

# 血管内皮機能に及ぼす低温温泉浴の効果

海保 享代<sup>1</sup>, 池谷 政直<sup>1</sup>, 永井 正則<sup>2</sup>, 志村 まゆら<sup>3</sup>

<sup>1</sup>健康科学大学 健康科学部 作業療法学科

<sup>2</sup>健康科学大学 健康科学部 福祉心理学科

<sup>3</sup>筑波技術大学 保健科学部 保健学科

## Effects of low-temperature spring bathing on the peripheral vascular endothelial function

Takayo Kaiho, Masanao Ikeya, Masanori Nagai, Mayura Shimura

### 要 旨

#### 【目的】

本研究では不感温度温泉浴（35-37℃）への入浴が及ぼす血管内機能の変化を調査し、入浴効果について検討した。

#### 【方法】

若年者 10 名（21±0.0 歳，男 6 名，女 4 名）を対象に，不感温度（35-37℃）の温泉浴を 2 日連続で実施した。反応性充血指数（Reactive Hyperemia Index:RHI）を血管内皮機能の指標とするため，reactive hyperemia peripheral arterial tonometry を使用し，tonometry 法（RH-PAT）によって算出した。他に血圧・心拍変動解析（Heart Rate Variability: HRV），気分プロフィール検査（Profile of mood states 2nd 成人短縮版：POMS2）等を実施した。対照実験として 35-37℃の加温水での入浴による調査を行なった。

#### 【結果】

2 日間連続の温泉入浴により RHI は 1.6 ± 0.3 から 1.8 ± 0.4 (p=0.012)，収縮期血圧は 115 ± 10mmHg から 126 ± 7mmHg (p=0.003)，心臓副交感神経（迷走神経）機能を反映する High Frequency (HF, 0.15–0.4 Hz) は 599 ± 387 ms<sup>2</sup> から 939 ± 683 ms<sup>2</sup> (p=0.034)，皮膚温は 34 ± 1 °C から 35 ± 1 °C (p=0.007) に増加した。2 日目の入浴後に POMS2 の緊張-不安項目が減少傾向を示した (p=0.048)。最低血圧，心臓交感神経機能を反映する Low Frequency (LF, 0.04–0.15 Hz) /HF 比には有意な変化がみられなかった。1 日温泉浴および 2 日連続の加温水入浴の対照実験では，RHI と HRV に変化がみられなかった。

#### 【考察】

不感温度の温泉浴により，血管内皮からの血管拡張因子が増加する可能性があることが示唆された。その効果は 1 日入浴より 2 日目以降に効果が現れる可能性が高いことが見いだされた。

キーワード：不感温度温泉，血管内皮機能，RHI，心臓自律神経機能，若年者

## I. はじめに

日本には16世紀以前から「湯治」という習慣がある<sup>1)</sup>。湯治とは一週間以上、湯治場に逗留し、食事、入浴、運動を複合的に行う温泉療法とされる。1959年頃の東北地方の温泉では、過半数が健康な若年成人で農業従事者であった地域もある<sup>2)</sup>が、1991年の調査では、湯治場の数は減少し利用者全体の半数以上が70歳を超えているとされる<sup>3)</sup>。温泉研究では若年者でなく、中高年や高齢者の利用に関するものが多く行われている<sup>4)</sup>。近年、健康に関する国民の意識が高まるなか、温泉を活用した健康増進が見直されつつあり、若年者の利用も増えてきている。日本交通公社の2019年度調査によれば、国内旅行の第1位「自然や景勝地への訪問」に次いで、第2位に「温泉」があげられていて、全体の38.7%を占める<sup>5)</sup>。しかし宿泊して温泉に入る数は1992年以降減少しており<sup>6)</sup>、日帰り温泉に訪れることが少なくない。かつての湯治場でも日帰り入浴施設に姿を変えつつある。また高温温泉浴(40-42℃)に関する研究は多いが、不感温浴(35-36℃)<sup>7)</sup>に関する研究は少ない。

