

原 著

負イオンサウナ浴がヒトの循環動態に与える影響

渡部 一郎¹⁾ 野呂 浩史¹⁾ 真野 行生¹⁾

1) 北海道大学医学部リハビリテーション医学講座

Cardiovascular reactions in wet sauna with negative air ions

Ichiro Watanabe¹⁾ Hiroshi Noro¹⁾ Yukio Mano¹⁾

1) Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Hokkaido University School of Medicine

要約

空気中の負イオンがヒトにどのような生理的な影響を与えるか調べるため、イオン発生装置を組み込んだ実験サウナ浴室を作成した。13人の健常人を負イオンサウナ（温度42℃、湿度100%、10分間）と通常の湿式サウナ（温度42℃、湿度100%、10分間）の両方のサウナ浴を1週間の間隔をあけて施行した。被験者にどちらのサウナに負イオンが有るか説明しなかった。これらの被験者では、両者のサウナに快適さや疲労度などの自覚的所見の違いを認めず、血圧変動にも差異を認めなかった。前額部、手、足部の温度変化は、負イオンサウナ浴群が通常サウナ群より有意の上昇を認めた。発汗量は負イオンサウナ浴群が通常サウナ群より有意の増加を示した。これらの結果から負イオンはサウナ浴効果を増強する作用を有することが示された。

(臨床環境 5 : 12~17, 1996)

Abstract

We set up a experimental sauna room in which ionizer equipment was installed to determine the physical effects of negative air ions on humans. Thirteen healthy persons took a wet sauna bath (temperature 42°C, relative humidity 100%, 10 minutes exposure) with negative air ions and without negative ions, without being told which they were taking. There were no differences in the moods of these persons or changes in their blood pressures between the two saunas. The surface temperatures of the foreheads, hands and legs in the sauna with ions were significantly higher than those in sauna without ions. The sweat produced in the sauna with ions were significantly higher than those in the sauna without ions. From this, it can be concluded that negative ions may have amplified the effects of the sauna.

(Jpn J Clin Ecol 5:12~17, 1996)

《Key words》 sauna, negative ion, ion cluster air, physical effect

別刷請求宛先：渡部一郎

〒001 札幌市北区北15西5 北海道大学医学部リハビリテーション医学講座

Reprint Requests to Ichiro Watanabe, Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Hokkaido University School of Medicine, N-15, W-5, kita-ku, Sapporo, Hokkaido 001 Japan

はじめに

空気イオンには、正イオン、負イオンがあり、都会では正イオン、山林部や温泉地では負イオンが多く観測され、特に滝の近くや台風後では負イオンが増加し、これがヒトの壮快感と関連するという報告がある¹⁾。

従来の負イオンに関する研究では、作業効率の改善²⁾、気分などの精神状態の改善³⁾などの報告を認めた。一方逆に大量負イオンによる組織障害²⁾や、産生される活性酸素³⁾などの有害な報告もあり、人体への生理的な効果についての検討が待たれていた。

最近開発され真気発生装置 (株式会社ジオクト製) は、水をノズルから噴霧し、水滴の分裂により負イオンが発生する原理 (レナード効果) により大量の負イオンを伴った水蒸気の産生が認められる。この装置は、電気的な荷電ではないため原理上活性酸素の産生はない。また通常の水蒸気が約20 μ m以上の径であるのに対し、0.3 μ m径と微細な (負イオンを伴った) 水粒子を発生する特徴を有し、すでに無菌室としての利用で高い防塵、除菌効果が認められている。

サウナ浴は、古来より世界各地で様々な形態で行なわれており、医療施設でも積極的に利用されてきている。サウナ浴は、高温環境下における生体のホメオタシスにより末梢循環を促進し、発汗を促し、代謝を亢進するなどの有用性が示されている⁶⁾。我が国では、低温 (40~45 $^{\circ}$ C) 多湿 (90~100%) のサウナが蒸し風呂として古くから利用されており、高温 (90~100 $^{\circ}$ C) 低湿型サウナに匹敵する温度効果、発汗効果が示されている^{7,8)}。

