

# ナノミストサウナとミストサウナ使用による生体変化の比較

渡辺 賢一・小林 義保・張馬 梅薔・水戸沙耶佳

ラジャラジャン アメルダリングム タンダバラヤン・ワワイムリ アロザル  
フロリ ラトナ サリ・嶋崎 裕子・川面 香奈・ビジャイコマラ スグマーラン  
結城 智史・ラクシュマナン アルン パラサ

新潟薬科大学 薬学部 臨床薬理学

本間 隆

株式会社コロナ 技術本部研究開発センター

後藤 博

新潟バイオリサーチパーク株式会社 事業推進部

## Comparison of Vital Reaction by Nanomist and Mist Sauna

Kenichi WATANABE, Yoshiyasu KOBAYASHI, Meilei HARIMA, Sayaka MITO, Rajarajan A THANDAVARAYAN,  
Wawaimuli AROZAL, Flori RATNA - SARI, Hiroko SHIMAZAKI, Kana KAWAZURA,  
Vijayakumar SUKUMARAN, Satoshi YUUKI and Arun Prasath LAKSHMANAN

*Department of Clinical Pharmacology, Niigata University of Pharmacy and Applied Life Sciences*

Takashi HONMA

*Research and Development Center, Engineering Division, Corona Corporation*

Hiroshi GOTOU

*Promotion Division, Niigata Bio Research Park*

### 要 約

【目的】 マイナスイオンには、疲労回復効果・リラックス効果・ストレス改善効果・血圧改善作用があるといわれている。そのため、マイナスイオンを帯びたナノミスト低温サウナは、より有用性が期待される。ナノミストサウナとミストサウナ間での安全性と有用性をボランティア健常者にて比較検討した。

【方法】 健常者 16 名を、8 名ずつナノミストサウナ・ミストサウナの 2 群に分け、クロスオーバー法で検討した。20 分 10 日間連日サウナ入浴後、18 日間の休止期間後前回と異なるサウナへ 10 日間連日入浴し、Visual Analogue Scale (VAS)・血圧・Double Product (DP = 収縮期血

Reprint requests to: Kenichi WATANABE  
Department of Clinical Pharmacology  
Niigata University of Pharmacy and Applied Life  
Sciences  
265 - 1 Higashijima Akihaku,  
Niigata 956 - 8603 Japan

別刷請求先：〒956 - 8603 新潟市秋葉区東島 265 - 1  
新潟薬科大学 薬学部 臨床薬理学 渡辺 賢一

圧×脈拍数)・血液生化学・尿中 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG)・ferric reducing ability of plasma/antioxidant power (FRAP)・natural killer (NK) 細胞活性などを検討した。

【結果】本試験中に、有害事象・中止・脱落は見られなかった。ナノミストサウナとミストサウナ両群で入浴前に比較して入浴後、心拍数・DP・赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン・血清FRAP (FRAP Trolox, FRAP アスコルビン酸)・NK 細胞活性が軽度増加した。一方両群で、VAS・体重・尿中 8-OHdG は低下した。また、それぞれの検査値について2群間で有意差はみられなかった。一方、アンケート調査による好感度はナノミストサウナのほうが高かった。

【総括】これらから、ナノミストサウナ・ミストサウナ両群の入浴による効果に大きな違いは見られないがこれらの入浴は安全に軽度の心臓血管系負荷をかけることができ、更に抗酸化作用・抗加齢老化作用を有すると考えられた。また、ナノミストサウナのほうがより良い快適感・好感を得ると考えられた。

キーワード：ナノミストサウナ, ミストサウナ, サウナ入浴, マイナスイオン, 抗酸化作用, 温浴療法, 8-ヒドロキシ-2-デオキシグアノシン (8-OHdG)

## Abstract

Negative air ions have beneficial effect for a vital reaction. We examined anti-aging and health promoting effects of mist sauna and nanomist sauna (mist sauna with nano-size water polo including negative ion). Sixteen subjects (35 ~ 56 years, mean age 46.1 ± 1.4 years, 2 women and 14 men) volunteered for this investigation providing informed consent. The investigation was performed as a double-blind crossover study. Subjects were randomly assigned to the Crossover study with mist and nanomist sauna for 10 days for each regimen. Before and after the 20 minutes/day sauna bathing for 10 days continuously, the physiological, biochemical and psychological measurements were performed: body weight, blood pressure, heart rate, double product (systolic blood pressure × heart rate), blood and serum tests, urine 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG), ferric reducing ability of plasma/antioxidant power (FRAP), natural killer-cell activity and questionnaires with visual analogue scale (VAS). There was no dropped out subject nor accident during this study. VAS, body weight and 8-OHdG were decreased, and heart rate, DP, RBC, hemoglobin, FRAP (FRAP-trolox and FRAP-ascorbic acid) and natural killer-cell activity were increased just after single or continuous 10 day's sauna bathing. There is no significant difference between two groups. These data suggest that balneotherapy with nanomist sauna and mist sauna is very useful for anti-aging and health promotion.

**Key words:** nanomist sauna, mist sauna, sauna bathing, negative ion, antioxidant, balneotherapy, 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG)

## 背 景

入浴法には浴槽入浴・ドライサウナ・ミストサ

ウナなどがある。サウナ入浴の目的は発汗作用促進であるが、さらに疲労回復・美容・減量・気分転換などに使用されている<sup>1-11)</sup>。日本では浴槽

入浴が一般的である。サウナは北欧で普及していたが日本でも健康ランド・銭湯で使用され、今日では家庭用サウナも普及している。ボックス型サウナルームを浴室に併設し、温度が70～100℃、湿度が10%程度の熱気浴を行う「ドライサウナ」が一般的である。一方、蒸気（ミスト）を用いて室内を低温（約40℃）で高湿度（90%以上）にしたサウナ「ミストサウナ」が体への負担が比較的少なく発汗できることから、近年の健康志向への高まりと相まって注目を集めている<sup>8-10)</sup>。このミストサウナは血圧上昇などの温熱負荷がドライサウナよりも少なく、末梢循環改善や発汗促進などの有用性が高いことが報告されている。株式会社コロナでは数年前から、独自の水破碎技術の研究開発を進めており、この技術を搭載した「ナノミストサウナ」を開発し販売している。この「ナノミストサウナ」は温度40℃、相対湿度90%以上で、搭載されているナノミスト発生機から、ナノサイズの微小水粒が放出されているため、水濡れ感がほとんどないのが特徴である。マイナスイオンを帯びたナノミスト低温サウナは通常のサウナや入浴よりも体に負荷を与えずに疲労回復効果や免疫増強効果などが期待され、生活習慣病に関わる生化学指標の改善効果なども期待される<sup>11)12)</sup>。

