

# 研 究 年 報 34

Annual Research Report 34



平成25年6月

June 2013

一般財団法人 日本健康開発財団

Japan Health & Research Institute



一般財団法人日本健康開発財団  
理事長  
栗原 茂夫

### 研究年報第34巻発刊にあたって

昨年4月、当財団では、「温泉・入浴」にテーマを特化した研究の拠点として、「温泉医科学研究所」(Onsen Medical Science Research Center)を開設いたしました。

(URL <http://www.onsen-msrc.com/>)

研究所のミッションは、研究活動を推進・成果を広く周知して、温泉等を活用した健康づくりを強力に推進することです。多様な研究機関、企業、自治体等と協力し、将来的には「温泉」に携わる研究者をつなぐ役割を担うことを目指しています。

初年度は、入浴の医科学的なエビデンスづくりを目指した基礎研究「入浴方法が心身にもたらす影響」、温泉地とのコラボレーションで進める応用研究「温泉地滞在が心身にもたらす影響」に取り組みました。

前者では、継続的な浴槽浴と睡眠の関係、また遺伝子発現についても検討を開始いたしました。引き続きデータの収集と分析に努めて参ります。

後者では、「温泉療養保健制度」を推進する大分県竹田市、「多彩な泉質とヘルスツーリズムの推進を図る」栃木県塩原温泉と連携についてのディスカッションを重ねました。竹田市とは昨年12月に研究に関する相互協力協定を結び、塩原温泉では泉質が肌に与える影響のパイロットスタディを開始しております。温泉地をフィールドに、エビデンスを積み重ねることに加え、温泉地を元気にすることもまた、海外の人々への日本文化波及に重要な役割であると考えております。

本誌に掲載しております研究助成論文につきましても、9件いずれもが「温泉・入浴」をテーマとした基礎・応用研究となっています。生活場面での入浴方法に役立つ研究、保養地でのプログラムづくりに応用できる研究、浴槽の作用に着目した研究、疾病予防につながる研究など、幅広くユニークな示唆を与えていただくことができました。

研究活動と共に、重要であると考えておりますのは、温泉に携わる人的資源です。これまで養成してきました、温泉利用指導者(404名)・温泉入浴指導員(4,632名)は、「健康増進のための運動・温泉利用プログラムを適切に提供する能力」を有しています。引き続き養成講習会を実施すると共に、これらの方々の研鑽、情報交換を目的としたネットワークの構築も推進していく所存でございます。

最後になりますが、改めまして当財団を支えていただいております皆様に御礼申し上げます。引き続きご指導、ご協力賜りますようお願い申し上げます。

# 目 次

巻頭言 一般財団法人日本健康開発財団 理事長 栗原 茂夫

## (助成研究)

1. 温浴プログラムによるがんリスクの低減…………… 1  
研究代表者 株式会社ソアラメディカル 奴久妻智代子
2. 放射能泉の利用における被ばく線量評価のためのラドン分析検討および実態調査…………… 11  
研究代表者 三重県保健環境研究所 森 康則
3. 地域住民の行動変容を目指した温泉資源と地域環境の活用による保養モデルの開発…………… 21  
研究代表者 新潟大学教育学部 村山 敏夫
4. 全身渦流浴が心臓自律神経系調節および動脈硬化度指標に及ぼす影響…………… 29  
研究代表者 香川大学医学部公衆衛生学 吉岡 哲
5. 温水療法がII型糖尿病の治療に有用である分子機序の解明  
ー骨格筋の熱応答反応による身体運動様作用に着眼してー…………… 39  
研究代表者 新潟医療福祉大学健康科学部 越中 敬一
6. 足湯が脊髄損傷者の自律神経系機能、循環系機能および免疫系機能に及ぼす影響…………… 43  
研究代表者 佐賀大学全学教育機構 福嶋 利浩
7. 若年女性における月経前症候群(PMS)軽減に及ぼす早朝入浴の影響…………… 51  
研究代表者 安田女子大学家政学部 野瀬 由佳
8. 休日の身体運動と温泉入浴が労働者の心身に与える影響…………… 61  
研究代表者 東京大学大学院教育学研究科 志村 広子
9. 人工炭酸泉を用いた睡眠への効果の検証と健康増進への提案…………… 71  
研究代表者 秋田大学大学院医学系研究科 上村佐知子

(自主研究)

1. 入浴方法が睡眠の質に与える影響－入浴方法が心身にもたらす影響 (2報) － ..... 81  
一般財団法人日本健康開発財団 温泉医科学研究所 後藤 康彰  
早坂 信哉
2. 温泉地滞在が心身にもたらす影響..... 89  
一般財団法人日本健康開発財団 温泉医科学研究所 後藤 康彰  
早坂 信哉

(温泉医科学研究所業績)

1. 原著論文..... 95
2. 学会発表..... 95
3. 受賞..... 96
4. 著書..... 96

—— 助 成 研 究 ——

# 温浴プログラムによるがんリスクの低減

## Reduction of cancer risk with thermotherapy using hot bath

研究代表者 株式会社ソアラメディカル、東京ソアラクリニック 奴久妻智代子  
東京ソアラクリニック 福田 智信  
東京ソアラクリニック 渥美 和彦

### 要旨

がんの発症や進行は遺伝子そのものが原因と考えるジェネティクスに対し、遺伝子を取り巻く周囲の環境の作用が遺伝子発現のオンオフに深く関与するとするエピジェネティクスが、昨今研究対象として注目されている。一方、全身温浴による適切な体温上昇は、血流を亢進して組織への酸素運搬を促し、好気性代謝を活性化することで、遺伝子発現を左右する環境因子へ強力に作用する。末梢血単核球を対象に代表的な47種類のがん関連遺伝子の発現を調べ、多変量解析により評価したがんリスクが高値であった健常人1例とがんの再発予防患者2例、ならびにがんリスクが低値であった健常人1例について、正確な体温コントロールが可能な温浴装置を用い、週に2回、1ヵ月間、計8回を1クールとして、発熱範囲の全身温浴を実施した。1クール終了後の再検査では、クール前に高リスクを示した3例でがんリスクの低減を認め、クール前に低リスクであった1例はその低リスクを維持した。本研究で用いた温浴プログラムが、遺伝子発現解析を指標とするがんリスクの低減に有効である可能性が示唆された。

キーワード：全身温熱療法、遺伝子発現解析、がんリスク、予防医療

### 1 はじめに

従来、がんの発症や進行は遺伝子そのものが原因であるという説が主流であったが、低酸素環境下で発現する転写因子としてがんの進行

に関わるHIF-1 (Hypoxia inducible factor-1) と、その下流遺伝子群が同定されて以降、これらががん組織で異常を示す遺伝子群の発現のオンオフには、遺伝子を取り巻く周囲の環境の作用がより深く関わっているという説が次第に主流になってきた<sup>1)</sup>。環境因子によりがん組織で異常発現を示すこれら遺伝子群について、採取が容易な末梢血単核球 (PBMC) を材料にその発現を解析すると、担がん患者では組織中の異常を反映して、健常人とは異なる発現パターンを示す傾向があることがわかってきた。このような遺伝子を含むがん関連遺伝子群の発現解析により、後天的な遺伝子の状態変化を調べ、がんの発症リスクを予測したり、治療効果の指標として利用する試みが行われている<sup>2)</sup>。

一方、全身温浴による適切な体温上昇は、血流を亢進して組織への酸素運搬を促し、好気性代謝を活性化することで、遺伝子発現を左右する環境因子へ強力に作用し、その結果、がん化に関わる遺伝子の発現を制御する可能性が考えられる。我々は、体温の制御能を軸に加温法を検討し、温浴により正確な深部体温の誘導を行う全身温熱療法システムを構築した。温浴を用いて全身の体温を発熱範囲に上昇させる本システムは、1900年代初頭にWagner-Jaureggが唱えた発熱療法<sup>3)</sup>の考え方を基に、外部からの熱エネルギー供給を取り入れた加温法であるが、 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の精度で温水の温度を管理し、間接的に生体の深部体温を精密に制御する技術の開発に伴い、再現性と効率性、低侵襲性を特徴とする全身温熱を可能にした。

## II 目的

全身温浴がもたらす細胞環境への作用が、遺伝子発現解析を指標とするがんリスクの低減に有効であるか否かについて検討するとともに、最適な温浴プログラムの適用により発症前の予防医療を確立することを目的とする。

## III 方法

### 1. 被験者

健常人2名（健常人-1：49才・男性・病歴なし、健常人-2：63才・男性・心血管障害歴あり）、再発予防患者2名（再発予防-1：59才・男性・大腸がん術後、再発予防-2：50才・女性・肺がん術後）を対象とした。なお、人への温浴プログラム適用に際しては、インフォームドコンセントを十分に行い、「臨床研究に関する倫理指針」（平成20年厚生労働省告示）を遵守した。

### 2. 全身温浴の方法

#### (1) 温浴装置

用いた温浴装置（ソアラ・システム、㈱ソアラメディカル、東京、図1）<sup>4)</sup> は、ストレッチャーとこれを移動するための担架がセットにな

った介護用特殊浴槽を基本として、温度制御手段を講じた温調ユニット、循環ポンプ、生体モニタ、直腸用温度プローブ（3mm 素子白金測温抵抗体）を組み込み、浴槽内水温、直腸温、脈拍、酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）等のデータインプットと、直腸温モニタから温調ユニットへのアウトプットを行うコンピュータを併せた一連のシステムで、プログラムに従い基本的に自動運転を行った。槽内の容量は520リットル、実使用湯量は420リットルで、0.005 %アスコルビン酸添加の東京都水道水を用い、水温は42℃を超えない設定とした。温水はマイクロフィルターを通して循環し、槽内側4箇所のノズルから毎分75リットルの噴流が発生して浴槽内の温水を対流させた。

#### (2) 温浴方法

深部体温の指標として直腸温をモニタしながら、昇温期は直腸温 + 2.5℃の範囲にコンピュータによる自動制御を行い、目標体温到達後の維持期（max）および降温期は、各患者の



図1. 全身温浴装置



昇温速度に応じて直腸温 $-1.5^{\circ}\text{C}\sim\pm 0^{\circ}\text{C}$ の範囲に手動制御した。直腸用温度プローブは浸漬前に肛門より約5 cmの位置まで挿入し、サージカルテープで固定した。患者は専用のTシャツとディスポーザブルパンツに着替え、ストレッチャーに仰臥した状態で、頭頸部とモニタープローブを装着した左手以外を温水に浸漬した。スポーツドリンクを適宜経口投与し、必要に応じて頭頸部を濡れタオルで冷却した。1回の温浴時間は約60分、開始前(pre)の直腸温 $+2.0^{\circ}\text{C}$ を目標体温に、週2回、1ヵ月間、計8回を1クールとして実施した。

### 3. 遺伝子検査によるがんリスクの評価方法

被験者より20mLの静脈採血を行い、単核球成分を抽出し、(株)ジーンサイエンスにて、47種類のがん関連遺伝子(bcl-2, CA125, CD44, c-kit, c-met, c-myc, COX-2, Cyclin D1, Cytokeratin-7, Cytokeratin-19, Cytokeratin-20, E2F1, E2F3, FGFR2, Gli1, GPC3, hCG $\beta$ , Her2/Neu, HIF-1 $\alpha$ , HnRNP A2/B1, hTERT, L-myc, MAGE A4, MAGE A12, mdm2, MDR-1, MMP-2, MMP-9, MUC-1, MUC-4, NSE, RCAS1, Survivin, Thyroglobulin, VEGF-A, VEGF-C, AFP, CEA, CGA, EGFR, MAGE A1, MAGE A3/A6, MUC-7, ProGRP, PSA, SCC, WT1)を対象に、GAPDHを内在性コントロールとしてリアルタイムPCRによりmRNAの定量を行った。この結果に、血液中のFree DNAの濃度と年齢因子を加えて多変量解析を行い、0~100%のリスク値で表示した。これをA(0~25%:発症リスクは低い)、B(25~50%:軽度発症リスクあり)、C(50~75%:中等度発症リスクあり)、およびD(75~100%:高度発症リスクあり)の4段階に群分けした。

遺伝子検査は全例で温浴前に実施し、1クール温浴後の再検査は、健常人-1と-2では温浴開始から1ヵ月後(=温浴プログラム終了直後)と2ヵ月後、再発予防-1では4ヵ月後、再発予

防-2では2ヵ月後に、それぞれ採血し、実施した。

## 4. 血液検査

### (1) 末梢組織血流量の測定

加温中の末梢組織血流量は、4例の各被験者につき施術期間中に1回、レーザー血流計(ALF21R、(株)アドバンス)を用いて左手背側、第4中手骨と第5中手骨の間にプローブを装着し、持続的に測定した。加温前10分間の安静仰臥後に測定を開始し、preとmax各5分間の平均血流量を算出した。

### (2) 血液ガス分析

4例全例について毎回温浴のpreとmaxの2回静脈採血し、血液ガス分析装置(GEM Premier 3000、アイ・エル・ジャパン(株))を用いて、末梢血中の酸素分圧( $\text{pO}_2$ )、二酸化炭素分圧( $\text{pCO}_2$ )、およびpHを測定した。

### (3) 末梢血リンパ球と顆粒球の算定

4例全例について毎回温浴のpreとmaxの2回静脈採血し、多項目自動血球計数装置(Pentra60 LC-5000、(株)堀場製作所)を用いて、リンパ球数と顆粒球数を算定した。

### (4) 細胞性免疫検査

4例全例について1クール前後で採血し、(株)ファルコバイオシステムズにて、リンパ球における免疫バランスの指標としてTh1/Th2を、またNK活性の指標としてCD57/CD16( $\text{CD57}^-/\text{CD16}^+:\text{NK}^{++}$ 、 $\text{CD57}^+/\text{CD16}^+:\text{NK}^+$ )を測定した。

### (5) 統計解析

血液ガス分析および血球数の各数値は、pre値とmax値とで比較し、対応のあるt検体を用いて有意水準5%の両側検定を行った。



#### IV 結果

##### (1) 1クール温浴前後のリスク値とFree DNA濃度の変化(図2)

温浴前のリスク値とリスク段階は、健常人-1が14.4%でA、健常人-2が86.1%でD、再発予防-1が69.7%でC、再発予防-2が56.2%でCであった。また、Free DNA濃度はいずれも

基準値の25 ng/mL未満であった。

温浴プログラム終了後の再検査では、温浴前にAであった健常人-1は1ヵ月後、2ヵ月後ともにAと評価され、低いリスクを維持した。健常人-2では、1ヵ月後は82.8%のDで温浴前と同段階の高リスクを示したが、2ヵ月後の検査では74.8%のCへとリスクの低減を認めた。

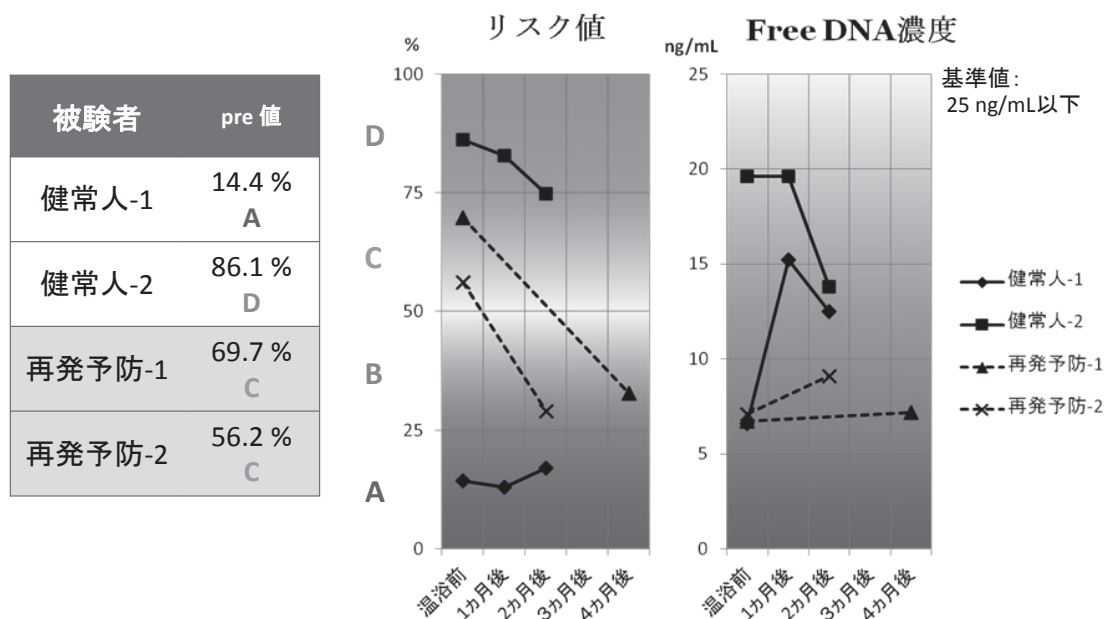


図2. 1クール温浴前後のリスク値とFree DNA濃度の変化

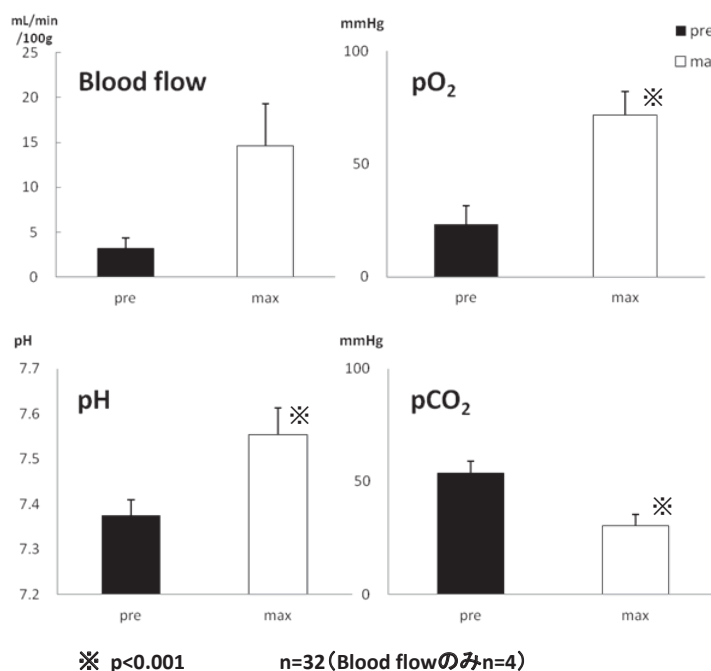


図3. 全身温浴前後の血液の変化

また、再発予防-1では、4ヵ月後の検査でリスク値は32.8%に半減し、リスク段階も温浴前のCからBに改善した。同様に温浴前リスク段階がCであった再発予防-2においても、2ヵ月後の検査で29.0%のBへとリスクの低減を示した。4例におけるFree DNA濃度は、温浴プログラム前後で多少の変動はみられたものの、いずれも基準範囲内の変動で、全身温浴によっ

て炎症などの変化は認められなかった。

## (2) 全身温浴前後の血液の変化 (図3)

温浴1施術前後で、血流量は平均5倍に上昇した。静脈血の血液ガス分析では、preと比較してmaxでは有意なpO<sub>2</sub>の上昇とpCO<sub>2</sub>の低下、およびpHの上昇を示した (p<0.001)。

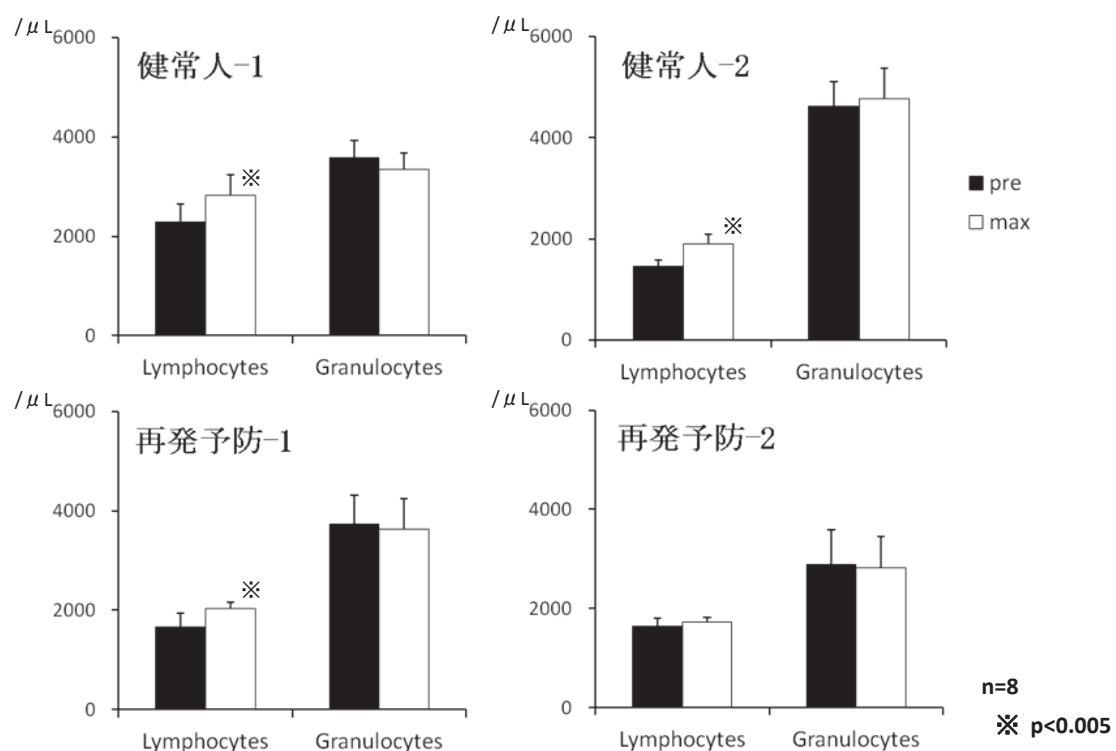


図4. 全身温浴前後のリンパ球数と顆粒球数の変化

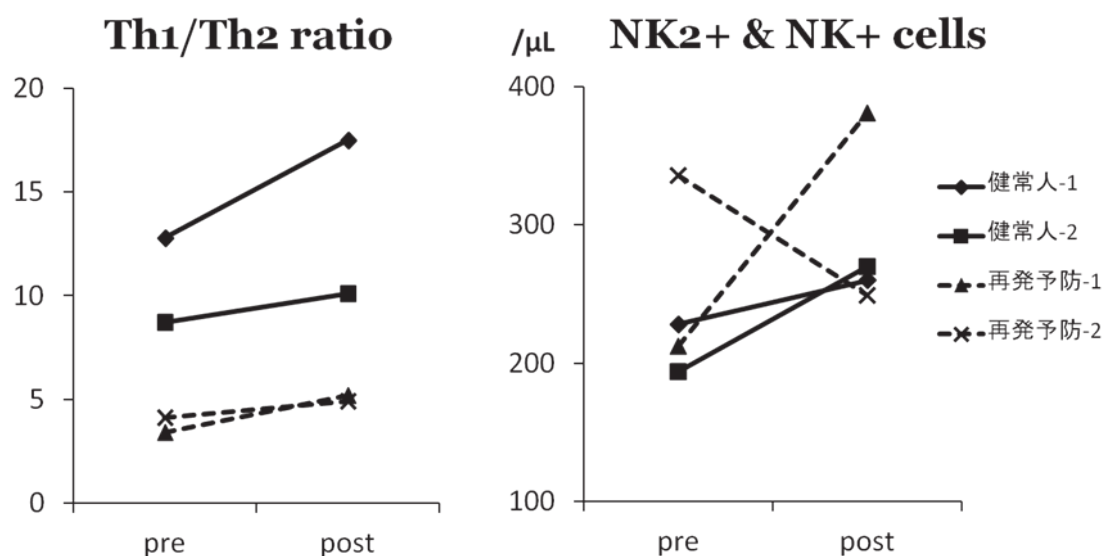


図5. 1クール温浴前後のリンパ球サブセットの変化

### (3) 全身温浴前後のリンパ球数と顆粒球数の変化 (図4)

各温浴施術の前後で、末梢血中の顆粒球は全例で有意な増多を認めなかった。一方、リンパ球は4例中再発予防-2を除く3例で有意な増加を示した ( $p<0.005$ )。

### (4) 1クール温浴前後のリンパ球サブセットの変化 (図5)

温浴プログラムの前後で4例全例においてTh1リンパ球の割合が上昇し、その結果Th1/Th2比が増加した。また、4例中再発予防-2を除く3例で、NK活性を備えた細胞数の増加を認めた。

## V 考察

1950年代以降、がんの微小環境における低酸素の重要性が認識され、1992年には低酸素環境下で発現する転写因子としてHIF-1 (Hypoxia inducible factor-1) が同定された<sup>5)</sup>。HIF-1の発現は、血管新生、嫌気性代謝、アポトーシス抵抗性、造血等、低酸素下で細胞が生存するために必要な下流遺伝子群の転写を誘導し、それが多くのがんの進行に関わることが報告されている<sup>6-8)</sup>。これらの遺伝子を含め、がん組織で異常を示す遺伝子群のうち代表的な47種類のがん関連遺伝子について、採取が容易なPBMC中でのmRNAの発現を調べてみると、体内の異常を反映して健常人とがん患者とで発現パターンに差が生じることがわかってきた。このmRNAの発現解析の他、腫瘍の進行や炎症に伴って末梢血中に遊離するFree DNA濃度を測定し、さらに年齢因子を加味して多変量解析を行い、リスク値を0～100%、リスク段階をA～Dで表したのが、今回用いた遺伝子検査である<sup>2)</sup>。

2011年5月から2012年11月に東京ソアラクリニックでこの遺伝子検査を行った健常人17例、がん患者19例のリスク段階を比較すると、健常人ではリスク段階の低いAが35%、

軽度発症リスクのBが29%、中等度発症リスクのCが24%、高度発症リスクのDが12%で、リスクの低いAとBが半数以上を占めたのに対し、がん患者ではAは0%、Bは47%、Cは32%、Dは21%で、リスクの高いCとDが半数以上という結果であった。また、年齢との相関でも、がん患者では健常人に比べて年齢が低くてもリスクが高い傾向を示した。

温浴プログラム開始前の遺伝子検査でDと判定された健常人1例と、Cと判定された再発予防患者2例、ならびにAと判定された健常人1例の計4例について、+2℃の深部体温上昇を目標とする全身温浴を週に2回ペースで計8回実施したところ、温浴前に中等度以上のがんリスクと判定された3例では、温浴プログラム終了から1～3ヵ月後の検査でがんリスクがそれぞれ1段階ずつ低減した。また、温浴前にAと判定された健常人では、温浴プログラム直後と1ヵ月後の再検査でAを維持していた。

以上より、本温浴プログラムが、遺伝子発現解析を指標とするがんリスクを低減させる可能性が示唆された。全身温浴がもたらす循環動態の変化が組織の低酸素を改善し、HIF-1の過剰発現を制御した結果、HIF-1によって発現が誘導される他の遺伝子にも影響を与え、PBMCにおけるがん関連遺伝子の発現パターンが変化したものと推測される。また、客観的評価が難しい予防医療の分野で、全身温浴の効果指標として、PBMCにおける遺伝子検査の有用性も示唆された。温浴プログラムの効果判定の再検査時期としては、遺伝子発現が安定化すると推測される、プログラム終了から1～2ヵ月経過後が望ましいと考えられる。

今回の全身加温には、体温誘導の制御性と再現性、効率性と安全性に最も優れた媒体として、その熱伝導率の高さから浸潤熱を効率よく供給し、体温コントロールに優れ、静水圧や浮力により血流促進作用が強い温浴システムを使用した。人工的な体温上昇をもたらす手段としては、他に遠赤外線、ラジオ波、体外循環な

ど、様々な方法があるが、コントロール不能な過度の体温上昇は時に顆粒球増多を招き、活性酸素を放出して組織損傷をもたらすため、深部体温のコントロールは重要である。また、深部体温の正確な把握のためには、安定したモニタリングが可能で侵襲性が低く、外部環境の影響を受けにくい測定部位として、直腸温を選択した。本プログラムは、温水の正確な温度調節が皮膚の痛覚刺激を生じさせないこと、ストレッチャーを用いた介助型温浴が、入浴時、出浴時含め労作負荷を減らすこと、温浴中の体位が静水圧の影響を最小にすることで、約60分の全身温浴と、+2℃の体温上昇を可能にした<sup>9)</sup>。温浴による誘導型熱ショックタンパク質(Hsp72)の産生ピークが2～3日後であることから<sup>10)</sup>、温浴の実施には2～3日の間隔を設け、血液ガス分析から推測するエネルギー代謝の活性や自律神経2系統の動き、免疫能を示す数値の推移、そして温熱疲労などから、施術数の目安は計8回、1ヵ月間の温浴プログラムをスタンダードプログラムとして<sup>9)</sup>、今回もこれを適用した。

全身を浸漬加温することにより、視床下部の視索前野に位置する体温調節中枢が皮膚温と深部体温の変化を感知し、温ニューロンが反応すると、体内では様々な応答が誘導される<sup>11)</sup>。全例で観察された血流量の増加と、有意な末梢血pO<sub>2</sub>の増加とpCO<sub>2</sub>の減少、pHの上昇は、末梢の動静脈シャントの開放によって末梢血管抵抗が低下し、循環が亢進したことと、呼吸増加により血液ガス交換が亢進したことによるものであると考えられる。

全身温浴が免疫系を刺激することは以前も報告したが<sup>12)</sup>、今回も免疫に関わる数値の変化が確認された。preに比べてmaxで末梢血リンパ球が有意に増加するのは、温熱刺激によってリンパ組織からリンパ球が末梢血中に動員されてきた結果であると考えられる。リンパ球の中でも腫瘍免疫やウイルス免疫に関わるTh1リンパ球の割合と抗体産生やアレルギー反応に

関わるTh2リンパ球の比であるTh1/Th2比は、免疫バランスの一つの指標であるが、4例全例において温浴プログラムの前後でTh1活性の上昇がみられ、その結果Th1/Th2比も上昇した。NK活性細胞では、4例中3例で増加を示し、温浴プログラム前に高値を示した再発予防患者の1例ではやや低下したが、基準範囲内での変化であった。

温水を用いた発熱範囲の全身温熱療法は、未治療または既に何らかの治療を行っているがん、パーキンソン病等の神経変性疾患、更年期障害等の自律神経失調症、HCVやHIVのような難治ウイルス感染症、慢性炎症性疾患、そして予防医療の分野において、幅広い応用が可能と考えられる。最適な温浴プログラムにより、免疫能を高め、がん関連遺伝子を制御できるからだ作りに貢献し、遺伝子検査を一つの効果指標として、予防医療の確立を目指す道筋が垣間見えた。一方、今回実施した遺伝子の発現解析をがんの超早期発見目的として用いるには、母数を増やし、さらなる解析の精度向上が必要であると考えられ、併せてその普及には低価格化の検討が望まれる。

## VI 結論

全身温浴による適切な体温上昇がもたらす細胞環境への作用が、PBMCにおけるがん関連遺伝子の発現解析を指標とするがんリスクの低減に有効であることが示唆された。温浴プログラムによるがんリスクを含めた疾病リスクの低減と、効果判定の一助としての遺伝子検査の組合せについて、予防医療分野での有用性は大きいと思われる。

## 引用文献

- 1) 和田洋巳. がんとエントロピー. NTT出版. 2011, p. 51-68. (211p)
- 2) 真柄俊一. がんを治すのに薬はいらない. 幻冬舎. 2012, p. 183-204. (269p)
- 3) Wagner-Jauregg J. The treatment

- of general paresis by inoculation of malaria. *J Nerv Ment Dis.* 1922, Vol. 55, p. 369-375.
- 4) 奴久妻智代子, 福田智信, 渥美和彦. 臨床現場における高精度体温制御装置を用いた全身加温の検討. *医療機器学.* 2013, Vol. 83, No.3, in press.
  - 5) Semenza GL, Wang GL. A nuclear factor induced by hypoxia via de novo protein synthesis binds to the human erythropoietin gene enhancer at a site required for transcriptional activation. *Mol Cell Biol.* 1992, Vol. 12, No.12, p. 5447-5454.
  - 6) Ikeda E. Cellular response to tissue hypoxia and its involvement in disease progression. *Pathol Int.* 2005, Vol. 55, No. 10, p. 603-610.
  - 7) Semenza GL. Regulation of physiological responses to continuous and intermittent hypoxia by hypoxia-inducible factor 1. *Exp Physiol.* 2006, Vol. 91, No. 5, p. 803-806.
  - 8) Semenza GL. Regulation of tissue perfusion in mammals by hypoxia-inducible factor 1. *Exp Physiol.* 2007, Vol. 92, No. 6, p. 988-991.
  - 9) 奴久妻智代子, 関朗. 温水による高精度体温制御装置を用いた全身ハイパーサーミアの原理と可能性. *Thermal Medicine.* 2010, Vol. 26, No. 2, p. 60.
  - 10) Urakawa T.; Nukuzuma C.; Ohtsuka K.; et al. Effects of experimental hyperthermia on biodynamics and immunity in dogs and cats. *Jpn J Hyperthermic Oncol.* 2006, Vol. 22, No. 1, p. 35-48.
  - 11) 山蔭道明. 体温のバイオロジー体温はなぜ37℃なのか. *メディカルサイエンスインターナショナル.* 2005, 187p.
  - 12) Tomiyama-Miyaji C.; Watanabe M.; Ohishi T. et al. Modulation of the endocrine and immune systems by well-controlled hyperthermia equipment. *Biomedical Research.* 2007, Vol. 28, No. 3, p. 119-125.

## Reduction of cancer risk with thermotherapy using hot bath

Chiyoko Nukuzuma<sup>\*,\*1</sup>, Tomonobu Fukuda<sup>\*1</sup>, Kazuhiko Atsumi<sup>\*1</sup>

<sup>\*</sup> SOARA Medical Co., Ltd.

<sup>\*1</sup> Tokyo SOARA Clinic

### Abstract

Regarding cancer onset and progression, it is now more generally accepted that the play of gene environment is the key to the on/off of gene expression (so-called “epigenetics”) rather than “genetics” which suggests gene itself as a cause of cancer. It is also understood that proper temperature elevation by whole body hot bath thermotherapy upregulates blood flow which increases oxygen delivery to tissue and activates aerobic metabolism, therefore acts on environmental factors which influence gene expression.

In this study, all test subjects underwent oncogene test using peripheral blood mono nuclear cells and multivariate analysis before thermotherapy treatment, and 1 healthy subject with high cancer risk, 2 subjects with high risk at the stage of preventing recurrences, and 1 healthy subject with low risk took whole body hyperthermal baths 8 times (twice a week, for a month). Their oncogene expressions were examined after 8 thermal treatments, and cancer risk evaluation was lowered for all 3 high risk subjects, and risk remained low for low risk subject.

As a result, it is indicated that thermal bath program used in this study could be effective in cancer risk reduction measured by oncogene expression analysis as an indicator of cancer risk.