我々は、真気発生装置が負イオンに富んだ高湿の空気を発生する点を生かし、均一な実験環境となるサウナ室を作成した。今回、健常人13人について負イオンの有無以外の条件が均一なサウナ浴 (42 $^{\circ}$ C 100% 10分間) をそれぞれ施行し、身体各部位表温度、深部温度、循環動態、発汗量の変動の差異を検討した。

方法

今回の実験のために、同一室で負イオンに富ん

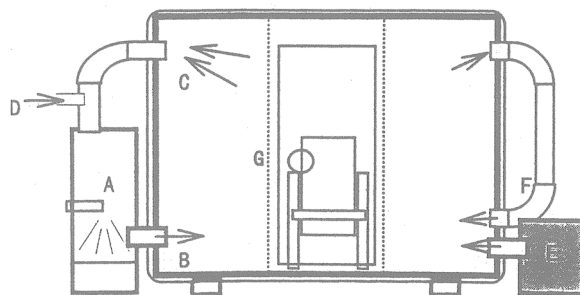


図1 サウナ実験室の図解

A: 負イオン発生装置、B: 負イオン挿入口、C: 換気口、D: 外気吸入口、E: 通常の湿式サウナ、F: 換気ダクト、G: 透明樹脂製入り口

だサウナ (以下負イオンサウナ)、通常の湿式サウナの切替運転可能なサウナ室 (室内幅1560cm、高さ180cm、奥行き1040cm、3人用) を作成した (図1)。このサウナ室にMCN350型真気発生装置 (ジオクト社製; 図1 A) を組み合わせた。これは側面の下部から真気を送風し (図1 B)、上部ダクト (図1 C) から室外へ循環し、少量の外気と混和し (図1 D) 再び真気発生装置で負イオンを付加され循環する。

通常の湿式サウナ装置はメトス電気スチーマ装置NS-7E1 (中山産業株式会社) を真気装置の対側に設置した (図1 E)。この装置は室内換気循環装置を含まないため、送風機と送風ダクトを別に設置して真気発生装置の運転状態と同じ風量となるよう調節した。どちらのサウナ装置も室温42 $^{\circ}$ C、湿度100%に設定した。

サウナ室ドア部は、外から被験者を観察できるよう透明樹脂製とした。各種計測装置の装着のため右手を室外に出せるよう扉部に窓を作成し、窓の回りに柔らかい樹脂を配置し腕を通して外気の出入りがないように配慮した (図1 G)。

負イオン量はイオン数測定器 KST-900 ION TESTER (神戸電波株式会社) にて計測した。測定装置内の結露による誤動作を防ぐため、サウナ室から取り出した空気を冷却し大きな水滴を除去するラインを介して測定した。

13例健常人 (21~49才、平均26.4才) 全被験者に、どちらかのサウナか告知せずに1週間の間隔で同一時刻に両方のサウナ浴 (42 $^{\circ}$ C 100%) を1回

ずつ体験させ、入浴前、42℃サウナ浴10分間、出浴後20分間、以下の計測を行った。記録は、水着着用で座位にて行い、サウナ室への移動は自分で歩行させた。検討期間は1994年7月21日から1994年9月1日に施行した。

左上腕に装着した連続血圧計で1分毎に収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧、脈拍数を記録した。指尖部に装着したFinapres装置（非観血的連続動脈圧測定装置：オメガ社製）を用い連続100拍の心拍変動係数を算定した。

発汗量は、着衣をさせないサウナ前後の体重差から求めた。

体表面温度は、自動温度記録装置にて前額、胸部、肩甲骨部、上腕、手背、大腿、下腿、足背について1分毎に調べ、体表面積で補正した平均外殻温を算定した〔平均外殻温＝（前額部温×7＋胸部温×18＋背部温×17＋上腕部温×15＋手背部温×5＋大腿部温×18＋下腿部温×13＋足背部温×7）／100〕。深部体温として直腸温を1分毎に記録した。

