

水温負荷法による体表温測定を試み

鷲野谷秀夫

筑波大学病院総務部医事課中央診療
〒305-8576 茨城県つくば市天久保 2-1-1

概要

体表温を測定できるサーモグラフィーは、医療分野等で広く利用されている。しかし、サーモグラフィー測定時の状況で、皮膚温は大きく変化し、正確に測定をすることができなかつた。そこで、より正確な測定をするため、実験を行い有用な成果が得られたので報告する。

1. はじめに

サーモグラフィーは、人体や動物などから放出される赤外線を計測し、温度分布を画像化する機器である。そのサーモグラフィーは、乳癌等、多くの病変の診断に利用されている。

サーモグラフィーを用いて、体表温度を測定する場合は、測定場所の室温および患者のそれまでに居た周囲温度が、大きくサーモグラフィー画像に影響を及ぼし、常に同一条件で体表温測定をすることは、非常に困難である。また、従来の方法として、同一条件で測定しようとするときは、温度と湿度を常に一定に保つことのできる、恒温恒湿室の設備等が最小限必要条件となる。しかし、このような施設があったとしても、季節的な変動による生体反応などにより、同一条件下での測定は、非常に困難な問題であった。

そこで今回、多くの施設で利用が可能である簡易な保温装置を作製した。その装置は、小さな環境条件をつくり、負荷により測定条件を一定にして、正確な測定を試みるものである。その装置を用いて、測定部位に多少の負荷を与えて、サーモトレーサ 6T67 を用い計測を行った。この実験結果から、体表温測定における環境条件の一定化及び、この実験により得られた知見について検討を行ったので報告する。また、皮膚温に特徴を持つ患者に対して、同様に応用を試みたので報告する。

2. 方法

測定実験には、日本電気三栄のサーモトレーサ 6T67 (図 1) を使用した。恒温装置は、200 W の水中用ヒーター 2 本、電子サーモスタット、温度計を用いた (図 2)。安全性を考慮し、プラスチックのコンテナを用いて、図 2 に示した各機材を取り付けた、水温負荷用の恒温水槽を作製した (図 3)。

実験 1

恒温装置の水槽を 25°C に設定する。測定する部位である手は、濡れないようにビニール袋に入れて行う。負荷は、ビニール袋に入れた手を、その水槽に



図 1. サーモトレーサ 6T67



図 2. 水中用ヒーターと電子サーモスタット

30 秒間沈めて行った。サーモトレーサによる測定は、負荷をかける前と負荷をした直後、そして、測定する台の上に手を置いたまま動かさずに 30 秒後、1 分後、2 分後、3 分後、5 分後、8 分後の計測を同様に行う。その画像はサーモトレーサ 6T67 の、8 画像メモリ機能を応用して、4 画像のマルチ表示を行い、時間経過における皮膚温の変化について比較検討する。

実験 2

恒温装置の水槽を、30°C にセットして、実験 1 と同様に測定し比較検討を行う。



図 3. 水温負荷用の恒温水槽

実験 3

恒温装置の水槽を、35°Cにセットして、実験 1 と同様に測定し比較検討を行う。

実験 4

水温負荷をかけない例として、実験 1~3 と同様に、測定する台の上に手を置いたまま動かさずに 30 秒後、1 分後、2 分後、3 分後、5 分後、8 分後の計測を同様にを行い、水温負荷をかけた実験と比較検討する。

実験 5

冷え性の女性に対して、実験 1~3 と同様に 25°C、30°C、35°Cの水温負荷による測定を行う。そして、同一人物に対する各温度の水温負荷による反応を画像記録して、比較検討を行う。

実験 6

瞬間冷却スプレーを用いて皮膚に負荷を与え、実験 1~5 と同様に測定を行う。そして、水温負荷による反応と比較し、その特徴を検討する。

実験 7

臨床への応用として皮膚科患者に対して、水温負荷を与え実験 1~3 と同様に測定を行い検討する。

3. 結果

実験 1

図 4 は、25°Cの水温で負荷をかけた実験結果である。(1) の左上は、負荷をかける前の皮膚温の状態を示し、その下が負荷をかけた直後を示したものであり、まったく異なる画像を示している。そして、右

