

一過性の湿式サウナ入浴における循環器機能への影響

河野 寛, 青井 佳菜, 朝倉 梨奈, 佐伯 晃, 白石 拓馬
友田 優世, 長谷川 晴紀, 村上 娑耶香, 吉満 璃音

キーワード：湿式サウナ, 心拍数, 血圧, 脈波伝播速度, 体温

1. 緒言

脈波伝播速度 (PWV) や Augmentation Index などに代表される動脈スティフネスの増加は、循環器疾患の独立した危険因子である⁽¹⁻⁴⁾。とりわけ、上腕から足首までの全身性の脈波伝播速度 (baPWV) は、上腕と足首に血圧測定時のカフを巻くだけで容易に測定でき、高血圧⁽⁵⁾ や二型糖尿病⁽⁶⁾ の独立した予測因子であるだけでなく、1万人の日本人を対象とした研究においても循環器疾患の独立した危険因子であることがわかっており、そのエビデンスレベルは十分なものである⁽⁷⁾。

循環器系疾患などの生活習慣病の予防・改善に関する手法は様々あり、代表的なものでは食事や運動などがある。一方で、このような能動的なものではなくて、受動的な手法で注目されるものがサウナである。サウナが健康関連指標に及ぼす影響はいくつかあり、循環器機能に対する報告も多くある。温熱療法の一部であるサウナは、慢性心不全患者に対して数週間繰り返し実施することで、突然死のリスク因子である脳性ナトリウム利用ペプチド (BNP) の低下⁽⁸⁾ や内皮機能^(9,10) および不整脈⁽¹¹⁾ の改善に寄与することが明らかになっている。またフィンランドの疫学研究では、1週間あたりのサウナへの入浴回数が多いほど全死亡および循環器系疾患による死亡を有意に低下させることが明らかになっている⁽¹²⁾。さらに、健康な成人においても数週間のサウナ入浴によって、中性脂肪、総コレステロールや LDL コレステロールなどの血中脂質状態は改善されることも報告されている⁽¹³⁾。このように、数週間のサウナ入浴の繰り返しは、循環器疾患患者のみならず健康な成人に対しても明確な効果があると認められている。

一方で、サウナのような温熱ストレスに対する一過性の生理応答は古くから研究がなされている。一過性の温熱ストレスによって、皮膚血流量は 7-8 L/min 増加することがわかっており^(14,15)、これは身体を中心から末梢への血流シフトを惹起する⁽¹⁶⁾。また熱ストレスによって一回拍出量は維持される、もしくは若干増加することも報告されており、これには左心室の収縮機能や駆出率の増大が寄与している^(16,17)。

サウナには、商業施設に設置されてあるような乾式サウナと、個室テント内で行う湿式サウナの2種類がある。特徴としては、乾式サウナが温度 70 ~ 100℃、湿度 20% 以下、湿式サウナが温度 40 ~ 50℃、湿度 100% である。家庭で手頃にサウナを実施するなら、必然的に湿式 (スチーム・ミスト) サウナが一般的になるであろう。実際に、湿式サウナはリラックスや疲労回復効果を目的に広く使用されているだけでなく⁽¹⁸⁾、入浴介護の現場においても湿式サウナを活用することで利用者の満足度のみならず、介護者の負担軽減にも繋がっていると報告されている⁽¹⁹⁾。さらに、湿式サウナ入浴時の血圧、心拍数および皮膚血流量は増大し、その後速やかにもとの値に戻ることがわかっているが⁽²⁰⁻²²⁾、baPWV のような動脈硬化度に及ぼす影響は検討されていない。一方、乾式サウナ入浴は血管拡張を促し、拡張期血圧を低下させるだけでなく⁽²³⁾、30分間の乾式サウナ入浴は、PWV を低下させることが報告されている⁽²⁴⁾。湿式サウナと乾式サウナの特徴が異なることに鑑みると、湿式サウナ入浴によってPWVが同じような変化をするかどうかは不明である。

そこで本研究は、家庭でも容易に用いることが可能な湿式サウナへの一過性の入浴が、心拍数、血圧および baPWV に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。そして、本研究の結果は、家庭において湿式サウナを利用する際の安全性の検討・確認の一助になると推測する。

