

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)

分担研究年度終了報告書

高齢者に対する長期間の温泉入浴と運動・生活指導による効果

分担研究者 江夏 亜希子

(丸の内・女性のための統合ヘルスクリニック「イク丸の内」・院長)

研究協力者 岡田 真平 (身体教育医学研究所)

武藤 芳照 (東京大学大学院身体教育学講座)

中村 好一 (自治医科大学公衆衛生学教室)

板垣 文雄 (社会福祉法人吉田福祉会)

和泉 ちひろ 須藤 晴紀 (雲南市役所)

上岡 洋晴 (東京農業大学地域環境科学部)

研究要旨

本研究は、高齢者を対象として、間欠的ではあるが温泉入浴と生活・運動指導による介入を行い、それを長期継続することが健康状態や活動性へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

島根県吉田村(平成16年10月より雲南市)在住の在宅高齢者158名(男性27名、女性131名)を対象に、年に25回(月2回)の温泉入浴と生活・運動指導(具体的には1回あたり40分間の温泉入浴と90分間の運動指導)、生活指導、健康相談などを行った。これらは1995年から開始され、2005年現在も継続中である。開始時の平均年齢は71.8 ± 4.7歳(65-83歳)であった。その経時変化は、年1回の身体測定(身長、体重、BMI)や血液検査(血清脂質、血糖値)、脚力(健脚度)測定によって評価・検討した。

昨年度までの中間報告では、BMIは6年目以降、動脈硬化指数は3年後以降に有意に低下すること、HbA1cが初年度に正常値であった者のうち、新たに糖尿病患者が発生しなかったこと、最大一步幅が年次ごとに、特に4年後以降は有意に伸びることを報告した。昨年度は、2003年4月と2004年1月の成績を加えて検討したが、更なる測定値の向上は認めなかった。しかし低下には至らず、加齢の影響を考慮すると、少なくとも現状維持には役立つと考えられた。

高齢者に対して温泉入浴を含めた運動・生活指導を行うことは、間欠的であっても長期間継続することにより、肥満や動脈硬化、糖尿病などの生活習慣病を予防し、脚力の低下を防ぐ効果があり、高齢者の生活の質を向上させる可能性が示唆された。

キーワード:温泉、生活・運動指導、生活習慣病、生活の質

A. 研究目的

急速に少子高齢化が進む我が国において、高齢者の健康とQOLを向上させ、健康寿命の延伸を図ることが大きな課題となっている。そのためにはまず寝たきり、痴呆、転倒などの引き金となる脳血管障害、心臓病、糖尿病などの生活習慣病の一次予防が重要である。生活習慣病の予防は食事(栄養摂取)と運動を適度に行うことが基本であるが、生活習慣病予防のための運動は、近年「身体活動」と表現されるようになってきた¹⁾。厚生省保健医療局(1997年当時)も「身体活動」を「骨格筋の活動によって安静時よりも多くのエネルギー消費を伴う活動と考え、日常生活活動、趣味・レジャー活動、運動・スポーツに含まれるすべての身体活動を対象とした」と定義している²⁾。

本研究では、身体活動のうち、エネルギー消費を伴うとともに気分転換やコミュニケーションの作用を持つと考えられる温泉療法に着目した。

温泉には、温熱作用、水圧作用、化学作用などの他、「総合的生体調節作用(非特異的変調作用)」³⁾があり、人体に様々な効用をもたらすと考えられている。しかし、そのevidenceを明確に示した研究はいまだ多くなく、2002年に発表された「温泉利用型健康増進施設のあり方検討会報告書」では、温泉および周囲の自然環境、さらには「健康教育」との組み合わせによる効果を検証する研究の必要性を指摘している⁴⁾。

疾患を有する者において、温泉療養が治療成績や患者のQOLを向上させることは比較的多く報告されている。例えば、脳血管障害後

遺症などに対して、1日1〜2回、6週間、リハビリテーション目的に温泉プールでの運動療法を行ったところ、免疫機能の向上作用および脱ストレス作用がみられた⁵⁾報告や、3〜7日という短期間の温泉療養が包括的QOLを向上させた⁶⁾等の報告がある。しかし、重篤な基礎疾患を有しない「比較的健康な者」における効果を明らかにした研究は少ない。

そこで、正しい温泉入浴と生活・運動指導を組み合わせた総合的な健康教育を長期に継続することが、比較的健康な在宅高齢者体格、血液性状や脚力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

1) 対象

島根県吉田村の高齢者総合福祉施設「ケアポートよしだ」において1995年に開設された「シルバー大学」に1998年までに参加開始した158名(男性27名、女性131名)の在宅高齢者を対象とした。参加開始年度は1995年:55名(男8、女47)、1996年:39名(男9、女30)、1997年:26名(男6、女20)、開始時の平均年齢は71.8 ± 4.7歳(65-83歳)、であった。

2) 介入方法

「シルバー大学」では、年に25回(月約2回)、表1に示す様な1日および年間のスケジュールで、1回あたり60分間の運動指導(メインプログラム)と40分間の温泉入浴、それに加えて生活指導や健康相談などを行った。利用した温泉は、源泉温度25.0℃のアルカリ性単純温泉(低張性アルカリ性低温泉)であった。

3) 調査・測定項目

年1回、体格、血液検査、移動能力(健脚度[®])などを計測し、1995年から2005年度まで10年間のデータを評価・検討した。測定項目は以下の通りである。

なお、本研究はプロトコールと調査・測定項目を含む計画書を事前に身体教育医学研究所の倫理審査委員会に提出し、実施の承認を受けた。

1. 体格:Body Mass Index (BMI)