Key words: whole body hyperthermia, gene expression analysis, cancer risk, preventive care



# 放射能泉の利用における被ばく線量評価のための ラドン分析検討および実態調査

Examination of radon concentration  
for evaluation of exposure dose due to radioactive spring usage

|       |                        |    |    |
|-------|------------------------|----|----|
| 研究代表者 | 三重県保健環境研究所             | 森  | 康則 |
| 研究協力者 | 三重県保健環境研究所             | 志村 | 恭子 |
|       | 医療法人社団主体会 小山田記念温泉病院    | 川村 | 陽一 |
|       | 医療法人社団主体会 小山田記念温泉病院    | 出口 | 晃  |
|       | 愛知医療学院短期大学 リハビリテーション学科 | 美和 | 千尋 |
|       | 放射線医学総合研究所 規制科学研究プログラム | 石川 | 徹夫 |
|       | 神戸薬科大学 放射線管理室          | 安岡 | 由美 |

## 緒言

温泉水中に含有されるラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) は地質に由来する放射性物質で、化学的に不活性な希ガスである。温泉法および鉱泉分析法指針（改訂）において、温泉水 1kg 中に  $20 \times 10^{-10}\text{Ci/kg}$  (5.5 マッヘ単位、74Bq/kg) 以上のラドンが含まれるとき、温泉法第2条に規定する「温泉」に該当し、さらに  $30 \times 10^{-10}\text{Ci/kg}$  (8.25 マッヘ単位、111Bq/kg) 以上のラドンが含まれるとき、「療養泉」としての「放射能泉」に該当することが規定されている。また放射能泉は、環境庁自然保護局長通知（昭和57年5月25日付け環自施第227号）に基づき、療養泉の一般的な適応症に加えて、浴用の場合は、痛風、動脈硬化症、高血圧症、慢性胆嚢炎、胆石症、慢性皮膚病、慢性婦人病を、飲用の場合は、痛風、慢性消化器病、慢性胆嚢炎、胆石症、神経痛、筋肉痛、関節痛を、それぞれ適応症として、利用施設に掲示することができる。

しかしながら、ラドンは放射性物質としての性質を併せ持っている。東京電力福島第一原子力発電所事故の発生以降、特に低レベル放射能の被ばくによる不安感の高まりや放射能に対する認識不足から、著名な放射能泉を有する温泉地では、客数の著しい減少が報告されている<sup>1)</sup>。

鳥取県の三朝温泉や岐阜県のローソク温泉、山梨県の増富温泉等、全国的に著名な放射能泉についてはその利用に伴う実効線量や安全性についての研究報告は散見されるものの<sup>2, 3, 4)</sup>、それらの研究成果が全国に散在する全ての放射能泉の安全性に適用できるものではなく、現状において各地域の住民や利用者の不安解消のために十分なデータが得られているとは言い難い。

そこで、本研究では、以下の3つのサブテーマを設定し、順次研究を進めてきた。3つのサブテーマとは、①液体シンチレーションカウンタ（以下、LSC）による空气中ラドンの簡易的な分析技術の開発、②実際に稼働中の放射能泉利用施設における水中および空气中ラドン濃度の実態調査、③実態調査結果をもとにした放射能泉利用による実効線量の算出、である。

研究の結果、放射能泉の安全・安心利用に資する有用な知見が得られたので、以下に報告する。なお、本論は各サブテーマの順に、得られた成果を述べる。

## サブテーマ 1)

### 液体シンチレーションカウンタによる空气中ラドンの簡易的な分析技術の開発

#### 目的

空气中ラドンは、現在社会的な関心の対象となっている環境中の低レベル放射能の主要な変動要因のひとつである。空气中ラドン濃度の分析方法には、固体飛跡検出器やシンチレーションカウンタ等が知られているが、いずれの方法も専用の測定機器を必要とするため、その測定に特化した専門的な測定機関に限られるという側面がある。

その中でLSCは、全国の温泉法に基づく「登録分析機関」の多くが使用できる環境にあるため、比較的汎用的な測定機器と言える。また活性炭型検出器は、ラドンを捕集するための活性炭を装着した安価なディスポーザブルタイプの検出器であり、取扱が安全かつ簡便であるだけでなく、調達が容易である。

これらのことから、本研究ではLSCと活性炭検出器を用いた汎用的かつ簡便な分析技術の検討を試みた。なお、本研究成果の詳細については、既報<sup>5)</sup>に詳しく報告されているため、必要に応じて参考にされたい。

#### 方法

本研究ではLSCと活性炭検出器を用いて、次の条件により分析検討を行った。

機 器：LSC LB-5

(日立アロカメディカル株式会社製)

抽出温度：15℃

計算方法：積分バイアス法 (TRIPPLE 20-2,000, 40-2,000, 60-2,000keV)

検 出 器：PICO-RAD<sup>TM</sup> 検出器

(Accustar Labs 社製) (Fig.1)<sup>6)</sup>

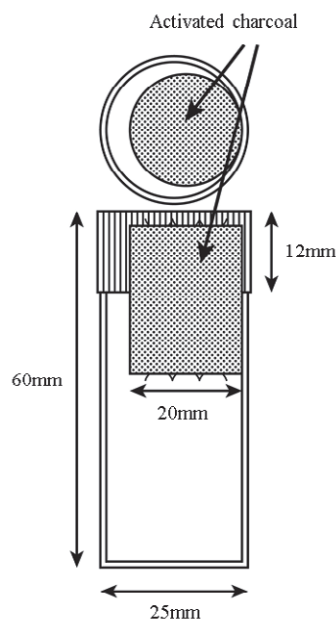


Fig.1 Schematic drawing and cross-sectional views of the PICO-RAD, activated charcoal radon detector<sup>6)</sup>.

シンチレータ：DPO+POPOP トルエン溶液

(DPO20g、POPOP0.5g をシンチレータ用トルエン 1,000mL に溶解したもの)

Insta-Fluor Plus (PerkinElmer Inc.)

本研究におけるラドンチェンバによる検出器への曝露は、放射線医学総合研究所における国際的な測定機関間の測定値のクロスチェック調査である「Intercomparison NIRS 2011」と同時に実施した<sup>7,8)</sup>。

空气中ラドン濃度は、LSC測定と積分バイアス法 (20-2,000, 40-2,000, 60-2,000keV の外挿値) による求められた正味計数率 (*netcps*) と測定機器や測定条件の違いによる変換係数 *A* およびラドンチェンバにおける曝露開始時刻 *t*<sub>1</sub> (単位は日、以下同じ)、曝露終了時刻 *t*<sub>2</sub>、シンチレータの添加時刻 *t*<sub>3</sub>、測定時刻 *t*<sub>4</sub> による減衰補正で構成される式(1)により求めた<sup>9)</sup>。

$$Rn(Bq/m^3) = netcps \times \frac{1}{0.7264} \times \exp\left(\frac{0.693 \times (t_4 - t_2)}{3.825}\right) \times \frac{1}{1 - \exp\left(\frac{-(t_2 - t_1)}{18/24}\right)} \times \frac{1}{1 - \exp\left(\frac{-(t_4 - t_3)}{2/24}\right)} \times 1 \times 37 \times A \quad (1)$$

## 結果および考察

本研究により得られた測定スペクトルを Fig.2, Fig.3 に示す。この測定スペクトルから、本分析条件の3ウインドウ設定はノイズ領域や $\alpha$ 線領域に重畳せず、その外挿により適切な正味計数率が得られることが確認された。

また、正味計数率からラドン濃度への換算のための変換係数の算出を試みた。ラドンチェン

バの曝露時に測定されている reference value<sup>7)</sup> と本測定条件で得られた測定値を比較し、本研究で得られた測定値を reference value に相当させるために乗じる係数を、その測定条件の変換係数  $A$  と解釈した。シンチレータ添加後に何度も LSC 測定を繰り返し、その測定値から得られた変換係数  $A$  の時系列変動を Fig.4 に示す。変換係数は、reference value と測定値の

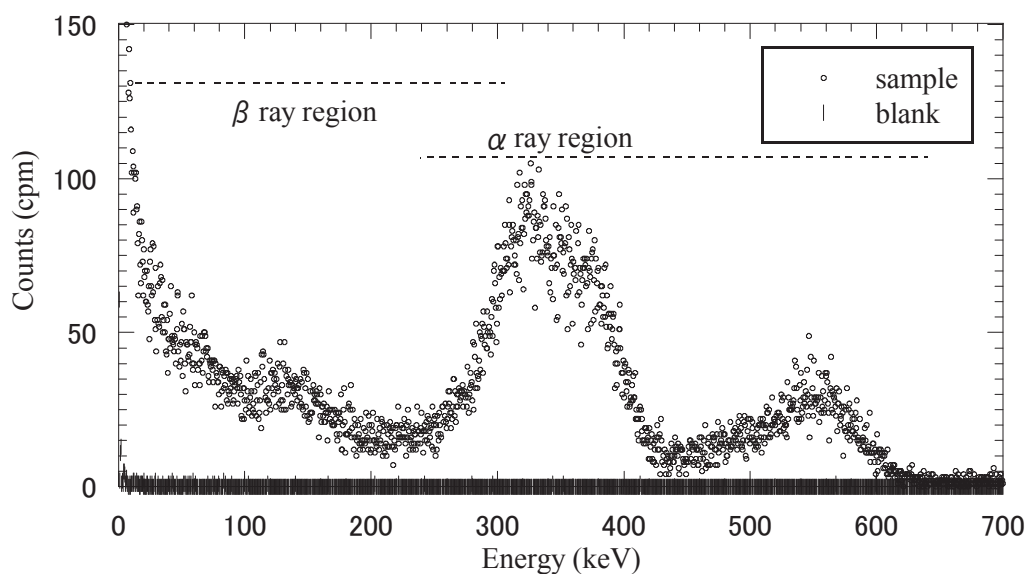


Fig.2 PICO-RAD measurement spectrum (0-700keV) for radon of a liquid scintillation counter using a toluene scintillator (DPO+POPOP).

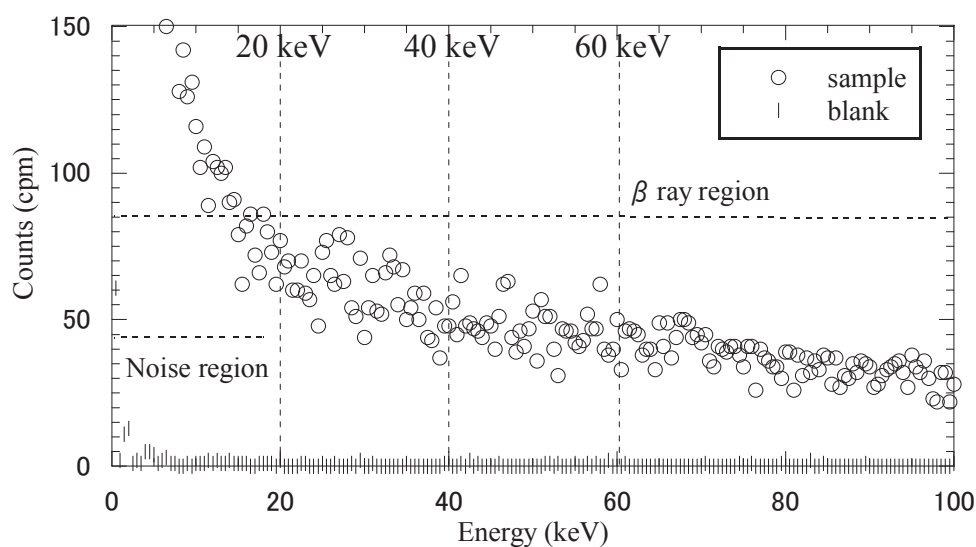


Fig.3 PICO-RAD measurement spectrum (0-100keV) for radon of a liquid scintillation counter using a toluene scintillator (DPO+POPOP).

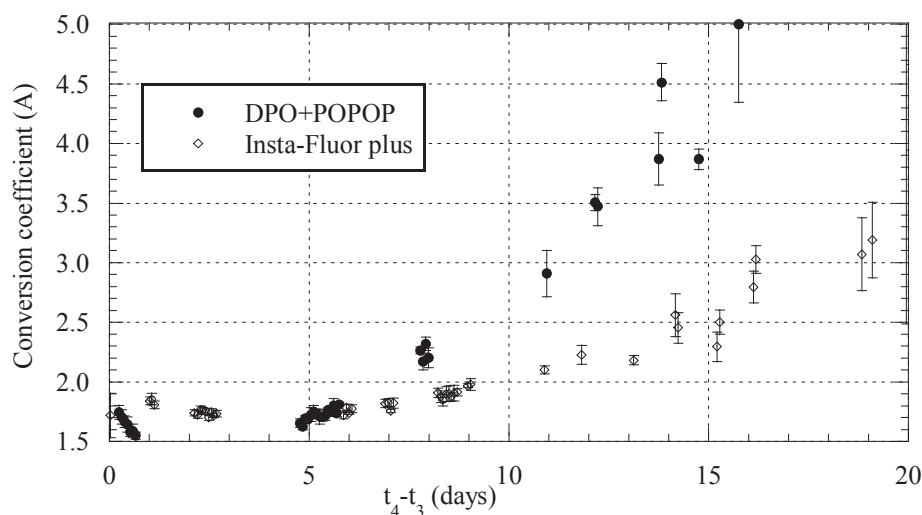


Fig.4 Correlation between  $t_4-t_3$  and the conversion coefficient for radon measurement.

乖離の大きさを示している。この時系列変動の中で最も低い時、すなわち reference value との乖離が最も小さい時の変換係数  $A$  は、シンチレータが DPO+POPOP トルエン溶液の時が 1.55、Insta-Fluor Plus とした時が 1.70 であった。この変換係数  $A$  を式(1)に適用することにより、同条件下における空气中ラドン濃度の測定と換算が可能となった。

以上により、本研究の成果である簡便かつ汎用的な測定条件を確立したことは、現在全国的な関心の的となっている空間線量率の変動要因のひとつである空气中ラドンに関する情報提供の普及に資するものと考えられる。

## サブテーマ2)

### 放射能泉利用施設における水中および空气中ラドン濃度の実態調査

#### 目的

温泉の湧出から実際の利用に至るまでの温泉成分の化学的挙動、すなわち温泉の「老化現象」と人体への影響を把握することは、温泉の医療的活用の中で重要である。温泉の老化現象を議論するなかで、放射能泉は特に老化しやすい泉質であると言える。その理由として、①ラドン

は短半減期核種（半減期 3.8 日）であり、放射壊変による減衰が考えられること、②希ガスであるラドンは空气中に揮散しやすい化学的性質を有すること、が挙げられる。

そこで本研究では、地元自治体や実際に放射能泉を利用する宿泊施設の協力を得ながら、実際に稼働中の施設の水中・空气中ラドン濃度の実態調査を行った。

なお、サブテーマ 1) で検討した測定方法<sup>5)</sup>を活用して得られた空气中ラドンの存在実態については、現在データ整理中であり、その成果については別報による報告を予定している。このため、本論では水中ラドンの存在実態について重点的に報告する。水中ラドンの存在実態に関する研究成果については、既報<sup>10)</sup>により詳しく報告されているため、必要に応じて参考にされたい。

#### 方法

本調査は、三重県三重郡菰野町に位置する宿泊施設「希望荘」を対象として行われた。同施設は、全国的にも著名な放射能泉の温泉地である湯の山温泉に隣接し、鳥居道山地域と呼ばれる地域に位置する。湯の山温泉と同様に、鳥居道山地域にも放射能泉が存在し、その起源は風

化花崗岩である鈴鹿花崗岩を湧出母岩とした裂隙水であると考えられている<sup>11)</sup>。同施設では、主に同施設敷地内に湧出する「希望荘源泉」が利用され、希望荘源泉は、源泉直近に位置する1次タンク（以下、源泉タンク）、施設内に位置する2次タンクを経て、加温後、各浴槽（男子浴槽、男子露天風呂、女子浴槽、女子露天風呂）に配湯される。各浴槽は循環ろ過であり、週一回の完全換水が行われ、井戸水による加水処理が行われている。

希望荘源泉の主な成分の分析結果をTable 1に示す。希望荘源泉の泉質は、含弱放射能ナトリウム－炭酸水素塩温泉で、泉温が32.8℃、湧出量が32 L/minである（2001年12月4日分析）。温泉水中のラドン含有量は、 $162.6 \times 10^{-10}$  Ci/kg（44.72 マッヘ単位、601.62 Bq/kg）であり、温泉法に定める温泉、療養泉の規定値を満たすだけでなく、三重県内に湧出する温泉水の中で最もラドン含有量が高い温泉である。

水中ラドンの採水および測定条件は以下のとおりとした。測定条件の詳細は鉍泉分析法指針（改訂）に準拠した。

採水場所：源泉タンク

稼働中の各浴槽（男子浴槽、男子露天風呂、女子浴槽、女子露天風呂）

採水回数：2回

「源泉タンクからの配湯直後」と「循

環ろ過や加温、利用客の入浴等の通常稼働を経た2日後」

測定機器：LSC LB-5

（日立アロカメディカル株式会社製）

分析時間：60分間

シンチレータ：DPO+POPOPトルエン溶液

操 作：鉍泉分析法指針（改訂）に準拠

## 結果および考察

源泉タンク水および各浴槽水の水中ラドン濃度をTable 2に示す。

源泉タンク水のラドン濃度は141Bq/kgであった。源泉タンク水は、地上への湧出後タンク内で貯留されるため、湧出直後のラドン濃度に比べて既に減衰しているものと推測される。また、浴槽に加水されている井戸水のラドン濃度は45.4Bq/kgであった。

浴槽水の加水率（温泉水：井戸水）は、温泉水、井戸水、各浴槽水に含まれるフッ化物イオン濃度をイオンクロマトグラフで測定し、それぞれの寄与率を算出した。その加水率をもとに、源泉タンクから浴槽水への加水処理以外の濃度減少要因がないと仮定した場合に、浴槽水中に含まれる計算上のラドン濃度の期待される値をTable 2に示した。

実際の水中ラドン濃度は、計算上のラドン濃度に比べて5.3～18.0%しか残存せず、さらに配湯から2日後のラドンは0.3～0.4%しか

Table 1. Principle components of water from Kiboso Hot Spring in Komono, Mie prefecture

| Cation           | Concentration (mg/kg) | Anion                         | Concentration (mg/kg) | Un-ionized component            | Concentration (mg/kg) | Dissolved gas   | Concentration (mg/kg) |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| Li <sup>+</sup>  | 0.2                   | F <sup>-</sup>                | 25.1                  | H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | 17.5                  | CO <sub>2</sub> | 6.6                   |
| Na <sup>+</sup>  | 446.8                 | Cl <sup>-</sup>               | 49.8                  | HBO <sub>2</sub>                | 47.4                  |                 |                       |
| K <sup>+</sup>   | 6.1                   | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 8.8                   |                                 |                       |                 |                       |
| Mg <sup>2+</sup> | 0.6                   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 954.9                 |                                 |                       |                 |                       |
| Ca <sup>2+</sup> | 1.5                   | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 18.0                  |                                 |                       |                 |                       |
| Total            | 455.2                 | Total                         | 1057                  | Total                           | 64.9                  | Total           | 6.6                   |

Condition: pH, 8.5; Water temperature, 32.8℃; Quantity of water discharge, 32L/min.

Radon concentration:  $162.6 \times 10^{-10}$  Ci/kg (44.72ME, 601.62 Bq/kg).

Date of analysis: 18 / Jan / 2002.



Table 2. Expected radon concentration and measured radon concentration for each bath water sample soon after and two days after the spring water was supplied, and ratios of these concentrations to radon concentration of water from the primary spring tank

| Sampling point        | Radon concentration |                                           |                                               |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                       | Expected            | Measured soon after spring water supplied | Measured two days after spring water supplied |
| Men's indoor bath     | 74.0                | 3.9<br>(5.3%)                             | 0.2<br>(0.3%)                                 |
| Men's open-air bath   | 73.8                | 13.3<br>(18.0%)                           | 0.3<br>(0.4%)                                 |
| Women's indoor bath   | 73.7                | 5.3<br>(7.2%)                             | 0.2<br>(0.3%)                                 |
| Women's open-air bath | 76.5                | 10.2<br>(13.3%)                           | 0.3<br>(0.4%)                                 |

Unit of radon concentration: Bq/kg.

Radon concentration in primary spring tank: 141 Bq/kg.

Radon concentration in added well water: 45.4 Bq/kg.

Figures in parentheses show ratios of the measured concentrations to radon concentration of water from the primary spring tank.

残存していないことがわかった。これらの濃度の減少の理由として、ラドンの放射壊変、配湯等に伴う大気中への揮散、また浴槽水の加温や循環ろ過による揮散の促進、利用客の入浴により、浴槽水の曝気のような作用が働いていること等の影響が考えられた。

### サブテーマ3)

#### 放射能泉施設利用に伴う実効線量の評価

##### 目的

放射能から受ける人体影響を議論するためには、実効線量（単位：Sv）による評価が有効である。そこで、本研究では、これまでに述べてきた利用水中の水中ラドン実態調査結果を用いて、当該の放射能泉施設の利用に伴う実効線量を算出した。計算結果を以下に報告する。

##### 方法

先行研究の評価式<sup>3, 4, 12)</sup>を用いて、入浴客が浴槽から空気中に拡散したラドンを吸入することによる実効線量の評価を行った。評価式は式(2)のとおりである。

$$Da = P \times K \times T \times F \times Q \quad \dots\dots (2)$$

$Da$ ：浴槽から空気中に拡散したラドンの吸入による実効線量 [mSv]

$P$ ：ラドンが水中から空気中に寄与する割合 [10<sup>-4</sup>]

$T$ ：浴槽内滞在時間 [h 本研究では2hと仮定した]

$F$ ：平衡ファクター [屋内:0.4 屋外:0.5]

$Q$ ：浴槽水中ラドン濃度 [Bq/m<sup>3</sup>]

また、同利用施設が飲泉に係る許可を有していると仮定し（調査対象施設は飲用許可を取得していないため、実際には飲用利用は行われていない）、調査を行った浴槽水や源泉タンク水等のラドン水を飲用した場合の実効線量の評価も行った。評価式は式(3)のとおりである<sup>3, 4, 12)</sup>。

$$D_w = K_w \times W \times Q_w \quad \dots\dots (3)$$

$D_w$ ：ある期間におけるラドン水を飲用した場合の実効線量 [mSv]

$K_w$ ：線量換算係数 [ $3.5 \times 10^{-6}$  mSv/Bq]

$W$ ：ある期間におけるラドン水摂取量 [m<sup>3</sup> 本研究では500mLと仮定した]

$Q_w$ ：飲用水中ラドン濃度 [Bq/m<sup>3</sup>]



Table 3. Estimated dose associated with bathing and drinking of radioactive hot spring water

| Sampling point        | Bathing (nSv) | Drinking (nSv) |
|-----------------------|---------------|----------------|
| Men's indoor bath     | 2.8           | 5.1            |
| Men's open-air bath   | 12.0          | 23.3           |
| Women's indoor bath   | 3.8           | 9.3            |
| Women's open-air bath | 9.2           | 17.9           |
| Primary spring tank   | 102           | 247            |

## 結果および考察

以上の計算によって得られた実効線量を Table3 に示す。その結果、当該放射能泉の浴用に伴う実効線量は 2.8 ～ 12.0nSv、浴槽水と同程度のラドン水を飲用したと仮定した場合の実効線量は 5.1 ～ 23.3nSv と見積もられた。また、参考までに、配湯や加温によりラドンが揮散する前の源泉タンク水を、直接浴用あるいは飲用したと仮定した場合の実効線量を計算したところ、それぞれ 102nSv、247nSv と計算された。

当該放射能泉の入浴や飲用を仮に年間を通じて継続したとしても、その積算線量は、環境放射線から受ける実効線量の世界平均（年間 2.4mSv）<sup>13)</sup> よりも低い値になる。このことから、本研究により得られた水中ラドンに由来する実効線量は、少なくとも人体に対する影響を危険視するレベルにはないことが示された。今後は放射能泉周辺施設における空気中ラドンの存在実態とあわせて、さらに精細な評価を試みる予定である。

## おわりに

本研究では、空気中ラドンの汎用的な分析方法の開発から、実際に稼働中の放射能泉利用施設におけるラドン濃度の実態調査、その調査結果からの実効線量を計算した。液体シンチレーションカウンタと活性炭型検出器（PICO-RAD 検出器）を用いた空気中ラドンの測定手法について検討した結果、妥当性の高い測定条件を確

立することができた。本測定条件は、簡便で汎用性が高いことから、空気中ラドン測定と通常環境下の低レベル線量被ばくに関する広い情報提供の普及に資するものと考えられる。

また、本研究で検討された測定条件を用いて、三重県で最もラドン濃度の高い放射能泉を利用する温泉利用施設の利用に伴う実効線量を評価した。その結果、水中ラドンに由来する施設利用に伴う実効線量は、一般的な環境放射能に比べても十分に低く、少なくとも人体に対する影響を過度に危険視するレベルにはないことが示された。

今後の課題として、放射能泉利用施設周辺における空気中ラドン、特に浴室内の高湿度環境下の空気中ラドンの測定を進めることにより、さらに精細な実効線量評価を可能とする予定である。

## 謝辞

本研究の実施にあたっては、鳥居道山観光資源活性化委員会事務局の菰野町千種支所山一口支所長、株式会社希望荘山本春三代表取締役社長に多大なる御協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 合田純人, 放射能泉の安全に関するガイドブック編纂委員会: 放射能の安全に関するガイドブック, 特定非営利法人健康と温泉フォーラム, 1-98, 2012.

- 2) 古賀妙子, 稲垣昌代, 森嶋弥重, 田中由紀, 中西昭博, 佐々木紀子, 御船政明: ピコラド検出器を用いた液体シンチレーション計数法による鳥取・三朝地域におけるラドン濃度の測定(3), 近畿大学原子力研究所年報, 33, 11-23, 1996.
- 3) 堀内公子, 滝沢英夫, 鈴木絢香: 放射能泉地域のラドン濃度と利用客の被曝線量, 放射線教育, 11, 33-40, 2007.
- 4) 下 道國, 小柳津東, 床次眞司, 北村香織, 江尻和隆, 南 一幸: 岐阜県の一温泉施設のラドン濃度と被曝線量試算, 温泉科学, 55, 177-187, 2006.
- 5) Mori, Y., Murata, S., Yoshimura, H., MAEDA, A., SAWADA, Y., SHIMURA, K., Yamaguchi, T., Tajika, Y., Ishikawa, T. and Yasuoka, Y.: Determination of radon concentration in air using a liquid scintillation counter and an activated charcoal detector, J. Hot Spring Sci., 62, 306-317, 2013.
- 6) Iimoto, T., Tokonami, S., Morishita, Y. and Kosako, T.: Application of activated charcoal radon collectors in high humidity environments, J. Environ. Radioactivity, 78, 69-76, 2005.
- 7) Janik, M., Tokonami, S., Kovacs, T., Kavasi, N., Kranrod, C., Sorimachi, A., Takahashi, H., Miyahara, N. and Ishikawa, T.: International intercomparisons of integrating radon detectors in the NIRS radon chamber, Appl. Radiat. Isot., 67, 1691-1696., 2009.
- 8) Janik, M., Ishikawa, T., Omori, Y. and Kavashi, N.: Technical report on the 4<sup>th</sup> international intercomparisons for integrating radon/thoron detectors with the NIRS radon/thoron chambers., National Institute of Radiological Sciences, 1-33., 2012.
- 9) Shefsky, S.: Calibration constants for PICO-RAD radon-in-air sampling vials., The Leader in Portable X ray technology., 1998.
- 10) Mori, Y., Deguchi, A., Miwa, C., Iwasaki, Y., Suzumura, E., Maeda, K., Hamaguchi, H., Shimasaki, H., Mizutani, M., Tanaka, N. and Kawamura, Y.: Estimation of exposure dose due to radon in radioactive spring water -a case study of hot spring facility in Mie prefecture -, 2013, in press.
- 11) 森 康則, 長谷川圭司, 小川正彦, 橋爪 清: 湯ノ山温泉連続モニタリングによる温泉水の地下挙動と湧出モデルの考察, 三重保環研年報, 8, 31-38, 2006.
- 12) Board on Radiation effects research: Risk assessment of radon in drinking water. CLS / NRC reports. National academy press, 1999.
- 13) 国連科学委員会(UNSCEAR): 放射線の線源と影響, 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 UNSCEAR2008年報告書, 放射線医学総合研究所, 2010.

## **Examination of radon concentration for evaluation of exposure dose due to radioactive spring usage**

**Yasunori Mori, Ph.D<sup>1</sup>, Kyoko Shimura, Ph.D<sup>1</sup>,  
Yoichi Kawamura, MD, Ph.D<sup>2</sup>, Akira Deguchi, MD, Ph.D<sup>2</sup>, Chihiro Miwa, Ph.D<sup>3</sup>,  
Tetsuo Ishikawa, Ph.D<sup>4</sup> and Yumi Yasuoka, Ph.D<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Mie Prefecture Health and Environment Research Institute

<sup>2</sup> Oyamada Memorial Spa Hospital

<sup>3</sup> Aichi Medical College for Physical and Occupational Therapy

<sup>4</sup> National Institute of Radiological Sciences

<sup>5</sup> Kobe Pharmaceutical University

### **Abstract**

Since the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, social demand for data on environmental radioactivity has become unprecedentedly high. Radon (<sup>222</sup>Rn) is a noble gas that is a component of water used for Japanese hot spring spas (“onsen”). In Japan, the Hot Springs Law and the Guideline of Analytical Methods of Mineral Springs (revised) classify springs containing 74 Bq/kg of radon as “hot springs” and those with radon levels exceeding 111 Bq/kg as “medical springs”, also called “radioactive springs”

Therefore, to evaluate the exposure dose to radioactive spring usage, it is important to establish an easy and accurate measuring method of radon concentration in air.

In this study, at first, the concentration of radon in air was analyzed using an activated charcoal detector (PICO-RAD) and a liquid scintillation counter (Hitachi Aloka Medical, Ltd. LSC LB-5) to validate and promote the widespread use of the measuring method. DPO (2,5-diphenyloxazole) +POPOP (1,4-bis(5-phenyl-2-oxazolyl)benzene) toluene solution and Insta-Fluor Plus were used as a liquid scintillator. Based on the measured spectrum, the appropriate window width for validation of the liquid scintillator and for calculation of the conversion coefficient were determined. These facts indicated that both liquid scintillators provided quantitatively satisfactory results, and the conversion coefficients were 1.55 for DPO +POPOP toluene solution and 1.70 for Insta-Fluor Plus.

Then, this study evaluated exposure dose due to radon when using a radioactive spring at a spa in the Toriido area, Komono town, Mie district, Mie prefecture. After bath water was supplied through a pipe from hot spring storage tanks to bathtubs, only 5.2-18.0% of the radon remained in the water. Two days later, only 0.25% of the radon remained in the bath water due to radioactive decay and increased diffusion into the air being from bathing and recirculation filtering. The calculated effective dose from bathing in radioactive hot spring was 2.8-12.0 nSv, and that from drinking radioactive hot spring water was 5.1-23.3 nSv. To determine the total effective dose from use of the hot spring facility that may affect human health, it is necessary to analyze radon concentrations not only in the bathing area but also in the surrounding air.

# 地域住民の行動変容を目指した温泉資源と 地域環境の活用による保養モデルの開発

Development of Health Preservation Model Utilizing Hot-Spring Resources  
and Regional Environment Aiming at Behavior Change of Local Residents

|       |                        |       |
|-------|------------------------|-------|
| 研究代表者 | 新潟大学教育学部保健体育健康スポーツ科学講座 | 村山 敏夫 |
|       | 新潟大学教育学部生活環境学科         | 山口 智子 |
|       | 新潟大学理学部地質科学科           | 豊島 剛志 |
|       | 新潟大学理学部自然環境科学科         | 本田 明治 |
|       | 新潟大学人文学部人文学科           | 白井 述  |
|       | 新潟大学教育学部保健体育健康スポーツ科学講座 | 田中 誠二 |

## はじめに

日常の生活から離れ、普段とは違う地域まで足を運び普段とは違う時間を過ごすことは気分転換につながる<sup>1,2)</sup>。場所を変え、地域資源や気候など環境の補助によって身体的、精神的負担から解放されることを転地効果と呼ぶが、我々は経験的にこの転地効果を期待しながら温泉地に赴き、旅を楽しむ場面がある。欧州では温泉や気候を利用した自然療法が古くから患者に施され、我が国では湯治といった温泉地への長期滞在がいわゆる温泉療法として広く知られており、近年では入浴方法がプログラム化され、それらの活用によって医療費控除となる仕組みも整備されている<sup>3)</sup>。また、温泉利用指導者や温泉入浴指導員といった有資格者の存在は温泉と健康をつなぐキーパーソンであり、魅力ある温泉地での専門家が提供する健康プログラムの需要は高い<sup>4)</sup>。そのため、温泉地域に特化した健康プログラムの開発や提供は全国各地で広く展開されている<sup>5,6)</sup>。

しかし、地域外から訪れる利用者に対しての転地効果を期待したプログラム提供も重要であるが、そもそもそこを居住地としている地域住民に対しても環境を活用した健康維持増進の取り組みが必要と考えている<sup>7,8)</sup>。我々が本研究のフィールドとした新潟県では、平成18年よ

り進めている健康ビジネス連峰構想のもとで地域資源を活用した健康プログラムの開発が県内各地で展開されており、地域の個性を引き出した魅力あるモデルが毎年創出されている。今後とも地域環境を活用した健康増進プログラムの開発と展開は期待されるところだが、それらモデルの要素が地域住民の健康意識に寄与されるかは、これからの仕組み構築に委ねられると感じており、地域住民が関わり、地域住民の健康度を高めるモデルでなければ永続的に実施される本当に必要な取り組みとはいえないと考える。

そこで本研究では、住民のヘルスプロモーションに対する意識や健康についての行動変容の変化を調査し、得た回答から地域住民の健康維持増進を目的とした能動的保養モデルの開発と提供する仕組み構築を行い、介入によって地域住民の行動変容ステージの変化を探ることを目的とする。

## 方法

### 研究期間

研究期間を3年とし、平成24年8月1日から平成25年3月31日の7ヶ月間をTerm1として設定し、それ以降を平成25年4月1日から平成26年3月31日の12ヶ月間をTerm2、平成26

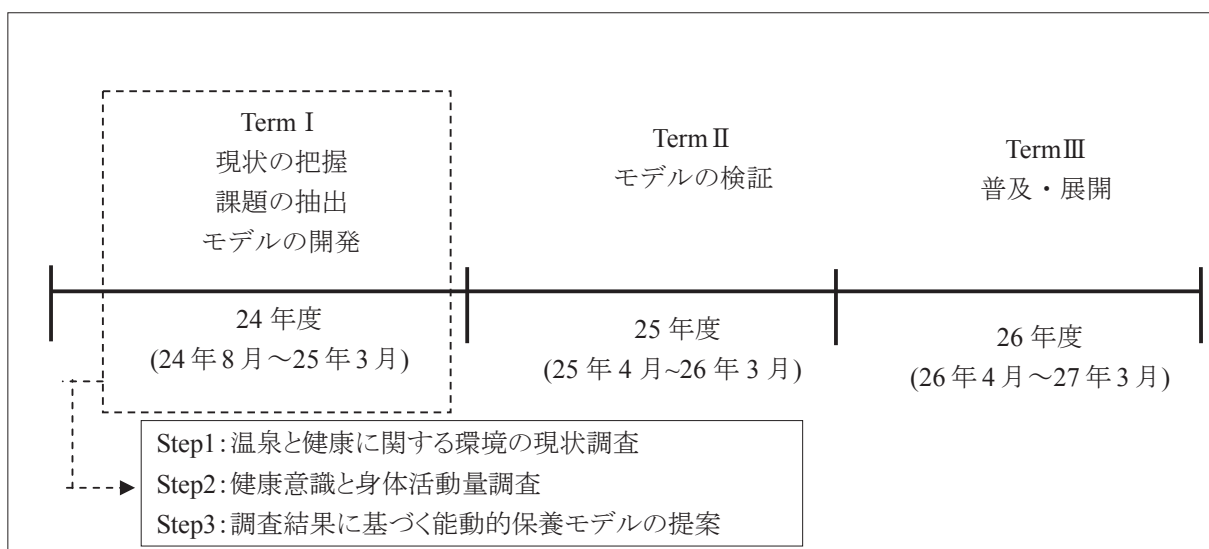


図1 研究の期間と期分け設定

年4月1日から平成27年3月31日の12ヶ月間をTerm3とする。図1に各Termの取り組みを示す。Term1では新潟県民を対象とした健康意識と身体活動量の現状把握を調査し、モデルの提案までを行う。Term2ではモデルを実施することの有効性を探るために県民を対象にした調査を行う。Term3では、モデルの普及に向けた取り組みを行う。本稿ではTerm1について報告する。

## 研究プロトコル

Term1では手順をStep1からStep3の3段階として調査を進め、Step1では温泉と健康に関連した現状調査を実施した。聞き取り調査から得た回答をカード構造化法によってニーズを整理した。Step2では健康意識と身体活動量の関係について調査を行った。