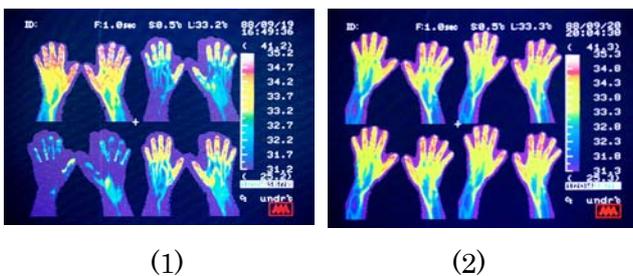


図 4. 25°Cの水温負荷実験

上の画像は、30 秒後を示し、右下は、1 分後、次に (2) の左上が 2 分後、左下が 3 分後、右上が 5 分後、右

下が 8 分後を示している。この画像を観察すると、負荷直後は皮膚温低下が大きいことがわかるが、徐々に回復して約 2 分後には、負荷前と同様な温度に戻っている。しかし、3 分後からは、負荷前よりも上昇していることを示している。また、手の各部位を観察すると、まず指先の温度が上昇し、次に、手背の表在性の血管が上昇し、最後に手背全体が上昇していることが観察できる。

実験 2

図 5 は、30°Cの水温で負荷をかけた実験結果である。画像を観察すると、25°Cの水温負荷同様に約 2 分後には、負荷前と同様な温度に戻っている。しかし、その後は、大きな変化は観察できず、8 分後の測定終了まで、変化のない同様な画像を示している。

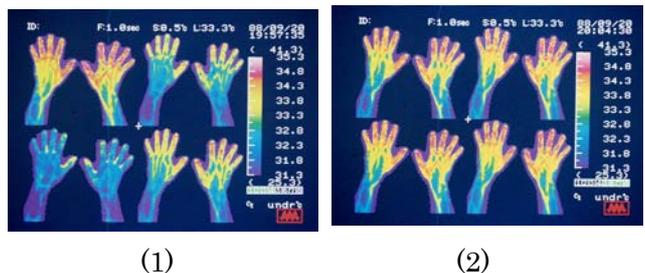


図 5. 30°Cの水温負荷実験

図 6 は、35°Cの水温負荷で行った症例の実験結果である。(1) の左下の負荷直後の像は、手背全体がほぼ均一に黄色の高い温度を示しているが、前例の 25°C と、30°C の負荷同様に (2) 左上の 2 分後には負荷前と同様の皮膚温を示している。また、

その後は、25°C で行った実験同様に、2 次的な血管拡張を起こし、皮膚温が徐々に上昇している。

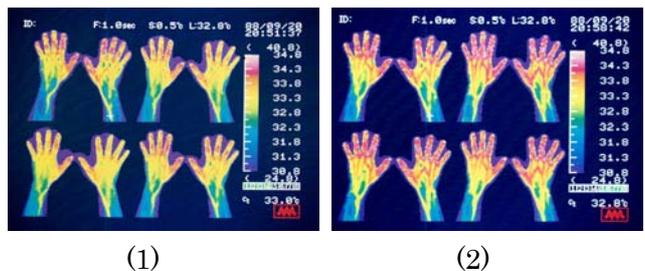
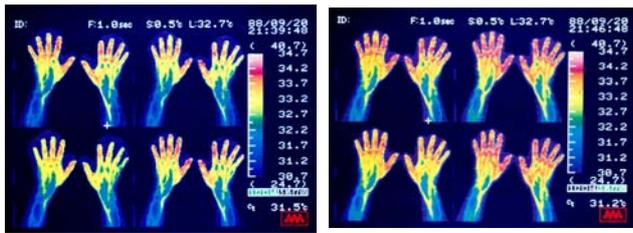


図 6. 35°Cの水温負荷実験

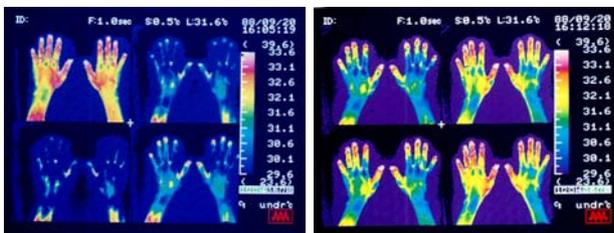
図 7 は、測定する板の上に手を乗せて、水温負荷をかけずに、その直後から 10 分間測定を行った画像である。測定法は、まず椅子に腰を掛けて両手を垂直に下げて、5 分間安静にしてから行った。(1) の左上の図は、板の上に手を置いた直後を示し、その下が 30 秒後、右上が 1 分後、右下が 2 分後であり、右上が 8 分後、右下が 10 分後を示している。直後から 2 分後までは、ほとんど変化はなく、皮膚温は安定している。しかし、(2) の 3 分後の画像では、手背の血管像が観察され、それから 10 分後まで徐々に皮膚温が上昇していることが分かる。



(1) (2)

