

学位論文

蒸気温熱シートと使い捨てカイロ
による肩甲上部への温熱効果

旭川医科大学大学院医学系研究科修士課程看護学専攻

基礎看護科学

南山祥子

目次

I. 緒言	1
II. 対象と方法	7
III. 結果	
1. バイタルサインの変化	10
2. 四肢末梢皮膚温の変化	10
(1) 上肢の皮膚温	10
(2) 下肢の皮膚温	10
3. 加温部の皮膚温と胸部皮膚温の変化	11
(1) 肩甲上部皮膚温	11
(2) 胸部皮膚温	11
4. 皮膚血流の変化	11
(1) 肩甲上部皮膚血流量	11
(2) 前胸部皮膚血流量	12
(3) 肩甲上部皮膚血流の増加開始時間と肩甲上部皮膚温	12
5. 筋血流の変化	12
(1) 僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量	12
(2) 肩甲上部皮膚温と僧帽筋血流の増加までの潜時の関係	13
6. 発汗量の変化	13
7. 肩甲上部の加温による主観的評価	13
(1) 肩こり自覚スケール	13
(2) 温熱感覚スケール	14
IV. 考察	
1. 近赤外線分光法による組織酸素ヘモグロビンの測定	15
2. 肩甲上部の局所加温による循環動態の影響	16
3. 局所加温による皮膚血流の増加	16
4. 局所加温による局所皮膚血流増加のメカニズム	17
5. 局所加温による全身性効果	19
6. 局所加温による筋血流への影響	19
7. 乾熱・湿熱の2種類の加温法による効果の違い	20
8. 局所加温による局所筋血流増加のメカニズム	22

V. 結語	24
VI. 引用文献	25
VII. 図説	32
図 1 ~ 30	
表 1 ~ 5	
資料 1 ~ 3	

I. 緒言

(1) 温熱刺激と疼痛について

古くから温熱刺激は、病変の治癒過程を促進し疼痛緩和をはかる目的として用いられてきた。看護の現場においての局所加温を用いる目的として、疼痛緩和（腹痛、月経痛、腰痛など）、整腸作用、睡眠導入、気持ちよさの提供などが行われている。局所加温に用いるツールとしては、臨床においては熱布、湯たんぽ、ホットパックなどであり、一般家庭においては蒸気温熱シート（以下蒸気シート）、使い捨てカイロ（以下カイロ）、湯たんぽのような手軽に利用できるものが用いられている。使い捨てカイロは一般に腰部や腹部に貼用し、防寒や局所の疼痛緩和（腹痛、月経痛、腰痛など）を目的に使用されることが多い。最近販売された蒸気シートではカイロと同様の使用目的の他に、肩や下腿後面に貼用し筋肉の疲労やこりの緩和に対しても使用されている。

現在、女性が訴える症状の第1位が肩こりであり、男性でも第2位である（平成16年国民生活基礎調査「性別にみた有訴者率の上位5症状」）。看護師を対象としたアンケートでは、1,347名のうち肩こりを訴える人が77%であった（篠崎ら, 2007）という報告がある。また、外来や入院患者からも肩こりを訴える声が多く聞かれ、肩こりで悩む人が多いのが現状にある。肩こりに対して病院では、ホットパック、遠赤外線による温熱療法や必要に応じて消炎鎮痛薬、筋弛緩薬による薬物療法、医療機関以外ではマッサージや鍼、日常的には、入浴や温シップ貼用、ストレッチを含む体操で対処していることが多い。肩こりは血行不良や筋肉の緊張を伴い、運動や温熱が効果を促すということは良く知られている。肩や頸部を温めることで「気持ちよい」という感覚は経験的に知られているが、「気持ちよい」という感覚と実際の皮膚温や皮膚血流、筋血流とどのような関係があるのかについて検討されたものは少ない。その理由としては、プローブを皮膚に刺入する浸襲性の筋血流の測定方法をとっていたことが弊害になっていたかもしれない。

(2) 局所加温による効果について

① 局所加温による循環動態への影響

局所加温による温熱刺激が全身へ及ぼす影響について、中枢温、血圧、心拍数が循環の変化の指標となっている。蒸気シートによる腰部加温（Iwamoto ら, 2006; 留畑ら, 2007; 細野ら, 2007）、僧帽筋上への加温プレートによる加温（宮崎ら, 1997; 北澤ら, 1997）、背部への熱布（塚越ら, 1999）、腰背部への熱布（菱沼ら, 1997; 江上ら, 2002）など多くの研究がバイタルサインに変化がみられなかったと報告している。一方で、僧帽筋への蒸気シート及び乾熱シートによる加温（落合, 2001）、ホットパックによる腰背部加温（岩崎ら, 2005）により心拍数、呼吸数が低下したという報告もある。

②局所加温による皮膚温への影響

局所加温による加温部の皮膚温の上昇は温熱効果の指標として重要であるが、加温部の皮膚温を測定していないものや、加温部のみを測定しているもの、具体的な皮膚温度を明記していないもの、適切な統計分析をしていないものが目立つ。局所加温部位の皮膚温を測定している研究では、背部の熱布で皮膚温が急上昇し最高値 43.1°C (菱沼ら 1997; 塚越ら, 1999)、下腿腓腹筋に加温プレートを用い下腿皮膚温が加温開始とともに上昇し最高値 43.1°C (北澤ら, 1999)、蒸気シートによる腰部加温で腰部皮膚温が 39.6°C (留畑ら, 2007)、蒸気シートおよび乾熱シートによる僧帽筋の加温で両シート共に最高値 41°C (落合, 2001)に達すると報告されている。これらは、局所の加温に伴い皮膚温が上昇することが明らかになっている。過度の加温では皮膚温低下がおきる (北澤ら, 1999) という報告もあり、最適な温度設定と加温時間を考慮する必要があることが示されている。局所加温時による加温部以外の体幹皮膚温の変化については、腰背部のホットパックによる加温 (岩崎ら, 2005)、蒸気シートによる腰部加温 (留畑ら, 2007) で胸部皮膚温が上昇したという報告がある。

局所加温による局所効果や全身効果を検討するためには、四肢末梢の皮膚温を測定することが必要であるが、四肢末梢の皮膚温を測定した報告は少ない。局所加温による加温部以外の末梢皮膚温の変化を調べている研究では、腰背部のホットパックによる加温で第 1 足趾、第 4 指、大腿部の皮膚温 (岩崎ら, 2005)、蒸気シートによる腰部加温で足背、母趾、手背、示指の皮膚温 (留畑ら, 2007) が上昇したという報告がある。局所加温により下腿の皮膚温が低下した (留畑ら, 2007) という報告がみられる一方で、下腿の皮膚温が上昇した (道上ら, 1999) という報告があり結果が異なる。報告の中にはコントロール群においても末梢皮膚温の変化が著しいものがある。皮膚温は環境条件に大きく左右されるが環境条件を示していない報告がある。また、加温部位や加温範囲、加温材料など実験方法がさまざまであり、皮膚温の測定部位が異なるため局所加温による皮膚温の変化を比較することは難しい状況にある。

③局所加温による皮膚血流の変化

皮膚血流を測定している研究では、局所加温により加温部位の皮膚血流は皮膚温の上昇に伴い増加した (福井ら, 1993; 菱沼ら, 1997; 北澤ら, 1999; 宮崎ら, 1997; 田中ら, 2006) 皮膚血流が 1.4 倍増加した (菱沼ら, 1997) という報告がある。加温部以外の皮膚血流では、前胸部皮膚血流が増加した (岩崎ら, 2005)、上腕の皮膚血流が 1.4 倍に増加した (菱沼ら, 1997)、前腕と下腿の皮膚血流が増加した (北澤ら, 1999) とあるが加温部以外の皮膚血流の報告は数少ない。過度の加温は皮膚血流量の減少がおきるため、加温の最適温度設定と加温時間の決定要素には、加温中の皮膚血流量の経時的な監視が必要である (北澤ら, 1999) という報告がある。加温により皮膚血流が増加するといわれているが、報告のなかには統計を適切に行われていないものがある。さらに

