

# Physiological and Subjective Responses to Sauna Bathing and Applications in Nursing

宮園, 真美  
九州大学大学院保健学部門 臨床看護学講座

<https://doi.org/10.15017/19720>

---

出版情報 : 九州大学, 2010, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第2章

### 頸部下ドーム型サウナ使用時の若年者の生理・心理反応

## 2.1. はじめに

サウナの温熱効果は、末梢循環改善や発汗促進に関わることが示唆されており(河原ら 2002)、温熱性血管拡張作用は心不全患者において、血行動態、神経体液性因子、自律神経、血管内皮反応等の機能改善効果をもたらしている(増田ら 2007、木原ら 2003)。サウナによる効果は、心不全患者への治療のみならずリラクゼーションや疼痛の緩和などにおいても証明されている(増田ら 2005)ことから、サウナのような温熱療法の活用は、高齢者や入院患者を対象とした看護介入としても有用であると考ええる。特に高齢者や入院患者にサウナを実施することで、薬物を使用しない安全な方法で質の高い睡眠や、疼痛緩和、リラクゼーション効果が得られるならば医療費高騰の抑制にもつながる可能性がある。

そこで、本実験はサウナの実施による基礎的データの把握を目指して、対象を健康な若年者に設定して行った。サウナの種類は多様であるが、後に高齢者や患者へ使用するためにはより安全・安楽な方法による実施が求められる。体位は、血行動態の変動を最小限にするために、臥床状態で実施できるタイプが適切と考えた。通常のサウナでは立ち上がりや移動が必要であり、その際の血圧の変動が予測されたためである。また、一般的な高温乾式(70-120℃)のサウナ室へ入室し全身を曝露する方法に比べると、頸部以下のみサウナに曝露する方法は、頭部が熱気内に晒されず、通常の室温湿度において呼吸ができるのでサウナ内で呼吸をするより比較的呼吸が楽になると思われる。また、先行研究においても頭寒足熱型の温度勾配の方が温熱的不快感は生じにくいという報告(松尾ら 2006)もある。そこで今回は、臥床したまま頸部下のみ遠赤外線による高温曝露ができる頸部下ドーム型サウナ(家庭用遠赤外線サウナ、「スマーティF4-NX」(フジカ):有機炭素を材料とする面状発熱体が反円状の壁面に装着されているため、対象に向かって遠赤外線が照射される。以下ドーム型サウナ)を選択した(図2.1)。



図2.1. ドーム型サウナの外觀

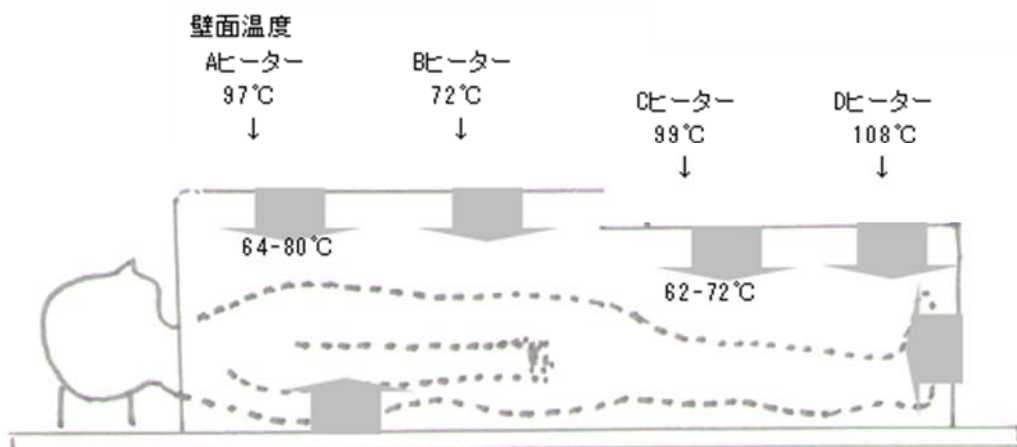


図2.2. ドーム型サウナ内温度:温度レベル高の場合

(株)フジカ提供資料の一部を改変

ドーム型サウナは大ドーム内にAヒーター、Bヒーター、小ドーム内にCヒーター、Dヒーターが装備されており、それぞれの面から遠赤外線が照射される。図2.2は、ドーム型サウナ温度設定を出力100%にした場合のドーム壁面の温度とドーム内(中央部分の)温度である。頸部下ドーム型サウナを使った実験の先行研究はなく、その生理・心理的影響についての科学的な検証は十分ではない。そこで、ドーム型サウナ温度の検証として、ドーム型サウナの温度を通常のサウナ浴で使用される温度70-120℃に近い総出力100%の最高温度と、温熱療法で使用される温度60℃に近い総出力50%の中間温度で比較した。

深部体温測定については通常直腸温、食道温、鼓膜温等が用いられるが、今後高齢者や入院患者を対象にサウナを使用した際に直腸温等での評価が困難な場合も考えられるため、熱流補償法による深部体温計を使用し、直腸温と比較検討することとした。

