

片側手浴による温熱刺激が
対側前腕部の皮膚角層へ及ぼす影響

平成 23 年度

広島大学大学院保健学研究科保健学専攻

D072393 岡田 ルリ子

目次

序章

- 1. 緒言 1
- 2. 研究目的 3
- 3. 構成 3

第1章 皮膚の水分保持機能と局所温熱刺激について

- 1. 皮膚の水分保持機能 4
- 2. 局所温熱刺激について 7

第2章 実験方法について

- 1. 実験条件 9
- 2. 各測定機器と測定方法 11

第3章 冬季の皮膚の特徴と角層水分量に影響する要因について<研究Ⅰ>

- 1. 緒言 15
- 2. 目的 16
- 3. 方法 16
- 4. 結果 18
- 5. 考察 20

第4章 片側手浴による温熱刺激が、対側前腕部皮膚へ及ぼす影響<研究Ⅱ>

- 1. 緒言 26
- 2. 研究Ⅱ-1 安定した気象条件下での検証 27
 - 1) 目的 27
 - 2) 方法 27
 - 3) 結果 29
 - 4) 考察 33
- 3. 研究Ⅱ-2 冬季における検証 37
 - 1) 目的 37
 - 2) 方法 37
 - 3) 結果 41
 - 4. 考察 50

終章 59

謝辞 61

引用文献 62

序章

1. 緒言

冬季における大気の乾燥やエアコンの使用による低湿等により、「ドライスキン」という病態が生じる。これは、皮膚の角層に含まれる水分量（以下、「角層水分量」）が減少した状態である。この角層水分量は、皮脂量や角質細胞間脂質などの影響を受ける保湿能と相対湿度に依存するため、皮脂が少ない小児や高齢者、角質細胞間脂質が減少するアトピー性皮膚炎患者は、ドライスキンに傾きやすい（石川ら、2003）。ドライスキンは、皮膚バリア機能を低下させるが、角層のバリア機能と水分保持機能の間には相関性が認められ、バリア機能が悪ければ水分を保持できず、乾燥して角層が剥がれ落ちて鱗屑を形成し、さらに乾燥で亀裂が生じれば、ますます環境からの刺激を受けバリア機能も悪くなる（田上、2005）という悪循環を繰り返し、アレルギー惹起、感染症合併、痒みの誘発など多彩な病態を有する（宮地ら、2005）。

そこで、低下した皮膚バリア機能を回復させる目的で、水分蒸散抑制のための外用保湿剤塗布の研究が盛んにおこなわれてきた（吉国ら、1985；須貝ら、1985；渡辺ら、1998；古賀ら、2003；新井ら、2005；川島ら、2007）。角層水分についての既存研究は、これら外用保湿剤の皮膚への塗布に関する研究のほか、浴用剤の影響に関する研究（渡邊ら、1993，1994）、角層水分の季節や環境による変化および身体部位間の違いを比較した研究（吉国ら、1983；徳留ら、1986；Dendaら、1998；松本ら、2000；Marrakchiら、2007）がある。角層水分と温熱刺激に関する研究としては、全身浴後の皮膚からの吸水による角層水分の変化を観察した研究（橋本ら、2003；佐伯ら、2006；中野、2009）や、サウナによる高温曝露時の角層水分の変化について報告した研究（Kowatzkiら、2008）はあるが、手浴などの部分温熱刺激を加えることによる身体内部からの角層水分の変化に着目した研究はない。

筆者は、これまで保湿剤等の外用薬塗布に因らない、看護の立場からの自然かつ簡便な方法を活用した、角層水分保持のためのアプローチを模索してきた。その過程で、片側の10分間の手浴のみで、対側前腕の角層水分量が増加するという現象を認めた（岡田ら、2006a，2006b，2008；徳永ら、2008）。この現象の過程については、片側の手浴（以下「片側手浴」）による温熱刺激が全身の皮膚血流量増加を促し、その結果として対側前腕の皮膚角層に水分を与えるという、身体内部から皮膚への水分供給メカニズム（岡田ら、2010）、すなわち皮膚交感神経活動の減少により増加した皮膚血流量が、角層に水分を補給するとい

う可能性が考えられた (図1)。

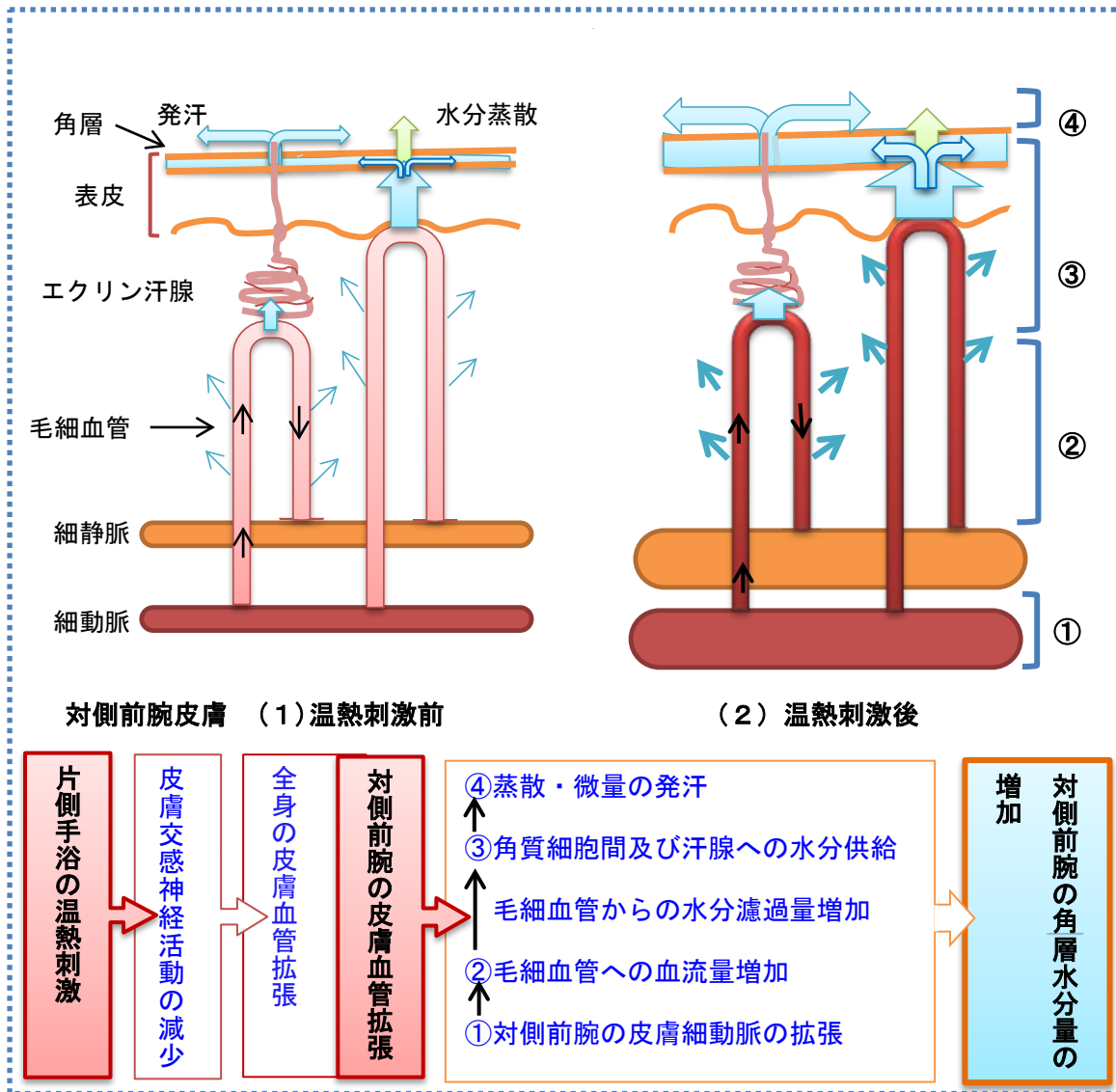


図1 片側手浴により対側前腕角層水分量増加に至る過程考

片側手浴の温熱刺激で皮膚交感神経活動が減少して全身の皮膚血管が拡張するため、対側前腕の皮膚血管も拡張する。これにより、対側前腕における①皮膚細動脈の拡張、②毛細血管への血流量増加、③毛細血管からの水分濾過量が増加し、角質細胞間および汗腺へ水分供給が行われ、④蒸散と微量の発汗が生じる。そして、汗の浸潤と、蒸散より濾過量が多い状態にいたり、角層水分量が増加する。

しかし、これらに関する既存研究が存在しないことから、この過程を検証する基礎的研究として、片側手浴による温熱刺激が、対側前腕の皮膚に与えている影響を確認する必要がある。また、皮膚乾燥が問題となる冬季の皮膚の角層水分量に影響する要因を検討する

ことは、皮膚乾燥を改善する看護方法の開発にも資すると考えられる。それは、もし片側手浴という局所のための温熱刺激で、対側前腕の皮膚の角層水分への影響が生じていれば、身体内部からの皮膚角層への水分補給促進による保湿という視点に立った看護のケア方法を見出す可能性があるとともに、清潔や採暖が主目的で行われている手浴技術の活用分野として新たな可能性を見出すことにもなり、看護への貢献度が高い研究と考えられる。

2. 研究目的

本研究では、前腕の角層水分量、水分蒸散量、皮膚表面温度および皮膚血流量の変動について、次の2点を明らかにする：

- 1) 皮膚乾燥が問題となる冬季の角層水分量、水分蒸散量および皮膚表面温度の特徴を、夏季との比較により明らかにするとともに、水分蒸散量・皮膚表面温度が角層水分量に及ぼす影響を検討する。
- 2) 片側手浴による温熱刺激が、対側前腕の角層水分量、水分蒸散量、皮膚表面温度および皮膚血流量で示される皮膚生理機能に与える影響を明らかにする。

3. 構成

本論文では、研究の意義・目的（序章）を踏まえ、皮膚の水分保持機能と局所温熱刺激に関する現在までの知見と研究成果を概観して、本研究の位置づけを明らかにし（第1章）、研究方法としての実験条件、ならびに皮膚生理機能の測定方法を詳述した（第2章）。次に、冬季と夏季の皮膚生理機能を測定し〈研究Ⅰ〉、冬季の角層水分量を中心とした皮膚の特徴と、角層水分量に影響する要因を考察した（第3章）。そして、片側手浴の温熱刺激による、対側前腕部の角層水分量と他3項目の皮膚生理機能の変動を観察し〈研究Ⅱ-1・Ⅱ-2〉、角層水分量に影響を及ぼす要因について考察した（第4章）。最後に、本研究で得られた知見を総括し、皮膚乾燥を改善する看護方法を確立するための課題を示した（終章）。

第1章 皮膚の水分保持機能と局所温熱刺激について

1. 皮膚の水分保持機能

人の全身を覆う皮膚の最外層に、皮表脂質で覆われた角層がある。角層の内側には顆粒層・有棘層・基底層があり、表皮を形成している。この表皮と真皮・皮下組織で皮膚が形成される(図2)。

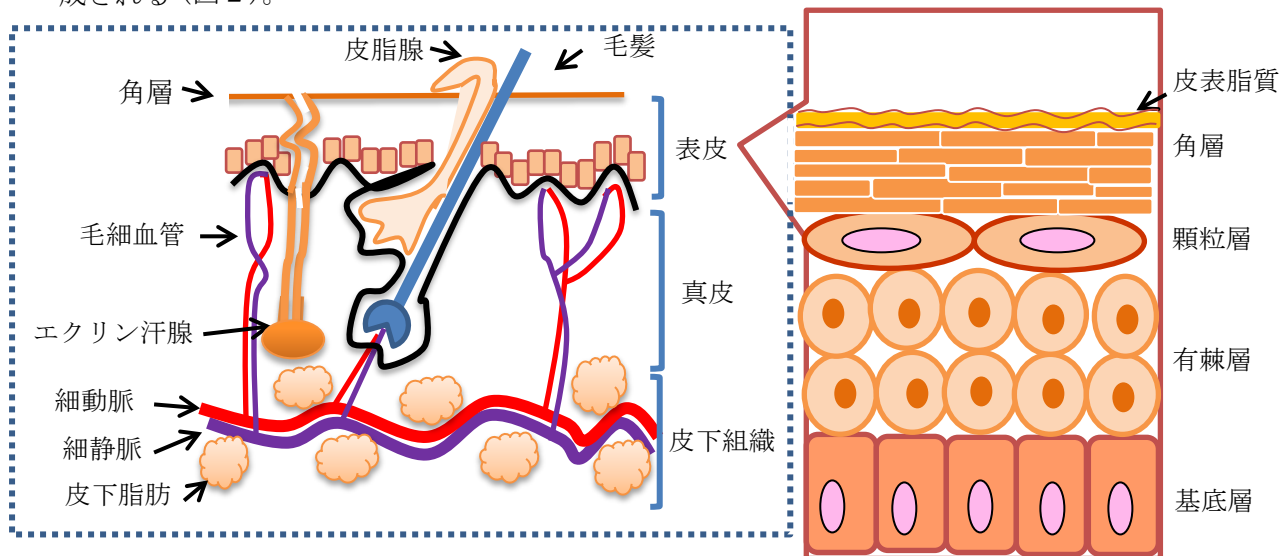


図2 皮膚の構造

身体最外層の厚さ $20\mu\text{m}$ に満たない角層は、外界からの物理的、化学的、生物学的侵襲に対する障壁として、さらに体内の水分や血漿等の体外への漏出を防ぐバリアとして機能する(宮地ら、2005)。この角層のバリア機能は、Eriasらが提唱した bricks-and-mortar model で説明されている(Eriasら、1975)。すなわち、角層細胞は塀を作る時のレンガとして角層の基本骨格を構成するものであるが、バリア機能の主体は、塀を作る時のセメントにたとえられ、疎水性のセラミドを主成分とした角層細胞間脂質であるとされる。また角層は、こうしたバリア機能のほかにも、正常皮膚の表面に適度の水分を保ち、滑らかで柔らかくするという水分保持機能を有し、細胞間脂質は、角層の水分保持にも重要な役割を果たしている(田上、1998)。角層内の水分は、角層深部に水の形態で存在する自由水と、分子として角層成分に結合して存在する結合水とがあり、結合水の量は細胞間脂質の量に規定される。皮表脂質は、膜あるいは角層細胞間への浸透により、過度の大気中の水分吸収や体外への水分喪失を防ぐ役割を持つ(吉国、1984; 田上、1998; 阪井ら、2000)。角層細胞内の水分結合物質であるアミノ酸をはじめとする低分子の水溶性の天然保湿因子(NMF)も水分と結合し、水分保持機能に大きく貢献している。

さらに角層は、環境湿度の影響を受けやすく（Denda ら、1998；阪井ら、2000）、湿度が高いと一瞬にして吸収する吸水性と、その水分を徐々にしか放出しない水分保持機能を持つ（田上、1998）。以上のように、角層細胞間脂質や皮脂、NMF、及び環境湿度などの多要因が水分保持に影響を及ぼしている。また、病変部における角層のバリア機能と水分保持機能の間には相関性が認められ、バリア機能が悪ければ水分を保持できず、乾燥して角層が剥がれ落ちて鱗屑を形成し、さらに乾燥で亀裂が生じれば、ますます環境からの刺激を受けバリア機能も悪くなる（田上、2005）。

1) 角層水分量と水分蒸散量

角層水分量とは、皮膚表層に含まれる水分量で、皮膚内部の状態や角層の機能が反映されることから、バリア機能と水分保持能の重要なバロメーターである。その年間変化は、発汗の多い夏に最高値を示し、秋から次第に減少して、空気の乾燥する冬季に最低値となり、春季に再び上昇する（松本、2000）。この現象は、年齢や被覆・露出を問わず一定に認められる（岡田、1998）との報告がある。

一方、生体の内部から角質層を通して出てくる水分量、すなわち水分蒸散量は、体内の水分を保持しようとする皮膚のバリア機能の評価に使用される（技術情報協会、2003）。一般に、コンディションの良い肌では角層水分量が多く、バリア機能も優れている。また、

冬の角層水分量と水分蒸散量は、正の相関関係が認められている（吉国、1983）。一方、角層を形成するための表皮角化細胞の基底層から角層までの特有の分化プログラムである角化（宮地ら、2005）では、病的な錯角化の角層、つまり角化細胞の形成が急速で不完全な角化状態の角層になると、水分保持能も不完全で、角層は水分を保持することができず、外界の湿度に従って大量の水分を失い、角層水分量の低下を生ずる。このように、角層水分量と水分蒸散量は負の相関関係にある（吉国ら、1982）。バリア機能が低下したアトピー性皮膚炎患者では、健常人と比べ水分蒸散量は亢進し、角層水分量は低下する（高橋、1999）。この水分蒸散量は、年齢差、性差、人種差はほとんどないが、身体の部位による差が大きく、手掌>足底>前額>手背>前腕>上腕>腿>胸>腹部>背の順に小さく、日内変動もある（Pinnagoda ら、1990）。また、角層水分量と水分蒸散量の両者に関連する因子としての角層の剥離パターンや剥離量と剥離の厚さに関する報告によれば、4月が最も高く7月が低く、重層剥離面積不均一性では、1月に高く7月に低いという結果であり、皮膚の乾燥・角層水分含有量の季節変化と一致していたことが示されている（松本、2000）。

以上から、角層水分量と水分蒸散量を併せて経時的に測定することが、皮膚のバリア機

能評価には不可欠といえる。それはまた、片側前腕への温熱刺激による対側前腕の皮膚血管の拡張がもたらす水分蒸散のための水の移動プロセスで対側前腕の角層に水分を補給される、という作業仮説を確認するためにも両者の同時測定が重要といえる。

2) 皮膚表面温度と皮膚血流量

体表面の温度である皮膚表面温度（以下、「皮表温」）は、皮膚の静脈血温度にほぼ等しい（中山、1981）。この皮表温は皮膚血流が多くなると高くなるが、深部の臓器で産生された熱は、皮膚までの組織を伝導によっても伝わるものの、ほとんどは血流により運搬される。さらに、暑いときは、皮膚血管が拡張して汗腺に十分な水分を供給し、皮膚面からの蒸散量を増すと同時に、皮表温を高めて蒸散の効率を上げるなど、熱放散の面で重要な役割を果たす。よって安静時の皮膚血流は、局所の代謝的要求により一時的に決まるのではなく、体全体のホメオスタシスによって決まる（彼末、2009）。このように皮表温と血流は直線関係にあるが、これは環境条件が一定である場合にのみ適応できるものであり、細動脈と細静脈間の動静脈吻合（arteriovenous anastomosis ; AVA）の開大の程度や、四肢では寒冷下で体幹からの暖かい動脈血が末梢からの冷たい静脈血によって冷やされ体熱の損失を少なくする対向流熱交換および寒冷時の皮膚内での動脈血の pre-cooling があるときにはバラツキが著しく、必ずしも直線関係ではない（中山、1981）。また、皮膚には基本的に細動脈と動静脈吻合の2種類の抵抗血管が存在しており、ともに交感神経性血管収縮線維の支配を密に受けている。特に AVA および細動脈・細静脈までも交感神経性血管収縮線維の緊張性の支配下にあるが、この神経の興奮性が高まると血管は収縮して皮膚血流量を下げ、逆に緊張が緩和すると皮膚血管が拡張して皮膚血流量が増加する（彼末、2009）。

以上のことから、手浴による温熱刺激がもたらす皮膚血流の影響を観察するためには、皮表温のみでは十分で無く、皮膚血流量自体を測定する必要性を再確認できた。また、交感神経性血管収縮線維の緊張性の支配下にある皮膚血管に関連した実験結果からは、可能な限りリラックス状態を維持できるような環境づくりが必要であることも示唆された。

3) 角層水分量に関連する皮膚生理機能評価研究の概観

皮膚生理機能評価指標である皮膚血流量と水分蒸散量の関連について、古くは Hattingh が、指根部をカフで圧迫を加え人為的に血流量を変化させながら指尖部からの水分蒸散量を測定し、血流量の増減に伴って水分蒸散量も同様に増減することを示した（Hattingh、1972）。また、レーザードップラー法により血流量を定量的に評価して、水分蒸散量と相関性があることも示されている（Van Neste ら、1987 ; Frodin ら、1988）。一方で、水分蒸

散量は皮表温との相関性が高いことも報告されている (Grice ら、1971; Mathias ら、1981; Marrakchi ら、2007)。ただし、血流量の増加による水分蒸散量の増加が皮表温の上昇を介して起こる現象か否かは明確ではない。

以上のことから、本研究で試みる、皮膚交感神経活動の減少により増加した皮膚血流が角層に水分を補給することの確認には、温熱刺激による皮膚血流量の増加と皮表温の上昇、および水分蒸散量の増加により角層水分量が増加することを、同時測定で示す必要があるといえる。

2. 局所温熱刺激について

手浴・足浴・全身浴などの温浴、および洗髪・清拭・陰部洗浄などの援助は、主に対象者の皮膚・粘膜表面を温熱刺激を伴いながら清浄化して清潔を保持する目的で日常的に行なわれる看護方法として、代表的な基礎看護技術成書 (阿曾ら、2011; 志自岐ら、2007; 香春ら、2009) の紙面を大きく占めている (近藤ら、2010)。

看護における日常生活援助の中心ともいえるべきこのような援助方法で、近年特に全身浴・足浴に高い関心が向けられている。これらについては、清潔以外の付加的効能 (深井、2004) として、温度刺激による鎮痛効果 (太田ら、1994; 廣門ら、2006)、リラクゼーション効果・入眠促進効果 (市村、2006; 高山、2007; 新田、2008)、および保温・循環促進効果 (許ら、2003; 多屋ら、2006; 大島ら、2009; 金子ら、2009)、さらには免疫系を活性化させる効果 (兼安ら、2006) など、看護のみならず多領域で多面的に研究されている。

入浴が皮膚に及ぼす影響に関する研究では、高齢者を対象に、入浴後の皮表脂質量と角層水分量の回復過程を測定した結果、入浴前の状態に回復するまでに3時間以上要した (中野、2009) との報告がある。また、部分浴および入浴後の浸漬した皮膚において、皮脂・水分の有意な減少が報告されている (橋本ら、2003; 佐伯ら、2006)。このように、皮膚表面を直接湯に浸漬する入浴・部分浴は、皮膚の保湿に必要な皮脂や角質細胞間脂質を減少させ、皮膚の乾燥を招くとされている。

部分浴の一つである手浴は、準備する湯の量や物品の大きさ、足浴姿勢の保持等に時間を要する足浴に比べ、比較的簡便に行える技術であるにもかかわらず、研究件数は少なく、臨床での実施頻度も低い (宮下ら、2008) との指摘もある。昨今は手浴に関する研究は増加してはいるが、足浴ほどには現場に浸透していかない感がある。すなわち、手浴の主目的はあくまで手指の清潔を高めることとなっており、循環促進やリラクゼーション効果を

もたらず技術としての活用度は低い。ただし、鎮痛効果（池田ら、2002）や循環促進効果（岡田(淳)ら、2003；池野ら、2005；富松ら、2007）など、足浴と同等と考えられる手浴の効果も報告されており、今後、その有用性を確認するための研究が期待される分野である。したがって、本研究により、片側の手部のみの必要最小限の浸漬面積で対側の角層水分量を増加させることが確認できれば、保湿効果向上策への活用に貢献すると思われる。

