなかった。

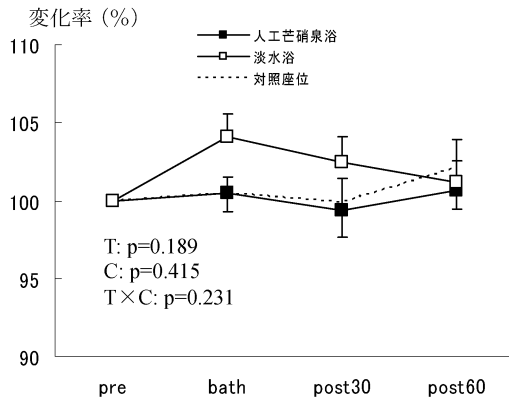


図 2 心拍数の変化

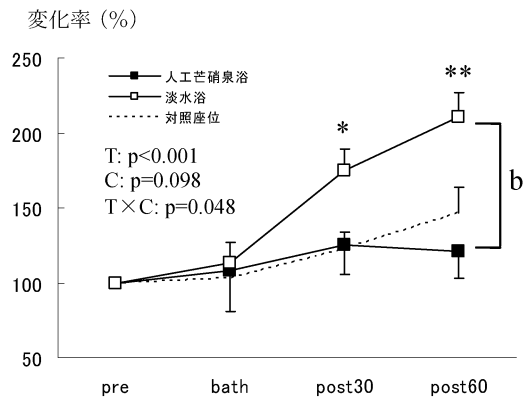


図 3 LF/HF 比の変化

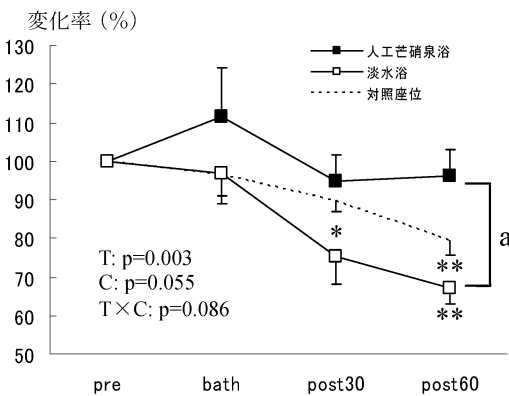


図 4 HF/(LF+HF) 比の変化

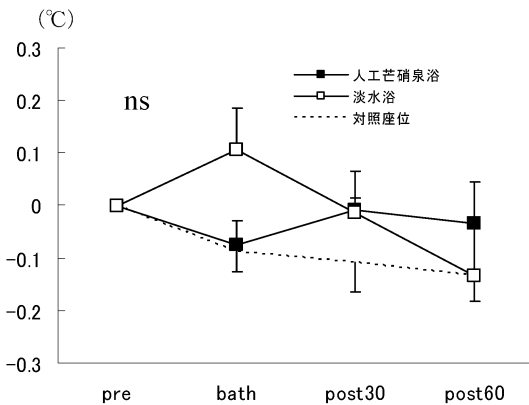


図 5 鼓膜温の変化

値は平均±SEM

T, Time ; C, Condition (Two-way ANOVA for repeated measurements)

\*p<0.05, \*\*p<0.01 vs pre (by paired T test with Bonferroni correction)

a p<0.05, b p<0.01 (by paired T test with Bonferroni correction)

ns (by Wilcoxon sign rank test for each condition)

(6) VASによる主観的評価と自律神経活動指標、鼓膜温との関連

温湯に浸漬した2条件(人工芒硝泉浴及び淡水浴)について偏相関係数(制御変数:体脂肪率)を求めたところ、足浴中の体感温度と眠気の間には正相関の傾向が見られた( $r=0.597, p=0.052$ ) (表2)。また足浴中のLF/HF比変化率と疲労感( $r=0.566, p=0.070$ )、及びHF/(LF+HF)比変化率と疲労感( $r=-0.590, p=0.056$ )の間にも正または負相関の傾向が見られた。