本研究では次の3つを目的とする。

- ① 健常若年者を対象とし、頸部下ドーム型サウナ使用時の生理・心理反応について基礎的資料を得る。
- ② ①の一環として、額の熱流補償法による深部体温と直腸温の比較を行う。
- ③ ①を基に、高齢者や入院患者を対象としたサウナ実施のための条件や方法を検討する。

## 2.2. 実験方法

### 1)被験者

循環器疾患等の既往がない健常な若年男性10名(年齢:20.9±1.3歳、身長172.9±7.3cm、体重62.3±6.5kg)とした。対象者には、循環器専門医師の間診票による健康チェックを行い、研究目的と内容について十分な説明を行った上で、書面による同意を得た。本研究は九州大学医系地区部局倫理審査委員会の承認を受けた。

### 2)実験期間.場所

2007年8月に九州大学大学院芸術工学研究院環境適応研究実験施設において実施した。

### 3)実験条件

頸部下ドーム型サウナ(以下ドーム型サウナ)は数段階の温度レベルの設定が可能であるが、その中で今回は、総出力100%:70-90℃(以下HL)と総出力50%:60-85℃(以下ML)の2種類のサウナドーム温度を検討した。深部体温0.7-1.0℃の上昇を目指し、一人の被験者に対し実験を2回、時間帯を統一して実施した。室温22℃、湿度50%に制御し、被験者の衣服はトランクスとガウンタイプの病衣とした。

### 4)実験手順と測定項目(図2.3.)

被験者は排尿、200mlの飲水をした後、実験室へ移り10分間の安静臥床とした。その後、事前に各条件の温度レベルに設定し電源をONにしたままで準備しておいたドーム型サウナを、被験者に被せ30分、電源をOFFして30分、ドーム型サウナを除去して30分、計100分間安静臥床とした。10分間の安静時間からドーム型サウナを除去するまでの100分間に、血圧および心拍数(オムロンデジタル自動血圧計HEM-9000AI)、深部体温(直腸温(Hardware LT-8 Series)と熱流補償法(テルモ社製コアテンプCM-210型)による深部体温(額))の測定を行った。安静時、サウナ内電源ON、サウナ内電源OFF、サウナ除去後の4時点で、主観的温冷感(「暑い」「温かい」「やや温かい」「どちらでもない」「やや涼しい」「涼しい」「寒い」の7項目)、温熱的快適

感(「とても快適」「快適」「やや快適」「どちらでもない」「やや不快」「不快」「とても不快」の7項目)の自己申告による調査を行った。実験の前後には、体重測定(測定精度1g: ID1Plus KCC150;METTLER)と採血(血算、ヘマトクリット値、ヘモグロビン値)を行った。ドーム型サウナ内側壁面の温度は、ドーム内中央部測定で97℃(上半身上部)、72℃(上半身下部)、99℃(下半身上部)、108℃(下半身下部)であり、ヒーター最上部中央で測定したドーム内温度と乖離がないことを確認した(「製造元フジカ」データ提供)。実験中のドーム型サウナ内の気温は放射熱を遮断しその影響を排除した上で被験者の腹部付近で着衣に接触しないように測定(Hardware LT-8Series)した。

なお、熱流補償法による深部体温測定は体表面からの熱の放散を見かけ上0にすることで、体深部から体表面への熱流をなくして体表面と体深部とを熱平衡状態とし、その状態で体表面温度を測ることで体深部と同じ温度を計測して体表面から間接的に体深部体温を測定するものである。深部体温測定装置内は、体表面に接触する測定面側から順に第1の温度センサ、第2の温度センサ、ヒーターを備えている。第1の温度センサと第2の温度センサとの間には、断熱材を備える加熱型の深部体温計を用い、測定面を体表面に密着させて第1の温度センサで体表面温度を計測するとともに、第2の温度センサでヒーター温度を計測し、それら第1、第2の温度センサの温度差が0に近づくようにヒーターの温度を制御することで熱流を補償して深部体温を測定する。