本試験では、ナノミストサウナとミストサウナの1日1回入浴前後及び10日間の連日入浴が及ぼす生理変化を比較・検証し、国民の健康増進に寄与できる可能性を実証することを目的とした。

## 対象と方法

### 1. 被験者

本試験に事前に文書で同意を得られた者で、下記の被験者の選定基準を満たし、かつ除外基準に抵触しない者を対象とした。本試験希望者に対し、説明文書を用いて試験の意義・目的・方法・予想される健康被害等につき説明を行い十分な理解を得た上で、書面による同意を得られた個人を対象とした。年齢20～60歳の健常男女で試験開始前1ヶ月以内の健康診断検査値で試験責任医師が被

験者として適切だと判断した者を候補者とした。

除外基準は、①重篤な肝障害・腎障害・心血管系障害等で本試験に不適当と考えられる者、②試験開始前4ヶ月以内に他の臨床試験に参加し治験薬又は試験食を投与された者、③その他試験責任医師が被験者として不適格と判断した者、である。

### 2. 試験製品

本試験に使用された製品は、株式会社コロナより提供されたものを使用した。

試験製品（ナノミストサウナ）

使用温度：40℃（水溫過昇防止装置：作動温度60℃）

相対湿度：90%以上

循環風量：約2.0m<sup>3</sup>/分

ミストモーター：作動タイプ（マイナスイオンを放出しつつナノミストを発生）

対照製品（ミストサウナ）

使用温度：40℃（水溫過昇防止装置：作動温度60℃）

相対湿度：90%以上

循環風量：約2.0m<sup>3</sup>/分

ミストモーター：停止タイプ（非マイナスイオンと非ナノミスト状態）

### 3. 試験方法・評価項目と方法

本試験開始1ヶ月以内の健康診断データや医師の間診によって判断された被験者22名の希望者に対し、試験責任医師によって選定された16名で本試験を開始した。女性2名・男性14名で、35歳～56歳平均46.1±1.4歳である。被験者は、ランダム化された8名ずつの2グループに分け、それぞれの群において試験製品と対照製品とのクロスオーバー試験を実施した。被験者には決められたナノミストサウナ（ナノミストサウナ群）、ミストサウナ（対照群）を毎日20分10日間連日入浴し、その後休止期間を18日経て前回と異なるサウナ（ナノミストサウナ群は対照群へ、対照群はナノミストサウナ群）へ10日間連日入浴し、ナノミストサウナ及びミストサウナの単回入浴効

表1 検査・観察項目

項目	内容
疲労感評価	Visual Analogue Scale (VAS) 検査
自覚症状・他覚症状	問診、アンケート
理学的検査	身長(初回のみ)、体重、体脂肪率、血圧、脈拍数 Double Product (収縮期血圧 x 脈拍数)
血液学的検査	赤血球数、白血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血小板数、 白血球分画(好中球、好塩基球、好酸球、リンパ球、単球)
生化学的検査	総コレステロール、中性脂肪、LDL-C、HDL-C AST(GOT)、ALT(GPT)、 $\gamma$ -GTP、ALP、LDH、アミラーゼ、CPK、 総タンパク、アルブミン、総ビリルビン、尿素窒素、クレアチニン、ナ トリウム、カリウム、クロール、カルシウム、血清鉄、尿酸、随時血糖、 乳酸
尿検査	PH、蛋白、糖、ウロビリノーゲン
抗酸化機能検査(血中)	Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP。アスコルビン酸と Trolox)
酸化ストレス検査(尿中)	尿中8-ヒドロキシ-2-デオキシングアノシン(8-OHdG)
免疫機能検査	NK細胞活性
体調記録表の記入(試験 製品、対照製品使用時毎 日記入する)	ナノミストサウナ・ミストサウナの使用時間や使用後の体調の変化等の 記録

表2 検査時期

検査時期 検査項目	第1期				第2期(第1期終了後18日間休止)			
	1日目		10日後		1日目		10日後	
	入浴前	入浴後	入浴前	入浴後	入浴前	入浴後	入浴前	入浴後
VAS検査	○	○	○	○	○	○	○	○
問診		○		○		○		○
理学的検査	○	○	○	○	○	○	○	○
血液学的検査	○	○	○	○	○	○	○	○
生化学的検査	○	○	○	○	○	○	○	○
尿検査	○		○		○		○	
抗酸化機能検査	○	○	○	○	○	○	○	○
酸化ストレス検査	○		○		○		○	
免疫機能検査	○		○		○		○	

果、生理変化および10日間連日入浴による効果、生理変化を検討した。心理反応は、主観申告の Visual Analogue Scale (VAS) 検査による快適感・ストレス感・体のすっきり感評価を行った。このVAS検査は、日本疲労学会が推奨する疲労感の評価方法で100mmの線上に左右両端に示した感覚を参考に絶対的な感覚を評価する検査である。被験者は1日目入浴前後及び連日使用10日目入浴前後にVAS検査・採血検査・観察を実施した(表1・2)。さらに、どちらのサウナがよりよく感じたかアンケート調査を行った。

血圧・脈拍数は、入浴直前直後に座位で測定した。更に Double Product (DP = 収縮期血圧×脈拍数 mmHg・beats/min) を対比検討した。

尿中酸化ストレス検査として、尿中8-Hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG) を測定した。尿中8-OHdG濃度をクレアチニンで補正した8-OHdG<sub>cre</sub>を比較検討した。