循環器の非観血的な血管内皮機能検査として、血流介在血管拡張反応(flow-mediated dilation: FMD)、RH-PAT法が近年注目を浴びている<sup>8)</sup>。FMDは超音波を用いて、上腕動脈などの虚血性反応性充血後の血管径変化を測定する検査法である。血管の駆血により血管内皮細胞にストレスをかけると、血管内皮細胞から一酸化窒素(nitric oxide: NO)などの活性物質が放出されて血管拡張が起こる(内皮依存性血管拡張反応)<sup>9)</sup>。この血管拡張を測定し血管径の変化率をFMD%で表すことで血管内皮機能の指標とされている<sup>10)</sup>。温熱刺激が血管内皮のNO放出を促進することは知られている<sup>11)</sup>。ラジウム温泉でFMD%の増加<sup>12)</sup>、ナトリウム塩化物泉で女性のFMD%が増加する<sup>13)</sup>との報告がある。これらの報告はいずれも高温浴であり、対象として高齢者が多く含まれている。RH-PAT法は原理的にはFMDと同じで、上腕動脈の駆血後の指先容積脈波を測定することで血管内皮機能を標準化できる<sup>14)</sup>。指先容積脈波

は一般に皮膚血管を測るものと考えられているが、血管駆血後のNO放出による血管拡張が起こるとされている<sup>15)</sup>。血管内皮機能の指標となるFMDとRH-PATのデータは正の相関を示すことが報告されている<sup>16)17)</sup>。このことから今回調査場所となった温泉施設へは、簡便で持ち運びが容易なRH-PATを用いることにした。先行研究との比較も視野に入れて、我々は不感温度(35-37℃)の温泉への短期宿泊入浴が若年者の血管内皮機能に及ぼす影響を調査した。

## II. 方法

### 1. 対象者と実施場所

対象者は健康な若年者10名(21歳, 男6名, 女4名)で、研究内容の説明と同意を得た後、健康科学大学実験研究倫理委員会の承認(2017年2月27日付 承認番号No. 30)を得て行われた。被験者には実験期間中の夜間の飲酒と喫煙は避けるよう指示した。

実施場所について、不感温度(35-37℃)の温泉浴は増富温泉郷(山梨県北杜市)で2017年3月16~17日(1泊)に実施した。対照実験として、不感温度(35-37℃)の水道水加温浴は富士河口湖町の宿泊施設で2017年5月26日~6月12日の間に行った。この水道水加温浴は対象者の一斉実施が難しかったため、個別に実施し最終的に7名の結果が得られた。

本論文に関して開示すべき利益相反関係事項はない。

### 2. 温泉の成分と湯温

2015年に調査された温泉成分を表1((株)山梨県環境科学検査センター 山梨県甲斐市)に示す。食塩、重炭酸、二酸化炭素が多く含まれる。当該温泉の源泉は27℃であるが、加温して不感温度(35-37℃)で提供している。

### 3. 測定項目

1) 循環機能検査: 血管内皮機能検査は、末梢動脈容積脈波を用いた反応性充血指数(RHI)を表すRH-PAT(EndoPAT2000, Itamar Medical

表1 Onsen Component

Spring temperature	27.3	°C
outside temperature	under-0.1	°C
pH	6.37	
Sodium ion(Na <sup>+</sup> )	1574.8	mg/Kg
Potassium ion(K <sup>+</sup> )	199.3	mg/Kg
Calcium ion(Ca <sup>2+</sup> )	177.4	mg/Kg
Chlorine ion(Cl <sup>-</sup> )	2013.4	mg/Kg
Sulfate ion(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	257.1	mg/Kg
Bicarbonate(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1584.8	mg/Kg
Free carbon dioxide(CO <sub>2</sub> )	1056.5	mg/Kg
Metasilicic acid(H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	103.6	mg/Kg
Metaboric acid(HBO <sub>2</sub> )	190.6	mg/Kg

The analysis by Yamanashi Research Center for Environment(25. February. 2015)

Ltd. Israel) を用いた。脈波の典型例を図 1 に示した。指尖脈波の測定は専用のカフを手の両示指に装着して安静 5 分, 上腕動脈の駆血 5 分, 駆血解除後 5 分の計 15 分間で行った。全身血行動態変化と交感神経系の影響を減らして, 血管内皮由来の NO に代表される血管拡張因子による血管拡張機能を算出するため, 安静状態での指尖容積脈波に対する駆血再灌流後の容積