## 対象者

Step1では温泉施設または健康増進施設に従事する男性7名(年齢 $42.1 \pm 2.5$ 歳)、女性3名(年齢 $36.0 \pm 1.2$ 歳)とした。次にStep2では健康な男性96名(年齢 $48.6 \pm 7.3$ 歳)、女性30名(年齢 $45.5 \pm 4.3$ 歳)とした。アンケートは研究

調査以外では利用しないことを伝え、研究の趣旨と方法および考えられる危険性を詳しく説明した。危険時への対応として、いつでも被験者の意思で実験を中止できることも説明するなどインフォームドコンセントを行った上で実験に参加してもらった。

## インタビュー

Step1では半構造化インタビューで抽出したキーワードをカード構造化法によって施設環境を取り巻く現状とニーズの意見を集約した。インタビュー時間は60分とした。次にStep2では生活習慣における健康意識を対象者に対して運動習慣、食習慣、入浴習慣の各項目について選択回答法によるアンケートを実施した。アンケート回答時期は対象者に全ての調査に入る前に目的を伝えて実施しその場で回収した。

## 身体活動量

身体活動量の指標を歩数とした。歩数の計測にはWalking style-205IT(オムロンヘルスケア社製)を用いた。対象者には起床から就寝までを一日として3ヶ月の期間中歩数計を装着する。歩数計の記録日数制限が35日のため、1か



月ごとに対象者の歩数データをパーソナルコンピュータ (Let's note : CF-SX1、Panasonic 社製) にダウンロードした。また、採用した歩数計には 10 分以上継続した運動の認識と 3Mets 以上の歩行状態を認識して計測も可能であるため、日常生活の運動活動の抽出も行なった。

### 統計処理

全ての測定データは平均値と標準偏差で示す。健康意識と身体活動量にはスチューデントの t 検定を用いた。統計学的検定には統計解析ソフト R を用いて実施した。

### 結果

#### Step1：環境の現状とニーズ

温泉施設及び運動施設従事者からの半構造化インタビューで抽出したキーワードをカード構造化法によってまとめたものを図2に示す。施設を取り巻く環境について、施設間の連携や

施設間の人材との情報交換の意見がまとめられた。これらを [1] 人材の交流として集約した。次に行政との協力体制や行政の機能を活用するとして意見がまとめられた。これを [2] 行政との連携として集約した。また、温泉や運動に関する健康プログラムについては、有資格者の活躍できる場を整備することや温泉資格・健康に関わる資格が氾濫している状況を整理することとまとめられ、これを [3] 有資格者の活用・活躍の場の整備として集約した。最後に地域に点在する様々な材料・コンテンツを活かしたプログラム、エビデンスに基づくプログラムの開発としてまとめられ、これを [4] プログラムの開発に向けた協力体制とした。これら集約された 4 つのキーワードをニーズとした。

#### Step2-1：健康意識と身体活動量

対象者の健康意識と身体活動量の関係を図3にまとめる。本研究の対象者において運動実施について [ i <sup>E</sup> ] ととても意欲がある 19.2%、 [ ii <sup>E</sup> ]

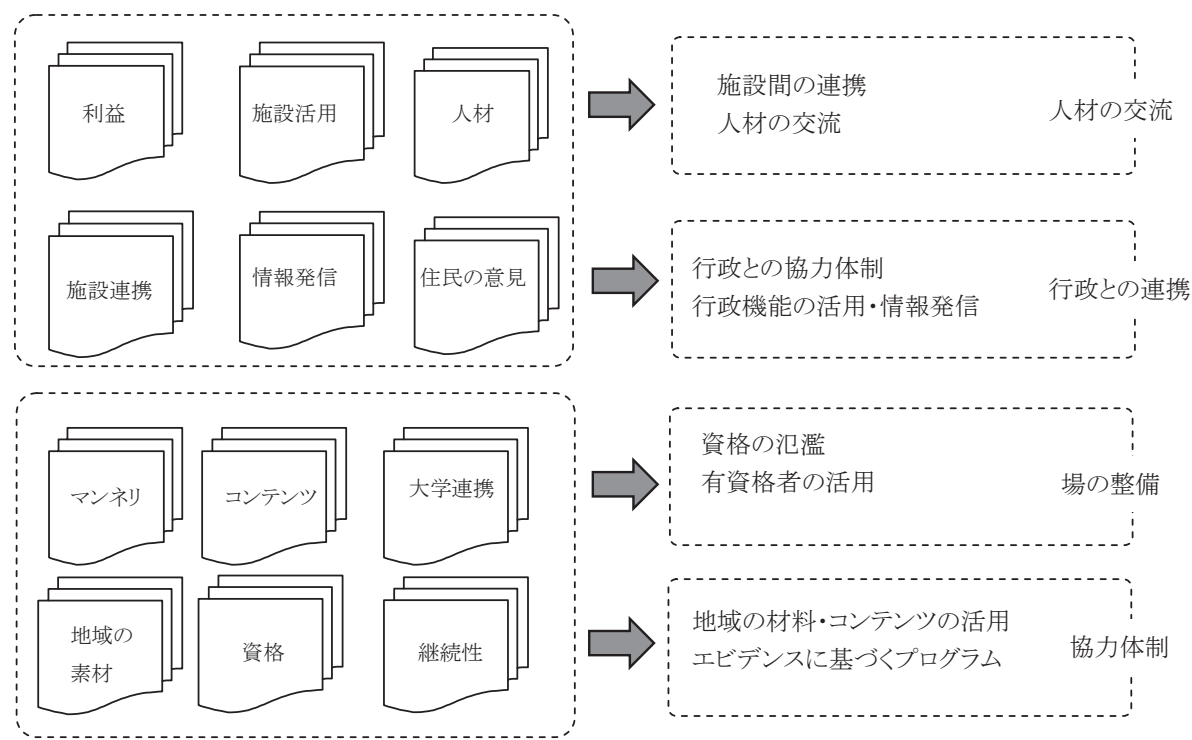


図2 カード構造化法によるニーズの整理



意欲がある31.4%、[ iii<sup>E</sup> ]意欲がない27.3%、[ iv<sup>E</sup> ]全く意欲がない2.3%であった。さらに[ i<sup>E</sup> ]と[ ii<sup>E</sup> ]を運動意欲が高い群、[ iii<sup>E</sup> ]と[ iv<sup>E</sup> ]を運動意欲が低い群として歩数を比較すると運動意欲が高い群が7,677 ± 210 (歩/日)であり、低い群は4,696 ± 158 (歩/日)となり、有意な差が認められた (p<0.01)。次に、食事に関する意識に対して[ i<sup>M</sup> ]とても意欲がある30.0%、[ ii<sup>M</sup> ]意欲がある65.0%、[ iii<sup>M</sup> ]意欲がない5.0%、[ iv<sup>M</sup> ]全く意欲がない0%であった。さらに[ i<sup>M</sup> ]と[ ii<sup>M</sup> ]を食事に関する意識が高い群、[ iii<sup>M</sup> ]と[ iv<sup>M</sup> ]を食事に関する意識低い群として歩数を比較すると食事に関する意識が高い群が6,425 ± 196 (歩/日)であり、低い群は4,820 ± 89 (歩/日)となり、有意な差が認められた (p<0.05)。また、仕事への意欲にとの

関係では[ i<sup>W</sup> ]とても意欲がある4.5%、[ ii<sup>W</sup> ]意欲がある47.6%、[ iii<sup>W</sup> ]意欲がない27.3%、[ iv<sup>W</sup> ]全く意欲がない1.1%であった。さらに[ i<sup>W</sup> ]と[ ii<sup>W</sup> ]を仕事意欲が高い群、[ iii<sup>W</sup> ]と[ iv<sup>W</sup> ]を仕事意欲が低い群として歩数を比較すると仕事意欲の高い群が5,907 ± 876 (歩/日)であり、低い群は5,830 ± 702 (歩/日)となり、有意な差は認められなかった。温泉・休養との関係では[ i<sup>R</sup> ]とても関心がある31.0%、[ ii<sup>R</sup> ]関心がある57.6%、[ iii<sup>R</sup> ]関心がない10.1%、[ iv<sup>R</sup> ]全く関心がない1.3%であった。さらに[ i<sup>R</sup> ]と[ ii<sup>R</sup> ]に関心が高い群、[ iii<sup>R</sup> ]と[ iv<sup>R</sup> ]に関心が低い群として歩数を比較すると温泉・休養に関心の高い群が6,615 ± 367 (歩/日)であり、低い群は4,751 ± 598 (歩/日)となり、有意な差は認められなかった。

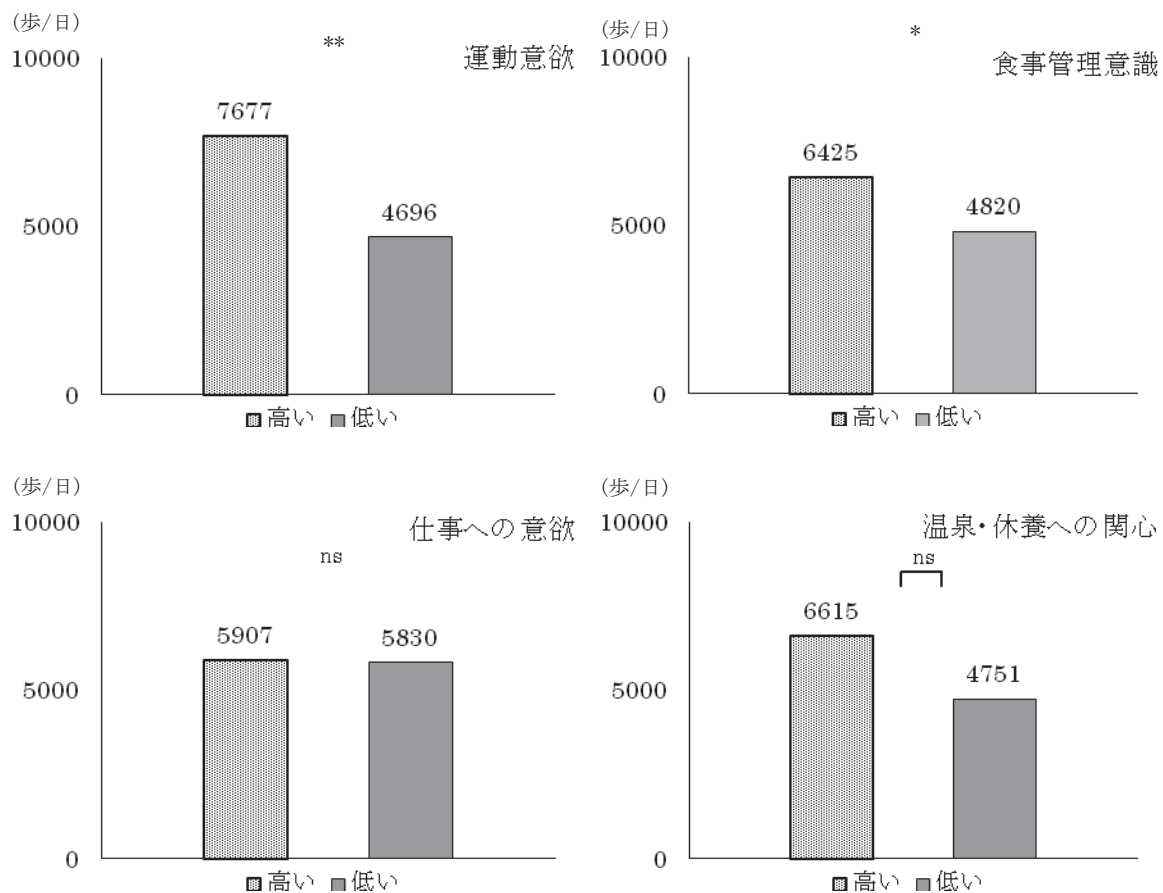


図3 健康意識と身体活動量

## 考 察

Step1 及び Step2 における結果から、モデル開発に向けての方向性を記述する。Step1 では、集約された現状とニーズから、[1] 人材の交流、[2] 行政との連携、[3] 有資格者の活用・活躍の場の整備、[4] プログラムの開発に向けた協力体制、の4項目をキーワードとしたモデル開発が望ましいことが導き出された。[1] は、地域住民や専門家の交流の機会を設定・提供することによって対応すると考える。ここでいう専門家とは温泉利用指導者、温泉入浴指導員、健康運動指導士、健康運動実践指導者といった有資格者を指し、専門家同士の交流による情報交換は、企画などアイデアを創出する材料を得る機会となり、本調査で課題として抽出された「方向性の共有」を示すものとする。ここでの方向性の共有とは、それぞれの施設、それぞれの専門家が、大目標である“地域住民の健康”に向けてどのような手技でアプローチし、地域住民がどのように関わり成果を上げていくのかを相互理解を高めることとしている。自らを含め、関わる専門家が地域住民の健康維持増進のために取り組んでいることを互いに確認し、地域住民にも理解してもらうことが仕組み構築の土台になると考える。

本調査からは、行政に期待することに情報発信と予算の確保が集約された。[2] は、行政の情報発信力への期待から得られた回答と捉える。例えば、地域の健康教室やイベント開催の案内は県や市の広報や回覧板を利用することで参加率は高まる。これらを個人で取り組むにはコストが膨らみ、定期的な発信には限界があるとの意見がまとまった。例えば新潟県では健康に関わる情報発信のコンテンツがあり、その代表である「健康にいがた21」は新潟県のホームページから閲覧することができる。内容は、ウォーキングロードや健康イベントの紹介、メタボリックシンドロームや身体活動量、食事バランスガイドなどの情報提供などがあり、県民の求める情報が網羅されている。こういったコ

ンテンツに着目していることが調査から伺え、これら活用が[1]における“取り組みに対する地域住民理解”に対応する専門家と地域の接点をつくることにつながると考える。

[3] は、有資格者を取り巻く環境に起因する。本調査のフィールドとする新潟県においては、健康づくりや予防医療に関わる42条施設が6施設ある(平成25年3月現在)。それら施設には健康運動指導士が在籍しており利用者の運動指導に取り組んでいる。また、温泉利用型健康増進施設は新潟県内2施設あり、各施設が認定施設を掲げるには温泉利用指導者の配置が義務付けられている。このように有資格者は施設がそれぞれの機能を果たすには重要な役割を担っており、故に個々の技術の研磨や知識を深めることの意義は高い。しかし本調査からは、技能を高めるための講習会や研修会は勤務シフトなどで年間の参加回数が限られているとあり、現状は満たされていないことが分かった。[3] を満たすことは、これら課題を克服するためのものでもあり、施設間の専門家の接点を設定することで、技能や情報の交換ができるものと期待する。

[4] は具体的なプログラムについて集約された。まとめられた回答からはプログラムのマンネリ化が指摘され、次いでプログラムやイベント参加者の参加者数の横這いが出された。その理由には設備や備品の劣化、施設の集客許容量の限界といった回答もあったが、指導者に対する新しいプログラムやイベントを立案する能力を指摘する回答もあった。但し、日常業務に追われ大きなイベントの着手にまで時間を割けない現状を含め擁護する意見もあり、[1] から[3] までを整理することが[4] の解決につながると考える。

次に健康意識と活動量について記載する。本調査では対象者に3か月間に渡り1日平均歩数を計測してきた。アンケートで得た運動に対する意欲、食事に対する意欲、仕事や温泉・休養に対する関心度の各項目で、意欲・関心の高い

群と低い群とで歩数を比較したが、運動や食事に意欲が高い群は低い群と比較して歩数が多かった。仕事や温泉・療養については歩数に有意な差が認められなかったことから、活動量を増やすには運動や食事に対してアプローチすることが望ましいといえる。本調査ではいわゆる「働き盛り」と言われる40代を中心としてデータ回収を行っており、運動と食事以外にも仕事に対しての意欲と活動寮に因果関係を見出し、そこからアプローチすることを検討することも視野に入れていたが、やはり活動量増加においても1に運動2に食事であった。

### Step3 モデルの提案

調査で得た結果から提案するモデルを図4に示す。まず図中①で示すとおり身体活動量の基準を明確にする。身体活動量の基準には健康づくりのための身体活動量2013を用いて定量的に提示する。図中②、③ではホームページの活用となる。②は現状の把握チェックとして身体活動量、食事バランス、体力の各項目の現状診断を行うコンテンツを用意する。そこから得た

回答を基にして③で具体的な解決策を導く。ここまでは行政との連携にて行われる。次に専門家の出番となるが、④のフィールドでのイベントや健康教室には経費や労力などのコストが伴う。そこで、行動変容の手法とされる指導方法を整理する。行動変容を導く指導法には一般的にコストが低い順から情報提供法、依頼法、行動プラン法、フィードバック法、アドバイス法に整理される。また、ヒトが行動への実行に移すには明確な目標となる行動意図に加えて目標達成に向けた具体的な方法となる実行意図に働きかけることが重要であり、コストが低い指導法は行動意図に効果を及ぼし、コストが大きくなれば実行意図に効果的といえる。すなわちここで提案するモデルとは、定量的な基準の情報提供によって地域住民の現状把握と基準到達・目標達成のための具体的対策を提示し、それぞれ健康に対して意識・意欲の違う住民に対してそれぞれの手法で働きかける仕組みの基盤整備といえる。そこに多くの専門家が関わることができる各施設の連携が重要となる。

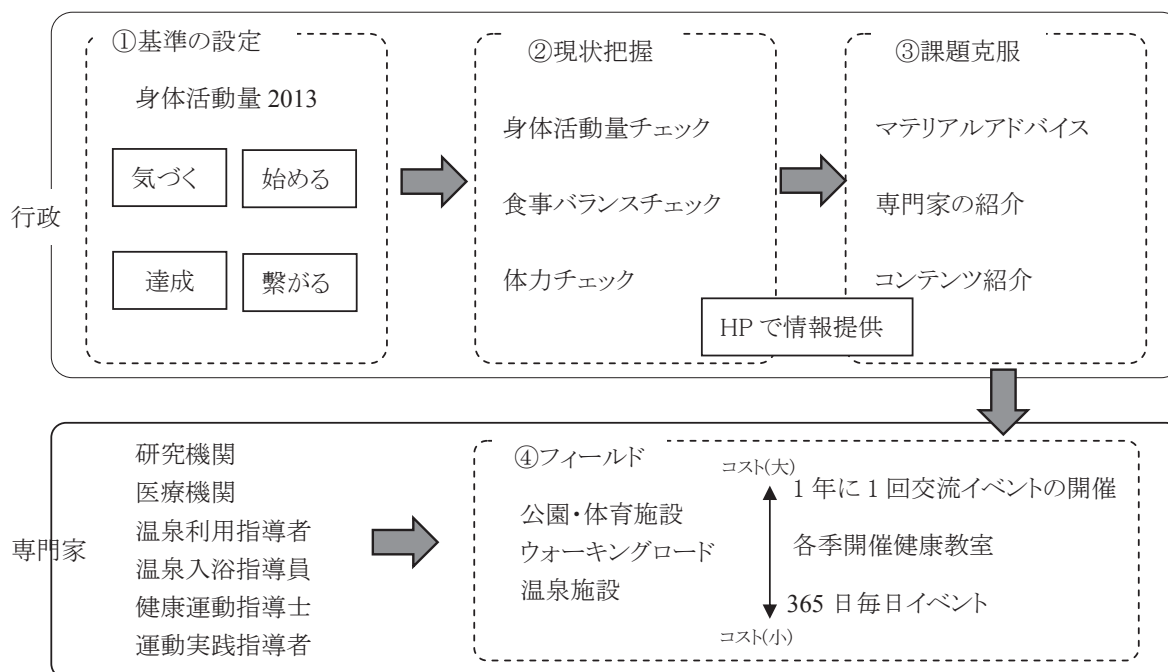


図4 モデルの提案

## 結 語

本研究は温泉資源や地域環境を対象としながら地域住民の健康意識を高めることを目的にモデルを提案することを趣旨とする。各地域の気候や風土が異なれば風習や生活様式も異なる。よって、住民への健康意識へのアプローチも各地域で異なるのである。地域における資源（人材、自然、環境）の活用が地域住民の行動変容にどのように影響を与えるかを調査し、温泉を活用した能動的保養モデルの開発と仕組み構築を目指して取り組んでいる。本研究は期間をTerm1からTerm3とし、本稿はTerm1の取り組みを報告したが、実際にモデルを稼働させて検証を行うのはTerm2の平成25年度となる。より多くの住民と専門家が関わることで研究の意義を成すものと捉え、仕組み構築に取り組んでいく。

## 謝 辞

本研究は、第38回一般財団法人健康開発財団研究助成を受けて実施されたものである。

## 文 献

- 1) 植田理彦：温泉保養旅行サービスに就いて．日本自動化健診学会会誌．Vol.4, No.2 p52 (1977)
- 2) 有地滋：物理療法特に温泉入浴と結合織：日本温泉気候物理医学会雑誌．Vol.37, No.1-2 p11-12 (1974)
- 3) 温泉入浴指導員養成講習会テキスト：財団法人健康開発財団．59-69(2006)
- 4) 見田賢一、村山敏夫：地域活性化をめざすレクリエーション施設を活用した日帰りスポーツツーリズムの運営手法．新潟体育学研究．Vol.31.89-93. (2013)
- 5) 植田理彦：健康づくりの温泉保養．日本温泉気候物理医学会雑誌．Vol.47, No.1 p40-44 (1983)
- 6) 村山敏夫、上村晃一：コンソーシアムによる健康保養プログラムの事業化に向けた

研究．ウェルネスジャーナル, Vol.4, No.1, pp.21 - 29(2008)

- 7) 奥田香織、佐藤千恵美、牛山幸彦、村山敏夫：健康増進施設における個人プログラム作成のための施設利用傾向調査,新潟体育学研究, Vol.28, pp.15 - 19(2010)
- 8) 村山敏夫：病院が取り組む予防医療・健康増進の可能性,新潟県体育学研究, Vol.24, pp.63 - 75(2006)

# **Development of Health Preservation Model Utilizing Hot-Spring Resources and Regional Environment Aiming at Behavior Change of Local Residents**

**Toshio MURAYAMA, Tomoko YAMAGUCHI, Tsuyoshi TOYOSHIMA  
Akiharu HONDA, Noboru SHIRAI, Seiji TANAKA**

Niigata University

## **Abstract**

It is no exaggeration to say that it is the most important task of our country to improve and strengthen our nations' health, now that our national medical expenditure costs 36 trillion yen which has increased 3.4% more than that of last fiscal year. Since our country lies long north and south, the climate and environment are different according to each regions. In this article, the main purpose of the research is described as to propose such a model to aim at improving the health-conscious of local residents utilizing hot-spring resources and regional environment, and it is true that our culture and living customs are different according to the climate and environment in each region. Therefore, we think the approach to health-conscious of the residents should also differ accordingly in each region. We will survey what kind of impacts the utilization of community resources (human, natural and environmental resources) may bring about to the behavior change of local residents, and will work on the development of the active health preservation model and the establishment of the system by utilizing hot-spring resources. We set the terms of our research from Term 1 to Term 3, and in this article we report on the activities and development in Term 1.



# 全身渦流浴が心臓自律神経系調節および 動脈硬化度指標に及ぼす影響

## Effect of Whole Body Whirlpool Bath on Cardiac Autonomic Nervous System Modulation and Arterial Stiffness

研究代表者 香川大学 医学部 公衆衛生学

吉備国際大学 社会学部 スポーツ社会学科

広島工業大学 環境学部 地球環境学科

流通科学大学 サービス産業学部 スポーツ健康マネジメントコース

香川大学 医学部 公衆衛生学

香川大学 医学部 公衆衛生学

吉岡 哲

山口 英峰

西村 一樹

関 和俊

依田 健志

平尾 智広

### 要 旨

中立温度帯での渦流浴は、1) 筋機械受容器からの入力を増大させ、自律神経系調節を介して渦流浴中の心拍数および血流量を増加させる、2) 渦流浴中に増加した心拍数および血流量は、渦流浴後の動脈スティフネスの低下を誘発する、という仮説を立てた。本研究は、若年男性および高齢者を対象に、全身渦流浴が心拍数 (HR)、心臓自律神経系調節、血圧、動脈スティフネス指標 (上腕 - 足首間脈波伝播速度: baPWV) および体温に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、1) 若年男性では、全身渦流浴により心臓副交感神経系調節指標が低下し、HRが増加すること、2) 高齢者では、全身渦流浴のHRは変化しない被験者と増加傾向にある被験者が存在すること、3) 高齢者では、全ての被験者で、全身渦流浴後の心臓副交感神経系調節が安静時より高値傾向にあること、4) 全身渦流浴後のHRおよびbaPWVは、若年者および高齢者ともに、安静時よりも低下傾向にあること、を明らかにした。これらの知見は、全身渦流浴が全身血流量の増大および動脈スティフネスの改善に有用である可能性を示唆する。

**Key words:** 全身渦流浴、動脈スティフネス、  
血流、血圧、循環応答

### 1. 緒 言

我が国の公衆浴場、スーパー銭湯等の温浴施設の総数は27,000施設以上とされる<sup>1)</sup>。温浴施設には、単に静水での入浴だけではなく、水流等を用いた入浴形態を導入している施設が多く存在する。

木住野ら<sup>2)</sup>は、中立温度である水温36℃環境下での30分間の静水浴および動水浴中の心拍数および心臓自律神経系調節を検討した結果、静水浴中の心拍数および心臓自律神経系調節は変化しないのに対し、動水浴中の心拍数および心臓交感神経系調節指標が増加し、心臓副交感神経系調節指標が減少することを明らかにした。この知見は、動水に対する姿勢保持などの動作が心拍数増大に寄与したものと推察する。

浴槽内の湯を動かす動水浴に対し、渦流浴は、生体に対して直接、動水圧を加える。心臓の拍動は、上位中枢からの下行指令 (セントラルコマンド) および末梢からの情報入力を統合し、心臓自律神経系の遠心路を介して、調節される。このことから、動水圧を生体に加える渦流浴は、動水浴とは異なり、動水圧が筋を刺激し、筋機械受容器反射を介した心臓交感神経系活動の亢進および心拍数の増大を誘発するものとする。このことから、中立温度帯での全身渦流浴が、心拍数を増加させるものと仮説を立

てた（仮説①）。さらに、中立温度帯での渦流浴が心拍数を増大するのであれば、渦流浴は、低強度の運動に類似した循環動態を示すものと推察する。先行研究の知見は、心血管イベントの独立した危険因子であり、動脈硬化度の指標である動脈スティフネスが、低強度運動により低下することを報告した<sup>3,4)</sup>。この機序として、低強度運動による全身血流量の増大が、血管への物理的刺激を増大し、動脈スティフネスの低下に寄与するものと推察される。これらのことから、中立温度帯での全身渦流浴が全身血流量を増大するならば、全身渦流浴が動脈スティフネスを低下させるものと仮説を立てた（仮説②）。これらの研究仮説を明らかにするために、若年男性および高齢者を対象に、全身渦流浴中および回復期における心拍数、心臓自律神経系調節指標、血圧、動脈スティフネス指標および体温の変化を検討した。

## II. 方 法

### 1. 実験1

8名の男性（年齢  $24 \pm 6$  歳、身長  $166.8 \pm 6.2$  cm、体重  $70.5 \pm 12.3$  kg：平均値  $\pm$  標準偏差）を対象とした。被験者は、個室にて安静を保った後、6分間の静水浴に引き続き、20分間の入浴を実施した。入浴後、個室にて30分間、回復期の測定を行った。入浴は、全身渦流浴槽（Atlantis-Royal、Trautwein GmbH 製。ドイツ）を用い、水流無（SW）条件および水流有（BJ）条件の2条件を設定した。BJ条件では、全身渦流浴槽の底面および側面に配置された252個のノズルから水流および気泡（ポンプ出力：850L/min）を噴出させた。静水浴および入浴時の姿勢は、半仰臥位とした。入浴順は、無作為に割り当て、それぞれの入浴は異なる日に実施した。静水浴および入浴には、温泉水（低張性弱アルカリ性冷鉱泉。源泉温：17.3℃、pH：7.8）を用いた。

測定項目は、心拍数（heart rate: HR）、心臓自律神経系調節指標、収縮期血圧（systolic

blood pressure: SBP）、拡張期血圧（diastolic blood pressure: DBP）、平均血圧（mean blood pressure: MBP）、動脈スティフネス（上腕 - 足首間脈波伝播速度：brachial-ankle Pulse Wave Velocity, baPWV）および直腸温（rectal temperature: R-temp）とした。

HRは、胸部双極誘導法を用いて、安静時から実験終了まで測定した。メモリ心拍計（LRR-03、株式会社GMS製）に記録し、コンピュータに取り込んだのち、5分間毎の平均値を算出した。心臓自律神経系調節指標は、修正型最大エントロピー法を用いて評価した。メモリ心拍計からコンピュータに取り込んだのち、R-R間隔を心拍ゆらぎリアルタイム解析システム（MemCalc / Tarawa、株式会社GMS製）を用いて周波数解析した。測定時の姿勢は、半仰臥位姿勢とした。心臓自律神経系調節指標は、入浴前、静水浴の2～6分目、入浴中（20分）、回復期の5～10分、15～20分、25～30分目に評価し、5分間ごとの平均値を算出した。入浴前、静水浴中、入浴中の15～20分目および回復期の各測定時には、メトロノーム（DM-100、セイコーインスツル株式会社製）を用いて、呼吸周波数が0.25Hzになるよう、呼気と吸気を2秒ごとに繰り返すよう指示し、呼吸数を調節した。周波数解析により得られた0.15～0.4 Hzの高周波（High Frequency：HF）成分の積分値を対数変換した値（log HF）を心臓副交感神経系調節指標とした。

SBP、DBP、MBPおよびbaPWVは、安静時、回復期の10分目、20分目および30分目に血圧脈波検査装置（form PWV/ABI、オムロンコーリン株式会社製）を用いて測定した。測定時の姿勢は仰臥位とした。SBP、DBPおよびMBPは上腕および足首の左側の値を、baPWVは両側の平均値を採用した。

R-tempは、安静時から実験終了まで測定した。肛門からサーミスタ温度プローブ（YSI-401JG、日機装サーモ株式会社製）を挿入し、サーモメータ（YSI 4000、日機装サーモ株式

会社製)に表示された値を、安静時は全ての測定終了後に、また静水浴中、入浴中および回復期は1分ごとに記録した。

浴槽内の水温は、渦流浴条件で $34.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (入浴後： $36.9 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )、静水浴条件で $36.1 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (入浴後： $35.7 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ) の中立温度帯に設定した。個室内の温度および湿度は、 $25.2 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ 、 $66.6 \pm 9.4\%$ であった。安静時および回復期の服装は、半袖シャツおよび半ズボンとした。

HR、log HFおよびR-tempの安静時と回復期、静水浴時と入浴時の平均値の差は、それぞれ二元配置分散分析反復測定を用いて比較した。同様に、SBP、DBP、MBPおよびbaPWVの安静時と回復期の平均値の差を二元配置の分散分析反復測定を用いて比較した。Post-hocテストにFisher's PLSDを用いた。

## 2. 実験2

4名の高齢者(男性：1名、女性3名、年齢 $76 \pm 2$ 歳、身長 $151.0 \pm 4.1\text{ cm}$ 、体重 $52.3 \pm 3.9\text{ kg}$ ：平均値 $\pm$ 標準偏差)を対象とした。いずれの被験者も循環器系疾患を有さず、降圧剤等の服薬をしていない者であった。被験者は、個室にて安静を保った後、6分間の静水浴に引き続き、15分間の入浴を実施した。入浴後、個室にて30分間、回復期の測定を行った。入浴は、BJ条件のみとし、全身渦流浴槽(Atlantis-Royal, Trautwein GmbH製。ドイツ)を用いた。静水浴および入浴時の姿勢は、半仰臥位とし、入浴時には、全身渦流浴槽の底面および側面に配置された252個のノズルから水流および気泡(ポンプ出力： $850\text{ L/min}$ )を噴出させた。静水浴および入浴には、温泉水(低張性弱アルカリ性冷鉱泉。源泉温： $17.3^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{pH}$ ： $7.8$ )を用いた。

測定項目は、HR、心臓自律神経系調節指標、SBP、DBP、MBPおよびbaPWVとした。

HRは、心拍計(RS800CX、Polar Electro Oy製)を用いて、実験を通して測定し、記録した。データをコンピュータに取り込んだの

ち、5分間ごとの平均値を算出した。心臓自律神経系調節指標の評価および解析方法と測定時の姿勢は、実験1と同様とした。心臓自律神経系調節指標は、入浴前、静水浴の2～6分目、入浴中(15分)、回復期の5～10分、15～20分、25～30分目に評価し、5分間ごとの平均値を算出した。呼吸は自然呼吸とした。

SBP、DBP、MBPおよびbaPWVの評価および測定方法と測定時の姿勢は、実験1と同様とした。

バスタブ内の水温は、 $34.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$  (入浴後： $35.8 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ) 中立温度帯に設定した。個室内の温度および湿度は、 $22.2 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$ 、 $68.0 \pm 2.8\%$ であった。安静時および回復期の服装は水着とした。

HR、log HF、SBP、DBP、MBPおよびbaPWVの安静時と回復期の平均値の差とHRおよびlog HFの静水浴時と入浴時の平均値の差は、それぞれ一元配置分散分析反復測定を用いて比較した。Post-hocテストにFisher's PLSDを用いた。

実験1および2の各測定値は、平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。危険率(P)5%を有意水準とした。すべての実験の被験者および対象者には、事前にヘルシンキ宣言に基づいた個人の人権擁護、本研究の目的、方法およびそれに伴う危険性について説明し、研究に参加することの同意を得た。本研究は、吉備国際大学倫理審査委員会の承認を得て、実施した(受理番号：12-11)。

被験者には、前日からの激しい運動および飲酒、当日のカフェインの摂取、実験開始3時間前から水以外の飲食をしないように指示した。

## III. 結 果

### 1. 実験1

#### (1) 心拍数および心臓自律神経系調節指標

静水浴時と入浴時のHRを比較した結果、有意な変化が観察され、さらに交互作用が観察された。BJ条件の入浴10～15分目および15～

20分目において、静水浴時よりも高値を示した(図1左。それぞれ、 $P<0.05$ )。さらに入浴5～10分目、10～15分目および15～20分目において、両条件間に有意な差が観察された。安静時および回復期におけるHRは、有意な変化が観察されず、交互作用は観察されなかった(図1右)。静水浴時と入浴時のlog HFは、BJ条件の10～15分目において、静水浴時よりも有意に低値を示した(図2左)。安静時および回

復期におけるlog HFは、有意な変化が観察されず、交互作用は観察されなかった(図2右)。

## (2) 血圧および動脈硬化度指標

回復期におけるSBP、DBPおよびMBPは、上腕、足首ともに両条件で有意ではないものの低下する傾向を示した(表1)。baPWVは、BJ条件において、有意ではないものの回復期において低下傾向を示した(図3)。