温熱刺激を与えるという視点からは、手浴のように皮膚を直接湯に浸漬せずに温熱効果を高める方法として温罨法がある。これには湿熱法と乾熱法の2種類の方法がある。乾熱法は、湯たんぽや電気毛布または熱気浴などを用い、熱伝導率の低い空気を介する熱伝導作用を利用している。湿熱法は、温湿布や蒸しタオルまたはバスタオルなどで包んだホットパックを用い、熱伝導率が空気より高い水を媒介とすることから、熱伝導速度が速く効果的に作用する（松澤ら、1995；古後ら、2010）。この湿熱法の研究では、温湿布による外科手術後の疼痛緩和やリラクゼーション効果（縄、2006）、蒸気温熱シートによる膝関節症の歩行能改善やこわばり症状・疼痛の緩和効果（瀬戸ら、2007；細野ら、2011）、蒸気温熱シートによる便秘改善効果（細野ら、2010）、温湿布による冷え性者の冷えや肩こりの軽減効果（中納ら、2010）などが報告されている。これら湿熱性の温罨法による皮膚保湿効果も今後検証すべきと考えるが、本研究は温熱刺激の保湿効果を確認するための基礎研究であることから、手部全体に確実に熱伝導できる温湯による手浴を用いることにした。

第2章 実験方法について

1. 実験条件

1) 実験環境 (表1)

角層水分量や水分蒸散量は室内環境の影響を受けやすい。そこで、特に発汗による影響を除くため、測定時の室温は 21℃前後が推奨されている (技術統計協会、2003)。また、湿度の高低が皮膚角層からの吸水・蒸散を助長しやすいため、相対湿度は 40~60%の範囲で、50%前後が適切とされる (技術統計協会、2003 ; Pinnagoda、1990)。ただし、人工気候室以外の測定では厳密な温湿度コントロールは難しい。加えて、外気温と実験室内温との格差による交感神経緊張による皮膚血管への影響を考慮する必要がある。したがって、実験期間中の室内温湿度はエアコンディショナーを用いた調整により、表1に示すとおりとした。なお、実験期間の愛媛県松山市における屋外の平均気温・平均湿度は、表1の「屋外」に記した (気象庁、2009, 2010, 2011)。

表1 実験環境

| | | 温度(℃) | | 湿度(%) | |
|---------|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 室内 | 屋外 | 室内 | 屋外 |
| 研究 I | (夏季)2010. 8 | 25.3±0.8 | 29.4±0.7 | 54.0±1.8 | 59.4±5.2 |
| | (冬季)2010. 12-2011. 1 | 21.3±1.4 | 5.5±1.6 | 50.6±4.2 | 58.8±8.3 |
| 研究 II-1 | (秋季)2009. 11-12 | 23.6±1.2 | 12.5±3.1 | 48.9±4.2 | 66.0±7.5 |
| 研究 II-2 | (冬季)2010. 12-2011. 1 | 21.3±1.4 | 5.5±1.6 | 50.6±4.2 | 58.8±8.3 |

Mean±SD

2) 被験者の条件

被験者は、基礎的研究段階のモデル実験であることから、多要因の影響を回避するために性別および年齢層を統一し、13~30歳までの女性とした。11歳くらいまでの思春期前の子どもを対象にした研究で、子どもは、若年成人と比べて汗腺のサイズや機能が未発達なため、皮膚血流量を相対的に増大させることで暑熱に対処しなければならず(井上、2002a)、強烈な寒冷刺激に対する寒冷血管拡張反応が若年成人より劣る(井上ら、2002b)ことが報告されている。しかし、汗腺の発達は思春期で完成し(井上、2002a)、子どもの皮膚血流量への依存度は思春期を境とした発汗機能の亢進(Arakiら、1979; Falkら、1992)に伴い小さくなるとされている。また、高温低湿環境下(70℃、20%RH)に10分間曝露された直後

に 10 歳以下の子供に顕著な血圧低下が認められているが、同実験の被験者である思春期以降の若年者には変化が認められていない (Jokinen ら、1990)。水分蒸散量に至っては、年齢差と性差はほとんどない (Pinnagoda ら、1990) ことが報告されている。したがって、男子に比べて身体の成熟が早い 13 歳以上の女子の、皮膚生理機能への年齢による影響は無視できる範囲と考えられた。

次に、皮膚疾患がなく健康状態にあり、心・血管系への影響を及ぼす自律神経作用薬および心・腎作用薬、降圧薬 (植松ら、1999) などの服薬中ではない者とした。

さらに、睡眠や食事による自律神経への影響 (黒澤、2009) を考慮し、実験前日の睡眠は 7 時間以上とること、また食事後の代謝上昇による体熱産生 (彼末、2009) が皮表温に影響を及ぼさないよう、食後 1.5 時間以上経過した状態で実験に参加する旨を依頼した。

測定時の衣服は、室温を快適温度といわれる $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ より低めに設定していることから、着替えを避け、下着の上に本人着用の Tシャツまたはトレーナー 1 枚程度の軽装とした。なお、衣服の被覆による角層水分への影響をなくすため、測定をする上肢 (以下、測定肢) の前腕皮膚は露出した状態とした。環境馴化は 30 分間とした。実験中は、安静椅坐位とし、緊張状態を回避してリラックス効果をもたらす意味で、雑誌を読んだり、メールをうつ等の非測定側上肢を使った軽微な労作のみ許可した。

3) 手浴 (研究 II)

手浴をする側の上肢 (以下、手浴肢) の手部橈骨茎状突起部までを 42°C に設定した恒温水槽 (サーモペット-NTT130; 東京理科器械製, Japan) の湯に 10 分間浸漬するのみの温熱刺激を加えた。看護技術成書では一般に、入浴時の湯の温度は健康時よりも低めの $39 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、足浴時は $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (氏家ら、2010; 杉野ら、2003)、手浴時には 40°C 前後 (藤崎ら、2009; 岡崎ら、1999) とされており、温湯による熱刺激において、 42°C を超える温湯を支持する記載はない。ただし、これまでの筆者らの先行研究における検証により、 41°C の温湯による手浴では皮表温への影響が低いことを確認した。また、 43°C の温湯では、不必要に水分蒸散を高めて角層水分量の減少をまねいた (岡田ら、2006)。この中間温である 42°C は、同温度で 10 分間の足浴が全身浴と同等な循環動態になるとの報告 (許ら、2003) もあることから、手浴においても同様の効果をもたらす可能性が高いと考え、手浴温は 42°C とし、手浴時間を 10 分間として実験条件とした。

2. 各測定機器と測定方法

各測定機器と測定方法の概略は図3に示し、各々について以下に述べた。

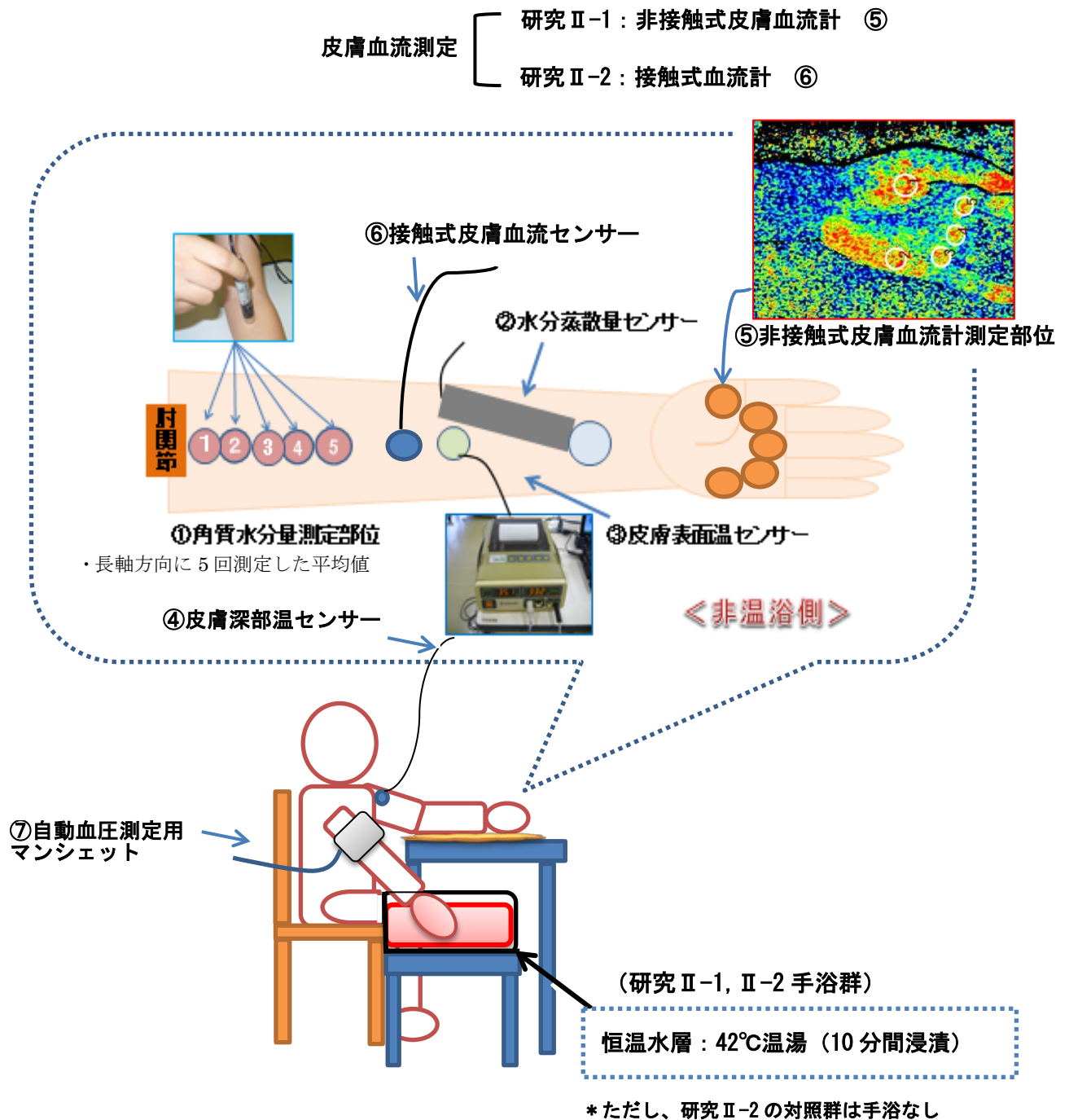


図3 測定機器と測定方法

1) 角層水分量測定 (図3-①)

角層水分量は、皮表水分量測定器 (Corneometer-CM825; COURAGE-KHAZAKA 社製, Germany) を用いて測定した。皮表水分測定方法は、現在は In vivo 共焦点ラマン顕微鏡などの光学理論を用いた第三世代となり、皮膚の組織構造のみならず皮内の成分分析も可能な機器が開発されている (高橋、2007)。しかし、この Corneometer の機能は、皮膚表面の電気特性から推定する第一世代で、水の誘電定数(81)が、その他の物質の誘電定数 (< 7) と著しく異なることを利用して、角層の水分量に応じて異なる静電容量(キャパシタンス)より角層水分量を間接的に算出する方法であり、その静電容量の変化は任意の単位 (arbitrary unit: au) で表す (技術情報協会、2003; 菊池、2002)。また本機器は、顔面などの比較的角層水分量が高い皮膚での感度はやや鈍いものの、乾燥した皮膚の測定において有用とされている。周波数は 0.9~1.2MHz、電極間の距離が 75 μm であり、測定深度は 15 μm 以下との報告や (Fluhr ら、1995)、30~40 μm (技術情報協会、2003)、または、60~100 μm まで通電性があり、角層全層、さらに深層の表皮での通電性を反映するとも言われる (宮地ら、2005)。

測定の手順は、次のとおりとした：①手浴をする上肢の対側肢で、紫外線による皮膚変化および体毛や皮膚表面の凸凹が少なく、柔らかすぎず硬すぎず、皮下の硬度がある程度均一化した前腕部内側の、肘窩から 2 cm \times 8 cm 範囲内の長軸方向とした。なお、前腕は、角層水分量測定手技上、安定した測定値が得られる部位であると同時に、皮膚血流量を測定するとき、AVA に対する「普通」の皮膚血管の代表としてよく用いられる部位でもある (平井、2002a)。また、②測定値の分散を最小にするため、一時点の測定につき前記範囲内を 5 回測定した。分析には、その平均値をデータとして用いた。さらに、③本機器はプローブヘッドを軽く皮膚に押しあてる測定方法であるため、同一部位への 5~10 秒以内の繰り返しの圧迫は、プローブによる閉塞現象を生じさせ、見かけ上の角層水分量の増加を引き起こすことが知られており (技術情報協会、2003)、この現象は、筆者のプレ実験でも確認された。そのため、一時点の前記範囲内の 5 回の測定は、すべて異なる 5 箇所で行い、最低 2.5 分の間隔をあけて実施した。また、プローブヘッドの接触面に水分が付着して値を上げてしまう可能性もあるため、一定回数測定ごとに、プローブヘッドを軽くガーゼ等で拭いて使用した。さらに、このプローブヘッドの皮膚への接触圧を可能な限り一定にする目的で、角層水分量測定は、すべて同一人が実施し、接触面積が均等になるように、皮膚と平行に一定圧で圧迫した。

2) 水分蒸散量測定 (図3-②)

水分蒸散量の測定は、開放式水分蒸散量測定器 (Tewameter-TM300 ; COURAGE-KHAZAKA 社製, Germany)を用いた。これは、最新の第二世代の蒸散量計で (高橋、2007)、プローブの重さは 25 g、測定室は直径 10mm、測定する皮膚の面積は 0.79cm^2 であり、皮膚表面から空气中へ水分が Fick の法則によって拡散すると仮定し、皮膚表面から 3 mm と 8 mm の位置に平行に並んだ湿度センサーの湿度差から水分蒸散量を近似的に算出するものである。測定単位は、単位面積 (m^2) あたり、単位時間 (h) あたりの水分の重量 (g)、すなわち ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) で表す (技術情報協会、2003 ; 高橋、1999)。

測定部位は、角層水分量測定部位に近く、かつ水分量測定手技の振動の影響を最小にする意味で、前腕内側の肘窩より約 20cm の末梢側に感知部を固定した。また、前述のごとく、発汗や湿度の高低による影響を避けるための温湿度に設定し、さらにエアコンなどの送気方向に留意して気流の影響を避け、プローブは床面と水平になるように固定した。

3) 皮表温測定、皮膚深部温測定 (図3-③④)

皮表温・皮膚深部温は、熱流補償式体温計(コアテンプ CTM205 ; TERUMO 社製, Japan)を用いて測定した。本機器は、体表を断熱材で覆って体外に熱が逃げるのを防ぎ体表と深部の温度差をなくすことによって深部の体温を体表で測定する原理を実際に適用する上で、プローブ内の生体温度を検出できるサーミスタを用いて熱流補償を行うことで断熱性能を高めた製品である (戸川、2005 ; テルモ、2008)。

皮表温の測定部位は、測定肢の前腕内側肘窩と手関節を結ぶ中間地点とした。また、研究Ⅱ-2 では皮膚深部温も測定した。いわゆる深部温は、脳や腹部臓器など身体中心部の核心部温度で、鼓膜温、食道温、直腸温が該当する (彼末、2009)。本研究で用いる皮膚深部温は、使用プローブの機能から、外殻部 (shell) の皮膚直下 1cm の組織温度を反映していると考えられる (戸川、2005)。この皮膚深部温測定用プローブの装着部位は、衣服の被覆による影響を受けず、核心温 (core temperature) の近似値が得られる、大動脈弓のほぼ直上に位置する第一肋間胸骨左縁部 (藤崎、2001) とした。なお、熱平衡状態に達する時間を考慮し、皮表温は測定開始 15 分前、皮膚深部温は 30 分前にプローブを装着した。

4) 皮膚血流量 (図3-⑤⑥)

研究Ⅱ-1 では、非接触式血流計 (LFG-1-W ; SoftCare 社製, Japan)を用いて測定した。本機器は、半導体レーザーから出射した光が、円筒レンズ・ミラーを通過して皮膚表面を照射し、その皮膚表面上のラインスポットで散乱された光を処理して観測ライン上の血流分

布を測定し、その後ミラーを回転することで観測ラインを1ステップ移動し、同様の測定を繰り返して血流の二次元マップを求めるものである。この血流マップ内に領域を指定し、その内部の平均血流値を相対値として読み取るもので、単位は (arbitrary unit : au) で表され、皮膚表面の末梢血流速度分布を非接触、無侵襲に測定できるものである (ソフトケア、2005)。これを、測定肢の動静脈吻合が豊富に存在する手掌面で測定したところ、温熱刺激中の皮膚血流の一時的な増加が認められた。これに対し、角層水分量を測定している前腕部皮膚表面の血流は、温熱刺激中でも全く変動が確認できなかった。このことより、測定肢の末梢側にある手掌面の皮膚血流が増加したにもかかわらず、中枢側の前腕部皮膚血流の増加が確認できないということは、本機器は手掌部の測定には適しているが、前腕部皮膚血流の測定には不適であることが考えられた。ただ、手掌部の皮膚血管は精神的ストレスによる影響が強いのにに対し、前腕部の皮膚血管は、いわゆる一般皮膚の体温調節機能としての温熱刺激による影響が大きい (彼末、2009) ことから、前腕の皮膚血流を直接的に反映しているとは言い難い。そのため、研究Ⅱ-1では、本機器で得られた手掌部測定データを前腕部皮膚血流の相対的な変動をみるための参考資料として用いることとした。解析箇所は、血流変化の判別が比較的容易な指根部5ヶ所とし、血流マップ画面上の各30dot楕円範囲を定点として連続解析し、その平均値を分析対象とした。

研究Ⅱ-2では、接触式レーザー血流計(オメガフローFLO-C1 : OMEGAWAVE, Japan)を用いて測定した。これは、レーザー光(波長780nm)がプローブの中の光ファイバーを通じて組織に照射され、その照射されたレーザー光が組織内で散乱し、この散乱光の一部を受光用ファイバーで受光する仕組みとなっている。その受光された光の中に、流れている赤血球に当たって周波数変調された光が含まれており、この周波数変調光が赤血球流速に比例することから、この量を演算処理して、組織血流量を算出するものである(鹿嶋ら、1996)。測定深度は、毛細血管レベルの組織の血液量が測定できる、皮膚表面から半径約1mmの半球状の範囲であり、測定の単位は、組織100gあたり1分間に流れる量として、(ml/min/100g)と表される(技術情報協会、2003 ; 向江、2008)。研究Ⅱ-1で用いた非接触式血流計では捉えきれなかった前腕部皮下毛細血管床の血流を測定できる機器と判断して使用した。ただし、微かな振動でも繊細に捉えることから、体位の固定を厳密にし、プローブ貼用皮膚への接触による振動刺激を避ける必要がある。このため、プローブヘッドを直接皮膚に圧して測る角層水分量との同時測定は行わず、同一条件の同一対象者に本項目のみ単独で行い、測定部位は、角層水分量測定とほぼ同一の前腕内側肘窩と手関節の中間地点とした。

第3章 冬季の皮膚の特徴と角層水分量に影響する要因について

－研究 I－

1. 緒言

四季の変化に富む日本において、気候の変動が、ヒトの皮膚にもたらす影響は大きいものと考えられる。特に低温・低湿の冬季においては、ヒトの皮膚も乾燥傾向にあり、ドライスキンに傾きやすくなる(石川ら、2003)。この角層水分量が減少した状態にあるドライスキンは、皮膚の柔軟さを失い、亀裂を生じさせ、皮膚バリア機能の破綻をきたす(菊池、2009)。病変部における角層のバリア機能と水分保持機能の間には相関性が認められ、バリア機能が悪ければ水分を保持できず、乾燥して角層が剥がれ落ちて鱗屑を形成し、さらに乾燥で亀裂が生じれば、ますます環境からの刺激を受けバリア機能も悪くなる(田上、2005)といった悪循環をもたらす。また、アレルギー惹起、感染症合併、慢性的な痒みの誘発などの多彩な病態を有し(宮地ら、2005)、比較的長期間にわたる不快症状に悩まされることとなる。

ヒトの皮膚角層水分量の季節変動に関する研究は、1980年代から2002年にかけて、皮膚科医らが実施している。そこで測定された項目は、角層水分量と水分保持能・皮表脂質(吉国ら、1983)、角層水分量・水分保持能・吸水量(徳留ら、1986)、角層水分量のみ(岡田、1998)などがある。冬の皮膚の特徴に関して、角層水分量と水分蒸散量の両者に関連する因子としての角層の剥離パターンや剥離量と剥離の厚さに関する報告(松本、2000)によれば、4月が最も高く7月が低く、重層剥離面積不均一性では、1月に高く7月に低いという結果であり、角層水分含有量が低下し、皮膚が乾燥する冬季の皮膚の特徴が示されている。また、角層水分量以外の皮膚生理機能評価項目の既存研究では、皮膚血流量と水分蒸散量が相関することはすでに明らかとなっている(Hattingh、1972; Van Nesteら、1987; Frodinら、1988)。さらに、水分蒸散量は皮表温との相関性が高いことも報告されている(Griceら、1971; Mathiasら、1981; Marrakchiら、2007)。ただし、血流量の増加による水分蒸散量の増加が皮表温の上昇を介して起こる現象か否かは明確ではなく、皮表温と前述の2項目を同時に測定した研究は、建築学の分野で1件みられたのみであった。これは、冬季の一定期間に、温湿度の設定条件を変えて、角層水分量・水分蒸散量と皮表温を同時に測定して、絶対湿度の影響を確認したもの(林ら、2003)であるが、冬季と夏季における比較は行われていない。筆者のこれまでの研究結果から、皮表温が角層水分量の増減に大きく関与しているのではないかと推察する(岡田ら、2010)。

以上のことから、角層水分量・水分蒸散量・皮表温の3項目が、冬季にはどのように変化しているのかを夏季との比較により明らかにし、また、それらがどのように関連しあっているのかを確認して、冬季に起こりやすいドライスキンのケア方法を検討するための基礎資料を得ることとした。

2. 目的

角層水分量・水分蒸散量・皮表温を冬季と夏季に測定し、その比較から、冬季の皮膚の特徴を明らかにし、皮表温・水分蒸散量が角層水分量に及ぼす影響について検討する。

3. 方法

1) 対象

皮膚疾患がなく健康状態にある女性6名

平均年齢 22.3±5.1 歳(14~30)歳、平均身長 160±0.04cm、平均体重 51.8±6.8kg

2) 期間および実験方法

(1) 期間：(夏季) 2010年8月、(冬季)2010年12月~2011年1月

(2) 実験環境：実験室内と屋外の環境は、表2に示したとおりである。

表2 研究I 実験環境

| 季節 \ 環境 | 温度(°C) | | 湿度(%) | |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 室内 | 屋外 | 室内 | 屋外 |
| 夏季 | 25.3±0.8 | 29.4±0.7 | 54.0±1.8 | 59.4±5.2 |
| 冬季 | 21.3±1.4 | 5.5±1.6 | 50.6±4.2 | 58.8±8.3 |