被験者には、入浴8分目、出浴後5分、10分、20分目に温度感覚、快適感覚、疲労感覚、発汗感覚の自覚的感覚スケールを問診にて調べた。

統計学的検定は対応のあるStudent t-testにより、有意水準5％にて判定した。

結果

1. サウナ室の負イオン量

サウナ室外の気温、湿度は、負イオンサウナ稼働時28.0±1.5℃（平均±標準偏差：以下同様）、77.2±6.9％で、湿式サウナ稼働時27.4±0.9℃、78.9±4.3％と有意差を認めなかった。負イオン量はサウナ室外では120～350個/ccであった。真気発生装置運転時のサウナ室内では負イオンが20000個/cc以上に増加した。一方湿式サウナ室内では100個/cc以

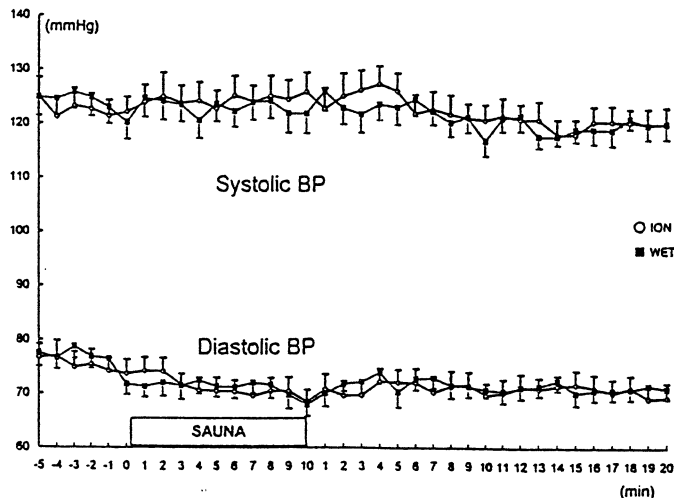


図2 血圧の変化

Wet：通常の湿式サウナ、Ion：負イオンサウナ
 平均値とSE（standard error）

下と室外イオン量より低下していた。

2. 血圧、脈拍数

収縮期血圧、拡張期血圧は、負イオンサウナ、湿式サウナ間に差異を認めなかった（図2）。

脈拍数は、両サウナとも平均脈拍数が約75博/分から最大約95博/分へ上昇するが、負イオンサウナ群のほうが湿式サウナよりやや高い傾向を示し、出浴直後1分後の脈拍数では負イオンサウナが湿式サウナより有意の高値を認めた。副交感神