足浴回復期においては体感温度と眠気間に有意な関連は見られなかったが、LF/HF比変化率と疲労感間に有意な正相関が認められ( $r=0.424, p=0.044$ )、HF/(LF+HF)比変化率と疲労感間に有意な負相関が認められた( $r=-0.527, p=0.010$ )。またLF/HF比変化率と眠気( $r=-0.443, p=0.034$ )、疲労感と眠気の間にはいずれも負相関が見られた( $r=-0.411, p=0.051$ )。

考 察

足浴に関する研究は日本以外の国々ではほとんど行われ

ていない<sup>1)</sup>。本格的な足浴研究は1979年の玄田の報告<sup>6)</sup>に始まり、以来種々の報告がなされている。しかしその研究手法は必ずしも科学的水準とはいえないものが多く、例えば炭酸ガス浴や市販の入浴剤を用いた研究<sup>17-19)</sup>では視覚や触覚、匂いなどで、対象者に淡水浴との差が識別されているという問題点がある。さらに足浴の方法も明確に確立されているわけではない。

本研究では実験期間を通じて椅座位とした。先行研究の中には仰臥位による例<sup>20)</sup>も見られるが、本研究は健常者における足浴効果の検討を目的としたため、健常者にとって自然な足浴の姿勢である椅座位を採用した。

温湯は41°Cとしたが、これは宮下らの報告<sup>5)</sup>を参考にした。すなわち、宮下らは女子学生20名を対象に39°Cから43°Cの湯温のうちどの湯温が最も快適と感じるかを夏期(7月)と冬期(12月)に調査した。その結果、冬期では41°Cを快適と答えた者が最も多かったと報告している。本研究では実施期間が冬期であったことから41°Cを湯温として採用した。また本研究では水流による自律神経への影響を防ぐため恒温装置を使用しなかったものの、断熱材の



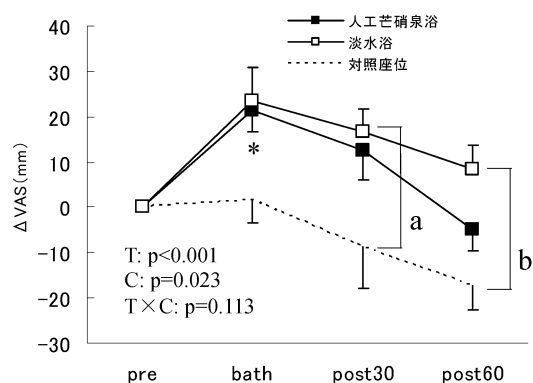


図 6 体感温度の変化

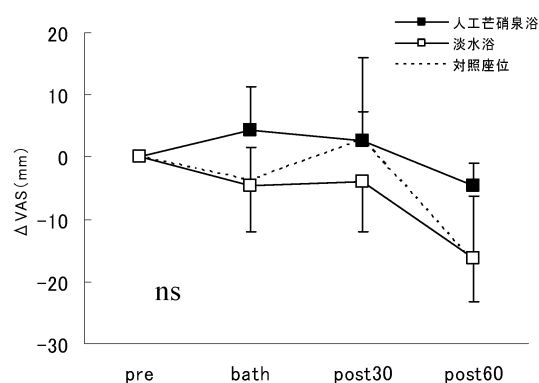


図 7 眠気の変化

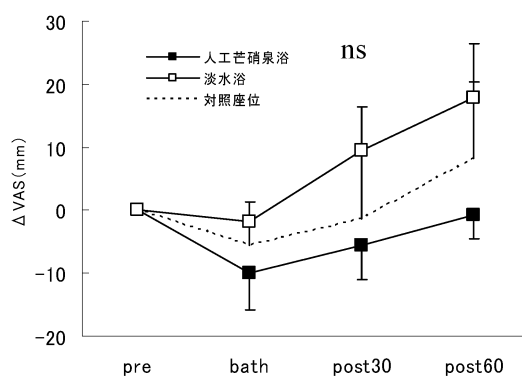


図 8 疲労感の変化

値は平均±SEM

T, Time ; C, Condition (Two-way ANOVA for repeated measurements)