血中抗酸化力測定のために、Ferric Reducing Ability of Plasma/Antioxidant Power (FRAP) 鉄還元能を測定した。マイナス20℃遮光保存の検体を、抗酸化物質存在下で Ferric-tripyridyltriazine (Fe III-TPTZ) が還元され生成された Ferrous-tripyridyltriazine (Fe II-TPTZ) の600nmでの吸光度を測定し、濃度既知のアスコルビン酸と Trolox に対する相対値として算出しブランク補正を行った<sup>13)</sup>。

免疫賦活機能検査のために1:10, 1:20の比率で<sup>51</sup>Cr遊離法により、natural killer (NK) 細胞活性を測定した。

#### 4. 被験者の管理

被験者には、試験説明時に実施方法及び下記の注意事項等について説明し、試験終了時まで指示された事項を遵守していただいた。尚、人権保護に関しては、試験関係者が十分に配慮した。

①入浴。被験者は、脱水を避けるために入浴検査後に飲水することとした。また、入浴時間は20分間とするが、体調不良があった場合は直ちに中止し体調記録表に記録していただいた。

②食生活。試験期間中は特に食事の制限を行わ

ず、普段と同じ(時間・量)食生活を維持するよう指導した。

③医薬品・栄養補助食品・健康食品等の使用。医薬品・栄養補助食品・健康食品等を使用した場合には、名称、使用日時、使用量を体調記録表に記録していただいた。

#### 5. 有害事象とその他注意点

現在のところ予想される有害事象の報告はない。試験責任医師は、身体的兆候及び臨床検査値・症状・血圧・脈拍数等に、試験期間中に被験者にとって臨床的に意味のある「新たな異常の発現」あるいは「悪化」が認められた場合を有害事象とし、直ちに必要かつ適切な処置を取るとともに有害事象の評価を行うこととした。有害事象と考えられる症状が発現した場合には、試験責任医師の判断により当該被験者の試験継続中止を決定し、「症例報告書」に記載するとともに試験製品との因果関係を判定することとした。

#### 6. 試験の脱落・中止、及び被験者への補償

被験者は自由意志により、何ら不利益を被ることなく本試験への参加を辞退することができる。被験者自身の都合で試験参加の同意を撤回した場合を脱落と定義した。以下に該当する被験者については、ただちに試験を中止することとした。①重篤な健康障害が発現し、試験担当医師が当該被験者の試験を中止すべきと判断した場合。②自覚症状または他覚症状などにより、試験担当医師が試験の継続を困難と判断した場合。③その他、試験担当医師が試験継続を困難と判断した場合。本試験に起因して、被験者に何らかの健康被害が発現した場合には、①試験実施医療機関は治療その他必要な措置を講ずる。②かかる健康被害に対する補償(医療費、医療手当て、補償金)の必要が生じた時には、試験依頼者がこれを負担する。また、試験実施医療機関に賠償責任が生じた場合には、試験実施医療機関の故意または重大な過失による場合を除き、試験依頼者がその一切の責任を負う。③なお、試験依頼者は、上記補償及び賠償のために、保険その他必要な措置を講ずる。

## 7. 倫理

本試験はヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則を遵守して実施した。本試験は、NBRP・食品ヒト臨床試験倫理審査委員会に以下の資料を提出し、その承認を文書で確認した後、試験を実施した。①試験実施計画書。②ナノミストサウナについての製品概要書。③症例報告書。④賠償責任の所在を明確にした書類。⑤その他、倫理審査委員会が必要と求める書類。

## 8. 統計解析

各試験群のデータについては平均値±標準誤差を表記した。サウナ使用前後や群間比較はt検定やANOVA検定等を用い、 $p < 0.05$ 以下を有意とした。

## 結 果

### 1. 有害事象・中止・脱落

両群とも本試験中に、有害事象・中止・脱落は見られなかった。

### 2. 順序効果・持ち越し効果

クロスオーバー試験によるナノミストサウナ、ミストサウナ入浴前の全ての背景因子で統計学的な有意差は認められなかった。よって、クロスオーバー試験による順序効果及び持ち越し効果は認められないものと考えられた。

### 3. VAS 検査による快適感とアンケートによる好感度

ナノミストサウナによる1日目の入浴前後では、約10%の快適感上昇傾向がみられ(前44.1から後40.6 mm, 有意差無), 10日間連続入浴にても快適感上昇がみられた(1日目44.1から10日目37.5 mm,  $p < 0.05$ )。

ミストサウナによる1日目の入浴前後では、快適感上昇傾向がみられず(前36.9から後35.3mm, 有意差無), 10日間連続入浴にても快適感上昇傾向がほとんどみられなかった(1日目36.9から10日目34.5mm, 有意差無)。しかし、ナノミスト

サウナとミストサウナ間でVASを比較したところ、有意差は認められなかった。

また、試験終了後、被験者に対して再度入浴するならどちらのサウナが良いかアンケートにて質問したところ、16名中10名(62.5%)がナノミストサウナを、4名(25%)がミストサウナを、2名(12.5%)がどちらともいえないと答えた。ナノミストサウナを選んだ理由として、ナノミストサウナのほうが湿度は安定している(6名)、さわやかである(1名)、しっとりとした感じで空気が透き通った感じがする(1名)、汗が出る割に暑く感じず楽に入れた(1名)、などが挙げられた。一方ミストサウナを選んだ理由として、入浴中の息苦しさが少ない(1名)、疲労感が少ない(2名)、などが挙げられた。

### 4. 体重・体脂肪率の変化

ナノミストサウナによる1日目及び10日目入浴前後で約280gの体重減少(体重の約0.5%)と約1%の体脂肪率減少が見られた。

ミストサウナによる1日目及び10日目入浴前後で約300gの体重減少(体重の約0.5%)と約1%の体脂肪率の減少が見られた。

ナノミストサウナとミストサウナ間で体重と体脂肪率を比較したところ、どちらも有意差は認められなかった。

### 5. 赤血球, ヘマトクリット, ヘモグロビン

ナノミストサウナによる1日目及び10日目入浴前後で約1%の赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン増加と約4~6%の白血球増加が見られた。

ミストサウナによる1日目及び10日目入浴前後で約1%の赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン増加と約5~7%の白血球増加が見られた。

ナノミストサウナとミストサウナ間で赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン・白血球を比較したところ、いずれも有意差は認められなかった。

