

山形県湯野浜温泉の温泉浴の効果

前田真治^{1)*}, 中村壽志¹⁾²⁾

(令和2年4月24日受付, 令和2年6月17日受理)

Effects of bathing of Yunohama hot spring (chloride spring)
at Yamagata prefecture in JapanMasaharu MAEDA^{1)*} and Hisashi NAKAMURA¹⁾²⁾

Abstract

The purpose is to study the medical effects of the Yunohama hot spring (chloride hot spring). 14 local residents whole body bathed for 15 minutes in hot spring water and tap water at 42°C. The following items were measured : blood pressure, pulse, surface skin temperature at the forehead, deep body thermometer, femoral surface skin blood flow, NK cell activity, HSP70, salivary chromogranin A protein. The measured values were compared with the one-way analysis of variance and the Mann-Whitney U test by calculating the rate of change from before bathing.

As a result, blood pressure, pulse, surface skin temperature, deep body thermometer, and femoral skin blood flow did not show any interaction, and the main effect of elapsed time was observed. Changes in the deep body thermometer showed a rise of 1.8% (0.71°C) in the tap water group (TWG) and 2.8% (1.00°C) in the hot spring water group (HSG) 15 minutes after bathing. After 30 minutes of bathing, the temperature rise in the TWG was 1.3% (0.52°C) and the HSG was 1.9% (0.66°C), which was 0.6% higher. The femoral skin blood flow was 288.8% (10.3 ml/min/100 g) in the HSG, showing an increasing tendency compared to 219.5% (7.9 ml/min/100 g) in the TWG. NK cell activity and HSP70 were significantly increased in the HSG (NK cell activity : 31.42%, HSP70 : 11.57%) compared with the TWG (NK cell activity : -9.37%, HSP70 : 2.44%). The salivary chromogranin A protein conversion was significantly decreased in the HSG (-18.75%) compared to the TWG (35.96%).

The effect of Yunohama hot spring is thought to be caused by the thermal effect of chloride hot springs. As a result, body temperature increasing, heat keeping and blood flow increasing after single bathing, immunity enhancement and protein repair function enhance-

¹⁾国際医療福祉大学大学院 リハビリテーション学分野 〒324-8501 栃木県大田原市北金丸 2600-1. ¹⁾Department of Rehabilitation, International University of Health & Welfare, graduate school 2600-1 Kitakanemaru Ohtawara-city Tochigi-prefecture 324-8501, Japan. *Corresponding author : E-mail mm@iuhw.ac.jp, TEL : 0287-24-3000, FAX : 0287-24-3081.

²⁾湘南医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 理学療法専攻 〒244-0806 神奈川県横浜市戸塚区上品濃 16-48. ²⁾Division of Physical Therapy, Department of Rehabilitation, Faculty of Medical Sciences, Shonan University Medical Sciences, 16-48 Kamishinano, Totsuka-ward, Yokohama-city, Kanagawa-prefecture 244-0806, Japan.

ment effect after 2 days of bathing, and relaxation effect immediately after bathing was recognized.

Key words : chloride hot spring, thermo-effects, NK cell activities, heat shock proteins, salivary chromogranin A protein

要 旨

本研究では湯野浜温泉の効果の検証を目的とした。地域住民14人に42℃ 15分間の温泉浴を行い、水道水浴を対照に、血圧、脈拍、表面皮膚温、深部体温計、大腿部皮膚血流量、NK細胞活性、HSP70、唾液クロモグラニンAを測定した。入浴前に対する変化率から二元配置分散分析とMann-Whitney検定で比較した。結果は、血圧、脈拍、表面皮膚温、深部体温計、大腿部皮膚血流量は交互作用は認めず、経過時間の主効果を認めた。深部体温計は、入浴後15分で水道水群1.8% (0.71℃)・温泉群2.8% (1.00℃)の体温上昇を認め、出浴後30分で水道水群1.3% (0.52℃)・温泉群1.9% (0.66℃)となり0.6%体温が高かった。大腿部血流量は、水道水群219.5% (7.9ml/分/100g)に比べ、温泉群は288.8% (10.3ml/分/100g)と増加傾向を認めた。NK細胞活性とHSP70は、水道水群(NK細胞活性:-9.37%, HSP70:2.44%)と比べ温泉群(31.42%, 11.57%)は有意な増加を認めた。唾液クロモグラニンAは、水道水群(35.96%)に比べ温泉群(-18.75%)は有意な減少を認めた。結論として、湯野浜温泉の効果は主に塩化物泉の温熱効果で、1回入浴での体温上昇・保温・血流量促進効果、入浴2日後の免疫力上昇とタンパク修復機能亢進、浴直後の心理的リラックス効果を認めた。