皮膚温の上昇が皮膚血流の増加を意味すると考察しているものがあり、局所加温時に加温部及び加温部以外の皮膚血流を実際に測定し、局所加温による影響を検討した報告は十分とはいえない。

④局所加温による筋血流の変化

局所加温による効果について筋血流への影響から検討した研究は数少ない。局所加温によって筋血流が増加したという報告（北澤ら, 1999; 岡田ら, 2005; 添田ら, 2006）がある一方で、筋血流の増加がなかったという報告（宮崎ら, 1997; 北澤ら, 1997; 神谷ら, 1997）があり結果は一致していない。筋血流計の代用として皮膚血流計を用いている場合や筋温度から筋血流を考察したものもみられ、適切に筋血流を測定していない報告がある。局所加温による筋血流の変化を検討した報告の多くは、自作の加温プレートを使用しており、一般に使用されている材料を用いていないため、局所加温を検討するための指標とするには難しい。

⑤加温部皮膚温と筋血流の関係

皮膚温と筋血流の関係について検討した報告は少ない。北澤ら（1999）は、加温部皮膚温が 43.1℃の時に筋血流量が増加したと述べている。一方、加温部皮膚温が 47℃（宮崎ら, 1997）、加温部皮膚温が 42℃（北澤ら, 1997; 神谷ら, 1997）の実験で筋血流の増加がみられなかったと報告しており結果に相違がある。

⑥局所加温による疼痛緩和の効果

局所加温による疼痛緩和の効果を検討する研究としては、腰痛症状への効果（井澤ら, 2005; 田中ら, 2006）、腰痛、関節痛の緩解と筋肉、腱の柔軟（小田ら, 2006）、変形性膝関節症の疼痛やこわばり感の改善の有効性（瀬戸ら, 2007）、遅発性筋痛の軽減（佐賀ら, 2006）、術後の痛みの有意な低下（縄ら, 2002）、月経痛の軽減（望月ら, 2001; 細野ら, 2007）がみられたという報告がある。局所加温に用いられたツールとしては、乾熱（望月ら, 2001）、蒸気シート（小田ら, 2006; 細野ら, 2007）、熱布（縄ら, 2002）、ホットパック（田中ら, 2006）、蒸気シートと乾熱シートの比較（井澤ら, 2005; 瀬戸ら, 2007）、マイクロ波治療器（佐賀ら, 2006）を用いて調べられている。

疼痛尺度については、疼痛 Visual Analog Scale（以下 VAS）（望月ら, 2001; 縄ら, 2002; 井澤ら, 2005; 佐賀ら, 2006; 田中ら, 2006; 瀬戸ら, 2007）、日整会 OA 膝治療成績判定基準（JOA score）（瀬戸ら, 2007）、「改変型日本語マギル痛み質問表」MPQ（望月ら, 2001; 細野ら, 2007）、「月経随伴症状日本語版」MDQ（細野ら, 2007）などのスケールや独自のアンケート（小田ら, 2006）を用いている。

⑦局所加温によるリラクゼーション効果

局所加温部位や局所加温に用いられるツールはさまざまであるが、局所加温により快適感を得られることは明らかになっている。

局所加温のリラクゼーション効果に関して、さまざまな客観的指標が用いられている。

それらは、血圧、脈拍(鈴木ら, 2004)、心拍変動のスペクトル解析(心拍のゆらぎ)(塚越ら, 1999; 落合, 2001; 縄ら, 2002; 菱沼ら, 2003; 縄ら, 2004; 永嶋ら, 2006; 有田ら, 2006)、皮膚電気抵抗(香春ら, 1996; 江上ら, 2002)、脳波(落合, 2001; Iwamotoら, 2006)などがある。これらの自律神経活動の測定から、局所加温によるリラックス効果が報告されている。また、温熱による「気持ちよさ」を調査した研究としては、既存の主観評価尺度(縄ら, 2004; 岩崎ら, 2005)や、聞き取り調査(江上ら, 2002; 宮本ら, 2006; 有田ら, 2006; 深田ら, 2007; 小田ら, 2006)などによって行ったものがある。調査の内容としては、「快さ」「温かさ」「快適さ」「心地よさ」「リラックス感」「温まり感」「痛みへの効果」などであった。

また、温熱刺激の方法としては、腰背部への熱布で検討したもの(香春ら, 1996; 塚越ら, 1999; 江上ら, 2002; 縄ら, 2002; 2004; 菱沼ら, 2003; 深田ら, 2007)が多く、他には腰部への蒸気シート貼用(Iwamotoら, 2006)、両脚部に蒸気シート貼用(小田ら, 2006)、両眼への蒸気シートの適用(落合, 2001; 永嶋ら, 2006)、湯たんぽによる頸部から肩の貼用(宮本ら, 2006)、肩へのホットパックの貼用(鈴木ら, 2004)、腰背部のホットパック(岩崎ら, 2005)などで検討されている。ホットパックによる腰部と頸部の貼用で頸部の貼用の方がリラクゼーション効果がある(有田ら, 2006)と加温部位を比較した報告もある。

⑧湿熱と乾熱による比較

局所加温に用いられるツールで局所加温効果を比較した研究では、蒸気シートが乾熱シートに比べ、僧帽筋の皮下1cmの深部温や腰部加温部外側2cmの皮膚温に優位な上昇があった(落合, 2001; 小田ら, 2006)、蒸気シートの方がより広範囲に温かさが広がる感覚を得た(小田ら, 2006)、広範囲で皮膚温度が上昇し温かさ感、全身の冷え防止感があった(井垣, 2007)という報告がある。さらに、腰背部の加温により腰痛症状の改善効果がみられ、筋の硬直を伴う疼痛に蒸気シートは乾熱シートより勝る効果が得られた(井澤ら, 2005)、変形性膝関節症では湿熱シートのみ改善がみられ、疼痛、歩行能、こわばり感の改善に有効性が高い(瀬戸ら, 2007)など乾熱よりも蒸気による加温の方が温熱効果を高めるという報告がある。

(3) 肩こりに関する研究について

①肩こりの評価

肩こりの評価では、肩こり自覚(高桑ら, 2000; 2001; 2002)、肩こりの自覚と触診(坂井ら, 2003)、肩こり自覚の程度について5段階カテゴリスケールと触診(坂井ら, 2002)、肩こり自覚と肩こりの主観的測定 VAS 及び筋硬度計を用いた筋硬度の測定(矢吹ら, 2001; 2003; 2007; 伊藤ら, 2005; 大谷ら, 2007)、肩こりによる疼痛に VAS(高桑ら, 1999; 篠崎ら, 2007)などが用いられている。肩こりを主観的と客観的の両側面から

検討しているものでは、筋硬度と肩こり自覚 VAS との間に相関はなかった(伊藤ら, 2005)という報告がある。

②肩こりと筋血流の関係

肩こりの自覚の程度が強い人、触診によるこりの強い人は組織酸素飽和度及び総ヘモグロビン量の低下がある(坂井ら, 2003)、組織酸素化率の最低値、変動量、最大変動率に肩こりの有無で有意差がなく、組織酸素化率の回復時間に延長がみられた(高桑ら, 2001)、肩こりの自覚の程度と触診判定の間に相関がみられたが、肩こりを感じる強さと総ヘモグロビン量の値の間に相関はみられなかった(坂井ら, 2002)という報告がある。しかし、実際に筋血流量を測定し評価した報告は数少ない。

(4) 近赤外分光法を用いた筋血流の評価について

近赤外分光法の有効性を検討した研究では、近赤外分光法による測定値の妥当性の検討(Homma ら, 1996)、ヒト骨格筋を対象とした場合、近赤外分光法により測定した値は十分な妥当性を有する(浜岡ら, 1997)、近赤外分光法による測定は肩こりの指標及び肩こりの治療効果を評価することが可能である(坂井ら, 2002)という報告がある。一方で、皮下脂肪が大きく異なる被験者では光路長のばらつきが大きくなる(浜岡ら, 1997)、組織酸素飽和度及び総ヘモグロビン量は皮下脂肪が多いと低い値として測定される(坂井ら, 2002)といった近赤外分光法を用いる際の問題点についての報告もみられる。