BMIとは、体重(kg)を身長(m)の二乗で除した値で示される世界的に標準的な肥満の判定法であり、18.5以上、25未満が普通体重とされ、日本では25以上を肥満としている。

2. 血液検査

a. 血清脂質(総コレステロール、HDLコレステロール、動脈硬化指数)

血清脂質のうち、「善玉コレステロール」と呼ばれるHDLコレステロールは、値が低い(40mg/dl以下)ほど、虚血性心・脳疾患の発生頻度が上昇することから動脈硬化の抑制因子として知られている。このことから、総コレステロール値とHDLコレステロール値の差をHDLコレステロール値で除して算出される値は動脈硬化指数と定義され⁸⁾、これが高値であるほど動脈硬化のリスクが高いとされている。

b. 耐糖能

耐糖能を示す指標のうち、過去1〜2か月のおよその血糖コントロールを反映するHbA1cを測定した。この正常値は4.3〜5.8%であり、糖尿病患者の治療効果の判定の指標として有用であるとされている。本研究では、昨年度まで

は初年度の値との差を評価し、新たな糖尿病の発症について検討したが、本年度の最終報告ではHbA1cの値そのものの変化を検討しました。

3. 健脚度[®]

「歩く」「またぐ」「昇って下りる」という日常で行う移動動作を行うための下肢の筋力を「健脚度[®]」(登録商標第4752854)として以下に示す10m全力歩行、最大一步幅の2項目について数値化し、評価した。本研究では、男性被験者の数が少なかったことや、男女の筋力の差が大きいことから、女性においてのみ検討した。

最大一步幅

敷居や障害物などを、余裕をもってまたぐことができるかの指標となるもので、スタート線上で両足を揃えた状態から最も大きく片足を踏み出し、反対側の足をその横に揃えるという動作をした際の、つま先からつま先までの距離を表す⁷⁾。本研究では、各被験者における実測値の伸び(初年度との差)を検討した。

10 m 全力歩行

日常生活の中では青信号が点滅しはじめた横断歩道を慌てず安全に渡りることができるかを想定し、下肢の筋力を使ってスムーズに歩くことができるかをみるもので、直進10 mの距離を最大努力で歩行した秒数を計測する⁷⁾。本研究では、性差を考慮し、被験者の少ない男性を除外して、女性のみ実測値の経年変化を検討した。

4) 分析統計

分析では、連続変数において、群内比較は対応のあるt検定、群間比較は対応の無いt検

定を行った。間隔変数においては、Fisherの直接確率計算法による χ^2 検定を行った。また、群内・群間の差は、有意水準5%未満をもって有意とした。統計解析ソフトはStat View 5.0を用いた。

C. 研究結果

1) 対象群の経年変化

追跡開始から現在までの10年の間に追跡不可能となったものが32名存在した。そのうち死亡者は10名(男性1名、女性9名)。死亡時の平均年齢は79.0歳であった。転出によるものは3名、残りの19名は施設入所、デイサービスに移行するなど介護度上昇によりシルバー大学に出席できなくなったものであった。

2) 体格

初年度のBMIの平均値は 23.29 ± 3.1 (男性 23.5 ± 3.9 (16.1-29.5)、女性 23.8 ± 4.0 (16-29.5))であり、ほとんど男女差を認めなかった。よって性別で区別せずに検討した。結果を図1に示す。開始2年後はわずかに増加し、5年目まではほぼ横ばいで推移した後、6年目以降は有意な低下を示した。6年以上の長期にわたって介入できた人数が少なかった(6年目で35人)ことが大きな要因と考えら得るものの、長期の介入で肥満の予防効果がある可能性が示唆された。

3) 血液検査

a. 血清脂質

この項目についての検討は1999年より開始しており、今年度が7年目である。動脈硬化指数の経年変化を検討した結果を図2に示す。

初年度の動脈硬化指数の平均は3.42であったが1年後から2.93と有意に低下し、2年目以降も有意な低下($p < 0.001$)したまま維持する傾向を認めた。今回の介入は脂質代謝には比較的早期から好影響を及ぼし、長期介入によってその効果が維持できる可能性が示唆された。

b. 耐糖能(HbA1c)

この項目は、測定開始年度が1997年であり、最長9年間の追跡となった。そのうち4年以上(3年以上の経年変化)をできた120名について検討した結果を図3に示した。HbA1cは2,3,4年目に値が上昇したものの、その後は初年度と有意な差を認めなかった。8年目も値が上昇しているが、これは途中で測定から脱落したものの、測定開始年度が遅かったものが多く、9年間毎年継続して測定できた(「8年目」に反映された)人数が8名のみで、そのうち4名が経過中にHbA1c:6以上の値を1回以上示していたためと考えられる。

2,3,4年目に有意な上昇を認めたものの、HbA1cの正常範囲は4.3-5.8%で、この値自体が過去1-2ヶ月の血糖値を反映するものであるという性質を考えると、正常範囲内での変化は特に病的意義はないと考えられる。非介入群との比較が必要ではあるが、加齢に伴い耐糖能が低下していくことを考えると、少なくとも6年以上の長期の介入によって糖尿病の発症を抑える効果はある可能性が示唆された。

4) 健脚度

1. 最大一步幅

各年度の最大一步幅の伸びを図4に示す。

初年度の平均値は104.83cm(71-129cm)であった。各年度とも初年度に比して値が伸びており、経年的な漸増傾向を示した。6年後には7.11cmと有意な伸びを示した($P < 0.01$)。その後、8年目まで有意な伸びのまま維持し、9年目にはやや漸減した。