キーワード：塩化物泉、温熱効果、NK細胞活性、ヒートショックプロテイン、唾液中クロモグラニンA

1. はじめに

湯野浜温泉は東北山形県の日本海に面した地にあり、2018年5月25日に国民保養温泉地に指定されている(環境省, 2018)。温泉はナトリウム・カルシウム—塩化物泉であり、源泉の温度は56.4℃、温泉1kg中のナトリウムイオン1236mg、カルシウムイオン628.7mg、塩素イオン2589mg、溶存物質総量4944mg、pH7.9の弱アルカリ性塩化物泉である(Table 1)。塩化物泉のため体温上昇効果、保温効果など(鏡森ら, 2002)、いわゆる「熱の湯」としての特質を備えていると考えられるが、その程度などについては、これまで実証した研究はない。

そこで、湯野浜温泉の健康増進に対する効果をみるために、湯野浜温泉水を用いて、水道水入浴と対比することで、温熱効果を検証することを目的とした。なお、この研究の特殊性は温泉地を訪れるという転地効果の影響を排除するために異なる地域からの被検者ではなく、その温泉地に慣れ住んだ地域住民を対象にその効果を検証した。

2. 対 象

対象は、湯野浜温泉地区に住む住人14名であり、42℃水道水群:7名(男性:女性=3:4, 65.4±6.5歳)、42℃温泉水群:7名(男性:女性=4:3, 62.4±5.8歳)の2群に分けた。

3. 方 法

湯野浜温泉は無色無臭で、口に含まなければ温泉か水道水か判別がつかないため、すべての被検者には、180Lの浴槽に水道水か温泉水かを示さずに入浴させた。

Table 1 Components of Yunohama hot spring sources (Yunohama No. 1, 2, 3, 4 and 5 hot springs supplied from Yunohama Onsen Hot Spring Co., Ltd. South Distribution Center; April 7, 2017 analysis)

(1) cation	mg/kg	(2) anion	mg/kg
sodium ion	1236	chloride ion	2589
calcium ion	628.7	sulfate ion	323.2
potassium ion	18.2	bicarbonate ion	15.8
magnesium ion	2.3	bromine ion	1.6
lithium ion	0.9	iodine ion	0.2
		carbonate ion	0.1
(3) free component			
①non-dissociated component	mg/kg	②dissolved gas component	mg/kg
meta silicic acid	43.0	free carbon dioxide	0.3
meta boric acid	118.2		
(4) Other minor components			
manganese ion	0.04		
copper ion	0.02		

Source temperature : 56.4°C, pH : 7.9

測定は、2日前から運動・全身入浴を禁止し（短時間のシャワー浴のみ可）、実験開始前に座位安静後に採血と唾液採取、入浴前5分前値測定、胸部上方2/3までの全身浴15分、出浴後30分間とし、出浴直後に唾液採取、入浴実験後運動・入浴を禁止し2日後に採血を行った。入浴前後および入浴中の測定は血圧脈拍、前額部表面皮膚温、前胸部深部体温計（テルモ社製CTM205）、大腿部レーザードップラー血流計（アドバンス社製AFL-21）を用いた。採血内容は免疫力の指標であるNK細胞活性とタンパク質修復物質のHSP70（Heat Shock Protein 70）とし、唾液は心理的ストレスの指標である唾液中クロモグラニンA（Chromogranin A）（畑潮ら，2011）を測定した（Fig. 1）。計測した値は、個人によるばらつきの影響を是正するため変化率 $\{(\text{後値} - \text{前値}) / \text{前値} \times 100\}$ を算出した。統計学的解析は、血圧脈拍・前額部表面皮膚温・前胸部深部体温計・大腿部レーザードップラー血流計について2要因（群間、経過時間）による二元配置分散分析（two-way ANOVA）を用いて、交互作用を認めた項目は事後検定として多重比較検定（Bonferroni法）およびMann-Whitneyの検定を実施した。また、NK細胞活性・HSP70・唾液中クロモグラニンAについて群間比較をするためにMann-Whitneyの検定を実施した。統計解析ソフトはIBM SPSS statistics 23を使用し、有意水準は5%とした。