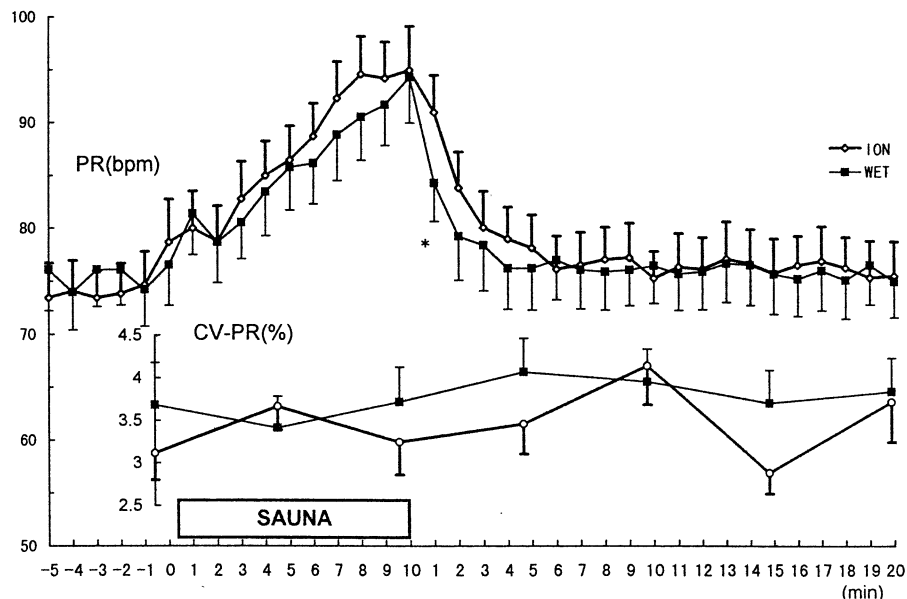


図3 心拍数の変化と心拍数変動係数の推移

Wet：通常の湿式サウナ、Ion：負イオンサウナ
 平均値とSE(standard error), *:p<0.05 paired t-test

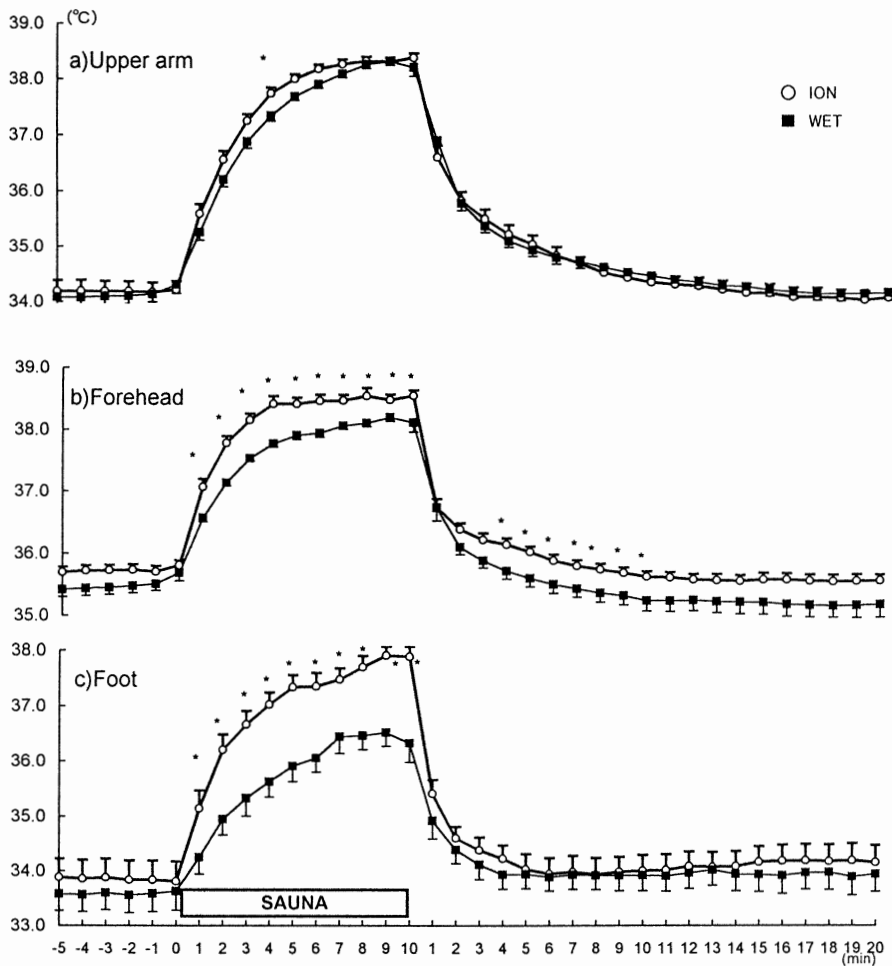


図4 皮膚温の変化

Wet: 通常の湿式サウナ、Ion: 負イオンサウナ
 平均値とSE(standard error), *: $p < 0.05$ paired t-test

経機能を示すCV-RRは、両サウナ間に差異を認めなかった(図3)。

3. 発汗量

発汗量は、負イオンサウナでは 234.6 ± 140.5 gであり、湿式サウナの 169.2 ± 87.9 gと比較して有意の高値を示した。

4. 体表面温度

表面温度の比較では、両サウナにより肩甲骨部、上腕部(図4 a)の体幹部温度の差は認めなかった。これにより両サウナとも、肩の高さにおいて設定温度が正確に維持されていることが示された。

前額(図4 b)では、入浴直後より負イオンサウナが湿式サウナより有意に高温を示し、出浴後も負イオンサウナが湿式サウナより高温を保持し

た。

手背部、大腿部も前額部と同様に、入浴中、出浴後ともに負イオンサウナが湿式サウナより有意に高温を示した。一方、下腿部、足背部(図4 c)は入浴時のみ負イオンサウナで高温を示し、出浴後は差異を認めなかった。