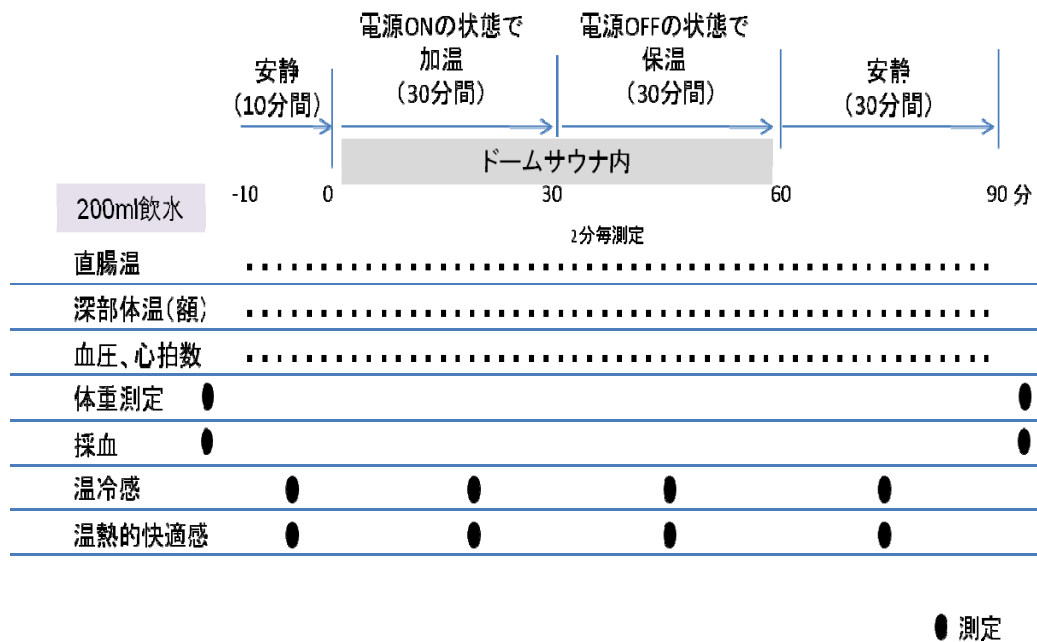


図 2.3. 実験手順と測定項目



## 5)統計解析

測定結果は全て平均値(標準偏差)で示した。深部体温、血圧、心拍数の経時変化の検定には、2つの温度レベルと51回反復する測定値の時系列変化、ドーム型サウナ内温度の経時変化の検定には7回の反復する測定値の時系列変化に対して、反復測定分散分析(repeated-measure Analysis of Variance)を行った。多重比較検定にはBonferroniを用いた。体重減少、気分調査チェックリスト点数の条件間およびサウナ実施前後の比較、温冷感・温熱的快適感のサウナ10分後、30分後比較には、対応のあるt検定(paired-t test)を用いた。また、統計解析ソフトには、PASW Statistics18およびPASW Advanced Statistics18を使用した。統計処理において危険率5%未満を有意水準とした。

### 2.3. 結果

#### 1)ドーム型サウナ内温度、直腸温

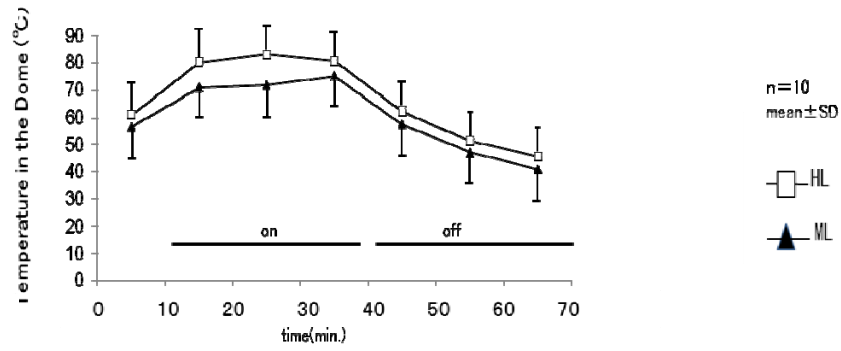
ドーム型サウナ内の温度を図2.4.(A)に示す。ドーム型サウナ内の温度は、ドームを被験者に被せてから、HLは20分で82.0(8.7)°C、MLは26分で70.9(11.6)°Cまで上昇し、電源を切ると急激に低下した。なお、ドーム型サウナ内温度はドーム内気温のことであり、放射熱を遮断しその影響を排除したものである。

直腸温の経時的変化を図2.4.(B)に示す。直腸温はHL、MLともに安静時から徐々に上昇し、電源を切った後も上昇が続いた。体温下降はサウナを除去した約10分後から見られた。直腸温の最高値はHLが37.7(0.3)°C、MLが37.6(0.4)°Cであった。安静時最低値からの体温上昇は両レベルとも約0.8°Cであった。分散分析の結果、温度レベルと時間経過の交互作用は見られず、時間経過による主効果は有意であった( $F(50,450)=199.9, p<0.01$ )。温度レベルによる主効果は見られなかった。多重比較検定を行ったところ、サウナ浴前値平均と電源OFF後0分以降のデータに有意差を認めた( $p<0.05$ )。

#### 2)熱流補償法による深部体温(額)と直腸温

熱流補償法による深部体温(額)と直腸温の経時的変化をHLにおいて比較したものを図2.5.に示す。直腸温と同様にサウナ内の電源ONの後半より体温が上昇し、電源OFFの時点まで同様の上昇を続けた。安静時最低値からの体温上昇は熱補償法による深部体温も直腸温も双方とも約0.8°Cであった。サウナを除去した回復期には約0.4°Cの差があったが、回復期を除き両測定値に大きな差異はなかった。分散分析の結果によっても、測定法による主効果は見られなかった。温度レベルと時間経過の交互作用は見られず、時間経過による主効果は有意であった( $F(50,450)=122.8, p<0.01$ )。多重比較検定を行ったところ、サウナ浴前値平均と電源OFF後0分以降のデータに有意差を認めた( $p<0.05$ )。

(A)



(B)