2. 方法

(1) 被験者

健康な大学生 16 人 (20.4 ± 1.2 歳) を対象とした。そのうち、男性 10 名、女性 6 名であった。すべて

の被験者は、当日体調が良い状態で参加した。暑さ耐性について知るためにサウナが好きかどうかを確認した。実験参加に際して、被験者には、口頭で実験内容と動脈硬化について説明し、同意を得た。

(2) 測定項目

①心拍数、血圧および baPWV

心拍数、血圧および baPWV の測定には、血圧脈派検査装置 (HBP-8000: オムロン社製) を用いた。測定時には仰臥位で右上腕部、左上腕部、右足首部、左足首部に脈波センサー付きのカフを装着し、減圧法によって測定を行った。減圧中に連続して心拍数、減圧によって血圧 (収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧及び脈圧)、50mmHg 前後まで減圧した段階で圧力低下を一旦止めて、10 秒間で baPWV を測定した。サウナへの入浴前後で動脈硬化度・血圧・心拍数・体温を血圧脈派検査装置 (HBP-8000: オムロン社製) で測定をおこなった。サウナ入浴中に被験者の心拍数を利き手ではない手関節にスマートウォッチ (fitbit verasa2:fitbit 社製) を着用して心拍数の測定を行った。体温は電子体温計 (C231: テルモ社製) を使用し、下記のように測定を行った。

②体温

体温の測定には、電子体温計 (C231: テルモ社製) を用いた。腋窩の中央に上半身に対して、30 度の角度で、体温計の先端を下から上に向けて押し上げるように挟み、脇をしっかりと閉じ、さらにもう一方の手で軽く押さえて測定した。電子音が鳴るまで (平均 20-30 秒) 安静にした。

③サウナ室内の温度および湿度

サウナ室内の温度および湿度は、高精度デジタル温湿度計 (HT607: MAYILON 社製) に蓋を付けたまま測定を行った。温度計は、サウナを温める段階から付属の椅子の上に置き測定を行った。

④主観的溫度感覺

主観的溫度感覺は、4. とても暑い 3. 暑い 2. 暖かい 1. 少し暖かい 0. どちらでもない -1. 少し涼しい -2. 涼しい -3. 寒い -4. とても寒いの九段階で測定を行った。

以上四点の測定項目の分析を行った。

(4) 測定手順

実験は、国士舘大学の廊下で行われた。使用したサウナは、テントサウナ(家庭用サウナボックス :WILLOWYBE 社製)である。被験者がサウナに入浴する 30 分前に付属の機械に熱湯を入れ、テントサウナの出力を最大の P15 にし、テントサウナの室温が 40℃、湿度が 100% になるように設定を行った。サウナの入浴時間は 30 分間であった。課題の説明を行った後、サウナ入浴前に、血圧脈派検査装置で心拍数、血圧および baPWV を、電子体温計で体温を測定した。サウナ入浴後すぐに、サウナ室内に置かれた高精度デジタル温度計に蓋をした状態で、サウナ室内の温度および湿度を測定した。被験者はサウナ入浴中 30 分間、簡易の椅子に座りながら測定を行った。サウナから出るまでの 30 分間、10 分おきにサウナ室内の温度と湿度、体温、スマートウォッチによる心拍数および主観的溫度感覺を測定した。サウナ入浴 30 分後、サウナ室内の温度および湿度を測定した後、被験者はサウナ室内から出て、汗を拭いた後すぐに、血圧脈波検査装置によって心拍数、血圧および baPWV の測定を行った。

(5) 統計処理

統計処理には、StatView5.0 を用いた。サウナ室内の温度および湿度、サウナ入浴中の心拍数、体温および溫度感覺の変化については、一元配置の分散分析を用いて時系列変化を確認した。また循環器機能の指標の変化については、性別、溫度感覺の高低および体温の上昇率の影響を検討するため、二元配置の分散分析 (対応あり・なし) を用いた。有意水準は 5% 未満とした。すべてのデータは、平均 ± 標準偏差で表した。