5. 平均外殻温(mean shell temperature)、深部温度

計算で求めた平均外殻温は、サウナ浴中負イオンサウナ群で有意の高温を示した(図5 a)。

直腸温(図5 b)は、両群で有意差を認めなかったが、湿式サウナが入浴直後一過性の直腸温低下を示した後、徐々に温度が上昇するのに対し、負イオンサウナでは入浴直後の温度低下をほとんど認めず、緩やかな温度上昇を示す異なった温度変動を示した。

6. 自覚症状、副作用

低血圧例(ショック含む)や、気分の優れない例は、負イオンサウナと湿式サウナともに認めなかった。自覚的な温度差感覚の差はなかった。快適感覚では、出浴後5分目で負イオンサウナ後快適例が多かった(負イオンサウナ: やや快適8例+快適1例、湿式サウナ: やや快適6例)。入浴中疲労感覚では、負イオンサウナの8例に、湿式サウナの4例に軽度疲労を訴えた。これら自覚的感覚は、両サウナに有意の差を認めなかった(χ^2 検定: 有意水準5%)。

考案

負イオンが、生体に与える影響を調べるため、温度(42°C)、湿度(100%)、室内体積、体位など均一な条件となるサウナ浴において実験した。自覚症状の差異はほとんど認めなかったが、負イオンがある場合、体温上昇、発汗量増加などのサウナ浴の効果が強く発現されることが示された。

今回の実験条件は、真気負イオン発生器が、通常の水蒸気より微細な水蒸気粒子に荷電した負イオンを発生することを利用し設定した。この負イオン発生法は、自然の滝と同様に激しい水流から発生し（レナード効果）、従来の corona 放電法に伴う有害な活性酸素の産生もない。また真気発生装置による負イオンは、原理上、湿度と密接な関係があるため、湿度100%となるサウナ室での実験条件で測定した。コントロールに用いた一般方式の湿式サウナでは、外気より著明に負イオンの低下を認め、負イオンの有無によるサウナ浴効果を調べることができた。

身体各部の体温変化は、負イオンサウナ、湿式サウナ間で身体各部により異なった反応を示した。体幹部（肩甲骨部、上腕部）の測定体表温度では差異を認めず、実験環境条件の均一性を示した。しかし、前額部、手・足などの体幹以外の部位の体温はすべて、負イオンサウナが湿式サウナより高値を示した。一般にサウナでは換気や室内空気の対流のため室内上下の高さ、すなわち頭部で高温となり足部で低温となる室温差が問題となる。今回認めた前額部体温や足部体温ともに上昇したことは、実験条件の不備で現われるものではない。すなわち、負イオンのため体幹以外の身体各部に強い温度上昇効果をもたらしたものと考えられる。

身体遠位部の温度上昇の理由は不明である。もし負イオンが皮膚に直接影響を与えたとしたら、体幹部、身体遠位部の差はないものと思われる。負イオン荷電した水蒸気は通常の水蒸気より微小のため肺の深部にまで到達すると報告されている⁵⁾。吸入した負イオンが何らかの自律神経を介する生体反応をおこした可能性が考えられた。

高温浴やサウナなど一般の全身高温暴露の直腸温の変化は、環境の急変によるストレスにより交感神経を介する血管収縮による暴露直後の1—2分間の温度低下を認め、その後徐々に温度上昇するパターンを呈する。今回の湿式サウナでもその傾向が認められるが、負イオンサウナでは、直腸温の入室直後の一過性温度低下を認めず徐々に温度が上がるパターンを示した。これは、負イオンサウナが生体にストレスとならず緩やかな温度変化を与えたものと考えられる。しかし最終的には直腸温上昇は負イオンサウナのほうが湿式サウナより高く、負イオンにより生体への温度上昇効果が強く発現された。