### 6. 尿・血液生化学の変化

表3のごとく、入浴前後や10日後に変動が見

表3 ナノミスト入浴前後の変動

(\* p < 0.05 \*\* p < 0.01 \*\*\* p < 0.001)

	基準値	単位	1日目		1日目 前後の比較	10日目		10日目 前後の比較	1日目と10日目 入浴前の比較
			前	後		前	後		
体重		kg	64.56±2.17	64.29±2.15	***	64.39±2.18	64.11±2.16	***	NS
体脂肪		%	20.52±1.24	19.20±1.23	***	21.23±1.29	19.86±1.23	***	NS
pH	5~8		5.88±0.15			5.88±0.20			NS
収縮期血圧	129以下	mmHg	127.1±3.4	126.56±3.448	NS	124.9±2.9	120.9±2.6	NS	NS
拡張期血圧	84以下	mmHg	81.7±2.7	78.4±2.1	NS	82.9±2.7	77.6±1.8	*	NS
脈拍	50~100	bpm	74.9±3.3	85.6±4.2	***	73.19±3.4	80.6±3.1	**	NS
DP		mmHg・bpm	9543±495	11095±655	**	9147±494	9885±468	*	NS
VAS		mm	44.1±4.7	40.6±5.3	NS	37.5±3.2	37.3±4.1	NS	*
赤血球	男性:400~500 女性:380~470	×10 <sup>4</sup> /μℓ	469.6±9.8	474.6±10.2	*	465.1±11.1	470.9±11.1	**	NS
ヘマトクリット	男性:39.0~52.0 女性:36.0~46.0	%	42.58±0.74	42.83±0.78	NS	42.11±0.86	42.59±0.87	**	NS
ヘモグロビン	男性:13.1~16.6 女性:12.1~14.6	g/dℓ	14.21±0.31	14.38±0.32	*	14.14±0.35	14.30±0.36	**	NS
白血球数	3000~8900	/μℓ	5981.3±422.6	6206.3±465.0	*	5693.8±386.2	6043.8±419.9	**	NS
Neut	42.6~72.9	%	57.44±2.15	58.48±1.94	NS	59.86±1.37	59.49±1.40	NS	NS
Lympho	20.8~50.8	%	33.82±1.68	32.78±1.51	NS	31.58±1.30	32.00±1.25	NS	NS
Mono	1.2~7.7	%	5.27±0.28	5.06±0.27	NS	5.43±0.21	5.39±0.25	NS	NS
Eosino	0.0~7.4	%	2.89±0.92	2.99±1.04	NS	2.59±0.63	2.54±0.63	NS	NS
Baso	0.0~1.9	%	0.58±0.08	0.60±0.10	NS	0.83±0.29	0.59±0.07	NS	NS
血小板	15.0~35.0	×10 <sup>4</sup> /μℓ	25.46±1.30	26.56±1.33	**	25.61±1.57	26.59±1.65	***	NS
Fe	男性:60~170 女性:50~160	μg/dℓ	91.69±8.54	93.06±8.35	NS	83.25±3.30	83.44±8.66	NS	NS
随時血糖	55~139	mg/dℓ	94.2±2.4	94.813±2.2	NS	90.125±3.4	94.125±2.2	NS	NS
尿酸	6.9以下	mg/dℓ	5.56±0.24	5.63±0.24	**	5.58±0.19	5.63±0.2	NS	NS
総蛋白	6.5~8.2	g/dℓ	7.29±0.10	7.46±0.10	**	7.23±0.08	7.35±0.09	*	NS
アルブミン	3.8~4.8	g/dℓ	4.45±0.06	4.57±0.06	*	4.38±0.06	4.50±0.06	**	NS
総ビリルビン	0~1.3	mg/dℓ	0.78±0.06	0.80±0.06	NS	0.74±0.06	0.76±0.07	NS	NS
AST	30以下	IU/ℓ	22.0±1.7	22.6±1.8	NS	20.8±1.6	21.2±1.7	NS	NS
ALT	30以下	IU/ℓ	22.2±2.3	22.7±2.4	*	20.5±2.2	20.6±2.3	NS	NS
γ-GTP	50以下	IU/ℓ	40.6±5.3	41.6±5.4	*	41.1±5.9	41.1±6.0	NS	NS
LDH	80~254	IU/ℓ	174.3±4.8	177.6±5.4	NS	161.8±3.9	165.9±4.8	NS	*
血清アミラーゼ	30~140	IU/ℓ	67.8±3.6	67.8±3.5	NS	68.3±3.6	68.5±3.3	NS	NS
ALP	100~340	IU/ℓ	214.2±12.4	216.0±12.1	NS	217.3±14.3	217.6±13.3	NS	NS
乳酸	4~16	mg/dℓ	9.4±1.0	8.9±0.8	NS	8.7±0.8	8.6±0.5	NS	NS
T-CHO	150~219	mg/dℓ	200.4±7.7	205.6±8.4	**	192.1±6.6	196.7±7.1	***	*
HDL-C	40以上	mg/dℓ	57.4±2.9	58.8±2.9	**	54.3±2.5	55.3±2.6	**	NS
LDL-C	119以下	mg/dℓ	123.9±7.8	127.1±8.1	**	118.4±6.9	122.3±7.1	**	NS
TG	35~175	mg/dℓ	155.7±29.0	142.8±29.1	NS	151.2±29.0	149.4±28.0	NS	NS
BUN	7~22	mg/dℓ	12.7±0.8	12.8±0.8	NS	12.7±0.6	12.9±0.6	NS	NS
CRE	男性:1.0以下 女性:0.7以下	mg/dℓ	0.76±0.04	0.78±0.04	NS	0.81±0.03	0.79±0.03	NS	NS
Na	135~155	mEq/ℓ	139.8±0.5	139.8±0.5	NS	140.1±0.5	140.6±0.4	*	NS
K	3.5~5.5	mEq/ℓ	4.21±0.08	4.19±0.07	NS	4.16±0.06	4.22±0.05	NS	NS
Cl	98~107	mEq/ℓ	103.9±0.4	104.2±0.4	NS	103.4±0.6	104.0±0.5	**	NS
Ca	8.4~10.2	mg/dℓ	9.14±0.08	9.28±0.08	**	9.06±0.06	9.19±0.05	***	NS
CPK	男性:50~230 女性:50~210	IU/ℓ	156.5±70.0	162.3±69.7	**	90.8±7.7	93.7±7.9	**	NS
FRAP <sup>trolox換算</sup>		μmol/ℓ	3.828±0.855	2.555±0.384	*	4.646±0.461	4.043±0.559	NS	NS
FRAP <sup>アスコルビン酸換算</sup>		μmol/ℓ	4.043±0.909	2.691±0.411	*	5.343±0.522	4.626±0.619	NS	NS
NK細胞活性10:1	8.9~29.5		20.25±3.69			21.46±3.91			NS
NK細胞活性20:1	17.1~48.7	%	31.68±5.46			32.98±5.19			NS
尿中8OHdG(CRE補正値)	0~16.4	ng/mg・cre	9.24±0.69			8.34±0.50			*
尿中8OHdG(生成速度)	4.8~23.6	ng/kg/hr	8.99±0.86			8.69±1.05			NS
尿中8OHdG(濃度)	1~26.5	ng/ml	938±1.52			7.26±1.17			NS