図 7. 負荷をかけない例

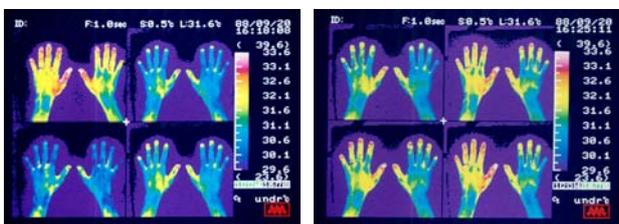
冷え性の女性に対して、各温度の水温負荷の実験を同様行った。図 8 は、25°Cの水温で負荷をかけた実験結果である。測定法は、前例同様に直後から 8 分後の測定を行った。この実験では、負荷直後から皮膚温は上昇しているが、8 分経過した後でも負荷前の皮膚温に戻らず、負荷前よりも、皮膚温が戻っていないことが分かる。



(1) (2)

図 8. 冷え性に対する例

図 9 は、図 8 の女性を 30°C の水温で負荷をかけた実験結果である。この画像を観察すると、25°C の水溫負荷同様に徐々に皮膚温は上昇しているが、8 分後でも元の温度に戻っていないことが分かる。また、(2) の右下で示された 8 分後の画像では、左手と比較して右手の温度が上がらず、左右の反応が同一でないことを示している。

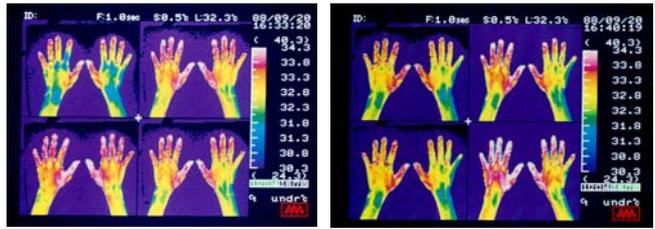


(1) (2)

図 9. 30°Cの水溫負荷

図 10 は、前例の女性の 35°C の水溫負荷による測定結果である。この画像は、前例の 25°C、30°C の反応とは異なり、負荷直後の温まった手背が徐々に冷えていき、2 分後には負荷前に近い状態に戻っていることが観察できる。しかし、(2) に示されるように手背の皮膚温は、3 分後から 8 分後まで上昇を示して、

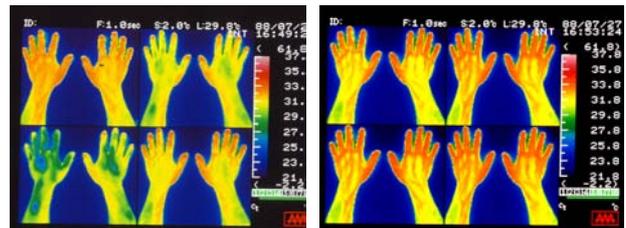
一回下がった皮膚温が、また上昇する特異な反応を示した。



(1) (2)

図 10. 35°Cの水溫負荷

次に、スポーツの際の怪我などに用いられる瞬間冷却スプレーを使用して、同様な実験を行った。図 11 は、瞬間冷却スプレーを約 10 cm の位置から 3 秒間スプレーをして、手背に負荷を与え、前例同様に計測を行った画像である。スプレーによる方法は、計測部位前面を、均一に負荷することは難しく、(1) の左下の画像に示されるように、スプレー直後には、冷却ムラが多く見られる。しかし、この冷却ムラは、1 分後から 8 分後までの画像では観察できず、一様に皮膚温が上昇している。これにより、不均一な負荷を与えても、水溫負荷同様な結果が得られ、多少のムラがある負荷でも測定が可能であることが分かる。



(1) (2)

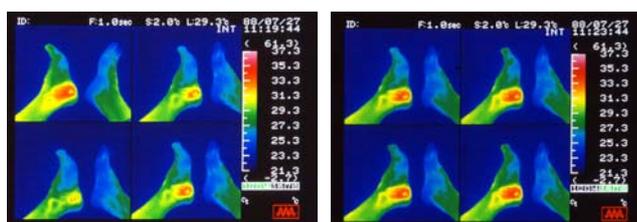
図 11. 冷却スプレーの負荷



図 12. 臨床診断メラノーマの臨床写真

図 12 は、皮膚科患者の臨床写真であり、臨床診断は、メラノーマである。図 13 は、図 12 に示した両

足を 25°C で 30 秒間負荷を与えて、6 分間の測定を行ったサーモグラフィー画像である。測定時間は、負荷前と負荷直後から 6 分後まで計測した。また、右足及び左足の正常部位の皮膚温が 25°C であったため、同様な水温で負荷を与えた。(1) の左下に示された負荷直後の画像は、負荷前と比較して足の裏全体が一樣な皮膚温を示している。そして、正常部位と病変部位は、正常部位が 6 分経過した後も、ほとんど変化していないのに対し、病変部位は急激に上昇し、6 分後には負荷前の皮膚温に戻っていることが観察できる。