なお、本研究については国際医療福祉大学大学倫理審査施設委員会の承認を得ている（18-10-69）。COIとして、国土交通省・環境省の地域活性化事業の研究費の委託を受けている。

4. 結 果

4.1 血圧・脈拍

入浴中の血圧は、胸部の水圧と加温による血管拡張による影響で30~40%（20~30mmHg）の低下がみられ入浴後徐々に10mmHg程度上昇した。脈拍も入浴中体温の上昇とともに15分後には15~20%（10拍/分）上昇した。収縮期血圧（ $p=0.74$ ）・拡張期血圧（ $p=0.69$ ）・脈拍（ $p=0.53$ ）

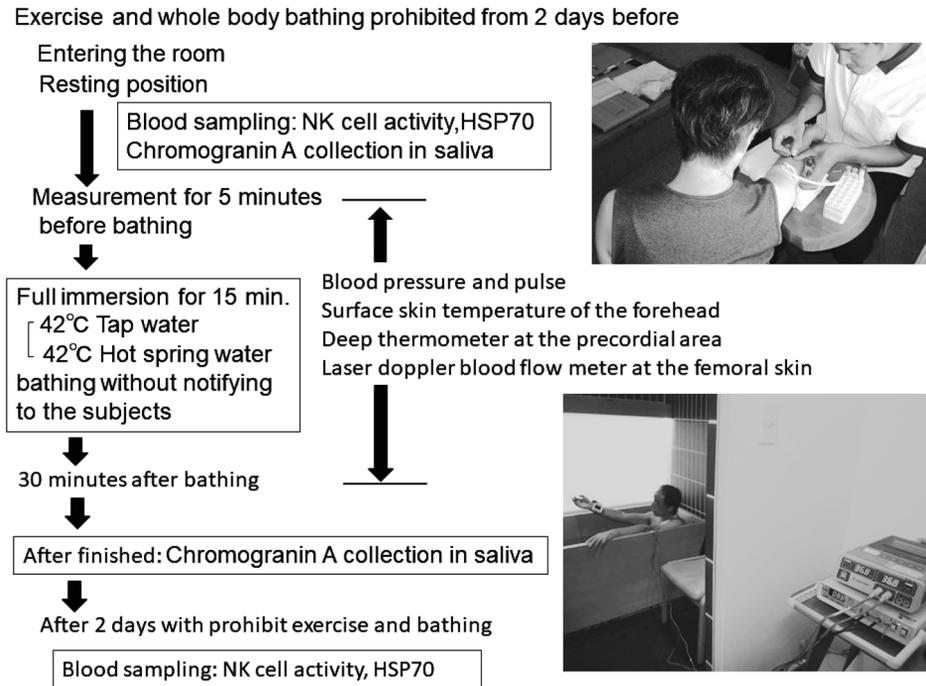


Fig. 1 Measurement procedure

は、交互作用を認めなかった。また、拡張期血圧 ($p=0.00$) と脈拍 ($p=0.00$) は経過時間の主効果を認めた。

4.2 体温の変化

前額部表面皮膚温は、入浴後15分で水道水群2.8%・温泉水群2.9%で両群とも約0.9℃上昇し、その後15分で前値に復帰した。前胸部深部体温計は、入浴後15分で水道水群は1.8% (0.71℃) の上昇であったが、温泉水群は6~8分くらいから急激に体温上昇をきたし15分後には2.8% (1.00℃) に達していた。出浴後30分で水道水群1.3% (0.52℃)、温泉水群1.9% (0.66℃) であり温泉水群のほうが0.6%高い値であった (Fig. 2)。前額部表面皮膚温 ($p=1.00$)・前胸部深部体温計 ($p=0.11$) は、交互作用を認めなかった。また、前額部表面皮膚温 ($p=0.00$) は経過時間の主効果を認め、前胸部深部体温計は群間 ($p=0.00$) および経過時間 ($p=0.00$) の主効果を認めた。