3. 結果

表 1 は、サウナ入力中の室内の温度、湿度、心拍数、体温および溫度感覺の変化を示している。一元配

置の分散分析の結果、室内温度は有意な変化を認めなかったが、その他の項目はすべて有意性が認められ、サウナ入浴前から入浴終了まで徐々に増加していった(すべて $P < 0.0001$)。

表2～4は、サウナ入力前後の循環器機能の指標の変化と性別、主観的温度感覚および体温の上昇との関係を示している。二元配置の分散分析の結果、いずれも心拍数について時間の主効果が認められ、全体的にサウナ入浴前後で有意に増加した(いずれも $P < 0.001$)。同様に、脈圧についても時間の主効果が認められ、サウナ入浴前後で有意に増大した(いずれも $P < 0.01$)。さらに、心拍数の変化と性別の関係においては、交互作用が認められ、男性の方が女性よりも心拍数が増大することが明らかになった($P < 0.001$)。また、脈圧の変化と性別の関係においては、性別の主効果が認められ、女性よりも男性の方が有意に高かった($P < 0.05$)。これは、本来女性よりも男性の方が左心室の収縮機能が強いいため、その影響がサウナ入浴時間を通じて現れていると言える。baPWVにはサウナ入浴、男女、温度感覚および体温上昇率の影響は認められなかった(図1～3)。

表1. 室内の温度および湿度、心拍数、体温および温度感覚の変化

	サウナ入浴前	10分後	20分後	30分後	P
室内温度, °C	35.9 ± 3.1	36.1 ± 1.9	37.0 ± 1.7	37.3 ± 2.0	NS
室内湿度, %	72.6 ± 15.0	79.3 ± 12.4	82.8 ± 9.6	85.5 ± 7.7	<0.0001
心拍数, bpm	83.4 ± 11.1	89.3 ± 13.1	100.1 ± 10.5	111.0 ± 12.8	<0.0001
体温, °C	36.5 ± 0.4	37.5 ± 0.4	38.0 ± 0.5	38.3 ± 0.5	<0.0001
温度感覚, AU	1.5 ± 0.9	2.4 ± 0.8	2.9 ± 0.8	3.5 ± 0.6	<0.0001

数値は、平均 ± 標準偏差で表示している。

表2. サウナ入浴前後の循環器機能の指標の変化と性別の関係

	性別	サウナ入浴前	サウナ入浴後	時間の主効果	性別の主効果	交互作用
心拍数, bpm	男性	66.7 ± 7.6	78.8 ± 9.4	<0.001	NS	<0.001
	女性	73.5 ± 9.7	76.2 ± 7.6			
収縮期血圧, mmHg	男性	115.9 ± 8.9	118.9 ± 11.4	NS	NS	NS
	女性	107.8 ± 10.8	107.4 ± 10.8			
平均血圧, mmHg	男性	82.1 ± 5.3	84.2 ± 6.6	NS	NS	NS
	女性	81.6 ± 10.8	80.8 ± 5.7			
拡張期血圧, mmHg	男性	63.0 ± 4.9	59.1 ± 8.3	NS	NS	NS
	女性	61.5 ± 7.3	59.3 ± 5.5			
脈圧, mmHg	男性	52.9 ± 5.7	59.9 ± 8.1	<0.01	<0.05	NS
	女性	46.3 ± 5.7	48.5 ± 5.4			
PWV, cm/sec	男性	1103 ± 80	1073 ± 125	NS	NS	NS
	女性	966 ± 175	938 ± 193			