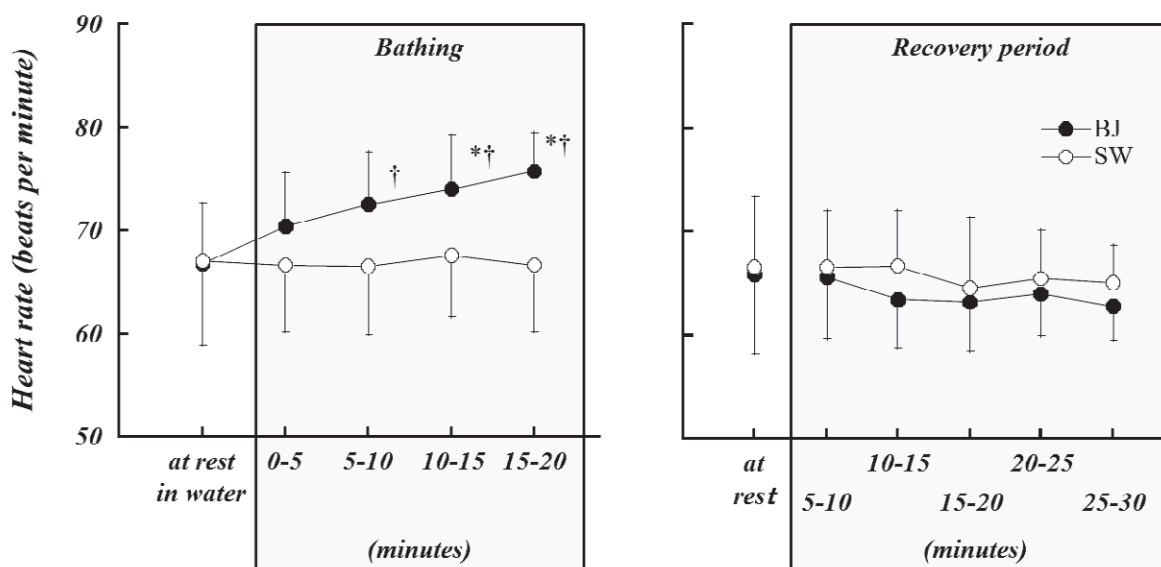


図1. 入浴中(左)および回復期における心拍数の変化(若年者)  
 $P<0.05$ . \* vs at rest in water † vs SW

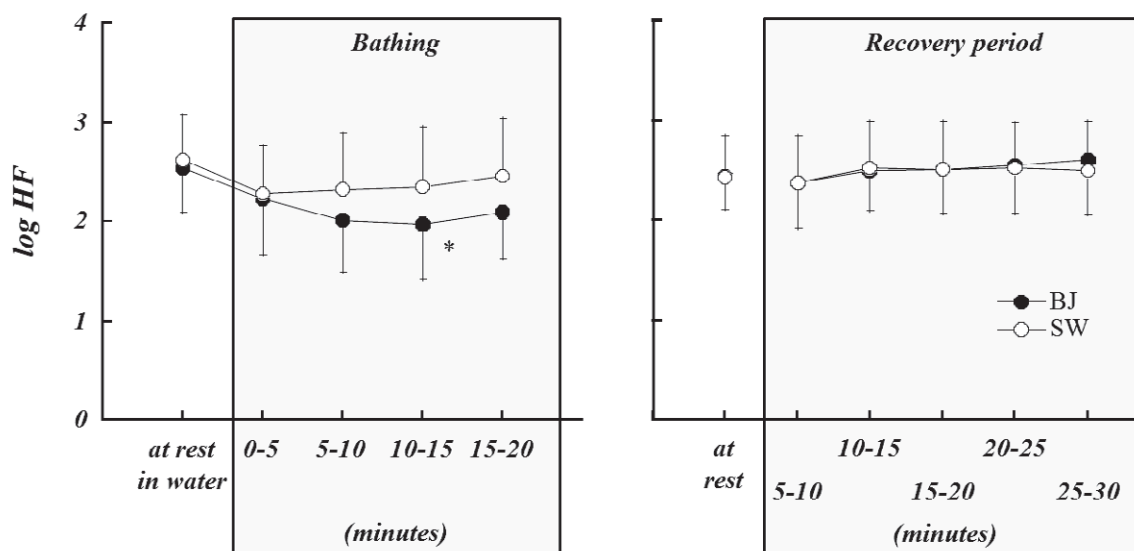


図2. 入浴中(左)および回復期におけるlog HFの変化(若年者)  
 Not significant



表 1. 回復期における血圧の変化 (若年者)

Not significant

Unit: mmHg

|          |     | before<br>bathing     | after bathing |              |              | before<br>bathing        | after bathing |              |              |
|----------|-----|-----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------|
|          |     |                       | 10th minutes  | 20th minutes | 30th minutes |                          | 10th minutes  | 20th minutes | 30th minutes |
|          |     | Bathing with Jet (BJ) |               |              |              | Bathing without Jet (SW) |               |              |              |
| brachial | SBP | 118 ± 8               | 116 ± 7       | 116 ± 9      | 115 ± 8      | 118 ± 8                  | 116 ± 9       | 114 ± 8      | 111 ± 8      |
|          | DBP | 68 ± 3                | 66 ± 4        | 66 ± 6       | 67 ± 4       | 69 ± 6                   | 66 ± 5        | 66 ± 6       | 65 ± 6       |
|          | MBP | 88 ± 6                | 85 ± 4        | 84 ± 4       | 86 ± 4       | 88 ± 6                   | 88 ± 4        | 86 ± 3       | 83 ± 5       |
| ankle    | SBP | 129 ± 11              | 128 ± 13      | 128 ± 7      | 123 ± 12     | 125 ± 10                 | 127 ± 12      | 123 ± 13     | 121 ± 14     |
|          | DBP | 75 ± 6                | 71 ± 6        | 71 ± 6       | 70 ± 8       | 72 ± 8                   | 72 ± 8        | 71 ± 7       | 69 ± 8       |
|          | MBP | 95 ± 6                | 90 ± 6        | 91 ± 9       | 89 ± 9       | 91 ± 8                   | 92 ± 8        | 89 ± 8       | 89 ± 10      |

Mean ± SD Not significant

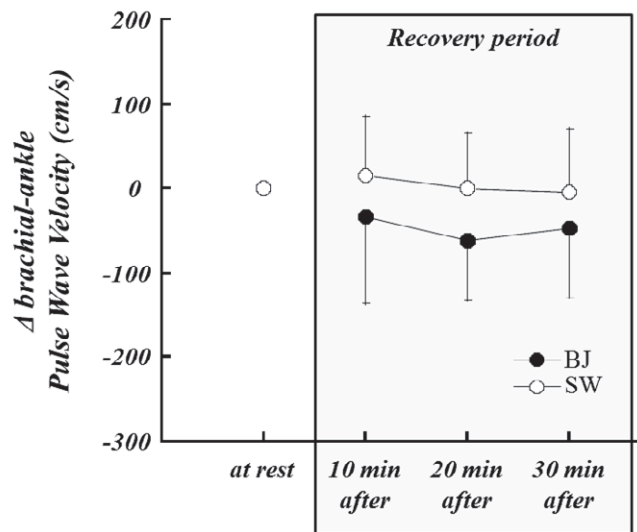


図 3. 回復期におけるbaPWVの変化 (若年者)

Not significant

### (3) 直腸温

入浴中のR-tempは、静水浴終了時からの変化量で示した (図4左)。入浴中のR-tempは、両条件ともに入浴直後から低下傾向を示し、BJ条件では4分目以降に、SW条件では9分目以降に20分目まで有意に低下した。BJ条件のR-tempは、SW条件よりも低下傾向を示したが、条件間に有意差は観察されなかった。回復期におけるR-tempは、安静時からの変化量で示した (図4右)。両条件とも、安静時よりも低値傾向を示し、SW条件においては回復5分目から13分目まで安静時よりも低値を示した。BJ条件のR-tempは、SW条件よりも高値傾向を示したが、条件間に有意差は観察されなかった。

## 2. 実験2

### (1) 心拍数および心臓自律神経系調節指標

入浴中のHRは、4名のうち3名で静水浴時と変わらない傾向を示したのに対し、1名 (Subject C) のみ増加傾向を示した (図5左)。回復期のHRは、4名とも、安静時よりも減少する傾向を示し、その傾向は、安静時の値が高値の者 (Subject A、B) ほど顕著であった (図5右)。入浴中のlog HFは、4名のうち3名で静水浴時と変わらない、もしくは増加傾向を示したのに対し、1名のみ (Subject C) 低下傾向を示した (図6左)。回復期のlog HFは、4名とも、安静時よりも増加する傾向を示し、その傾向は、安静時の値が低値の者ほど顕著であった (図6右)。



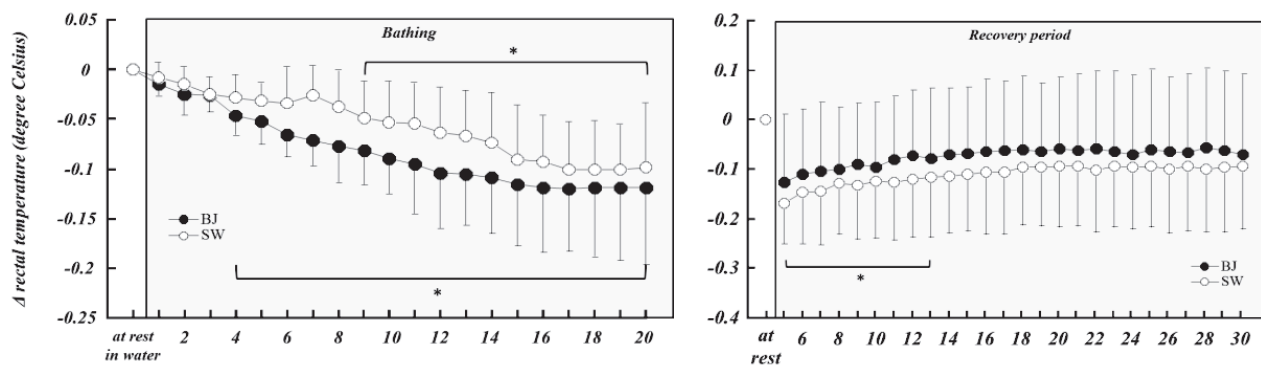


図4. 入浴中(左)および回復期における直腸温の変化  
P<0.05. \* vs at rest in water and at rest

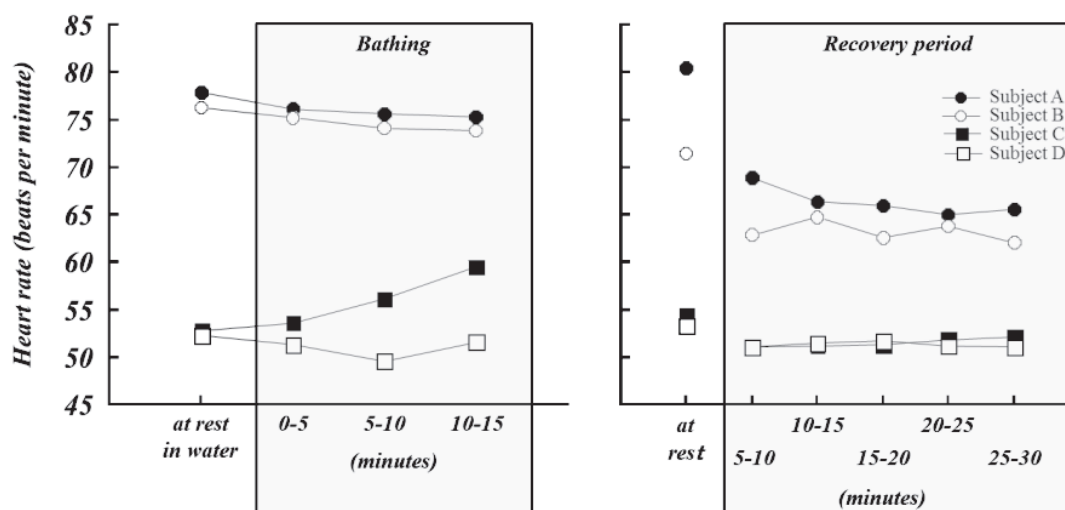


図5. 入浴中(左)および回復期における心拍数の変化(高齢者)

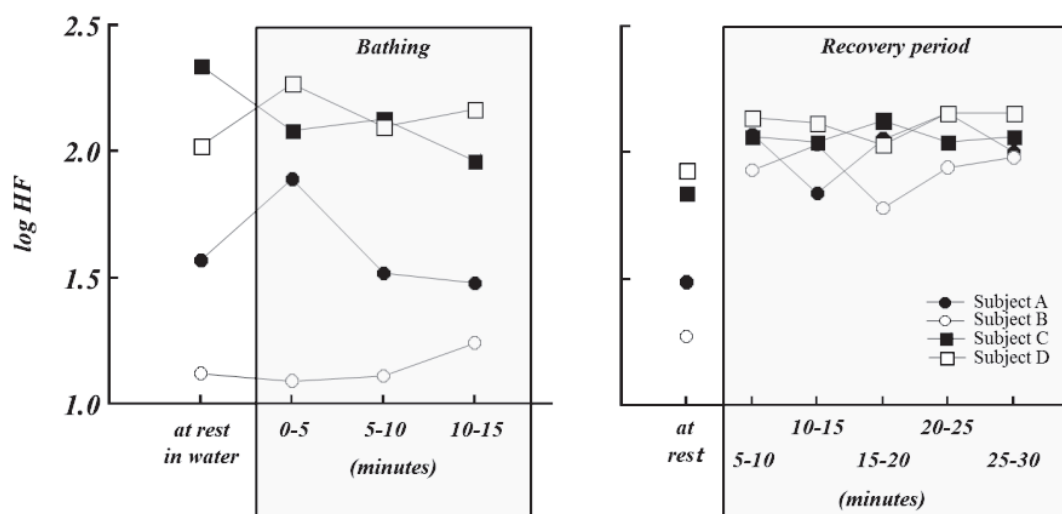


図6. 入浴中(左)および回復期におけるlog HFの変化(高齢者)

## (2) 血圧および動脈硬化度指標

回復期におけるSBPおよびMBPは、上腕、足首ともに、入浴中にHRの上昇が観察された被験者を含む2名（Subject B、C）が安静時よりも低下傾向を示したが、他の2名の被験者では変化が観察されなかった。DBPは、いずれも変化が観察されなかった（表2）。回復期のbaPWVは、いずれの被験者も、安静時よりも低下する傾向を示し、その傾向は、SBPおよびMBPが低下傾向を示した2名の被験者で顕著であった（図7）。

## IV. 考 察

本研究は、全身渦流浴による生体への刺激が血流を増大し、動脈スティフネスの低下に寄与すると仮説を立て、この研究仮説を明らかにするために、若年者および高齢者を対象に実験を実施した。その結果、1) 若年男性では、全身渦流浴により心臓副交感神経系調節が低下し、HRが増加すること、2) 高齢者では、全身渦流浴のHRは変化しない被験者と増加傾向にある被験者が存在するのに対し、全身渦流浴後の心臓副交感神経系調節は、全ての被験者において安静時よりも高値傾向にあること、3) 全身渦

表2. 回復期における血圧の変化（高齢者）

Unit: mmHg

|     |           | before bathing | brachial     |              |              | before bathing | ankle        |              |              |
|-----|-----------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|     |           |                | 10 min after | 20 min after | 30 min after |                | 10 min after | 20 min after | 30 min after |
| SBP | Subject A | 143            | 165          | 149          | 149          | 155            | 188          | 168          | 172          |
|     | Subject B | 124            | 118          | 113          | 114          | 146            | 140          | 132          | 139          |
|     | Subject C | 174            | 167          | 154          | 147          | 202            | 191          | 179          | 176          |
|     | Subject D | 109            | 131          | 127          | 115          | 129            | 147          | 163          | 130          |
| DBP | Subject A | 86             | 87           | 87           | 81           | 86             | 88           | 93           | 86           |
|     | Subject B | 80             | 69           | 69           | 71           | 73             | 72           | 72           | 74           |
|     | Subject C | 80             | 81           | 78           | 79           | 90             | 89           | 90           | 86           |
|     | Subject D | 75             | 81           | 75           | 74           | 75             | 83           | 85           | 81           |
| MBP | Subject A | 100            | 124          | 108          | 114          | 110            | 124          | 120          | 113          |
|     | Subject B | 98             | 91           | 91           | 89           | 102            | 101          | 95           | 96           |
|     | Subject C | 126            | 124          | 122          | 121          | 130            | 131          | 122          | 122          |
|     | Subject D | 83             | 107          | 93           | 86           | 94             | 103          | 110          | 98           |

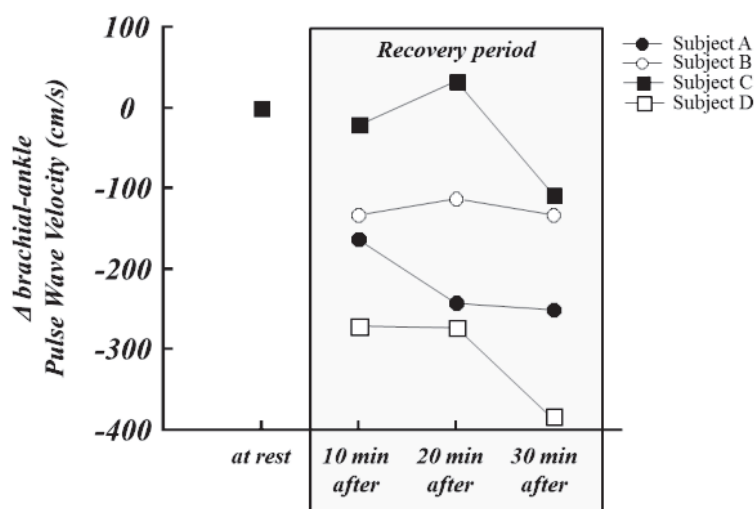


図7. 回復期におけるbaPWVの変化（高齢者）

流浴後のHRおよび動脈スティフネス指標であるbaPWVは、若年者および高齢者ともに、安静時よりも低下傾向にあること、を明らかにした。これらの知見は、全身渦流浴が全身血流量の増大および動脈スティフネスの改善に有用である可能性を示唆する。

血流に対する神経性循環調節は、セントラルコマンド、圧受容器反射および筋からの反射調節機構（筋代謝受容器反射および筋機械受容器反射）により制御されていると考えられている。本研究で若年者および1名の高齢者において観察された全身渦流浴時のHRの増加には、上記の制御系のうち、筋機械受容器反射が寄与しているものと推察する。筋機械受容器反射は、筋の収縮、圧および伸展刺激といった機械刺激を受容し、交感神経系を賦活する経路であり、先行研究はカフを用いて外部からリズムカルに圧を加えることによりHRが増加する<sup>5)</sup>ことを報告している。全身渦流浴時の水流による皮膚および筋に対する物理的な刺激が自律神経系を介してHRを増加させた可能性を示唆する。3名の高齢者においては、全身渦流浴時にHRが変化しなかったが、近年、加齢に伴い筋機械受容器反射が減弱する<sup>6)</sup>ことが報告されており、このことが全身渦流浴時のHRに変化が生じなかった要因である可能性を示唆する。

動脈スティフネスの指標であるbaPWVが、若年者および高齢者ともに、全身渦流浴後に低下する傾向を示した。baPWVの変化には、血管の構造的および機能的な変化が関与しているものと推察する。先行研究は、一過性の運動による動脈スティフネスの低下には、主として血流量の増大に伴う血管壁に対する力学的刺激（ずり応力）の増大などの局所性の要因が関与している可能性を示唆する<sup>3,4)</sup>。本研究において、若年者では、わずかながら全身渦流浴によりHRが増加したことから、若年者においてbaPWVが低下傾向を示した要因の一つとして、血流量の増大による局所性因子の変化が関与している可能性を示唆する。さらに、本

研究では、全身渦流浴中にHRが変化しなかった高齢者においても全身渦流浴後にbaPWVが低下する傾向を示したことから、神経性因子もまたbaPWVに影響した可能性を示唆する。baPWVは、SBPおよびHRと独立、かつ正に相関する<sup>7)</sup>。本研究においても若年者および高齢者ともに、回復期にHR、SBPおよびMBPが低下傾向を示した。すなわち、全身渦流浴後の交感神経系の減弱および副交感神経の再亢進がHRおよび血圧を低下し、baPWVに影響したものと推察する。しかしながら、3名の高齢者は全身渦流浴によりHRおよびlog HFの変化が観察されておらず、全身渦流浴が自律神経系に影響するほどの刺激ではなかったものと推察する。それにもかかわらず、全身渦流浴後にHRが減少傾向を、またlog HFが増加傾向を示し、かつbaPWVが低下傾向を示していることから、高齢者は刺激に対する交感神経系の亢進および副交感神経系の減弱反応は鈍化しているものの、回復期における交感神経系の減弱および副交感神経系の再亢進機能は低下していない可能性も考えられる。高齢者の反応については、被験者を増やし、更なる検討をする必要があると考える。

本研究にはいくつかの限界が存在する。1つ目は、一過性の全身渦流浴に対する循環応答を明らかにした研究であり、継続的な全身渦流浴の実施が生体に及ぼす影響については不明である。2つ目は、被験者数が少数であったことである。今後、被験者数を増やし、更なる検討をする必要があると考える。3つ目は、全身渦流浴に対する循環応答の詳細な機序について記述するデータは得ることができなかった。今後、さらに検討することとする。

## 謝 辞

本研究に対して助成を賜りました一般財団法人日本健康開発財団に深く感謝いたします。また研究遂行にあたり、西予市健康保養館 クアテルメ宝泉坊 渡邊裕樹氏、玉川洋平氏および

スタッフの皆様、小野寺昇先生（川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 教授）、斎藤辰哉氏、和田拓真氏（以上、川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科）ならびに流通科学大学の学生の皆様に多大なる協力を賜りました。ここに記して、感謝の意を表し、厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 厚生労働省：平成23年度衛生行政報告例
- 2) 木住野孝子ら：静水浴及び動水浴が心拍変動に及ぼす影響。日本温泉気候物理医学会雑誌、59、175-183. 1996.
- 3) Sugawara J et al: Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 287, H2666-H2669. 2004.
- 4) Sugawara J et al: The effects of low-intensity single leg exercise on regional arterial stiffness. *Jpn J Physiol*, 53, 239-241. 2003.
- 5) Nishiyasu T et al: Effects of rhythmic muscle compression on cardiovascular responses and muscle oxygenation at rest and during dynamic exercise. *Exp Physiol*, 91, 103-109. 2006.
- 6) McDaniel J et al: Attenuated exercise induced hyperaemia with age: mechanistic insight from passive limb movement. *J Physiol*, 588, 4507-4517. 2010.
- 7) Hashimoto J et al.: Determinants of the second derivative of the finger photoplethysmogram and brachial-ankle pulse-wave velocity: the Ohasama study. *Am J Hypertens*, 18, 477-485. 2005.

# **Effect of Whole Body Whirlpool Bath on Cardiac Autonomic Nervous System Modulation and Arterial Stiffness**

**YOSHIOKA Akira<sup>1)</sup>, YAMAGUCHI Hidetaka<sup>2)</sup>, NISHIMURA Kazuki<sup>3)</sup>,  
SEKI Kazutoshi <sup>4)</sup>, YODA Takeshi <sup>1)</sup>, HIRAO Tomohiro <sup>1)</sup>**

1) Department of Public Health, Faculty of Medicine, Kagawa University

2) Department of Sport Social Management, School of Sociology, Kibi International University

3) Department of Global Environment Studies, Faculty of Environmental Studies, Hiroshima Institute of Technology

4) Sports & Health Management Course, Faculty of Service Industries, University of Marketing and Distribution Sciences

## **Abstract**

We hypothesized that 1) heart rate (HR) and blood flow (BF) during the whirlpool bath in thermo-neutral water temperature zone was increased by cardiac autonomic nervous system modulation (ANS) mediated via the information from the mechanoreceptor, 2) the increase of HR and BF during the whirlpool bath evoked the decrease of arterial stiffness after the whirlpool bath. The purpose of this study was to clarify the effects of the whole body whirlpool bath on HR, cardiac ANS, blood pressure, baPWV, which is the index of arterial stiffness, and body temperature in young men and elder man and women. In young men, HR during whole body whirlpool bath increased with the decrease of cardiac parasympathetic nervous system modulation. In elder man and women, HR during whole body whirlpool bath was no change in 3 of 4 subjects, whereas HR during whole body whirlpool bath tended to be higher than that at rest in water in a subject. The index of cardiac parasympathetic nervous system modulation after whole body whirlpool bath tended to increase, compared to that at rest, in all elder subjects. HR and baPWV after whole body whirlpool bath tend to decrease, compared to that at rest, in both young and elderly. These results suggested the possibility that beneficial of the whole body whirlpool bath for the increase of blood flow and the improvement of arterial stiffness.

Key words: whole body whirlpool bath, arterial stiffness, blood flow, blood pressure, cardiovascular response



# 温水療法がII型糖尿病の治療に有用である 分子機序の解明

## －骨格筋の熱応答反応による身体運動様作用に着眼して－

The mechanism by which hot-water therapy is effective for the treatment of  
type II diabetes:

Possible role of the hot-water-induced exercise-like effects in skeletal muscle.

研究代表者 新潟医療福祉大学健康科学部

越中 敬一

### 要旨

温水療法がII型糖尿病の治療に有用であることは良く知られているが、その分子機序は不明な点が多い。一方、身体運動が抗糖尿病作用を有している事は良く知られている。申請者は、健常なラットの骨格筋を温水刺激すると、運動をしていないにも関わらず筋グリコーゲンの減少、糖取り込みの亢進、AMP-activated protein kinase (AMPK) 等の情報伝達分子の活性化など、骨格筋に身体運動様作用が惹起されることをすでに明らかにしている。本研究では、この身体運動様作用がインスリン抵抗性を呈する骨格筋においても生じるか否かについて、動物実験によって検討した。ラットを普通食摂取群と高脂肪食摂取群のいずれかに分け、それぞれ4週間飼育した。その後、滑車上筋を摘出し、試験管内で実験を行った。その結果、高脂肪食の摂取により、インスリン刺激による糖取り込みが低下したことを認め、骨格筋のインスリン抵抗性を確認した。このインスリン抵抗性状況下においても、温水刺激は糖取り込みを普通食摂取群と同程度にまで亢進することを認めた。また、両群において、温水刺激は骨格筋のグリコーゲンを同程度に減少させた。さらに、インスリン抵抗性の有無に関係なく確認できるこれらの身体運動様作用は、ラットの後肢を生体内で温水刺激した場合にも後肢骨格筋（長指伸筋）で確認できる。この際、温水刺激

による熱は肝臓にまで拡散し、肝グリコーゲンを減少させ肝臓のAMPKを活性化させた。これらの作用に両群間の差は認められなかった。つまり、骨格筋の温水刺激は、骨格筋のみならず肝臓でも身体運動様作用を惹起することが可能であり、且つその作用はインスリン抵抗性の有無に関係なく生じることが明らかになった。この事実は、温水療法による抗糖尿病作用の誘発に貢献している可能性が示唆された。

キーワード：温水刺激、骨格筋、ラット

### 背景

温泉入浴に代表される“温水につかる”という行為は古来より健康の維持・増進に効果的であることは良く知られている。温水療法の有する健康増進効果の一つにはII型糖尿病の症状改善が挙げられ、疫学的知見を中心にその有効性は日々より確実な事実へと発展している。しかし、その細胞レベルでの分子機序はほとんど明らかではなく、症状が改善する理由の解明；科学的根拠の蓄積が期待されている。

一方、身体運動がII型糖尿病の症状改善に有効であることは広く知られており、その分子機序を解明する試みが盛んに行われている。例えば、身体運動は一時的に細胞内のエネルギー状態を低下させ、このことが引き金となりAMP-

activated protein kinase (AMPK) と呼ばれる酵素などの細胞内情報伝達分子を活性化させて糖取り込みを亢進する。よって身体運動の急性作用として血糖低下作用が惹起される。また、この急性反応を繰り返すことでミトコンドリアの増加やインスリン作用の増強が生じる。よって抗II型糖尿病作用が惹起される。興味深いことに、身体運動中において骨格筋は大量の熱を放出し、骨格筋温度は上昇することが知られている。申請者は、健常ラットにおいて、骨格筋を温水刺激すると骨格筋温度が上昇し、身体運動をしていないにも関わらずAMPKが活性化して糖取り込みが亢進することを明らかにしている（第66回日本体力医学会大会）。つまり健常な対象において、温水刺激は骨格筋に対して身体運動様作用を有しているのである。もしも様々な酵素等タンパク質の機能が障害されているインスリン抵抗性を呈する対象においても温水刺激が骨格筋に身体運動様作用を惹起できるのであれば、温水療法で認められる抗II型糖尿病作用は骨格筋の熱応答反応を介して生じている可能性が高い。本研究ではこの仮説を動物実験によって検討する。

## 方法・結果

内臓脂肪型肥満による末梢組織のインスリン抵抗性はII型糖尿病の主要な発症要因である。本研究では骨格筋にインスリン抵抗性を惹起するために、Wistarラットに高脂肪食を4週間摂取させた。

1：高脂肪食の摂取により、副睪丸周囲脂肪量と腎周囲脂肪量の増加を認め、内臓脂肪型肥満を惹起することができた。

2：滑車上筋を摘出し試験管内で糖取り込みを測定した。普通食を摂取した場合に比べ高脂肪食を摂取したラットの骨格筋ではインスリン刺激による糖取り込みの低下を認め、骨格筋のインスリン抵抗性を確認した。一方、温水刺激に

よる糖取り込みは両群で差を認めず、インスリン抵抗性状態においても温水刺激によって血糖を取り込む能力は障害されていないことが明らかとなった。また、この際、インスリン抵抗性の有無にかかわらず温水刺激によって筋グリコーゲンが減少することを認めた。これらの結果は、インスリン抵抗性状態においても温水刺激によって骨格筋に身体運動様作用が惹起されることを証明している。

3：ラットの後肢を温水刺激し、生体内において長指伸筋における糖取り込みを測定した。結果2の試験管内で得られた知見と同様に、両群で糖取り込みの亢進を認め、両群間に有意な差は認めなかった。

4：結果3により生体内においても温水刺激が骨格筋の糖取り込みを亢進させることが明らかになったため、血糖値が低下していることを期待した。しかし、インスリン抵抗性の有無に関わらず温水刺激による血糖低下作用は確認できなかった。血糖値は末梢での糖取り込み量と肝臓からの糖放出量によって決定する。そこで、肝臓のグリコーゲン量を測定した。その結果、インスリン抵抗性の有無に関わらず両群とも同等に温水刺激によって肝グリコーゲンが減少することを認め、さらに肝臓のAMPKが活性化することを認めた。このことは、骨格筋の温水刺激は熱拡散によって肝臓に伝わり、肝臓にも身体運動様作用を惹起していることを示している。

## まとめ・考察

申請者は健常ラットにおいて、温水刺激が骨格筋に身体運動様作用を惹起できることをすでに明らかにしている。本研究では、それらの作用はインスリン抵抗性の有無に関わらず生じる作用であることを動物実験によって明らかにした。

身体運動は骨格筋や肝臓の細胞内エネルギー状態を一時的に低下させ、AMPKを反復的に活性化することで抗糖尿病作用を惹起している。この作用機序はメトホルミン系やビグアナイド系の糖尿病治療薬でも確認されている。本研究では、身体運動や糖尿病治療薬を使うことなく、温水刺激によってそれらの臓器に身体運動様作用を惹起することに成功した。この事実は、温水療法による抗糖尿病作用の分子機序を説明するだけでなく、温水刺激による骨格筋や肝臓の組織温度の変化やそれに対応した細胞内の代謝状況変化を科学的基礎とした温水療法を確立する重要性を示している。

**The mechanism by which hot-water therapy is effective for the treatment of  
type II diabetes:  
Possible role of the hot-water-induced exercise-like effects in skeletal muscle.**

**Keiichi Koshinaka**

Niigata University of Health & Welfare

**Abstract**

Hot-water therapy has beneficial effects for the treatment of type II diabetes. However, the molecular mechanism is still not clear. In contrast, it is well known that physical exercise is also effective against type II diabetes. We previously demonstrated that, as observed in exercised muscles, hot-water stimulation to skeletal muscle is acutely capable to induce glucose uptake, glycogen breakdown, and AMPK activation in healthy rats without any contractile activities, suggesting that these exercise-like effects might contribute to the hot-water therapy-induced anti-diabetic effects. In the present study, we examined whether hot-water stimulation might also induce exercise-like effects in insulin-resistant skeletal muscle. Rats were divided into either normal diet group (CON) or high-fat diet (FAT) group, and ate each diet. After 4 weeks, insulin-stimulated glucose uptake in the isolated epitrochlearis muscles was impaired in the muscles in FAT group, whereas hot-water-stimulated glucose uptake in the muscles in FAT group was comparable to the level observed in the CON group. Also, hot-water stimulation facilitated muscle glycogen breakdown in both groups. Furthermore, when rat hindlimbs were immersed to hot-water, the heat was diffused to liver, and glycogen breakdown and AMPK activation were observed in the liver in both groups with similar magnitudes. We demonstrated here that hot-water stimulation can induce exercise-like effects in both insulin-resistant skeletal muscle and liver. These may play important role in the molecular mechanism for the hot-water therapy-induced anti-diabetic effects.