4.3 皮膚血流量

湯の中に入っている大腿部表面皮膚血流量は、入浴中は徐々に増加し15分後で水道水群219.5% (7.9 ml/分/100 g) に比べ、温泉水群は288.8% (10.3 ml/分/100 g) と増加傾向が確認できる。出浴後は10分程度で前値までもどった (Fig. 3)。大腿部レーザードップラー血流計 ($p=0.96$) は、交互作用を認めなかった。また、群間 ($p=0.00$) および経過時間 ($p=0.00$) の主効果を認めた。

4.4 免疫機能

免疫力の指標であるNK細胞活性は、入浴前と入浴2日後の変化率が水道水群と比較して温泉水群は有意な増加を認めた (Table 2)。

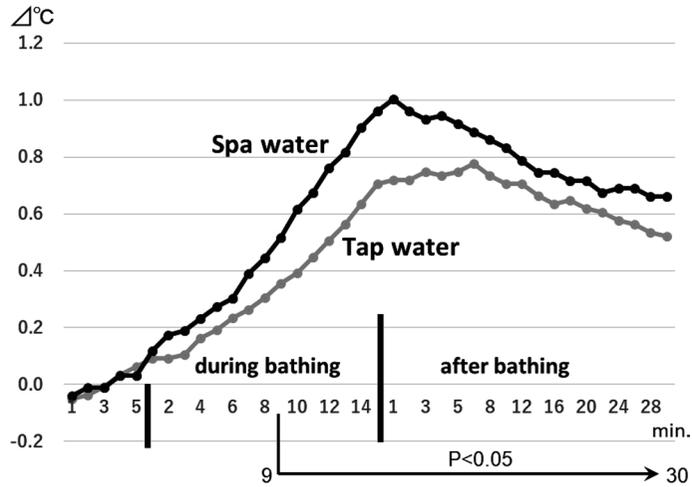


Fig. 2 Changes of the deep body thermometer (There was an interaction and a significant difference was observed from 9 min. after the start of bathing to 30 min. after bathing.)

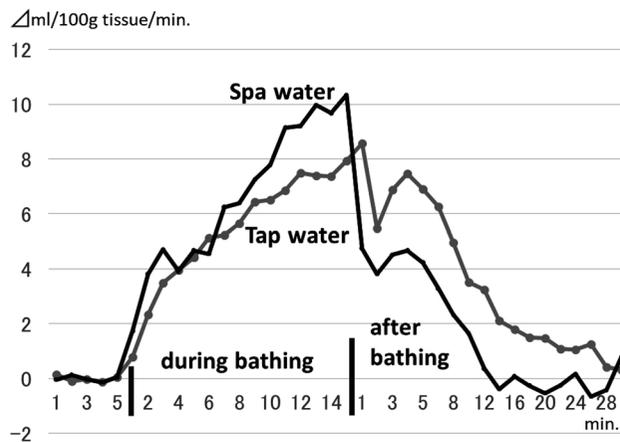


Fig. 3 Changes of the surface skin blood flow on thigh. (There is a main effect in the two-way ANOVA and there is a significant difference between hot spring water and tap water, but since there is no interaction, it is not possible to display the significant difference at each measurement point.)

4.5 タンパク修復機能 (HSP70)

タンパク修復機能の指標としてのHSP70は、入浴前と入浴2日後の変化率が水道水群と比較して温泉水群は有意な増加を認めた (Table 2).

4.6 唾液中クロモグラニン A

心理的ストレス指標として入浴前後の唾液中クロモグラニン A は、入浴前と入浴2日後の変化率が水道水群と比較して温泉水群は有意な減少を認めた (Table 2).