(3) 被験者の条件：実験前日の睡眠時間は7時間以上を確保し、食後1.5時間以上経過していること、衣服は、下着の上に夏は半そでTシャツ1枚、冬はトレーナー1枚程度の軽装とした。

(4) 測定方法：30分の環境馴化後、角層水分量、水分蒸散量、皮表温について、経時的に5分間隔で30分間測定した(図4)。なお、測定機器と想定方法の詳細については、第2章の2で詳述したが、角層水分量は、皮表水分量測定機(Corneometer-CM825; COURAGE-KHAZAKA社製, Germany)を用いて、測定肢の前腕部内側の肘窩から長軸方向の2

cm×8 cm 範囲内を、一時点の測定につき 5 回測定し、その平均値をデータとした。水分蒸散量は、開放式水分蒸散量測定機 (Tewameter-TM300 ; COURAGE-KHAZAKA 社製, Germany) にて、測定肢の前腕内側肘窩より約 20cm の末梢側に感知部を固定して測定した。皮表温は、熱流補償式体温計 (コアテンプ CTM205 ; TERUMO 社製, Japan) を用いて、測定肢の前腕内側肘窩と手関節を結ぶ中間地点を測定した。

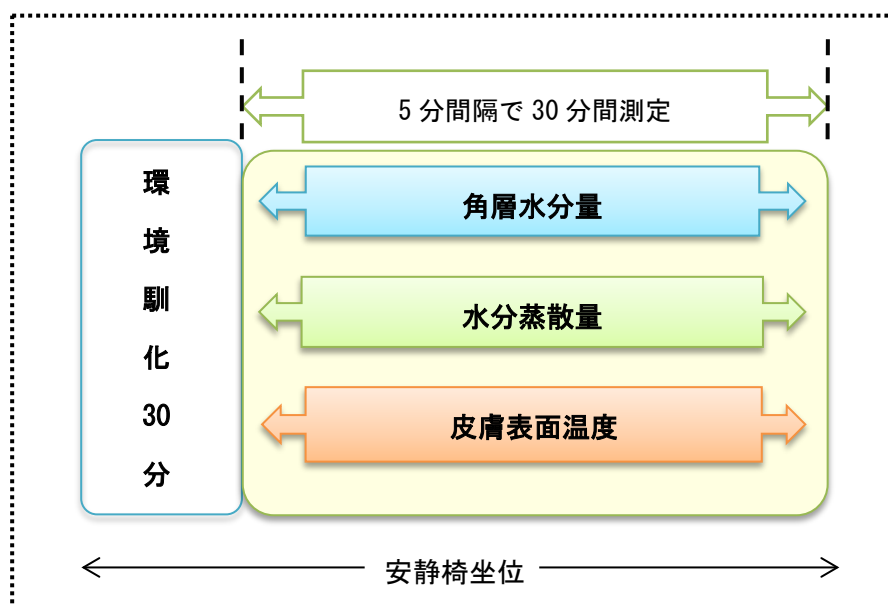


図 4 研究 I 実験のプロトコール

3) 分析方法

分析には、各時期で最も馴化し安定している、各時期開始後 15～30 分経過区間の 4 時点の平均値を用いた。各皮膚生理機能評価項目における夏季と冬季の差を、対象個数が少ないことから慎重を期して、Wilcoxon の符号付順位和検定 (Wilcoxon signed-rank test) を用いた。また、各項目間の関係を確認するために、Spearman の順位相関係数を求めた。有意水準はいずれも $p < 0.05$ とした。

4) 倫理的配慮

対象者に研究の意義・目的・方法、参加の自由と利益・不利益、個人情報保護、結果の公表について文書と口頭で説明し、文書で同意を得た。また実験開始前に血圧・脈拍・体温測定により健康状態を確認し、実験中は冷感等の不快の有無に留意し、冷えを訴えた場合は、ひざ掛けを用いた。なお、本研究は、愛媛県立医療技術大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

4. 結果

1) 角層水分量の季節変動 (図5)

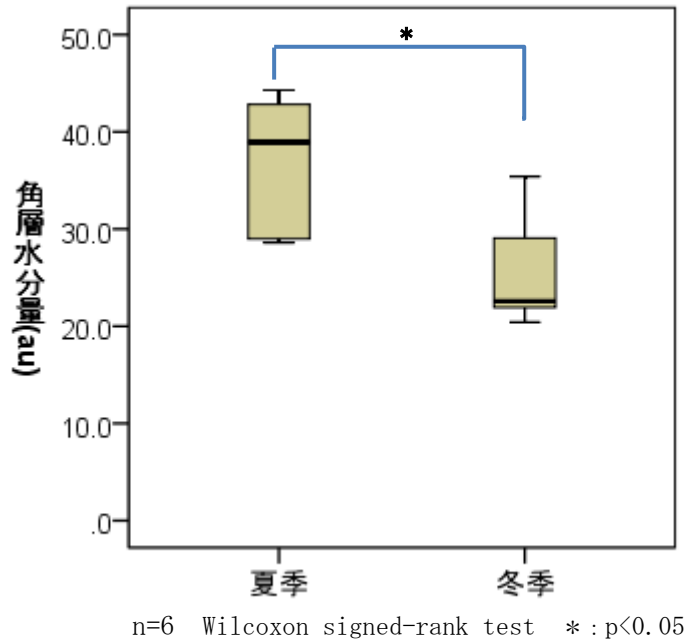


図5 角層水分量の季節変動

角層水分量の中央値（四分位範囲）が、夏季は38.9（14.3）auであるのに対し、冬季は22.6（9.11）auであった。

冬季の角層水分量は、夏季の約58%の値であり、夏季に比べて有意な低値を示し（ $p=0.028$ ）、顕著な減少が認められた。

2) 水分蒸散量の季節変動 (図6)

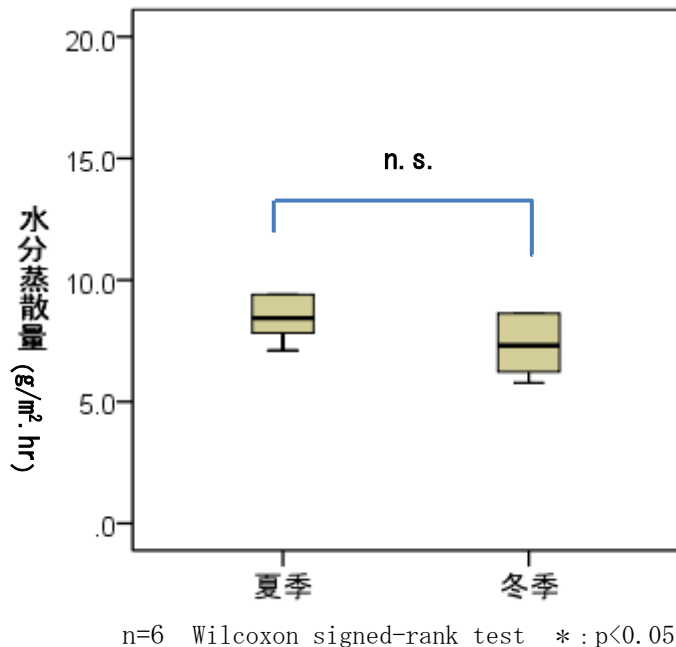
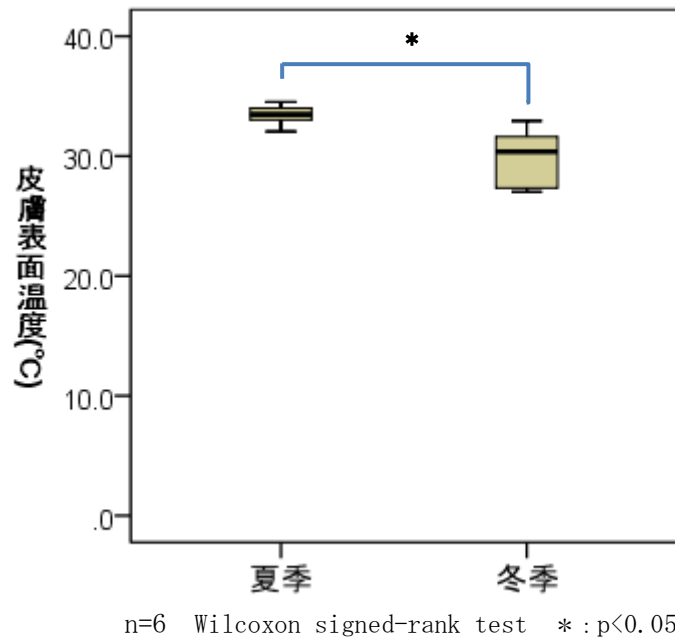


図6 水分蒸散量の季節変動

水分蒸散量の中央値（四分位範囲）は、夏季は8.4（3.61） $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ であるのに対し、冬季は7.3（2.51） $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ であった。

冬季の水分蒸散量は、夏季に比べて減少する傾向（ $p=0.075$ ）にあったが、有意な差は認められなかった。

3) 皮表温の季節変動 (図7)



皮表温の中央値 (四分位範囲) が、夏季は 33.5 (1.35) °C であるのに対し、冬季は、30.4 (4.7) °Cであった。

冬季の皮表温は、夏季に比べて約 3°Cの有意な低下を示し (p=0.027)、冬季の皮表温は夏季より低いことが確認できた。

図7 皮膚表面温度の季節変動

4) 角層水分量と皮表温・水分蒸散量との関係 (図8・表3)

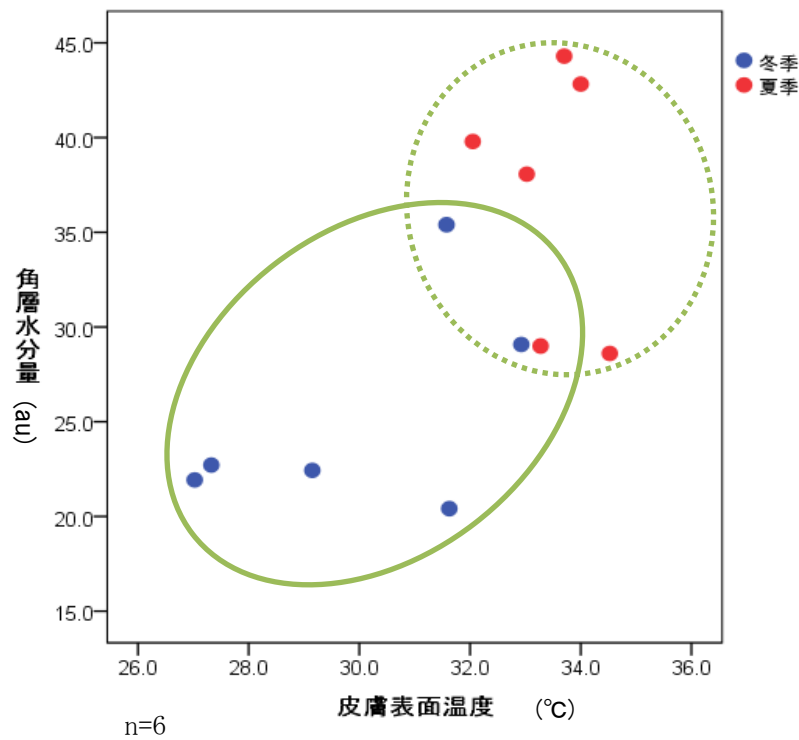


図8 冬季と夏季の皮表温と角層水分量との関係

表3 冬季と夏季における皮膚生理機能評価項目間の関係

| | 角層水分量 vs 皮表温 | 角層水分量 vs 水分蒸散量 | 水分蒸散量 vs 皮表温 |
|---------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 夏季(n=6) | r=-0.143, p=0.787 | r=-0.291, p=0.385 | r=0.318, p=0.340 |
| 冬季(n=6) | r=0.257, p=0.623 | r=0.382, p=0.247 | r=-0.155, p=0.650 |

r=Spearman の相関係数

本研究で着目した冬季の皮表温と角層水分量の関係を図8に示し、角層水分量・水分蒸散量および皮表温との各関係については表3に示した。皮表温と角層水分量には相関関係は認められなかった (r=0.257, p=0.623)。夏季においても相関は認められなかった (r=-0.143, p=0.787)。ただし、夏季は被験者の皮表温が33~34.5°Cの範囲で差が1.5°Cと小さいのに対して、角層水分量は28.6~44.3auと約17auの差が生じていた。冬季の皮表温は、27.0~32.9°Cと約6°Cほどの格差が認められ、角層水分量は20.4~29.1auと約15auの差であった。

したがって、夏季には皮表温には個体差が小さく、33°C以上と一律に高値を示すが、冬季は、角層水分量の差は、夏季とほぼ同様であるが皮表温には個体差が生じていた。

角層水分量と水分蒸散量、水分蒸散量と皮表温についても、両季節において相関関係は認められなかった。ただし、同じ被験者であるにもかかわらず、傾きなどの分布の仕方が異なっていた。

5. 考察

冬季と夏季における前腕の皮膚生理機能評価項目について健常女子6名から得た測定値で検討したところ、角層水分量は冬季に有意に減少し、皮膚表面は明らかに乾燥していることを確認できた。皮表温も、冬季は夏季よりも有意に低下していたが、水分蒸散量には季節間の差は認められなかった。

こうした季節間差の項目間の不統一性については、表2に示した冬季と夏季における実験室内温度の4°Cの差が、皮膚生理機能評価項目の値に影響している可能性が考えられた。そこで、研究Iの冬季(21°C)と夏季(25°C)の実験室内温度に近づけた2種の環境条件を設定して、室温の差が皮膚生理機能にどのような影響を及ぼすのかを確認するための追加実験を行うこととした。

従って本項では、追加実験の結果を示した後に、それも含めた研究 I の考察を行う。

1) 実験室内温度の差が、皮膚生理機能に及ぼす影響について (追加実験)

本研究で行った冬季と夏季の実験室内温度は、屋外と室内の気温への生体の馴化を考慮して温度設定を行った。そのため、夏季には外気温の関係上、冬季のような 21°C前後の設定にはならず、冬季よりも 4°C高い温度設定となった。そこで、2011年12月～2012年1月に5名の被験者 {平均年齢 21.8±1.1 (20～23)歳、平均身長 156±7.6cm、平均体重 55.36±8.8kg} を対象に、21°Cと 25°Cの2種の温度条件を設定し、研究 I と同様の方法 (図 4) で、同一日、同一の時間帯で、両条件下における3つの皮膚生理機能評価項目を測定した。

実験環境は、研究 I の冬季と夏季の実験環境に近づけるため、主に実験室内温度について 21°Cと 25°Cにコントロールし、環境条件を A (温度 21.4±0.2°C, 湿度 40.9±9.6%) と B (温度 25.4±0.1°C, 湿度 47.0±3.7%) の2種の設定とした。なお、追加実験期間の屋外環境は、温度 6.0±2.5°C, 湿度 46.4±8.9%であった。

分析には、測定値の連続経過から、被験者生体が実験環境に最も馴化し安定していると判断した 15～30分経過区間の4時点の平均値を用いて、各項目における環境条件 A・B間の差を Wilcoxon の符号付順位和検定で確認した。冬季と夏季の分析データも、測定開始より 15～30分経過区間の4時点の平均値を求め、冬季と環境条件 A、夏季と環境条件 B の関係を、Mann-Whitney の U 検定により各項目における環境間の差を確認した。さらに、冬季の皮膚の特徴を確かめるために、特に角層水分量との関係に注目して、皮表温と角層水分量との Spearman の順位相関係数を求めた。統計学的有意水準は、いずれも p<0.05 とした。

表 4 に、実験室内温度の違いによる皮膚生理機能評価項目の分析結果を示した。

表 4 実験室内温度の違いによる皮膚生理機能の変動

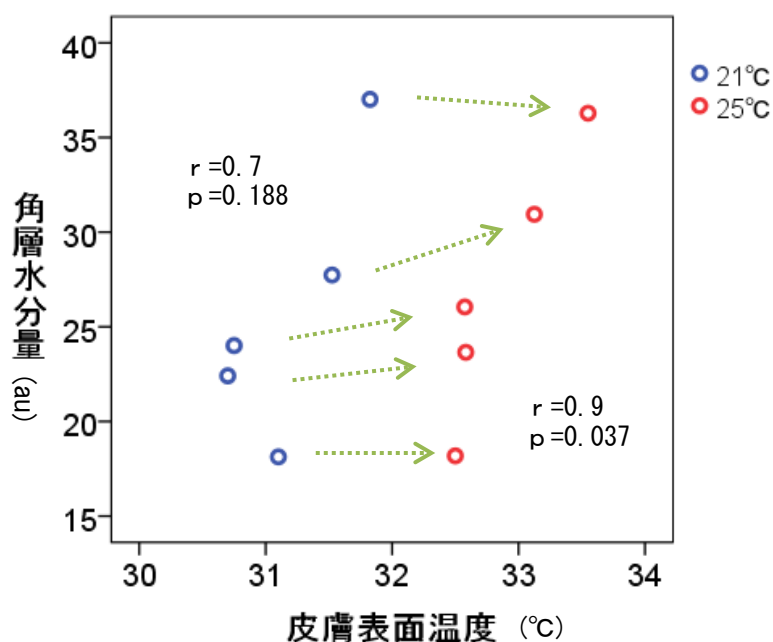
| 室温/湿度 | 評価項目 | 角層水分量 (au) | 皮膚表面温度 (°C) | 水分蒸散量 (g/m ² ・h) |
|---------------------------|------|---------------|----------------|--------------------------------|
| (冬季) 21.3±1.4°C/50.6±4.2% | | 22.6 (9.11) | 30.4 (4.7) | 7.3 (2.51) |
| (A) 21.4±0.2°C/40.9±9.6% | | 24.0 (12.1) | 31.1 (0.95) | 8.4 (1.99) |
| (B) 25.4±0.1°C/47.0±3.7% | | 26.1 (11.5) | 32.5 (0.94) | 9.8 (2.81) |
| (夏季) 25.3±0.8°C/54.0±1.8% | | 38.9 (14.3) | 33.5 (1.35) | 8.4 (3.61) |

A・B : n=5 冬季・夏季 : n=6 中央値(四分位範囲)
 A vs B : Wilcoxon signed-rank test A(B) vs 冬季(夏季) : Mann-Whitney U-test *: p<0.05
 注 ; 点線間の有意差は、研究 I の結果を再掲したものである

表4に示したように、環境条件A(21℃)よりも環境条件B(25℃)の方が、水分蒸散量(p=0.043)と皮表温(p=0.043)が有意に高値であったが、角層水分量(p=0.138)は有意な差を認めなかった。

また、冬季と環境条件A(21℃)の比較では、角層水分量(p=0.855)・水分蒸散量(p=0.273)・皮表温(p=0.715)ともに有意な差を認めなかった。夏季と環境条件B(25℃)では、角層水分量は夏季が有意に高く(p=0.045)、水分蒸散量(p=0.361)・皮表温(p=0.201)には有意な差を認めなかった。

図9に、環境条件A(21℃)とB(25℃)における、皮表温と角層水分量の関係を示した。



「→」は、同一被験者の測定値の変化を示す

図9 室温21℃と25℃の環境における皮膚表面温度と角層水分量の関係

環境条件A(21℃)の皮表温と角層水分量において、相関関係は認められなかったが(r=0.7, p=0.188)、環境条件B(25℃)の皮表温と角層水分量には強い正の相関が認められた(r=0.9, p=0.037)。ただし、室温21℃から25℃へ環境条件を変えた場合の皮表温は、表4でも示したように有意に上昇しているが、角層水分量はほとんど変化せず、ほぼ水平の右移動を示したのみであった。

2) 研究 I と追加実験に関する考察

初めに、皮膚生理機能評価項目の各結果について、冬季と夏季を比較して考察する。次に、皮膚生理機能評価 3 項目間の関連性について考察し、冬季の皮膚生理機能の特徴を検討する。

(1) 前腕皮膚の皮膚生理機能評価項目結果に現れる季節変化

① 角層水分量

角層水分量は、冬季と夏季の両者の値の差は大きく、冬季の角層水分量は夏季に比べて明らかに減少しており、冬季の皮膚は乾燥状態にあることを示しているといえる。実験室内環境の影響を少なからず受ける可能性はあるが、特に今回の研究 I で得た冬季の角層水分量が夏季より減少する現象は、既存研究の結果（吉国ら、1983；徳留ら、1986）と一致していた。

しかし、同一の季節で温湿度のみを変えた追加実験では、4℃程度の温度差では、高い室温のほうが高値を示すものの、有意な差ではなかったという現象が生じていた。また、冬季と同等の温度である環境条件 A (21℃) との間では差を認めなかったにもかかわらず、夏季と同等の温度である環境条件 B (25℃) では、角層水分量が夏季のほうが有意に増加したことを考慮すれば、角層水分量は外気の湿度の影響を強く受けることを示しているといえる。

すなわち、角層水分量は、高温多湿の夏には増加し、低温低湿の冬には低下する（Kikuchiら、2002）ことが、本研究によっても明らかとなったと考えられる。

② 水分蒸散量と皮表温

皮表温については、夏季に比べて冬季には有意に低下した。これは、夏季は、既説のように高い外気温により皮膚血管が拡張して、皮膚血流が増加することで皮表温が上昇したことの表れであり、冬季はこの逆の現象が生じた（中山、1981）ためと考えられる。この皮表温も、表 4 に示されるように実験室内環境に少なからず影響された可能性はあるが、季節間で有意な差が認められたことから、単なる室温差によるものだけではなく、季節による影響も大きいのではないかと考えられた。

水分蒸散量も、夏季に増加し、冬季は減少した。これも、夏季には外気温の上昇で皮表温も上昇するために、蒸散の効率を上げて熱放散をはかるため水分蒸散量が増加することの表れであるといえ、冬季はこの反対の現象が生じている（中山、1981）ためと考えられる。ただし、水分蒸散量自体の夏季と冬季における数値的な差は、角層水分量よりもわず

かであった。このことは、ある程度コントロールされた環境下に馴化した状態で測定したことが起因しているものと考えられる。さらに、表4の結果からも、この変動は、季節の影響よりも、実験室内の温湿度が大いに影響しているものと考えられる。この水分蒸散量は、皮表温との相関性が高いことが報告されており (Grice ら、1971; Mathias ら、1981; Marrakchi ら、2007)、その場の温・湿度や気流などの室内気候による影響で即時に変動して体温維持に貢献する性質のものであり、角層水分量ほどには長期間にわたる季節的影響を受けにくいのではないかと推察された。異なる温湿度環境下での水分蒸散量の実験では、相対湿度が同じであっても、絶対湿度が低いほど水分蒸散量が多く、絶対湿度と皮膚の吸水能や水分保持能といった保湿性との関連が指摘されている (林ら、2003)。つまり、その場の環境を適切にコントロールすることで、水分蒸散量の増加による皮膚の乾燥を防ぐことが可能なのではないかと考えられる。

同一日に実験室温度を変化させて皮膚生理機能評価項目を測定した追加実験からは、水分蒸散量及び皮表温は明らかに増加・上昇することが確認できた。冬季と環境条件A (21℃) は、同季節のほぼ同条件での実験であったことから、3項目とも差は認められなかった。夏季と環境条件B (25℃) においては、角層水分量が夏季のほうが有意に増加していることが認められ、他2項目は差を認めなかった。