表4 対照群入浴前後の変動

(\*p &lt; 0.05 \*\*p &lt; 0.01 \*\*\*p &lt; 0.001)

	基準値	単位	1日目		1日目 前後の比較	10日目		10日目 前後の比較	1日目と10日目 入浴前の比較
			前	後		前	後		
体重		kg	64.33±2.33	64.03±2.21	***	64.18±2.24	63.88±2.23	***	NS
体脂肪		%	20.46±1.30	19.34±1.26	***	21.07±1.22	19.71±1.17	***	NS
pH	5~8		5.75±0.21			5.75±0.21			NS
収縮期血圧	129以下	mmHg	127.6±3.0	127.8±4.0	NS	124.1±2.5	120.8±3.3	NS	NS
拡張期血圧	84以下	mmHg	82.1±2.9	80.6±2.7	NS	82.9±2.2	77.8±2.2	*	NS
脈拍	50~100	bpm	80.7±3.2	85.9±3.3	NS	74.6±3.2	79.6±3.3	**	*
DP		mmHg·bpm	9728±531	11111±755	**	8993±394	9114±501	NS	NS
VAS		mm	36.9±3.4	35.3±4.2	NS	34.5±3.3	31.8±4.0	NS	NS
赤血球	男性:400~500 女性:380~470	×10 <sup>9</sup> /μl	466.8±10.4	477.1±10.0	***	470.9±9.7	473.1±10.9	NS	NS
ヘマトクリット	男性:39.0~52.0 女性:36.0~46.0	%	42.58±0.75	43.08±0.73	**	42.68±0.73	42.79±0.78	NS	NS
ヘモグロビン	男性:13.1~16.6 女性:12.1~14.6	g/dl	14.19±0.31	14.49±0.31	**	14.23±0.30	14.36±0.32	NS	NS
白血球数	3000~8900	/μl	6256.3±355.1	6587.5±413.6	*	5550.0±313.0	5950.0±379.1	**	*
Neut	42.6~72.9	%	60.37±2.13	60.60±2.20	NS	58.38±1.63	58.24±1.77	NS	NS
Lympho	20.8~50.8	%	31.98±1.83	31.84±1.94	NS	33.85±1.39	33.09±1.59	NS	NS
Mono	1.2~7.7	%	5.09±0.25	4.96±0.23	NS	4.88±0.26	5.20±0.21	NS	NS
Eosino	0.0~7.4	%	2.09±0.36	2.08±0.40	NS	2.30±0.39	2.21±0.42	NS	NS
Baso	0.0~1.9	%	0.48±0.07	0.51±0.05	NS	0.59±0.08	0.64±0.08	NS	NS
血小板	15.0~35.0	×10 <sup>9</sup> /μl	25.01±1.44	25.90±1.48	**	26.03±1.63	26.62±1.64	*	NS
Fe	男性:60~170 女性:50~160	μg/dl	101.3±11.8	101.1±11.5	NS	78.2±7.1	80.0±7.6	NS	NS
随時血糖	55~139	mg/dl	90.4±2.9	98.3±2.7	**	94.0±3.7	97.0±2.1	NS	NS
尿酸	6.9以下	mg/dl	5.41±0.20	5.51±0.21	**	5.41±0.20	5.51±0.21	NS	NS
総蛋白	6.5~8.2	g/dl	7.28±0.08	7.48±0.09	**	7.35±0.07	7.45±0.07	NS	NS
アルブミン	3.8~4.8	g/dl	4.43±0.05	4.59±0.06	**	4.46±0.05	4.46±0.05	NS	NS
総ビリルビン	0~1.3	mg/dl	0.79±0.07	0.83±0.07	*	0.71±0.07	0.73±0.07	NS	NS
AST	30以下	IU/l	23.9±2.6	23.7±2.5	NS	21.4±1.6	21.6±1.6	NS	NS
ALT	30以下	IU/l	23.9±2.7	24.4±2.8	NS	21.8±2.4	22.3±2.5	NS	NS
γ-GTP	50以下	IU/l	44.2±7.5	45.6±7.8	**	43.0±6.7	43.4±6.8	NS	NS
LDH	80~254	IU/l	175.4±4.3	175.4±4.3	NS	164.1±4.4	167.7±4.3	*	*
血清アミラーゼ	30~140	IU/l	67.3±3.4	67.8±3.4	NS	69.6±4.1	68.9±3.9	NS	NS
ALP	100~340	IU/l	214.5±12.0	217.8±11.8	NS	216.2±13.3	218.1±13.5	NS	NS
乳酸	4~16	mg/dl	9.1±0.7	9.2±0.7	NS	9.3±0.6	8.3±0.6	*	NS
T-CHO	150~219	mg/dl	202.7±7.5	207.8±8.3	**	196.0±7.1	200.1±7.2	**	*
HDL-C	40以上	mg/dl	58.5±2.8	59.9±2.9	**	56.1±2.4	57.1±1.0	*	NS
LDL-C	119以下	mg/dl	123.6±8.1	127.4±8.4	**	121.8±6.9	126.0±6.9	**	NS
TG	35~175	mg/dl	163.0±36.6	163.1±40.2	NS	140.4±19.9	132.5±18.5	NS	NS
BUN	7~22	mg/dl	12.8±0.7	12.9±0.7	NS	13.4±0.8	13.4±0.8	NS	NS
CRE	男性:1.0以下 女性:0.7以下	mg/dl	0.78±0.03	0.78±0.03	NS	0.80±0.03	0.78±0.03	NS	NS
Na	135~155	mEq/l	139.8±0.5	139.8±0.4	NS	140.3±0.5	140.8±0.4	NS	NS
K	3.5~5.5	mEq/l	4.22±0.06	4.16±0.06	NS	4.18±0.06	4.18±0.05	NS	NS
Cl	98~107	mEq/l	104.0±0.5	104.2±0.5	NS	103.7±0.6	104.2±0.5	NS	NS
Ca	8.4~10.2	mg/dl	9.13±0.05	9.28±0.05	***	9.10±0.07	9.26±0.08	**	NS
CPK	男性:50~230 女性:50~210	IU/l	117.9±18.0	122.1±18.5	***	88.5±6.4	91.1±6.6	**	*
FRAP <sup>trolox</sup> 換算		μmol/l	3.416±0.308	2.479±0.169	**	5.066±0.600	4.819±0.806	NS	*
FRAP <sup>アスコルビン酸</sup> 換算		μmol/l	3.597±0.327	2.608±0.180	**	5.861±0.718	5.519±0.897	NS	*
NK細胞活性10:1	8.9~29.5	%	20.49±3.32			22.23±4.00			NS
NK細胞活性20:1	17.1~48.7	%	32.95±4.71			33.94±4.98			NS
尿中8OHdG(CRE補正値)	0~16.4	ng/mg·cre	9.79±0.97			8.43±0.70			*
尿中8OHdG(生成速度)	4.8~23.6	ng/kg/hr	9.99±1.21			8.07±1.01			NS
尿中8OHdG(濃度)	1~26.5	ng/ml	10.89±1.62			7.16±1.23			NS