Table 2 Changes in NK cell activity and HSP70 after 2 days, and changes in salivary chromogranin A before and after bathing

Item	Tap water (n=7)	Spa water (n=7)	P-value
NK cell activities	-9.37 (-29.69~-4.44)	31.42 (23.80~36.36)	0.02
HSP70	2.44 (-4.15~9.84)	11.57 (6.06~19.46)	0.04
Chromogranin A protein conversion	35.96 (-8.51~78.82)	-18.75 (-20.42~-8.27)	0.03

5. 考 察

湯野浜温泉は塩化ナトリウムに換算して約0.4%, その他の塩類を加えると0.6%程度となる。水道水群に比較すると早期に温まりやすく保温力も高い泉質と考えられる(堀切ら, 2000)。成分からの化学的効果は塩類による効果が主なものと考えられる。

湯野浜温泉に暮らす地域住民はその地域に住むため、転地による温泉の医学的効果を排除でき、免疫やストレスなどへの影響が少なく済むものと考えられ対象として採用している。

血圧・脈拍の結果は通常の温水に対する反応と考えられ、入浴直後から静水圧により収縮期・拡張期血圧は20mmHg程度下がり、その後、温熱刺激による血管拡張などによりわずかに低下し、出浴後すぐに元のレベルに復帰している。また脈拍も入浴後から徐々に上昇したのも体温上昇に伴う反応と解釈できる。

深部体温計の変化から温泉水群が水道水群に比較して上昇しており、塩化物泉による温熱効果と考えられる。熱エネルギーが体内に入るぶん体温は高くなり、出浴後も熱の放散に時間がかかることと、皮膚表面に塩類の結晶などが形成されるための保温効果と考えられる(前田ら, 2007)。これらの温熱作用は腰痛(佐藤ら, 1998a, 1998b)、関節リウマチ(Sukenikら, 1995)、変形性関節症(Forestierら, 2016)などの疼痛性疾患にも効果が期待できるとと思われる。

大腿部皮膚血流量の変化は熱エネルギーが血管内に入ったときの一酸化窒素(NO)を介した血管拡張効果(Furchgottら, 1980, Chowienczykら, 1994, 植田真一郎2008)によるもので、出浴後は体温の下降とともに低下したと考えられた。

NK細胞活性でみた免疫力の変化は、水道水群と比較して温泉水群の有意な増加を認めたため、温泉水群の方が熱刺激は大きかったと考察できる(王ら, 1999, 松野ら1999, 北田ら2000)。

HSP70でみるタンパク修復機能の変化率も同様で、温泉水群の有意な増加を認めたため、温泉水群の方がタンパク修復機能の亢進があるものと推察できる。これはわずかではあるが温泉水群のほうが体温上昇の影響が認められた反応と考えられる(Maedaら, 2007)。

唾液クロモグラニンAの変化率は、水道水群に比べて温泉水群は有意な減少を認めた。唾液クロモグラニンAは値が小さいほど心理的ストレスが少ないと解釈でき、温泉水群の方が心理的ストレスを緩和できると思われ、緩徐な体温上昇効果や保温効果によってもたらされるものと考察する。

今回確認された湯野浜温泉の温熱効果は、同様の泉質を持つナトリウム塩化物温泉でも同様の効果が期待できると推察する。

6. 結 語

以上より、湯野浜温泉は0.4%程度の塩化物泉の効果として、水道水に比べ体温上昇効果と保温

効果のある温泉水である。またそれに伴い温泉水は水道水に比較し温熱効果による免疫力増強効果が認められる。さらにHSP70でみるタンパク修復機能も水道水に比較し有意に上昇し、タンパク修復機能も温泉水のほうが良好であると考えられた。さらに、心理的ストレスの改善に関しても、温和な体温上昇と保温効果から温泉水のほうがストレス解消すると認められる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、研究に協力していただいた湯野浜温泉の地域住民の皆様、ならびに実験場を提供していただいた湯野浜温泉「亀や」の阿部公和殿、温泉組合の佐藤航殿ならびに関係者の皆様に感謝するとともに、HSP70の測定を快く引き受けていただいた伊藤要子先生に深謝いたします。