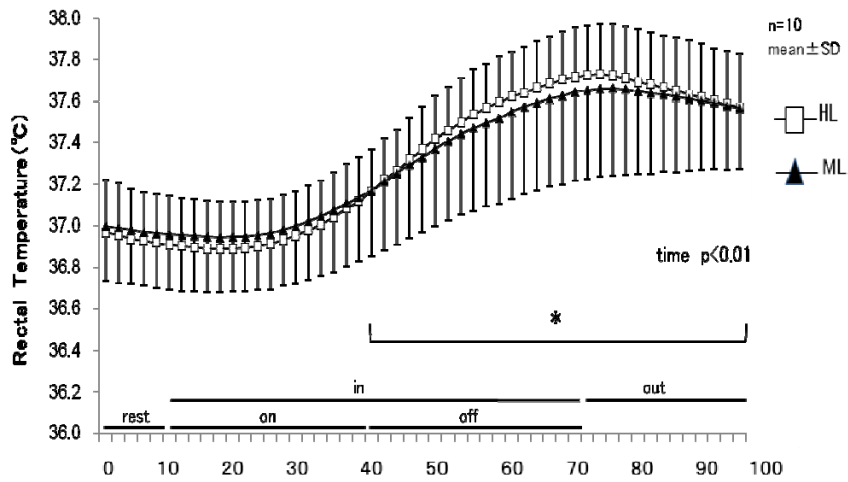


図 2.4. レベル高 (HL) とレベル中 (ML) における

ドーム型サウナ内温度 (A) と直腸温の比較 (B)

### 3)心拍数

心拍数の経時的変化を図2.6.に示す。心拍数はHL、MLともにドームを被せてから徐々に上昇し、電源を切っても約30分上昇し続けた。心拍数の安静時最低値はHLが65.3(15.1)拍/分、MLが60.8(10.1)拍/分であり、最高値はHLが92.8(16.3)拍/分、MLが89.2(18.1)拍/分と両レベルとも約28拍/分増加が認められた。分散分析の結果、温度レベルと時間経過の交互作用は見られず、時間経過による主効果は有意であった( $F(50,350)=27.2, p<0.01$ )。温度レベルによる主効果は見られなかった。多重比較検定を行ったところ、サウナ浴前値平均と電源OFF20分からドーム除去後8分のデータに有意差を認めた( $p<0.05$ )。

### 4)収縮期血圧

収縮期血圧の経時的変化を図2.7.に示す。収縮期血圧はHL、MLともにサウナを被せてからゆっくりとした上昇傾向があった。収縮期血圧の最低値は、ドームを被せ10分後にHLで106.0(6.0)mmHg、ドームを被せて22分後にMLで106.7(8.7)mmHgを認めた。最高値はドームを除去した18分後にHLで113.0(6.8)mmHg、ドームを除去した16分後にMLで114.0mmHg(10.4)であった。いずれも測定中に約7mmHgの上昇が見られた。分散分析の結果、温度レベルと時間経過の交互作用は見られず、時間経過による主効果は有意であった( $F(50,450)=3.4, p<0.01$ )。温度レベルによる主効果は見られなかった。

### 5)拡張期血圧

拡張期血圧の経時的変化を図2.8.に示す。HL、MLともにサウナを被せてから徐々に低下傾向を示した。拡張期血圧の最高値はいずれも安静時で、HLが56.8(6.5)mmHg、MLが57.2(4.7)mmHgであった。最低値はサウナ電源をOFFして20分後にHLで47.8(5.8) mmHg、18分後にMLで50.5(6.9)mmHgであった。

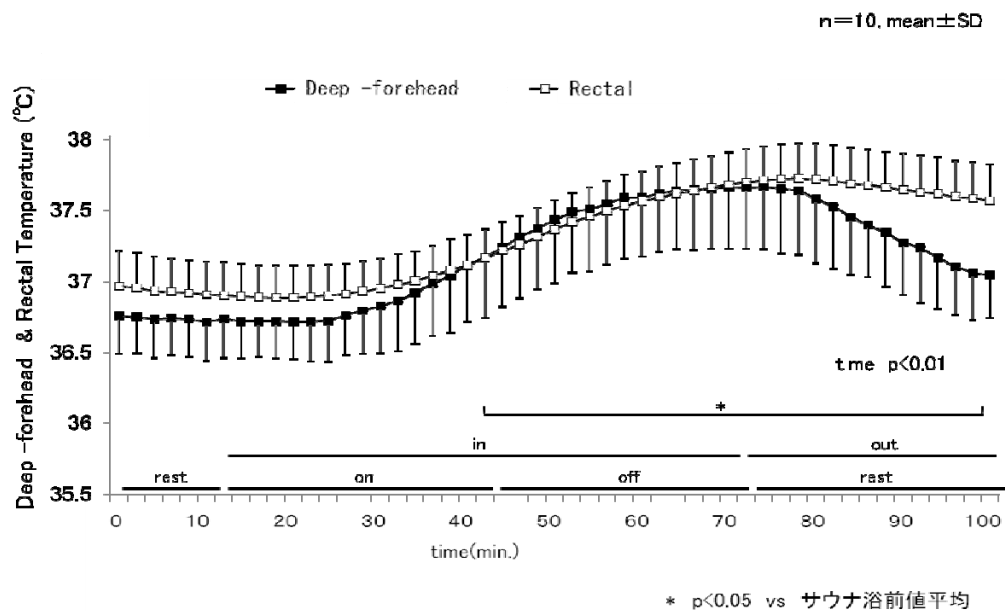


図 2.5. 熱流補償法による深部体温(額)と直腸温の経時的変化 (HL において比較)