2. 10 m 全力歩行

初年度の実測値の平均は5.99秒(3.6-11.1)であった。1年後はややタイムが速くなっていたものの、有意差は認めなかった。その後、計測値は漸増し、7年後、8年後には有意に増加した。この傾向は、はじめの数年のタイムの伸びは、介入による移動能力の向上効果もあろうが、測定への慣れによるものも考えられよう。その後の数値の漸増は加齢によるものとする。また、9年後に再びタイムが伸びているのは、9年連続して測定できた数が少なかったためと考えられる。

D. 考察

吉田村(現・雲南市)は、人口2,433人(平成12年度国勢調査)、島根県の山間部に位置し、少子高齢化が急速に進行している。1994年に吉田村高齢者福祉計画の中核事業の場として高齢者総合福祉施設「ケアポートよしだ」が開所し、翌年には「シルバー大学」が開設され、村をあげて高齢者の健康づくりに取り組んできた。「シルバー大学」では、開設以来現在まで継続して、「自分のからだを正しく理解し、できることを実践して健康(健脚)を維持し、生きがいをもって生涯、自立生活を目指す」ことを目標に、日常生活動作の中で楽しみながら行え

る運動・生活指導を「ケアポートよしだ」内の室内運動場、温水プールなどの運動施設や温泉施設を利用して行っている⁸⁾。

既に先行研究として、上岡らが2年間継続した成果を報告した⁹⁾。結果の一部を示すと、男性では最大歩幅が136%から167%と向上($p < 0.01$)し、総コレステロールが189mg/dlから167mg/dlへと低下($p < 0.01$)したこと、女性でも総コレステロールが224mg/dlから206mg/dlへと低下($p < 0.01$)、HDLコレステロールが49.6mg/dlから53.9mg/dlへと上昇($p < 0.01$)し、これにより動脈硬化指数も3.9から3.1に有意に低下($p < 0.001$)した。以上のことから2年間の介入は血清脂質代謝の改善や健脚度の維持に効果があることが示された。本研究ではさらに長期間、介入を継続した場合の効果について検討することを目的とした。

今回の報告は3年間の継続研究の最終年度であるが、初年度の時点で、1995年度から7年間の経時変化を以下のように報告している。

まず、BMIの変化で肥満への影響を検討した。BMIは3年目以降漸減傾向を示したが、有意差を認めたのは6年目以降であった。そもそも肥満とは、摂取エネルギーの過剰、あるいは消費エネルギーの不足(すなわち運動不足)のいずれかによって生ずるものである。日本ではBMI25以上の者、すなわち肥満者の割合が年々増加しているが、平均摂取エネルギーは昭和55年で2,119kcal、平成10年は1,979kcalと約40kcal減少していることから、近年の肥満者の増加は過食ではなく運動不足が影響しているものと考えられる¹⁰⁾。全国的な肥満者の割合は、性別・年代別にみると、昭和54年は男性:

60代の16.5%、70歳以上の14.6%、女性:60代の26.9%、70歳以上の25.1%、平成10年は、男性:60代の29.8%、70歳以上の20.1%、女性:60代の31.3%、70歳以上の27.1%であった¹¹⁾。本研究での被験者のうち、初年度の時点でBMIが25以上であった者の割合は29%であり、全国平均とほぼ同程度である。今回の結果から、6年以上という長期の介入によって肥満を予防する効果があることが示唆された。

生活習慣病である動脈硬化と糖尿病の予防効果は、血清コレステロール値によって算出される動脈硬化指数と、HbA1cで検討した。先行研究において、2年間の介入がコレステロール値を改善させることは報告されている⁹⁾が、3年後以降はさらに動脈硬化指数を低下させることが明らかとなった。HbA1cは、糖尿病の治療効果を判定するのに有用な指標であるが、調査開始時点で糖尿病と診断されていたのは87名中わずか10名(11.5%)であり、糖尿病の治療効果に関しては検討の余地があるが、新たに糖尿病を発症した者が77名中1人もいなかったことから、長期間にわたって運動習慣を身につけることは糖尿病の発症予防に効果があることが示唆された。

転倒予防のための脚力を、身体教育医学研究所および東京大学大学院身体教育学講座が開発した「健脚度®」を指標として評価したところ、最大一歩幅と10m全力歩行の成績を検討した結果、最大一歩幅は経年的な伸びを示し、4年後以降に有意差が出た。特に6年目には加齢というマイナス要因があるにも関わらず、平均7.11cm($p<0.001$)という伸びを示した。一方、10m全力歩行の秒数を実測値の経年変化

を検討したが、年齢要因を超えるタイムの伸びは認めなかった。以上から、本研究で行った介入は「健脚度®」に対して、最大1歩幅は向上させるが、歩行の速度は向上させない可能性が示唆された。これは一歩一歩踏みしめて歩く脚力は高齢者においても訓練で維持または向上させられるものの、10mという短い距離を歩くスピードという、いわば「瞬発力」を向上させるのは、高齢者にとっては困難であるということを示していよう。

全体的に、本年度は2005年のデータを加えて検討したが、昨年度までの結果からさらに記録が向上するという有意なデータは得られなかった。しかし、低下もしていない。加齢の影響を考慮すると、現状維持できることも大きな意味を持つものと思われ、介入を長期に継続する必要性が示された。