脈波の増加を, 対照側の増加率で除した<sup>15)</sup>。

2) 心臓自律神経機能: 心拍数スペクトル解析 (Heart Rate Variability: HRV) は胸部に装着した電極より Bio amp (FE132, AD-instruments, Japan) から解析装置 PowerLab (PL3504 PowerLab 4/35, AD-instruments, Japan) を経て LabChart pro7 によって行った。心臓副交感神経機能は高周波数成分 (High frequency: HF, 0.15-0.4Hz), 心臓交感神経機能は低周波成分 (low frequency: LF, 0.04 ~ 0.15Hz) と HF の比を表す LF/HF 比で求めた<sup>18)</sup>。

3) その他: 上腕動脈血圧, 口腔温, 皮膚温を入浴前後に, 気分プロフィール調査 (POMS2: Profile of mood states 2<sup>nd</sup> 成人短縮版) を第 1 日目入浴前と第 2 日目入浴後に実施した。

### III. 統計処理

データはすべて平均値 ± 標準偏差 (mean±SD) で示した。入浴前後の比較は paired t-test を用い, 有意水準を p<0.05 とした。この解析には SPSS Statistics version 23 (IBM, Japan) を用いた。

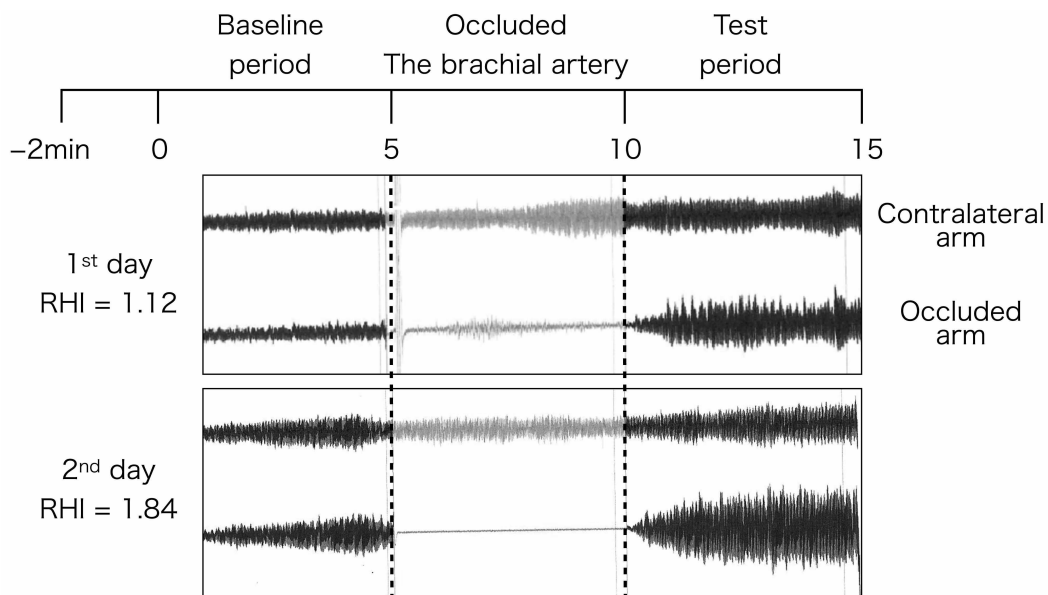


図1 Pulse amplitude of finger after bathing in spring bathing(35-37°C)

表2 Bathing in spring

Onsen	1st day			2nd day		
	before	After	paired t-tset	before	After	paired t-tset
n=10						
Spring temperature(°C)	35	37		36	36	
inside temperature(°C)	20.1±1.0	22.5±0.5		20.2±1.8	21.5±0.5	
inside humidity(%)	56.0±1.4	54.1±1.7		49.9±1.0	49.8±1.4	
RHI	2.2±0.6	1.7±0.7		1.6±0.3	1.8±0.4	p=0.012
SBP(mmHg)	117±12	123±6	p=0.012	115±10	126±7	p=0.003
DBP(mmHg)	65±4	66±7		63±6	64±6	
Heart Rate	68±11	71±13		68±9	69±10	
respiratory times	14±2	15±3		16±4	15±7	
HF total(ms <sup>2</sup> )	809±599	948±573		599±387	939±683	p=0.034
LF total(ms <sup>2</sup> )	890±485	1234±802		599±348	939±546	
LF/HF ratio	1.1±0.8	1.3±1.4		1.0±0.9	1.0±0.8	
oral temperature	36.7±0.2	36.9±0.4	p=0.005	36.5±0.4	36.7±0.3	
skin temperature	33±1	34±1	p=0.001	34±1	35±1	p=0.007