以上のことから、水分蒸散量及び皮表温は、温度依存性に変化する性質であると考えられる。

(2) 皮膚生理機能評価3項目間の関連性

①角層水分量と皮表温について

両季節において、角層水分量と皮表温には相関関係は認められなかった。高温多湿の夏季の皮表温は、ほぼ個人差がなく、被験者全員が一定レベルまで上昇し、角層水分量も高値を示す者が多かった。また、低温低湿の冬季は、皮表温が低い者は、角層水分量も減少しており、皮表温が高めの者は角層水分量も高値を示す傾向にあった。同一日に実験室温度を変化させて行った追加実験でも、特に環境条件B (25℃) において、皮表温と角層水分量には、正の相関関係が認められた。これは筆者の先行研究 (岡田、2010) と一致する。皮膚の血管は、交感神経性血管収縮線維の支配を密に受けており、その興奮性が高まると収縮して皮膚血流量を下げるが、緊張が緩和すると血管が拡張して皮膚血流量は増加し (彼末、2009)、皮表温を上昇させる。この皮表温の上昇に追従して、角層を中心とした放熱活動のための水の動きが活性化し、その結果、角層水分量も増加していくのではないかと推

察されたが、今回の研究 I の結果からは、明らかな関係性は認められなかった。

②角層水分量と水分蒸散量について

両季節において、角層水分量と水分蒸散量には相関関係は認められなかった。冬季の角層水分量は夏季に比べて有意に低値であり、夏季は高値を示した。ただし、水分蒸散量に関しては、夏季に比べて冬季は減少する傾向を示したものの、有意な差ではなかった。これは、先述したように、本研究が室温・湿度をコントロールした環境（表 2）に、十分に馴化した後測定されたことが一因と考えられた。つまり、本研究のように安定した環境条件下では、水分蒸散量の変動が小さく、角層水分量の増減には影響を及ぼさないと考えられる。ただし、病的な角層では、水分保持能が不完全で、外界の湿度に従って大量の水分を失い、角層水分量の低下を生じ、角層水分量と水分蒸散量は負の相関関係にある（吉国ら、1982）。このことを考慮すれば、本研究は、対象者が、皮膚病変のない健康な女子であったことも負の相関を示さなかった一因と考えられる。

③皮表温と水分蒸散量について

両季節において、皮表温と水分蒸散量についても相関関係は認められなかった。この結果は、水分蒸散量と皮表温との相関性が高いとの報告（Grice ら、1971；Mathias ら、1981；Marrakchi ら、2007）を支持しなかった。先行研究は、温冷刺激で皮表温を変化させたり（Grice ら、1971；Mathias ら、1981）、測定部位を変化させて（Marrakchi ら、2007）、両者の関係性を焦点化して測定したものである。これに対して、本研究は、室温・湿度をコントロールして、前腕部の一定部位を測定したものであり、安定した環境下での測定という点で先行研究とは大きく異なる。実験室温は季節間で 4℃程度の差があり、室温 21℃の冬季の皮表温には 27～33℃と多少のばらつきがみられたが、夏季は 32.0～34.5℃と一定の安定した値であったこと、さらに実験室内の相対湿度の季節間差は僅かであったため水分蒸散量の変動幅も少なかったことが、相関関係を示さなかった要因と考えられた。

研究 I において、皮表温と角層水分量は冬季と夏季の季節間で有意な差を示し、夏季に高値となり、冬季に低値を示した。また、各皮膚生理機能評価項目間には、両季節において相関関係は認められなかった。ただし、追加実験の結果では、環境条件 B（25℃）において皮表温と角層水分量に強い正の相関が認められ、関係性を示唆するものであったが、対象者数の問題もあり、今後追究していく課題である。

また、同じ被験者にもかかわらず、季節間で分布の仕方が異なっており、季節要因が皮膚生理機能評価項目間の関係性に何らかの影響を及ぼしていることが示唆された。

第4章 片側手浴による温熱刺激が、対側前腕部皮膚へ及ぼす影響

—研究Ⅱ—

1. 緒言

冬季における大気の乾燥や、エアコンの使用による低湿等によって「ドライスキン」という病態が生じる。これは、皮膚の角層に含まれる水分量が減少した状態である。ドライスキンは、皮膚バリア機能を低下させるが、病変部における角層のバリア機能と水分保持機能の間には相関性が認められ、バリア機能が悪ければ水分を保持できず、乾燥して角層が剥がれ落ちて鱗屑を形成し、さらに乾燥で亀裂が生じれば、ますます環境からの刺激を受けバリア機能も悪くなる（田上、2005）といった悪循環をもたらす。また、アレルギー惹起、感染症合併、慢性的な痒みの誘発などの多彩な病態を有することになり（宮地ら、2005）、比較的長期間にわたる不快症状に悩まされることとなる。この皮膚バリア機能を維持するためには、一定の水分が角層に保持できることが必要となる。

筆者は、皮膚乾燥の改善を、保湿剤等の外用薬塗布に因らない、自然かつ簡便な方法で角層水分を保持するアプローチを模索してきた過程で、片側の10分間の手浴のみで、対側前腕の角層水分量が増加する現象を認めた（岡田ら、2006a；岡田ら、2006b；岡田ら、2008；徳永ら、2008）。このことは、片側手浴による温熱刺激が全身の皮膚血流量増加を促し、その結果として皮膚角層に水分を与えるという身体内部から皮膚への水分供給メカニズム、すなわち「交感神経の緊張緩和により増加した皮膚血流が、角層に水分を補給する」という作業仮説をもたらした（岡田ら、2010）。

このような角層水分と温熱刺激についての研究は、全身浴後の皮膚からの吸水による角層水分の変化の観察（橋本ら、2003；佐伯ら、2006；中野、2009）や、サウナによる高温曝露時の変化の報告（Kowatzkiら、2008）はあるが、手浴などの部分温熱刺激を加えることによる身体内部からの角層水分の変化に着目した研究はない。そこで、角層水分量と関連する皮膚生理機能評価項目を測定し、片側手浴による温熱刺激が、対側前腕部皮膚に与える影響を明らかにする必要がある。

はじめに、夏季の暑熱や冬季の寒冷刺激の影響を受けない安定した気象条件の秋季において、片側手浴による温熱刺激が皮膚へ及ぼす影響を検証する（研究Ⅱ-1）。次に、皮膚乾燥が問題となる冬季において、同一被験者への片側手浴の温熱刺激の有無が、皮膚生理機能に及ぼす影響を明らかにする（研究Ⅱ-2）。その両研究結果から、片側手浴の温熱刺激は、乾燥した皮膚の保湿効果を高めることに貢献できる看護方法となりうるかを検討する。

2. 研究Ⅱ-1 安定した気象条件下での検証

1) 目的

角層水分量と関連する皮膚生理機能評価項目を測定し、安定した気象条件の秋季において、片側手浴による温熱刺激が、対側前腕部皮膚にどのような影響を与えるのかを明らかにする。

2) 方法

(1) 対象：皮膚障害のない健康な女性 27 名

平均年齢 20.5 ± 2.4 (13~29) 歳、平均身長 157.9 ± 4.2 cm、平均体重 52 ± 6.5 kg

(2) 実験期間：2009 年 11~12 月

(3) 実験環境：実験室内と外気の環境は、表 5 に示したとおりである。

表 5 研究Ⅱ-1 実験環境

| 季節 \ 環境 | 温度(°C) | | 湿度(%) | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 室内 | 外気 | 室内 | 外気 |
| 秋 季 | 23.6 ± 1.2 | 12.5 ± 3.1 | 48.9 ± 4.2 | 66.0 ± 7.5 |

(4) 実験方法

①被験者の条件：実験前日の睡眠時間は 7 時間以上を確保し、食後 1.5 時間以上経過していること、衣服は、下着の上に長袖 T シャツまたはトレーナー 1 枚程度の軽装とした。

②測定方法：角層水分量、水分蒸散量、皮表温、皮膚血流量（非接触式血流計）の 4 項目について、30 分の環境馴化後、基準値（before）を測定した。その後、手浴をする側の上肢（以下、手浴肢）の手部橈骨茎状突起部までを 42°C に設定した恒温水槽（サーモペット-NTT130；東京理科器械製，Japan）の湯に 10 分間浸漬するのみの温熱刺激を加え、手浴中～手浴終了後までの 2.5 分毎のデータを 70 分間測定した（図 10）。なお、測定機器と測定方法の詳細については、第 2 章の 2 で詳述したが、角層水分量は、皮表水分量測定機

（Corneometer-CM825；COURAGE-KHAZAKA 社製，Germany）を用いて、測定肢の前腕部内側の肘窩から長軸方向の $2\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ 範囲内を、一時点の測定につき 5 回測定し、その平均値をデータとした。水分蒸散量は、開放式水分蒸散量測定機（Tewameter-TM300；COURAGE-KHAZAKA 社製，Germany）にて、測定肢の前腕内側肘窩より約 20cm の末梢側に感知部を固定して測定した。皮表温は、熱流補償式体温計（コアテンプ CTM205；TERUMO 社製，Japan）を用いて、測定肢の前腕内側肘窩と手関節を結ぶ中間地点を測定した。皮膚血流量は、非接触式血流

計 (LFG-1-W ; SoftCare 社製, Japan)を用いて測定した。これを、測定肢の動静脈吻合が豊富に存在する手掌面で測定した。ただし、前述したように、本機器で得られた手掌部測定データは、前腕部皮膚血流の相対的な変動をみるための参考資料として用いることとした。解析箇所は、血流変化の判別が比較的容易な指根部5ヶ所とし、血流マップ画面上の各 30dot 楕円範囲を定点として連続解析し、その平均値を分析対象とした。

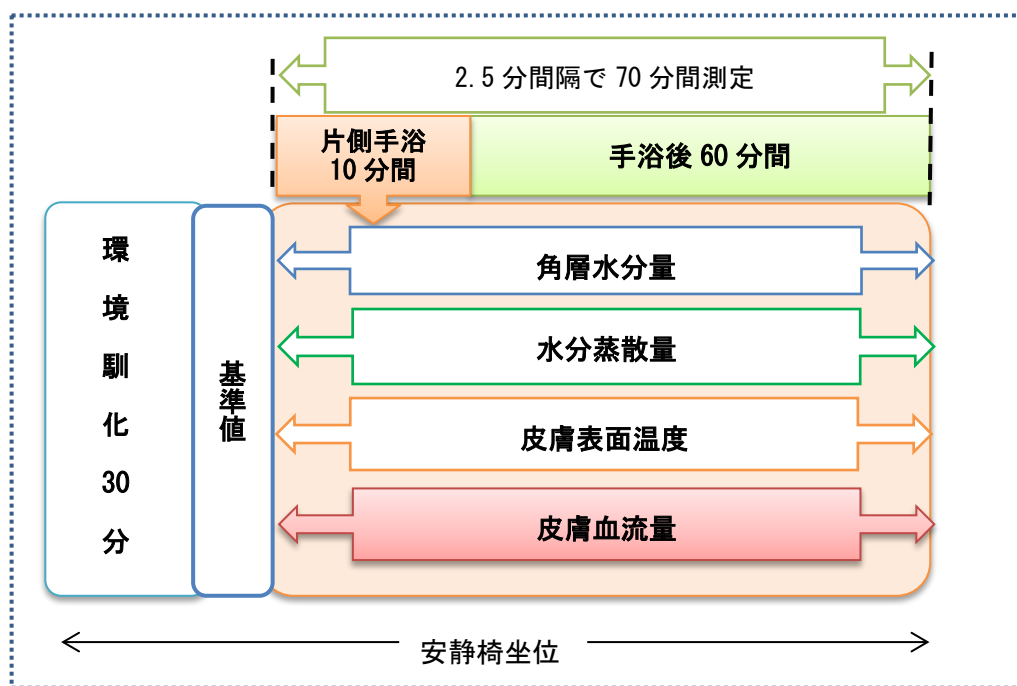


図 10 研究Ⅱ-1 実験のプロトコール

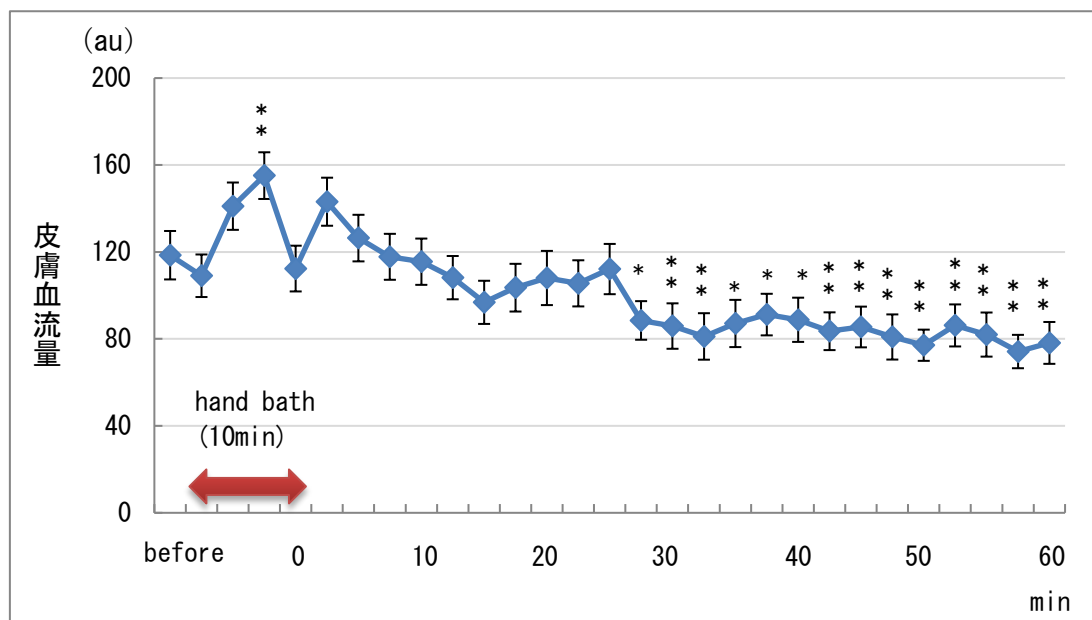
(5) 分析方法

各項目は、30分の環境馴化後の手浴開始直前の値（基準値）と、手浴中～手浴終了後の2.5分毎70分間の経時データを Mean±SE で示した。また、これらの経時的データについて、反復測定による一元配置分散分析 (One-way repeated measures ANOVA) を行い、各項目に対して温熱刺激が影響を与えているかどうかを確認した。さらに、基準値<before>を対照とした、各経過時点との平均値の差を Dunnett の方法で多重比較した。いずれも有意水準は $p < 0.05$ とした。統計ソフトは SPSS Statistics ver19 を使用した。

3) 結果

(1) 皮膚血流量

手浴の温熱刺激による皮膚血流量の変化を図 11 に示した。



Mean ± SE, n=27 Dunnett t-test (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01

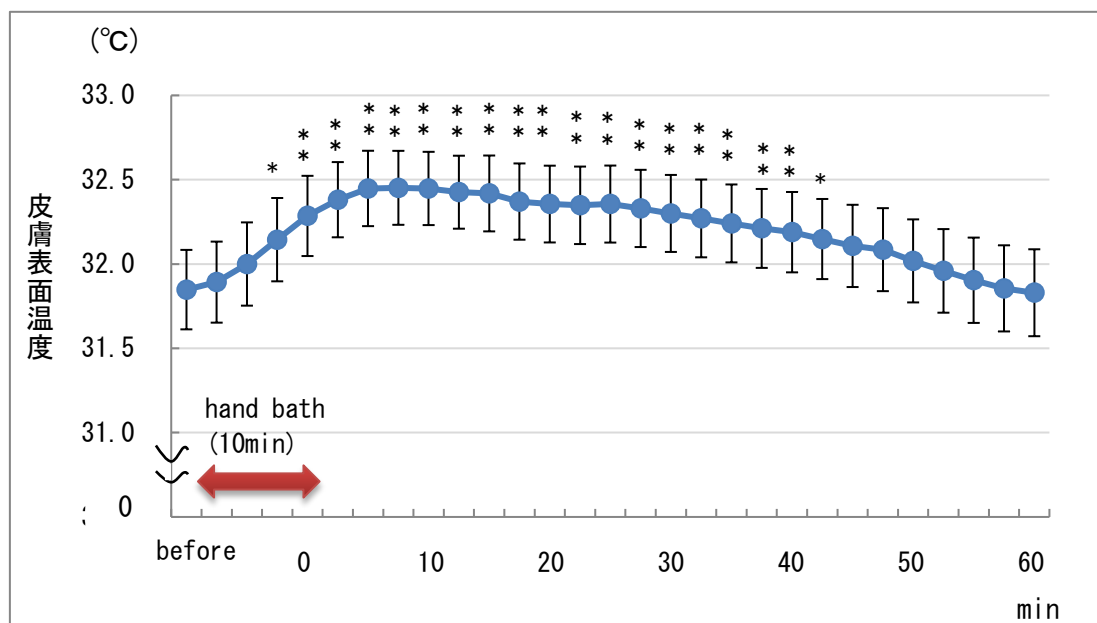
図 11 手浴による皮膚血流量の変化

反復測定による ANOVA で、10 分間の片側手浴による温熱刺激は、皮膚血流量の変化に影響を及ぼしていることが示された (p<0.001)。

皮膚血流量は、手浴開始後 7.5 分経過時点で 155.1 ± 10.7 au と最高に達し、基準値 118.5 ± 11.1 au より 31%もの有意な増加 (p=0.001) を示した。手浴開始後 10 分すなわち手浴終了直前に一時的減少を示した後に再び増加し、手浴終了後 7.5 分で基準値に戻った。その後漸減して、手浴終了後 27.5 分から 60 分経過時点まで、基準値より有意に減少 (p<0.05 ~ 0.001) したまま、80 au 前後の値で推移した。

(2) 皮表温

手浴の温熱刺激による皮表温の変化を図 12 に示した。



Mean±SE , n=27 Dunnett t-test (vs before) * :p<0.05 * * :p<0.01

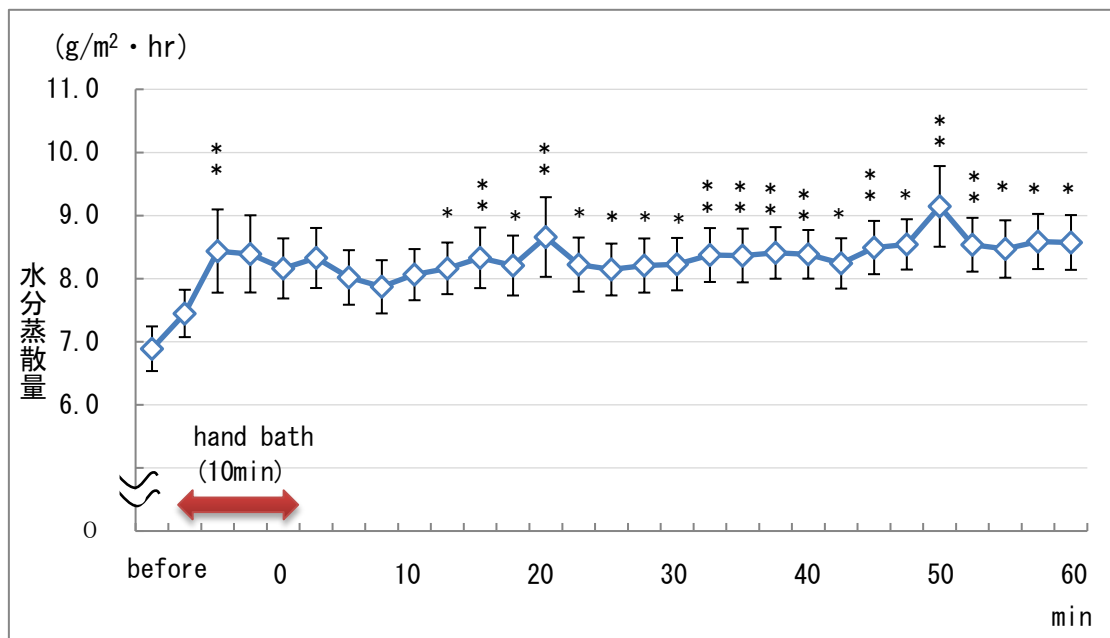
図 12 手浴による皮膚表面温度の変化

反復測定による ANOVA で、10 分間の片側手浴による温熱刺激は、皮表温の変化に影響を及ぼしていることが示された (p<0.001)。

皮表温は、手浴開始後 7.5 分経過時点から有意に上昇し、手浴終了後 42.5 分までの 35 分間にわたり有意な増加 (p<0.05~0.001) を認めた。手浴終了後 7.5 分で基準値 31.8±0.2°C の約 2% 増の 32.5±0.2°C まで上昇して最高となり、手浴終了後 57.5 分で 31.9±0.3°C となって、基準値 31.8±0.2°C とほぼ同レベルに戻った。

(3) 水分蒸散量

手浴の温熱刺激による水分蒸散量の変化を図 13 に示した。



Mean±SE , n=27 Dunnett t-test (vs before) *: p<0.05 * *:p<0.01

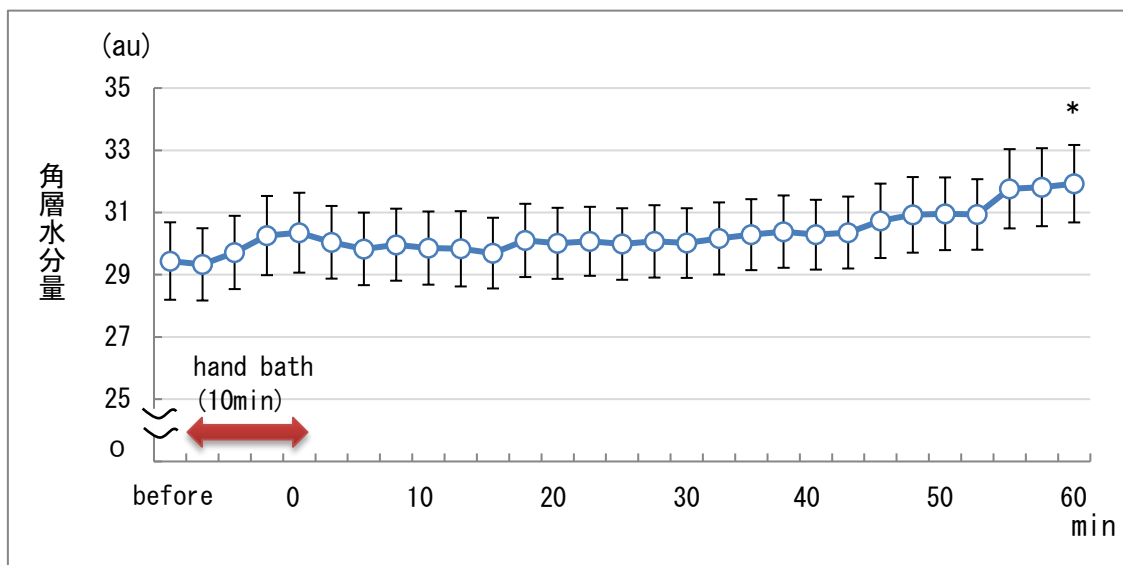
図 13 手浴による水分蒸散量の変化

反復測定による ANOVA で、10 分間の片側手浴による温熱刺激は、水分蒸散量の変化に影響を及ぼしていることが示された (p<0.001)。

水分蒸散量は、手浴開始後 5 分経過時より有意に増加し (p=0.002)、一旦減少傾向を示したが、手浴終了後 12.5 分より再度有意に増加し (p=0.026)、手浴終了後 50 分で $9.14 \pm 0.6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hr}$ と最高値を示して、基準値 $6.9 \pm 0.4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hr}$ の 32.7% 増 (p<0.001) となった。手浴終了後 12.5 分より手浴終了後 60 分まで、微妙に上下しながらも基準値より 14~26% の増加状態 (p<0.05~0.001) を保ちながら、ほぼ一定レベルで推移した。