単なる運動・生活指導ではなく、そこに温泉入浴が加わることで、楽しく、気持ち良く長期的に継続するというモチベーションを高める効果もあると考えられる。以上のことから継続することによって、肥満、動脈硬化という生活習慣病の発症防止とともに、健脚度の向上が期待できることが示唆された。このことは高齢者にとっては、脳血管障害や転倒による「ねたきり状態」発生の予防、すなわち「介護予防」につながり、高齢者の生活の質の向上のみならず、医療費削減効果も期待できると考えられる。

E. 結論

長期追跡調査の途中段階ではあるが、高齢

者に対して、年に15回程度と間欠的な生活・運動指導を行うことは、長期にわたるほど、肥満の防止、動脈硬化および糖尿病など生活習慣病の発症予防、脚力の向上につながることを示され、高齢者の生活の質を向上につながる可能性があることが示唆された。

【参考文献】

- 1) 岡田邦夫：高齢者のライフスタイルとQOLー生活習慣病の予防と治療ー，臨床スポーツ医学 2002; 19: 299-302.
- 2) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方検討会報告書、1997.
- 3) Kubota K, Kurabayashi H, Tamura J : A proposal for a new word 'General Conditioning Action' and the aim of research in balneology in future. J Jpn Assoc Phys Med Balneol Climatol 1998; 61: 216-218.
- 4) (財)日本公衆衛生協会(公式ホームページ)：地域保健総合推進事業「温泉利用型健康増進施設のあり方検討会」報告書. 平成14年3月.
- 5) 大塚吉則、中谷純、及川隆司：単純泉における温泉療法による脱ストレス作用と免疫機能の変化. 日温気物医誌 2002; 65: 121-127
- 6) 延永正、片桐進、久保田一雄：QOLからみた短期温泉療養の効果ー全国調査より一. 日温気物医誌 2002; 65: 161-176
- 7) 武藤芳照、上岡洋晴、岡田真平：私たち

の健康づくりー運動遊びで健康・体力づくりを実践した「吉田村」の記録. ケアポート

- みまき、身体教育医学研究所編 2003年
- 8) 身体教育医学研究所、東京大学大学院身体教育学講座 武藤芳照研究室：「シルバー大学」の事業効果の検証ー平成7年ー14年までの軌跡ー〈中間報告書〉. 平成15年3月
 - 9) Kamioka H, Mutoh Y, Okada S, et. Al.: Effect of life-style education and exercise on the elderly - improvement in mobility and serum lipids. J Phys Educ Med 2000; 1:4-10.
 - 10) 宮崎滋：肥満とリスクファクター. 臨床スポーツ医学 2002; 19: 112-118.
 - 11) 国民栄養の現状：平成10年国民栄養調査結果、第一出版、2000年

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表 なし

H. 知的財産権の出願登録 なし

表 1 -a. シルバー大学の 1 日のスケジュール

10:00	送迎バス到着 懇親茶話会
11:00	主な活動（メインプログラム）
12:00	昼食・休憩
13:30	自由時間（水中運動） 温泉入浴（約40分）
15:00	送迎バス出発

表 1 - b. シルバー大学の年間スケジュール

回数	メインプログラム
1	オリエンテーション、個別目設定
2	室内スポーツ (1)
3	ウォーキング (1)
4	水中運動 (2)
5	転倒予防 (1)
6	リズム運動 (1)
7	水中運動 (2)
8	室内スポーツ (2)
9	フリータイム (1)
10	水中運動 (3)
11	リズム運動 (2)
12	水中運動 (4)
13	室内スポーツ (3)
14	ウォーキング (1)
15	転倒予防 (2)
16	水中運動 (5)
17	室内スポーツ (4)
18	水中運動 (6)
19	フリータイム (2)
20	健脚度測定アンケート
21	健脚度測定アンケート
22	室内スポーツ (5)
23	転倒予防 (3)
24	水中運動 (7)
25	フリータイム (3)

表2. 10m全カ歩行の評価の目安 (女性)

年齢区分	評価 (得点)				
	はい	ややはい	ふつう	ややおそい	おそい
65—69歳	~4.6	4.7~5.1	5.2~6.1	6.2~6.5	6.6~
70—74歳	~4.7	4.8~5.5	5.6~7.2	7.3~8.0	8.1~
75—79歳	~5.3	5.4~6.6	6.7~9.3	9.4~10.6	10.7~
80—84歳	~6.3	6.4~8.3	8.4~12.4	12.5~14.4	14.5~
85—90歳	~8.1	8.2~10.3	10.4~14.7	14.8~16.8	16.9~

(単位：秒)

(身体教育医学研究所 2002)