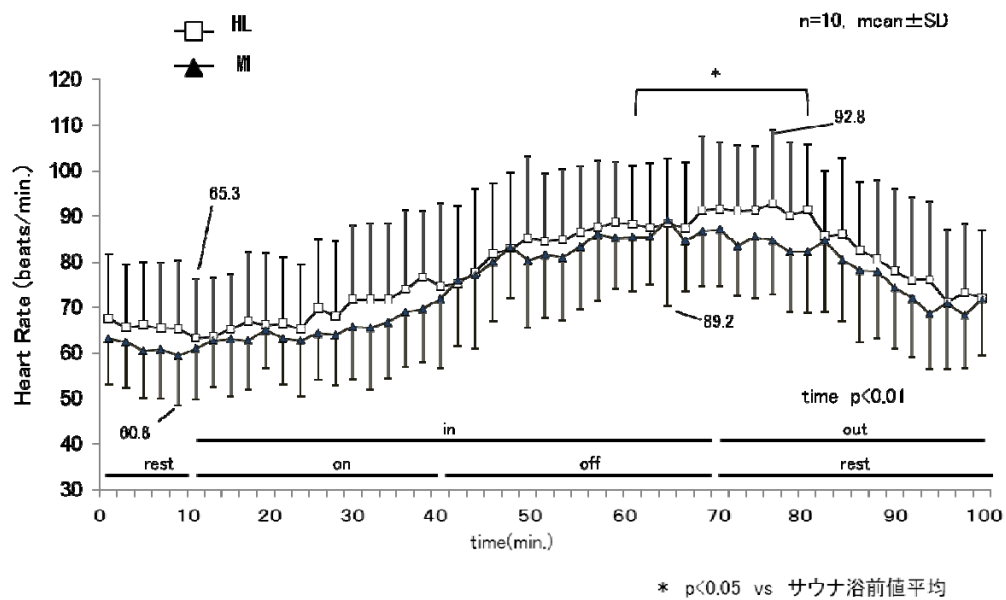


図 2.6. HL と ML における心拍数の経時的変化

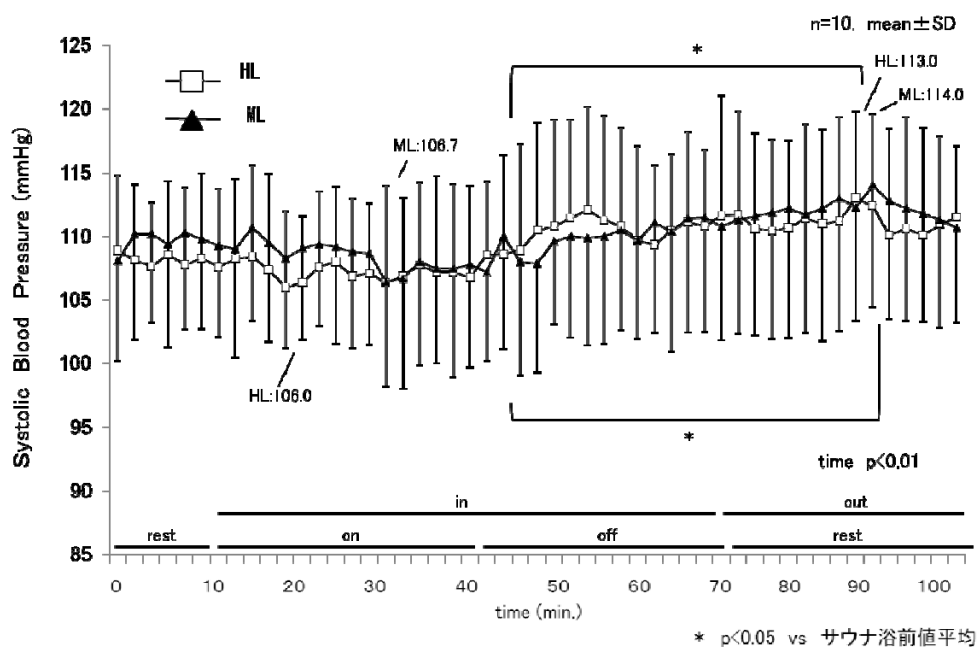


図 2.7. HL と ML における収縮期血圧の経時的変化

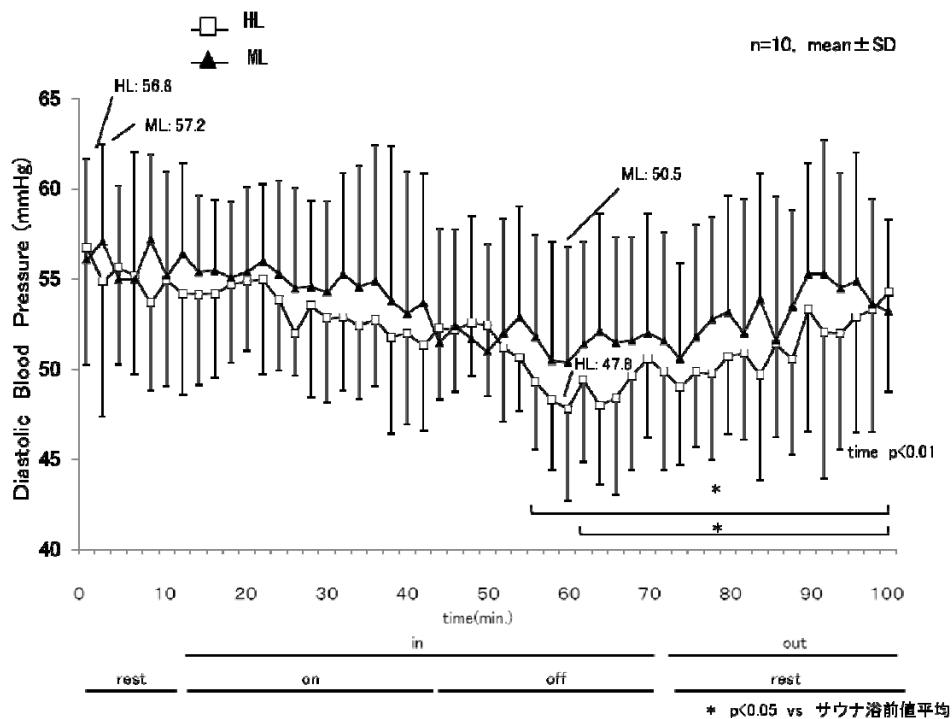


図 2.8. HL と ML における拡張期血圧の経時的変化

どちらのレベルにおいても、約7mmHgの血圧低下があった( $p < 0.05$ )。分散分析の結果、温度レベルと時間経過の交互作用は見られず、時間経過による主効果は有意であった( $F(50,400)=6.7, p < 0.01$ )。温度レベルによる主効果は見られなかった。

#### 6) 体重減少量およびヘマトクリット値

サウナ前後の体重減少量の比較では、MLが810(258.5)g、HLが840(322.5)gで、両レベル間に有意差はなかった。体重比はサウナ前からMLで0.2、HLで0.3減少した。