RHI=Reactive Hyperemia Index SBP =systolic blood pressure DBP =diastolic blood pressure  
 HF total =High Frequency LF total =Low Frequency

表3 Bathing in bath tub with water

Onsen	1st day			2nd day		
	before	After	paired t-tset	before	After	paired t-tset
n=7						
Spring temperature(°C)	36	37		36	36	
inside temperature(°C)	20.1±1.0	22.5±0.5		20.2±1.8	21.5±0.5	
inside humidity(%)	61.0±1.0	69.1±0.7		65.0±0.9	70.8±1.9	
RHI	1.2±0.3	2.9±2.1		1.8±0.4	1.8±0.4	
SBP(mmHg)	117±12	126±10		116±9	113±11	
DBP(mmHg)	68±11	63±10		73±8	64±7	p=0.015
Heart Rate	62±9	63±7		62±6	61±7	
respiratory times	11±4	13±6		8±4	10±4	
HF total(ms <sup>2</sup> )	1048±1624	592±939		1358±857	1547±1378	
LF total(ms <sup>2</sup> )	1771±1661	923±552		599±348	939±546	
LF/HF ratio	3.0±2.8	2.6±1.9		3.5±4.0	3.0±3.5	
oral temperature	36.4±0.3	36.5±0.5		36.4±0.4	36.2±0.5	
skin temperature	32.3±0.6	32.8±1.2		31.6±0.7	32.1±0.9	

RHI=Reactive Hyperemia Index SBP =systolic blood pressure DBP =diastolic blood pressure  
 HF total =High Frequency LF total =Low Frequency

#### IV. 結果

各項目の結果で、温泉入浴に関する数値は表2、加温水入浴に関する数値は表3に示した。

##### 1. 血管内皮機能の変化

第1日温泉浴後は10名中2名のRHIが増加したが、全体的には入浴前後のRHIは $2.2 \pm 0.6$ 、 $1.7 \pm 0.7$ で有意な差は認められなかった。第2日目温泉浴後は10名8名でRHIの増加がみられ、入浴前後のRHIは $1.6 \pm 0.3$ から $1.8 \pm 0.4$ に変化し有意な増加を示した( $p=0.012$ )。水道水を加温した入浴( $36 \sim 37^\circ\text{C}$ )では両日とも入浴前後で有意な差は見られなかった。

##### 2. 血圧と心拍数の変化

第1日目の温泉浴前後の最高血圧(systolic blood pressure: SBP)は $117 \pm 12$  mmHg、 $123 \pm 6$  mmHgで増加した( $p=0.012$ )。第2日入浴前後のSBPは $115 \pm 10$  mmHg、 $126 \pm 7$  mmHgで増加した( $p=0.003$ )。最低血圧(diastolic blood pressure: DBP)と心拍数は両日とも有意な差が認められなかった。加温水の入浴では第2日目のDBPが入浴後に低下した( $p=0.015$ )。

### 3. 心臓自律神経機能の変化

第1日温泉浴前後の HF は  $809 \pm 599 \text{ms}^2$ ,  $948 \pm 573 \text{ms}^2$  で有意な差はみられなかったが、第2日温泉浴前後の HF は  $599 \pm 387 \text{ms}^2$  から  $939 \pm 683 \text{ms}^2$  に変化し ( $p=0.034$ )、10名中8名で HF の増加を認めた。副交感神経機能は第2日目に高まる傾向を示した。一方交感神経機能を示す LF/HF 比に入浴前後の差はみられなかった。加温水の入浴で HF と LF/HF に変化はみられなかった。

### 4. 口腔温と皮膚温の変化

温泉浴により口腔温は第1日目のみ  $36.7 \pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$  から  $36.9 \pm 0.4 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $p=0.005$ ) に上昇した。皮膚温は第1日目は  $33 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  から  $34 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $p=0.001$ )、第2日目は  $34 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  から  $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $p=0.007$ ) と両日共に上昇した。加温水の入浴では入浴前後の口腔温と皮膚温の変化はみられなかった。