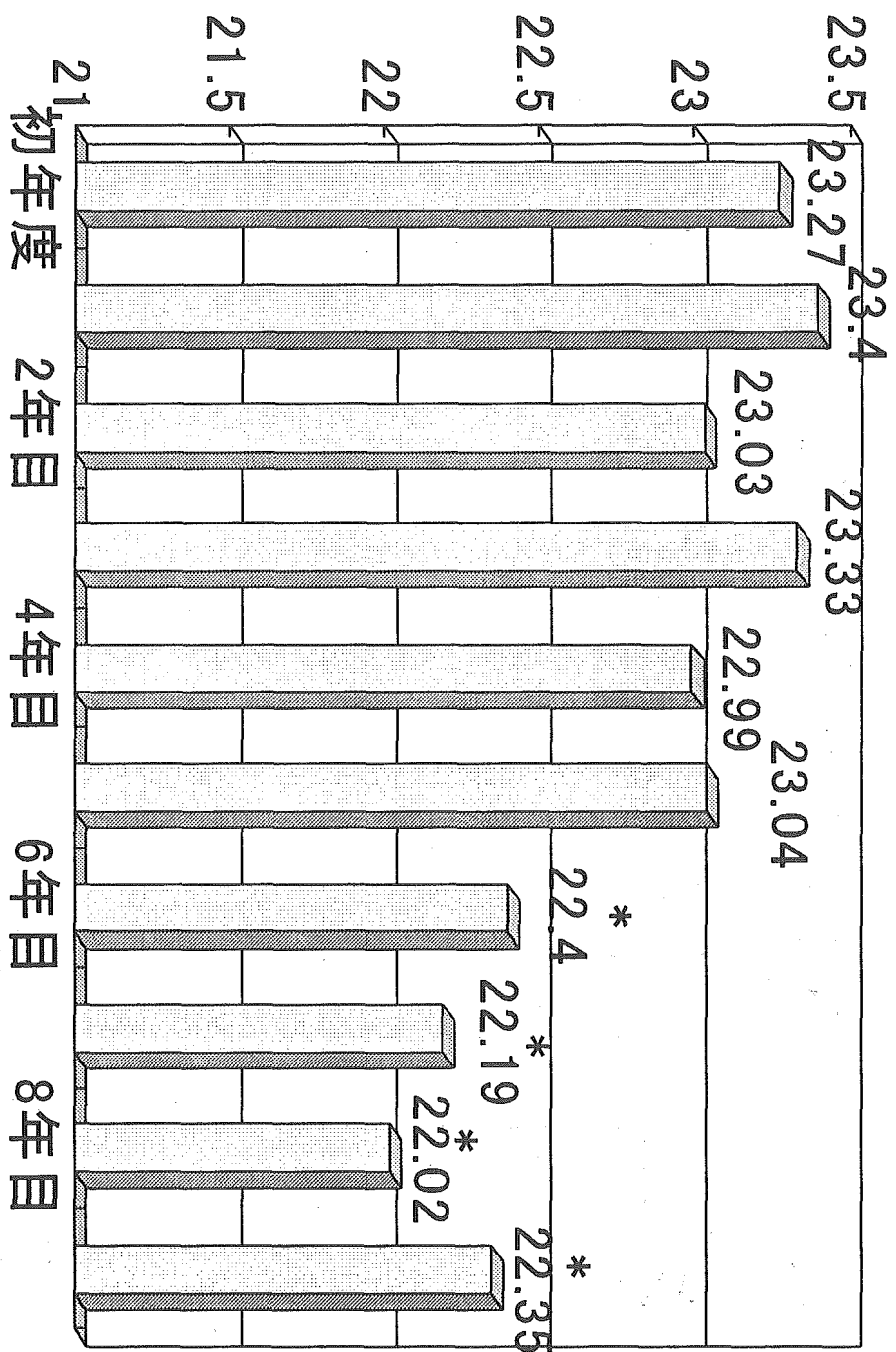


図1. BMIの推移

*: p < 0.001

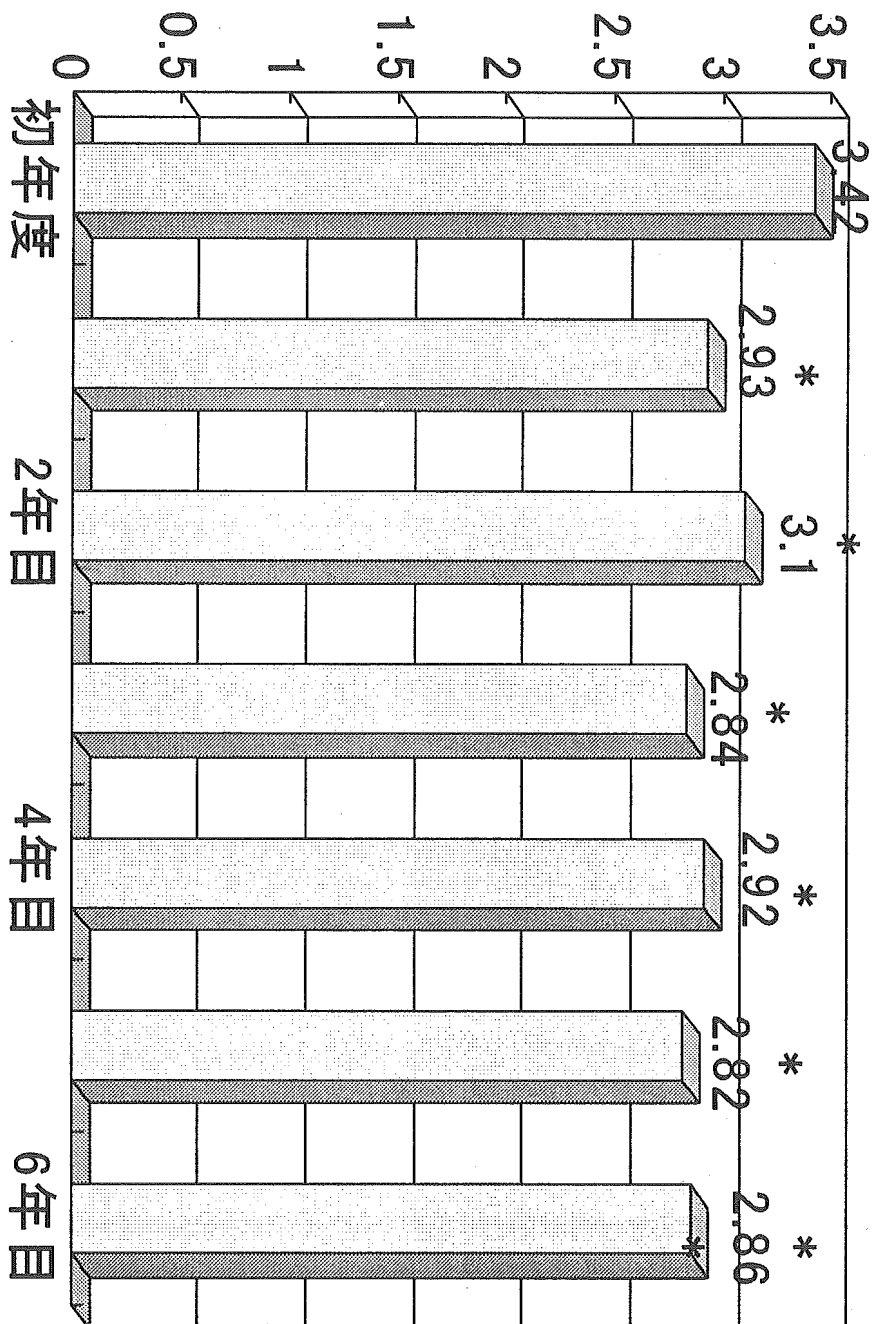