\*  $p < 0.05$  vs pre (by paired T test with Bonferroni correction)

a  $p < 0.05$ , b  $p < 0.01$  (by paired T test with Bonferroni correction)

ns (by Wilcoxon sign rank test for each condition)

使用により 15 分間の足浴中の湯温の低下は  $0.5 \sim 1^\circ\text{C}$  に抑えられた。 $40^\circ\text{C}$  での足浴も快適<sup>4-6)</sup>とされることから、本研究における湯温設定は妥当と思われた。浸漬部位及び浸漬時間に関しては Xu FH. *et al.* の報告<sup>8)</sup>を参考にした。

温泉関連成分としては芒硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) を用い、その濃度は環境省自然環境局制定「療養泉」基準濃度 ( $1\text{g}/\text{kg}$ ) に準拠して  $33\text{g}/33\text{L}$  とした。人工芒硝泉を用いたのは、①無色透明でほぼ無臭、②触感が淡水と同等、③芒硝は天然温泉の含有成分として一般的であり市販入浴剤にも広く用いられている、などの理由からである。

本研究の結果、人工芒硝泉による足浴は淡水浴で見られるような足浴回復期の LF/HF 比の上昇を抑える一方で、HF/(LF+HF) 比の低下を抑える働きのあることが明らかとなった。この原因として人工芒硝泉と淡水の熱伝導性の違いが考えられた。同じ湯温の場合、温泉浴は淡水浴に比べて熱く感じないとされている<sup>21)</sup>。実際に本研究においても、人工芒硝泉浴と淡水浴の両方を終えた対象者に湯温感覚の違いを尋ねたところ、半数の者が人工芒硝泉をぬるく感じたと言った。そして足浴中の鼓膜温は 6 名中 5 名において人工芒硝泉浴に比し淡水浴でより上昇していた。芒

硝をはじめ、温泉に含まれる各種塩類は皮膚の表皮蛋白や脂肪と結合して薄い膜を形成する<sup>23)</sup>。人工芒硝泉ではこの皮膚被覆作用により皮膚への湯熱の伝導が淡水に比し緩和された可能性、これに対し淡水浴では湯熱が速やかに伝わり、足浴中の鼓膜温をより上昇させた可能性が考えられた。これまでの研究により、温熱負荷時は四肢末端部や顔面突出部に存在する動静脈吻合が開大し熱放散が促進されること<sup>23)</sup>、そして反対に寒冷暴露時は熱保持のため皮膚交感神経が働き、動静脈吻合が収縮すること<sup>23)</sup>が知られている。淡水浴では人工芒硝泉浴に比べて皮膚からの熱伝導が速かった分、動静脈吻合の開大による熱放散も促進されたものと推測される。しかし淡水浴では熱放散が進むにつれて、逆に体温維持のための熱産生の必要性が高まったと考えられる。このために交感神経活動が徐々に亢進し、それが回復期における LF/HF 比の上昇に表れたのではないかと推測された。LF/HF 比は血中ノルエピネフリン濃度と正相関を示す指標である<sup>24)</sup>が、ノルエピネフリンは動静脈吻合の収縮に関与することが知られている<sup>25)</sup>。深川らは女子学生 16 名を対象に、本研究とほぼ同じ条件 (湯温  $41 \sim 42^\circ\text{C}$ , 浸漬時間 15 分, 椅座位) で淡水浴による足浴実験を