血液データのうち、ヘマトクリット値の平均値は実験前はHLが44.7(1.9)%、MLが44.5(1.7)%で、正常範囲内の変化であるが、実験後に1.3-1.4%の増加が見られ、両レベルとも実験前後に有意差があった( $p < 0.05$ )。レベル間には有意差はなかった。

#### 7) 主観申告

温冷感および温熱的快適感の変化を図2.9.に示す。温冷感はサウナ内に入って10分経過した時点でMLが0.7(1.1)g、HLが0.4(0.5)で、「どちらでもない」から「やや温かい」と答えていたが、30分経過した時点でMLが2.5(0.5)g、HLが2.6(0.5)と、両レベルとも全ての被験者が「温かい」から「暑い」と答え、両レベル間に有意差はなかった。両レベルともそれぞれサウナ内10分時の値とサウナ内30分時の値に有意な差を認めた( $p < 0.05$ )。温熱的快適感はサウナ内に入って10分経過した時点ではMLが1.2(0.9)g、HLが1.7(0.9)で、両レベルとも「やや快適」から「快適」であったが、30分経過した時点では、MLが-1(0.9)g、HLが-2.1(0.9)で、ほぼ全員が「やや不快」から「不快」を訴えた。両レベルともそれぞれサウナ内10分時の値とサウナ内30分時の値において有意な差を認めた( $p < 0.05$ )。