筋血流の評価を近赤外分光法を用いて検討した研究では、鍼刺激が肩上部の筋血流に及ぼす影響(坂井ら, 2003)、電界治療器(ヘルストロン)及び低周波電気刺激療法による筋血流の評価(伊藤ら, 2005)、僧帽筋の運動負荷に伴う組織酸素化率の変化の評価(高桑ら, 2001)、加温用プレートによる腓腹筋の加温による酸化ヘモグロビン濃度の増加(北澤ら, 1999)、ホットパックによる咬筋組織内総ヘモグロビン量、酸素飽和度の増加(岡田ら, 2005)についての報告がある。しかし、看護の現場や日常的に施行されている局所加温が筋血流に及ぼす影響について、近赤外分光法を用いて検討した報告は数少ない。

近年、近赤外分光法が注目され、その測定法は非侵襲的で連続的に測定できるために、手術現場での脳酸素管理やスポーツ医学では筋肉組織酸素の研究など広く応用されるようになった。ヒト骨格筋を対象とした場合、近赤外分光法により測定値は十分な妥当性を有する(浜岡ら, 1997)といわれ、近赤外分光法を用いた運動時の筋内酸素動態を検討した研究が増えてきている。しかし、近赤外分光法を用いた局所加温による筋血流に及ぼす影響について検討した報告は少ない。局所加温による効果として疼痛緩和、便通効果、リラクゼーションなどに関する研究が多いが、ほとんどの研究が腰背部や腹部を加温部位とし、加温ツールは熱布やホットパックなどの看護の現場で

使用しているもので検討されている。肩こりで悩む人が多い現在、日常生活で局所加温に使用されている方法を取り入れ、加温効果について検討することが重要である。

(5) 研究目的

局所皮膚加温による温熱効果に関して、皮膚血流・筋血流の増加が報告されている(北澤ら, 1999)。しかし、温かさの感じ方と生理的な効果の関連について検討したものは少ない。そこで本研究では、局所皮膚加温に日常的に広く使用されているカイロと蒸気シートを用い、肩甲上部加温の生理効果と温熱感覚への効果を詳しく調べ、この2つの効果の関係について、熱源の性質を考慮しつつ比較検討する。

II. 対象と方法

1. 対象

肩こりを自覚する健康な若年女性8名、平均年齢 32.5 ± 6 歳、平均身長 156.2 ± 5.4 cm、平均体重 50.6 ± 5.6 kg、平均BMI 20.7 ± 1.9 である。

2. 環境条件

平成19年8月7日から11月16日の間に、蒸気シートとカイロを用い肩甲部への加温実験を実施した。同一被験者の蒸気シートとカイロを用いた実験には7日の間隔をあけて実施した。室温 25.5°C 、平均湿度31%、気圧983hPaの室内で実施した。

3. 測定項目

鼓膜温は赤外線温度計(ミミツピ、テルモ社)を用いて測定した。実験中10分おきに測定し、耳道の形態によって誤差が生じることを考慮し、各2回ずつ測定しその平均値を示した。

血圧と心拍数は自動血圧計(HEM-712C、オムロン社)を用いて、加温部位と反対側の上腕で実験中10分おきに測定した。

皮膚温はロガー(ハイブリッドレコーダーRD3500、NEC)に接続し熱電対(銅-コンスタンタン)温度センサーを用いて測定した。温度データはRS232Cケーブルでコンピュータに送られ、データ収録プログラムDE12-702(NEC)で30秒毎に収録した。測定部位は前胸部、肩こりの自覚が強い方の肩甲上部、示指、手背、前腕、母趾、足背、下腿、大腿の9点とした。

皮膚血流量はレーザードップラー血流計(ALF21RD、アドバンス社)、発汗量はPerspiration meter (SKD-2000、スキノス)を用いて連続的に測定した。皮膚血流量と発汗量データはPowerLab(ADInstrument、Australia)を介してコンピュータに収録した。測定部位は前胸部と肩こりの自覚が強い方の肩甲上部とした。

筋血流量は近赤外分法を用いた非侵襲的組織酸素モニタ装置(赤外線酸素モニタ装置NIRO-120、浜松ホトニクス株式会社)を用いて測定した。筋血流量のデータは0.5秒毎にコンピュータに収録した。測定部位は肩こりを強く自覚する側の僧帽筋(第7頸椎棘突起と肩甲骨肩峰を結ぶ中央)とした。プローブの装着は専用の両面テープを用い、蒸気シートによる蒸気から保護するためにプローブ上に 10×5.5 cmのテガダーム(スリーエムヘルスケア株式会社)を使用し固定した。

肩こりの自覚評価として実験前、加温30分時、実験終了時に「局所の痛み」、「こり(拘縮)」、「はり(うっ血)」の3項目について一番症状の強い時を5点とした場合の現在の症状を0.5(0.0~5.0)きざみで得点化した。温熱感覚スケールとしては加温30

分時、実験終了時に「温かさ」「熱の浸透度」「気持ちよさ」「全身の効果」の4項目について調査した。肩こり自覚と温熱感の主観的項目は独自に作成したスケール(資料1)を用いて、口頭で質問し記載した。

4. 実験手順

実験前に独自に作成した質問票(資料2)と肩こり自覚スケールを用い口頭で質問し記載した。

被験者は長袖のパジャマ、短パン、靴下を着用し、各センサーを装着後、下半身にバスタオルをかけ10分間座位にて安静を保った。その後、蒸気シートまたはカイロを専用のベルトを使用して、僧帽筋(第7頸椎棘突起と肩甲骨肩峰を結ぶ中央)上に貼付し30分間加温した。加温終了後、蒸気シートまたはカイロを除去し、肩こり自覚スケール、温熱感覚スケールを用い口頭で質問し記載した。その後20分間安静を保ち、肩こり自覚スケール、温熱感覚スケールを用い口頭で質問し記載した。

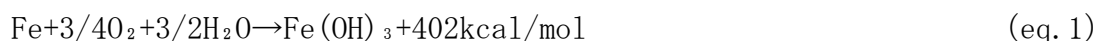
5. データ解析

鼓膜温、血圧、心拍数、皮膚温、皮膚血流、筋血流、発汗データの結果は平均値±標準偏差で表し、各時間ポイントのデータを繰り返し測定分散分析、ad hoc テストとしてDunnett testを行った。加温前、加温中、加温後における肩こり自覚スケールスコアの比較と、蒸気シートとカイロの比較についてはWilcoxonの符号付順位検定を、温熱感覚スコアの蒸気シートとカイロの比較については、Kruskal-Wallis分散分析による検定によって比較・解析した。肩こり自覚スケール、温熱感覚スケール、筋・皮膚血流の関係についてはPearson相関分析を用いた。いずれの場合も有意水準は5%とした。

6. 蒸気シート

今回使用した蒸気シートはシートサイズ12×10cmのベルト使用タイプで、メーカーの取り扱い説明書によれば、軽量・薄型で広い面積を温めることが可能な医療機器(めぐリズム、花王)とされている。使用方法は、開封して取り出した蒸気シートを専用ベルトのポケットに入れ、肌にフィットさせるように専用ベルトで装着する。肌に適用することで、40℃前後の温熱が5時間以上持続するように作られている。

シートの構造は、鉄が主成分の発熱組成物(水などを含む、下の式参照)を樹脂性フィルムで包んだ形になっており、一定量の空気がこのフィルム内へ拡散するように表面を不織布で覆ってある。シートの発熱原理は、シートが空気に触れることにより、発熱体の鉄粉と空気中の酸素が反応して熱を発生し、フィルムの中の水を温めて水蒸気を発生させるもので、次の化学反応式で示される。