Key words: Hot-water stimulation, Skeletal muscle, Rat

# 足湯が脊髄損傷者の自律神経系機能、 循環系機能および免疫系機能に及ぼす影響

Effects of footbathing on autonomic nerve, circulatory and immune system  
for persons with spinal cord injury

研究代表者 佐賀大学全学教育機構  
佐賀大学全学教育機構  
佐賀大学医学部

福嶋 利浩  
井手 將文  
堀川 悦夫

## 要旨

**目的：**本研究の目的は、足湯が下肢の諸機能が麻痺している脊髄損傷者の自律神経系機能、循環系機能および免疫系機能に及ぼす影響を明らかにすることであった。

**方法：**脊髄損傷者男性5名（ $45.2 \pm 13.1$ 歳）及び健常者男性6名（ $43.2 \pm 9.5$ 歳）を対象とした。対象者は42℃の足湯に両足部を35分間入浴し、足湯終了後40分間安静を維持し、測定を継続した。測定項目は、自律神経系機能の指標として指尖脈波の脈拍変動解析による交感神経活動と副交感神経活動とし、循環系機能の指標は、鼓膜温、血圧（収縮期と拡張期）、脈拍、加速度脈波指数とした。

**結果：**深部体温を示す鼓膜温は、脊髄損傷者および健常者の一部において足湯入浴後に一旦低下する傾向を示したものの、足湯入浴の時間経過とともに上昇し、足湯終了5～10分後にピークに達した。脊髄損傷者において、自律神経活動のうち副交感神経活動を示すCVa-a値が足湯終了35分後に有意な増加を示した。また循環系機能を示す加速度脈波指数は、足湯入浴30分後と足湯終了15分後で有意に改善した。健常者においては自律神経系機能のうち交感神経活動を示すLF/HF値と循環系機能を示す脈拍が足湯入浴30分後で有意に増加した。

**結論：**下肢の機能が麻痺した脊髄損傷者に対する足湯の効果は、健常者と異なるものの、自律神経系機能と循環系機能に示されることが明らかになった。

かになった。

**キーワード：**足浴、鼓膜温、交感神経活動、副交感神経活動、加速度脈波

## 1. 背景と目的

脊髄損傷者は、損傷部位以下の運動神経および感覚神経が支配する諸器官（内臓、筋、血管等）に麻痺を有する。そのため、下肢の筋が廃用性萎縮を起こし、その機能が低下する。また下肢の血管系機能にも障害がみられ、血流再配分、血圧調整、体温調節などの末梢循環系機能も低下する。さらに免疫系機能も低下するため、これらの要因が重なり、受傷後35年で脊髄損傷者の80～90%が何らかの2次障害を発症する（住田ら2001）。

脊髄損傷者の日常生活は、車椅子への依存を余儀なくされることから、脱衣、車椅子からバスタブへの移動、体の洗浄、体の水滴を拭き取るなどのさまざまな動作が必要となる入浴は、脊髄損傷者の負担はもとより、介助者の負担も大きい。脊髄損傷者の入浴頻度の調査結果では、全身浴、シャワー浴、部分浴、清拭、巡回入浴やデイサービスでの入浴など、すべての入浴方法を組み合わせると、「毎日入浴する」は2割前後、「週2～3回」が全体の5割程度と最も多く、健常者に比べ、著しく低い回数である（日本せきずい基金 2003年）。

足湯は足部を適温のお湯に数十分間浸す入浴



方法で、健常者以外でも、病院や介護施設などで全身浴ができない患者に対して利用されている。最近では、温泉地はもとより駅や道の駅などにも足湯場が設置され、老若男女に関らず広く受け入れられている。健常者を対象とした足湯の効果は、自律神経系機能、循環系機能、免疫系機能などの生理学的指標から科学的に研究され、その効果が明らかにされている (Saeki et.al. 2007、Yamamoto et. al. 2008)。

足湯によってもたらされる自律神経系機能、循環系機能および免疫系機能に対する効果は、脊髄損傷者においてこそ有益な効果である。また足湯は、在宅でも手軽に行える入浴方法の一つとして非常に優れている。

我々の先行研究において、脊髄損傷者の下肢の血管系機能（安静時血流量や血管径）は、健常者に比べ、低下しているものの、血管内皮細胞の働きによる血管拡張能力（虚血性反応性充血）の安静時からの変化率は健常者と同等であること、下肢の血管系機能と自律神経系機能には相関関係があることを明らかにした (Fukushima et. al. 2005、福嶋ら 2006、2007)。これらの結果は、下肢の血管への受動的刺激に対して、血管がその刺激に応じた反応を示すこと、血管を介して自律神経系機能を刺激することが可能であることを示唆する。

下肢の諸機能が麻痺した脊髄損傷者であっても、足湯によって下肢の血液循環を亢進することで、循環系機能および自律神経系機能、さらに自律神経系機能と密接な関係のある免疫系機能が刺激され、これらの諸機能の改善に効果を示すことが期待される。しかし、これまでに足

湯が脊髄損傷者の自律神経系機能、循環系機能、および免疫系機能に及ぼす影響を詳細に検討した研究は見当たらない。

本研究では、足湯が脊髄損傷者の自律神経系機能、循環系機能および免疫系機能に及ぼす効果を生理学的指標から調査・検討し、脊髄損傷者の健康増進法として、足湯の有用性を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象

対象は脊髄損傷者男性 5 名（年齢：45.2 ± 13.1 歳、損傷部位：胸髄 10 番から腰髄 1 番）及び、対照群として健常者男性 6 名（年齢：43.2 ± 9.5 歳）とした。対象者の身体的特徴を表 1 に示した。対象者には事前に研究の主旨、方法、危険性、および参加の任意性について説明し、文書で参加の同意を得た。本研究は佐賀大学医学部研究倫理委員会の承認を得て実施した。

### 2. 測定方法

測定は室温 24 ～ 26℃、湿度 40 ～ 50 % に設定した室内で、15:00 ～ 20:00 の時間帯で行った。対象者は所定の服装（ポロシャツ、ハーフパンツ）に着替え、体重を計測した後、リクライニングソファに座り、15 分以上の安静後、42℃の足湯に両足部を 35 分間入浴した（水深 16cm）。足湯には冷え取り君マイコンプレミアム FB-C80（日立アプライアンス製）を使用し、足湯中は湯温を 42℃に維持した。足湯終了後は 40 分間安静を維持し、測定を継続した。測定は足湯前および足湯入浴 10 ～ 15 分後、25

表 1. 対象者の身体的特徴

|       | 年齢（歳）       | 身長（cm）      | 体重（kg）     | BMI        |
|-------|-------------|-------------|------------|------------|
| 脊髄損傷群 | 45.2 ± 13.1 | 168.1 ± 2.8 | 60.0 ± 5.7 | 21.2 ± 2.3 |
| 健常群   | 43.2 ± 9.5  | 172.3 ± 8.3 | 67.2 ± 3.8 | 22.7 ± 1.2 |

※数値は平均値 ± 標準偏差で示した。

～30分後、45～50分後（足湯終了10～15分後）、65～70分後（足湯終了30～35分後）の計5回行なった。

### 3. 測定項目

#### (1) 自律神経系機能

自律神経系機能の測定には、加速度脈波システム「アルテット」（株式会社ユメディカ製）を使用し、指尖脈波による脈拍変動解析より評価した。分析は左中指から得られた5分間の加速度脈波のa-a間隔を周波数解析（高速フーリエ変換）し、低周波成分（LF）と高周波成分（HF）を算出した。LF/HFを交感神経活動とし、HFを副交感神経活動の指標とした。さらにa-a間隔の変動係数（CVa-a）も副交感神経活動の指標とした。

#### (2) 循環系機能

循環系機能の指標は、鼓膜温、血圧（収縮期と拡張期）、脈拍、加速度脈波指数とした。鼓膜温はロガー体温計DBTL-1（YMATIC製）のセンサー部を左耳に挿入し、連続して計測した。収縮期及び拡張期血圧と脈拍は自動血圧計HEM-7220（オムロン製）を用いて左腕より測定した。加速度脈波は加速度脈波システム「アルテット」（ユメディカ製）を用いて左手中指から得、加速度脈波指数を算出し評価した。

#### (3) 免疫系機能

免疫系機能は唾液中コルチゾールより評価した。唾液は唾液採取器具SALIVETTE®（アシスト社）を用いて採取した。唾液採取前に対象者は50mlの水を口に含んで30秒間うがいをした後、SALIVETTE®の綿を1分間に60回咀嚼し、分泌された唾液を綿に吸収させて採取した。SALIVETTE®は採取後直ちに3000rpmで5分間遠心分離し唾液を回収、-20℃で凍結保存した。なお今回の報告には、分析が間に合わなかったため、免疫系機能の結果については割愛した。

### III. 結果と考察

#### 1. 鼓膜温

深部体温を示す鼓膜温の経時変化を図1に示した。鼓膜温は、脊髓損傷者及び健常者の一部において、足湯入浴後に一旦低下する傾向がみられた。特に脊髓損傷者2名は足湯入浴20分後に約0.3℃低下した。ただし、一旦低下した鼓膜温は健常者や他の脊髓損傷者と同様に足湯入浴の時間経過とともに上昇し、足湯終了5～10分後にピークに達した。ピークに達した鼓膜温は全ての対象者において、時間の経過とともに緩やかに低下した。

鼓膜温の上昇温度は、脊髓損傷群では安静時から $0.19 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$ （一旦低下した鼓膜温からは $0.27 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ ）、健常者では安静時から $0.41$

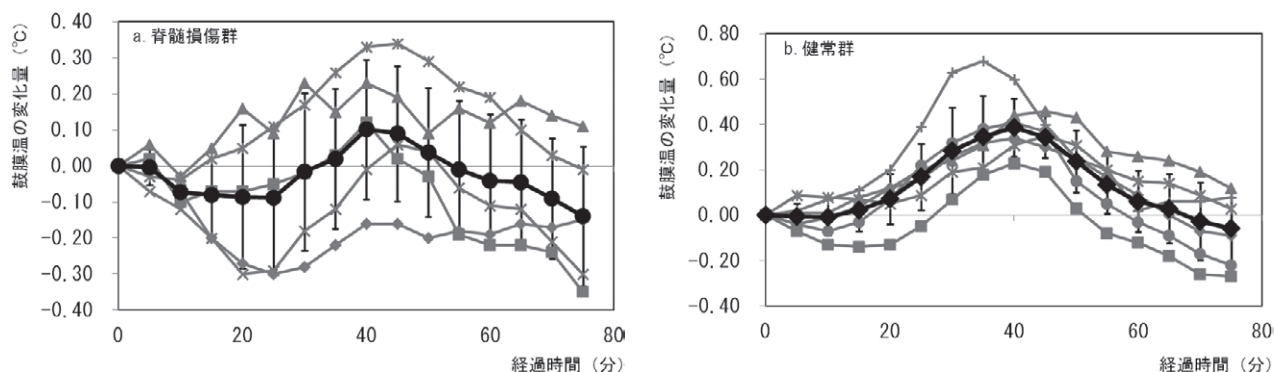


図1. 鼓膜温の経時変化（左：脊髓損傷群、右：健常群）

±0.15℃（一旦低下した鼓膜温からは0.45±0.12℃）であった。

本研究の脊髄損傷群における鼓膜温の上昇温度は、健常群と比べて約50%の値であった。鼓膜温の上昇は、足湯によって温められた下肢の血液が全身を循環することによって引き起こされる。脊髄損傷群の下肢の血流量は健常者に比べて低下しているため、鼓膜温の上昇が健常者より抑えられたものと思われる。また、下肢の感覚神経が麻痺していることも関係しているとも考えられる。

したがって、脊髄損傷者が足湯によって健常者と同様の体温上昇を引き出すためには、足湯の入浴時間を長くするか、湯温を高くするか、もしくは両方を併用する必要があると思われる。ただし、本研究で用いた湯温は42℃であり、十分に高い湯温であると思われる。そのため、入浴時間を長くすることで体温上昇を引き出す方が妥当であろう。

## 2. 自律神経系機能

自律神経系機能の評価指標（LF/HF、HF、

Cva-a）の結果を表2に示した。脊髄損傷群には、副交感神経活動の指標であるCva-aが70分後（足湯終了35分後）に有意に増加した。一方、健常群では交感神経活動を示すLF/HFに足湯30分で有意な増加が認められた。

このように自律神経系機能は脊髄損傷群と健常群で異なった反応がみられた。その背景として、本研究の脊髄損傷群の損傷レベルは胸髄10番から腰髄1番の間であり、下肢を支配する交感神経および感覚神経は遮断されているが、副交感神経の中樞は主に脳幹（中脳、橋、延髄）に存在するため、副交感神経機能は阻害されていないことが関係していると考えられる。

次項に示す循環系機能の結果にみられるように、脊髄損傷群では測定時間を通じて脈拍は変化しなかったが、健常群では足湯入浴30分後の脈拍が足湯前に比べて有意に増加した。これは健常群では足湯によって下腿が温まったことが感覚神経を通じて中枢に伝達され、交感神経活動が亢進し脈拍を増加させたが、脊髄損傷群ではこのメカニズムが働かず、脈拍の増加が起きなかったと推察される。それに加え、鼓膜温

表2. 自律神経系機能の変化

|                          |       | 足湯前                  | 15 分後                 | 35 分後                | 50 分後                  | 70 分後                  |
|--------------------------|-------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| LF/HF                    | 脊髄損傷群 | 1.661<br>(0.985)     | 1.501<br>(0.846)      | 1.747<br>(1.021)     | 2.286<br>(1.940)       | 2.047<br>(1.450)       |
|                          | 健 常 群 | 1.303<br>(0.491)     | 1.574<br>(0.648)      | 2.657*<br>(1.613)    | 2.204<br>(0.773)       | 2.316<br>(1.525)       |
| HF<br>(ms <sup>2</sup> ) | 脊髄損傷群 | 295.598<br>(192.503) | 836.130<br>(1249.408) | 617.166<br>(912.840) | 1300.664<br>(2209.609) | 2795.004<br>(5481.558) |
|                          | 健 常 群 | 211.773<br>(55.842)  | 206.655<br>(77.219)   | 188.050<br>(77.695)  | 211.676<br>(102.426)   | 212.206<br>(47.581)    |
| Cva-a<br>(%)             | 脊髄損傷群 | 4.84<br>(0.95)       | 5.95<br>(1.35)        | 5.88<br>(1.24)       | 6.97<br>(1.77)         | 8.50*<br>(4.12)        |
|                          | 健 常 群 | 3.63<br>(1.03)       | 3.94<br>(0.78)        | 4.37<br>(0.87)       | 4.50<br>(0.89)         | 4.61<br>(1.02)         |

※数値は平均値（標準偏差）で示し、各項目の有意差は足湯前の値との比較のみ示した（\*：p<0.05、\*\*：p<0.01）。

の上昇が低いことも関係していると思われる。

他方、脊髄損傷群において足湯終了70後にみられた副交感神経活動の亢進は、対象者がリラックス状態にあったことを示していると考えられる。

そのため、本研究で用いた42℃で35分間の足湯は、健常者では交感神経活動を亢進させ、いわゆる興奮状態が生じたことに対し、脊髄損傷者では足湯後のリラックス状態を引き出したと推察できるであろう。

しかし、足湯の湯温や入浴時間の違いによって、脊髄損傷者と健常者の自律神経活動に及ぼす影響に差異が生じるか否かを明らかにするためには、湯温や入浴時間の条件設定を変えての追試が必要である。

### 3. 循環系機能

循環系機能の評価指標（収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍、加速度脈波指数）の結果を表3に

示した。脊髄損傷群には、加速度脈波指数に足湯入浴30分後と50分後（足湯終了15分後）で有意な改善がみられた。一方健常群では、脈拍数が足湯入浴30分後、有意に増加した。

脊髄損傷群の加速度脈波指数に足湯入浴30分後と足湯終了15分後で有意な改善が認められたことは、本研究で得られた最も重要な知見である。本研究では、加速度脈波は左手中指から得た。したがって、一見すると左手中指の加速度脈波に足湯が影響を及ぼしたとは考えにくい。健常群においては全ての測定時間での加速度脈波指数に変化は認められなかった。しかし、前項でも述べているように脊髄損傷者は自律神経系機能（交感神経および副交感神経機能）が健常者とは異なる。脊髄損傷者に特有の自律神経系機能は、全身および末梢循環系機能に影響を及ぼしていると考えられる。

我々は、先行研究において脊髄損傷者の下肢の血管機能と副交感神経機能には相関関係があ

表3. 循環系機能の変化

|                      |       | 足湯前              | 15分後             | 35分後              | 50分後              | 70分後             |
|----------------------|-------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 収縮期<br>血 圧<br>(mmHG) | 脊髄損傷群 | 125.7<br>(7.6)   | 123.0<br>(7.5)   | 127.1<br>(6.1)    | 123.8<br>(5.7)    | 126.8<br>(5.6)   |
|                      | 健 常 群 | 122.3<br>(14.5)  | 123.3<br>(10.4)  | 121.4<br>(13.1)   | 119.7<br>(13.1)   | 120.2<br>(11.4)  |
| 拡張期<br>血 圧<br>(mmHG) | 脊髄損傷群 | 79.0<br>(10.7)   | 78.4<br>(11.3)   | 78.6<br>(8.9)     | 78.3<br>(7.4)     | 80.9<br>(9.0)    |
|                      | 健 常 群 | 78.4<br>(7.6)    | 75.4<br>(8.1)    | 76.6<br>(7.9)     | 78.5<br>(9.8)     | 79.5<br>(8.3)    |
| 脈 拍<br>(拍/分)         | 脊髄損傷群 | 69.6<br>(10.2)   | 66.9<br>(10.9)   | 73.9<br>(14.3)    | 65.1<br>(10.9)    | 64.6<br>(10.7)   |
|                      | 健 常 群 | 65.1<br>(7.8)    | 69.3<br>(7.8)    | 72.8**<br>(7.1)   | 68.8<br>(5.7)     | 66.2<br>(6.0)    |
| 加速度<br>脈 波<br>指 数    | 脊髄損傷群 | 0.329<br>(0.160) | 0.335<br>(0.133) | 0.424*<br>(0.110) | 0.417*<br>(0.154) | 0.333<br>(0.134) |
|                      | 健 常 群 | 0.401<br>(0.143) | 0.381<br>(0.136) | 0.411<br>(0.155)  | 0.400<br>(0.148)  | 0.373<br>(0.175) |

※数値は平均値（標準偏差）で示し、各項目の有意差は足湯前の値との比較のみ示した（\*：p<0.05、\*\*：p<0.01）。



ることを報告した（福嶋ら 2007）。さらに、脊髄損傷者の下肢の血管系機能（安静時血流量や血管径）は、健常者に比べ、低下しているものの、血管内皮細胞の働きによる血管拡張能力（虚血性反応性充血）の安静時からの変化率は健常者と同等であること（Fukushima et. al. 2005、福嶋ら 2006）も明らかにした。

血管内皮細胞は、血管内腔の最も内側を構成する細胞で、血管内外の環境変化に応じて様々な生理活性物質を産生し、末梢及び全身の血液循環を調節している（Bouis et. al. 2001）。したがって、下肢の感覚神経や交感神経機能が麻痺している脊髄損傷者では、足湯による下肢への温熱刺激に対しては、自律神経系機能ではなく、血管内皮細胞の働きによって循環系機能を調節していると推察される。つまり、脊髄損傷者では足湯によって下肢の血管内皮細胞が刺激を受け、血液循環を促進させるために血管拡張物質を放出し、それが全身に循環し、左手中指の加速度脈波の改善につながったものと思われる。今後の詳細な検証が必要である。

#### IV. まとめ

脊髄損傷者および健常者の一部において、深部体温を示す鼓膜温は足湯入浴後に一旦低下する傾向を示したものの、一旦低下した鼓膜温は健常者と同様に足湯入浴の時間経過とともに上昇し、足湯後 5 ～ 10 分にピークに達した。また脊髄損傷者 2 名には足湯入浴 20 分後に鼓膜温の約 0.3℃ の低下がみられた。

脊髄損傷者において、自律神経活動のうち副交感神経活動を示す Cva-a 値が、足湯終了 35 分後（70 分後）に有意な増加を示した。また、循環系機能を示す加速度脈波指数は、足湯入浴 30 分後と足湯終了 15 分後（50 分後）に有意に改善した。

健常者においては、自律神経系機能のうち交感神経活動を示す LF/HF 値と循環系機能を示す脈拍は、足湯入浴 30 分後に有意に増加した。

本研究の結果、足湯は下肢の機能が麻痺した

脊髄損傷者に対して、健常者と異なるものの、自律神経系機能と循環系機能に効果を及ぼすことが明らかになった。

#### VI. 今後の計画

本報告では、分析時間の関係から免疫系機能を示す唾液中コルチゾールの結果を示すことが出来なかった。今後、唾液中コルチゾール値の結果から、免疫系機能に対する足湯の効果を検討し、報告する予定である。

さらに今後、湯温の高低や入浴時間の長短など足湯入浴条件の違いによる諸機能への影響の差異を比較し、脊髄損傷者に対する最も効果的な足湯の入浴法を明らかにするとともに、運動などの身体的負荷や演算作業などの精神的負荷を課した後の疲労回復やストレス解消に対する足湯の効果も検討したい。

#### 引用文献

- ・ 住田幹男ら編、脊髄損傷の OUTCOME － 日米のデータベースより －、2001.
- ・ 特定非営利活動法人 日本せきずい基金、第 2 章 統計調査による分析、在宅高位脊髄損傷者の介護システムに関する調査報告書、2003、p.3.
- ・ Saeki Y., Nagai N., Hishinuma M., Effects of footbathing on autonomic nerve and immune function, Complementary therapies in Clinical Practice, 2007, 13, 158-165.
- ・ Yamamoto K., Aso Y., Nagata S., Kasugai K., Maeda S., Autonomic, neuro-immunological and psychological responses to wrapped warm footbaths-a pilot study, Complementary therapies in Clinical Practice, 2008, 14, 195-203.
- ・ Fukushima T., Yabe K., Differences of arm and leg blood flow responses in trained spinal cord injuries individuals, The 15th International symposium of Adapted



Physical Activity Book of abstracts, 2005, 184.

- ・ 福島利浩、三木由美子、津村明伸、山崎昌廣、中田英雄、矢部京之助、脊髄損傷者の損傷レベルの違いが体肢の血管拡張能力へ及ぼす影響、日本体育学会第57回大会プログラム、2006、82.
- ・ 福島利浩、三木由美子、山崎昌廣、矢部京之助、脊髄損傷者の自律神経機能と下肢の血管機能の関係、第28回医療体育研究会／第11回日本アダプテッド体育・スポーツ学会 第9回合同大会プログラム・抄録集、2007、46.
- ・ Bouïs D., Hospers G.A., Meijer C., Molema G., Mulder N.H., Endothelium in vitro: a review of human vascular endothelial cell lines for blood vessel-related research, *Angiogenesis*, 2001, 4(2), 91-102.

# Effects of footbathing on autonomic nerve, circulatory and immune system for persons with spinal cord injury

Toshihiro Fukushima,<sup>1</sup> Masafumi Ide,<sup>1</sup> Etsuo Horikawa <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saga University, Organization for General Education

<sup>2</sup> Saga University, Faculty of Medicine

## Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was explained that effects of footbathing for autonomic nerve, circulatory and immune system for persons with spinal cord injury.

**Methods:** The participants were 5 persons with spinal cord injury (SCI; 45.2±13.1 years) and 6 abled-body individuals (AB; 43.2±9.5 years). They were taken footbath at 42-degree during 35-min. Thereafter participants maintained steady state for 40-min. We measured autonomic nerve function that defined as an index of sympathetic and parasympathetic nerve activity, by pulse variability analysis of acceleration plethysmogram and circulatory function such as tympanic membrane temperature, systolic and diastolic blood pressure, pulse rate, and acceleration plethysmography.

**Results:** In tympanic membrane temperature that shows as core temperature, although it showed tendency fall beginning of footbathing for both SCI and some AB, it rose with time progress of footbathing and reached on peak value in 5- to 10-min after footbathing. For SCI, the CVa-a as index of parasympathetic nerve activity was shown significant increment on 35-min after footbathing. The acceleration plethysmography which shows circulatory function has improved significantly on 30-min footbathing and 15-min after footbathing. On the other hands, in AB, LF/HF which shows sympathetic nerve activity among autonomic nerve function and pulse rate as index of circulatory function increased on 30-min footbathing.

**Conclusions:** Although effects of footbathing to SCI whose lower limbs function was paralyzed differed in comparison with AB, we confirmed that the footbath is effective in autonomic nerve and circulatory function of SCI.

Key wards: footbath, tympanic membrane temperature, sympathetic nerve activity, parasympathetic nerve activity, acceleration plethysmography

# 若年女性における月経前症候群 (PMS) 軽減 に及ぼす早朝入浴の影響

## Effects of Bathing in early Morning on Alleviation of Premenstrual Syndrome (PMS) symptoms in Young women

|       |                        |       |
|-------|------------------------|-------|
| 研究代表者 | 安田女子大学 家政学部 家政学部管理栄養学科 | 野瀬 由佳 |
|       | 安田女子大学 家政学部 家政学部管理栄養学科 | 小倉 有子 |
|       | 広島工業大学 環境学部 地球環境学科     | 西村 一樹 |
|       | 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 | 藤原 有子 |
|       | 就実短期大学 幼児教育学科          | 松本 希  |
|       | 吉備国際大学 社会学部 スポーツ社会学科   | 山口 英峰 |
|       | 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 | 小野寺 昇 |

### 要旨

本研究は、早朝入浴がPMSに及ぼす影響を明らかにした。被験者は、正常な月経周期を有する成人女性7名とした。被験者は、異なる2日間に早朝入浴を行わないコントロール条件 (Con 条件) と朝7時に入浴を行う入浴条件 (Bath 条件) の2条件の測定を行った。Bath 条件の16時及び18時のふくらはぎ周囲径の変化は、Con 条件と比較し有意に低い値を示した ( $p<0.05$ )。静水圧により静脈還流量が増大し、下肢のうっ血を抑制し、むくみを軽減したと考えられた。18時のBath 条件の足背中点の皮膚温は、Con 条件と比較し有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。水圧及び温熱刺激により、中枢から末梢への血液循環量が維持され、皮膚温の低下を抑制したと考えられた。早朝入浴は、日中の冷えやむくみを軽減すると考えられた。これらのことは、早朝入浴がPMS軽減に寄与することを示唆する。

キーワード：早朝入浴 月経前症候群 むくみ  
冷え

### 1. 諸言

女性は、25日から35日の月経周期を有する。月経周期は、月経期、卵胞期、排卵期、黄体期の4期を一周期として循環する。女性の多くは、月経周期に応じて身体及び心身に変化を生じる。特に、月経前に身体的不快症状をもつ女性は約85%、気分変化のある女性は約65%であると報告されている<sup>1)</sup>。日本産科婦人学会<sup>2)</sup>では、月経開始の3日～10日前から始まる身体的、精神的症状で月経開始とともに減退ないし消失するものを、月経前症候群 (Premenstrual Syndrome : PMS) と定義している。PMS 症状として、乳房のはり、むくみ、下腹部の痛み、冷えなどの身体的症状、イライラや憂鬱などの精神的症状など約150種に及ぶことが報告される<sup>3)</sup>。これらの症状は、ストレスの蓄積や就労意欲の低下につながる可能性が考えられる。一方、入浴すると、水圧の影響を受け、静脈還流が促進される。加えて、入浴による温熱刺激は、体温の上昇及び末梢皮膚血流量の増加につながるため、冷えやむくみの軽減につながる可能性が考えられる。これらのことから、早朝入浴は、日中のPMSを軽減すると考えられる。本研究は、早朝入浴がPMSに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象者

対象者は、PMSを有する成人女性7名とした。対象者の身体特性は、年齢 $26.1 \pm 6.8$ 歳 (means  $\pm$  SD)、身長 $156.4 \pm 6.2$ cm、体重 $53.74 \pm 7.90$ kgであった。対象者には、十分なインフォームドコンセントを行い、研究参加の同意を得た。本研究は、安田女子大学臨床研究倫理審査委員会の承認を得て行った。

### 2. 測定条件

対象者は、異なる日に、早朝に入浴を行わないCon条件と早朝に入浴を行うBath条件の2条件の測定を行った。対象者は、両条件とも測定前日の夕食を19時までに摂取し、22時30分に就寝した。測定日の起床時間は、5時40分とした。Bath条件は、7時00分から20分間の全身入浴を行った。朝食は、7時30分に摂取し、昼食は11時30分に摂取した。測定日の飲料水(エネルギー0、ノンカフェイン)、朝食及び昼食の内容は、指定した。測定中は、座位安静で過ごした。被験者は、両条件とも同様の衣服を着用した。被験者の測定前3か月間の月経期から月経周期を予測し、測定日の日程を調節した。被験者の月経周期は、6名が黄体期であり、このうち5名がPMS症状の強く出る月経開始4日前から1日前に測定を行った。被験者1名の測定日は、両条件とも卵胞期であった。

### 3. 測定方法

測定項目は、ふくらはぎ周囲径、皮膚温(モナサーム4070、タイコヘルスケアジャパン)、舌下温(MC-426L, OMRON)、唾液アミラーゼ(CM-2.1, 株式会社ニプロ)、尿中カテコールアミン、尿中クレアチニン、質問紙調査とした。舌下温、皮膚温、ふくらはぎ周囲径は、起床直後、8時、10時、12時、14時、16時、18時に測定した。皮膚温の測定部位は、手背中点、中指付け根、足背中点、第3足指付け根の4点とした。ふくらはぎの周囲径は、被験者のふく

らはぎのもっとも太い部分とし、周囲をマーカーで囲み、ずれのないように行った。唾液アミラーゼ測定及び質問紙調査は、起床直後、10時、14時、18時に行った。唾液アミラーゼの測定は、測定10分前に口をゆすぎ、10分間の座位安静の後に唾液を採取した。尿は、6時に排尿、7時に採尿を行い、その後の尿は、7時から12時30分、12時30分から18時まで蓄尿し、それぞれ尿中カテコールアミン及び尿中クレアチニンを測定した。尿中カテコールアミンは、尿量の補正を行うため、クレアチニン1gあたりの濃度を算出した。7時に採取した尿を安静時の値とした。質問紙調査は、先行研究からPMS症状として訴えの高い身体症状20項目、精神症状10項目を設定した(表1)。対象者は、各項目の症状を0:「症状なし」、1:「少しあるが日常生活に影響なし」、2:「日常生活に影響する程度である」、3:「はげしい」の4

表1. PMSに関するアンケート調査

名前( ) 平成25年 月 日( )  
それぞれの項目の症状の程度について、0~3の当てはまる番号に○を付けてください。  
0:症状なし 1:少しあるが日常生活に影響なし 2:日常生活に影響する程度 3:はげしい

|      |    |                        |   |   |   |   |
|------|----|------------------------|---|---|---|---|
| 身体症状 | 1  | 下腹部の痛み                 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 2  | 腰痛                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 3  | 下腹部の張り                 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 4  | 頭痛                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 5  | 肩こり                    | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 6  | 手足の冷え                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 7  | 食欲増加                   | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 8  | 食欲不振                   | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 9  | 特定の食べ物(例えば甘いもの)が食べたくなる | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 10 | 下痢                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 11 | 便秘                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 12 | むくみ                    | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 13 | 乳房の痛み                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 14 | 乳房の張り                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 15 | にきび                    | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 16 | 肌荒れ                    | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 17 | 眠気                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 18 | 疲れやすい                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 19 | 機嫌がない                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 20 | 汗をかく                   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 精神症状 | 1  | イライラする                 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 2  | 攻撃的                    | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 3  | 情緒不安定                  | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 4  | 涙ぐみそうになる               | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 5  | 不安                     | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 6  | 気分が高揚している              | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 7  | 集中力がない                 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 8  | 絶望的な気持ち                | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 9  | 自責的な気持ち                | 0 | 1 | 2 | 3 |
|      | 10 | 無気力                    | 0 | 1 | 2 | 3 |

項目から選択した。対象者の回答から、0を0点、1を1点、2を2点、3を3点とし、得点を算出した。

#### 4. 統計処理

ふくらはぎ周囲径、皮膚温、舌下温、唾液アミラーゼ、尿中カテコールアミンの測定値は、means ± SDで示した。質問紙調査の身体及び精神症状の得点の合計点は、中央値で示した。ふくらはぎ周囲径、皮膚温、舌下温、唾液アミラーゼの各時間の条件間の比較は、Kruskal Wallisの検定を行った後、Mann-WhitneyのU検定を行った。尿中カテコールアミンのCon条件及びBath条件それぞれの安静時、午前、午後の比較は、反復測定による一元配置の分散分析を行った後、Tukey法を用いて解析を行った。有意水準は、いずれも $p<0.05$ とした。

### III. 結果

ふくらはぎ周囲径の変化を図1に示した。Bath条件の16時及び18時のふくらはぎ周囲径の変化量は、Con条件に比較し有意に低い値を示した ( $p<0.05$ )。皮膚温の変化を図2から図5に示した。Bath条件の8時と18時の足背中点の皮膚温の変化量は、Con条件に比較し有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。Bath条件の8時の第3足指付け根の皮膚温は、Con条件に比較し有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。舌下温の変化を図6に示した。舌下温の変化量は、両条件間に有意な差がみられなかった。唾液アミラーゼの変化を図7に示した。唾液アミラーゼは、両条件間に有意な差がみられなかった。尿中アドレナリン、尿中ノルアドレナリン、尿中ドーパミンの変化を図8から図10に示した。尿中アドレナリン濃度、尿中ノルアドレナリン濃度、尿中ドーパミン濃度は、それぞれ両条件間に有意な差がみられなかった。尿中アドレナリン濃度及び尿中ドーパミン濃度は、両条件とも安静時に比較し午前及び午後に有意に高値を示した。身体及び精神症状に関するアンケート

調査は、黄体期である被験者6名の結果とした。身体症状の合計得点の変化及び精神症状の合計得点の変化をそれぞれ図11、図12に示した。身体症状及び精神症状は、2条件間に有意な差がみられなかった。

### IV. 考察

むくみは、組織間隙間に組織間液が異常に溜まった状態のことであり、静脈還流量が減少し、静脈圧が上昇することで起こる<sup>4)</sup>。静脈系での血液還流には筋ポンプ作用が関与するため、男性に比べ筋肉量の少ない女性は、下肢にうっ血を生じやすく、むくみやすい。加えて、黄体ホルモンは、水分貯留作用を持ち<sup>5)</sup>、月経前（黄体期）にむくみが生じやすくなる。むくみの評価には下肢の周径や容積の測定が用いられる<sup>6)</sup>。座位で過ごすとき下腿及び足部の容積は、午前に比較し午後が有意に増加する<sup>7)</sup>。両条件とも座位安静で過ごしたため、ふくらはぎ周囲径が、夕方に高値を示したと考えられた。Bath条件の16時及び18時のふくらはぎ周囲径は、Con条件に比較し低い値を示した ( $p<0.05$ )。入浴すると静水圧の影響を受け、静脈還流量は増加する。このことが、夕方の下肢の細胞間隙の水分貯留を減少させ、ふくらはぎ周囲径の減少につながったと考えられた。これらのことから、早朝の微温浴は、日中の下肢の循環血流量を維持させ、むくみを軽減させる可能性が考えられた。

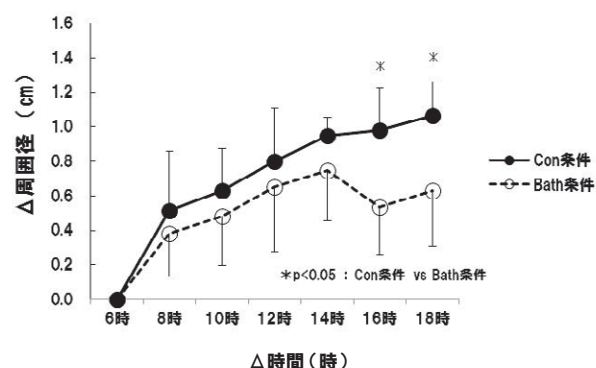


図1 ふくらはぎの周囲径の変化



Bath条件の8時の足背中点及び第3足指付け根の皮膚温は、Con条件に比較し有意に高かった ( $p<0.05$ )。入浴による温熱刺激は、末梢血管を拡張させ、皮膚血流量を増大させる。皮膚血流量の増加は、皮膚温の上昇に寄与する<sup>8)</sup>。Bath条件の手背中点及び中指付け根は、Con条件に比較し、高い傾向にあったが、有意な差がみられなかった。出浴後の皮膚温の変化は、着衣の有無が影響し、着衣で被覆されない部位に皮膚温の低下がみられる<sup>9)</sup>。手背及び中指付け根は、着衣による被覆がなく熱の放散が増大し、2条件間に有意な差がみられなかったと考えられた。足部は靴下を着用したため、皮膚温の低下を抑制したと考えられた。本研究では、座位安静時に足裏が床に面していたため、第3足指付け根の10時以降の皮膚温は、2条件間に有意な差がみられなかったと考えられた。18時のBath条件の足背中点の皮膚温は、Con条件

に比較し有意に高かった。Bath条件では、静水圧及び温熱刺激により循環血流量及び末梢血流量の増大が維持され、中枢からの温かい血液が循環し、皮膚温低下を抑制したと考えられた。

入浴及び足浴後は、体温が上昇することが報告される。体温の上昇温度や上昇の持続時間は、入浴温度、浸漬部位や浸漬面積によっても異なる<sup>10), 11)</sup>。Bath条件の舌下温は、6時が $36.48 \pm 0.30^{\circ}\text{C}$ 、8時が $36.66 \pm 0.28^{\circ}\text{C}$ であり、7名中6名の舌下温が、6時に比較して8時（出浴30分後）に上昇した。入浴による温熱刺激で、体温が上昇したと考えられた。入浴による体温上昇に伴い熱放散が起これ、10時に舌下温は低下したと考えられた。その後、体温低下を抑制するため身体の恒常性が働き、熱の放散を抑制し体温は再度上昇したと考えられた。このため、Bath条件の舌下温は、Con条件に比