図2. 動脈硬化指数の推移

* : $p < 0.001$

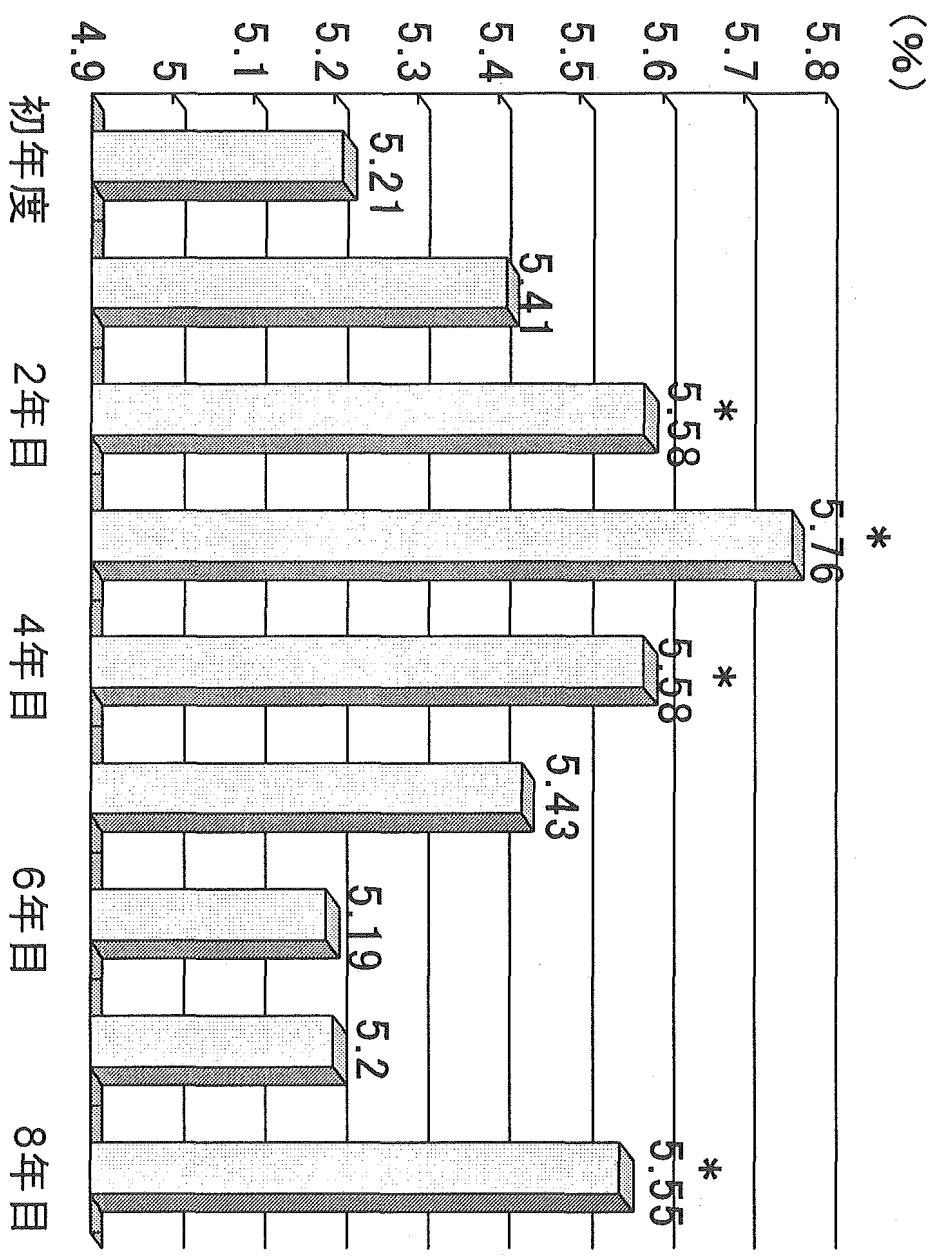


図3. HbA1cの推移