また、メーカー側の資料によれば、温熱効果として、1. 血行をよくする 2. 筋肉のこりをほぐす 3. 筋肉の疲れをとる 4. 胃腸の働きを活発にする 5. 神経痛、筋肉痛の痛みの緩解 6. 疲労回復をうたっている。

7. 使い捨てカイロ

今回使用したカイロはシートサイズ 13×10 cmの貼るタイプで、一般に市販されているものを用いた(ぼかぼかカイロ暖(あった)ま〜る、アイリス・ファインプロダクツ(株))。カイロは、鉄と水と空気中の酸素が反応して水酸化第二鉄になる化学反応で化学反応が起きる時に出る熱を有効利用したものであり、その意味では蒸気シートと同様の発熱原理を利用したものである。カイロの構造は、鉄粉、食塩水、活性炭、保水剤(パーミキュライト)などを混ぜ合わせたものである。カイロの酸化反応は、日本カイロ工業会のホームページによると、次の化学式で示される。また、メーカーの説明書によると、カイロの平均温度は 53°C、最高で 63°Cに達することもあるとされている。



カイロの用途として、防寒・保温目的がうたわれている。平均温度 53°Cで 12 時間持続(40°C以上を保持し持続する時間)するように作られている。皮膚への安全性を考慮し、カイロ表面の温度を非接触型の放射温度計 IT-550L(HORIBA)を用いて測定し、布を使用することで皮膚の接触温度が 43°C以上にならないようにプレテストを繰り返し行い調整した後に実験開始をした。

8. 倫理的配慮

被験者に研究の趣旨、内容、安全性、データの匿名性の守秘、研究以外の目的でのデータの不使用、研究の参加は自由意思であり、いつでも中断、辞退ができることを文書と口頭で説明し、承諾を得た。(資料 3)

Ⅲ. 結果

1. バイタルサインの変化

蒸気シートの貼付によってもカイロの貼付によっても、収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、鼓膜温は、なんら影響を受けなかった(図 1, 2, 3)。

2. 四肢末梢皮膚温の変化

(1) 上肢の皮膚温の変化

蒸気シートによって、示指皮膚温は加温前 $33.5 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ から加温 15 分後には最高値 $33.8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ と上昇傾向を示したが、統計的な有意差はなかった。手背皮膚温は加温前 $33.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ から緩やかに上昇し、加温 15 分後には最高値 $33.7 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。前腕皮膚温は加温前後でほぼ一定の温度を保っていた(図 4)。

カイロによって、示指皮膚温は加温前 $32.9 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には最高値 $33.3 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と上昇傾向を示したが、統計的な有意差はなかった。手背皮膚温は加温前 $33.2 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $33.8 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。前腕皮膚温は加温後一時的にやや下降したがほぼ一定の皮膚温を保っていた(図 5)。

両シート共に上肢では手背皮膚温のみが有意に上昇した。両シートによる有意差はなかった(図 6)。

(2) 下肢の皮膚温の変化

蒸気シートによって、母趾皮膚温は加温前 $30.6 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ から加温 15 分後に最高値 $32.7 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。足背皮膚温は加温前 $31.8 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後に最高値 $32.4 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ と加温後ゆるやかな上昇傾向を示したが、統計的な有意差はなかった。大腿皮膚温は加温前後でほぼ一定の温度を保っていた。一方、下腿皮膚温は持続的に下降し、加温前 $32.3 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $31.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ に 0.6°C 有意に下降した(図 7)。

カイロによって、母趾、足背、大腿皮膚温は加温前後でほぼ一定の皮膚温を保っていた。一方、下腿皮膚温は持続的に下降し、加温前 $32.2 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $31.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と 0.5°C 有意に下降した(図 8)。蒸気シートとカイロの効果を比較したところ、下肢の皮膚温では、加温 15 分後と加温 25 分後の母趾皮膚温がカイロに比較して蒸気シートが有意に上昇した(図 9)。足背皮膚温はカイロでほぼ一定であったのに対し、蒸気シートでは有意差はなかったものの加温 30 分後に 0.6°C の上昇がみられた。下腿皮膚温は両シート共に実験をとおして持続的に有意に下降するという同様な傾向を示した。

3. 加温部の皮膚温と胸部皮膚温の変化

(1) 肩甲上部皮膚温

蒸気シートにより、肩甲上部皮膚温は加温直後から上昇し、加温前 $33.7 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $42.9 \pm 2.7^{\circ}\text{C}$ と 9.2°C 有意に上昇した(図 10)。一方、カイロによって、肩甲上部皮膚温は加温直後から上昇し、加温前 $33.6 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $42.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ となり、 8.6°C 有意に上昇した(図 11)。

蒸気シートとカイロの効果を比較すると、加温部である肩甲上部皮膚温は、カイロと比較して蒸気シートの方が加温後の皮膚温上昇が早い傾向がみられた。両シート共、加温終了直後に皮膚温は下降した。加温終了から 20 分経過した実験終了時の肩甲上部皮膚温は、蒸気シートは加温前 $33.7 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から実験終了時 $35.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 、カイロは加温前 $33.6 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から実験終了時 $35.1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であり、加温前皮膚温と実験終了時の皮膚温の差は、蒸気シートの方がカイロに比較して 0.1°C 高い傾向にあった。しかし加温部である肩甲上部皮膚温は実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった(図 12)。

(2) 胸部皮膚温

蒸気シートにより、胸部皮膚温は加温後ゆるやかに上昇し、加温前 $34.0 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には最高値 $34.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と 0.7°C 有意に上昇した(図 10)。また、カイロにより、胸部皮膚温は加温後ゆるやかに上昇し、加温前 $34.4 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $34.7 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ と 0.3°C 有意に上昇した(図 11)。

蒸気シートとカイロの効果を比較すると、胸部皮膚温では蒸気シートの方がカイロに比較して、 0.4°C 高く上昇する傾向がみられた。加温終了から 20 分経過した実験終了時の胸部皮膚温は、蒸気シートは加温前 $34.0 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ から実験終了時 $34.4 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 、カイロは加温前 $34.4 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から実験終了時 $35.6 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ であり、加温前皮膚温と実験終了時の皮膚温の差は、蒸気シートの方がカイロに比較して 0.2°C 高い傾向にあった。しかし実験をとおして胸部皮膚温は蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった(図 12)。

4. 皮膚血流の変化

(1) 肩甲上部皮膚血流量

蒸気シートにより、肩甲上部皮膚血流量は加温後ゆるやかに増加し、加温 30 分後には最高値となり加温前に比較すると 2.9 倍有意に増加した。加温 20 分後から加温終了 10 分後まで加温前の皮膚血流量との間に有意差がみられた。加温終了直後からゆるやかな減少傾向を示したが、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても有意差はみられなかったものの、加温前に比較すると 1.7 倍の増加があった(図 13)。また、カイロにより、肩甲上部皮膚血流量は加温後増加し、加温 30 分後には最高値

となり加温前に比較すると 3.1 倍有意に増加した。加温 10 分後から加温終了 15 分後まで加温前の皮膚血流との間に有意差がみられた。加温終了直後からゆるやかな減少傾向を示したが、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても有意差はみられなかったものの、加温前に比較すると 1.5 倍の増加があった(図 14)。

蒸気シートとカイロの効果を比較すると、カイロは蒸気シートと比較して、加温 30 分後に顕著な増加がみられた。加温部の肩甲上部の皮膚血流量は両シート共に加温後有意に増加した。しかし加温部である肩甲上部皮膚血流量は実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった(図 15)。

(2) 前胸部皮膚血流量

蒸気シートにより、前胸部皮膚血流量は加温 15 分後に一旦やや減少し、その後ゆるやかな増加傾向を示した。最も増加した加温 30 分後においては 1.2 倍の増加がみられたが、加温前の皮膚血流との間に有意差はなかった(図 16)。また、カイロにより前胸部皮膚血流量は加温 10 分後からわずかに増加傾向を示したがほぼ一定に経過し、加温前の皮膚血流との間に有意差はなかった(図 17)。