(4) 角層水分量

手浴の温熱刺激による角層水分量の変化を図 14 に示した。



Mean±SE , n=27 Dunnett t-test (vs before) *: p<0.05 * : p<0.01

図 14 手浴による角層水分量の変化

反復測定による ANOVA において、10 分間の片側手浴による温熱刺激は、角層水分量の変化に影響を及ぼしていることが示された (p=0.008)。

角層水分量は、手浴中より漸増し、基準値に比して 2～3%増加した状態で一定レベルを維持しながら推移した。手浴終了後 45 分より、さらなる上昇に転じ、手浴終了後 55 分 (p=0.073)・57.5 分 (p=0.062) で増加傾向を示し、手浴終了後 60 分で 31.9±1.2 au と最高値となり、有意な増加 (p=0.042) が認められた。基準値 29.4±1.2 au に比べて約 8% の増加となった。

4) 考察

筆者は、先行研究において、片側手浴の温熱刺激で対側前腕の表面温のみならず、角層水分量の増加結果を得た（岡田ら、2006a, 2006b, 2008；徳永ら、2008）。その機序については、片側手浴の温熱刺激により、皮膚交感神経活動が減少して全身の皮膚血管が拡張するため、対側前腕の皮膚血管も拡張することが考えられた。これにより、①対側前腕皮膚細動脈が拡張し、②毛細血管への血流量増加をきたし、③毛細血管からの水分濾過量が増加し、角質細胞間および汗腺へ水分供給が行われ、④蒸散と微量の発汗が生じ、汗の浸潤と、蒸散に比べ濾過量が多い状態となり角層水分量が増加する、という機序が推測された。そこで本研究では、この推測（以下「作業仮説」）を確認するため、気象条件の安定した秋季に片側手浴による温熱刺激を行ない、角層水分量・水分蒸散量・皮表温・皮膚血流量を測定した。

本項では、片側手浴の温熱刺激が、対側前腕皮膚に及ぼした影響を、皮膚生理機能評価項目の測定結果をもとに、作業仮説に沿って考察する。

（1）片側手浴の温熱刺激は、対側前腕の皮膚血管を拡張させたか

対側前腕の皮膚血管の拡張の発生状態については、皮膚血流量と皮表温という2つの皮膚生理機能評価項目を測定し、その変動について解釈を進める。

①対側前腕の皮膚血流量への影響

本研究では、非接触式血流量計を用いて手掌部で皮膚血流量を測定した。手掌部の皮膚血管は精神的ストレスによる影響が強いのに対し、前腕部の皮膚血管はいわゆる一般皮膚の体温調節機能としての温熱刺激による影響が大きい（彼末、2009）。そのため、測定で得た本データは、前腕の皮膚血流を直接的に反映しているとは言い難い。そこで本研究では、この手掌部測定データを、前腕部皮膚血流の相対的変動を検討するための参考資料として用いた。

対側の手掌部血流量は、手浴開始後7.5分では、基準値に比して約30%の増加となり、有意に高値を示した。手浴開始後10分、すなわち手浴終了直前時では、一時的に減少したが、その後再び増加し、手浴終了後7.5分には基準値に戻って、以後漸減した。手浴終了後27.5分から60分まで有意に減少した。手浴開始後10分の一時的な減少状態は、手浴終了直前の時間であるが、足浴や温電法後の下肢や背部など一般皮膚での皮膚血流は緩やかに減少する（吉川ら、2002；金子ら、2009）のに対して特異と言える。手掌部の皮膚血流の増減が精神性の影響を受けやすいことを考えると、筆者の予めの声掛け等で、手浴が終

えることを被験者が意識して一時的に交感神経緊張状態となり、血管収縮を引き起こした可能性も推測される。そうだとすると、42°C・10 分間の片側手浴による温熱刺激によって対側手掌部血管が拡張して皮膚血流量が増加した事実は認められたといえる。このことは、対側手掌部皮膚血流が、対側前腕部皮下の細静脈に還流して前腕の皮膚血流量増加を引き起こした（彼末、2009, 2002）という可能性を示唆したと考えられる。

なお、手浴終了後の皮膚血流量のゆるやかな減少は、長時間の体動制限に伴うストレスにより皮膚交感神経が緊張して皮膚血管が収縮した（彼末、2009）、あるいは安静状態による代謝量の低下を反映しているとも考えられる。また、足浴や温罨法後でも同様にみられる現象でもあり（吉川ら、2002；金子ら、2009）、温熱刺激終了後は、皮膚温の低下に伴って放熱活動が抑制され、皮膚血管を収縮させて体温維持を図る機序の現れとも考えられる。

②対側前腕の皮表温への影響

反復測定による ANOVA の結果、片側手浴による温熱刺激は、皮表温の変化に影響を及ぼしていることを認めた。対側前腕の皮表温は、手浴中より漸増し、基準値と比べて手浴開始後 10 分すなわち手浴終了直前から、手浴終了後 42.5 分まで有意に増加して、以後漸減して手浴終了後 60 分には元の状態に戻った。このことから、片側手浴による温熱刺激は、少なくとも手浴終了後 40 分以上も皮表温の上昇をもたらすことが確認された。先に述べた手掌部の皮膚血流量増加の現象とも関連した、10 分間の片側手浴を行った既存研究（岡田（淳）ら、2003）では、対側の拇指球部の皮表温が有意に上昇したことが報告されており、本研究結果を支持するものであった。また、仰臥位足浴を 15 分間行った既存研究（金子ら、2009）では、足部とは遠位の前胸部皮表温の変化を認めており、同様の現象が起きていると考えられる。

また、皮表温は皮膚の静脈血温度にほぼ等しい（中山、1981）。このことより、片側手浴の温熱刺激によって対側手掌部皮膚血管が拡張した事実は、対側前腕部の皮静脈に手掌からの血液環流が増加して皮膚の静脈血温度を上昇させ、皮表温上昇をもたらしたとの解釈も可能となった。

③対側手掌部の皮膚血流量増加と前腕部皮表温の上昇

前項①②の現象は、対側前腕の皮膚血管の拡張から、細動脈の血流量増加が生じたことをも推測させるものと考えられる。なお、本研究結果の皮膚血流量は、対側前腕部皮膚血流量そのものを直接測定していないため、推論の域を出ないことには留意したい。

(2) 皮下血流から角層への水分移動で水分蒸散が生じ、角層水分量が増加したか

片側手浴時の対側前腕では、水分蒸散量と角層水分量が増加していた。この2者間の現象について考察する。

①対側前腕の水分蒸散量への影響

反復測定によるANOVAの結果から、10分間の片側手浴による温熱刺激は、水分蒸散量の変化に影響を及ぼしていることが示された。対側前腕の水分蒸散量は、手浴中7.5分より有意に急増して一旦減少傾向を示した後、手浴終了後12.5分から手浴終了後60分まで有意に増加し、基準値すなわち安静時点の20~30%程度の一定割合で高値を維持した。

ただし、研究Iでも確認したように、水分蒸散量は、その場の環境温や湿度に影響を受ける性質であることを考えると、一定にコントロールされた環境であったとは言え、この増加が、手浴の温熱刺激のみの影響で生じたとは言いきれない。そこで、研究II-2の結果と合わせて、解釈していく必要があると考える。

②対側前腕の角層水分量への影響

反復測定によるANOVAの結果から、片側手浴による温熱刺激は、角層水分量の変動に影響を及ぼしていることが認められた。対側前腕の角層水分量は、手浴中より漸増し、基準値すなわち安静時と比べ一定レベルで高値を維持した後、手浴終了後50分ごろからさらに増加し、手浴終了後60分時点では、基準値と比べて有意な増加を認めた。

この現象は、研究Iで、角層水分量は、21℃から25℃程度の環境温の上昇では容易に変動しない性質であることが確認されたことから、実験室内環境の影響よりも、手浴の温熱刺激による影響が大きいのではないかと推察される。この温熱刺激と角層水分量に関する既存研究(中野、2009;佐伯ら、2006;橋本ら、2003)では、皮膚を直接湯に浸漬した部位を測定していることから、外部からの吸水による皮膚の浸潤で角層水分量が一時的には高値となるが、保湿クリーム等を使用しない限り、短時間で減少することが報告されている。この現象は、皮表脂質や角質細胞間脂質が湯への浸漬によって除去されたことが、角層水分量減少の一因と考察されているが、本研究は、その保湿因子を保持したまま温熱刺激を加えたことが結果の違いをもたらしたものと考えられた。

③対側の水分蒸散量増加と角層水分量増加をもたらす水分移動

この片側手浴による温熱刺激が、対側の水分蒸散量を手浴終了後60分まで増加させた現象と、手浴終了後60分で角層水分量が増加した現象は、皮膚血管が拡張して皮膚血流量が増加し、身体内部から皮膚角層への水分供給のメカニズムを推測させるものであった。た

だし、水分蒸散に関しては、温熱刺激以外の要因も考えられる。

このように、本研究結果から、対側手掌部の血流量の増加、対側前腕部の皮表温の上昇および水分蒸散量・角層水分量増加の現象は、本研究の仮説を支持するものといえるが、皮膚血流量は手掌部のものであり、前腕部皮膚血流を直接的に確認することの必要性が示唆された。さらに、本研究は、30分の環境馴化後に、測定値の平坦化を確認して基準値をとり、それを比較対照として行った実験であるが、同一被験者で手浴をしない場合の皮膚生理機能評価項目の70分間の変化をみる対照群を設定していなかったため、環境要因に影響されやすい水分蒸散量などの解釈が困難であり、本研究の限界といえる。対照実験を行った研究Ⅱ-2で再確認を進める必要が考えられた。

3. 研究Ⅱ-2 冬季における検証

1) 目的

角層水分量と関連する皮膚生理機能評価項目を測定し、皮膚乾燥が問題となる冬季において、片側手浴による温熱刺激が皮膚生理機能にどのような影響を与えるのかを明らかにする。

2) 方法

(1) 対象

角層水分量・水分蒸散量・皮表温測定：皮膚障害のない健康な女性で、服薬中でない者 10名。平均年齢 20.2±4.9 (14~30) 歳、平均身長 158.0±3.8cm、平均体重 50.2±5.6kg

皮膚血流量 (接触式血流計)：皮膚障害のない健康な女性で服薬中ではない、上記 10名中の 8名。平均年齢 18.9±5.3 (14~30) 歳、平均身長 158.0±3.3cm、平均体重 53.5±7.2 kg

(2) 期間：2010年12月~2011年1月 (角層水分量、水分蒸散量、皮表温)

2011年3月~5月 (皮膚血流量；接触式)

(3) 実験環境：実験室内と外気的环境は、表6に示したとおりである。

表6 研究Ⅱ-2 実験環境

| 測定項目 | 温度(°C) | | 湿度(%) | |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| | 室内 | 外気 | 室内 | 外気 |
| 角層水分量、水分蒸散量、皮表温 | 21.3±1.4 | 5.5±1.6 | 50.6±4.2 | 58.8±8.3 |
| 皮膚血流量；接触式 | 22.1±1.2 | 11.9±5.3 | 51.7±4.3 | 55.3±9.8 |

Mean±SD

(4) 実験方法

①被験者の条件：実験前日の睡眠時間は7時間以上を確保し、食後1.5時間以上経過していること、衣服は、下着の上に長袖Tシャツまたはトレーナー1枚程度の軽装とした。

②測定方法；角層水分量、水分蒸散量、皮表温と皮膚血流量 (接触式) の4項目について、30分の環境馴化後、基準値を測定した。その後、手浴をする側の上肢 (以下、手浴肢) の手部橈骨茎状突起部までを 42°Cに設定した恒温水槽 (サーモペット-NTT130；東京理科器械製, Japan) の湯に10分間浸漬するのみの温熱刺激を加え、手浴中~手浴終了後までの5分毎のデータを70分間測定した。対照群は、同一対象者に、手浴を行わず椅坐位で70

分間、手浴群と同様の時間・方法で測定した（図 15）。なお、研究方法の詳細は、第 2 章の 2 で詳述したが、角層水分量は、皮表水分量測定機 (Corneometer-CM825; COURAGE-KHAZAKA 社製, Germany) を用いて、測定肢の前腕部内側の肘窩から長軸方向の 2 cm × 8 cm 範囲内を、一時点の測定につき 5 回測定し、その平均値をデータとした。水分蒸散量は、開放式水分蒸散量測定機 (Tewameter-TM300; COURAGE-KHAZAKA 社製, Germany) にて、測定肢の前腕内側肘窩より約 20cm の末梢側に感知部を固定して測定した。皮表温は、熱流補償式体温計 (コアテンプ CTM205; TERUMO 社製, Japan) を用いて、測定肢の前腕内側肘窩と手関節を結ぶ中間地点を測定した。また、本実験では、同機器を用いて、核心温に近いデータが得られるよう、大動脈弓の直上に位置する左前胸部の第一肋間胸骨左縁に深部温測定用プローブを装着して皮膚深部温も測定した。さらに手浴肢（非測定側）に自動血圧計を装着し、血圧を測定した。いずれも、基準値および手浴中 10 分と手浴終了後 60 分の計 70 分間を 5 分間隔で経時的に測定した。

皮膚血流量 (接触式) は、接触式レーザー血流計 (オメガフロー FLO-C1; OMEGAWAVE, Japan) を用いて測定した。本機器は、微かな振動でも繊細にとらえることから、体位の固定を厳密にし、プローブ貼用皮膚への接触による振動刺激を避けるため、プローブヘッドを直接皮膚に圧して測定する角層水分量との同時測定は行わず、同一条件で、10 名中 2 名を除いた 8 名に、時期を変えて本項目のみ単独で測定した。測定部位は、角層水分量測定と同一個所である前腕内側の肘窩と手関節を結ぶ中間地点とした。ただし、この対照群は、測定開始 30 分以降より上肢固定によるしびれ等の苦痛を訴え、体動も多く見られたため、40 分経過時点以降のデータは使用しないものとした。基準値と手浴中～手浴終了後 30 分間を連続測定した。

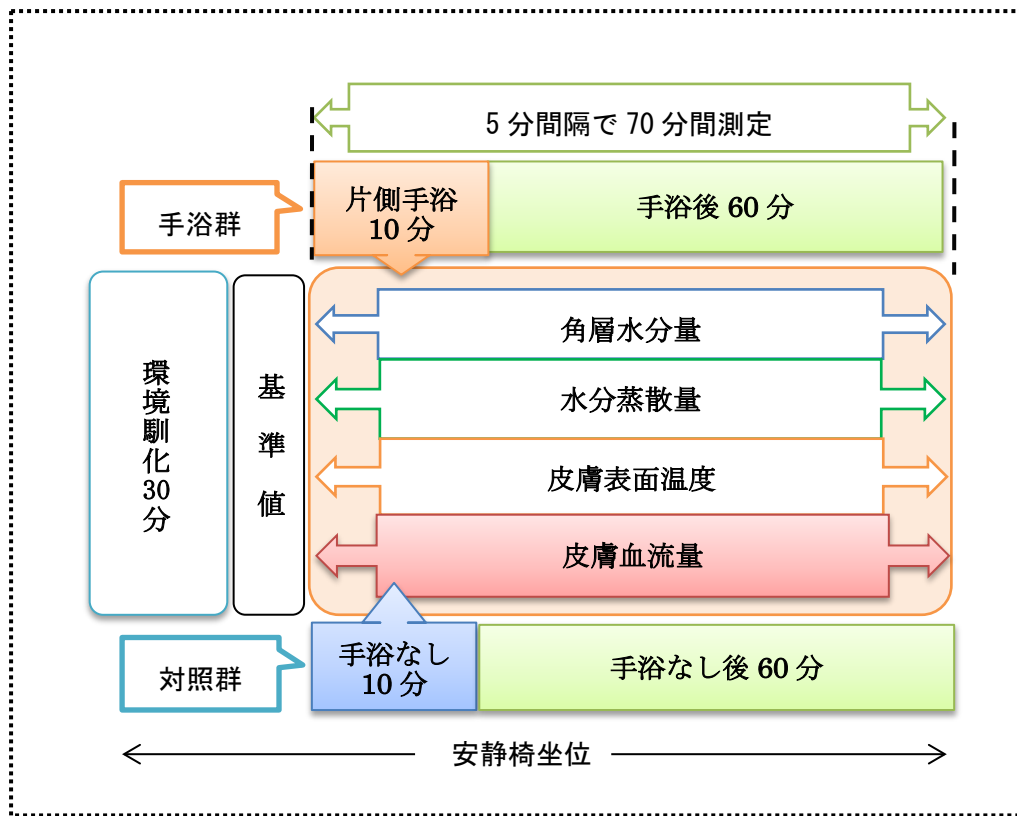


図 15 研究Ⅱ-2 実験のプロトコール

(5) 分析方法

分析は、各項目とも、30 分間の環境馴化後の手浴開始直前の値を基準値 (before) とし、手浴中～手浴終了後の 5 分毎 70 分間の経時データを Mean±SE で示した。なお、対照群として、同一被験者に 10 分間の手浴は行わず計測のみを実施した。計測方法・分析方法は、すべて手浴群と同様とした。

まず、皮表温・水分蒸散量・角層水分量については、群間の基準値に差がないことを確かめる意味で対応のある t 検定を実施した。手浴の温熱刺激の有無が皮膚生理機能評価項目の変動に影響を及ぼすかどうかについて、二元配置分散分析 (対応のある因子と対応のある因子) を実施した。さらに、基準値を対照とした各経過時点の測定値との差は、Bonferroni の多重比較で確認した。また、対応する各経過時点の両群間の平均値の差については、対応のある t 検定を実施した。なお、水分蒸散量・角層水分量については、基準値を 100% とした変化率 (測定値/基準値×100) を算出し、実測値と同様の方法で、Bonferroni の多重比較と対応のある t 検定を用いて分析した。

また、正規性・等分散性の認められなかった皮膚血流量は、基準値の比較には Wilcoxon

signed-rank test を用いた。手浴の温熱刺激の有無が皮膚血流の変化に影響を及ぼすかどうかについては、Friedman test を実施した。また、基準値を対照とした各経過時点との差を、Wilcoxon signed-rank test を用いて確認した。さらに、水分蒸散量等と同様に変化率を求め、実測値と同様の方法で、Wilcoxon signed-rank test を用いて両群間の基準値の比較、対応する経過時点の比較を行った。

なお、皮膚深部温および血圧についても、基準値を対照とした各経過時点との差を Bonferroni の方法で多重比較し、対応する経過時点の両群間の差については、対応のある t 検定を実施した。

有意水準はいずれも $p < 0.05$ とした。なお、統計ソフトは SPSS Statistics ver19 を使用した。

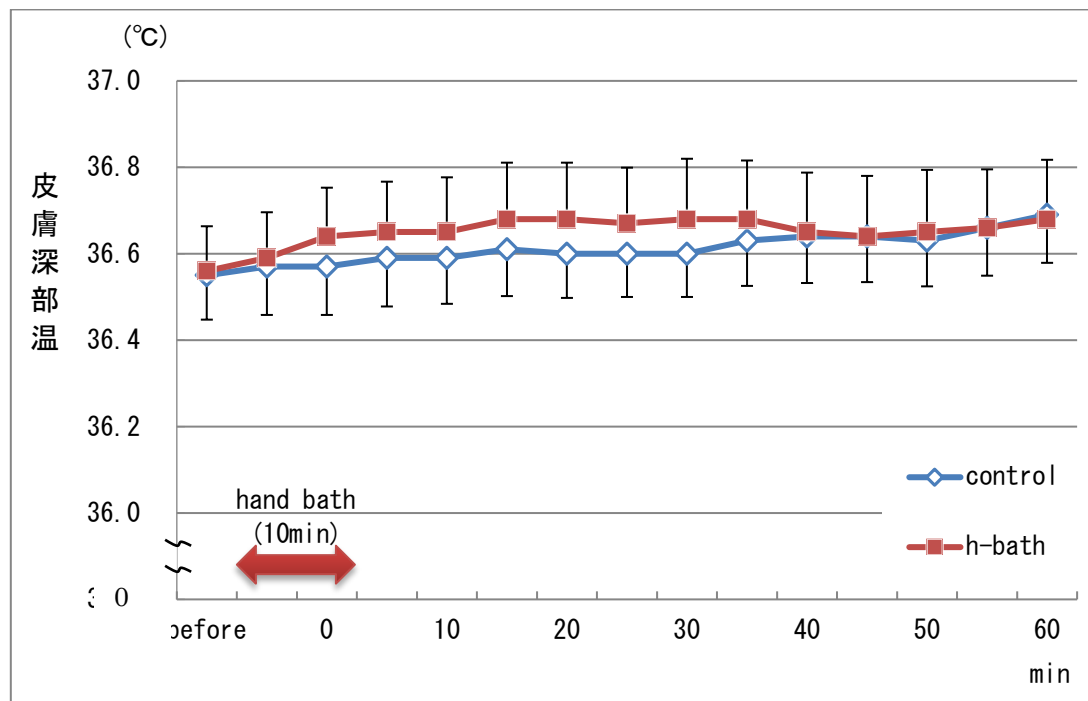
(6) 倫理的配慮

対象者に研究の意義・目的・方法、参加の自由と利益・不利益、個人情報保護、結果の公表について文書と口頭で説明し、文書で同意を得た。また実験開始前に血圧・脈拍・体温測定により健康状態を確認し、実験中は熱感および冷感等の不快の有無に留意した。なお、本研究は、愛媛県立医療技術大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