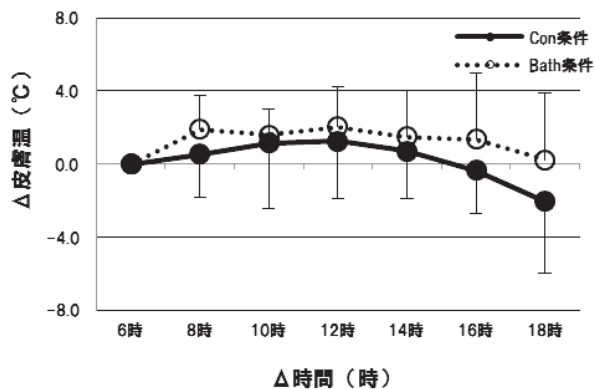


図2 手背中点の皮膚温の変化

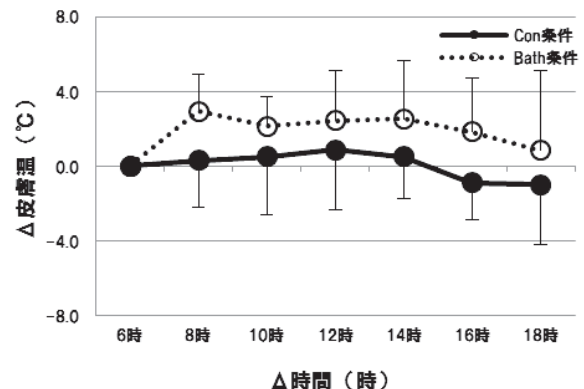


図3 中指付け根の皮膚温の変化

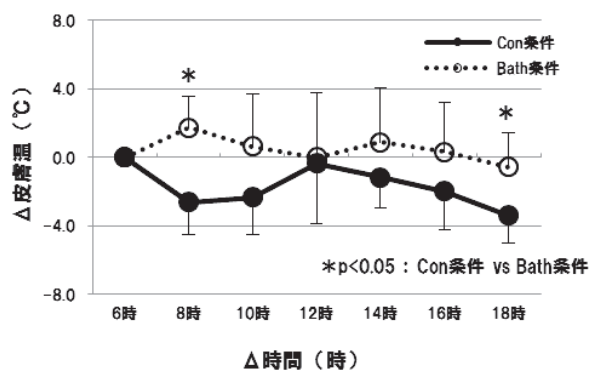


図4 足背中点の皮膚温の変化

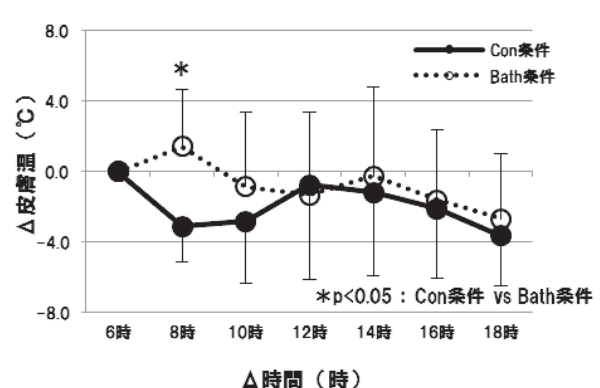


図5 第3足指付け根の皮膚温の変化

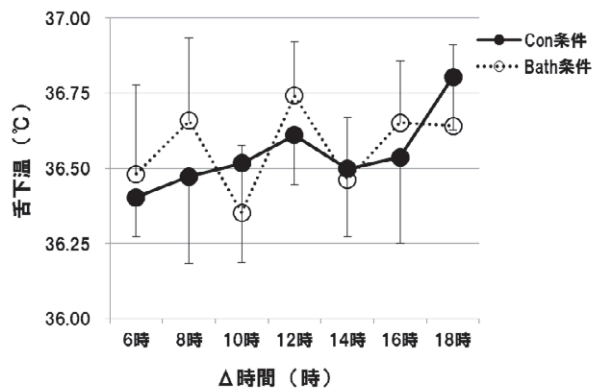


図6 舌下温の変化

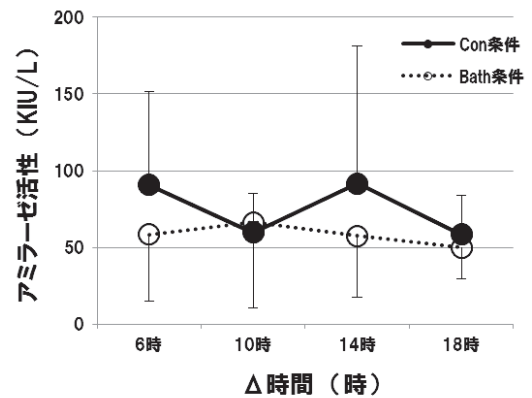


図7 唾液アミラーゼの変化

較し変化の振幅が大きい傾向にあったと考えられた。

唾液アミラーゼは、ストレス刺激に対する応答が迅速であり、ストレス応答が強いと唾液アミラーゼは高値を示す<sup>12)</sup>。本研究では、両条件間に唾液アミラーゼの有意な差がみられなかった。このことから、入浴によるストレス刺激はなかったと考えられた。

交感神経活動の亢進は、カテコールアミンの分泌を促進する<sup>13)</sup>。カテコールアミンは、アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミンの総称である。尿中アドレナリン、尿中ノルアドレナリン、尿中ドーパミンは、両条件間に有意な差はみられなかった。42℃以上の高温浴は、交感神経活動を亢進させ副交感神経活動を抑制する。一方38℃の微温浴では、心臓交感神経活動の有意な低下及び交感神経活動の有意な亢進はみられない<sup>14)</sup>。若年者の血漿カテコールアミンは、38℃の微温浴では変化せず、42℃の高温浴では、出浴後に血漿ノルアドレナリンの有意な増加がみられる<sup>15)</sup>ことが報告される。本研究の湯温は、39.4±1.3℃であったことから、出浴後の尿中カテコールアミンに有意な差がみられなかったと考えられた。アドレナリン及びドーパミンは、両条件とも安静時に比較し、午前と午後で有意に高い値を示した。カテコール

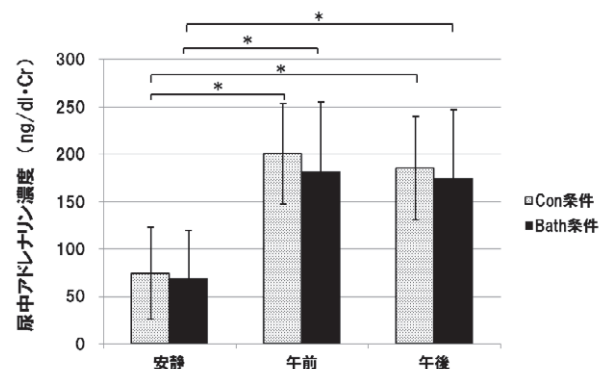


図8 尿中アドレナリンの変化

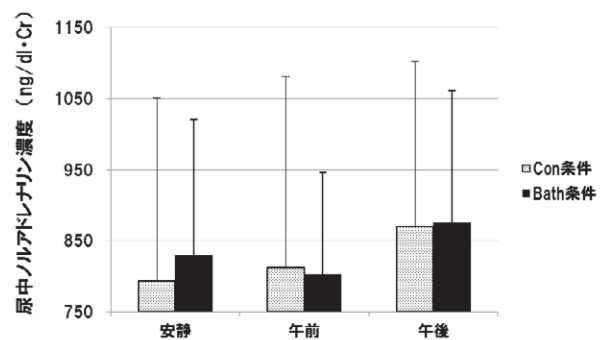


図9 尿中ノルアドレナリンの変化

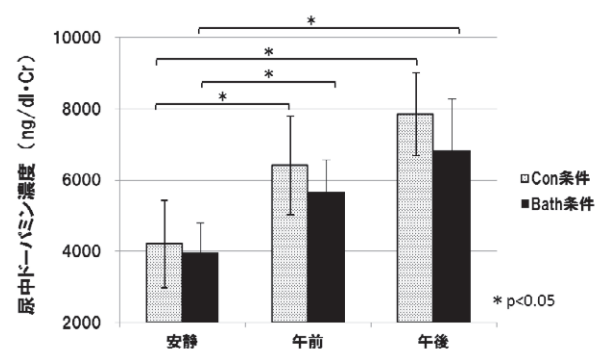


図10 尿中ドーパミンの変化

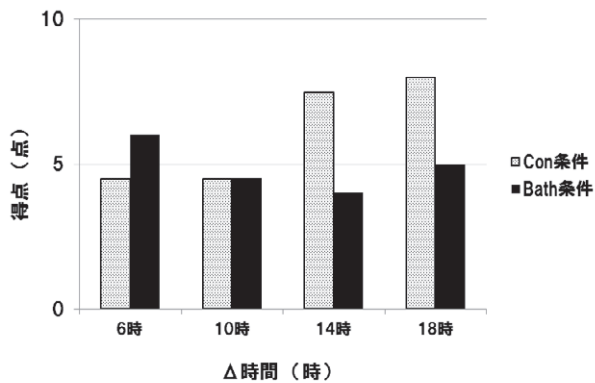


図11 身体的症状の変化

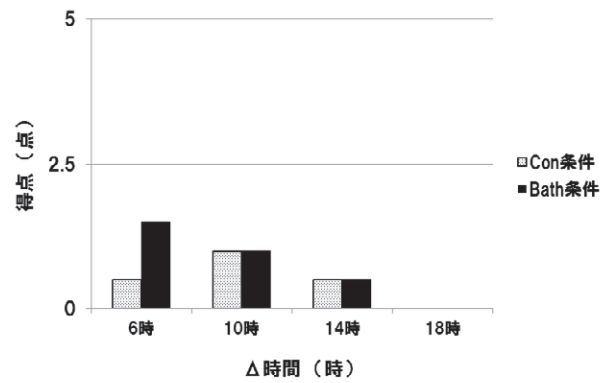


図12 身体的症状の変化

アミンは、日内変動があり、日中に高値を示し、夜間睡眠中に低値を示す<sup>16)</sup>。尿中アドレナリン及び尿中ドーパミンは、日内変動の影響を受けたと考えられた。アドレナリンは、恐怖、不安などの精神的ストレスを鋭敏に反映し<sup>17)</sup>、ノルアドレナリンは、運動、体位変換、寒冷暴露の影響を受けて変化する<sup>18)</sup>。本研究の実験室の温度は、Con条件が $22.6 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、Bath条件が $22.8 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ であり、座位安静で過ごしたことから、運動や体位変換、寒冷暴露の影響はなかった。しかしながら、ノルアドレナリンは、食塩摂取量の影響を受ける<sup>19)</sup>ことや、環境変化に対応して容易に変動する<sup>20)</sup>ことから、日内リズムの影響がみられなかったと考えられた。

黄体期は、卵胞期に比較し、入眠潜時の延長や睡眠中の質の低下により<sup>21)</sup>、日中の眠気を増加させる。41℃から42℃の高温浴では、交感神経活動が優位に働き、覚醒レベルが向上する<sup>22)</sup>。一方、38℃の微温浴では、出浴後にリラックスの指標とされる脳波 $\alpha_1$ が観察される<sup>23)</sup>。このため、42℃以下の微温浴では、眠気が誘発される可能性が考えられる。本研究のBath条件の「眠気」は、6時が0.5点、10時が1点、14時が1点、18時が0点であり、有意な増加はみられなかった。このことから、黄体期の早朝入浴は、日中の眠気を惹起しないと考えられた。身体症状及び精神症状の合計得点は、2条

件間に有意な差がみられなかった。しかしながら、Con条件の身体症状は、夕方に高くなる傾向があったが、Bath条件では変化しなかった。Con条件では、冷えやむくみの自覚症状が、得点の高値につながったと考えられた。精神症状は、両条件とも午後に低下する傾向にあった。

本研究の結果から、女性における早朝の微温浴は、下肢のむくみや冷えの軽減につながることが明らかになった。「体のむくみ」は、冷え症に先行して関連があることが報告される<sup>24)</sup>。「冷えやすい」症状を訴えるものは、PMSによる愁訴が多い<sup>25)</sup>ことから、むくみや冷えの軽減は、PMSを軽減させると考えられる。これらのことは、習慣的な早朝入浴が日中のPMS軽減につながることが示唆する。

## V. まとめ

本研究は、女性における早朝入浴が日中のPMSに及ぼす影響を明らかにした。PMS症状として、イライラや抑うつなどの不定愁訴が考えられることから、入浴の温度は、リラクゼーション効果が高いと報告される微温浴とした。早朝に微温浴を行うと、日中の下肢のむくみや冷えを軽減できることが明らかになった。入浴による静水圧及び温熱刺激が、日中の静脈還流量を維持したためと考えられた。下肢のむくみや冷えの軽減は18時まで確認できた。これら

のことは、早朝入浴が、日中のPMS軽減に寄与することを示唆する。

## 謝辞

本研究は、一般財団法人日本健康開発財団の研究助成を受けて実施いたしました。ここに記して感謝の意を表します。

## 文献

- 1) MSG研究会：月経に関する意識と行動の調査。MSG研究会、1990
- 2) 日本産科婦人学会：委員会報告のうち統一見解とした事項。日本産科婦人科学会雑誌 42(7)：6-7、1990
- 3) Greene R et al：The premenstrual syndrome. Br. Med J 1(4818)：1007-14, 1953
- 4) 平井正文：むくみと静脈瘤、リンパ浮腫を防ぐ弾性ストッキング。繊維製品消費科学会誌 49(10)：696-701、2008
- 5) Posthuma BW et al：Detecting changes in functional ability in women with premenstrual syndrome. Am J Obstet Gynecol 156 (2)：275-278, 1987
- 6) 平井正文ほか：浮腫と弾性ストッキング。静脈学 16：101-107、2005
- 7) 三野たまき、松井泉樹：快適な着圧ハイソックス設計のアプローチ（第1報）ー下腿および足部の容積変動に関連してー。繊維製品消費科学会誌 49(3)：197-206、2008
- 8) 宮島成江ほか：皮膚温から見たラベンダー湯入浴のリラクセーション効果。日本生気象学会雑誌 34(4)：139-146、1997
- 9) 松田宜美子ほか：成人女子の入浴が生理反応ならびに間隔量に及ぼす影響（第2報）。日本家政学会誌 46(2)：185-191、1995
- 10) 美和千尋ほか：足浴が高齢者の鼓膜温、発汗量、血圧、心拍数に及ぼす影響。日本温泉気候物理医学会雑誌 70(2)：84-88、

2007

- 11) 樗木章子、長弘千恵：温熱効果を生かした有用で安全な入浴をめざして。福岡医学雑誌 97(3)：67-75、2006
- 12) 山口昌樹：【ストレスと生活】唾液マーカーでストレスを測る。日本薬理学雑誌 129：80-84、2007
- 13) 鈴木はる江：自律神経系によるホルモン分泌の調節とその研究の流れ。人間総合科学会誌 11 (1)：27-32、2005
- 14) 木住野孝子ほか：静水浴及び動水浴が心拍変動に及ぼす影響。日本東洋医学雑誌 59(3)：175-183, 1996
- 15) 田島郁文ほか：温水浴における血漿カテコラミンの変動ー正常血圧若年者と正常血圧老年者の検討ー。日本老年医学会雑誌 21(4)：361-367、1984
- 16) Lightman SL et al：Student of diurnal changes in plasma renin activity, and plasma noradrenaline, aldosterone and cortisol concentrations in men. Clin Endocrinol 14(3)：213-223, 1981
- 17) Cryer PE et al：Reduced plasma norepinephrine response to standing in autonomic dysfunction. Arch Neurol 33：275-277, 1976
- 18) Dimsdale JE：Plasma catecholamines in stress and exercise. JAMA 243：340-342, 1980
- 19) Stene M et al：Plasma norepinephrine levels are influenced by sodium intake, glucocorticoid administration and circadian changes in normal man. J Clin Endocrinol Metab 51：1340-1345, 1980
- 20) Akerstedt T, Levi L：Circadian rhythms in the secretion of cortisol, adrenaline and noradrenaline. Eur J clin Invest 8：57-58, 1978
- 21) Manber R, Bootz RR：Sleep and

menstrual cycle. *Health Psychol* 16 : 219-214, 1997

- 22) 揚箚隆哉ほか：足浴が及ぼす生理・心理的影響 (2) 一心拍変動の解析からー日本看護学研究学会雑誌 23(3) : 398, 2000
- 23) 萬秀憲、田中規弘：入浴とリラクセーション. *Aromatopia* 合本第2号、フレグランスジャーナル社 : 178-180, 1995
- 24) 古谷陽一ほか：冷え症の危険因子となる身体症状ー前向きコホート研究による検討ー. *日本東洋医学雑誌* 62(5) : 609-614, 2011
- 25) 杉山みち子ほか：就業女性の月経前の愁訴と生活行動. *日本家政学会誌* 43(8) : 759-764, 1992



## Effects of Bathing in early Morning on Alleviation of Premenstrual Syndrome (PMS) symptoms in Young women

Yuka Nose<sup>1)</sup>, Yuko Ogura<sup>1)</sup>, Kazuki Nishimura<sup>2)</sup>, Yuko Fujiwara<sup>3)</sup>,  
Nozomi Matsumoto<sup>4)</sup>, Hidetaka Yamaguchi<sup>5)</sup>, Sho Onodera<sup>3)</sup>

1) Yasuda Woman's University

2) Hiroshima Institute of Technology

3) Kawasaki University of Medical Welfare

4) Shujitsu Junior College

5) Kibi International University

### Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of bathing in the early morning on relief of PMS symptoms. Our subjects were seven women who had normal menstrual cycles. In this study, two different conditions were compared: no bathing (Control) and bathing at 7:00 in the morning (Bathing). The changes in calf circumference at 16:00 and 18:00 under the Bathing condition were significantly lower than those under the Control condition ( $p<0.05$ ). Because hydrostatic pressure increases the amount of venous return, congestion in the limbs was controlled and dropsy was reduced with Bathing. The instep temperature at 18:00 under the Bathing condition was significantly higher than that under the Control condition ( $p<0.05$ ). We considered that hydraulic pressure and heat stimulation had maintained the circulating blood volume from the center of the body to peripheral sites, which had controlled the decline in limb temperature. It is possible that bathing in the early morning can ameliorate the cold body and dropsy that occur during the daytime with PMS. These results suggest that bathing in the early morning can alleviate some PMS symptoms.

Key words: bathing in early morning, PMS symptoms, dropsy, cold body

# 休日の身体運動と温泉入浴が 労働者の心身に与える影響

Effects of holiday exercise and hot-spring bath on mood during duty  
days among office workers

研究代表者 東京大学大学院 教育学研究科  
東京大学大学院 教育学研究科  
株式会社 斎藤ホテル  
公益財団法人身体教育医学研究所

志村 広子  
東郷 史治  
斎藤 宗治  
岡田 真平

## 要旨

**目的：**働き盛りの健常な労働者を対象として、休日に温泉地で身体運動と温泉入浴を行い、日常生活時の疲労や気分が改善するか検討することを目的とした。

**方法：**40歳代の男性4名を対象としたパイロットスタディとして、気分と身体症状（「疲れた」、「眠気」、「心理的ストレス」、「抑うつ」、「不安」、「頭痛・頭重」、「腹痛」、「集中できない」の8項目）の自覚的レベル（0[最小]－100[最大]、スコアが100に近いほどネガティブな気分や症状が強いことを示す）を1日5回、月曜日から2週間にわたって連続的に記録し、それらの変化について検討した。各対象者は、1週目の土日に運動・入浴プログラムを実施する場合と実施しない場合の2回の調査に参加した。

**結果：**気分と身体症状に関する回答率が極端に少なかった1名（回答率30%未満）を除き、3名を分析対象とした（回答率40%以上）。分析対象者3名中2名では、運動・入浴プログラム実施期間中（1週目の週末）に、気分と身体症状の全ての項目の平均スコアがプログラム実施前の平日のものと比較して減少した。また、運動・入浴プログラム前後（1週目と2週目）で平日の平均スコアを比べると、多くの項目（8項目中5項目あるいは8項目）で、プログラム実

施後に値が減少した。残りの1名は、他の2名に比べてプログラム実施前の平日における平均スコアが全ての項目で低く（全8項目の平均と標準偏差：16.8±12.5 vs. 45.5±20.6, 54.3±16.1）、プログラム実施後に値が減少したのは4項目であった。

**結論：**平日に気分や身体のネガティブな自覚症状が強い場合、休日に身体運動と温泉入浴を行うことで、それらが緩和・改善される可能性があることが示唆された。

**キーワード：**心身の健康、身体運動、温泉、労働者、介入研究

## 1. 背景と目的

わが国では長時間労働者の割合が未だに高く、仕事負荷の増加と疲労回復の減少という二つの面で、ここからただの健康に関する問題を引き起こしていることが推測される<sup>1)</sup>。労働安全法に基づく定期健康診断の有所見率は年々増加し、平成20年には初めて5割を超えたことが報告されており<sup>2)</sup>、労働者における心身の健康問題について対応策をたてることは急務である。特に近年では、経済・産業構造が変化中、職業生活で不安、悩み、ストレスを感じている労働者の割合は高い<sup>3)</sup>。また、年間3万人を超える自殺者のうち、被雇用者・労働者の

割合（27.0%）は無職者（58.9%）に次いで高い割合を占めている<sup>4)</sup>。業務にともなう心理的負荷を原因として精神障害を発症、あるいは自殺したとして労災認定が行なわれる事案も増加している。

心身の健康に対する身体運動の効果は広く認識されているにも関わらず、成人で運動習慣のある者の割合は男性34.8%、女性28.5%であり、定期的実践している成人の割合は低い<sup>5)</sup>。改善が求められるものの、労働者の場合、平日は仕事に追われて余暇時間が短く、運動をすることが難しい場合も少なくないことなどから、労働者の心身の健康づくりを推進するにあたり、現実的な方法として、休日の生活習慣を改善することが考えられる。週に1-2回、まとめてスポーツやレクリエーション活動を行なった場合（1,000kcal／週以上）でも死亡リスクが低くなることが報告されている<sup>6)</sup>ことを考えると、休日に特化した取り組みであっても効果が得られる可能性がある。

そこで本研究では、働き盛りの健常な労働者を対象として、休日に温泉地で身体運動と温泉入浴（運動・入浴プログラム）を実施した。日常生活環境を離れ、温泉地でウォーキングなどの身体運動を行ない、また温泉入浴をすることによって日常生活時の疲労や気分が改善するかを検討した。本研究の特徴は、気分と身体症状の自覚的レベルをEcological Momentary Assessment（EMA；現象を日常生活下でその瞬間に評価・記録することにより、記憶によるバイアスを避け、妥当性を最大にする方法）の手法を用いて2週間にわたり連続的に評価し、その曜日変動などを考慮しながらプログラムの影響を検討することである。このような評価手法の必要性を裏付けるものとして、例えば、Twitter（140文字以内のツイートと称される短文をインターネット上に投稿し、他人と共有できる情報サービス）への投稿内容を分析した

研究があり、それによると、ポジティブな気分とネガティブな気分の曜日変化を調べた結果、ポジティブな気分の投稿は週末に多くなる傾向があったことが示されている<sup>7)</sup>。また、自殺の背景にはうつ病をはじめとする様々なこころの問題が関連すると言われているが、日本人を対象とした研究によると、特に男性においては自殺率が月曜日にもっとも高く（15-64歳で休日の1.6倍）、週末にかけて低くなる傾向があったことが報告されている<sup>8)</sup>。

## II. 方法

### 1. 対象者

東京都近郊在住で、都内の企業に勤務する男性に調査への協力を募る資料を配り、機縁法により調査参加者を募集した。参加基準については、(a)30歳から60歳までの健康な男性、(b)平日勤務、土日が休日である者、(c)特別な運動習慣がない者、(d)原則として調査期間中に長期出張や旅行などの特別な予定がない者、(e)スマートフォンの操作（タッチパネルによる入力操作）に抵抗がない者、とした。これらの基準をすべて満たし、かつ研究協力の同意を得られた4名に対して調査を行った。少人数を対象としたパイロットスタディとして実施した。なお事前に、本研究の内容を東京大学倫理審査専門委員会に提出し、審査の結果、研究実施の承諾を得た。

### 2. 運動・入浴プログラム

2013年3月2日（土）と3日（日）に、長野県上田市の鹿教湯温泉で1泊2日の宿泊形式による運動・入浴プログラムを実施した。1日目（土曜日）には、温泉地に到着後、健康運動実践指導者とともに、屋外で約5kmのウォーキングを行った（図1）。その後、温泉利用指導者から温泉入浴時の注意点などに関する説明を受けてから（図2）、温泉に入浴した。2日目（日曜日）には健康運動実践指導者の指導のもと、室内でストレッチなどの軽い運動を行った。主なスケ

ジュールを表1に示した。

### 3. 調査

調査は、調査1（運動・入浴プログラムあり）、調査2（運動・入浴プログラムなし）の2回に分けて行った。それぞれの調査は月曜日の朝から開始し、2週間後の日曜日の夜に終了した。

調査期間中、対象者には常時スマートフォンを携帯してもらった。スマートフォンにインストールされたアプリケーション（モバイルナース、シャープ株式会社）を用いて、気分と身体症状に関する調査を1日に5回（起床時、始業前、昼休み、終業後、就寝前）実施した。始業前、昼休み、終業後については、忘却を防ぐために、それぞれ9:00、12:00、18:00にアラームが鳴るようあらかじめ設定した。質問は15項目で（表2）、それぞれの質問に対する回答はスマートフォンに入力してもらった。スマートフォンの画面には、1項目の質問文と回答を入力するためのバーが同時に表示されるようにし

た。バーの左端に「いいえ」または「ない」、右端に「とても」または「つよい」がそれぞれ表示され、その時点での自覚的レベルに最も近いバー上の位置をタッチすることにより、回答を順に入力してもらった（図3）。それぞれの回答は0～100の整数値で記録した（スコアが100に近いほどネガティブな気分や症状が強いことを示す）。

調査1の調査期間は2013年2月25日（月）～3月10日（日）であった。運動・入浴プログラムは調査開始後の初めての土曜日と日曜日に実施した。調査2の調査期間は2013年4月1日（月）～4月14日（日）、または4月15日（月）～4月28日（日）であった。

### 4. 分析

対象者4名のうち、気分と身体症状に関する調査での回答数が極端に少なかった1名（回答率30%未満、かつ各調査期間で回答が0回の日が4日以上）を分析から除外し、残りの3名（対



図1. ウォーキングの様子



図2. 入浴講座の様子

表1. 運動・入浴プログラムの主なスケジュール

#### 1日目（土曜日）

12時 東京発  
14時 鹿教湯温泉着（長野県上田市）  
15時 ウォーキング約5km  
17時 入浴講座、入浴  
19時 夕食  
23時頃 就寝

#### 2日目（日曜日）

7時頃 起床  
7時半 朝食  
9時 ストレッチなどの軽い運動  
12時 鹿教湯温泉発  
14時 東京着

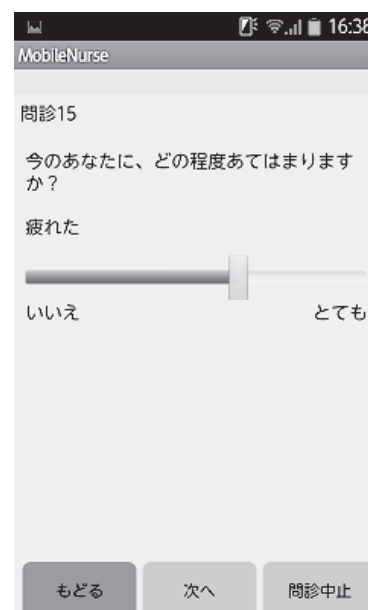


表2. 気分と身体症状に関する質問項目

|            |
|------------|
| 1. 疲れた     |
| 2. 眠気      |
| 3. 心理的ストレス |
| 4. はつらつとした |
| 5. 暗い      |
| 6. 気がかりな   |
| 7. 嬉しい     |
| 8. 嫌な      |
| 9. 不安な     |
| 10. 楽しい    |
| 11. 沈んだ    |
| 12. 心配な    |
| 13. 頭痛・頭重  |
| 14. 腹痛     |
| 15. 集中できない |

いずれの項目も、0～100のvisual analog scaleで回答してもらった。1～12、15の各項目は、「いいえ」を0、「とても」を100とした。13と14については、「ない」を0、「つよい」を100とした。4～12はDepression and Anxiety Mood Scale<sup>9)</sup>の質問項目であり、これらから「抑うつ」と「不安」のそれぞれを0～100でスコア化した。

図3. スマートフォンを使った調査（画面イメージ）



対象者A, B, C: 各調査期間での回答率40%以上、かつ回答が0回の日数が1日以下)を分析対象とした。

気分と身体症状に関する質問項目（表2）のうち、Depression and Anxiety Mood Scale<sup>9)</sup>の9項目（「はつらつとした」、「暗い」、「気がかりな」、「嬉しい」、「嫌な」、「不安な」、「楽しい」、「沈んだ」、「心配な」）については、これらへの回答結果から「抑うつ」と「不安」の自覚的レベルをそれぞれ0～100でスコア化した。

気分と身体症状（「疲れた」、「眠気」、「心理的ストレス」、「抑うつ」、「不安」、「頭痛・頭重」、「腹痛」、「集中できない」の8項目）の自覚的レベルについて、平日と週末に分けて平均スコアと標準偏差を求めた。また、運動・入浴プログラムの影響を検討するため、運動・入浴プログラムあり（調査1）と運動・入浴プログラムなし（調査2）のそれぞれで、1週目の平日と1週目の週末の平均スコア、および1週目の平日と

2週目の平日の平均スコアとを項目ごとに比較した。

### III. 結果

#### 1. 対象者の年齢および身体的特性

年齢は45.3±1.2歳（平均値±標準偏差）、身長は171.7±2.1cm、体重は67.3±2.3kgであった。体格指数（body mass index）は22.9±1.1kg/m<sup>2</sup>であり、3名とも肥満や低体重には該当しなかった。

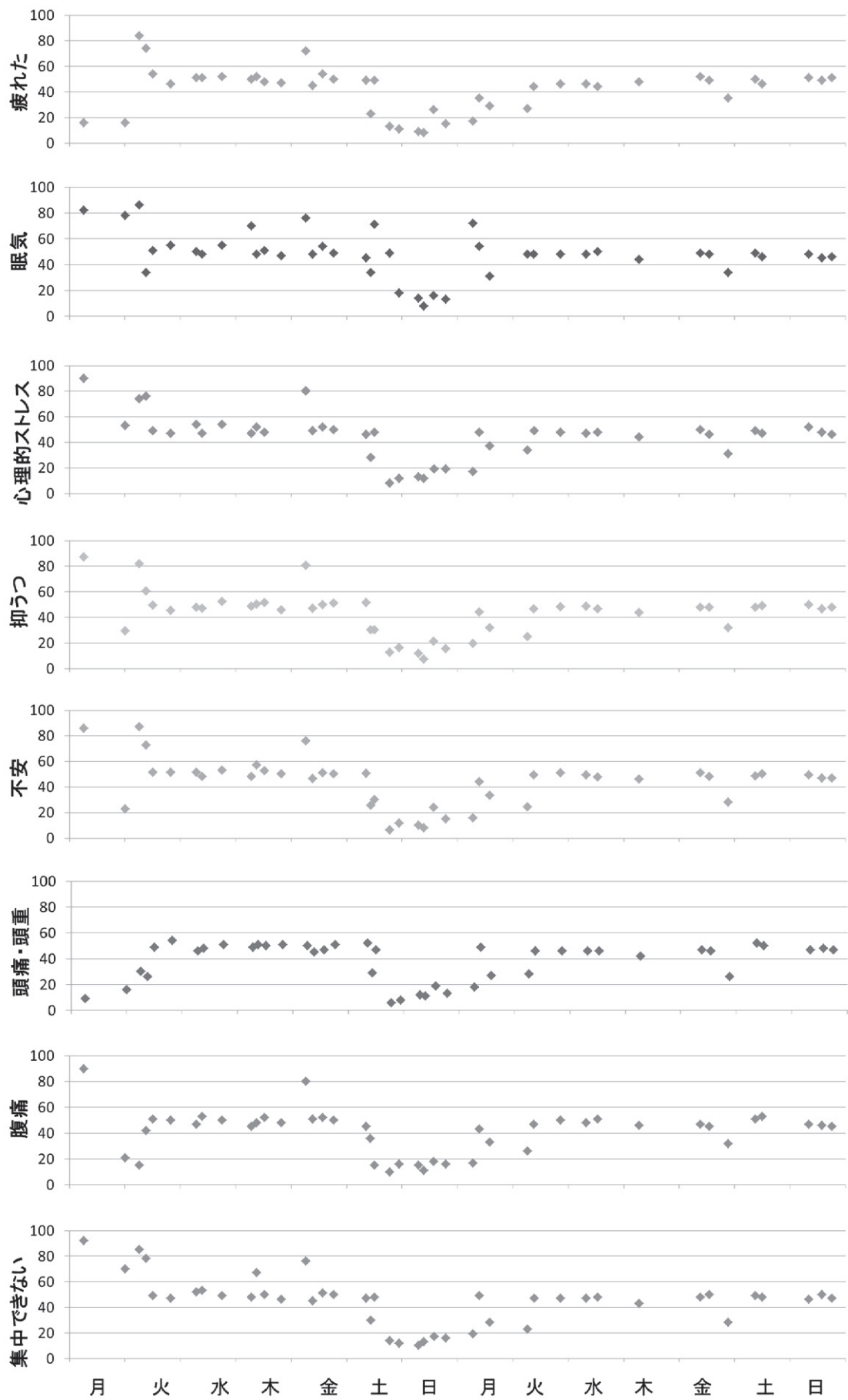
#### 2. 気分と身体症状の変動

気分と身体症状の記録例（対象者C）を図4に、各対象者における気分と身体症状の平均スコアと標準偏差を表3に示した。対象者Bは、対象者A、Cに比べると、特に「心理的ストレス」、「抑うつ」、「不安」、「頭痛・頭重」、「腹痛」の平均スコア（4.4～17.0 vs. 12.0～55.3, 20.2～58.9）と標準偏差（0.9～12.2 vs. 9.3～23.7, 1.1～17.1）が小さかった。

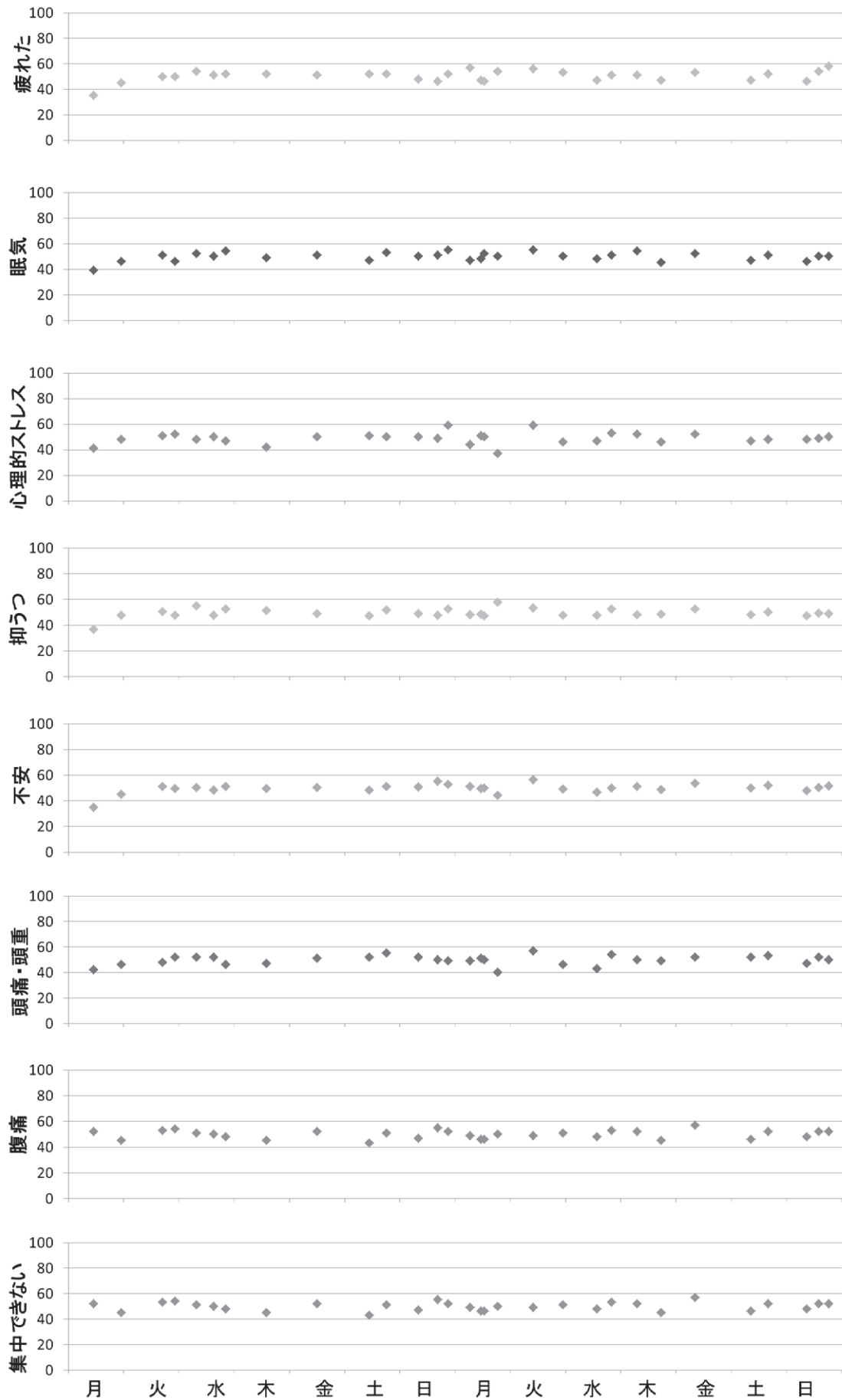


図4. 気分と身体症状の記録例（対象者Cの例）

(a)運動・入浴あり



(b)運動・入浴なし



### 3. 運動・入浴プログラムの影響

(1) 1週目の平日と1週目の週末の平均スコアの比較 (表3)