数値は、平均 ± 標準偏差で表示している。男性10名、女性6名であった。PWVは脈波伝播速度を表す。

表3. サウナ入浴前後の循環器機能の指標の変化と主観的温度感覚の関係

	温度感覚	サウナ入浴前	サウナ入浴後	時間の主効果	温度感覚の主効果	交互作用
心拍数, bpm	高	69.4 ± 9.1	78.4 ± 5.6	<0.001	NS	NS
	低	69.0 ± 9.1	77.0 ± 13.6			
収縮期血圧, mmHg	高	111.9 ± 12.7	114.1 ± 14.0	NS	NS	NS
	低	114.1 ± 6.1	115.2 ± 7.1			
平均血圧, mmHg	高	79.6 ± 8.3	81.5 ± 8.1	NS	NS	NS
	低	84.9 ± 5.3	84.7 ± 2.8			
拡張期血圧, mmHg	高	61.6 ± 6.7	59.2 ± 8.7	NS	NS	NS
	低	63.6 ± 4.4	59.1 ± 5.3			
脈圧, mmHg	高	50.3 ± 6.8	55.0 ± 7.8	<0.01	NS	NS
	低	50.5 ± 6.3	56.4 ± 11.0			
PWV, cm/sec	高	1019 ± 157	994 ± 169	NS	NS	NS
	低	1093 ± 102	1058 ± 160			

数値は、平均 ± 標準偏差で表示している。主観的温度感覚が高い者は9名、低い者は7名であった。PWVは脈波伝播速度を表す。

表 4. サウナ入浴前後の循環器機能の指標の変化と体温上昇の関係

	体温上昇率	サウナ入浴前	サウナ入浴後	時間の主効果	体温上昇主効果	交互作用
心拍数, bpm	高	70.9 ± 8.5	81.5 ± 8.3	<0.001	NS	NS
	低	67.6 ± 9.3	74.1 ± 9.7			
収縮期血圧, mmHg	高	110.4 ± 7.8	114.0 ± 12.6	NS	NS	NS
	低	115.3 ± 12.0	115.2 ± 10.4			
平均血圧, mmHg	高	80.8 ± 5.0	81.6 ± 7.6	NS	NS	NS
	低	83.1 ± 9.6	84.3 ± 5.0			
拡張期血圧, mmHg	高	61.0 ± 4.7	58.3 ± 8.7	NS	NS	NS
	低	63.9 ± 6.6	59.9 ± 5.8			
脈圧, mmHg	高	49.4 ± 4.7	55.8 ± 6.5	<0.01	NS	NS
	低	51.4 ± 7.9	55.5 ± 11.5			
PWV, cm/sec	高	1038 ± 100	985 ± 128	NS	NS	NS
	低	1064 ± 172	1059 ± 193			