1) 結果

(1) 皮膚深部温度

手浴群と対照群の皮膚深部温の変化を図 16 に示した。



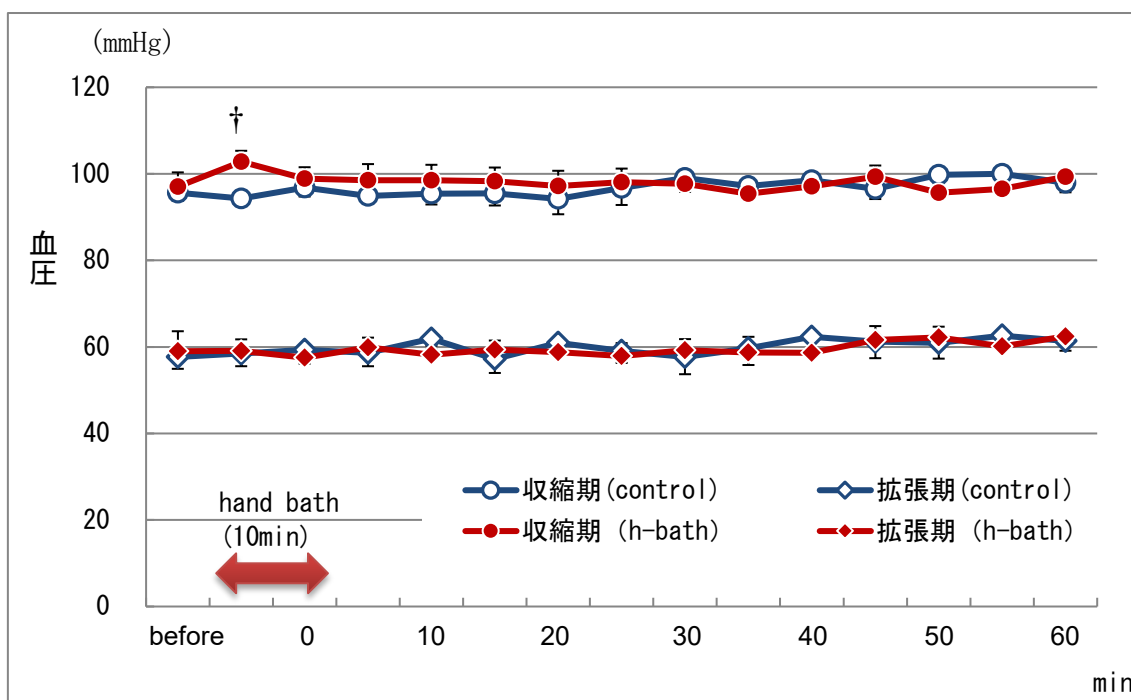
Mean±SE, n=10, Bonferroni (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 16 皮膚深部温の変化

皮膚深部温の before(以下、基準値)は、対照群 36.6±0.1℃、手浴群 36.6±0.1℃であり、両群の差はみられなかった。対照群は、最高で 36.7±0.1℃と 0.1℃の上昇、手浴群も、最高で 36.7±0.1℃と 0.1℃の上昇のみであった。手浴群・対照群とも基準値と各経過時点との有意な差は認められなかった。また、手浴開始後 10 分から手浴終了後 30 分までの区間で、手浴群は対照群よりも 0.1℃程度の高値であったが、両群間の対応する経過時点での有意な差は認められなかった。

(2) 血圧

手浴群と対照群の血圧の変化を図 17 に示した。



Mean ± SE, n=10, Bonferroni (vs before) * : p<0.05 *_{*} : p<0.01
 Paired t-test (control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

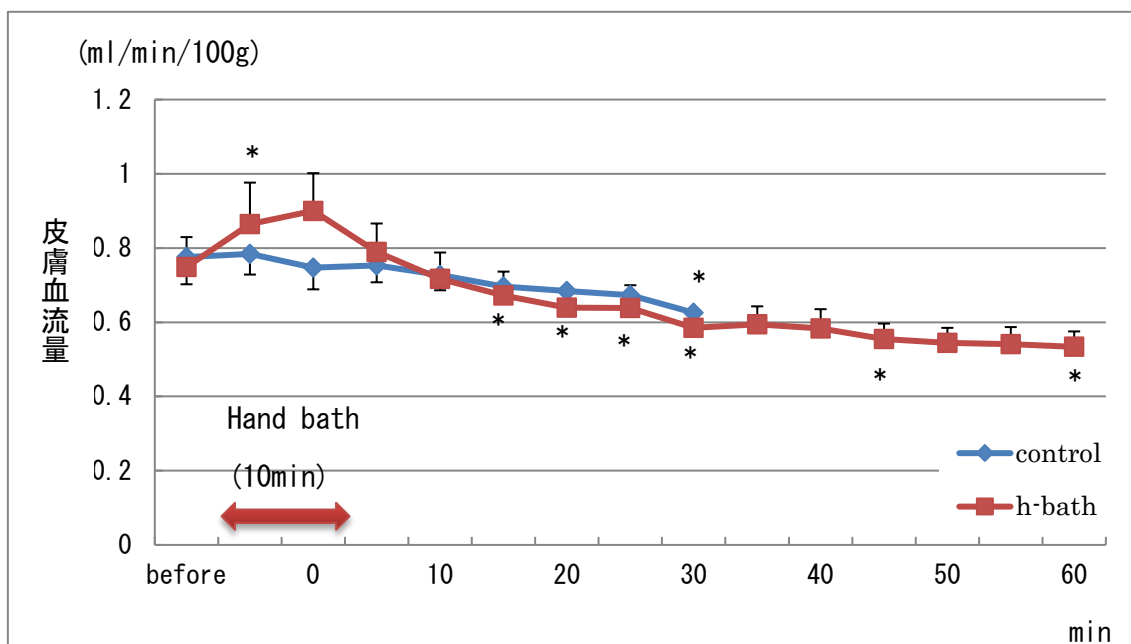
図 17 血圧の変化

血圧の基準値は、対照群で収縮期血圧 95 ± 1.9mmHg ・ 拡張期血圧 56 ± 2.7mmHg、手浴群は 97 ± 2.4mmHg ・ 拡張期血圧 59 ± 2.7mmHg を示し、両群の差は認められなかった。

また、両群は、収縮期血圧・拡張期血圧ともに基準値と各経過時点の差を認めなかった。両群間の対応する経過時点での差は、手浴開始から 5 分経過時の収縮期血圧において、手浴群は 103 ± 2.6mmHg と、対照群の 94 ± 1.5 mmHg に比べて有意に高値 (p=0.014) を示したが、それ以降は両群間に差を認めなかった。拡張期血圧においては、両群ともほぼ同様の経過をたどり、両群間に有意な差を認めなかった。

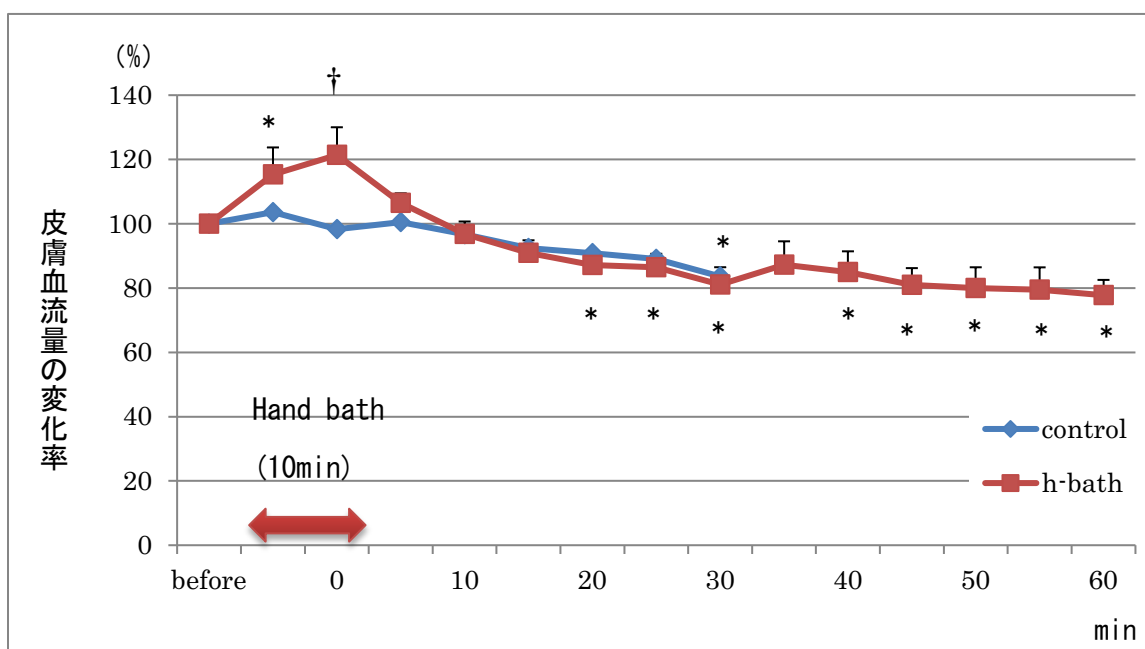
(3) 皮膚血流量

手浴群と対照群の皮膚血流量の変化を図 18-1・18-2 に示した。



Mean±SE, n=8 Wilcoxon signed-rank test (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Wilcoxon signed-rank test (control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 18-1 皮膚血流量の変化



Mean±SE(%), n=8 Wilcoxon signed-rank test (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Wilcoxon signed-rank test (control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 18-2 皮膚血流量の変化率の推移

皮膚血流量における手浴群と対照群の基準値の差は認められなかった。手浴群は 10 分間の手浴中に 20%の増加を認めたが、手浴終了後 10 分で基準値に戻り、以後漸減して、手浴終了後 30 分で基準値の 80%まで減少した。対照群も、同様に約 80%まで減少した。

手浴の温熱刺激が、皮膚血流量に影響を及ぼすかどうかを Friedman test で分析した結果、手浴群は、有意に変化することが示された ($p < 0.001$)。また、変動パターンは異なるが、手浴なしの対照群も有意な変化を示した ($p = 0.002$)。

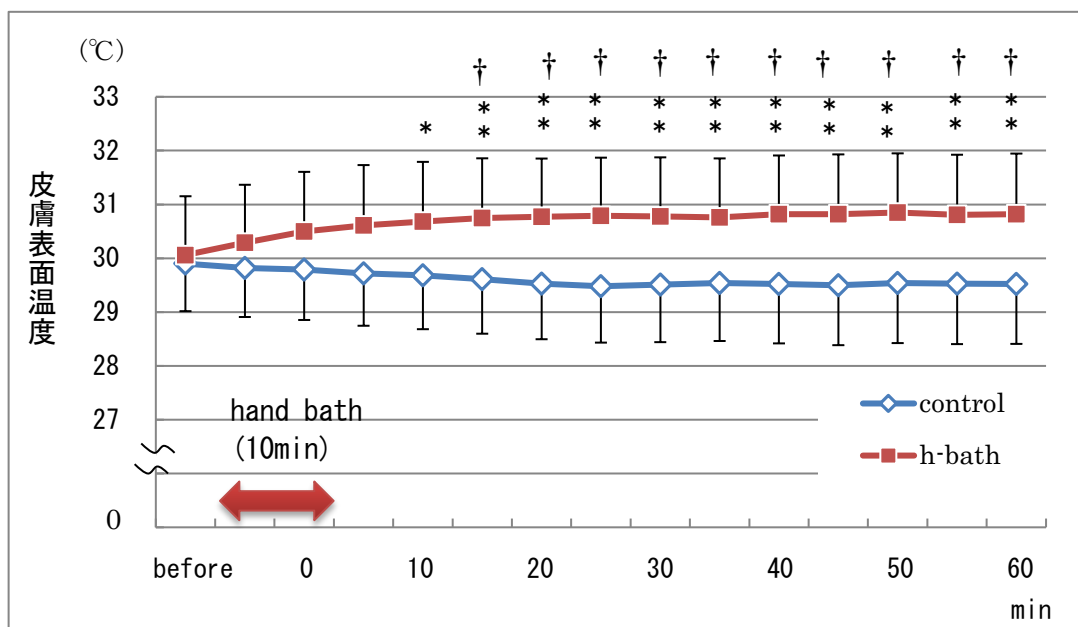
基準値と経過時間との比較では、手浴群は、手浴開始後 5 分で有意な増加 ($p = 0.017$) を示した。ただし、手浴終了後 15 分～30 分 ($p < 0.05$)、手浴終了後 45 分 ($p = 0.028$)・60 分 ($p = 0.018$) で有意に減少した。対照群も、手浴終了後 30 分時点（測定開始後 40 分）で有意な減少 ($p = 0.012$) を認めた。対応する経過時点における両群間の差は、いずれの時点においても認められなかった。

皮膚血流量の基準値を 100%とした変化率の推移において、手浴群は、手浴開始後 5 分で有意に増加 ($p = 0.017$) し、手浴終了後 20 分～手浴終了後 60 分（手浴終了後 35 分を除く）では有意に減少 ($p < 0.05$) した。対照群も、手浴終了後 30 分時点（測定開始後 40 分）で有意な減少 ($p = 0.012$) を認めた。

両群間の変動率の差を確認したところ、手浴開始後 10 分時点で手浴群のほうが上昇する割合が有意に高い ($p = 0.025$) ことを確認した。

(4) 皮膚表面温度

手浴群と対照群の皮膚表面温度の変化を図 19 に示した。



Mean±SE, n=10, Bonferroni (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 19 皮膚表面温度の変化

皮表温における手浴群と対照群における基準値の差は認められなかった。

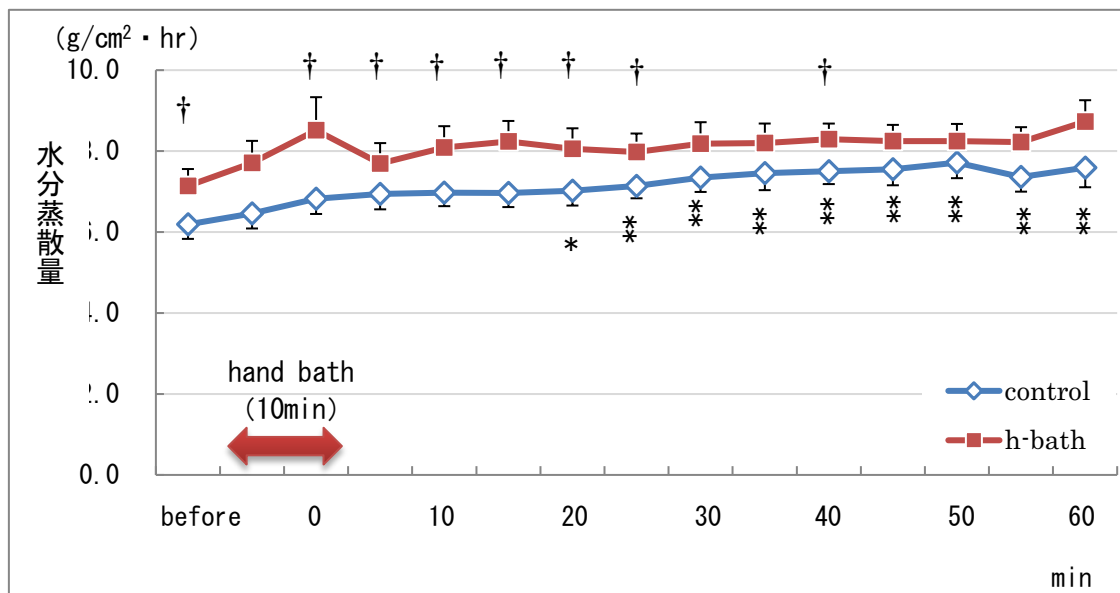
二元配置分散分析 (対応のある因子と対応のある因子) で、手浴の有無と時間に交互作用が認められ (p<0.001)、皮表温の変動パターンは手浴の有無によって明らかに異なっていることが認められた。

対照群は、基準値 29.9±0.9℃と比べて 2%程度の低下傾向にあったが、手浴群は基準値 30.1±1.2℃と比べて、手浴終了後 10 分から有意な上昇 (p=0.023) を示し、手浴終了後 15 分で 30.8±1.2℃と 2.3%の有意な上昇 (p=0.005) となり、以後、手浴終了後 60 分まで一定レベルで有意に高値 (p<0.01) を維持した。

また、両群間の対応する経過時点の比較において、手浴終了後 15 分から手浴群のほうが高値を示し (p=0.032)、以後、手浴終了後 60 分まで手浴群は対照群と比べて有意に高値 (p<0.05) であることを認めた。

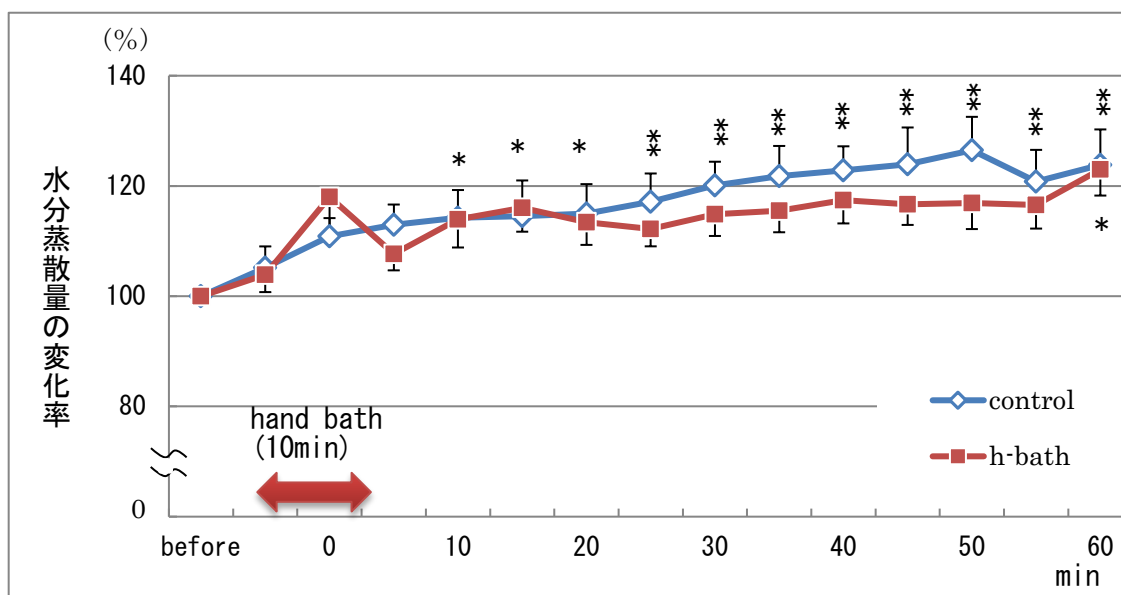
(5) 水分蒸散量

手浴群と対照群の水分蒸散量の変化を図 20-1・20-2 に示した。



Mean±SE, n=10 , Bonferroni (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 20-1 水分蒸散量の変化



Mean±SE (%), n=10 , Bonferroni (vs before) * : p<0.05 * : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 20-2 水分蒸散量の変化率の推移

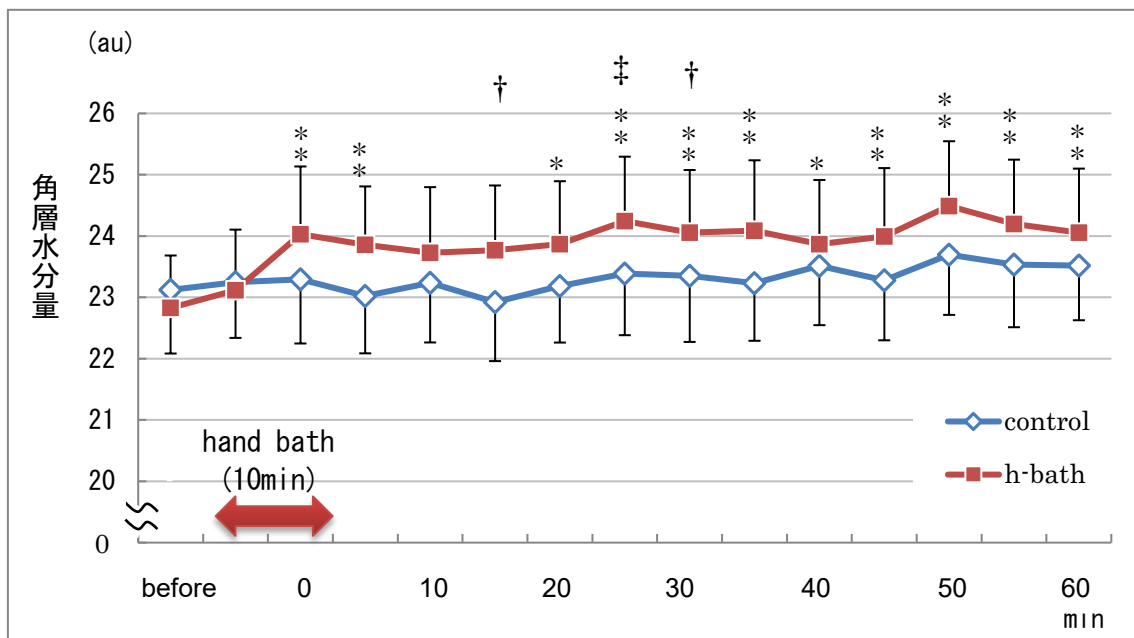
水分蒸散量は、手浴群と対照群の基準値に、測定開始時点ですでに有意差が生じており、手浴群が有意に高値であった ($p=0.012$)。しかし、二元配置分散分析 (対応のある因子と対応のある因子) で、両群間の変化のパターンには差を認めず ($p=0.362$)、ほぼ同様の動きを示していた。そこで次に基準値を 100%とした変化率で、その推移を確認したところ、やはり同様のパターンを示すことを確認できた。

実測値を用いた基準値と各経過時点との比較では、手浴群では有意な差を認めなかったが、対照群では、手浴終了後 20 分時点 (測定開始後 30 分) から測定終了時まで有意な増加 ($p<0.05\sim 0.001$) を認めた。また、経過時点の両群間の比較では、手浴開始後 10 分～手浴終了後 25 分 ($p<0.05$)、手浴終了後 40 分 ($p=0.045$) で、手浴群のほうが対照群より有意に高値を認めた。

基準値と各経過時点における変化率の比較では、手浴群が手浴終了後 60 分で有意に増加 ($p=0.024$) した。対照群は、手浴終了後 10 分 (測定開始 20 分) より有意な増加を認め、以後測定終了時まで有意に増加 ($p<0.05\sim 0.001$) した。しかし、対応する経過時点での変化率の比較では、両群間に有意な差を認めなかった。

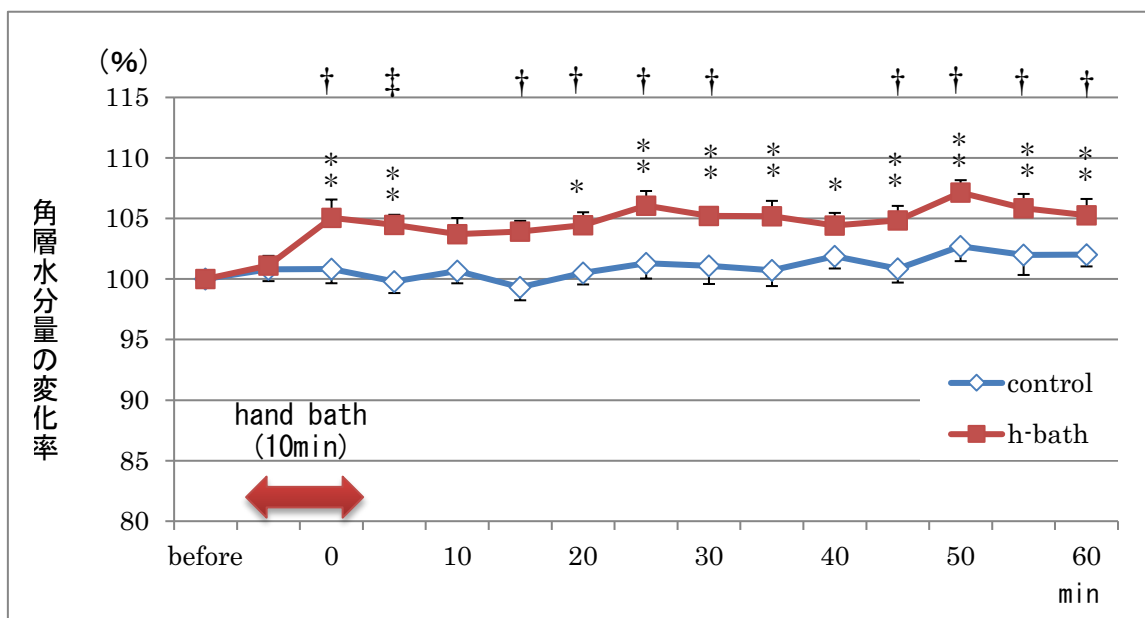
(6) 角層水分量

手浴群と対照群の角層水分量の変化を図 21-1・21-2 に示した。



Mean±SE, n=10 , Bonferroni (vs before) * : p<0.05 ** : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 21-1 角層水分量の変化