### 5. 気分の変化

POMS2 の標準化得点 (T 得点)<sup>19)</sup> で  $+2.5\text{SD}$  を超えていた被験者 1 名を除外した 9 名について、2日間の温泉浴の前後で、POMS2 の 7 項目を比較した。入浴前後の値は、怒り-敵意  $40.1 \pm 4.3$ ,  $38.2 \pm 0.7$  ( $p=0.160$ )、混乱-当惑  $44.6 \pm 6.7$ ,  $40.44 \pm 2.7$  ( $p=0.068$ )、抑うつ-落ち込み  $45.2 \pm 6.0$ ,  $43.3 \pm 3.4$  ( $p=0.149$ )、疲労-無気力  $39.8 \pm 3.1$ ,  $38.7 \pm 3.8$  ( $p=0.433$ )、緊張-不安  $45.0 \pm 8.2$ ,  $40.1 \pm 4.1$  ( $p=0.048$ )、活気-活力  $53.3 \pm 10.8$ ,  $48.3 \pm 11.6$  ( $p=0.064$ )、友好  $58.3 \pm 7.9$ ,  $55.4 \pm 11.4$  ( $p=0.370$ ) であった。総合的気分は  $41.9 \pm 4.3$ ,  $40.0 \pm 2.4$  ( $p=0.062$ ) であった。緊張-不安項目が有意に減少を示した。

## V. 考察

本研究では、温泉入浴の第2日目に血管内皮機能の指標である RHI が上昇した。RHI の上昇は血管内皮からの NO など血管拡張物質の増加を反映するとされる<sup>15)</sup>ため、不感温度の温泉で内皮依存性血管拡張反応がみられることが明らかとなった。

FMD を指標とした研究では、20分の高温 ( $41 \text{ }^\circ\text{C}$ ) のラジウム温泉入浴<sup>12)</sup>や、高齢者の塩化物温泉<sup>13)</sup>で血管拡張が確認されている。一方冠動脈に問題を抱える患者のサウナ浴では、サウナ使用後2週間で、使用前に比べ FMD%が上昇したという報告がある<sup>20)</sup>。野上ら<sup>21)</sup>は受動的な体温上昇が動脈スティフネスに及ぼす影響に着目し、健常高齢者を対象に異なる温度での加温水浴 (順不同) を 15 分実施して動脈スティフネスに及ぼす影響を検討した。その結果、 $35 \text{ }^\circ\text{C}$  の不感温浴では温浴前後の循環・体温動態などが baseline と比較して変化は認められず、大動脈・下肢動脈の脈波伝播速度 (pulse wave velocity : PWV) の急性変化は認められなかったが、 $40 \text{ }^\circ\text{C}$  温浴では下肢動脈の PWV が低下したと報告している。血管が硬く細くなると PWV は速くなり、血管の弾性 (伸展性) が高いと速度が低下する。温熱刺激による血管の伸展性は温度に依存するという報告がある<sup>22)</sup>。本研究で温泉入浴第1日目の RHI に変化がみられず、第2日目で RHI が上昇した。このことから、低い湯温の入浴の場合は一度の入浴ではなく連続した低い湯温入浴によって血管拡張反応が起こりやすくなる可能性があると推測される。対照実験で血管拡張反応の有意な変化がみられなかったのは、温泉成分の違いによるものであると考えられる。

心臓自律神経機能は、温泉入浴第1日目に変化がみられず、第2日目に副交感神経機能が高まった。第2日目の入浴後の気分プロフィール検査の POMS2 で、緊張-不安項目の低下がみられたことから、入浴による副交感神経の高まりと気分の変化は関連があるかもしれない。高村ら<sup>23)</sup>によれば、若年者の温泉利用の目的は、主に「疲労回復とリラックス」、次いで「ストレス解消」とされる。渡部らの研究では天然温泉水の入浴ではリラックス効果が示されたと報告されており<sup>4)</sup>、本研究の温泉入浴がストレス軽減につながったと考えられる。本研究の POMS2 の結果から、若年者の温泉利用の目的に適った不感温度の入浴は日帰りより宿泊入浴がよいと考えられる。今後は被験者数と温泉逗留期間を増やして自律神経機能