数値は、平均 ± 標準偏差で表示している。体温上昇率の中央値を基準として、体温上昇率が高い者 8 名と低い者 8 名に分けた。PWV は脈波伝播速度を表す。

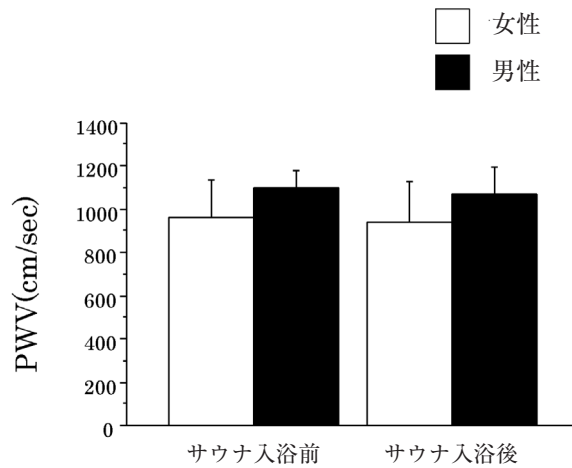


図 1 性別とサウナ入浴前後の PWV の変化との関係

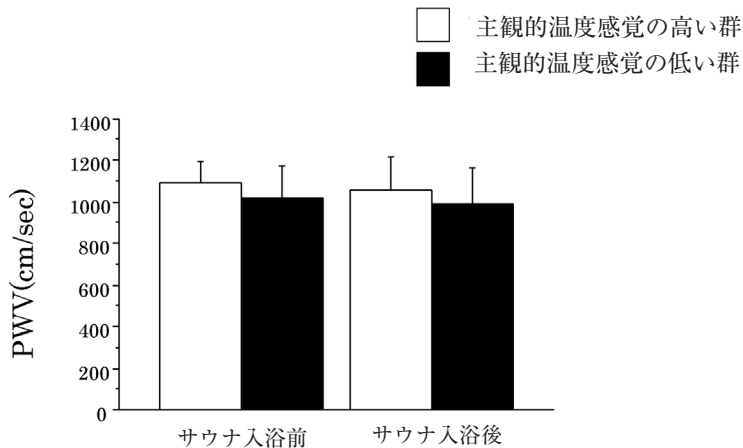


図 2 サウナ入浴に伴う主観的溫度感覚の高低とサウナ入浴前後の PWV の変化との関係

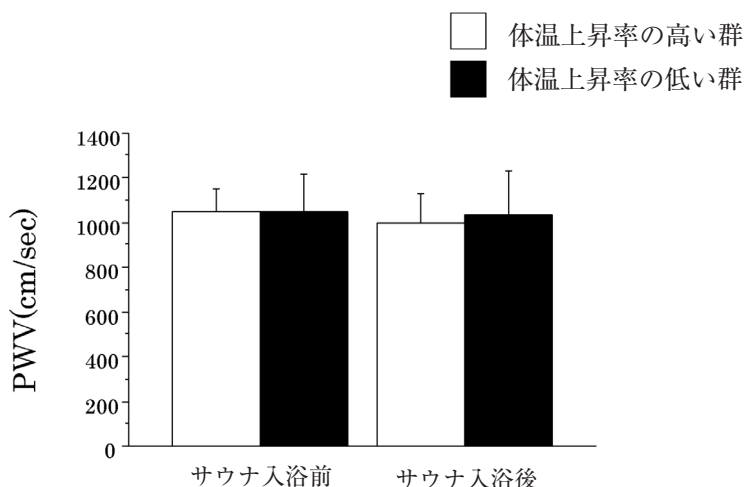


図3 サウナ入浴に伴う体温上昇率とサウナ入浴前後のPWVの変化との関係

4. 考察

(1) 本研究の知見とその意義

本研究は、湿式サウナへの一過性の入浴が、循環器機能の指標に及ぼす影響を明らかにし、湿式サウナを利用する際の安全性の検討・確認をすることを目的とした。結果として、30分間の湿式サウナ入浴によって、心拍数や体温、さらには脈圧などが増加するが、その他の血圧や動脈硬化度などが極端に上昇することは認められなかった。また、湿式サウナ入浴による循環器機能の変化に対しては、心拍数を除いて、性別、温度感覚および体温上昇の程度は影響しないことも明らかにした。したがって、これらの結果は、短時間の一過性の湿式サウナ入浴は循環器機能に過度な負担を与えることなく実施可能であることを示唆している。

(2) 一過性の湿式サウナの影響

本研究では、一過性の湿式サウナ入浴に対して、心拍数および脈圧において時間の主効果が認められた（表2～4）。高温多湿である湿式サウナ内において、心拍数の亢進は乾式サウナと同じような反応を示したと言える⁽¹⁶⁾。本研究では、30分間の湿式サウナ入浴前後で収縮期血圧および拡張期血圧に変化は認められなかったが、これは10分間というより短時間の湿式サウナ入浴による血圧の反応と同様であった⁽²⁵⁾。先行研究では、湿式サウナと乾式サウナの入浴における循環動態の比較を行った結果、湿式サウナ入浴において収縮期および拡張期血圧が低かったが、入浴後はほとんど差がなく、入浴前と変わらなかった⁽²⁶⁾。本研究においては、30分間の湿式サウナの入浴で収縮期および拡張期血圧に変化は認められなかったが、脈圧は有意に高くなった。脈圧は左心室の駆出力と関連があるため、入浴後も心拍数と脈圧は入浴前と比較して高い値を示したと考えられる。とはいえ、湿式サウナ入浴に伴う心拍数や脈圧の上昇は大きなものではなく、また循環器疾患の独立した危険因子であるbaPWVが湿式サウナ入浴前後で変化がなかったことから、循環器機能に大きな負担なく実施可能であると言えるだろう。ただし、男性は女性よりも湿式サウナ入浴による心拍数の上昇が大きいことから、心血管ストレスが大きくなる可能性が否定できないため、より注意が必要かもしれない。