Mean±SE (%), n=10 , Bonferroni (vs before) * : p<0.05 ** : p<0.01
 Paired t-test(control vs h-bath) † : p<0.05 ‡ : p<0.01

図 21-2 角層水分量の変化率の推移

角層水分量では、手浴群と対照群との間に基準値の差を認めなかった。

二元配置分散分析（対応のある因子と対応のある因子）の結果からは、手浴の有無と時間に交互作用を認め（ $p=0.026$ ）、角層水分量の変化パターンが、手浴の有無によって異なることを確認できた。

実測値の推移は、対照群では、60分経過時点でわずかに基準値よりも増加する傾向がみられたが、変動率は2%以内にとどまり、有意な増加は認めなかった。一方、手浴群では、基準値 22.8 ± 1.0 au に比較して、手浴開始後10分では 24.0 ± 1.3 au と、約5%の有意な増加（ $p < 0.001$ ）を認め、以後、手浴終了後10分・15分を除いて手浴終了後60分まで高値を維持し、有意に増加（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）していた。経過時点における両群間の比較では、手浴終了後15分（ $p=0.035$ ）・25分（ $p=0.005$ ）・30分（ $p=0.033$ ）で手浴群が対照群よりも有意に高値であった。

基準値を100%とした変化率の推移は、手浴群では、手浴開始後10分から有意に増加し（ $p=0.001$ ）、手浴終了後60分（手浴終了後10分・15分を除く）までの区間で有意な増加（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）を認めた。対照群では、基準値と比較して、有意な増加は認めなかった。経過時点における両群間の変化率の比較では、手浴開始後10分から手浴終了後60分（手浴終了後10分・35分・40分を除く）まで手浴群の増加率が有意に高い（ $p < 0.05 \sim 0.01$ ）ことを認めた。

4. 考察

本研究は、片側手浴の温熱刺激で皮膚交感神経活動が減少して全身の皮膚血管が拡張するため、対側前腕の皮膚血管も拡張する。これにより、①対側前腕皮膚細動脈が拡張し、②毛細血管への血流量増加をきたし、③毛細血管からの水分濾過量が増加し、角質細胞間および汗腺へ水分供給が行われ、④蒸散と微量の発汗が生じ、汗の浸潤と、蒸散に比べ濾過量が多い状態となり角層水分量が増加する、という機序が推測された。

そこで本研究では、この作業仮説を確認するため、皮膚乾燥が問題となる冬季に、同一被験者に対し、片側手浴による温熱刺激を行なう場合（手浴群）と、行わない場合（対照群）の皮膚深部温・血圧・角層水分量・水分蒸散量・皮表温・皮膚血流量を測定した。

本項では、片側手浴の温熱刺激が全身にどのような影響を及ぼしたのかを皮膚深部温と血圧の変動から解釈し、次に、対側前腕皮膚にどのような影響を及ぼしたのかを、皮膚生理機能評価項目の測定結果をもとに、作業仮説に沿って考察する。

1) 片側手浴の温熱刺激が全身に及ぼす影響について

(1) 皮膚深部温の変動から

上肢など四肢末梢の皮膚深部温（皮下 10mm）は、皮表温に近い変化を示す（入來、2005）とされている。筆者の先行研究でも対側前腕の皮膚深部温が上昇したが、本研究の皮膚深部温は、手浴群・対照群ともに変化しなかった。このことは、核心温に近い胸部で測定したことが影響しているものと考えられる。ヒトの核心温は一定の狭い温度域に維持されているが、病的状態や温度負荷が強すぎる場合には異常な変動を示すことがある（入來、2005）。しかし、本研究の 42°C の温湯を用いた 10 分間の片側手浴の温熱刺激は、核心温に影響を及ぼすほどの温度負荷ではなかったために、胸部での皮膚深部温にも変動がなかったと推察される。また、少なくとも手浴を行わなかった対側上肢の皮膚深層の 10mm の部位では、血流の変化が生じていることが推測できる。

(2) 血圧の変動から

血圧は、手浴群の収縮期血圧が、手浴中の 5 分経過時点で対照群に比べて有意な上昇を示した。これは、42°C の湯の温熱刺激による皮膚交感神経興奮が生じ、皮膚血管収縮が起こった結果上昇した（興水ら、1996）ものと推察される。なお、血圧値自体は正常範囲内であり、それ以降は安定した状態を維持した。また、それ以後の両群間の有意な差は認められなかったことから、本研究で対象とした被験者への、温熱刺激による循環系への負荷は軽微であり、全身の循環動態に影響を与えるものではなかったといえる。ただし、高血

圧症者への適応時には留意することの必要性も示唆された。

以上のことから、本研究の 42℃・10 分間の片側手浴による温熱刺激の影響は、深部体温や循環動態の変化といった身体のコア部への影響をもたらすものではないことを確認できたと言える。

2) 片側手浴の温熱刺激が、対側前腕に及ぼす影響

(1) 片側手浴の温熱刺激は、対側前腕の皮膚血管を拡張させたか

対側前腕の皮膚血管の拡張が生じたかどうかについて、皮膚血流量と皮表温という 2 つの皮膚生理機能評価項目の変動結果をもとに解釈する。

①対側前腕の皮膚血流量への影響

手浴群の対側前腕の皮膚血流量は、手浴中、基準値より約 20%増加し、実測値および変化率において手浴開始後 5 分で基準値に比し有意に増加することを確認した。対照群との変化率の比較で、手浴開始後 10 分で有意に高い上昇率を示した。このことから、42℃・10 分の片側手浴は、温熱刺激中においては対側前腕の皮膚血流量増加をもたらしていることを確認した。ただし、手浴終了後 10 分以内には基準値に戻るといふ、即自的な反応パターンをたどることも示された。

このような部分浴が皮膚血流に及ぼす影響を調べた研究（金子ら、2009）では、40℃の湯で 15 分間の仰臥位足浴を行った場合、足部の血流は、足浴前と比べて足浴後 30 分間増加していたが、足部から離れた部位である胸部血流は、足浴中のみの増加にとどまっていた。これは、対側の血流を測っている本研究と類似する結果といえる。

蒸しタオルを使用した背部温罨法に関する研究（吉川ら、2002）では、70℃の湯で絞ったバスタオルを背部に 20 分間貼用し、皮膚血流量の変化を背部と手掌で計測した結果、温めた背部自体は血流量が増加し、罨法除去後 20 分で罨法実施前の状態に戻っている。しかし手掌は一時的な増加を示したのみであり、罨法除去後 10 分で罨法実施前の状態に戻り、さらに有意に減少した。この研究も、本研究結果と一致していた。

つまり、手浴・足浴や罨法などの部分的な温熱刺激は、温めた局所の血流を増加させるが、対側や一定の離れた部位の皮膚血流には、温熱刺激中に限定して増加する傾向にあると解釈された。

以上のことから、42℃・10 分の片側手浴の温熱刺激は、対側前腕の皮膚血流量を増加させるが、この温熱刺激中に限定された 10 分間の皮膚血流量の増加が、皮下毛細血管からの水分濾過を引き起こし、角層水分量が増加する状態をもたらしたことが解釈できる。ただ

し、手浴終了後の皮膚血流と角層水分量増加の関連付けに関しては、今回の研究では確認できず、今後の検討課題であると言える。

なお、手浴群・対照群とも、安静椅坐位での測定であったためか、温熱刺激を加えない状態にあつては、皮膚血流量は基準値以下に減少することが認められた。これは、長時間にわたる体動制限などのストレス状態による交感神経緊張の結果、皮膚血管が収縮した(彼末、2009)、あるいは体熱放散の抑制、または代謝量の低下などの要因も考えられた。

(2) 皮表温への影響

対側前腕の皮膚血管の拡張を示す2つ目の指標としての皮表温は、手浴群で、手浴終了後15分には基準値と比べて約2%増加し、以後、手浴終了後60分まで有意に高値を維持した。また、対照群と比較しても、手浴終了後15分～手浴終了後60分まで、有意に高値を示した。対照群の皮表温は下降傾向にあつた。すなわち、42℃・10分間の片側手浴による温熱刺激で、対側前腕の皮表温が手浴終了後60分間上昇することが明らかとなった。

これに関連して、手部を40±1℃の湯に10分浸漬した場合の他部位の皮表温を調べ、前額・胸腹部・上肢・足背に有意な上昇を認めた報告(池野ら、2005)があるが、これは両手を浸漬させた場合の結果である。また、本研究と同様に、片側の手部のみを39℃の湯で手浴をした場合、対側の拇指球部の皮表温が有意に上昇したという既存研究(岡田(淳)ら、2003)もある。その報告も、手浴をした手部皮膚をタオルで被覆した群の上昇であり、手浴終了後無被覆の場合は、皮表温は有意に上昇せず、手浴終了後は低下傾向にあつた。この両研究と本研究の違いの一因は、手浴時の湯の温度の影響が考えられる。これまでの筆者らの検証により、41℃の温湯による手浴では皮表温への影響が低いことを確認した。また、43℃の温湯では、不必要に水分蒸散を高めて角層水分量の減少をまねいた(岡田ら、2006)。この中間温である42℃は、同温度で10分間の足浴が全身浴と同等な循環動態になるとの報告もあり(許ら、2003)、このような手浴においても同様の効果をもたらしたのではないかと推察された。

本研究での片側のみの手浴で、かつ手浴をした手を無被覆の状態、対側上肢の皮表温が上昇したという報告はない。ただし、手浴以外の温熱刺激による皮表温や血流量に関する研究では、室温25～26℃、湿度55～62%の環境で、膝関節から10cm以下の足部の50分間の片足足浴により、対側の下肢の皮表温・皮膚深部温が、足浴開始10分後から終了後20分経過時まで有意に上昇し、皮膚血流量は、足浴開始後40分経過時点で有意に増加したとの報告(大島ら、2009)がある。また、距離10cm、出力80Wの極超短波を膝部に照射

したとき（室内環境および照射時間は記載されていない）、照射直後より 100 分にわたり非施行側の膝部の皮表温が上昇した報告（吉本ら、1979）もある。さらに、室温 25℃の環境で、ホットパックを用いた乾熱法による熱刺激を下腿部後面に 30 分間施行し、施行中に非施行側の下腿部後面の皮表温および皮膚深部温が上昇し、ホットパック除去後も 30 分間にわたり、高値を維持した（松澤ら、1986）ことも報告されている。

温熱刺激の種類や施行時間、実験環境が異なるものの、非温熱刺激側の皮表温や皮膚深部温が上昇する事実はある（松澤ら、1986）。この非温熱刺激側でみられる、皮表温・皮膚深部温、皮膚血流の上昇・増加の現象の機序については、実施側の皮膚温度受容器が温熱刺激を感知し、体温調節中枢に伝達された結果、血管収縮活動の抑制を介した皮膚血流量増加によって熱放散が助長され、その成果として、皮膚表面温度が上昇すると考察されている（岡田（淳）ら、2003）。また、この皮膚血管の拡張に加えて、AVA の開大によって皮膚血流量が大きく増加し、皮膚からの熱放散が亢進したのではないかと解釈もある（大島ら、2009）。さらに、皮膚からの求心性の刺激が脊髄に入り、血管平滑筋のアドレナリン作動性交感神経活性を減少させ、血管を拡張させる脊髄反射が起こる共感性反応が生じ、温めた部位以外の遠隔にもこの影響が及んだのではないかと（松澤ら、1986）とも考察されている。

これらを考慮すれば、本研究で確認した手浴による 42℃・10 分間の温熱刺激によって生じた対側前腕の皮表温の上昇機序は、次のように推測できる。

体温調節中枢は、脊髄、延髄、視床下部に存在し多重階層性統合により情報処理されていると考えられているが、この階層の最上位にあつて、最も微細な調整能力があり、かつ体温調節器官への出力が強力なのは視床下部である。環境温の温度上昇により、末梢皮下の温受容器の活動が上昇し、その情報が、視索前野から視床下部にある温・冷ニューロンに伝達されて応答し、このニューロンの活動の変化が末梢へ出力され、自律神経系を介して皮膚血管が拡張し、体表からの熱放散を促進して、体温を下げるための対暑反応を引き起こすとされている。また、環境温の上昇が血液温度を上昇させ、高温の血液が全身を循環し、同様に温ニューロンを刺激して、対暑反応を引き起こす（中島、2005）としている。この、皮表温度受容器への温熱刺激が体温調節中枢に伝達され、その応答として、効果器である末梢の皮膚血管へと作用したものと考えられる。また、皮膚血流は、局所の加温によっても著しく変化し、①血管平滑筋、アドレナリン受容体、神経終末などへの温度の直接作用や、②軸索反射などの局所の神経性反応、③中枢が関与した調節、などが関与する

とされている。たとえば、寒冷皮膚血管拡張反応などは、AVA の存在する手指に強い冷刺激を与えた場合、最初は血管が収縮するが、しばらくすると拡張して、指先などへの血流の遮断を防ぐためのメカニズムが働くが、その時に対側の皮表温も上下するという体温調節中枢が関与する反応がみられる（三枝、2005）と言われ、まさにこの中枢性の体温調節メカニズムが、今回の対側の皮表温上昇をもたらしたのではないかと推測できる。

なお、皮表温が一定時間高値を維持したことに関しては、一般に皮表温は皮膚血流を反映しているため（中山、1981；山蔭、2005）、それに同期して変化することが予測され、皮膚血流が平常化すれば、皮表温も速やかに下降すると考えられる。しかし、皮表温は手浴終了後 60 分間にわたり高値を維持した。これは、皮膚表面が断熱効果の大きい空気の層で覆われているため、一旦上昇した皮表温は一定時間維持され、皮膚血流ほどの即時的変動状態にはないためではないかと推察された。また、毛細血管から濾過された温度の高い水分が角質層に浸透して蒸散していく過程に一定の時間を要するために貯熱された状態となり、皮膚表面の温度維持に貢献しているのではないかと考えられるが、これは推論の域を出ない。

秋季の研究Ⅱ-1 と冬季の本研究では変動のパターンが異なっており、秋よりも冬のほうが、皮表温が上昇した状態を長時間維持する傾向にあった。これには、皮膚温度受容器により環境温を検出して、体温調節中枢に情報を伝え、体温が変化することを予め見越して効果器が作動する体温調節予測制御システムであるフィードフォワードの関与が考えられた。皮表温受容器は、温度変化に対して強い反応（動的活動）を示し、環境温度の絶対値よりも、むしろその変化を検出する特徴がある（彼末、2009）。そのため、42℃という、冬季としては比較的高めの湯を用いた手浴は、寒冷刺激にさらされている冬季の手部皮膚の温受容器を効果的に刺激し、秋季よりも温度変化を一層強く感じさせて、効果器としての皮膚血管の拡張を促すことに大きく関与するからではないかと推察された。また、同じ温熱刺激でも、その時の内部状態によって快にも不快にも感じられ、快適感は、高体温時の冷刺激や低体温時の温刺激のように、その刺激が内部の好ましくない状態（低体温／高体温）を小さくする場合に生じる（彼末、2009）。そのため、外気の寒冷刺激にさらされた冬の皮膚は、42℃程度のやや高めの湯に手を漬けることが、内部の好ましくない状態を小さくすることに貢献して快適感をもたらし、皮膚交感神経活動の減少により、皮膚血管の拡張が秋よりも一層助長されたのではないかと推察された。ただし、皮膚血流の変動は、秋季も冬季も差がないことから、この皮表温の上昇には、皮膚血流以外の要因の影響もあ

るのかもしれないが、推論の域を出ない。

対側前腕の皮膚血管拡張の2つ目の指標である皮表温は、角層水分量の動きと同調していたものの、皮膚血流量の動きとは異なっていた。皮膚血流量が減少しても皮表温は一定レベルで高値を維持したことは、皮表温が皮膚血管の拡張、つまり皮膚血流量増加の結果として血流量減少後も一定時間貯熱されていることを意味しているものと考えられた。つまり、皮表温は、即時的に変化する皮膚血流と同じ動きを示すわけではなく、皮膚血流量が増加したことの結果を示す指標であることが示唆された。

以上の皮膚血流量と皮表温に関する解釈から、片側手浴の温熱刺激は、短時間であっても対側前腕の皮膚血管を拡張させたといえる。その指標として、皮表温が手浴終了後60分間も一定の高値を維持したのではないかと考えられた。

2) 皮下から角層への水分移動の結果として、水分蒸散が生じ、角層水分量は増加したか

(1) 水分蒸散量への影響

水分蒸散量は、手浴群は、手浴中より急増し、手浴終了後60分まで20~30%程度の一定レベルの範囲で高値を維持した。ただし、対照群も増加していたことから、温熱刺激以外の実験室内の温湿度や季節的な環境要因の関与も考える必要がある。

これに関する不感蒸泄の季節変動を調べた研究では、夏に比べて冬は有意に不感蒸泄量が上昇した(馬詰ら、1994)という報告がある。また、異なる温湿度環境下で水分蒸散量を測定した研究では、相対湿度が同じであっても、絶対湿度が低いほど水分蒸散量が多く、絶対湿度と皮膚の吸水能や水分保持能といった保湿性との関連(林ら、2003)が指摘されている。すなわち、冬は外気温の低下により絶対湿度が低くなっているため、実験室内の温度や相対湿度のコントロールを行っていても、人工気候室での実験ではない場合に、室内湿度制御状況により、皮膚表面からの蒸散が助長されたとも推察される。このことは、今後の検討課題としたい。

以上の結果から、手浴群・対照群とも水分蒸散は生じたものの、手浴の温熱刺激による影響ではなく、他の要因が関連しているものと考えられた。また、角層水分量が増加しなかった対照群も水分蒸散量は増加していたことから、水分蒸散と角層水分の因果関係は、本研究の結果からは解釈できなかった。

(2) 角層水分量への影響

角層水分量は、対照群は増加しないのに対し、手浴群では、手浴開始後 10 分で基準値の約 5 % の増加で有意となり、以後、手浴終了後 60 分にわたり有意に増加し、一定レベルを保持した。また、角層水分量の変化率の推移においても、手浴群は手浴開始後 10 分より対照群に比べ有意に上昇割合が高く、手浴終了後 60 分まではほぼ同様の差を維持した。すなわち、片側手部を 42℃ の温水に 10 分間浸漬させる温熱刺激は、手浴開始後 10 分で角層水分量を増加させ、手浴終了後 60 分経過時点においても、高値を維持することを確認した。

この温熱刺激による角層水分への影響に関する先行研究では、サウナによる高温曝露時の変化についての報告 (Kowatzki ら、2008) がなされている。そこで示されている温熱刺激による角層水分量は、水分蒸散量の経時的変化と同様で、サウナ後 5 分で最大となり、15 分以降には元の状態に戻り、その増加は短時間にとどまっていた。この研究は、サウナの高温かつ乾燥空気に曝露された極端な環境下でのものであり、本研究のような、室温・湿度が一定範囲内にコントロールされた中での、42℃ という適温の湯を用いた手浴による方法とは、測定環境や与える熱刺激の程度が大きく異なっていることから、結果に違いが生じたものと考えられる。

また、湯に直接浸漬した皮膚の角層水分量を観察した報告として、高齢者を対象に入浴後の皮脂量と水分量の回復過程を測定した研究 (中野、2009)、部分浴および入浴後の浸漬した皮脂量・水分量を測定した研究 (佐伯ら、2006 ; 橋本ら、2003)、アルカリ塩類浴による皮膚柔軟性や皮膚角質水分量に関する研究 (渡邊ら、1994) がある。入浴後、一時的な角層水分量の増加を認めたが、10 分後には入浴前の状態に戻ったこと (佐伯ら、2006)、および入浴直後の一時的な増加の後、60 分後には有意に減少し、元の状態に回復するまでに 2 時間を要したこと (橋本ら、2003) など、温熱刺激による角層水分量の持続的な増加の報告はない。ただし、入浴後 5 分後に保湿クリームを使用すれば、60 分経過時点まで保湿効果は維持されることが示されている (佐伯ら、2006)。これは、本研究と同じく湯を用いた方法であるが、直接湯につけた皮膚表面は、保湿にとって必要な皮脂や角質細胞間脂質が減少し、その結果、角層水分も減少して皮膚の乾燥をまねくため、保湿クリームを使用することにより角層水分が保持できることを示している。これは、皮表脂質をエーテルで除去すると角層水分量が減少するという報告 (吉国、1984) からも、当然の結果といえる。またアルカリ塩類浴の研究では、入浴後 5 分後の角層水分量が、淡水浴よりも有意に高値を示した (渡邊ら、1994) ことが報告されているが、それ以後の水分量の増減には触

れておらず、また、身体外部からの水分の吸水による角層水分の増加を示したものであり、本研究とは着目している水分供給源が異なる。加えて、本研究が追究対象としている片側手浴による温熱刺激は、湯への浸漬は手部のみに限局しているため、手部以外の皮脂・角質細胞間脂質などの保湿成分が維持された状態であること、薬剤を使用していないこと、さらには、身体外部からの吸水を加えておらず、身体内部からの影響のみの反応であることが、これらの研究と大きく異なる点といえる。

以上のことから、42°C・10 分間の片側手浴による温熱刺激は、対側前腕の角層水分量を増加させることが検証された。これには、体温調節機構の発動による全身性の皮膚血管の拡張が関与している可能性が解釈された。また、負荷する温熱刺激の種類や時間、室内環境、および皮表脂質や角質細胞間脂質など保湿成分の関与も示唆された。

3) 皮膚乾燥改善のための看護方法開発に向けた課題

本研究では、角層水分量増加の機序について、推論の域を出ない部分もあったものの、今回の 42°C の温湯に代表されるような比較的高めの湯を用いた片側 10 分間の手浴による温熱刺激は、対側前腕の皮膚血管拡張による皮膚血流量の増加と皮表温の上昇、そして角層水分量の増加をもたらす、との事実を得た。

この事実から、皮膚乾燥改善のための看護方法開発に向けた課題を考察したい。

まず、本研究は、片側手浴の温熱刺激の皮膚への影響を確認する基礎的研究であり、皮膚保湿能の高い被験者から得られた成果であることから、今後は、皮膚乾燥が著しい対象者層での検証を進めていく必要がある。その際には、生理的変動の範疇であったが、手浴中の収縮期血圧への影響が確認されたことから、高齢者層への適用を考慮する場合は十分な観察のもとに行う必要がある。

今回、手浴をしない対側前腕の皮表脂質や角質細胞間脂質等の保湿成分を維持したことが保湿効果をもたらしたと解釈できたことから、手浴した手部の保湿も考慮するならば、温罨法のような湯を直接皮膚に接触させない温熱刺激の効果を、保湿成分変動の観察も含めて確認する必要性が示唆された。