表 2 温湯浸漬条件(人工芒硝泉浴+淡水浴)での体感温度、眠気、疲労感、自律神経活動指標の関連

		偏相関係数*	p
足浴中	体感温度 vs 眠気	0.597	0.052
	LF/HF% vs 疲労感	0.566	0.070
	HF/(LF+HF)% vs 疲労感	-0.590	0.056
足浴後	体感温度 vs 眠気	0.074	0.736
	LF/HF% vs 疲労感	0.424	0.044
	HF/(LF+HF)% vs 疲労感	-0.527	0.010
	LF/HF% vs 眠気	-0.443	0.034
	疲労感 vs 眠気	-0.411	0.051

\* 制御変数：体脂肪率

行ったところ、心電図 R-R 間隔の振幅は足浴後に有意に低下し、心臓副交感神経活動が足浴後に減少したと報告している<sup>26)</sup>。本研究における淡水浴での結果は深川らの報告とよく一致していた。本研究から淡水浴における交感神経活動の亢進は「療養泉」基準濃度の人工芒硝泉浴で抑えられる可能性が示された。

足浴中の鼓膜温は淡水浴の方が人工芒硝泉浴に比し高値を示したにもかかわらず、体感温度は人工芒硝泉・淡水浴間で大きく違わなかった。これは、核心温は皮膚の温冷覚に影響を与えないという MOWER の報告<sup>27)</sup>と一致するものであった。

ところで、足浴の睡眠促進効果についてはよく知られている。その機序は、① 足浴により全身の血行が促進され、② 深部と末梢部の体温隔差が小さくなり、③ 睡眠状態に入りやすくなる、というものである<sup>1)</sup>。そこで本研究でも眠気と体温変動、体感温度、自律神経活動、疲労感の関連性について検討した(表 2)。その結果、足浴中には身体が温かいと感じるほど眠気が増す傾向が認められた。また足浴中・足浴回復期を通じて、交感神経活動の亢進・副交感神経活動の低下が大きいほど疲労感が増す傾向が認められた。しかし本研究では先行研究<sup>1)</sup>と異なり、深部体温(鼓膜温)と眠気との間に有意な関連性は認められなかった。この理由として、測定時刻と体温サーカディアンリズムの影響が考えられた。

足浴はかねてから看護の場で広く用いられ、その多くは午後 8 時以降に実施されている<sup>1)</sup>。成人の体温サーカディアンリズムは午後 9 時頃から午前 1 時頃までが体温降下期に該当する<sup>28)</sup>。これに対し本研究の設定時間は 16:40 から 18:30 にかけてであり、この時間帯は最も体温の高い時間帯であった。日常的に健康な若年男女が対象であったことが、看護領域の先行研究とは異なる結果をもたらしたのかもしれない。

本研究では前日から食事や入浴の制限を行い、さらに女性対象者においては全て卵胞期に実験を行ったという点で、先行研究に比べて実験条件の統一に努めた。しかし対象者数が 6 名と少なく、本結果をそのまま一般化することはできない。今後は対象者数を増やして本結果の検証を行

うとともに、温泉関連成分の濃度を変えた場合の検討も行ってみたいと考える。

## 結 論

健康若年男女 6 名を対象に両足を膝下約 10 cm まで 41°C の人工芒硝泉及び淡水に 15 分間浸漬させた。その結果、体感温度は両者でともに有意に上昇したが、心拍数には有意な変動が見られなかった。

淡水浴では足浴回復期に交感神経活動の有意な亢進、副交感神経活動の有意な低下、及び疲労感の上昇傾向が見られたのに対し、人工芒硝泉浴後はこれらの変動が見られなかった。