られる検査値もあったがいずれも正常基準値範囲内の変動であった。

## 7. 血圧・心拍数・DP

ナノミストサウナ入浴後の血圧は、入浴前に比較して低下傾向が見られた。一方心拍数は入浴後に上昇した（1日目は74.9から85.6/分、10日目は73.2から80.6/分、10～14%増加し両 $p < 0.01$ ）。DPも入浴後に上昇した（1日目は9543から11095、10日目は9147から9885、8～16%増加し両 $p < 0.05$ ）。ただし、10日目入浴前の血圧・心拍数・DPは1日目入浴前と不変であった。

ミストサウナ入浴後の血圧は、入浴前に比較して低下傾向が見られた。一方心拍数は入浴後に上昇した（1日目は80.7から85.9/分、10日目は74.6から79.6/分、6～7%増加した。1日目有意差なし、10日目 $p < 0.01$ ）。DPも入浴後に上昇した（1日目は9728から11111、10日目は8993から9114、1～14%増加し1日目 $p < 0.01$ 、10日目有意差なし）。ただし、10日目入浴前の血圧・心拍数・DPは1日目入浴前と不変であった。

ナノミストサウナとミストサウナ間で血圧・心拍数・DPを比較したところ、いずれも有意差は認めなかった。

## 8. FRAP

ナノミストサウナは入浴前に比べ入浴後のFRAPアスコルビン酸（1日目は $4.04 \pm 0.91$ から $2.69 \pm 0.41 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.05$ 。10日目は $5.34 \pm 0.52$ から $4.63 \pm 0.62 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）・FRAP Trolox（1日目は $3.83 \pm 0.86$ から $2.56 \pm 0.38 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.05$ 。0日目は $4.65 \pm 0.46$ から $4.04 \pm 0.56 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）がともに低下した。しかし、1日目と連続入浴10日目の入浴前を比較すると、FRAPアスコルビン酸（ $4.04 \pm 0.91$ から $5.34 \pm 0.52 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）・FRAP Trolox（ $3.83 \pm 0.86$ から $4.65 \pm 0.46 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）共に増加傾向が見られた。

ミストサウナは入浴前に比べ入浴後のFRAPアスコルビン酸（1日目は $3.60 \pm 0.33$ から $2.61 \pm 0.18 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.01$ 。10日目は $5.86 \pm 0.72$ か

ら $5.52 \pm 0.90 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）・FRAP Trolox（1日目は $3.41 \pm 0.31$ から $2.48 \pm 0.17 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.01$ 。10日目は $5.07 \pm 0.60$ から $4.82 \pm 0.81 \mu\text{mol/L}$ 、有意差なし）がともに低下した。しかし、1日目と連続入浴10日目の入浴前を比較すると、FRAPアスコルビン酸（ $3.60 \pm 0.33$ から $5.86 \pm 0.72 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.05$ ）・FRAP Trolox（ $3.41 \pm 0.31$ から $5.07 \pm 0.60 \mu\text{mol/L}$ 、 $p < 0.05$ ）共に増加傾向が見られた。

ナノミストサウナとミストサウナ間でFRAPアスコルビン酸・FRAP Troloxを比較したところ、いずれも有意差は認めなかった。

## 9. 尿中8-OHdGcre

ナノミストサウナでは、1日目入浴前に比べ10日目入浴前の8-OHdGcre（ $9.24 \pm 0.69$ から $8.34 \pm 0.50 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ 、 $p < 0.05$ ）は低下した。特に $13 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ 以上の正常高値者3名（ $14.20 \pm 0.58$ から $11.03 \pm 0.52 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ へ）と $9 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ 以上の7名（ $11.50 \pm 1.00$ から $9.71 \pm 0.52 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ へ）は全員で低下が見られた。

ミストサウナでは1日目入浴前に比べ10日目入浴前の8-OHdGcre（ $9.79 \pm 0.97$ から $8.43 \pm 0.70 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ 、 $p < 0.05$ ）は低下した。特に $10 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ 以上の正常高値者5名（ $14.18 \pm 1.64$ から $10.88 \pm 1.14 \text{ng/mg}\cdot\text{cre}$ へ）は全員で低下が見られた。