運動・入浴プログラムありの場合、対象者AとCで、1週目の平日に比べて1週目の週末(プログラム実施期間)に全ての項目の平均スコアが減少した(スコアの変化量: -30.1~-8.7, -36.3~-20.6)。一方、対象者Bではそのような傾向は見られず、平均スコアが上がる項目もあった(スコアの変化量: -9.0~+9.1)。

運動・入浴プログラムなしの場合、いずれの対象者でも、1週目の週末に各項目の平均スコアがプログラムありの場合の変化に比べてより

顕著に減少することはなかった(スコアの変化量: -9.9~+5.0, -3.3~+3.3, -0.4~+4.1)。

(2) 1週目の平日と2週目の平日の平均スコアの比較 (表3、図5)

運動・入浴プログラムありの場合、対象者Cでは、全項目について平日の平均スコアが1週目よりも2週目のほうが低くなった(スコアの変化量: -19.5~-3.6)。対象者Aでは5項目(「疲れた」、「心理的ストレス」、「抑うつ」、「不安」、「集中できない」)の平均スコアが減少し、残りの3項目は増加した(スコアの変化量: -12.4~+8.9)。一方対象者Bでは、「疲れた」、「眠気」、「心理的ストレス」、「頭痛・頭重」、「集中できな

表3. 各対象者における気分と身体症状の平均スコアと標準偏差(週、平日・週末ごと)

対象者A

|         | 運動・入浴あり   |           |           |         | 運動・入浴なし   |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | 1週目の平日    | 1週目の週末    | 2週目の平日    | 2週目の週末* | 1週目の平日    | 1週目の週末    | 2週目の平日    | 2週目の週末    |
| 疲れた     | 58.3±18.5 | 32.7±27.3 | 45.9±11.8 | 77.0    | 40.3±25.9 | 30.4±13.2 | 35.6±23.5 | 27.0±14.8 |
| 眠気      | 30.6±17.7 | 21.8±18.6 | 39.5±14.3 | 18.0    | 28.8±17.5 | 32.4±12.2 | 26.3±13.3 | 36.8±20.3 |
| 心理的ストレス | 55.3±18.1 | 25.6±19.9 | 44.3±14.2 | 18.0    | 36.7±23.7 | 29.2±11.0 | 37.7±21.5 | 34.0±18.5 |
| 抑うつ     | 45.5±14.9 | 25.0±17.5 | 42.5±15.2 | 17.3    | 34.6±18.8 | 30.9±11.3 | 33.3±16.7 | 27.9±15.6 |
| 不安      | 53.8±15.5 | 23.7±17.4 | 42.6±14.9 | 17.7    | 36.6±18.3 | 31.4±11.6 | 32.9±15.5 | 31.8±14.1 |
| 頭痛・頭重   | 32.7±20.5 | 22.6±21.3 | 33.0±19.1 | 16.0    | 24.2±9.3  | 29.2±11.4 | 26.8±11.8 | 31.5±18.0 |
| 腹痛      | 27.9±19.0 | 19.2±16.5 | 35.2±16.7 | 12.0    | 25.7±9.3  | 29.6±14.6 | 32.6±17.2 | 27.3±14.8 |
| 集中できない  | 42.2±21.0 | 21.1±18.8 | 37.6±14.5 | 19.0    | 34.7±20.5 | 38.0±13.3 | 34.6±20.7 | 33.3±17.2 |

\*データの入力回数が1回であったため、標準偏差は記載していない。

対象者B

|         | 運動・入浴あり   |           |           |           | 運動・入浴なし   |           |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | 1週目の平日    | 1週目の週末    | 2週目の平日    | 2週目の週末    | 1週目の平日    | 1週目の週末    | 2週目の平日    | 2週目の週末    |
| 疲れた     | 29.1±15.5 | 36.3±18.3 | 35.6±11.8 | 37.9±19.3 | 29.2±13.0 | 31.9±10.5 | 28.5±12.9 | 26.0±15.9 |
| 眠気      | 26.7±22.9 | 35.8±24.5 | 34.8±17.0 | 30.0±25.2 | 24.6±16.9 | 27.9±19.1 | 32.6±21.1 | 22.7±23.0 |
| 心理的ストレス | 16.3±4.2  | 12.8±4.9  | 17.0±4.6  | 11.0±3.5  | 12.1±3.1  | 8.9±1.6   | 9.4±2.1   | 7.4±1.5   |
| 抑うつ     | 13.7±3.6  | 12.4±4.0  | 12.0±3.5  | 8.2±1.2   | 12.0±2.7  | 8.7±1.4   | 9.1±1.7   | 8.1±0.9   |
| 不安      | 16.0±3.9  | 11.3±2.1  | 15.0±5.7  | 10.3±2.4  | 12.0±2.6  | 9.3±1.8   | 9.5±1.8   | 7.9±1.1   |
| 頭痛・頭重   | 5.8±1.4   | 5.9±1.0   | 9.4±12.2  | 6.1±1.3   | 11.1±7.6  | 8.9±2.8   | 7.0±2.1   | 8.7±5.1   |
| 腹痛      | 5.2±1.4   | 5.3±1.0   | 5.0±1.3   | 4.4±1.3   | 6.2±1.0   | 6.4±2.1   | 6.4±1.3   | 6.9±1.2   |
| 集中できない  | 29.0±17.7 | 20.0±6.9  | 33.1±18.7 | 23.4±21.5 | 27.4±14.4 | 28.0±19.4 | 27.9±15.6 | 24.9±17.7 |

対象者C

|         | 運動・入浴あり   |           |           |          | 運動・入浴なし  |          |          |          |
|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|         | 1週目の平日    | 1週目の週末    | 2週目の平日    | 2週目の週末   | 1週目の平日   | 1週目の週末   | 2週目の平日   | 2週目の週末   |
| 疲れた     | 50.7±17.0 | 22.6±16.2 | 39.3±10.7 | 49.4±2.1 | 48.9±5.8 | 50.0±2.8 | 51.1±3.9 | 51.4±5.0 |
| 眠気      | 57.8±14.8 | 29.8±21.4 | 47.8±10.1 | 46.8±1.6 | 48.7±4.5 | 51.2±3.0 | 50.2±3.0 | 48.8±2.2 |
| 心理的ストレス | 58.9±14.5 | 22.8±14.9 | 41.6±10.0 | 48.4±2.3 | 47.7±3.8 | 51.8±4.1 | 48.8±5.7 | 48.4±1.1 |
| 抑うつ     | 54.4±15.0 | 21.9±13.6 | 40.1±10.3 | 48.3±1.3 | 48.7±5.1 | 49.7±2.4 | 50.1±3.4 | 48.7±1.1 |
| 不安      | 56.3±15.8 | 20.2±14.2 | 40.8±12.0 | 48.5±1.5 | 47.7±5.1 | 51.5±2.5 | 49.9±3.2 | 50.3±1.6 |
| 頭痛・頭重   | 42.5±13.6 | 21.9±17.1 | 38.9±10.8 | 48.8±2.2 | 48.4±3.5 | 51.6±2.3 | 49.2±4.8 | 50.8±2.4 |
| 腹痛      | 49.7±17.1 | 20.2±12.0 | 40.4±10.8 | 48.4±3.4 | 50.0±3.3 | 49.6±4.7 | 49.6±3.5 | 50.0±2.8 |
| 集中できない  | 59.3±15.3 | 23.0±15.0 | 39.8±11.6 | 48.0±1.6 | 46.9±3.3 | 50.6±3.0 | 49.7±4.1 | 48.4±2.1 |

い」の各項目の平均スコアが増加し、残りの3項目は若干減少した（スコアの変化量：-1.7～+8.1）。

運動・入浴プログラムなしの場合では、プログラムありの場合に比べ、1週目と2週目のスコアの変化が全体的に小さく、対象者間で共通する変化は見られなかった（スコアの変化量：-4.7～+6.9, -4.1～+8.0, -0.4～+2.8）。

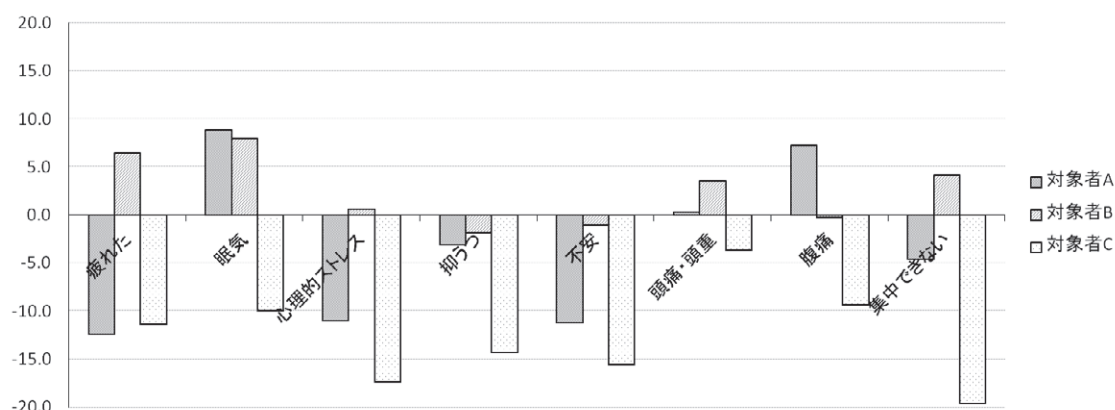
#### IV. 考察

本研究では働き盛りの健常な労働者を対象として、休日に温泉地で身体運動と温泉入浴を行い、日常生活時の疲労や気分が改善するか検討

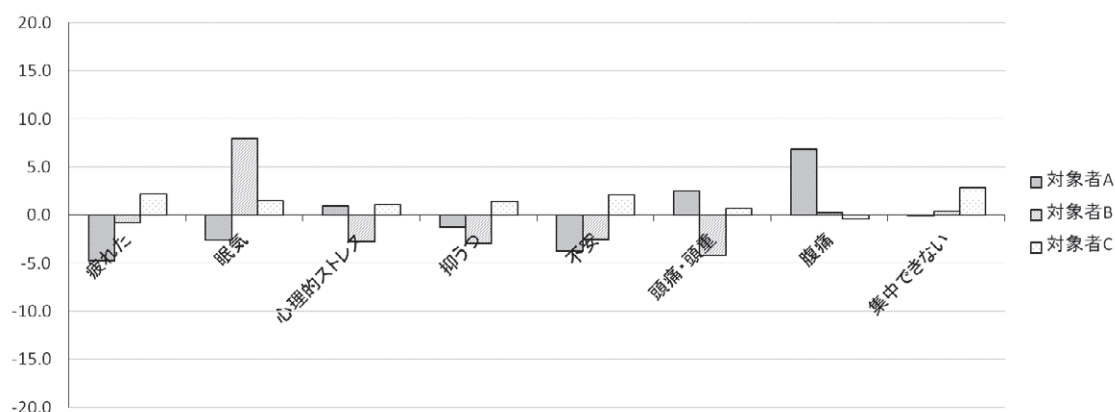
することを目的とした。対象者3名中2名（対象者AとC）では、運動・入浴プログラム実施期間中（1週目の週末）に気分と身体のネガティブな自覚症状がいずれも減少し、また、運動・入浴プログラム前後で平日の平均スコアを比べると、多くの項目（8項目中5項目あるいは8項目）でプログラム実施後に減少した。残りの1名（対象者B）においてはこれらの変化がみられなかったが、この対象者における気分と身体症状の自覚的レベルが、対象者AとCに比べてプログラム実施前の平日でも低かったことが影響した可能性も考えられた。すなわち、「疲れた」、「心理的ストレス」、「抑うつ」、「不安」、「頭痛・頭重」、「腹痛」、「集中できない」といった気分や身体

図5. 気分と身体症状の各項目における平日の平均スコアの差分\*

(a) 運動・入浴あり



(b) 運動・入浴なし



\*差分は（2週目の平日の平均スコア）－（1週目の平日の平均スコア）として求めた。

な自覚症状が平日に強い場合、休日に行なう身体運動と温泉入浴によって、それらが緩和・改善される可能性があると考えられた。日常生活環境から物理的に離れたことや、入浴や適度な運動により血液循環が促進されたことにより、疲労が軽減したことなどが影響したとも考えられるが<sup>10)</sup>、今回は生理的指標などを測定しなかったため、どのような生理学的メカニズムが関与したのかを特定することはできなかった。

本研究は、気分と身体症状の自覚的レベルをEMAの手法を用いて2週間にわたり連続的に評価し、その曜日変動などを考慮しながらプログラムの影響を検討することを特徴とした。変動の大きさには個人差があったものの、時系列をみると(図4)気分や身体症状は曜日や時間により変化していたことから、介入の効果を見るにあたっては、直前・直後だけのデータだけでなく、今回のように連続的なデータをもとに検討する必要があると考えられた。

本研究での調査は少人数を対象としたものであったため、得られたデータから傾向を見るにとどまった。また、回答率が極端に低いために、分析除外となった対象者がいた。サンプル数を増やすことと、回答率を上げるための方策を検討することが、今後の課題であると考えられた。

## 謝辞

本研究に対し、助成を賜りました一般財団法人日本健康開発財団と、ご協力くださった調査参加者の皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 岩崎健二:長時間労働と健康問題—研究の到達点と今後の課題. 日本労働研究雑誌 2008;575:39-48.
- 2) 厚生労働省:定期健康診断における有所見率の改善に向けた今後の取組について(報道発表資料).2010.URL:http://www.mhlw.

go.jp/stf/houdou/2r985200000055uh.html.

- 3) 厚生労働省:平成19年労働者健康状況調査結果の概況.2008.URL:http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/kenkou07/index.html
- 4) 警察庁:平成22年中における自殺の概要資料.2011.URL:http://www.npa.go.jp/safetylife/seianki/H22jisatsunogaiyou.pdf
- 5) 厚生労働省:平成22年国民健康・栄養調査報告.2012.URL:http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/h22-houkoku.html
- 6) Lee I-M et al.: The "weekend warrior" and risk of mortality. Am J Epidemiol 2004;160 (7):636-641.
- 7) Golder SA and Macy MW.: Diurnal and seasonal mood vary with work, sleep, and daylength across diverse cultures. Science. 2011 Sep 30, 333(6051):1878-1881.
- 8) Ohtsu T et al.: Blue Monday phenomenon among men: suicide deaths in Japan. Acta Med Okayama 2009;63(5):231-236.
- 9) 福井至: Depression and Anxiety Mood Scale (DAMS)開発の試み.行動療法研究 1997;23(2):83-93.
- 10) 高橋弘彦ら:運動後の疲労回復に及ぼす入浴の効果.体力医学 1992;41(6):854.



**Effects of holiday exercise and hot-spring bath on mood during duty  
days among office workers**

**Hiroko Shimura<sup>1)</sup>, Fumiharu Togo<sup>1)</sup>, Muneharu Saito<sup>2)</sup>, Shinpei Okada<sup>3)</sup>**

1) Graduate School of Education, The University of Tokyo

2) Hotel Saito

3) Physical Education and Medicine Research Foundation

# 人工炭酸泉を用いた睡眠への効果の検証と 健康増進への提案

Sleep facilitation by Artificial carbonated bathing ;  
EEG, core, proximal, and distal temperature evaluations.

研究代表者 秋田大学大学院 医学系研究科 保健学専攻 理学療法学講座 上村佐知子  
若狭 正彦  
齊藤 明  
秋田大学大学院 医学系研究科 医学専攻 病態制御医学系 精神科学講座 清水 和美  
伊東 若子  
神林 崇  
清水 徹男  
秋田大学大学院 医学系研究科 医学専攻 分子機能学・代謝機能学講座 杉山 俊博  
スタンフォード大学 医学部 精神神経・行動科学講座／睡眠・サーカディアンリズム研究所  
西野 精治

## 要旨

古来より、入浴、特に温泉浴は、体を温め、眠りを促進・改善するといわれてきた。これまでの研究者によると、末梢体温の上昇がその後の深部体温の下降を招き、人は入眠しやすくなるのだという。Kräuchi (1999) らは、DPG (Distal-proximal temperature gradient) が上昇するときに最も眠りやすくなると報告した。これまで我々は、天然温泉の睡眠への効果を検証したが、同様に人工炭酸泉が与える影響を検証する。

健常男性8名（平均年齢20.1歳）を対象に、1週間の間隔をあけて温泉浴（秋田温泉さとみ）と人工炭酸泉浴（人工炭酸泉製造装置 Carbonic：クリスタル技研製）、水道水の普通浴、入浴なしの4条件で実験を行った。湯温はすべて40度とし、22時から15分間、中胸部まで湯に浸かってもらった。入浴後から翌日朝までの深部体温（直腸温）、遠位皮膚温（足背部）、近位皮膚温（鎖骨下部）、簡易脳波（夢眠計：SleepWell社製）を計測した。対象者は24:00から7:00まで就寝した。

第一周期の分あたりのデルタパワー量が人工炭酸泉浴、温泉、普通浴、入浴なしの順に高値となった ( $p<0.04$ , ANOVA)。入眠潜時や総睡眠時間は、各条件で有意差は認められなかった。入浴した3群は入浴後に深部体温が大きく上昇し、最初の40分間で有意に減少していた ( $p<0.05$ )。DPGは入眠時、入浴した条件群で有意に増加した ( $p<0.05$ )。

就寝前に入浴が睡眠を促進・改善することを確認した。このような睡眠の変化は、深部体温の上昇と下降、DPGの増大と体熱放散が関係していると考えられる。温泉浴2群はこれらの指標で効果的であった。温泉の含有成分が大きな体温変動をもたらし、睡眠を促進していることが示唆された。

キーワード：人工炭酸泉、睡眠、体温

## 1. はじめに

平成9年の文部科学省の調査では、「日本人の成人の5人に1人は睡眠障害の症状を持つ」と言われている<sup>1)</sup>。不眠は日中の眠気、作業の



の摂取をひかえてもらった。実験当日の夕食は3回とも同一献立 (1200kcal) を摂取した。

3) 体温測定

体温は深部体温（直腸温）近位皮膚温（鎖骨下）と末梢皮膚温（左足背の第2第3中足骨間直上）就寝3時間前から起床時まで測定した。体温計はグラム社製携帯用長時間体温ロガーを用いた。

4) 睡眠評価

実験にあたり対象者には事前にピッツバーグ睡眠質問表日本語版 (PSQI-J) と朝型-夜型質問紙 (Morningness-Eveningness Questionnaire : MEQ) を行い普段の不眠の程度や睡眠習慣を評価し、中間型のものを選んだ。PSQI-Jは21点満点で点数が高いほど睡眠の障害度が高い。MEQは16～70点で点数が低いほど夜型、高いほど朝型と評価される。

夜間の脳波測定は、簡易脳波計「夢眠計 (SleepWell社製)」を用い、額中央と乳様突起部に電極を貼付した。

5) 眠気評価

実験当日の入浴前、入浴後、就寝前、起床後に自己記入式アンケート（主観的眠気 (SSS;Stanford sleepiness scale)、目覚め感

(VAS;Visual Analog Scale)、気分・居心地 (VAS)、疲労感 (VAS) とフリッカー値 (CFF; Critical Flicker Fusion Test) を測定し眠気を評価した。フリッカー値は上昇法と下降法で左右それぞれ2回ずつ測定し、4回の平均値を用いた。フリッカー値は単位時間あたりの点滅頻度 (単位Hz) であり覚醒度の客観的指標となる。光を点滅させた場合、単位時間あたりの点滅頻度が高いと点滅が知覚できず持続光と同じに見えるが、点滅頻度が低いとちらついた光 (フリッカー) にみえる。覚醒レベルが低下していると値は小さくなる。

3. 統計学的処理

入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠効率、総睡眠時間、体温、フリッカー値、主観的評価は反復測定の一元配置分散分析と多重比較 (Bonferroni) を用いた。また、体温の一部は、反復測定の実験配置分散分析と多重比較 (Bonferroni) も用いた。有意水準を5%未満とした。

II. 結果

第一周期の分あたりのデルタパワー量が、人工炭酸泉浴、温泉、普通浴、入浴なしの順に高値となり (p<0.05, ANOVA) (表1、図2)、徐派睡眠の多さが示唆された。

|               |       | 温泉浴    |        | 炭酸泉浴   |        | 普通浴    |        | 入浴なし   |        | ANOVA |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 単位            |       | 平均値    | 標準偏差   | 平均値    | 標準偏差   | 平均値    | 標準偏差   | 平均値    | 標準偏差   | p値    |
| 第一周期分あたりのデルタ量 | μV2/分 | 20.4   | 11.3   | 20.7   | 10.8   | 18.1   | 7.4    | 13.6   | 7.9    | 0.04  |
| 入眠潜時 (SL)     | 分     | 5.6    | 4.8    | 10.5   | 12.7   | 6.1    | 4.4    | 8.9    | 6.6    | ns    |
| 総睡眠時間 (TST)   | 分     | 390.8  | 24.1   | 387.1  | 18.8   | 401.7  | 10.3   | 375.9  | 37.2   | ns    |
| 中途覚醒時間 (WASO) | 分     | 20.8   | 21.3   | 19.3   | 11.6   | 9.5    | 9.0    | 27.7   | 32.6   | ns    |
| 全デルタ量         | μV2   | 3471.2 | 1733.0 | 3289.8 | 1507.7 | 3130.2 | 1233.6 | 3202.8 | 1620.3 | ns    |

表 1. 脳波計測による結果

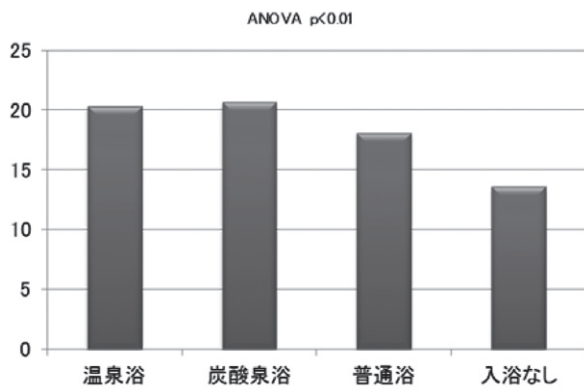


図2. 第一周期分あたりのデルタ量

入浴した3群は、入浴後に深部体温が大きく上昇し、最初の60分間で有意に減少していた ( $p<0.01$ ) (図3)。この間、遠位体温の上昇と近位皮膚温の低下、これに伴うDPG (絶対値) の減少が強く認められ (表2、図4)、熱放散が想定された。朝方の深部体温の最低点は、温泉浴、炭酸泉浴、普通浴、入浴なしの順で低かったが、有意差は認められなかった (表2、図6)。

|            | 単位 | 温泉浴   |      | 炭酸泉浴  |      | 普通浴   |      | 入浴なし  |      | ANOVA | Post-hoc |                      |
|------------|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|----------|----------------------|
|            |    | 平均値   | 標準偏差 | 平均値   | 標準偏差 | 平均値   | 標準偏差 | 平均値   | 標準偏差 | p値    |          |                      |
| 深部温入浴時間低下量 | ℃  | 0.58  | 0.20 | 0.60  | 0.24 | 0.40  | 0.16 | 0.02  | 0.14 | 0.00  | 0.00     | 温>なし<br>炭>なし<br>普>なし |
| 深部温最低点     | ℃  | 36.26 | 0.27 | 36.28 | 0.23 | 36.31 | 0.17 | 36.33 | 0.20 | np    | np       |                      |
| DPG入浴      | ℃  | 0.02  | 1.54 | 0.48  | 1.07 | -0.02 | 0.98 | -2.32 | 2.46 | 0.01  | np       |                      |

表2. 体温の結果

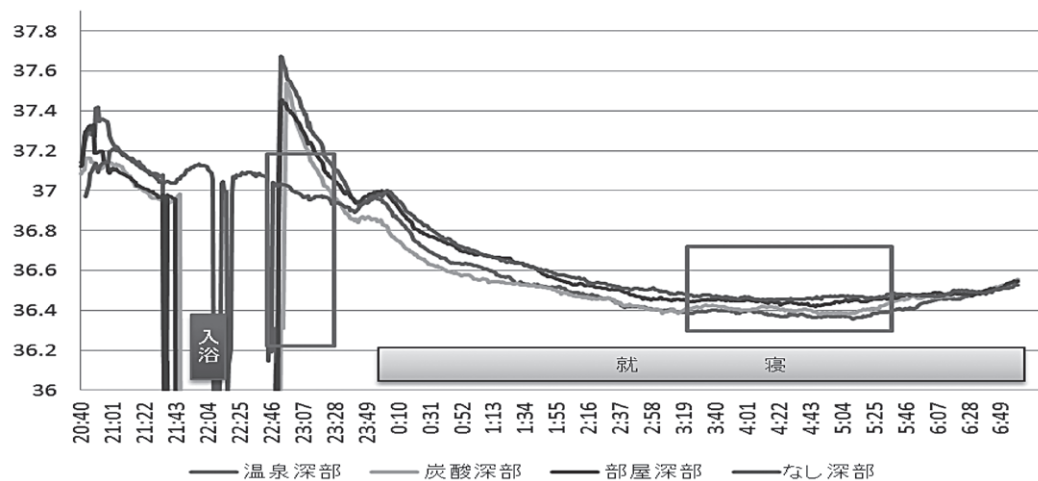


図3. 深部体温

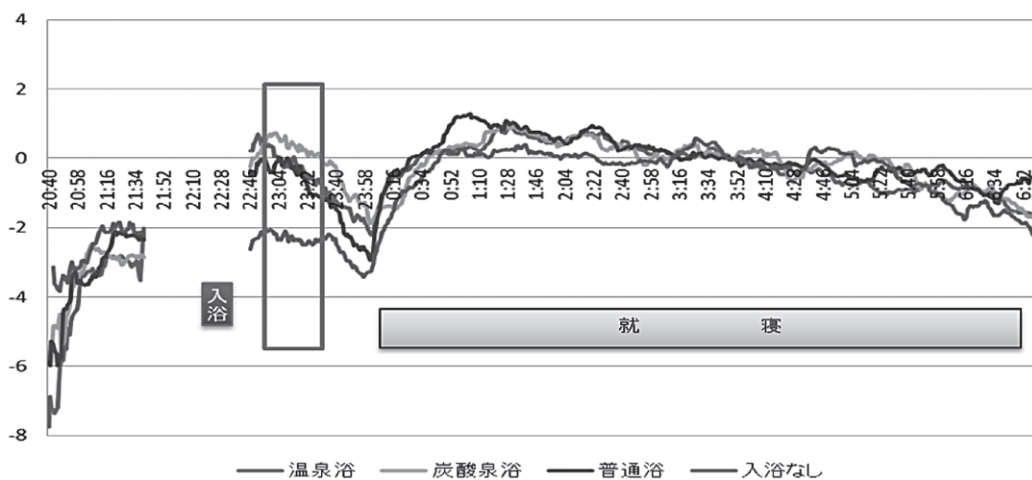


図4. 遠位-近位皮膚温格差 (DPG)



主観的評価において、温泉浴では、入浴後と就寝前の疲労感が強まっていた（表3、図5）。

III. 考察

古来より入浴とりわけ、温泉浴は入眠促進・熟眠効果をもたらすことが知られているが、これらの効果を睡眠ポリグラフ判定等により科学的に検証したものは限られる。またそのほとんどが、深部体温の変化、すなわち温泉浴による深部体温上昇後に下降する際、入眠効果がみられ、さらなる体温の下降が、熟眠を引き起こすと説明している<sup>2,3)</sup>。ヒトの内臓神経領域の血管には皮膚血管と逆の血管運動がおこるため（体温調節反射）高温の入浴においても深部体温の上昇は限られる<sup>4)</sup>。

1999年にKräuchiらがNatureに発表した論文<sup>5)</sup>では、深部体温の変化よりむしろ、末梢皮膚温（あるいは遠位体温：distal temperature）と深部体温（あるいは近位体温：proximal temperature）の差すなわちDPG（Distal-proximal temperature gradient）が小さくなったときに入眠が促進されると報告した。この新しい理論は、睡眠薬であるジアゼパムの入眠効果でも検証され（Echizenya;2003<sup>6)</sup>）、また過眠症であるナルコレプシーの温熱療法においても（Fronczek, et.al;2006<sup>7)</sup>, 2008<sup>8)</sup>）その妥当性が確認されている。

これまで我々は、温泉浴の深部体温に対する効果のみならず、DPGに対する効果を調べ、温泉浴の入眠・熟眠効果に検証を検討したとこ

ろ、温泉の含有成分が大きな体温変動をもたらし、睡眠を促進していることを確認した<sup>9)</sup>。

ヨーロッパでは古くから炭酸泉の作用について注目が集まり、治療に用いられてきた<sup>10)</sup>。炭酸泉は末梢血管を拡張させ、末梢循環を改善することから、日本でも「心臓の湯」などとして重宝がられ、大切にされてきた<sup>11)</sup>。また、人工炭酸泉製造装置が開発され、現在までに、閉塞性動脈硬化症などの下肢の循環障害に応用され、その効果が明らかにされている<sup>12)</sup>。人工炭酸泉浴直後の生理学的作用は、浸水部皮膚の潮紅、皮膚冷感の抑制、皮膚血流量増加、心拍数減少、拡張期血圧低下などが報告されている<sup>11)</sup>。

今回の実験から、第一周期の分あたりのデルタパワー量が人工炭酸泉浴、温泉浴、普通浴、入浴なしの順で優位に増加したことは、人工炭酸泉浴において、睡眠の前半で最も深い睡眠が得られた可能性があり、熟眠効果があることが示唆された。また、入浴後に深部体温が大きく上昇し、最初の40分間で減少したこと、DPGの減少タイミングから、人工炭酸泉浴も深部体

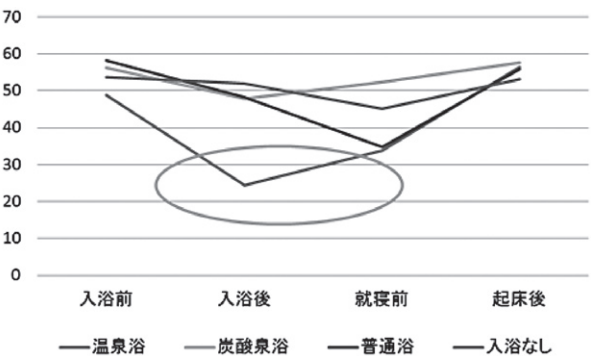


図5. 主観的評価；疲労感

|             | 温泉浴   |       | 炭酸泉浴  |       | 普通浴   |       | 入浴なし  |       | ANOVA |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | 平均値   | SD    | 平均値   | SD    | 平均値   | SD    | 平均値   | SD    | p値    |
| 疲労感(VAS)入浴後 | 24.38 | 16.12 | 47.75 | 30.19 | 48.25 | 25.85 | 51.88 | 19.22 | 0.01  |
| 疲労感(VAS)就寝前 | 33.75 | 19.25 | 52.38 | 22.42 | 34.75 | 19.48 | 45.13 | 17.18 | 0.02  |

表3. 主観的評価；疲労感

温の下降や末梢熱放散が大きく、入浴しない条件よりも入眠しやすい可能性が示唆された。入浴に伴う大きな体温変動に加え、人工炭酸泉に含まれる炭酸ガスによる副交感神経系の作用が睡眠を促進していると考えられる。

中途覚醒時間、睡眠効率には傾向があるが4条件で違いがみられなかったことは、被験者が健康若年者であるため睡眠全体の質には温泉の影響が少ないことが予想される。

主観的評価において、温泉浴の入浴後と就寝前の疲労感が強かったことについては、温泉の含有成分による何らかの作用と考えられた。一方で、人工炭酸泉製造装置を用いた炭酸泉浴は温泉浴のような疲労は見られなかったため、身体に与える負担も少ないものと考えられた。

人工炭酸泉浴は、簡易脳波や体温、主観的評価において温泉浴と同等あるいはそれ以上に睡眠に効果的であり、疲労も少なかった。以上のことから、人工炭酸泉浴は、睡眠確保のツールとして有用であると考えられる。

#### IV. 謝辞

本研究は、日本健康開発財団および秋田大学の助成を得て実施することができました。改めて感謝の意を表します。

#### VII. 引用文献

- 1) 睡眠学の創設と研究推進の提言報告書 (2000年). 日本学術会議 (内閣府) ホームページ, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18youshi/1855.html>
- 2) 鏡森定信, 他 (2007): 飲用型カプセル深部体温計からみた日常生活行動運動, 温浴および睡眠を中心に, 日本温泉気候物理医学会雑誌 70(4), 227-237.
- 3) 吉永亜子 (2007): 足浴が頭痛を緩和する看護技術から睡眠をうながす技術へと進展した背景要因. 日本看護技術学会誌 6(1), 70-77.
- 4) 真島英信 (1986): 生理学. 文光堂, 東京: pp416.

- 5) Kräuchi, K, et. al(1999): Warm feet promote the rapid onset of sleep *Nature* 401, 36-37.
- 6) Echizenya, et al(2003) Heat Loss, Sleepiness, and Impaired Performance after Diazepam Administration in Humans. *Neuropsychopharmacology* 28, 1196-1206. Kurauchi, et. al(1999): A. Warm feet promote the rapid onset of sleep. *Nature* 401, 36-7
- 7) Fronczek, et. al (2006): Altered skin-temperature regulation in narcolepsy relates to sleep propensity. *Sleep* 11, 1444-9.
- 8) Fronczek, et. al (2008): Manipulation of Core Body and Skin Temperature Improves Vigilance and Maintenance of Wakefulness in Narcolepsy. *Sleep* 31:233-240.
- 9) 伊藤 (上村) 佐知子, 若狭 正彦, 齊藤 明, 清水 和美, 伊東 若子, 神林 崇, 清水 徹男: 簡易脳波、深部体温と遠位・近位皮膚温から見た温泉浴の睡眠への効果. 不眠研究 (1881-4468)2012 巻 Page112-118(2012.10)
- 10) Hartmann B, Pittler M, Drew B: CO2 Balneotherapy for Arterial Occlusion Disease, *Physiology and Clinical Practice*. 人工炭酸泉 1(1), 010-016, 1998.
- 11) 久保田一雄: 温泉の泉質と効用. 温泉気候物理医学会編: 新温泉医学. Pp50-55, 一般社団法人日本温泉気候物理医学会、東京、2004.
- 12) Hayashi H, Yamada S, Kumada Y, et al: Immersing feet in carbon dioxide-enriched water prevents expansion and formation of ischemic ulcers after surgical revascularization in diabetic patients with critical limb ischemia. *Annals of Vascular Diseases* 1(2);111-117, 2008.

# **Sleep facilitation by Artificial carbonated bathing ; EEG, core, proximal, and distal temperature evaluations.**

**Uemura S<sup>1)</sup>, Wakasa M<sup>1)</sup>, Saito A<sup>1)</sup>, Shimizu K<sup>2)</sup>, Ito W<sup>2)</sup>, Echizenya M<sup>2)</sup>  
Kanbayashi T<sup>2)</sup>, Shimizu T<sup>2)</sup>, Sugiyama T<sup>3)</sup>, Nishino S<sup>4)</sup>**

1) Akita University Graduate School of Health Sciences, Department of Physical Therapy

2) Akita University Graduate School of Medicine, Department of Neuropsychiatry

3) Akita University Graduate School of Medicine, Department of Biochemistry and Metabolic Science

4) Stanford University, Psychiatry and Behavioral Sciences - Sleep Disorder/Sleep Center

## **Background**

Bathing, especially with hot spring with various mineral compositions, is known to facilitate/improve sleep by warming the body. Previous our study examined that Japanese hot spring bathing more specifically affected body temperature and sleep. Artificial carbonated bathing is known to keep the body warm too. In this study, we evaluated the effects of usual (plain hot water; PH) and artificial carbonated bathing (ACB), hot spring (HS), on sleep using clinical thermometers and EEG.

## **Methods**

Eight healthy men (average age 20.1 years) were included in the study. The subjects were divided into 4 groups and each group received the ACB (1000ppm, ph.4.7: Carbonic Nano; Crystal Giken CO., LTD), HS (Akita Onsen Satomi), PH bath and no bathing (NB) a week interval.