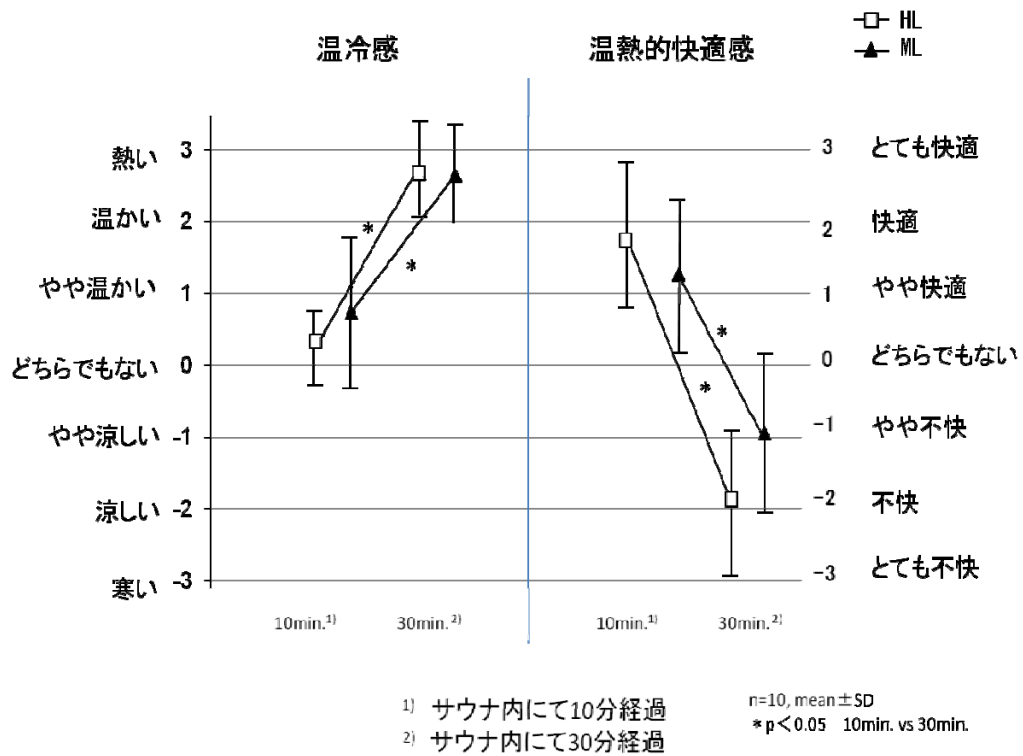


図 2.9. HL と ML における温冷感および温熱的快適感



## 2.4. 考察

### 1) 体温変化と熱補償法による深部体温測定

直腸温は両レベルともサウナによる温熱刺激によって約0.8℃上昇した。これは湯温40℃に10-20分間入浴する場合と同等の体温上昇と考えられる(樗木ら 2004)。今回の研究では、ドーム型サウナの使用によって温湯を使用することなく、静水圧の影響を受けずに、入浴と同等の体温上昇を認めることができた。Law of Arrhenius(アレニウスの法則)にもあるように、温度は高いほど生化学反応速度が促進される(入来 2005)ため、今回の平均0.8℃の深部体温上昇によって、身体の活発化は期待できると考える。

本実験では、直腸温がHLにおいて最高37.7(0.3)℃まで上昇しており、鄭ら(2004)による心臓負荷を軽減させる温熱療法(坐位式乾式サウナ使用)において得られている最高時の深部体温38.1(0.4)℃に近いレベルであることが示された。鄭ら(2004)の実験は、60℃の個室内にある坐位式乾式サウナに全身で15分入り、30分保温する方法であり、本実験のサウナ条件とは加温時間が異なるが、サウナ加温後の30分間の保温時間に体温上昇が約1℃上昇する点や最高温度が38℃近くまで上昇する点が共通している。従って、本実験で用いた方法によって、鄭ら(2004)が提唱する温熱療法による血行動態の改善や疼痛の緩和などの効果を望む可能性があることが示された。

今回は額からの測定が可能な熱補償法による深部体温の測定も実施し、直腸温変化との比較を行った。双方の温度は、サウナ内で経過している際には、同様な経時変化を示した。しかし、サウナで被う前後には曲線の乖離を認めた。特に、サウナ除去後の回復期に温度差が大きくなっていた。この理由は、熱流補償法体温計が外気温を断熱材で覆ってその影響を遮断することで深部と等しい温度を得ることを原則としているため、密着性がわずかに損なわれるだけで容易に周囲温度の影響を受ける(吉田・松澤 1997)ためであると考えられる。今回使用した深部温プローブ[型式:PD1]XX-CM210PD1は額部に装着するもので、精度は±0.2℃以内であるが、

φ 43×8.5mmでやや大きく、丸みを帯びた額には密着がやや困難であることと、発汗の後にサーミスタと皮膚の間にずれが生じやすいことなどによって、気温の影響を受け、大きな温度差が生じていたと考える。しかし、回復期の乖離を除けば両測定値に大きな差異はなく、電源 OFFから30分間のドーム内での直腸温との差異は0.02℃から0.07℃と0.1℃以内に収まっていた。先行研究においても、熱流補償法による深部体温測定値は肺動脈温より $0.3 \pm 0.3$ ℃低値である(山蔭 2005)と言われており、温熱療法時の額部の熱補償法体温測定値と肺動脈血温との相関係数が0.98であったとの報告(Lees et al. 1980)もある。今後は、密着性の課題を克服することによって、少なくともサウナ使用時においては、深部体温の評価に熱流補償法による深部体温計を使用することが可能であると考えた。