* : p < 0.001

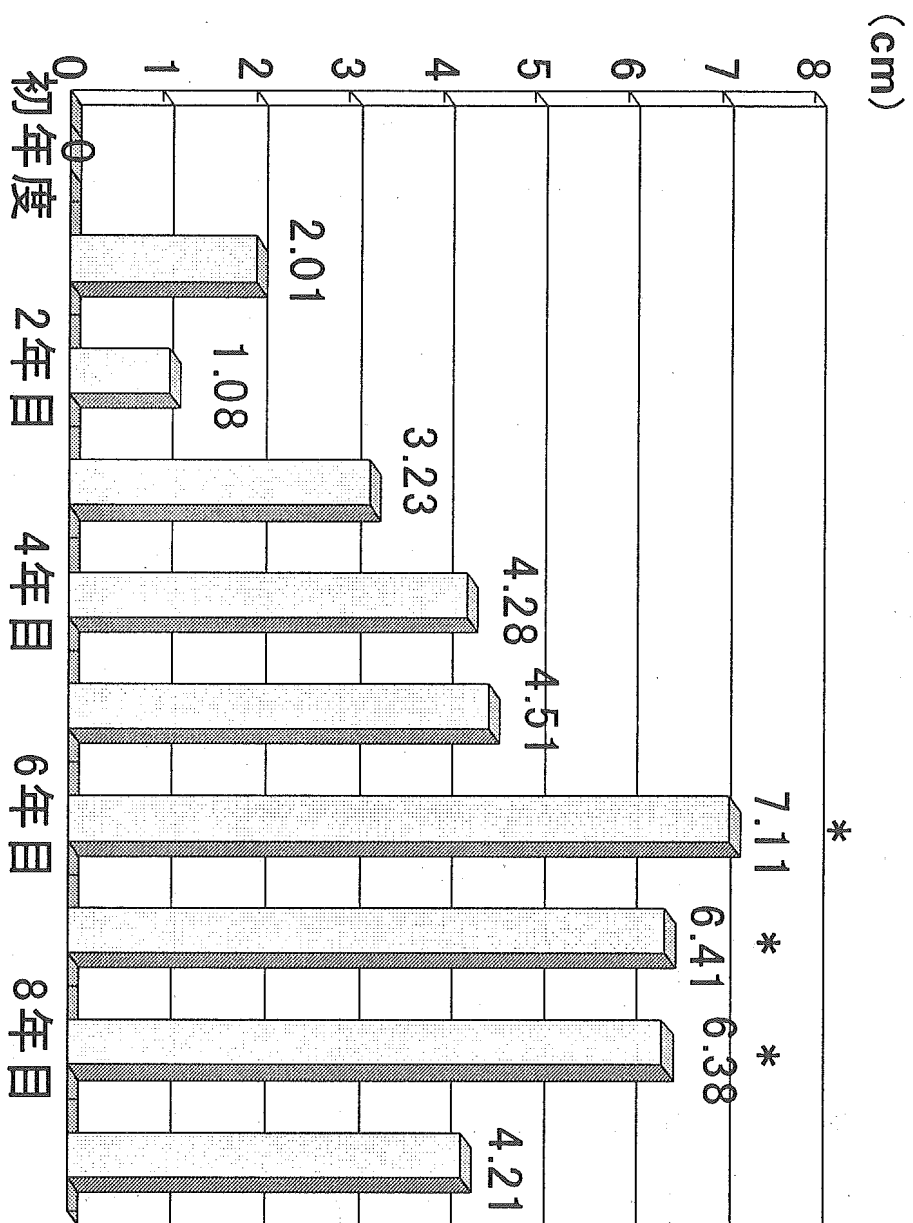
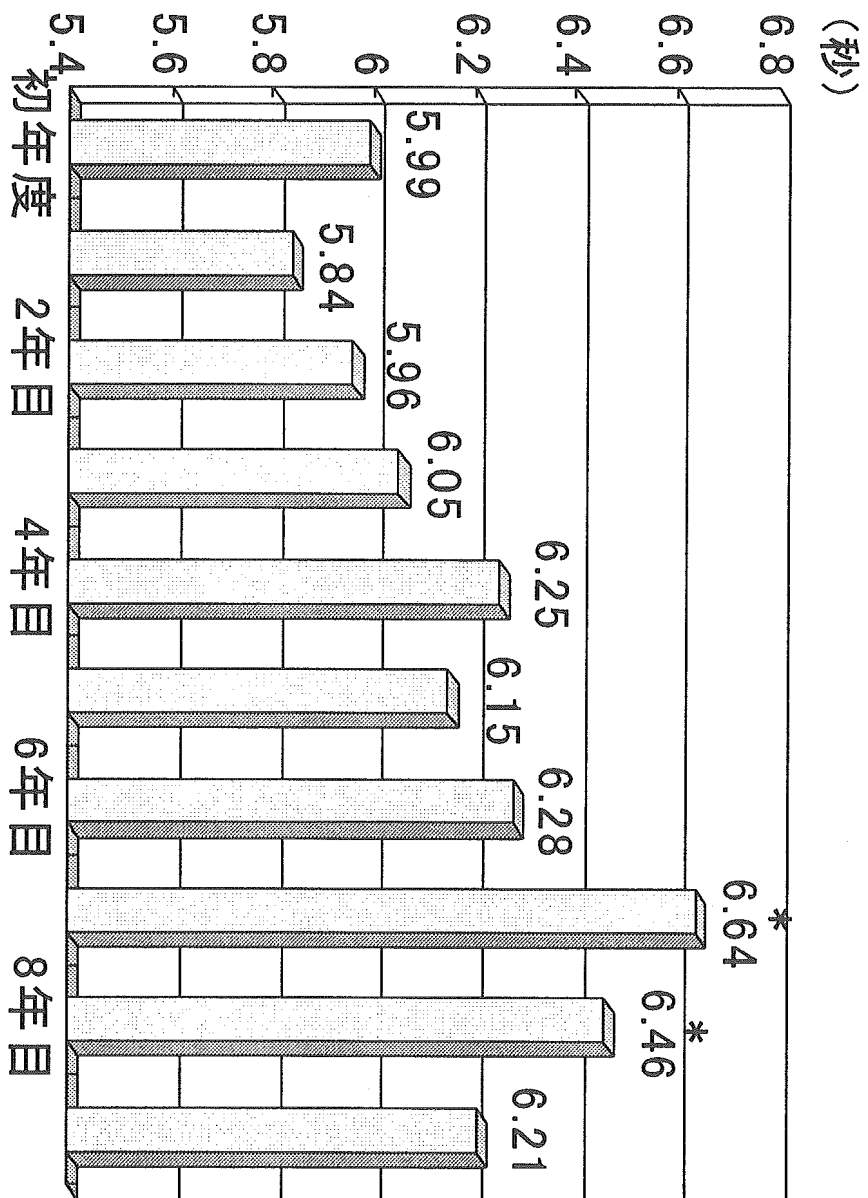