ナノミストサウナとミストサウナ間で尿中8-OHdGcreを比較したところ、有意差は認めなかった。

## 10. NK細胞活性

ナノミストサウナでは1日目入浴前に比べ10日目入浴前のNK細胞活性10：1（ $20.25 \pm 3.69$ から $21.46 \pm 3.91\%$ 、有意差なし）は軽度増加し、NK細胞活性20：1（ $31.68 \pm 5.46$ から $32.98 \pm 5.19\%$ 、有意差なし）は軽度増加した。

ミストサウナでは1日目入浴前に比べ10日目入浴前のNK細胞活性10：1（ $20.49 \pm 3.32$ から $22.23 \pm 4.00\%$ 、有意差なし）は軽度増加し、NK

細胞活性 20 : 1 (32.95 ± 4.71 から 33.94 ± 4.98 %有意差なし) は軽度増加した。

ナノミストサウナとミストサウナ間でNK細胞活性を比較したところ、有意差は認めなかった。

## 考 察

浴槽・サウナを用いた入浴は、血液循環改善・代謝亢進・発汗作用による老廃物清浄分泌促進などが知られている<sup>1-7)</sup>。サウナ普及は喜ばしいことではあるが利用者の健康状態によっては過度の温熱負荷・脱水を伴う健康被害を起こしうる。特に高齢者・心疾患・脳疾患・高血圧などのハイリスク者は注意が必要である。乾式のドライサウナは高温(70~120℃)・低湿度(10~30%)の乾燥熱浴環境下で入浴者の発汗作用を促進させる。一般的なミストサウナは、温水を浴室に噴霧・攪拌することにより40~45℃の蒸気浴を行う。ミストサウナはドライサウナよりも温熱刺激が少ないため循環動態への負担が少ない<sup>8-10)</sup>。本試験で使用したミストサウナは、高湿度の温風をサウナ室内に循環させて温度40℃、相対湿度90%以上にする方式のミスト低温サウナ(ナノミスト)である。マイナスイオンを帯びたナノミスト低温サウナは、より有用性が期待される。今回、ナノミストサウナとミストサウナ間での安全性と有用性についてボランティア健康者を用いて比較・検討した。

発汗により体内の老廃物・毒素の一部が排出される。水浴入浴では、水圧により体内から汗が出にくくなっている。一方、今回のナノミスト20分入浴により1日目及び10日目入浴前後で約280gの体重減少と約1%の体脂肪率減少が見られた。また、ミストサウナ20分入浴により1日目及び10日目入浴前後で約300gの体重減少と約1%の体脂肪率減少が見られた。よってどちらのサウナでの20分間入浴でも約300g・300mlの水分が除水できることを意味している。また、両群間における体重減少と体脂肪率減少を比較したところ有意差は得られなかった。これらのことからナノミストサウナ・ミストサウナどちらの入浴でも同

等の発汗作用が得られると考えられる。

ドライサウナ入浴時に皮膚刺激や深部体温上昇により交感神経が刺激され、脈拍数が著名に上昇し、血圧も軽度上昇する<sup>1-7)</sup>。一方、低温サウナ浴では副交感神経の活性化により脈拍数の上昇が軽微であり血圧の上昇は見られない。今回、本ナノミストサウナ・ミストサウナ入浴後の血圧は入浴前に比較し低下傾向が見られた。特に、拡張期血圧は入浴後に低下し10日目入浴後では入浴前に比較して有意に低下した(ナノミストサウナで83から76mmHgへ、 $p < 0.05$ 。ミストサウナで83から78mmHgへ、 $p < 0.05$ )。一方、心拍数は入浴前に比し入浴後にナノミストサウナで10~14%、ミストサウナで6~7%上昇しDPも入浴後に8~16%、ミストサウナで1~14%上昇した。ただし、10日目入浴前の血圧・心拍数・DPは1日目入浴前と不変であった。これらからナノミストサウナ・ミストサウナ入浴は、軽度の心臓血管系負荷をかけることができるので、心不全などの心疾患患者のリハビリテーションにも有用と思われる。

入浴により赤血球数・ヘモグロビンなどが変化するが、増加・不変・減少など種々の報告がある<sup>1-11)</sup>。水分は血圧・浸透圧差によって毛細血管で血液・組織間を速やかに移動するので、脱水状況などの検討には採血時間などで数分間の差が大いに影響する。本試験では、入浴後速やかに検査用の採血を実施しその後飲水していただいたので、より正確な値を示していると考えられた。本試験では、入浴後発汗などにより約300g(体重の0.5%相当)体重減少が見られているので、赤血球・ヘモグロビン・ヘマトクリットが約0.5%~1%上昇すると考えられた。実際、1日目及び10日目入浴前後で約1%の赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン増加と約4~6%の白血球増加が見られたが、1日目と10日目の比較では差が見られなかった。これらは、入浴中の発汗により血液濃縮が約1%程度起きているが、連続入浴でも変化しない軽微な変動であった。

通常生体内部ではミトコンドリアの呼吸系等において、活性酸素(O<sub>2</sub><sup>-</sup>ラジカルなど)が発生し

ている。しかし、その量は多くなく生体の持つ抗酸化機能（スーパーオキシドジスムターゼ・カタラーゼ・ビタミンC・ビタミンEなど）によりほぼ完全に消去される。過酸化脂質などは加齢・老化に伴い穏やかに増加する。マイナスイオンが活性酸素消去酵素を賦活化させることが指摘されていて、マイナスイオンを帯びたナノミスト低温サウナが通常のドライサウナ・ミストサウナ・浴槽入浴よりも体に負荷を与えずに疲労回復効果や免疫増強効果などを発揮することが期待される。今回、抗酸化ストレス検査として血清FRAP・尿中8-OHdGcre・NK細胞活性を測定した<sup>13-15)</sup>。ナノミストサウナ・ミストサウナ両群でFRAPアスコルビン酸・FRAP Troloxは入浴前に比較して入浴後で低下した。しかし、入浴前1日目に比べ連日入浴10日目のFRAPアスコルビン酸・FRAP Troloxはともに増加した。両群間で比較したところ有意差は見られなかった。一方、8-OHdGcreは両群で低下し、特にナノミストサウナでは9ng/mg・cre以上の被検者全員で低下が見られミストサウナでは10ng/mg・cre以上の被検者全員で低下が見られた。両群間で比較したところ有意差は見られなかった。