引用文献

- Chowienczyk, P.J., Cockcroft, J.R., Ritter, J.M. (1994) : Blood Flow Responses to Intra-Arterial Acetylcholine in Man : Effects of Basal Flow and Conduit Vessel Length. *Clin Sci.* **87**, 45-51.
- Forestier, R., Erol, Forestier, F.B., Francon, A. (2016) : Spa Therapy and Knee Osteoarthritis : A Systematic Review. *Ann Phys Rehabil Med.* **59**, 216-226.
- Furchgott, R.F., Zawadzki, J.V. (1980) : The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. *Nature.* **288**, 373-376.
- 畑潮, 小杉幹子, 小野寺敦子 (2011) : 唾液中クロモグラニン A を指標とした心理的ストレス反応とエゴ・レジリエンスとの関連. *目白大学心理学研究* **7**, 67-80.
- 堀切 豊, 下堂園恵, 王小軍, 須藤和彦, 林菊若, 田中信行, 小原該一 (2000) : 高濃度塩類泉 (Na, Ca, Mg 塩化物, 硫酸塩) 入浴の深部体温と循環動態への効果. *日温気物医誌* **63**, 181-186.
- 鏡森定信, 王紅兵, ナセルモアツテリアリ, 張森, 関根道和, 堀井裕子, 新村哲夫, 西野治身, 大村 栄 (2002) : 海洋深層水温浴効果の心理・生理学的指標による検討. *日温気物医誌*, **65**, 73-82.
- 環境省 (2018) : 湯野浜温泉国民保養温泉地計画書, www.env.go.jp/nature/onsen/area/pdf/hoyo_014.pdf
- 北田仁彦, 宛文涵, 松井恒二郎, 松井健一郎, 清水昌寿, 山口宣夫, 大川尚子 (2000) : 短期温泉浴による末梢白血球亜群の量的変動と分布率別調節 対照実験を併設して. *日温気物医誌* **63**, 151-164.
- Maeda, M., Itoh, Y., Sugawara, M., Nagumo, H., Ichikawa, M., Miura, Y., Hara, M. (2007) : Changes in HSP (Heat Shock Protein) 70 due to CO₂ warm water bathing. *日温気物医誌* **70**, 223-226.
- 前田眞治, 南雲浩隆, 菅原光晴, 市川 勝, 三浦慈子 (2007) : 塩化ナトリウム温水, 炭酸水素ナトリウム温水, 二酸化炭素温水の保温効果. *日温気物医誌* **71**, 50.
- 松野栄雄, 王秀霞, 宛文涵, 松井健一郎, 大川尚子, 杉山 徹, 甲野裕之, 清水昌寿, 頼 精二, 山口昌夫, 山口宣夫 (1999) : 短期温泉浴と末梢血液中免疫担当細胞への影響 質的検討. *日温気物医誌* **62**, 135-140.
- 佐藤浩平, 工藤興寿, 横山義弘, 土佐典夫 (1998a) : 温泉浴による尿中グリコサミノグリカンの変動. *日温気物医誌* **61**, 74-78.
- 佐藤浩平, 工藤興寿, 横山義弘, 土佐典夫 (1998b) : 温泉浴による尿中ムチン分泌の変動. *日温気物医誌* **61**, 157-162.
- Sukenik, S., Neumann, L., Flusser, D., Kleiner-Baumgarten, A., Buskila, D. (1995) : Balneotherapy

for rheumatoid arthritis at the Dead Sea. *Isr J Med Sci.* **31**, 210-214.

植田真一郎 (2008) : ヒト血管内皮機能測定法. *日薬理誌* **131**, 269-274.

王秀霞, 北田仁彦, 松井健一郎, 大川尚子, 杉山 徹, 甲野裕之, 清水昌寿, 頼 精二, 松野栄雄, 山口昌夫, 山口宣夫 (1999) : 短期温泉浴と末梢血液中免疫担当細胞への影響 量的変動. *日温気物医誌* **62**, 129-134.