The temperature of the bathwater was set to be 40 C degrees. Subjects soaked in the bath deep enough their chests touched the water at 22:00 for 15 min.

From the time they finished bathing to the next morning, we measured their core body temperature (CT: rectum), distal skin temperature (DT: top side of the foot), proximal skin temperature (PT: lower part of the clavicle) and EEG using a single channel portable device (Moomin-kei, SleepWell). Subjects were told to sleep from 24:00-7:00.

## **Results**

The amount of delta power per min in the first sleep cycle significantly increased in the bath groups ( $p < 0.05$ , ANOVA), and the highest power was observed in ACB group. Bathing significantly increased CT and the subsequent declines during initial 40 minutes ( $p < 0.05$ ). The DPG decreased in the order of HS and PH, ACB, NB. HS group felt tired at after bathing and before going to bed.

## **Conclusion**

As commonly accepted, we observed that bathing before sleep facilitates and improves the sleep. These sleep changes are associated with large decline in the elevated CT, increased heat dissipation and positive DPG values. Artificial carbonated bathing had the larger effects on these parameters without fatigue.

keywords: Artificial carbonated bathing, sleep, body temperature

—— 自 主 研 究 ——

# 入浴方法が睡眠の質に与える影響

## －入浴方法が心身にもたらす影響（2報）－

Bathing in hot water may promote to have a good sleep compared with taking shower

一般財団法人日本健康開発財団 温泉医科学研究所

後藤 康彰

早坂 信哉

### 要旨

#### 【背景と目的】

「40℃程度の湯船に浸かる習慣」は、日本人の特徴的な生活習慣である。「湯船に浸かる入浴（温浴）」は、血流を促進し老廃物を洗い流すことで、身体をリフレッシュする効果をもたらすことなどが想定されるが、その効果を介入研究で実証されたものは少ない。当財団の自主研究では、「入浴方法が心身に与える影響」と題し、2011年度から介入研究を行っている。昨年度の介入では継続的な「浴槽浴」が、「シャワーだけの入浴」に比べ、「良い主観的健康感」、「良い睡眠による休養」などが得られることを示唆するデータを得た。本年は、継続的な「浴槽にかかる入浴」、「シャワーだけの入浴」が睡眠の質に与える影響を検討することを目的とした。

#### 【方法】

- (1)デザイン：ランダム化比較試験
- (2)対象：夏の入浴で主にシャワーを使う男女12名
- (3)調査期間：2012年9～10月
- (4)調査方法：被験者をランダムに2群（6名づつ）にわけ、9月30日～10月13日の2週間、着床の1時間前までに「浴槽に浸かる入浴：夕方以降40℃に10分以上」、「シャワーだけの入浴」を2週間実施させた。介入前3日間、介入後12日目～14日の3日間に、着床から起床までの睡眠脳波（前額部）を計測し、paired t-testで結果を比較した。なお、被験者には9月1日～29日は「シャワーだ

けの入浴」を実施するように求めた。

#### 【結果と考察】

「浴槽浴2週間」群では、介入前に比べ介入後で第1周期における1分あたりの徐波睡眠のパワー値の増加傾向が認められた（ $p<0.06$ ）。「シャワーだけの入浴」群では統計的な差が認められなかった。

#### 【結論】

第1周期における1分あたりの徐波睡眠のパワー値は、熟眠度や眠りの深さに関連することが知られている。継続的な「浴槽に浸かる入浴」が、良質な睡眠や熟眠に関連する可能性が示唆された。

#### 背景と目的

運動、食事、睡眠、喫煙など様々な生活習慣が健康状態に関連していることが知られている。<sup>1)</sup> われわれは従来より日本人の入浴スタイル（日常的な40℃程度の浴槽浴）に着目し、この入浴スタイルが日本人の長寿や健康に大きく寄与しているのではないかと仮説にたち研究活動を続けている。これまでに横断研究では、「毎日の浴槽浴」が「主観的健康感の良好な状態」や「生活満足度」、「低ストレス状態」、「十分な睡眠による休養」などに貢献しているとの知見を得てきたが<sup>2) 3)</sup>、生活場面における「浴槽浴」の有意性を継続的な介入で検討した例は少なかった。2011年度、当財団では「入浴方法が心身に与える影響」と題し、「毎日の浴槽浴」「シャワーだけの入浴」を連続2週間づつ実



施する介入研究を実施し、継続的な「浴槽浴」が、「シャワーだけの入浴」に比べ、「良い主観的健康感」、「良い睡眠による休養」などが得られることを示唆するデータを得た<sup>4)</sup>。本年は、継続的な「浴槽につかる入浴」、「シャワーだけの入浴」が睡眠の質に与える影響を検討することを目的とした。

## 方法

### 1. 対象者

夏期の入浴でシャワーだけを使う男女12名(41.6±8.6歳)。

### 2. デザイン

対象者には2012年9月1日～29日の間「シャワーだけの入浴」を実施させた。9月30日～10月13日の2週間は、対象者をランダムに2群にわけ、「湯船につかる入浴(40℃:10分)」(浴槽群)、「シャワーだけの入浴」(シャワー群)を実施して過ごしてもらった。被験者には、着床

1時間前までに入浴すること、なるべく規則正しい着床時間を保つこと、1日の飲酒量2合までとすることを心掛けていただいた。

9月26日～28日、10月11日～13日の6間は、睡眠にあわせて脳波測定を実施した。

## 3. 測定項目

### (1) 生理指標

着床から起床までの間の睡眠時脳波を採用した。デバイスは、スリープウェル社のスリープスコープで、前額と乳用突起に電極を装着し、計測を行った。

### (2) 心理指標

介入前後に健康関連自己評価として、主観的健康感、主観的幸福感、主観的QOL、主観的休養、肌の調子の程度をVASスケールで回答を求めた。また、日本語版POMS(Profile Of Mood States)短縮版を実施してもらい、健康状態・気分の状態を計測した。

| 介入準備期間 |             | 入浴介入期間       |             |
|--------|-------------|--------------|-------------|
| 9/1～29 |             | 9/30～10/13   |             |
|        | 27～29<br>脳波 |              | 11～13<br>脳波 |
| シャワーのみ |             | 浴槽浴(40℃:10分) |             |
|        |             | シャワーのみ       |             |

図1 実験デザイン

|              |            | 介入前   |      | 介入後   |      | 差    |       | p値 |
|--------------|------------|-------|------|-------|------|------|-------|----|
|              |            | 平均    | SD   | 平均    | SD   | 平均   | SD    |    |
| シャ<br>ワ<br>ー | 全就床時間      | 397.8 | 62.2 | 375.4 | 69.2 | 22.5 | 51.3  | ns |
|              | 睡眠効率(%)    | 89.0  | 4.4  | 90.3  | 4.3  | -1.3 | 4.7   | ns |
|              | 覚醒指数(回/時間) | 7.3   | 2.6  | 7.9   | 3.7  | -0.6 | 3.1   | ns |
|              | 入眠潜時(分)    | 19.5  | 17.0 | 11.9  | 10.3 | 7.6  | 19.1  | ns |
| 浴<br>槽       | 全就床時間      | 402.9 | 55.1 | 381.9 | 88.6 | 21.0 | 126.3 | ns |
|              | 睡眠効率(%)    | 91.6  | 2.1  | 91.6  | 3.0  | -0.0 | 3.6   | ns |
|              | 覚醒指数(回/時間) | 7.5   | 3.2  | 7.3   | 2.6  | 0.3  | 2.7   | ns |
|              | 入眠潜時(分)    | 7.5   | 6.2  | 7.1   | 4.9  | 0.4  | 9.0   | ns |

表1 脳波に基づく睡眠の全体像

#### 4. 統計解析

対応のあるt検定を用いて、「浴槽群」、「シャワ群」の介入前後の比較を行った。解析には統計パッケージSPSS19.0Jを用いた。

#### 5. 倫理的配慮

本研究は倫理的委員会財団法人日本健康開発財団倫理委員会で審議後、被験者には実験に関する同意書の記入を求め、同意した者のみを対象とした。

#### 結果

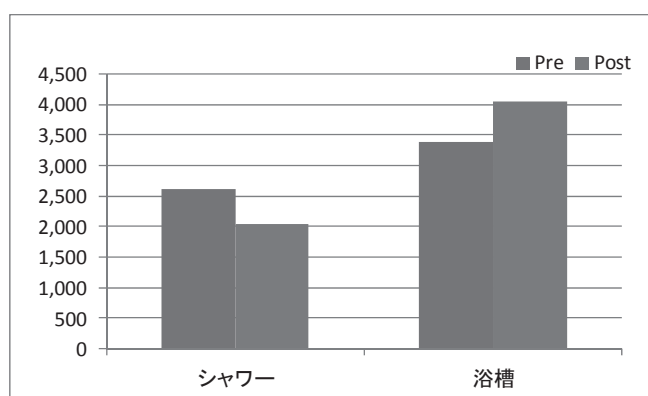
##### 1. 睡眠脳波

12名中、脳波計測を妥当に行った10名（シャワー5名、浴槽5名）分のデータを解析対象とした。介入前3日間、介入後3日間のデータの内、それぞれ後半2日間のデータを原則的に採用した。

全就床時間（分）、睡眠効率（睡眠時間/着床時間）、覚醒指数（1時間あたりの覚醒回数）、寝つき（睡眠潜時）、睡眠リズム、睡眠の質（ $\delta$ 成分）につき検討した。

|              |            | 介入前  |     | 介入後  |      | 差    |     | p値 |
|--------------|------------|------|-----|------|------|------|-----|----|
|              |            | 平均   | SD  | 平均   | SD   | 平均   | SD  |    |
| シャ<br>ワ<br>ー | ノンレム浅睡眠(%) | 65.5 | 8.1 | 62.1 | 10.3 | 3.4  | 5.8 | ns |
|              | ノンレム深睡眠(%) | 4.2  | 5.5 | 3.9  | 5.2  | 0.3  | 3.1 | ns |
|              | レム睡眠(%)    | 24.2 | 6.5 | 27.4 | 9.8  | -3.2 | 7.4 | ns |
|              | 中途覚醒(%)    | 6.1  | 2.1 | 6.6  | 3.1  | -0.5 | 2.6 | ns |
| 浴<br>槽       | ノンレム浅睡眠(%) | 60.8 | 6.1 | 59.7 | 9.9  | 1.1  | 6.0 | ns |
|              | ノンレム深睡眠(%) | 5.4  | 6.4 | 8.0  | 10.3 | -2.7 | 5.3 | ns |
|              | レム睡眠(%)    | 27.5 | 3.4 | 26.2 | 4.7  | 1.3  | 5.5 | ns |
|              | 中途覚醒(%)    | 6.3  | 2.7 | 6.1  | 2.2  | 0.2  | 2.2 | ns |

表2 脳波に基づく睡眠リズム



|      |                      | 介入前     |         | 介入後     |         | 差      |         | p値   |
|------|----------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|------|
|      |                      | 平均      | SD      | 平均      | SD      | 平均     | SD      |      |
| シャワー | 第1周期 $\delta$ (V2/m) | 2,601.3 | 2,189.8 | 2,044.2 | 1,424.5 | -557.2 | 1,551.5 | ns   |
|      | ノンレム深睡眠(%)           | 4.2     | 5.5     | 3.9     | 5.2     | -0.3   | 3.1     | ns   |
| 浴槽   | 第1周期 $\delta$ (V2/m) | 3,393.9 | 3,032.3 | 4,054.6 | 2,930.9 | 660.7  | 996.1   | 0.06 |
|      | ノンレム深睡眠(%)           | 5.4     | 6.4     | 8.0     | 10.3    | 2.7    | 5.3     | ns   |

図表3 第1周期 $\delta$ パワー量

表1に、全就床時間（分）、睡眠効率（睡眠時間/着床時間）、覚醒指数（1時間あたりの覚醒回数）を示した。「シャワー群」、「浴槽群」とともに、介入前後に統計的な差は認められなかった。

表2に、脳波に基づく睡眠リズムを示した。ノンレム浅睡眠、ノンレム深睡眠、レム睡眠、中途覚醒いずれについても、「シャワー群」、「浴槽群」とともに、介入前後に統計的な差は認められなかった。

表4 「浴槽群」前後の健康関連自己評価

|        | 入浴（浴槽）前 |      | 入浴（浴槽）後 |      | 差    | 有意差  |
|--------|---------|------|---------|------|------|------|
|        | 平均値     | 標準偏差 | 平均値     | 標準偏差 |      |      |
| 主観的健康感 | 73.5    | 6.1  | 91.5    | 5.7  | 18.0 | 0.03 |
| 主観的幸福感 | 66.8    | 18.6 | 81.3    | 19.1 | 14.5 | 0.11 |
| 主観的QOL | 56.8    | 13.3 | 82.3    | 12.6 | 25.5 | 0.13 |
| 主観的休養感 | 81.0    | 20.9 | 89.5    | 6.9  | 8.5  | 0.27 |
| 肌の調子   | 73.8    | 21.3 | 65.3    | 12.6 | -8.5 | 0.28 |

表5 「シャワー群」前後の健康関連自己評価

|        | 入浴（シャワー）前 |      | 入浴（シャワー）後 |      | 差     | P値   |
|--------|-----------|------|-----------|------|-------|------|
|        | 平均値       | 標準偏差 | 平均値       | 標準偏差 |       |      |
| 主観的健康感 | 75.4      | 8.6  | 58.6      | 9.9  | -16.8 | 0.80 |
| 主観的幸福感 | 70.0      | 11.4 | 57.4      | 18.4 | -12.6 | 0.56 |
| 主観的QOL | 61.6      | 19.2 | 54.4      | 19.3 | -7.2  | 0.35 |
| 主観的休養感 | 81.4      | 12.6 | 65.8      | 15.8 | -15.6 | 0.29 |
| 肌の調子   | 70.0      | 11.7 | 58.2      | 21.1 | -11.8 | 0.69 |

表6 「浴槽群」前後のPOMS日本語短縮版

|       | 入浴（浴槽）前 |      | 入浴（浴槽）後 |      | 差    | P値   |
|-------|---------|------|---------|------|------|------|
|       | 平均値     | 標準偏差 | 平均値     | 標準偏差 |      |      |
| 緊張－不安 | 42.3    | 8.1  | 43.5    | 3.3  | 1.3  | 0.74 |
| 抑うつ   | 42.3    | 2.1  | 44.8    | 2.5  | 2.5  | 0.28 |
| 敵意・怒り | 43.8    | 5.3  | 44.3    | 5.9  | 0.5  | 0.83 |
| 疲労    | 41.5    | 1.3  | 39.5    | 1.3  | -2.0 | 0.18 |
| 混乱    | 45.5    | 10.3 | 43.8    | 10.8 | -1.8 | 0.68 |
| 活力    | 58.3    | 16.3 | 60.0    | 16.7 | 1.8  | 0.24 |

表7 「シャワー群」前後のPOMS日本語短縮版

|       | 入浴（シャワー）前 |      | 入浴（シャワー）後 |      | 差    | P値   |
|-------|-----------|------|-----------|------|------|------|
|       | 平均値       | 標準偏差 | 平均値       | 標準偏差 |      |      |
| 緊張－不安 | 43.8      | 5.8  | 49.6      | 9.3  | 5.8  | 0.09 |
| 抑うつ   | 50.2      | 6.8  | 56.4      | 11.1 | 6.2  | 0.34 |
| 敵意・怒り | 43.8      | 6.9  | 49.2      | 12.2 | 5.4  | 0.38 |
| 疲労    | 45.4      | 5.5  | 53.6      | 8.6  | 8.2  | 0.08 |
| 混乱    | 49.2      | 4.5  | 57.8      | 9.7  | 8.6  | 0.08 |
| 活力    | 46.6      | 8.7  | 44.6      | 5.9  | -2.0 | 0.51 |

図表3に、第1周期の1分あたり徐波睡眠のパワー値を示した。「浴槽群」では、パワー値の増加傾向が認められた。

## 2. 健康関連自己評価

表4に「浴槽群」表5に、「シャワー群」介入前後の健康関連自己評価の結果を示した。「浴槽浴」群では、主観的健康感の改善が有意に認められた。主観的幸福感、主観的QOL、主観的休養感の平均値はいずれも有意ではないが、増加した。

## 3. POMS日本語短縮版

表6に「浴槽群」表7に、「シャワー群」介入前後のPOMS日本語短縮版（下位尺度6項目）の結果を示した。

「浴槽浴」群では、いずれの項目も有意な差は認められなかった。「シャワー群」では、「緊張—不安」、「疲労」、「混乱」スコアに増加傾向が認められた。

## 考察

本研究では、被験者を2群にわけ「湯船につかる入浴（40℃：10分）」、「シャワーだけの入浴」を2週間体験してもらい、睡眠脳波・主観評価を指標として入浴方法が睡眠の質などにもたらす影響を検討し、次のような結果を得た。

### 1. 睡眠脳波

全就床時間（分）、睡眠効率（睡眠時間/着床時間）、覚醒指数（1時間あたりの覚醒回数）、寝つき（睡眠潜時）、睡眠リズムについては、「浴槽群」「シャワー群」で差が認められなかった。これに対し、第1周期の1分あたり徐波睡眠のパワー値は、「浴槽群」において、増加傾向が認められ、継続的な浴槽浴（40℃ 10分以上）が、良好な睡眠の質と関連することが示唆された。田中ら<sup>5)</sup>が示すように、入浴の疲労回復、健康増進の最大の基盤の1つは、温熱による循環促進にもたらされる静脈血pO<sub>2</sub>の増加、pCO<sub>2</sub>の

低下、すなわち組織が十分に酸素化され、炭酸ガスを排出することにあると考えられる。身体がフレッシュな状態となることで、良質な睡眠を取りやすい状態がもたらされるのかも知れない。Kräuchi<sup>6)</sup>らの研究では、温熱刺激で末梢皮膚温深部体温の差が小さくなることにより入眠が促されると報告しており、「シャワー浴」より温熱刺激の強い「浴槽浴」において、こうした状況が作り出されている可能性もある。伊藤らの研究<sup>7)</sup>では、「温泉浴」が熟眠効果をもたらすとの報告もある。

## 2. 健康関連自己評価

Kaplanら<sup>8)</sup>の研究で、主観的健康感の良い状態がその後の生命予後と関連することが知られている。食習慣、習慣的な運動、禁煙、社会活動なども主観的健康感が良い状態と関連することが知られている。「浴槽群」において主観的健康感が改善したことは、習慣的な浴槽浴が、主観的健康感が良い状態と関連することを示唆するものである。

## 3. POMS日本語短縮版

「浴槽群」では変動は認められなかったが、「シャワー群」では、「緊張—不安」、「疲労」、「混乱」スコアに増加傾向が認められた。被験者の中には「10月に入るとシャワーだけでは身体があたたまらなくなった」との報告もあり、季節的な要因もあって「シャワー」だけではストレス状態が引き起こす可能性も示唆された。

## 結論

継続的な浴槽浴（40℃ 10分以上）が、熟眠（良質な睡眠）と関連することが示唆された。睡眠習慣は心疾患による死亡率とも関連することが知られている。習慣的な浴槽浴を行うことが、良質な睡眠を得ることにつながり、結果的に良い健康状態を保つことに寄与することが示唆された。今後は遺伝子発現など、様々な指標で浴槽浴の効果を検証していきたい。

## 参考文献

- 1) Breslow S, Enstrom JE. Persistence of health habits and their relationship to mortality. *Predictive Medicine* 1980; 9: 469-483.
- 2) Hayasaka S, Shibata Y, Goto Y et al. Bathing in a bathtub and health status: A cross-sectional study. *Complement Ther Clin Pract*. 2010; 16(4) : 219-221.
- 3) Goto Y, Hayasaka S, Nakamura Y: Bathing in Hot Water, Bathing in Japanese Style of Hot Spring and Drinking Green Tea May Contribute to the Good Health Status of Japanese. *J Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med* 75: 256-266, 2012.
- 4) 財団法人日本健康開発財団： 入浴方法が心身に与える影響－ランダム化比較試験－. 日本健康開発財団研究年報 2012 : 33 : 65-73.
- 5) 田中信行 他：入浴と運動の健康増進効果の比較 1回入浴と200m走の循環、代謝、末梢血組成の変化. 日本温泉気候物理医学会雑誌 2011: 74 263-272.
- 6) Kräuchi. K, et. al(1999): Warm feet promote the rapid onset of sleep *Nature* 401, 36-37.
- 7) 伊藤(上村)佐知子, 若狭 正彦, 齊藤 明, 清水 和美, 伊東 若子, 神林 崇, 清水 徹男：簡易脳波、深部体温と遠位・近位皮膚温から見た温泉浴の睡眠への効果. 不眠 研 究 (1881-4468)2012 巻 Page112-118(2012.10)
- 8) Kaplan GA, Camacho T. :Perceived health and mortality: a nine-year follow-up of the human population laboratory cohort. *Am J Epidemiol*. 1983 Mar;117(3):292-304.
- 9) M Södergren, J Sundquist, SE Johansson et al. Physical activity, exercise and self-rated health: a population-based study from Sweden. *BMC Public Health*. 2008; 8: 352.
- 10) Tamakoshi A, Ohno Y. Self-reported sleep duration as a predictor of all-cause mortality: Results from the JACC study, Japan. *Sleep* 2004; 27: 51-54.



# **Bathing in hot water may promote to have a good sleep compared with taking shower**

**Yasuaki Goto, Shinya Hayasaka**

ONSEN medical science research center, Japan Health & Research Institute

## **Abstract**

### **[Background]**

It has been reported that bathing and taking shower with hot water cause warming body and at the moment of decrease deep body temperature after warming, falling asleep was induced easily followed by good quality of sleep. We think that bathing in bath tub may have better influence on sleep than taking shower.

### **[Methods]**

To prove this hypothesis, we conducted a 2 weeks randomized controlled trial from September to October in 2012 on 12 subjects aged 25 y.o and over. We classified subjects into 2 groups; only bathing in bathtub with hot water for 2 weeks continuously and only taking shower in the same duration. Before and after taking bath or taking shower for 2 weeks, their sleep was recorded by a portable EEG device with single-pair EEG electrodes. We estimated the sleep quality and quantity by the sleep latency, duration, and stage and the power density of delta, theta, alpha and beta.

### **[Results]**

No significant differences were shown with respect to the sleep latency and the duration between 2 groups. However, in the first sleep cycle, the delta band power density which is known as a indicator of deep sleep for resting brain was significantly increased in the bathing in hot water group.

### **[Conclusion]**

This study showed that bathing in hot water could have better effects on good sleep than taking shower. We think that taking bath is a recommended daily habit for good quality of sleep.

Key words: bathing, sleep, EEG

# 温泉地滞在が心身にもたらす影響

## Status report and projects in nearly future of OMRC

一般財団法人日本健康開発財団 温泉医科学研究所

後藤 康彰

早坂 信哉

### 要旨

#### 背景と目的

当研究所のミッションは、「温泉・入浴に関する医科学的研究の推進」であるが、研究体系には大きく2タイプあると考えている。1つは、実験室環境でのデータ収集や生活場面での介入でエビデンスを構築する基礎研究である。もう1つは、温泉地をフィールドとした応用研究で、温泉地への滞在や多様なコンテンツの効果の実証を目指すものである。本研究は後者の位置づけで、温泉を活用した健康づくりの機運づくりや、地域活性化、インバウンド拡大なども将来的な成果として視野に入れている。応用研究の実践には、フィールドである温泉地や自治体との連携が欠かせない。本年度は、当研究所研究会で「温泉地滞在が心身にもたらす影響」の在り方を検討するとともに、大分県竹田市、栃木県塩原温泉との協働関係の構築を試みた。

#### 成果

「温泉療養保健制度」を推進する大分県竹田市、「多彩な泉質とヘルスツーリズムの推進を図る」栃木県塩原温泉と連携についてのディスカッションを重ねた。竹田市とは2012年12月に、研究に関する相互協力協定を結び、塩原温泉では、泉質が肌に与える影響のパイロットスタディを開始した。今後は竹田市、塩原温泉のフィールドで応用研究を推進・研究成果をリリースするとともに、多くの自治体・温泉地と協働関係を構築し、「温泉・入浴」の国内外への波及に貢献したい。

### 方法

#### 1. 温泉医科学研究所研究会によるあり方検討

日本健康開発財団・温泉医科学研究所研究員、連携研究者で構成する研究会議において、研究の推進方法につきディスカッションを重ねた。

#### (1) 第1回温泉医科学研究所研究会議

日程：2012年7月27日

場所：日本健康開発財団会議室

議題：「温泉地滞在が心身にもたらす影響」のあり方について

出席者：

大塚吉則（北海道大学教授）

中村好一（自治医科大学公衆衛生学教授）

尾島俊之（浜松医科大学健康社会医学教授）

上岡洋晴（東京農業大学教授）

栗原茂夫（日本健康開発財団理事長）

早坂信哉（日本健康開発財団・温泉医科学研究所所長）

後藤康彰（日本健康開発財団・温泉医科学研究所主任研究員）

#### (2) 第2回温泉医科学研究所研究会議

日程：2013年3月21日

場所：大東文化大学信濃町キャンパス

議題：「温泉地滞在が心身にもたらす影響」の進捗状況について

出席者：

大塚吉則（北海道大学教授）

上岡洋晴（東京農業大学教授）

栗原茂夫（日本健康開発財団理事長）

早坂信哉（日本健康開発財団・温泉医科学研

究所所長)

後藤康彰(日本健康開発財団・温泉医科学研究所主任研究員)

## 結果

### 1. 大分県竹田市との連携

#### (1) 第1回研究会議

日程: 2012年9月11日

場所: 大分県竹田市商工観光課

議題: 「温泉療養保健制度」と竹田市の健康資源について

出席者:

首藤勝次(竹田市市長)

林寿徳(竹田市商工観光課課長)

舞希(竹田市商工観光課)

工藤隆浩(竹田市観光ツーリズム協会事務局長)

早坂信哉(日本健康開発財団・温泉医科学研究所所長)

後藤康彰(日本健康開発財団・温泉医科学研究所主任研究員)

#### (2) 第2回研究会議

日程: 2012年12月18日

場所: 大分県竹田市商工観光課

議題: 「温泉療養保健制度」を軸とした医科学的研究の相互協力協定について

出席者:

首藤勝次(竹田市市長)

林 寿徳(竹田市商工観光課課長)

舞 希(竹田市商工観光課)

工藤隆浩(竹田市観光ツーリズム協会事務局長)

栗原茂夫(日本健康開発財団理事長)

後藤康彰(日本健康開発財団・温泉医科学研究所主任研究員)

#### (3) 成果の概要

日本屈指の炭酸泉、長湯温泉を擁する竹田市は、直入、竹田、久住、荻地区からなり、自然、歴史、文化資源に恵まれ、様々な滞在メニューが用意されています。また、滞在者を支援する

「温泉療養保健制度」を導入し、先駆的な取り組みとして、注目されています。

竹田市と当財団は連携方法の協議を重ね、昨年12月に研究に関する相互協力協定を結びました。竹田市で実施されている多様なアクティビティや温泉利用等につき、実験デザイン・データ計測・分析等を連携して進めていく体制が整いました。

### 2. 栃木県塩原温泉との連携

#### (1) 第1回研究会議

日程: 2012年9月2日

場所: 塩原温泉観光協会

議題: 塩原温泉の現状と課題について

出席者:

君島則夫(塩原温泉観光協会会長)

君島将介(光雲荘代表取締役)

君島正憲(上会津屋専務取締役・温泉入浴指導員)

君島理恵(彩つむび代表取締役・温泉入浴指導員)

栗原茂夫(日本健康開発財団理事長)

石坂 高(日本健康開発財団研究調査部部長)

早坂信哉(日本健康開発財団温泉医科学研究所所長(欠席)・温泉療法専門医)

後藤康彰(日本健康開発財団温泉医科学研究所主任研究員・温泉利用指導者)

#### (2) 第2回研究会議

日程: 2012年12月5日

場所: 塩原温泉松楓楼松屋

議題: 塩原温泉が肌にもたらす影響について実験計画・倫理委員会

出席者:

中村好一(自治医科大学公衆衛生学教授)

前田真治(国際医療福祉大学大学院教授・温泉療法専門医)

出水俊郎(自治医科大学附属さいたま医療センター皮膚科教授(欠席))

ジュアンド康子(ウェルネスSPAアドバイザー・温泉入浴指導員)

樋口善英(高崎健康福祉大学講師・温泉利用

指導者)

君島将介(光雲荘代表取締役)

君島則夫(塩原温泉観光協会会長)

君島正憲(上会津屋専務取締役・温泉入浴指導員)

君島理恵(彩つむび代表取締役・温泉入浴指導員)

栗原茂夫(日本健康開発財団理事長)

石坂 高(日本健康開発財団研究調査部部长)

早坂信哉(日本健康開発財団温泉医科学研究所  
所長(欠席)・温泉療法専門医)

後藤康彰(日本健康開発財団温泉医科学研究所  
主任研究員・温泉利用指導者)

### (3) 第3回研究会議

日程：2013年3月18日

場所：塩原温泉観光協会

議題：水分量・水分蒸散量計測実験ロケハン

出席者：

君島則夫(塩原温泉観光協会会長)

君島将介(光雲荘代表取締役)

君島正憲(上会津屋専務取締役・温泉入浴指導員)

栗原茂夫(日本健康開発財団理事長)

後藤康彰(日本健康開発財団温泉医科学研究所  
主任研究員・温泉利用指導者)

### (4) 成果の概要

塩原温泉郷は、150以上の源泉から毎分1万リットルもの湧出量を誇る温泉郷で、小さな地域にあって多様な成分を含有する源泉をもつこと。また、ヘルスツーリズムに関しても他の温泉地に先行して取り組んできていました。

関係者でブレインストームをすすめる中で、「多彩な泉質」が塩原温泉での強みであるとの結論に至り、塩原温泉の利用が「肌に与える影響」を医科学的に検討しようとの話となりました。

そこで、12月に専門家を交えた研究会議を開催し、実験計画をデザインした上で、当財団の倫理委員会の承認を得ました。3月には、泉質が肌に与える影響のパイロットスタディを開

始しております。泉質の異なる温泉において、利用前後の水分量・水分蒸散量を計測、データを収集しております。今後もデータ計測を重ね、医科学的なエビデンスづくりに取り組むこととなっています。

### 今後の取り組みについて

当研究所のミッションは、「温泉・入浴に関する医科学研究の推進」ですが、本研究は温泉地をフィールドとした応用研究で、温泉地への滞在や多様なコンテンツの効果の実証を目指すものです。引き続き、多くの自治体・温泉地と協働関係を構築し、研究を推進・研究成果をリリースすることで、「温泉・入浴」の国内外への波及に貢献しようと考えています。

## Status report and projects in nearly future of OMRC

**Yasuaki Goto, Shinya Hayasaka**

Onsen Medical Science Research Center, Japan Health & Research Institute

### **Abstract**

Japan has the world's largest hot spring resources and we have a long history of enjoying and utilizing these resources. It is known that the overwhelming majority of Japanese bath in bath-tub with hot water almost every day, which is very particular bathing style compared with other countries. We hypothesize that this culture or habit related to hot spring resources and bathing style may contribute to the health condition and the longevity of Japanese.

OMRC: Onsen Medical Science Research Center was founded in April 2012 by the Japan Health & Research Institute to do research in the field of hot springs and bathing as well as to dedicate in the health promotion throughout these researches. To accomplish this mission, we think the collaboration with Onsen regions all over Japan is very important and in 2012, to begin with, we have co-operated with Taketa city in Oita prefecture and Shiobara hot spring in Tochigi prefecture.

Taketa city has Nagayu Onsen which is famous for hot water containing lots of carbonate. For visitors, Taketa city shows a variety of long staying activities for health promotion utilizing hot spring fulfilled with natural, historical and cultural resources, which has received the substantial attention of many local authorities as a pioneering project.

We are planning to expand researches with respect to hot spring and bathing constantly under the corporation with many municipalities and Onsen regions followed by presenting the results in the medical meeting in Japan and in all over the world. As a consequence of these attempts, we expect that the very special culture in Japan related to hot spring and bating can contribute to improve worldwide health.



—— 温 泉 医 科 学 研 究 所 業 績 ——

## 1. 原著論文

- ① Goto Y, Hayasaka S, Nakamura Y: Bathing in Hot Water, Bathing in Japanese Style of Hot Spring and Drinking Green Tea May Contribute to the Good Health Status of Japanese. J Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med 75: 256-266, 2012.
- ② Noda T, Ojima T, Hayasaka S, Murata C, Hagihara A. Gargling for oral hygiene and the development of fever in childhood: A population study in Japan. J Epidemiol 22 :45-49, 2012.
- ③ Haraoka T, Hayasaka S, Murata C, Yamaoka T, Ojima T: Factors related to furniture anchoring as a method for reducing harm during earthquakes. Disaster Med Public Health Prep 2012;6:(doi:10.1001/dmp.2012.60)
- ④ Ishizawa T, Watanabe S, Yano S, Aburada M, Miyamoto K, Ojima T, Hayasaka S: Relationship between bathing habits and physical and psychological state. J Jpn Assoc Phys Med Balneol Climatol 75:227-236, 2012.
- ⑤ Haraoka T, Ojima T, Murata C, Hayasaka S: Factors Influencing collaborative activities between non-professional disaster volunteers and victims of earthquake disasters. PLoS ONE 7(10): e47203. 2012. doi:10.1371/journal.pone.0047203

## 2. 学会発表

- ① 第77回日本温泉気候物理医学会総会学術集会  
日 時：平成24年6月8日～9日  
場 所：秋田  
題 名：入浴習慣と女性の健康状態の関連  
発表者：早坂 信哉
- ② 第77回日本温泉気候物理医学会総会学術集会  
日 時：平成24年6月8日～9日  
場 所：秋田  
題 名：入浴方法が心身にもたらす影響－ランダム化比較試験  
発表者：後藤 康彰
- ③ 38<sup>th</sup> International Society of Medical Hydrogy and Climatology  
日 時：平成24年6月20日～23日  
場 所：ランハロン（スペイン）  
題 名：Bathing in hot water, utilizing onsen (hot springs) and drinking green tea may contribute to good health status of Japanese  
発表者：後藤 康彰
- ④ 第71回日本公衆衛生学会総会学術集会  
日 時：平成24年10月24日～26日  
場 所：山口  
題 名：生活習慣としての浴槽入浴の方法の記述疫学的観察  
発表者：早坂 信哉

⑤ 第71回日本公衆衛生学会総会学術集会

日 時：平成24年10月24日～26日

場 所：山口

題 名：浴槽に浸かる入浴・シャワーだけの入浴が心身に及ぼす効果

発表者：後藤 康彰

3. 受賞

① 日本公衆衛生学会奨励賞

受賞者：早坂信哉

研究名：介護における安全な訪問入浴の実施と健康関連因子としての浴槽入浴習慣に着目した研究

② 第18回日本温泉気候物理医学会優秀論文賞

受賞者：後藤康彰・早坂信哉・中村好一

論文名：Bathing in Hot Water, Bathing in Japanese Style of Hot Spring and Drinking Green Tea May Contribute to the Good Health Status of Japanese.

4. 著書

① 早坂信哉、只野智昭、杉森裕樹、後藤康彰、山本（前田）万里：温泉入浴がお茶カテキン吸収にもたらす影響。In 静岡県地域資源を活用した健康づくりプログラム事業 平成24年度「健康づくりプログラム開発に係る研究設計についての研究」研究報告書。2013, p2-9.

② 後藤康彰、早坂信哉：生活行動（茶飲量、入浴習慣、温泉訪問）と主観的健康状態の関連－平成24年度県民意識調査をもとに－。In 静岡県地域資源を活用した健康づくりプログラム事業 平成24年度「健康づくりプログラム開発に係る研究設計についての研究」研究報告書。2013, p10-19.

---

# 研 究 年 報 第 34 号

2 0 1 3 . 6

編集発行 一般財団法人 日本健康開発財団  
〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-29-4  
日本橋蛸殻町東急ビル6階

電話 (03) 3668-1261

Fax (03) 3668-1263

---