図4. 最大一步幅の推移

* : $p < 0.001$



* : $p < 0.001$

図5. 10m全力歩行の推移

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)
分担研究年度終了報告書

人工芒硝泉による足浴が自律神経活動に及ぼす影響

分担研究者 川野 因 (東京農業大学応用生物科学部栄養科学科)

研究協力者 塩澤信良 目加田優子 秋山嘉子 林かほり
(東京農業大学大学院農学研究科食品栄養学専攻)

君羅 満 (東京農業大学応用生物科学部栄養科学科)

上岡洋晴 (東京農業大学地域環境科学部)

研究要旨

健康な男女大学生 6 名を対象に、①人工芒硝泉浴、②淡水浴、③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。足浴は41℃(33.6L)の温湯に両足膝下約10cmまで15分間浸漬した。足浴前安静15分から足浴回復期60分までの心拍数、心拍変動スペクトル解析による自律神経活動、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、副交感神経活動の有意な低下、及び足浴回復期の疲労感が上昇する傾向にあったのに対し、人工芒硝泉浴後はこれらの変動が見られなかった。

本結果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。

キーワード： 足浴、人工芒硝泉、心拍変動スペクトル解析、交感神経、副交感神経、疲労感

A. 研究目的

ヨーロッパや中国では足浴は全身浴以上に日常的なものであり、特に長旅の疲れをいやす手段として活用されていた¹⁾。我が国では古くから全身浴の文化が根づいているが、看護の現場では足浴は不眠患者の入眠援助策として実践されてきた²⁾。足浴は全身浴に比して手軽に行える入浴法であり、静水圧の影響が

少なく³⁾、身体への負担も少ない¹⁾とされる。そして38~41℃では快適、42℃以上になると不快を感じる者が増加するという知見が複数得られている⁴⁻⁶⁾。また浸漬面積⁷⁾や浸漬時間⁸⁾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を温泉成分の違いという観点から検討した研究報告は少ない。ヒトを対象に温泉成分の質の違いを正しく評価

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湯なし条件を対照に、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。

B. 研究方法

1) 対象者(表 1)

N 大学に在籍する健常学生 6 名(男性 3 名、女性 3 名)を対象とした。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、予め東京農業大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 月にかけて東京農業大学実験室(室温 $25.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $30.3 \pm 4.2\%$ 、照度 $244 \pm 22\text{Lux}$ 、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 CM_5 誘導による心電図 R-R 間隔をメモリー心拍計(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解析ソフト(諏訪トラスト、MemCalc/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: $0.003 \sim 0.04\text{Hz}$)、低周波成分(LF: $0.04 \sim 0.15\text{Hz}$)、高周波成分(HF: $0.15 \sim 0.4\text{Hz}$)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⁹⁾。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^{9,10)}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¹¹⁾、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

100mm Visual Analogue Scale (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(0mm)と右端(100mm)には対義語を配し、体感温度の場合には「寒い」「暑い」、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℃(33.6L)の温湯に膝下約10cm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0.8mm厚の発泡ポリエチレン製断熱材(片面アルミ蒸着)で被覆したものを用いた。

足浴条件は、①人工芒硝泉浴(Na_2SO_4 33g/33.6L)、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¹²⁾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^{13,14)}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(図1)

実験当日は16:30に実験室に入室し、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)比は足浴前の値に対する変化率(%)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±4mm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。正規性の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¹⁵⁾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。

C. 研究結果

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えた段階で、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×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、人工芒硝泉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泉浴の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×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、人工芒硝泉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泉浴の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、人工芒硝泉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°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、人工芒硝泉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。人工芒硝泉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、人工芒硝泉浴では足

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。

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の間には有意な関連は見られなかったが、LF/HF 比変化率と疲労感の間には有意な正相関が認められ($r=0.424$, $p=0.044$)、HF/(LF+HF) 比変化率と疲労感の間には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($r=-0.411$, $p=0.051$)。

D. 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²⁾。本格的な足浴研究は 1979 年の玄田の報告¹⁶⁾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¹⁷⁻¹⁹⁾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が、これは自律神経活動を計測した報告に椅座位が多く、これらと比較するためである。

湯温は 41°C としたが、これは宮下らの報告⁵⁾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、断熱材の使用により 15 分間の足浴中の湯温の低下は 0.5 ~ 1°C に抑えられた。40°C での足浴も快適⁴⁻⁶⁾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⁸⁾を参考にした。

温泉成分としては芒硝(Na_2SO_4)を用い、その濃度は 33g/33.6L とした。

その結果、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。この原因としては、人工芒硝泉と淡水の熱伝導性の違いが考えられる。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²⁰⁾。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答えた。そして足浴中の鼓膜温