(3) 乾式サウナの長期的効果

長期的な乾式サウナの入浴効果は多くの研究によって報告されている。冠状動脈疾患患者が20週間乾式サウナに毎日30分間入り続けることで、血中BNPレベルの改善とともに血流由来の内皮機能が増加し、

両者は正の相関関係が認められている⁽⁹⁾。また同じような長期的な湿式サウナ入浴は、内皮機能や運動耐性の向上⁽¹⁰⁾ および不整脈や交感神経活動の改善⁽¹¹⁾ にも貢献することがわかっている。このような乾式サウナは、フィンランドなどでは和温療法 (Waon Therapy) という造語で表すようになっている⁽²⁷⁾。その他にも、乾式サウナに長期的に入浴することで認知症やアルツハイマー病が予防でき⁽²⁸⁾、またサウナへの入浴回数が多いと C 反応性タンパクが高い場合の死亡リスク低下などの効果がわかっている⁽²⁹⁾。ただし、生活習慣病全般にサウナの効果はあるように報告されているが⁽³⁰⁾、横断および縦断研究でも腎疾患には効果がないようである⁽³¹⁾。また子どもから高齢者まで慢性疾患を有していても、投薬中の注意事項などを考慮して計画的に実施されれば、サウナ入浴による健康上のリスクが生じることはないことがわかっている⁽³²⁾。このように、乾式サウナ入浴は、比較的 safely に実施できる健康療法であると言える。

(4) 湿式サウナの長期的効果

上述したように、乾式サウナは比較的一般的なため、その効果についてフィンランドを中心に多くの研究成果が報告されている。一方で、湿式サウナは温度自体が低いため生体への刺激が比較的弱い分、その研究成果はそれほど多くないが、それでもいくつかの好ましい効果が報告されている。山田らは、湿式サウナ入浴が全身浴と比較して、頭皮血流量を増加させることを報告しており⁽²¹⁾、頭皮の血行を促進させることで毛髪に好影響を与える可能性を示唆している。また湿式サウナ入浴と睡眠との関係については、就寝前の暖かな感覚に加えて、起床時の目覚めの爽快感が有意に高いことがわかっている⁽³³⁾。さらには湿式サウナ入浴時の運動効果について報告したものもある。湿式サウナ入浴時の等張性運動を実施することで、血糖値の減少や遊離脂肪酸の増加が促進されることもわかっている⁽³⁴⁾。このように、単に運動のみを行うのではなく、高温多湿である湿式サウナ内で運動を実施することで生活習慣病の改善効果があると言える。

(5) 湿式サウナの実施による被験者の声

すべての被験者は湿式サウナ入浴が未経験であった。乾式サウナのような高温を感じることなく実施できることが湿式サウナのメリットであるが、高温ではないものの湿度の高さからジメジメ感を訴える者が多かった。湿式サウナの研究については、半身入浴と併用して行う場合が多く⁽²⁰⁾、今回のようにスポーツウェアを着たまゝの状態を実施するケースは家庭で実施するものとは多少状況が異なると言える。そのため、サウナ入浴中および入浴終了後も衣服のベタつきに不快感を示す被験者も一定数いた。また乾式サウナほどの息苦しさは感じないようだったが、乾式サウナと比べると入浴時間が長いため、結果的に息苦しさを覚える被験者もいた。湿式 (ミスト) サウナ使用の実態調査を行った先行研究では、「リラックス感」や「疲労回復感」などの心理的効果が報告されている⁽¹⁸⁾。本研究ではサウナ入浴終了後すぐの湿った衣服の不快感があるものの、時間が経つにつれて爽快感を訴える被験者が多く見られた。今回の実験で使用した家庭用サウナは、一人で座って入浴するタイプだったため、閉塞感と暗さによりストレスを感じる被験者もいた。今回の研究で様々な負の心理的影響が認められたが、実際に家庭で使う場合は、家庭という安心感に加えて、必ずしも着衣入浴する必要もなく、すぐにシャワーなどで汗を洗い流せるなどのメリットがある。また、すべての測定が終了したあとについては、被験者から概ね爽快感が残ったとの声が多かった。したがって、本研究で明らかになった湿式サウナ入浴による循環器機能への影響とともに、先行研究を含めた心理的・生理的な効果を考慮すると、家庭における湿式サウナ入浴の有効性は高いと考えられる。