NK細胞活性は初期のウイルス感染の防御や腫瘍細胞に対する攻撃といった生体防御に重要な役割を示す<sup>16-17)</sup>。NK細胞は、自律神経の働きに影響され、ストレスを受け交感神経系が優位になるとNK細胞活性は減少し、リラックスした状態になるとNK細胞活性は上昇する。今回ナノミストサウナとミストサウナの両群でNK細胞活性の上昇がみられたことからサウナによりリラックスした状態となり免疫力が高まったと考えられる。

被験者に対して行ったVAS・アンケート結果よりナノミストサウナのほうが快適感を得られた人が多かった。これはナノミストサウナが超微細水粒を用いて水濡れ間がほとんどないためミストサウナに比べてより良い快適感・好感が得られたと考えられる。

これらから、本ナノミストサウナ・ミストサウナ間で検査値に大きな差は見られないためサウナの生体効果に差は見られないと考えられるが、両

群とも疲労回復効果・抗酸化作用・抗加齢老化作用といった改善作用を有するといえる。

本試験でナノミストサウナの有用性が示されたが不明点も多い。今回の試験では、血圧・脈拍数測定は入浴前後のみで、入浴中の測定を行っていないので、入浴中の血圧・脈拍数の変動をみるために入浴中に測定を行うことを検討するべきである。また、本試験は被験者数が16名と少なかったため、被験者数を増やして行う必要があると考えられる。

### まとめ

健康者16名で、ナノミストサウナとミストサウナで20分/日の連続10日間入浴前後でVAS・血圧・血液生化学・尿中8-OHdGcre・血清FRAP・NK細胞活性などを比較検討した。両群ともに本試験中に、有害事象・中止・脱落は見られず安全性が確認された。入浴前に比較して入浴後には、両群とも心拍数・DP・赤血球・ヘマトクリット・ヘモグロビン・血清FRAP・NK細胞活性が軽度増加し、VAS・体重・尿中8-OHdGcreは低下した。VAS・好感度はミストサウナよりもナノミストサウナで優れていた。これらから、ナノミストサウナはミストサウナ比べより良い快適感、好感が得られる。また、ナノミストサウナ・ミストサウナ両群の入浴による生理変化に大きな違いは見られないが、これらの入浴はどちらも安全に軽度の心臓血管系負荷をかけることができ、更に抗酸化作用・抗加齢老化作用を有すると考えられる。

### 参考文献

- 1) 樗木晶子, 長弘千恵, 金 明煥, 小林大祐, 小車利絵子, 福田直行, 中田垂希子, 香川智啓, 長家智子: 高齢者と若年者における入浴時の呼吸・循環動態の変化. 日循予防誌 40: 28-33, 2005.
- 2) 土屋康雄: 健康成人男性における高温浴前後の血液学的及び生理学的検査値の変動. 日温気物医誌 71: 155-160, 2008.

- 3) 久保田一雄, 田村耕成, 倉林 均, 武 仁, 白倉卓夫, 田村遵一: 草津温泉浴の血圧, 心拍数, 血漿コルチゾール並びにヘマトクリットに及ぼす影響. 日温気物医誌 60: 61-68, 1997.
- 4) 上馬場和夫, 許 鳳浩, 矢崎俊樹, 上岡洋晴: 総合的な温泉療法の健康増進効果に関する検討. 日温気物医誌 69: 128-138, 2006.
- 5) 美和千寿, 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 26: 355-361, 1998.
- 6) 松岡 緑, 池田京子, 橋本恵理子, 川崎晃一: サウナ浴と冷水浴が青年期および中年期正常血圧女性の血圧・脈拍に及ぼす影響. J Health Sci 21: 21-27, 1999.
- 7) 渡辺弘美, 瀬住孝二: 健康成人において温水浴が脳血流に及ぼす影響. 日温気物医誌 60: 96-100, 1997.
- 8) 西川向一, 村上恵子: ミストを用いた低温サウナが生体に与える影響. 人間工学 36: 316-317, 2000.
- 9) 川原ゆう子, 永田まゆみ, 新美由紀, 美和千尋, 岩瀬 敏: ミストサウナとドライサウナが循環動態及び体温調節機能に与える影響. 自律神経 39: 401-408, 2002.
- 10) 山田浩一郎, 清水富弘: ミストサウナ浴が頭皮血流量へ及ぼす影響. 日温気物医誌 71: 167-172, 2008.
- 11) Shirai K, Yamaoka K, Hanamoto K and Yamamoto Y: Using physiological indices to consider the effects of negative air ions on the human body. J Intl Soc Life Info Sci 22: 97-100, 2004.
- 12) 堀越一昭, 岡田貞雄, 中邨 隆: 微細水クラスターマイナスイオン空気によるストレス軽減効果の検証. 産業衛生誌(抄録) 44: 284, 2002.
- 13) Nenadis N, Lazaridou O and Tsimidou MZ: Use of reference compounds in antioxidant activity assessment. J Agric Food Chem 55: 5452-5460, 2007.
- 14) Sakano N, Wang DH, Takahashi N, Wang B, Sauriasari R, Kanbara S, Sato Y, Takigawa T, Takaki J and Ogino K: Oxidative stress biomarkers and lifestyles in Japanese healthy people. J Clin Biochem Nutr 44: 185-195, 2009.
- 15) Charuchongkolwongse S, Wattanapitayakul SK, Herunsalee A, Charuchongkolwongse S, Niumsukul S and Srichairat S: Antioxidative and cardioprotective effects of phyllanthus urinaria L on doxorubicin-induced cardiotoxicity. Bio Pharm Bull 28: 1165-1171, 2005.
- 16) 中邨 隆, 矢野間俊介: 微細クラスター水分子由来マイナスイオン空気(真気)の生理活性効果の研究. 日本建築学会 981-982, 2002.
- 17) 渡部一郎: 負イオンの生理効果. エアロゾル研究 18: 27-32, 2003.

(平成23年3月18日受付)