(1) (2)

図 13. 30°C の水温負荷

4. 考察

サーモグラフィーによる体表温測定は、以前から医学分野で行われてきた分野ではあるが、測定する環境や測定方法等により一定化することは非常に難しく、また個人差もあるため、正確なデータを作成することは困難であった。そこで、測定する部位に、一定の負荷をかけてから、その後決まった時間に測定すれば、正確な情報が得られるものと考え実験を行った。しかし、測定する部屋の気温や、それに用いる台の温度などの環境の差においても、測定値は変化してしまい、安定した値を得ることが難しかった。

サーモトレーサ 6T67 には、時間経過を観察できるメモリ機能があるため、皮膚温の変化を詳細に記録することができた。そして、今回使用した恒温水槽は、丈夫で安全なコンテナを用い、電子サーモスタットと水中用ヒーターを用いたが、非常に正確な温度管理ができ、熱帯魚等の飼育のために作られたものなので、長時間の使用が可能であった。

従来水温負荷は、冷水負荷が多く、4°C や 15°C に設定することが多かったため、痛みを訴える場合が多かった。しかし、今回行った温度は、25°C が環境温、35°C が皮膚温、そして 30°C はその中間温として設定し、もっとも身近に感じる温度を設定したため、患者に負担を掛けることは少ないと考える。

水温負荷の各実験では、血管の反応を示しやすい指先が先ず上昇している事から、水温負荷により二次的な血管拡張を起こして、皮膚温が上昇することが考えられる。また、この血管反応は、体温に近い軽度の負荷であっても、水の中に入れた際の圧迫や測定部位の位置の移動などによっても皮膚温が上昇することが分かった。そして、水温負荷をせずに行った実験では、測定に用いた台の上に手を乗せただけで皮膚温が上昇し、負荷をかけなくても皮膚温は変化した。これは、測定に用いたベニヤ板の台と、

手の温度に差があったため、生じたと考える。その熱伝導の差異により、手の平は冷刺激を受けて、二次的な血管反応を起こして皮膚温が上昇したものと考える。

冷え性の女性に対して行った実験では、25°C と 30°C で 8 分経過した後も負荷前の皮膚温に戻らず、二次的な血管反応も認められなかった。この結果から、冷え性の症状を持つ患者に対しては、皮膚温に近い水温負荷である軽度の温度刺激では、二次的な血管反応が起きにくいことが考えられる。しかし、35°C の体温に近い温度の実験結果では、皮膚温上昇を示す画像が得られ、冷え性の症状を持つ患者に対しては 35°C 以上でなければ、二次的な血管拡張が起きにくいことが分かった。

瞬間冷却スプレーを用いた実験では、測定部位を一樣に刺激しなくても、1 分ほどの時間が経過すれば、同様な測定が可能なが分かった。これは、強力な冷刺激により、血管が急に拡張したために皮膚温が上がったと考える。

皮膚科患者の測定では、足が常に多種多様な負荷を受けているために、二次的な血管拡張がしにくく、健常部位の画像では大きな変化は観察されなかった。しかし、病変部位は異常に温度が高く、健常部位と比較して、負荷を与えてから負荷前の温度に戻る時間も非常に早かった。

5. まとめ

通常の部屋で使用できる簡易な恒温装置を作成して、測定部位に保温や冷却等の負荷を与えて実験を行った。その結果、多くの知見が得られ、有用なデータを得ることができた。しかし、サーモグラフィーの測定値は、測定する環境や測定方法で大きく変化するため、測定環境を統一することは、たいへん重要と考える。また、負荷に対する反応に個人差があるため、負荷温度の設定は非常に難しく、特に冷え性の患者には、注意が必要である。今回の実験では、負荷後の二次的な血管拡張による温度変化が大きく作用したことから、今後多くの症例に対して観察を行えば、有用なデータを得る可能性が示唆された。

今後は、皮膚温に特徴のあるレイノー症などの患者や、多くの病変に対して水温負荷によるサーモグラフィーの観察を行えば、病状を管理する上で貴重な資料となり、また多くの新知見が得られるものと期待される。

6. 謝辞

本報告にあたり、ご指導ならびにご助言をいただいた人間総合科学研究科の宮本俊和助教授に、感謝いたします。