蒸気シートとカイロの効果を比較すると、前胸部皮膚血流量はカイロがほぼ一定に経過したのに対して、蒸気シートでは有意差はみられなかったが、加温 25 分後と加温 30 分後に増加傾向を示した。しかし両シート共に加温前後で大きな変化はみられず、実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった(図 18)。

(3) 肩甲上部皮膚血流の増加開始時間と肩甲上部皮膚温

蒸気シートとカイロで肩甲上部の加温による皮膚血流の増加開始時間を比較すると、カイロは加温開始から 2.6 ± 3.7 分後に皮膚血流が増加開始したのに対して、蒸気シートは加温開始から 3.6 ± 1.9 分後から増加開始した。カイロによる肩甲上部の加温の方が皮膚血流の増加開始が早期にみられたが、両シートによる有意差はなかった。

皮膚血流増加開始時の加温局所部位である肩甲上部皮膚温では、カイロは $36.6 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、蒸気シートは $37.7 \pm 1.3^\circ\text{C}$ であった。蒸気シートと比較してカイロの方が低い肩甲上部皮膚温で皮膚血流の増加が開始する傾向が示されたが、両シート間の有意差はみられなかった(表 1)。

5. 筋血流の変化

(1) 僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量

① 蒸気シートの効果

僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度は肩甲上部の加温により加温直後から顕著に増加し、加温前に比較すると加温 30 分後には $\Delta 4.6 \pm 3.4 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了後も増加し続け、加温終了から 10 分後では加温前に比較すると $\Delta 5.3 \pm 3.7 \mu\text{mol/L}$ 有意

に増加した。加温終了から 20 分経過した実験終了時においても減少することはなかった(図 19)。

②カイロの効果

僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度は肩甲上部の加温により加温 5 分後から少しずつ増加し、加温前に比較すると加温 30 分後は $\Delta 1.8 \pm 0.8 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了後も増加し続け、加温終了から 10 分後には加温前に比較すると $\Delta 2.5 \pm 0.8 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了から 20 分経過した実験終了時においても減少することはない(図 20)。

③蒸気シートとカイロの僧帽筋血流増加効果の比較

両シート共、肩甲上部の加温により僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度が加温 15 分後から実験終了時まで有意に増加した。加温後の僧帽筋酸素ヘモグロビン増加分を比較すると、蒸気シートはカイロに比較して加温 30 分後では約 2.8 倍、加温終了から 10 分後は 2.7 倍有意に増加しており、蒸気シートによる肩甲上部の加温の方が筋血流の増加が顕著にみられた。両シートによる加温で、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても筋血流量が減少することはないという傾向は一致した(図 21)。

(2) 肩甲上部皮膚温と僧帽筋血流の増加までの潜時の関係

肩甲上部の加温による僧帽筋酸素ヘモグロビンの増加開始時間を比較すると、カイロは加温開始から 12.3 ± 2.9 分後に増加開始したのに対して、蒸気シートでは加温開始から 4.9 ± 1.9 分後に増加開始した。蒸気シートはカイロに比較して早期に筋血流の増加が開始しており、蒸気シートとカイロの筋血流の増加開始時間に有意差がみられた。

僧帽筋酸素ヘモグロビン増加開始時の加温局所部位である肩甲上部皮膚温は、蒸気シートは $38.2 \pm 1^\circ\text{C}$ 、カイロは $39.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ であった。カイロと比較して蒸気シートの方が低い肩甲上部皮膚温で筋血流の増加が開始したが両シート間の肩甲上部皮膚温に有意差はなかった(表 1)。

6. 発汗量の変化

蒸気シート及びカイロによる肩甲上部の加温では、ほとんど発汗しない者と増加する者など個人差が大きく、一定の傾向はみられなかった。

7. 肩甲上部の加温による主観的評価の変化

(1) 肩こり自覚スケール

蒸気シートによる肩こり自覚スケールの変化は、局所痛は加温前 1.9 ± 1.9 から加温中 1.4 ± 1.4 へ、加温後 1.4 ± 1.5 に緩和傾向を示したが、有意差はみられなかった。こり(拘縮)は加温前 2.9 ± 1.5 から加温中 2.1 ± 1.0 へ、加温後 1.9 ± 1.1 に有意に緩

和した。はり(うっ血)は加温前 2.5 ± 1.2 から加温中 1.5 ± 1.0 へ、加温後 1.4 ± 1.0 に有意に緩和した(表 2)。また、カイロによる肩こり自覚スケールの変化は、局所痛は加温前 1.5 ± 1.4 から加温中、加温後共に 1.5 ± 1.4 と同様に変化はなかった。こり(拘縮)は加温前 2.7 ± 1.3 から加温中 2.6 ± 1.3 とやや緩和傾向を示したが有意差はなく、加温後には 2.7 ± 1.3 と加温前の値に戻った。はり(うっ血)は加温前 2.9 ± 1.5 から加温中 2.7 ± 1.5 へ、加温後 2.4 ± 1.8 に緩和傾向を示したが有意差はなかった。(表 3)

蒸気シートとカイロの肩こりに関する結果を比較すると、局所痛に関しては、蒸気シートとカイロの間に有意差はみられなかった(図 22)が、こり(拘縮)では蒸気シートの方がカイロよりも有意に緩和した(図 23)。また、はり(うっ血)においても、蒸気シートの方がカイロよりも有意に緩和した(図 24)。

(2) 温熱感覚スケール

蒸気シートによって、温熱感覚スコアの「温かさ」は、加温中 2.0 ± 0.0 から加温後 1.5 ± 0.5 に下がった。また、「熱の浸透度」は加温中 2.7 ± 0.5 から加温後 2.0 ± 0.8 へ、「気持ちよさ」は加温中 2.4 ± 0.5 から加温後 2.0 ± 0.8 へ、「全身の効果」は加温中 3.0 ± 0.6 から加温後 2.6 ± 0.5 へ有意に下がった。カイロによる「温かさ」も、加温中 2.6 ± 0.5 であったが、加温後には 1.1 ± 0.4 と大幅に低下して効果が長続きしなかった。「熱の浸透度」も加温中 2.6 ± 0.5 から加温後 1.1 ± 0.4 へ、「気持ちよさ」は加温中 1.4 ± 0.5 から加温後 1.1 ± 0.4 へ、「全身の効果」は加温中 2.0 ± 0.0 から加温後 1.4 ± 0.5 へ下がった。

蒸気シートとカイロによる温熱感覚スケールの結果を比較すると、全般的に、蒸気シートの方が「温かさ」の保持に優れており、加温そのものの効果自体は、カイロが大きくとも、加温後の低下の程度はカイロにおいて常に大きく、蒸気シートの落差が小さいことが明らかとなった。(図 25)。また、「熱の浸透度」も、加温終了後 20 分時では蒸気シートに比較してカイロは有意に低い得点であった(図 26)。「気持ちよさ」(図 27)と「全身効果」(図 28)のスコアは、加温中、加温後ともに、蒸気シートでは、カイロよりも有意に高い得点を示した。

IV. 考察

1. 近赤外線分光法による組織酸素ヘモグロビンの測定

生体内の酸素状態を知ることは重要であり、よく知られたものとしては非侵襲で動脈血酸素の情報が得られるパルスオキシメーターが病棟などで普及している。パルスオキシメーターの原理は、2つの波長(660 nm、940 nm)の光を照射し、その吸光度から酸化ヘモグロビンの割合(%:酸素飽和度)を計算する。皮膚の下には動脈血、静脈血が流れており動脈血だけの酸素飽和度を求めるために、拍動に伴って変化する成分だけを取り出し、プローブから赤色光と赤外光が発光し、酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光度が異なるという Lambert-Beer の法則を利用して、酸素飽和度(% SpO_2)を測定する装置である。パルスオキシメーターから得られる情報は、血液が外界から酸素をとり込む過程のものであり、他方の血液から組織に酸素を供給する過程も必要である。組織内の血液は動脈血と静脈血が混在したものであり、組織の循環は複雑であるため組織の酸素状態を詳細にとらえられるように、パルスオキシメーターの原理を応用して開発されたのが近赤外線分光法である。