(6) 研究の制限

本研究ではいくつかの研究の制限がある。本実験では、湿式サウナに 30 分間入浴した。その間、室温は若干上昇傾向にあるものの有意ではなく (平均 36.6℃)、室内湿度のみが 72.6% から 85.5% まで有意に上昇した。また、心拍数、体温および温度感覚が有意に増加したことから、今回の湿式サウナ入浴が適切に実施されていたことが確認できる。ただし今回はサウナ入浴前後に厳密な体重測定を実施できていない

め(汗や水滴の処理, 速やかな着替えなどが難しい環境), サウナ入浴による生体水分量の減少を確認するまでには至らなかった。生体水分量は有効循環血液量に影響を及ぼすため, 血圧はもとより血圧と相関関係にあるPWVと関係する可能性は強いと考えられる。今後は, 入浴後の身体の冷えなどを和らげるような採暖室などを活用して, 発汗量と循環器機能との関連を検討する必要があるだろう。

5. まとめ

本研究は, 湿式サウナ入浴の循環器機能への影響を検討した。その結果, 30分間の湿式サウナ入浴の前後で心拍数と脈圧は若干増加したものの, 脈波伝播速度に影響はなかった。したがって, 家庭用の湿式サウナ入浴は, 簡易性や入浴後の爽快感, 循環器機能に対する安全性を考慮すると, 健康増進を目的としたツールとして極めて有効なものであると結論づけられる。

引用文献

- (1) Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R et al) Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients) *Hypertension* 2001;37:1236-41)
- (2) Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, London GM) Arterial calcifications, arterial stiffness, and cardiovascular risk in end-stage renal disease) *Hypertension* 2001;38:938-42)
- (3) Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM) Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease) *Circulation* 1999;99:2434-9)
- (4) Mattace-Raso FU, van der Cammen TJ, Hofman A et al) Arterial stiffness and risk of coronary heart disease and stroke: the Rotterdam Study) *Circulation* 2006;113:657-63)
- (5) Lee SJ, Avolio A, Seo DC et al) Relationship Between Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and Incident Hypertension According to 2017 ACC/AHA High Blood Pressure Guidelines) *J Am Heart Assoc* 2019;8:e013019)
- (6) Kim JM, Kim SS, Kim IJ et al) Arterial stiffness is an independent predictor for risk of mortality in patients with type 2 diabetes mellitus: the REBOUND study) *Cardiovasc Diabetol* 2020;19:143)
- (7) Yamashina A, Tomiyama H, Arai T et al) Brachial-ankle pulse wave velocity as a marker of atherosclerotic vascular damage and cardiovascular risk) *Hypertens Res* 2003;26:615-22)
- (8) Imamura M, Biro S, Kihara T et al) Repeated thermal therapy improves impaired vascular endothelial function in patients with coronary risk factors) *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1083-8)
- (9) Kihara T, Biro S, Imamura M et al) Repeated sauna treatment improves vascular endothelial and cardiac function in patients with chronic heart failure) *J Am Coll Cardiol* 2002;39:754-9)
- (10) Ohori T, Nozawa T, Ihori H et al) Effect of repeated sauna treatment on exercise tolerance and endothelial function in patients with chronic heart failure) *Am J Cardiol* 2012;109:100-4)
- (11) Kihara T, Biro S, Ikeda Y et al) Effects of repeated sauna treatment on ventricular arrhythmias in patients with chronic heart failure) *Circ J* 2004;68:1146-51)
- (12) Laukkanen T, Khan H, Zaccardi F, Laukkanen JA) Association between sauna bathing and fatal cardiovascular and all-cause mortality events) *JAMA Intern Med* 2015;175:542-8)
- (13) Gryka D, Pilch W, Szarek M, Szygula Z, Tota L) The effect of sauna bathing on lipid profile in young, physically active, male subjects) *Int J Occup Med Environ Health* 2014;27:608-18)
- (14) Detry JM, Brengelmann GL, Rowell LB, Wyss C) Skin and muscle components of forearm blood flow in directly heated resting man) *J Appl Physiol* 1972;32:506-11)
- (15) Ducharme MB, VanHelder WP, Radomski MW) Cyclic intramuscular temperature fluctuations in the human forearm during cold-water immersion) *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;63:188-93)
- (16) Crandall CG, Wilson TE, Marving J et al) Effects of passive heating on central blood volume and ventricular dimensions in humans) *J Physiol* 2008;586:293-301)