と気分の関係をさらに観察する必要がある。

収縮期血圧 (SBP) は第 1 日目, 第 2 日目ともに温泉後に上昇している。第 2 日目に RHI が増加しているのであれば, 2 日目の SBP の上昇は抑制される方が理解しやすいが, 実際には SBP は上昇した。高温ラジウム温泉入浴では, 血管内皮依存性の血管拡張と血圧の低下がみられている<sup>11)</sup>。その研究では, baseline の血圧が収縮期血圧  $124.0 \pm 3.7\text{mmHg}$ , 拡張期血圧  $75.3 \pm 2.9\text{mmHg}$  であり, 入浴後に下がった血圧値が本研究の被験者の baseline とほぼ等しい。初期血圧の違いも血圧の下がりにくさに影響を与えていた可能性がある。また第 2 日目の RHI の上昇は軽微なものであり, 血管拡張による血圧低下をもたらすほどの影響がみられなかったのかもしれない。

加温水を入れた家庭用浴槽の 2 日間の入浴では, 血管内皮機能, 自律神経機能, 体温と皮膚温に変化がみられなかった。美和らの若年男性による 38 度の入浴実験では, 循環機能や皮膚温にはあまり影響を及ぼさないと報告されている<sup>24)</sup>。不感温度は生理的变化が起きにくい温度と言われており<sup>7)</sup>, 不感温度の加温水による入浴ではこれらの変化は生じなかったと推測される。このことから各検査項目の変化は, 温泉の成分や温泉地への宿泊逗留の総合的効果によるものと言える。不感温度の温泉を利用する場合は, 日帰り入浴よりも 2 日間またはそれ以上の期間, 温泉地に逗留してゆっくりと入浴することが, 血管内皮細胞や自律神経機能への効果が高くなると予測される。今後は, 数日から 1 週間程度の温泉入浴が血管内皮機能にどのような影響を与えるか調べていく予定である。

## VI. 結論

血管内皮機能に及ぼす不感温度の温泉入浴は 1 日目より 2 日目に効果が現れた。

## VII. 謝辞

本研究は北杜市と健康科学大学の連携協定に基づき行われました。本研究の実施場所をご提供くださいました増富地域再生協議会, 富士河口湖町の宿泊施設の方々に厚くお礼申し上げます。

## VIII. 文献

- 1) 中村昭 : 日本温泉史ノート その 5. 安土桃山・江戸時代前期 . 日温気物医誌, 1984; 47(3-4), 147-149.
- 2) 杉山尚, 萱場倫夫, 桜井雅夫, 星信男, 大橋昭, 他 : 東北地方温泉地における湯治概況調査成績 VIII 山形県温海温泉に診ける湯治概況と医学的調査 . 日温気物医誌, 1959; 23(4), 501-521.
- 3) 片桐進, 佐藤和美, 荒井富, 鈴木康洋 : 山形県の温泉地における療養客の変遷 . 日温気物医誌, 1991; 54(4), 215-223.
- 4) 渡部成江, 森谷きよし, 角田 (矢野) 悦子, 阿岸 祐幸 : 天然温泉入浴とさら湯入浴の比較—ストレス軽減効果に着目して—. 日生気誌, 2009; 46(1), 27-34.
- 5) 日本交通公社 旅行年報 2019 第 1 編, 日本人の国内旅行 . [https://www.jtb.or.jp/wp-content/uploads/2019/10/nenpo2019\\_1-2.pdf](https://www.jtb.or.jp/wp-content/uploads/2019/10/nenpo2019_1-2.pdf) (2020 年 9 月 7 日)
- 6) 日本温泉総合研究所, <https://www.onsen-r.co.jp/data/cs/> (2020 年 8 月 24 日)
- 7) 中野匡隆 : 運動後の疲労回復の方法としての入浴が身体に及ぼす生理学的な影響 . 東邦学誌, 2013; 42(1), 97-107.
- 8) 杉山正悟 : Reactive hyperemia peripheral arterial tonometry (RH-PAT) による血管内皮機能評価 . 心臓, 2014; 46(10), 1330-1335.
- 9) Mullen MJ, Kharbanda RK, Cross J, Donald AE, Taylor M et al: Heterogenous nature of flow-mediated dilatation in human conduit arteries in vivo : relevance to endothelial dysfunction in hypercholesterolemia. Circ Res, 2001; 88(2), 145-151.
- 10) 吉田雅伸, 富山博史, 山科章 : 血管機能へのアプローチ 反応性充血試験 (FMD), PWV, 脈波解析, ABI で何が診断されるか . The Lipid, 2012; 23(1), 86-91.
- 11) Taylor WF and Bishop VS: A role for nitric oxide in active thermoregulatory vasodilation. Am J Physiol, 1993; 264: 1355-1359.
- 12) 平山匡男, 西田浩志, 渡辺賢一, 荒木善紀, 後藤博 他 : ラジウム温泉浴が健康成人の血管内皮機能, 生理学的検査値および自覚的体感に及ぼす影響 . 新潟医学会雑誌, 2012; 126(4), 217-226.
- 13) 岩波久威, 岩波佳江子, 平田幸一 : 塩化物泉浴における血流依存性血管反応の検討 . 日温気物医誌, 2013; 76(4), 287-292.
- 14) 血管機能の非侵襲的評価法に関するガイドライン, 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011-2012 年度合同研究班報告) [https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2020/02/JCS2013\\_yamashina\\_h.pdf](https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2020/02/JCS2013_yamashina_h.pdf). (2016 年 12 月 11 日)
- 15) Nohria A, Gerhard-Herman M, Creager M, Hurley S, Mitra S : Role of nitric oxide in the regulation of digital pulse volume amplitude in humans. J Appl Physiol, 2006; 101, 545-548.