近赤外線分光法は組織透過性に優れた近赤外線光を利用し、3波長の光(メーカーによって異なるが、NIRO-120の場合は、775、810、850nm)を組織表面に照射し、各波長の吸収係数から酸素化・脱酸素化・総ヘモグロビン濃度の変化量を非侵襲的で経時的に測定できるものである。生体組織を透過する近赤外光の変化から生理学的な情報を得ることを目的として、人を対象とした近赤外線分光法の開発は15年ほど前から行われてきているが、臨床応用に対する歴史は浅い。近赤外線分光法による測定値及び評価法の妥当性については検討されており(酒井ら, 1994; 1995; Homma ら, 1996; 浜岡ら, 1997; 佐古ら, 2002)、近年、この近赤外線分光法が注目され、臨床では手術場での脳酸素管理に利用されていることが多い。浜岡ら(1997)がヒト骨格筋を対象とした場合、近赤外線分光法で測定した値は十分な妥当性を有することを明らかにしているように、最近では近赤外線分光法を用いた筋内の循環動態を評価する目的で使用されることもみられるようになってきた。しかし、近赤外線分光法は被験者の皮下脂肪が大きく異なる場合、光路長のばらつきが大きくなる(浜岡ら, 1997)という問題点も指摘されている。超音波診断装置を用いた測定でBMI20~24の人は、皮膚表面から筋肉までの距離は1.0~2.5 cmである(坂井ら, 2002)といわれており、近赤外線分光法では皮膚の表面から深さ1.0~2.5 cmの組織中の測定が可能である(酒井ら, 1995)と報告されている。これらのことから、皮膚表面から深さが1~2 cmにある筋血組織の血流を近赤外線分光法を用いて正確に測定するためには、皮下脂肪による影響も考慮する必要があると思われる。

今回われわれは、浜岡ら(1997)が近赤外線分光法の妥当性を提唱している、浜松ホ

トニクス株式会社の近赤外線分光装置 NIRO-120 を用いた。この近赤外線分光装置 NIRO-120 は、プローブに 1 つの光照射部と 2 つの受光部があり、小型化されたプローブは簡便に装着できるものである。本研究では脂肪や筋肉による誤差を最小にするように被験者を女性と限定し、体型も十分考慮し平均 BMI 20.7 ± 1.9 であった。このことから確実に光照射が筋組織に到達しており僧帽筋の血流量を検討したものと見える。

2. 肩甲上部の局所加温による循環動態の影響

加温による全身の温熱刺激を検討するためにも、循環動態に注目することは重要である。本研究では循環動態に大きな影響は認められなかった。多くの報告ではバイタルサインの変化はなかったと報告しているが、僧帽筋への蒸気シート及び乾熱シートによる加温(落合, 2001)、ホットパックによる腰背部加温(岩崎ら, 2005)により心拍数、呼吸数が低下したという報告もある。しかし、落合(2001)は統計的な解析をおこなっておらず、岩崎らの報告(2005)は、加温前のコントロールに問題がみられ、両報告ともに温熱効果というには信憑性が低い。

蒸気シートによる腰部加温(留畑ら, 2007; 細野ら, 2007)、僧帽筋上への加温プレートによる加温(宮崎ら, 1997; 北澤ら, 1997)、背部への熱布(塚越ら, 1999)、腰背部への熱布(菱沼ら, 1997; 江上ら, 2002)などの局所加温を行っても、バイタルサインに変化はなかったという多くの研究結果がある。これは、本研究の結果と一致している。したがって、今回われわれが用いた蒸気シートやカイロによる肩甲上部の加温は、鼓膜温、血圧、心拍数といった全身の循環パラメータに反映させるほどの強い温熱刺激ではなく、局所効果のみの循環への効果があったものと考えられる。

3. 局所加温による皮膚血流の増加

肩甲上部の加温により全身性に局所皮膚温が上昇することが本研究をとおして明らかとなったが、特に、肩甲上部皮膚血流は、蒸気シートでは 2.9 倍、カイロは 3.1 倍程度増加している。他の研究でも、局所加温により局所加温部位の前腕肘窩(福井ら, 1993)、腰背部(菱沼ら, 1997)、下腿部(北澤ら, 1999)、肩甲部(宮崎ら, 1997; 田中ら, 2006)などの皮膚血流は温度上昇に伴い増加している。特に、局所皮膚血流が加温の前後で 1.4 倍増加した(菱沼ら, 1997)という報告などは、本研究の結果と類似している。ただし、局所の皮膚温変化と皮膚血流の変化を併せて検討した報告は少ない。

一般には局所の皮膚を温めると同時に皮膚血流が増加すると思われがちである。しかし、加温の種類によって局所皮膚温と皮膚血流の間に与える影響が異なるかどうかは疑問である。そこでわれわれは今回、皮膚血流増加開始時の加温局所部位である肩甲上部皮膚温と皮膚血流の増加時間に注目し、蒸気シートとカイロによる温熱刺激の

効果を比較した。カイロの肩甲上部皮膚温は加温前 33.6°Cから徐々に上昇し始め、36.6°C(Δ3.0°C)に達した 2.6 分後に、皮膚血流はコントロール値の 2.1ml/min/100 g より増加し始めた。最終的に、加温 30 分後には皮膚温は、42.2°C(Δ8.6°C)となり、血流は 6.8 ml/min/100 g (コントロールの 311%)となった。一方、蒸気シートの肩甲上部皮膚温は加温前 33.7°Cから徐々に上昇し始め、37.7°C(Δ4.0°C)に達した 3.6 分後に、皮膚血流はコントロール値の 2.1ml/min/100 g より増加し始めた。最終的に、加温 30 分後には皮膚温は、42.9°C(Δ9.2°C)となり、血流は 5.8 ml/min/100 g (コントロールの 290%)となった。蒸気シートはカイロよりさらに皮膚血流の増加が開始される潜時が 1 分長く、その分だけ皮膚温がより高いレベルに到達した時に、皮膚血流増加が起こっている。すなわち、カイロの方がより低い皮膚温で皮膚血流の増加を惹起する傾向が見られることになる。北澤ら(1999)は、自作の加温プレートを使用し、加温部皮膚温が 43°Cになるように調整して実験を行い、加温開始から 1.8±0.4 分後から皮膚血流の増加が見られたと報告している。彼らは、皮膚温の測定値を図で示しているため、皮膚血流増加時の正確な皮膚温は明らかではないが、図から検討すると、局所皮膚温がおおよそ 37°Cの辺りから皮膚血流が増加している。この値は、本研究のカイロによる加温での 36.6°Cという血流増加開始の閾値に近いことから、ほぼ同様の結果が得られたと考えられる。ただし、本研究における蒸気シートによる局所皮膚血流増加の閾値である 37.7°Cという温度は、カイロや加温プレートなどによる皮膚加温時の血流増加の閾値と比べて、かなり高い閾値温度と考えることができる。

そこで、皮膚温の上昇率にカイロと蒸気シートの違いがあるかどうかを見ると、カイロは 1.15°C/分で上昇し、蒸気シートは、1.11°C/分で大した違いはない。したがって、皮膚温からの入力直接皮膚血流の増加を促す刺激となったとは考えにくい。また、皮膚血流の増加率を見ても、30 分後の値に大差はなく、カイロと蒸気シートの温熱刺激の皮膚血流に対する最終的な効果という意味では、大きな違いは見出せなかった。このように考えると、皮膚血流増加が開始されるまでの潜時の違いには、温熱効果や皮膚温といった要素とは異なった理由が考えられる。