## 2)心拍数、血圧変化

ドーム型サウナを使用した際の循環動態としては、心拍数が約28拍/分増加、収縮期血圧が約7mmHg上昇、拡張期血圧が約7mmHg低下という結果を得た。心拍数においては、鄭ら(2003)の実験では、60℃のサウナ内で15分間曝露した際の心拍数上昇が20拍/分程度で温熱性血管拡張を報告している。本研究は健常若年者を対象に基礎的資料収集を目的としていたため、温度条件をそれぞれ70-90℃(HL)と中間温度60-85℃(ML)と高めに設定し、曝露時間が30分と先行研究より長く行ったため、心拍数の増加が大きかったと考える。しかし、最高値92回/分(HL)は、適度な運動時の心拍数(最高心拍数(=220-年齢)の60-75%)よりも少なく(秋山 2005)、高齢者や循環器疾患患者においても良好な血行動態範囲内であると考えられる。本研究において、サウナ使用による収縮期血圧は7mmHgの上昇、拡張期血圧においては7mmHgの低下が見られた。収縮期、拡張期ともに血圧の変動が10mmHg以内というデータは、入浴で言えば湯温40℃の湯に入浴し、室温も20℃以上に保たれている場合(興水ら 2007)と同程度であり血圧変動は少ないと考えられる。

収縮期血圧の上昇は心拍数の増加とともに循環血液量の増加を示しており、拡張期血圧の低下はサウナの温熱効果による末梢血管の拡張にともなう末梢血管抵抗の

低下を示している。末梢血管抵抗の低下は、心室のポンプ機能負荷と、血管への負荷を軽減させる(木原ら 2003)ため、これらの生理反応は高齢者や入院患者へ適用するための有効なエビデンスとなるものである。

### 3)体重減少量、血液データおよび脱水

体重においては810-840gの発汗による減少がみられた。またヘマトクリット値は1.3-1.4%の上昇がみられ、両温度レベルともに脱水傾向が示された。脱水率は両レベルとも体重の1.3%(脱水率(%)=(前体重-後体重)/前体重×100で算出)であり、口渇などの症状が現れ始める程度であった(山門 1998)。今回、ほぼ全被験者が軽度の口渇を訴えていたが、血液データに変化をもたらす脱水率2%(山門 1998、梶原ら 2002)までには至らなかった。前室での200mlの飲水が脱水予防につながったと考えられる。

若年者に比べて細胞外液量が約10%少ない高齢者の場合は脱水になるリスクが高く、異常の修復にも時間を要する(内田 2001)。そのため、サウナを高齢者、入院患者へ適用する際は、血液粘性の高まりによる種々の危険性を回避するために、より一層の配慮が必要である。実験前後に水分補給を十分に行うことはもちろんであるが、どの程度の水分量が必要なのか今後の実験で明確にしていく必要がある。また、水分出納に制限のある入院患者に関しては特に安全に留意して行う必要がある。

### 4)温冷感と温熱的快適感

HLにおいてもMLにおいても、サウナ内で10分経過した時点まででは「快適」であるという結果を得た。通常70-120℃の乾式サウナでは全身をサウナ内に曝露するため5分間程度の実施が最も多く(水田ら 1975)、10分間サウナ内において快適感を維持するためには、今回のように顔面を曝露しない方法が適していると考えられる。しかし、サウナ内で30分間経過した時点では、不快を訴える傾向にあった。多量の発汗を清拭せずにもしくは洗い流さずに安静にしたため、温熱的不快が訴えられたと考える。高齢者への適用の際には寒暖への感受性の遅れがある(柝原 2003)ため、主観申告と客観的なデータとの関係性を常に考慮する必要がある。

## 5)設定温度レベル

ドーム型サウナ内温度レベルは最高温度(HL:70-90℃)と中間温度(ML:60-85℃)に設定し、実際の温度レベルの比較において両者には有意差が認められた。しかし、直腸温、心拍数、収縮期血圧、および拡張期血圧において反復測定分散分析を行ったところ、全てレベル間に有意差が見られなかった。本実験で使用した中間温度帯と最高温度帯が70-85℃の部分で重複していたことが一因とも考えられる。しかし、加温から保温の段階で心拍数、拡張期血圧においては僅かに差が見られる傾向あり、今後高齢者へ実施をする際にはこれらの差異についても考慮した上で、温度レベルの選択が必要と考える。今回の結果では、双方の温度帯が同様のサウナ効果をもたらすことが示され、60℃という設定は、鄭ら(2004)が行っている温熱療法のサウナ温度であり、今後のサウナ使用時の温度設定の指標になると考える。

## 2.5. まとめ

頸部下ドーム型サウナの使用は、入浴と同程度の体温上昇が見込まれるが、静水圧による影響や体位変動による負荷もないため、血圧の変化が小さく、心負荷が軽減され、温熱効果を安全に利用できる有効な方法であると考えられ、高齢者への適用の可能性が示唆された。高齢者への適用の際には、体温の評価として熱補償法による深部体温測定を使用する可能性が示唆された。

サウナによる多量の発汗と脱水に関しては、若年者において約800g以上発汗を認めても事前の飲水によって脱水を予防できる。しかし、水分出納に関する機能は、若年者と高齢者では異なる点もあるため十分な注意が必要である。

サウナの設定温度については60℃を下限に今後の検討が必要である。曝露時間や方法、脱水対策や快適感など、高齢者へ適用する際の課題が今回の結果から明らかになった。次章では、高齢者を対象とした実施によって、高齢者へのサウナ適用の際の指標を明確にするとともに、サウナによる循環器系をはじめとする各機能の改善や、気分的変化、痛み、不眠などの苦痛の軽減への効果についても明らかにしていく。