- 16) Kuvin JT, Patel AR, Sliney KA, et al. : Assessment of peripheral vascular endothelial function with finger arterial pulse wave amplitude. *Am Heart J*, 2003; 146, 168-174.
- 17) Fukumoto K, Takemoto Y, Norioka N, Takahashi K, Namikawa H, et al.: Predictors of the effects of smoking cessation on the endothelial function of conduit and digital vessels. *Hypertens Res*, 2020 Jul 21. doi: 10.1038/s41440-020-0516-z.
- 18) 日本自律神経学会：自律神経機能検査，第4版．文光堂，東京，2007. pp.164-168.
- 19) 横山和仁監訳：Heuchert JP and McNair DM: Profile of Mood States Second Edition POMS2 日本語版 マニュアル，金子書房，2015.
- 20) Imamura M, Biro S, Kihara T, Yoshifuku S, Takasaki K, et al.: Repeated thermal therapy improves impaired vascular endothelial function in patients with coronary risk factors. *J Am Coll Cardiol*, 2001; 38(4):1083-188.
- 21) 野上順子，野上佳恵：温浴の温度差が高齢男性の動脈ステイフネスに及ぼす影響．*日温気物医誌*，2019; 82(2), 86-91.
- 22) Guinea GV, Atienza JM, Elices M, Aragoncillo P, Hayashi K: Thermomechanical behavior of human carotid arteries in the passive state. *Am J Physiol*, 2005; 288, 2940-2945.
- 23) 高村美加，和田由美子，山崎百子，三科貴博：若年男性と高齢男性における入浴習慣と健康との関係—探索的調査—.*健康科学大学紀要*，2010; Vol.6, 151-171.
- 24) 美和千尋，岩瀬敏，小出陽子，杉山由樹，松川俊義，間野忠明：入浴時の湯温が循環動態と体温調節に及ぼす影響．*総合リハ*，1998; 26(4), 355-361.

(受付日 2020 年 9 月 24 日)

(受理日 2020 年 12 月 10 日)

## Abstract

Reaction hyperemia index (RHI) is an indicator for endothelium-derived relaxing factor (EDRF) produced by vascular endothelial cells. The current study examined whether hot spring bathing increases RHI by enhancing EDRF production. The participants are college students, including 6 males and 4 females. They took a hot spring bath for 30 min a day in successive 2 days. As a control, participants also took a tap water bath with the same water temperature as hot spring, 35-37°C. RHI, determined by peripheral arterial tonometry, increased by hot spring bathing on Day 2 ( $p=0.012$ ). Hot spring bathing on Day 1 and tap water bathing did not cause any changes in RHI. Skin temperature increased by hot spring bathing both on Day 1 and Day 2 ( $p=0.001$  and  $0.007$ ), however, tap water bathing caused no changes in skin temperature. The study suggests a possibility that repeating hot spring bathing improves the function of vascular endothelial cells.

Key words: hot spring, vascular endothelial cells, Reaction hyperemia index (RHI)