4. 局所加温による局所皮膚血流増加のメカニズム

局所加温が皮膚の血流を増加させるメカニズムとして、古くから知られているのは、知覚神経線維による軸索反射である。この反射は皮膚表面近くに分布した脊髄後根由来の知覚神経の自由終末が、温覚や痛覚を感じて脊髄まで知覚情報を伝える一方で、途中から反回してさまざまな効果器に遠心性の入力を行って、小さな反射路を形成するものである(図 29)。この軸索反射によって、皮膚への温覚刺激がそのまま皮膚血流の増加となってあらわれると考えられている(Celander と Folkow, 1953)。これらの神経自由終末への温熱刺激(発熱体の熱)の伝わり方が理由のひとつと考えられる。

カイロは乾熱であるため、「伝導(密着している時)」あるいは「放射(密着していない時)」という形で熱が皮膚へと運ばれる。もしも「伝導」のみであれば、熱はカイロの表面から、皮膚の角質層を経て真皮へと伝わり、真皮層の血管へと緩やかに伝わるものと推測される。また、「放射」であれば、放射熱線の波長によってはそれよりも速やかに伝わっていくと考えられる。このような熱の移動の特性を考慮に入れると、カイロが皮膚血流をより早く増加させた背景には、皮膚表面への直接的な強い温熱刺激を与えるというよりも、むしろ、カイロから発生した熱が放射の形で、皮下へと伝わっていた可能性が大きい。一方、蒸気シートの場合、熱の伝わり方は、加温された蒸気によって、熱が皮膚表面に伝えられるわけであるから、「対流」という形で熱が運ばれるといえる。この場合、おそらく放射よりは皮下への熱の伝わり方の効率はやや悪くなる可能性がある。ただし、皮膚温の上昇率が等しいことを見る限り、この2つの熱源は皮膚表面に対しては同じ程度に熱を運んでいると考えられる。おそらく、発生した熱が皮膚表面や、それより深部の皮下に運ばれる経路は複数あって、それらが組み合わされた結果、このような違いが現れたものと思われる。とくに、蒸気シートの場合は、熱を持った水蒸気が直接皮膚のこまかな凹凸のあるところに万遍なく達するわけであるから、その分、皮膚に分布する知覚神経終末への温熱刺激としては有効である可能性が高い。もしも、この推論が正しいとすれば、蒸気シートによる皮膚の温度受容器への入力の方が、「心地よい温かさ」をより多くもたらすのかも知れない。また、カイロの強力な温熱刺激は、「伝導」による熱の運搬を行う一方で、カイロ自体のより高めの表面温度(約 55~60°C)が、皮膚の感覚受容器に対しては、痛覚を惹起してしまう可能性がある。このような場合、カイロの温熱は皮膚の2種類の受容器(温かさと痛み)の同時刺激を起こしてしまい、温熱効果が減弱し、より少ない「温かみ」を感じる可能性がある。

これらの推論を裏付ける根拠として、主観的な温熱感覚のデータがある(図 25~図 28)。カイロの場合、貼付後 30 分の時点で蒸気シートよりも「温かい」感覚は、より高い得点を示していたが、これに呼応するように皮膚血流はより大きく増加している。これは、カイロの方が明らかに早く血管拡張を起こさせていることを示している。しかし、「気持ちよい」という感覚については、蒸気シートより低い値に留まっている。この皮膚血流の増加が、必ずしも「気持ちよい」という感覚とは結びついていなかったことは、従来の「皮膚循環の改善=気持ちよい」という単純な関連付けに再考を迫るものである。おそらく、カイロの熱は皮膚血流を早く増加させても、「気持ちよい」を伴う温熱感覚を十分に惹起させないと思われる。それに比べ、皮膚血流の増加が遅れても、蒸気シートでは十分な「気持ちよさ」「温かさの浸透」といった感覚がおこっている。いわゆる「あったかい」という複合的な感覚は、単なる温熱感覚ではなく、「気持ちよさ」「じんわりとしみ込んでくる」といった感覚の寄せ集めであり、単純

に皮膚温や皮膚血流のみに依存しているものではないことが示唆された。このような意味でも、「熱の伝わり方」が、皮膚血流や温熱感覚といった現象に深く関わっていることが示唆された。

5. 局所加温による全身性効果

肩甲上部の加温による肩甲上部以外の皮膚温の変化に着目すると、蒸気シートとカイロでも手背皮膚温や前胸部皮膚温が軽度ながら有意に上昇した。ただし、蒸気シートのみが母趾皮膚温を有意に上昇させた。これらの結果と先行研究における局所加温効果の比較を試みたが、残念ながら、腰背部の加温を行ったいくつかの研究があるのみで肩甲上部の局所加温についての研究は存在しなかった。これらの腰背部加温の研究結果によれば、ホットパックにより第1足趾皮膚温と第4指皮膚温が上昇した(岩崎ら, 2005)、蒸気シートにより足背、母趾、手背、示指の皮膚温が上昇した(留畑ら, 2007)と報告している。岩崎ら(2005)はかなり大きめのホットパック(36×29 cm)を使用しているが、本研究に使用したものは両シート共12×10 cm程であった。加温範囲は半分以下と狭いにもかかわらず、ホットパック加温と同様に手背の皮膚温の上昇が見られたことは、全身性の反応が、かなり小さな面積の温熱刺激でも起こりうることを示している。また、蒸気シートを貼用した場合「足先までポカポカした感じがした」という声が多く聞かれ、事実、第1足趾皮膚温の有意な増加が認められたことも、加温部位(肩)と加温手段(蒸気)のどちらかに、このような四肢末梢の血流を改善させる効果があったものと考えられる。おそらく、肩甲上部の狭い範囲の加温であっても、「温かい」という皮膚感覚受容器からの感覚入力が見床下部の体温調節中枢に達し、出力として交感神経(血管運動神経)をとおして、全身性に四肢末梢の皮膚血管の拡張がおこると考えられる。このような局所加温時による前胸部皮膚温の変化といった体温調節反射について、岩崎ら(2005)は、腰背部のホットパックにより0.4℃、留畑ら(2007)は蒸気シートにより0.3℃上昇したと報告している。本研究においても同様の結果が得られ、蒸気シートは0.7℃、カイロでは0.3℃の上昇がみられた。肩や腰といった体幹部の加温では、このように同じ体幹部の前胸部の皮膚血流も増加しやすいことが明らかとなった。

6. 局所加温による筋血流への影響

肩こりは日本において古くから訴えられてきた症状名であり、古くは民間で「肩張り」と呼ばれていたと言われている(三笠, 2001)。現在は、表現に多少の違いはあるが「自覚的に後頭部から肩、肩甲部にかけての緊張を中心とする不快感、違和感、鈍痛などの症状、愁訴」(河邨ら, 1951; 村山ら, 1992; 横田, 1997)、「他覚的には筋硬結を認める状態」(河邨ら, 1951)というものが肩こりの定義として使用されている。肩こ

りは本能的、症候性、心因性に大別される(高木, 2000)と言われており、本研究では明らかな器質的原因のない一般的な肩こりについて論じる。肩こりの原因としては、肩関節周囲の筋群の持続的な収縮状態、肩甲部における棘上筋への持続的な負荷、鳥口突起周囲での靭帯や腱の付着部への刺激、筋の慢性炎症と循環障害(信原, 1989)、筋疲労による局所の筋緊張が起こり筋阻血により乳酸などの刺激物質が蓄積する(平林, 2006)という報告がある。このように肩こりの症候についての記載が多いのに比べて、肩こりの原因や病態生理について科学的に検証した研究はあまり多くない。そのなかで、筋血流の低下を古くから実証的に研究していたのがスウェーデンの Larsson らの研究グループで、極細のレーザードップラー血流計プローブを経皮的に挿入して僧帽筋血流を直接測定した。肩こりの被験者においては、僧帽筋血流コントロール値の低下があり、また筋への負荷がかかっても血流の増加が起こりにくいなどの知見を得ている(Larsson ら, 1993 ; 1994 ; 1995)。また、慢性僧帽筋痛のある 300 人を対象とした測定において筋血流の低下がみられた(Larsson ら, 1999)とも報告されている。今回のわれわれの研究において基礎血流の測定は、測定上の限界もあり得られていないが、温めることで筋の血流が増加したことは知ることができた。僧帽筋において局所加温による筋血流増加を測定したのはわれわれが初めてである。ただし、先行研究としては、坂井ら(2003)の鍼治療による僧帽筋血流増加の報告があるが、皮膚の加温ではないので、厳密には先行研究とはいえない。また、僧帽筋以外の局所加温による筋血流増加の報告例としては、腓腹筋血流が脛脛の皮膚加温によっておこることを観察した北澤らの研究(1999)があるのみである。