さらには、身体内側から角層への水分移動が皮膚角層を保湿するという前提の研究であることから、脱水の危険性が考えられる対象者には、水分摂取方法を同時に検討することも必要となる。また、この身体内側からの水分移動による皮膚角層への保湿機序を、水分蒸散量の増加により確認しようと試みたが、水分蒸散量の増加が温熱刺激の影響であるか否かについて明確にできなかった。これには季節性の影響も考えられたため、実験条件を

さらに整備して確認していく必要がある。

また、高齢者や小児などで皮膚乾燥が著しい対象者で、体内から角層・体外への水分移動が起こることによる脱水などの危険性が考えられるような病状の場合には、体内への水分摂取方法についての検証が必要である。さらに、湿熱法のような手浴に匹敵する効果が期待できる温熱刺激を与える看護方法の検証も行うことで、臨床応用が進むと思われる。

終章

本研究は、冬季に問題となることが多い皮膚乾燥を改善する看護方法の開発に資するために、日常ケアにおいて簡単に行える手浴による温熱刺激に着目し、手浴がもたらす皮膚生理機能への影響を明らかにすることを目的とした。そこで初めに、角層水分量・水分蒸散量・皮膚表面温度を測定し、冬季の皮膚生理機能の特徴と角層水分量と各測定項目の関係について、夏季との比較により明らかにした（研究Ⅰ）。次いで、片側のみの手浴による温熱刺激が対側前腕部の皮膚角層に及ぼす影響を、暑熱および寒冷刺激などの気候条件の影響を受けにくい秋季（研究Ⅱ-1）と、皮膚乾燥が問題となる冬季（研究Ⅱ-2）において確認し、比較検証した。

冬季の皮膚の測定（研究Ⅰ）では、実験室内の温湿度を一定に制御した環境下における角層水分量および皮表温が、夏季に比べて減少・低下していたことを示した。すなわち、冬季の皮膚は乾燥状態にあり、外気温や湿度の影響を顕著に受けることを再確認した。

片側のみの手浴による温熱刺激が、皮膚生理機能に及ぼす影響を、秋季（研究Ⅱ-1）および冬季（研究Ⅱ-2）で得た測定値からは、第一には動静脈吻合が豊富に存在する片側手部への温熱刺激に伴う皮膚血流量の一時的な増加により、皮膚温度受容器を介して体温調節中枢が応答し、効果器としての対側前腕も含む全身性の皮膚血管の拡張反応が生じて皮膚血流が増加し、皮膚毛細血管からの水分濾過による皮膚表面へ水分移動をもたらして角層に水分供給が行われた結果、角層水分量が増加したものと推察された。

第二には、非手浴側である対側前腕皮膚においては、皮表脂質や角質細胞間脂質などの保湿因子を保持している状態であったこと、さらに温熱刺激終了後に皮膚血流が速やかに平常状態に戻ることで水分蒸散が一定レベルにとどまることにより、水分蒸散が亢進せず、一旦角層に供給された水分は貯蓄され、片側手浴終了後も対側前腕では水分が一定時間保持されるのではないかと解釈された。

以上のことから、42°Cの温湯に片側の手部を10分間浸漬する手浴がもたらした温熱刺激は、対側前腕の皮膚保湿効果を高めたことが確認できたと考えられる。また、秋季よりも冬季に行う手浴のほうが、保湿効果が高いことも確認された。

今後、手浴の保湿効果の臨床検証および実用化に向けては、今回の研究結果が、被験者の皮膚保湿能が高かったことや、手浴による測定値変動が、秋季よりも冬季のほうが大きいといった、個体差や季節差による影響を示していたことから、今後は皮膚乾燥が著しい

対象者層における季節性の影響も含めた確認や、脱水の危険性が考えられる病状の人への水分摂取方法を考慮した検討などが望まれる。

謝辞

本研究を行うにあたり、研究の趣旨をご理解いただき、快く協力してくださった全被験者の皆様、ならびに長年にわたり研究をサポートしてくださった愛媛県立医療技術大学臨床検査学科の昆和典教授に感謝の意を表します。

本論文の作成にあたり、研究計画の段階から、多大なご指導とご支援をいただきました広島大学大学院保健学研究科の宮腰由紀子教授に心より感謝申し上げます。

また、研究の遂行にあたり、専門的な立場から、貴重なご意見と丁寧なご指導をいただきました広島大学大学院保健学研究科の松川寛二教授に深謝いたします。

広島大学大学院保健学研究科の小林敏生教授、清水一教授には、本論文作成の初期段階から、多大なご支援と貴重なご意見をいただきましたことを心より感謝申し上げます。

広島大学大学院保健学研究科の片岡健教授、森山美知子教授には、本論文に対する貴重なご意見とご指導をいただきましたことを心より感謝申し上げます。

そして、ゼミにおいて適切なお助言とご協力をいただきました広島大学保健学研究科の高瀬美由紀准教授をはじめ、研究室の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 阿曾洋子, 井上智子, 氏家幸子: 基礎看護技術 7 版, 医学書院, 190-224, 2011.
- 新井香奈子, 石垣和子: 高齢者のドライスキンに対する保湿クリーム塗布効果の検討, 日本生理人類学会, 10(1), 76-77, 2005.
- Araki T, Toda Y, Matsushita K, et al.: Age differences in sweating during muscular exercise, Japanese journal of physical fitness and sports medicine, 28(3), 239-248, 1979.
- Coffman JD, Cohen AS: Total and capillary fingertip blood flow in Raynaud's phenomenon, The New England Journal of Medicine, 285(5), 259-263, 1971.
- Denda M, Sato J, Tsuchiya T, et al.: Low humidity stimulates epidermal DNA synthesis and amplifies the hyperproliferative response to barrier disruption: implication for seasonal exacerbation of inflammatory dermatoses, J Invest Dermatol, 111 (5), 873-878, 1998.
- Falk B, Bar-Or O, MacDougall JD: Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. Med Sci Sports Exerc, 24(6), 688-694, 1992.
- Elias PMDS. Friend: The permeability barrier in mammalian epidermis, J Cell Biol., 65 (1), 180-191, 1975.
- 深井喜代子: Q & A でよくわかる! 看護技術の根拠本, メヂカルフレンド社, 79-83, 2004.
- Fluhr J.W, Gloor M, Lazzerini S, et al.: Comparative study of five instruments measuring stratum corneum hydration (Corneometer CM 820 and CM 825, Skicon 200, Nova DPM 9003, DermaLab), Part II, In vivo, Skin Reserch and Technology, 5, 171-178, 1999.
- Frödin T, Molin L, Skogh M: Effects of single doses of UVA, UVB, and UVC on skin blood flow, water content, and barrier function measured by laser-Doppler flowmetry, optothermal infrared spectrometry, and evaporimetry, Photo-Dermatology, 5(4), 187-195, 1988.
- Grice K, Sattae H, Sharratt M, et al.: Skin temperature and transepidermal water loss, J Invest Dermatol, 57(2), 108-110, 1971.
- 技術情報協会: 皮膚の測定・評価マニュアル集, 75-95, 2003.
- 橋本みづほ, 佐伯由香: 皮膚の水分量・油分量・pHならびに清浄度からみた清拭の効果, 日

- 本看護技術学会誌, 2(1), 61-68, 2003.
- 林応州, 水谷章夫, 青木哲, 他:異なる湿度環境下における皮膚水分に関する基礎的研究,
日本建築学会大会学術講演梗概集, 441-442, 2003.
- Hattingh J:The influence of blood flow on transepidermal water loss, Acta
Dermato-Venereologica, 52(5), 365-370, 1972.
- 平田耕造:AVA血流量と熱放散システム, 平田耕造・井上芳光・近藤徳彦;体温-運動時の
体温調節システムとそれを修飾する要因-, (有)ナップ, 89-98, 2002.
- 廣門靖正, 永田勝太郎, 岡野寛, 他:線維筋痛症の温泉療法, 第54回日本心身医学会中
部地方会演題抄録, 地方会抄録, 心身医学, 46(7), 680, 2006.
- Hirata K, Nagasaka T, Hirashita M, et al.:Increase in evaporative and non-evaporative
heat loss from the forearm depends on venous return from the hand during exercise,
Mercer JB ed. thermal Physiology 1989, Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam,
155-159, 1989.
- 藤崎郁:フィジカルアセスメント完全ガイド, 学研, 87-89, 2001.
- 藤崎郁, 任和子:基礎看護技術II, 医学書院, 163-166, 2009.
- 細野恵子, 羽田真梨, 井垣 通人:膝関節痛のある高齢者への温罨法による疼痛緩和の効果,
名寄市立大学紀要, 5, 1-6, 2011.
- 細野恵子, 堀岡恒子, 久光雅美, 他:高齢者における蒸気温熱シートによる下腹部湿熱加
温の便秘改善効果, 臨床体温, 28(1), 8-13, 2010.
- 市村孝雄:足浴の生理的作用について-31例のケーススタディ, 山口県立大学大学院論集 7,
75-80, 2006.
- 池野千春, 長崎大輔, 山本志織, 他:手浴が全身の皮表温に及ぼす影響, 日本看護学会論
文集, 看護総合, 36, 91-93, 2005.
- 石川治, 宮地良樹:角層の生理学, 図解皮膚科学テキスト, 中外医学社, 37-40, 2003.
- 井上芳光:発育と老化による修飾作用, 平田耕造・井上芳光・近藤徳彦;体温-運動時の
体温調節システムとそれを修飾する要因-, (有)ナップ, 180-198, 2002.
- 井上芳光, 三木理絵, 浅見尚子, 他:思春期前児童・若年成人・高齢者の寒冷血管拡張反

- 応, 体力科学, 51, 291-298, 2002.
- 入來正躬: 体温の調節と調節中枢, 山蔭道明編: 体温のバイオロジー—体温はなぜ 37°C なのか—, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2-12, 2005.
- Jokinen E, Välimäki I, Antila K, et al.: Children in sauna— cardiovascular adjustment, Pediatrics, 86(2), 282-288, 1990.
- 香春知永, 齋藤やよい: 基礎看護技術, 看護過程の中で技術を理解する, 南江堂, 2009.
- 金子健太郎, 熊谷英樹, 緒方優, 他: 足浴が生体に及ぼす生理学的効果—循環動態・自律神経活動による評価—, 日本看護技術学会誌, 8(3), 35-41, 2009.
- 兼安 真弓, 森口寛: 細胞性免疫能とストレスホルモン分泌に対する湯田温泉の足湯入浴の影響, 体力科学, 55(5), 537, 2006.
- 鹿嶋進, 後藤田芳宏, 満井顕太郎: レーザー組織血流計による皮膚毛細血管床血流と細動脈血管床血流の分離観測法の研究, 医科器械学, 66(6), 307-313, 1996.
- 彼末一之: 体温調節中枢からみた自律分散型調節システム, 平田耕造・井上芳光・近藤徳彦; 体温—運動時の体温調節システムとそれを修飾する要因—, (有)ナップ, 6-16, 2002.
- 彼末一之: 体温とその調節, 小澤瀨司・福田康一郎編; 標準生理学 (第7版), 867-879, 医学書院, 2009.
- 川島眞, 林伸和, 乃木田俊辰, 他: アトピー性皮膚炎の寛解維持における保湿剤の有用性の検討, 日本皮膚科学会雑誌, 117(7), 139-1145, 2007.
- 近藤誓子, 定廣和香子, 大川美千代: わが国の看護技術に関する概説書の分析—生活行動を支援する看護技術に焦点を当てて—, 群馬県立県民健康科学大学紀要, 5, 73-88, 2010.
- Kikuchi K, Kobayashi H, Le Fur I, et al.: The winter season affects more severely the facial skin than forearm skin: Comparative biophysical studies conducted in the same Japanese females in late summer and winter, Exog Dermatol, 1, 32-38, 2002.
- 古賀哲也, 古江増隆, 西江温子: 精製ツバキ油配合クリーム安全性および有用性の検討, 西日皮膚, 65(6), 616-619, 2003.
- 古後晴基, 村田伸, 村田潤, 他: ホットパックの乾熱法と湿熱法の血ガイアが筋硬度に及ぼす効果, 理学療法科学, 25(4), 631-634, 2010.
- 興水ヒカル, 栃原裕, 大中忠勝: 湯温及び室温が入浴にともなう人体反応に及ぼす影響に関する実験的研究, 日本建築学会学術講演梗概集, 367-368, 1996.

- Kowatzki D, Macholdt C, Krull K, et al. : Effect of regular sauna on epidermal barrier function and stratum corneum water-holding capacity in vivo in humans: a controlled study, *Dermatology*, 217(2), 173-180, 2008.
- 菊地克子：角層水分を測る，田上八郎・宮地良樹・瀧川雅浩編；14. 機器を用いたスキンケアクリニック，10-14，文光堂，2002.
- 菊池克子：角層機能検査，*MB Derma*, 151, 202-207, 2009.
- 気象庁 HP：気象統計情報，過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view> (2011/12/25)
- 黒澤美枝子：自律神経系，小澤澗司，福田康一郎 編；標準生理学（第7版），400-404，医学書院，2009.
- Mathias CG, Wilson DM, Maibach HI : Transepidermal water loss as a function of skin surface temperature, *J Invest Dermatol.* 77(2), 219-20, 1981.
- 松本雅之，林照次，新井清一：角層剥離パターンによる角層評価(第2報)-季節変化と年代差について-，*香粧会誌*，24(1)，1-6，2000.
- 松澤正，小池勝明，須田勝，他：ホットパック療法における湿熱と乾熱の皮膚表面温、深部温、皮下血流量の比較，*理学療法学*，22，21，1995.
- 松澤正，目黒力，田子利法，他：ホットパック療法における治療時間の検討，*群馬パース大学紀要*，4，7-13，1986.
- 宮下輝美. 矢野理香：臨床における手浴の実態調査，*日本看護技術学会誌*，7 (2)，30-36，2008.
- 宮地良樹，長沼雅子：化粧品・外用薬研究者のための皮膚科学，6-10，72-76，122-124，文光堂，2005.
- 向江秀之：自律神経指標としての皮膚血流リズムの検討-計測部位と評価法および性差の検討-，*日本生理人類学会誌*，13(3)，137-146，2008.
- 中野雅子：高齢者の入浴後の皮膚油分・水分の回復プロセスと皮膚乾燥傾向に関する研究。*京都市立看護短期大学紀要*，34，75-81，2009.
- 中島敏博：発熱と解熱の絶妙なバランス，山蔭道明；体温のバイオロジー—体温はなぜ37℃なのか—，*メディカル・サイエンス・インターナショナル*，64-72，2005.
- 中山昭雄 編：温熱生理学，理工学社，123-143，1981.

- 中納美智保, 辻幸代, 松下直子, 他: 末梢の冷えを自覚している成人女性への後頸部の湿性温罨法の効果, 関西医療大学紀要, 4, 47-53, 2010.
- 新田紀枝, 阿曾洋子, 葉山有香, 他: がん化学療法による遷延性嘔気に対する足浴後マッサージの効果, がん看護, 13(1), 84-89, 2008.
- 大島千佳, 有田広美, 藤本悦子: 片足足浴による対側下肢への循環促進効果, 日本看護技術学会誌, 8(3), 65-73, 2009.
- 太田亮一, 福土審, 村中一文: 温泉療法後, 仕事に復帰できた慢性疼痛の1例, 心身医学, 34(5), 430-431, 1994.
- 多屋淑子, 佐野綾子, 成田千恵, 他: 足部の温熱圧力刺激が生体に与える影響(第2報), 日本女子大学大学院紀要, 家政学研究科・人間生活学研究科, 12, 173-180, 2006.
- 岡崎寿美子, 野々村典子: 基礎看護技術-臨地実習での学習展開, 医歯薬出版, 89-109, 1999.
- 岡田耕造: 健常人における表皮角質水分量の年内変化について, 日温泉気候物理医誌, 62, 49-50, 1998.
- 岡田淳子, 深井喜代子: 手浴が皮表温, 温度感覚および快適感に及ぼす影響, 川崎医療福祉学会誌, 13(2), 317-323, 2003.
- 岡田ルリ子, 徳永なみじ, 昆和典: 温浴がもたらす皮膚生理機能への影響-角層水分量・水分蒸散量の見地から-, 愛媛県立医療技術大学紀要, 3(1), 45-49, 2006.
- 岡田ルリ子, 徳永なみじ, 昆和典: 温浴による皮下血流量増加がもたらす角層水分量への影響, 日本看護学教育学会, 第16回学術集会講演集, 155, 2006.
- 岡田ルリ子, 徳永なみじ, 昆和典, 他: 手浴の温熱刺激がもたらす皮膚保湿効果-第1報-, 日本看護技術学会, 第7回学術集会講演抄録集, 65, 2008.
- 岡田ルリ子, 徳永なみじ, 相原ひろみ, 他: 部分温浴がもたらす皮膚保湿効果, 日本看護技術学会, 9(3), 45-49, 2010.
- オメガウェーブ社(株): 国産血流計メーカー オメガウェーブ 開発・製造・販売 研究者在籍 <http://www.omegawave.co.jp/flo-01.html>, (2011/5/7)
- Pinnagoda J, Tupker RA, Agner T: Guideines for transepidermal water loss measurement, Contact Dermatitis, 22, 164-178, 1990.

- 佐伯由香, 橋本みづほ, 深井喜代子: 湯使用後の手背部皮膚表面の変化ならびに保湿ケアの検討, 看護人間工学研究誌, 7, 23-28, 2006.
- 三枝岳志: 体温調節における皮膚の重要性, 山蔭道明; 体温のバイオロジー—体温はなぜ37°Cなのか—, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 29-39, 2005.
- 阪井美樹, 長井達夫, 永村一雄, 他: 温湿度が角層水分量に及ぼす影響, 大阪市立大学生活科学部紀要, 48, 1-6, 2000.
- 瀬戸宏明, 池田浩, 久岡英彦, 他: 変形性膝関節症に対する湿熱シートの効果について, Jpn J Rehabil Med, 44, 347-351, 2007.
- 志自岐康子, 習田明裕, 金壽子, 他: 基礎看護学—基礎看護技術, ナーシング・グラフィカ, メディカ出版, 206-230, 2007.
- Marrakchi S, Maibach HI: Biophysical parameters of skin: map of human face, regional, and age-related differences, Contact Dermatitis, 57(1), 28-34, 2007.
- ソフトケア社: レーザーフローグラフィ—LFG-1: http://www.info.pmda.go.jp/downfiles/md/PDF/390098_21500BZZ00699000_A_01_01.pdf (2011/5/7)
- 須貝哲郎: 皮膚の保湿—序論, 皮膚, 27(2), 272-275, 1985.
- 杉野佳江: 日常生活と看護技術—基礎看護学, 金原出版, 116-125, 380-389, 2003.
- 高橋元次: 皮膚計測工学の進歩と化粧品有用性評価への応用, FARAGRANCE JOURNAL, 1, 11-21, 1999.
- 高橋元次: 皮膚計測技術の進歩と物質の経皮吸収, Drug Delivery System, 22(4), 433-440, 2007.
- 高山直子: 高齢者への就寝前足浴が及ぼす生理的な影響に関する研究, 阿南工業高等専門学校研究紀要, 43, 24-31, 2007.
- 田上八郎: 皮膚のバリアとしての角層, 日本皮膚科学会雑誌, 108 (5), 713-727, 1998.
- 田上八郎: バリア機能を測る, 田上八郎・宮地良樹・瀧川雅浩; 皮膚科診療プラクティス—14. 機器を用いたスキニングクリニック, 文光堂, 2-5, 2002.
- 田上八郎: 角層と皮膚疾患 (後編)—角層の水分保持機能を中心として—, 日皮膚, 65(2), 2003.
- 田上八郎: アトピー性皮膚炎と皮膚のバリア機能, アレルギー, 54(5), 445-450, 2005.
- テルモ社(株): コアテンプ CTM205 の付属品, <http://www.info.pmda.go.jp/ygo/pack>

/16100BZZ00329000_B_01_01/ (2011/5/7)

徳留康子, 田上八郎: 皮膚の老化と角層の水分保持能, 日皮会誌, 96(5), 493-496, 1986.

徳永なみじ, 岡田ルリ子, 昆和典, 他: 手浴の温熱刺激がもたらす皮膚保湿効果-第2報-, 日本看護技術学会, 第7回学術集会講演抄録集, 66, 2008.

富松剛, 西山保弘, 中園貴志, 他: 冷水温の異なる交代浴および温浴の皮表温変化について, 理学療法学 34(2), 510, 2007.

戸川達男: 深部体温計-体表に装着するだけで核心温を測定-, 山蔭道明編; 体温のバイオロジー-体温はなぜ 37°Cなのか-, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 180-183, 2005.

植松俊彦, 野村隆英: シンプル薬理学, 南江堂, 39-63, 127-162, 1999.

馬詰良樹, 芳賀佐和子: 不感蒸泄量の季節変動, 体力科学, 43(6), 534, 1994.

Van Neste D, Mahmoud G, Masmoudi M: Experimental induction of rough dermatitic skin in humans, Contact Dermatitis, 16, 27-33, 1987.

氏家幸子, 阿曾洋子, 井上智子: 基礎看護技術 I, 医学書院, 326-343, 2010.

渡邊智, 永井克介, 川崎義巳: 浴用剤の皮膚への効果, FRAGRANCE JOURNAL, 2, 25-29, 1993.

渡邊智, 永井克介, 川崎義巳, 他: アルカリ塩類浴による皮膚柔軟性, 皮膚粘弾性及び皮膚角質水分量に関する研究, 日温気物医誌, 57(4), 272-277, 1994.

渡辺靖, 鏑木公夫, 戸沢孝之: 乾燥性の皮膚症状に対する薬用あれ肌ローション (XDV-1) の使用成績, 西日皮膚, 60(5), 702-706, 1998.

吉川洋子, 若崎淳子, 木村幸弘, 他: 蒸しタオルを使用した背部温罨法による生体への影響, 島根県立看護短期大学紀要, 7, 21-27, 2002.

吉国好道, 田上八朗, 井上邦雄, 他: 病的角層における角層水分量, 水分保持能と経表皮的水分喪失の関係について, 日本皮膚科学会雑誌, 92(9), 1001-1003, 1982.

吉国好道, 田上八郎, 白浜茂穂, 他: 身体各部位における皮表角層水分量の季節的变化とそれに関与する因子について, 日皮会誌, 93(5), 491-495, 1983.

吉国好道: 角層水分含有機能に及ぼす皮表脂質の影響について-エーテル脱脂後の皮表における解析-, 日本皮膚科学会雑誌, 94(11), 1253-1258, 1984.

吉国好道, 田上八郎, 松元吉郎, 他: 皮膚保湿能とその測定, 皮膚, 27(2), 289-295, 1985.

吉元洋一, 古川良三, 佐々木伸一, 他: 加温による皮膚温の経時的変化について-サーモグ

ラフィーによる検索-, 臨床理学療法, 6(1), 108-109, 1979.

許鳳浩, 上馬場和夫: 足浴による温度依存性の循環系の変化: 全身循環, 脳循環, 末梢循環の変化について, 日本温泉気候物理医学会雑誌, 66(4), 212-226, 2003.