- (17) Brothers RM, Bhella PS, Shibata S, Wingo JE, Levine BD, Crandall CG) Cardiac systolic and diastolic function during whole body heat stress) *American journal of physiology Heart and circulatory physiology* 2009;296:H1150-6)
- (18) 前野有佳里, 橋口暢子, 松本和博, 都留理恵子, 栃原裕) 家庭用ミストサウナの使用に関する実態調査) *人間と生活環境* 2010;17:15-21)
- (19) 美和千尋, 河原ゆう子, 吉田久美子) 入浴介護におけるミストサウナの利用) *人間と生活環境* 2009;16:85-89)
- (20) 橋口暢子, 前野有佳里, 宮園真美, 梅崎園美, 樗木晶子, 裕 柝) ミストサウナ浴およびミストサウナ併用半身浴時の生体負担と温熱的快適性) *人間と生活環境* 2016;23:9-16)
- (21) 浩一郎 山, 富弘 清) ミストサウナ浴が頭皮血流量へ及ぼす影響) *日本温泉気候物理医学会雑誌* 2008;71:167-172)
- (22) 美和千尋, 河原ゆう子) ミストサウナ入浴時の等張性運動が酸素摂取量に与える影響) *日本温泉気候物理医学会雑誌* 2013;76:97-104)
- (23) Tei C, Horikiri Y, Park JC et al) Acute hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure) *Circulation* 1995;91:2582-90)
- (24) Lee E, Laukkanen T, Kunutsor SK et al) Sauna exposure leads to improved arterial compliance: Findings from a non-randomised experimental study) *European journal of preventive cardiology* 2018;25:130-138)
- (25) Iwase S, Kawahara Y, Nishimura N et al) Effects of isotonic and isometric exercises with mist sauna bathing on cardiovascular, thermoregulatory, and metabolic functions) *International journal of biometeorology* 2014;58:1109-17)
- (26) 河原ゆう子, 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* 2002;39:402-408)
- (27) Miyata M, Tei C) Waon therapy for cardiovascular disease: innovative therapy for the 21st century) *Circ J* 2010;74:617-21)
- (28) Laukkanen T, Kunutsor S, Kauhanen J, Laukkanen JA) Sauna bathing is inversely associated with dementia and Alzheimer's disease in middle-aged Finnish men) *Age and ageing* 2017;46:245-249)
- (29) Kunutsor SK, Jae SY, Kurl S, Kauhanen J, Laukkanen JA) Inflammation, sauna bathing, and all-cause mortality in middle-aged and older Finnish men: a cohort study) *Eur J Epidemiol* 2022;37:1225-1231)
- (30) Biro S, Masuda A, Kihara T, Tei C) Clinical implications of thermal therapy in lifestyle-related diseases) *Exp Biol Med (Maywood)* 2003;228:1245-9)
- (31) Kunutsor SK, Kauhanen J, Laukkanen JA) Sauna bathing, renal function and chronic kidney disease: Cross-sectional and longitudinal findings from the KIHID study) *European journal of clinical investigation* 2023;53:e14001)
- (32) Kukkonen-Harjula K, Kauppinen K) Health effects and risks of sauna bathing) *Int J Circumpolar Health* 2006;65:195-205)
- (33) 吉田郁美, 竹森利和, 山崎政人 et al) 冬季の実生活におけるミストサウナ入浴が睡眠に及ぼす影響) *人間と生活環境* 2012;19:101-106)
- (34) 河原ゆう子, 岩瀬敏, 菅屋潤壹, 美和千尋, 真澄 高) ミストサウナが運動中のヒトの循環動態, 体温調節能, および代謝に及ぼす影響) *自律神経* 2005;42:344-351)