このことから、人工芒硝泉による足浴は淡水浴による足浴回復期の交感神経活動の亢進を抑え、疲労感の低減につながる可能性が示唆された。

謝辞：本研究の実施にあたり、サンプルのご提供、並びに実験方法についてご指導を賜りましたカネボウホームプロダクツ株式会社ビューティケア研究所主任研究員 齋藤雅人氏、そして研究実施に際して貴重なご助言を賜りました国際医療福祉大学教授 前田真治氏に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 吉永亜子・吉本照子：睡眠を促す援助としての足浴についての文献検討、日本看護技術学会雑誌, 4, 4-13, 2005.
- 2) 上馬場和夫・矢崎俊樹・許 鳳浩ほか：安全で有効性の高い温泉療法と生活・運動指導プログラムの開発—温熱負荷による免疫能・抗酸化能の変化と生理機能—, 厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業(課題番号 H16-健康-019) 温泉利用と生活・運動指導を組み合わせた総合的健康教育に関する実証的研究 平成 16 年度総括・分担研究報告書, 主任研究者 上岡洋晴, 36-51, 2005.
- 3) 堀切 豊・川平和美・田中信行：特殊入浴：サウナ、砂浴、足浴、谷崎勝朗、猪熊茂子、大塚吉則ほか編、新温泉医学、東京、日本温泉気候物理医学会, 120-125, 2004.
- 4) 上馬場和夫・許 鳳浩：足浴による温度依存性の生理・心理的变化—脳波、脳循環、心拍変動、快適度の変化について—, 日本温泉気候物理医学会雑誌, 67, 119-129, 2004.
- 5) 宮下弘子・勝野久美子・浦田秀子ほか：足浴湯温に対する

- 感覚の季節間差の検討, 長崎医療技術短期大学紀要, 6, 117-121, 1992.
- 6) 山本敬子: 安楽ケアとして効果的な臥床時の蒸気浴を兼ねた足浴法, 臨床看護研究の進歩, 7, 89-95, 1995.
- 7) 稲垣順子・米田順子: 足浴が生体に及ぼす影響について—浸漬面積の違いによる検討—, 日本看護研究学会雑誌, 24, 96, 2001.
- 8) XU, FH., UEBABA, K., 2003. Temperature dependent circulatory change by footbath —Changes of systemic, cerebral and peripheral circulation—. *J Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med.*, 66, 214-226.
- 9) TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996. Heart rate variability—Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *Circulation*, 93, 1043-1065.
- 10) ECKBERG, DL., 1997. Sympathovagal balance: A critical appraisal. *Circulation*, 96, 224-3232.
- 11) 岡 尚省: 心電図R-R間隔変動 血圧の frequency-domain analysis, 日本自律神経学会編, 自律神経機能検査 第3版, 東京, 文光堂, 140-147, 2000.
- 12) 岩瀬 敏, 基礎活動と反応性: 日本自律神経学会編, 自律神経機能検査 第3版, 東京, 文光堂, 10-13, 2000.
- 13) SATO, N., MIYAKE, S., AKATSU, J., *et al.*, 1995. Power spectral analysis of heart rate variability in healthy young women during the normal menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine*, 57, 331-335.
- 14) 中村真理子・林眞一郎・相沢勝治ほか: 若年女性の月経周期に伴う心臓自律神経活動動態, 体力科学, 51, 307-316, 2002.
- 15) 李 相潤・福田道隆・金沢善智: 身体局部における温熱を用いた交叉性効果と身体組成に関する研究, 日本温泉気候物理医学会雑誌, 66, 123-130, 2003.
- 16) 玄田公子: 足浴の生体に及ぼす影響, 滋賀県立短期大学学術雑誌, 20, 112-115, 1979.
- 17) 岩鶴早苗・池田敬子・板谷裕美ほか: 炭酸ガス入り足浴の有用性の検討, 和歌山県立医科大学看護短期大学部紀要, 6, 63-70, 2003.
- 18) 山下久美・杉本幸枝: 炭酸泉入り足浴と一般入浴剤入り足浴が生体に及ぼす影響, 看護総合, 36, 460-462, 2005.
- 19) 山下久美・杉本幸枝: 炭酸泉入り足浴と一般入浴剤入り足浴が生体に及ぼす影響, 看護総合, 36, 460-462, 2005.
- 20) KAWABATA, K., YOSHIMURA, Y., HIROTA, A., *et al.*, 2005. Effects of artificial carbon dioxide foot bathing with Bab-Kao: Comparison between artificial high concentration CO<sub>2</sub> bathing and Bab-Kao bathing. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci.*, 24, 193-194.
- 21) 清水祐子・佐藤みつ子・永澤悦伸ほか: 仰臥位足浴による心臓自律神経活動の変化—若年健康女性を中心に—, 山梨医科大学紀要, 18, 31-34, 2001.
- 22) 関 太輔: 温泉入浴と皮膚機能, 谷崎勝朗, 猪熊茂子, 大塚吉則ほか編, 新温泉医学, 東京, 日本温泉気候物理医学会, 225-229, 2004.
- 23) 田中信行・池田 聡・吉田 輝: 温泉トリハピリテーション, 谷崎勝朗, 猪熊茂子, 大塚吉則ほか編, 新温泉医学, 東京, 日本温泉気候物理医学会, 225-229, 2004.
- 24) 三枝岳志: 体温調節における皮膚の重要性, 山蔭道明 監修, Life Support and Anesthesia [Lisa] 増刊 体温のバイオロジー: 体温はなぜ 37°C なのか, 東京, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 29-39, 2005.
- 25) TYGENSEN, H., RUNDQVIST, B., WAAGSTEIN, F., *et al.*, 2001. Heart rate measurement correlates with cardiac norepinephrine spillover in congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.*, 87, 1308-1311.
- 26) 永坂鉄夫: 動静脈吻合による皮膚での熱移動の調節, 日本生理学雑誌, 52, 197-205, 1990.
- 27) 深川真帆・江口由美・宮里邦子: 足浴が自律神経系に及ぼす影響 その1 心電図R-R間隔の呼吸性不整脈変動の分析, 日本看護学会抄録集, 看護総合, 31, 38, 2001.
- 28) MOWER, GD., 1976. Perceived intensity of peripheral thermal stimuli is independent of internal body temperature. *J. comp. physiol. Psychol.* 90, 1152-1155.
- 29) 小沢正昭: 時間と健康を科学する, 東京, 研成社, 38-41, 2005.

# Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Effects on Autonomic Nervous System Activity in Footbath

By

Nobuyoshi SHIOZAWA\*, Yuko MEKATA\*, Yoshiko AKIYAMA\*, Kaori HAYASHI\*,  
Keiko MORI\*, Satoshi WADA\*, Hiroharu KAMIOKA\*\* and Yukari KAWANO\*\*\*

(Received August 25,2006/Accepted December 14,2006)

**Summary** : This study was conducted to estimate the effect of a footbath with sodium sulfate (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) on autonomic nervous system (ANS) activity. Each of three young healthy males (age, 20.7±0.6 years) and females (age, 21.3±0.6 years) participated in 3 conditions in random order, footbaths with or without Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and a sitting position without water as a control. Each subject sat on a chair and kept quiet for 20 min with heart rate (HR) stabilized, and subsequently basal measurements were conducted. In a sitting position, they dipped their calves 10 cm under their knee joints into hot water (41°C, 33 L) for 15 min. Immediately after the bathing, they removed moisture, covered their knees with a blanket and sat for 60 min thereafter. Counts of HR, ANS activity based on frequency of HR variability, and a core temperature using an eardrum thermometer were measured. The degree of thermal comfort such as relatively hot or relatively cool, sleepiness and fatigue were also estimated using visual analogue scales (VAS). As a result, both footbaths with and without Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> significantly increased the subjective thermal comfort, while the core temperature and HR counts were unaffected. Sympathetic nervous system (SNS) activity was significantly increased by the footbath without Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, but not with Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. These observations suggested that in the footbath, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> might have an inhibitory effect on increased SNS activity, and induce some depressive effects on feeling of fatigue.

**Key words** : footbath, sodium sulfate, autonomic nervous system, heart rate variability, fatigue

\* Department of Food and Nutritional Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\* Fundamental Arts and Sciences, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture

\*\*\* Department of Nutritional Sciences, Faculty of Applied Bio-Science, Tokyo University of Agriculture