直腸温、平均外殻温ともに負イオンサウナで、より高値を示し、これが負イオンサウナでの発汗量の有意の増加をもたらしたものと思われる。心拍数の増加も負イオンサウナで、やや高かったが、平均値で95博/分の最大値に留まった。高温浴や高温低湿型サウナでは150回/分を越える危険な頻脈を伴うわりに発汗量の増加は少ない⁸⁾。空気中負イオンは、心拍の上昇の割合に比べて発汗量の増加をよりいっそう増すものと思われ、負イオンサウナは安全性の面でも有用な温熱療法と考えられた。

従来の検討では、負イオンは自覚的な快適さや仕事の能率などで有用な報告が多い¹⁾。今回の検討では、負イオンサウナでの体温上昇、発汗量上昇を認めたものの、自覚症状の差異はほとんど認めなかった。暴露時間が10分と従来の報告（数時間）に比べ短かったこ

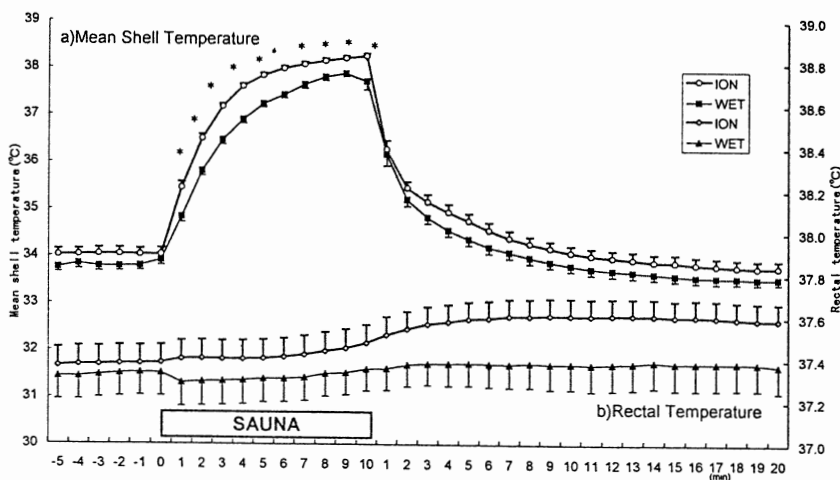


図5 平均体表温と直腸温

Wet：通常の湿式サウナ、Ion：負イオンサウナ
平均値とSE(standard error), *: $p < 0.05$ paired t-test

とや、サウナ浴という別の強いストレスのため自覚症状の差異が隠されたのかもしれない。また逆に、体温上昇や発汗量による皮膚のべたつき感や不快感を、負イオンが軽減したため自覚症状の差異がなくなった可能性も考えられる。

以上、負イオンの人体へ与える影響をサウナ浴にて調べ、体温、発汗量の有意の増加を認め、負イオンのサウナ浴効果の増強効果を認めた。負イオンの効果発現の機序については不明の点が多いが、さらに詳細な検討が必要と思われた。

文献

- 1) Hawkins LH and Barker T. Air ions and human performance : *Ergonomic* 21: 273-278, 1978
- 2) Yates A, Grey FB, Misiaszek JI : Air ions : past problems and future directions. *Environment international* 12: 99-108, 1986
- 3) Goldstein NI, Godstein RN and Merzlyak N: Negative air ions as a source of superoxide. *Int J Biometeology* 36: 118-122, 1992
- 4) Scheuch G, Gebhart J and Roth C: Uptake of electrical charges in the human respiratory tract during exposure to air loaded with negativu ions. *J Aerosol Sciecnce* 21: 439-332, 1990
- 5) H. J. Duan, F. Gao, K. Oguchi and T. Nagata: Light and electron microscopic radioautographic study on the incorporation of 3H-thymidine into the lung by means of a new nebulizer. *Arzneimittel-Forschung* 44: 880-883, 1994
- 6) Leppaluoto J: Human thermoregulation in sauna. *Annals of clinical research* 20: 240-243, 1988
- 7) Vuori I: Sauna bather's circulation. *Annals of clinical research* 20: 249-256, 1988
- 8) 渡部一郎、阿岸祐幸、他：乾式サウナと湿式サウナによる体温反応の差異. *Biomedical Thermology* 13(3): 146-150, 1993