今回の研究の特徴は、2 種類の加温法を比較した点にあるが、局所を温める方法によって、血流増加の程度が有意に異なる(蒸気シート>カイロ)という結果が得られたので、この点について、以下に考察を加える。

7. 乾熱・湿熱の 2 種類の加温法による効果の違い

本研究の結果のなかでも、蒸気加温(蒸気シートによる)と乾熱加温(カイロによる)の効果の微妙な相違は、もっとも説明が困難なものの一つである。皮膚温や皮膚血流の効果については、この 2 つの加温法はほとんど相違がなく、むしろ、乾熱加温はより低い温度で皮膚血流の増加を促すことが可能であったことから察しても、乾熱加温の方により強い効果があることが推測された(図 15, 表 1)。しかし、筋血流に関しては、蒸気加温の方が大きな効果を与えていた(図 21, 表 1)。これに呼応するように、主観尺度の結果も蒸気加温により効果のあるような印象を与えている。

今回の研究では一般的に肩こりの際に良く表現されている「こり」「はり」という自覚が局所加温によりどのような影響があるのかについても検討した。「こり」は筋肉の硬さを表現しているものと思われる。この「こり」が生じる原因としては筋の弛

緩作用が弱まり、筋収縮が起こることで循環が障害されるものと考えられる。また、「はり」は腫脹またはうっ血を表現しているものと予測し、浸出液が溜まり炎症性によるものと推測される。今回の研究で肩こりの自覚について「局所痛」「こり」「はり」の3つの表現を用いたが、この3つの相関をみると(表4,表5)、蒸気シートとカイロの両シートにおいて、「こり」と局所痛、「はり」と局所痛に強い相関を示した。これは「こり」や「はり」を感じている人ほど局所痛を感じるということの意味している。このような主観尺度に対して、局所加温がどのような作用をもたらすのかが興味深いところである。

肩こり自覚の「こり」「はり」は、共に蒸気シートでは緩和されたが、カイロでは効果がみられなかった。これは、筋血流への効果が蒸気シートの方がカイロに比して有意に大きかったためであろうと推測される。また、「浸透度」「気持ちよさ」「全身効果」については、蒸気シートでは十分な感覚がおこっているが、カイロでは効果が認められなかった。とくに、「浸透度」については、深部への温熱効果を示す尺度であることから、やはり、筋血流への効果の違いが、主観尺度全般にわたる相違の原因となっていることが示唆された。熱の浸透度が筋血流増加によるものであるということは、「こり」をやわらげるといった感覚をもたらし、肩こりの自覚症状を一時的にでも軽快させることが期待される。

このような、蒸気シートと類似した効果として、入浴の効果が挙げられる。宮澤らの研究(2006)によれば、40℃、10分間の入浴を4週にわたり計4回実施し、4週目に「はり」が緩和したという。その他に、肩こりについて検討した報告では、肩こりの程度を「痛みスケール」である Visual Analogue Scale (VAS) で評価したものがほとんどであり「こり」や「はり」といった表現で評価したものは数少ないため、この局所症状の緩和にどれほど温熱刺激が役立ったかを他の研究と比較することは困難である。

今回、蒸気シートとカイロのどちらも局所痛の緩和がみられなかったが、おそらく、加温時間が30分と極めて短かったためであると思われる。また、「こり」や「はり」の改善が直接、痛みの緩和に繋がらなかったことも注意を要する。筋肉の痛みについては、多くの炎症にかかわる活性物質(興奮性アミノ酸、タヒキニン、ブラディキニン、カルシトニン遺伝子関連ペプチド、ヒスタミン、プロスタグランジンなど)や代謝物質(乳酸、ADP など)の局所における濃度の上昇が知られている(Millan, 1999)。これらの物質の組織における濃度が、ある程度低下しなければ痛みは緩和しないことから、30分という刺激時間は痛みの緩和を期待するには短すぎる時間であると考えられる。この点についても、今後の研究では、加温時間を長くするようなプロトコールを用いて、再検討すべきである。

この痛みへの効果が十分でない一方で、30分という短時間で「こり」と「はり」が

かなり緩和されうるという事実も再考されなければならない。「こり」と「はり」は、共に、筋の硬結(拘縮か?)や緊張(腫脹か?)によると考えられる(河邨ら, 1951)以上、温熱刺激によってこのような硬結が柔軟になり、つまり筋が弛緩してくる状況があれば、筋肉内の微小循環を改善するものと考えられる(Larsson, 1994)。そして、このような微小循環の改善が、今回の研究においては筋肉組織内の酸素ヘモグロビン濃度の増加という形で検出されたものと推測される。

8. 局所加温による局所筋血流増加のメカニズム

本研究において、カイロによる筋血流の増加が明らかに蒸気シートの効果より劣っていたことについて、さまざまな原因が考えられるが、ここでは、その違いを説明することのできる作業仮説を記述する。

カイロの「温かさ」は、温熱感覚スコアが明らかに蒸気シートを上回っていた(図25)。つまり、皮膚感覚としてはカイロの「温かさ」の方が有意であったにも拘わらず、その他の「快」に関する温熱感覚スコアは、すべて蒸気シートに軍配が上がっていた。この主観(感覚)の違いを考慮するところから作業仮説の構築を始めていく。

皮膚感覚の温度受容は、末梢知覚神経の終末に存在する温度受容器によって行われる。近年その温度受容のメカニズムに、神経終末に存在するいくつかのチャンネルが関わっていることが明らかになった(富永, 2004)。これらのチャンネルは、かつて網膜で発見された光を感受する神経細胞に存在していたチャンネルと共通の性質をもつもので transient receptor potential (TRP) といわれ、一過性のイオン(カルシウムやナトリウムなどの陽イオン)の流入を伴う膜電位変化をみせるものである。これらの TRP チャンネルのうち、温度受容に関わる分子として6つの TRP チャンネルが知られており、それぞれに活性化温度閾値が存在するといわれる。温度の高い順から示すと、TRPV2 > 52°C、TRPV1 > 43°C、TRPV3 > 32-39°C、TRPV4 > 27-35°C、TRPM8 < 25-28°C、TRPA1 < 17°Cの順になる(富永, 2004)。この6つのチャンネルのうち、われわれの研究における温熱刺激に関与すると思われる TRPV1、TRPV3 の2つのチャンネルから考察する。感覚神経における TRPV1 機能のモデルによれば、TRPV1 はカプサイシンや酸(プロトン)といった痛みを惹起させるものや、43°C以上の熱によって活性化される侵害性熱刺激受容体であることが明らかになっている。因みに、この43°Cという温度は温かさが痛み(灼熱感あるいは熱さ)に変わる温度であることが経験的に知られている。

50~60°Cの熱源を有するカイロの場合、たとえ下着などの上から貼用された時でも、温度を感受する知覚神経の TRPV1 から TRPV3 までのレセプターが刺激される可能性がある。カイロによる熱は、TRPV1 を通して「温かさ」と「痛み(熱さ)」の2つの感覚を惹起させることが可能であると考えられる。実際、「温かさ」についての質問において蒸気シートでは「少し熱さを感じる程度」と返答している被験者が多いことに比

べて、カイロの場合は「熱いが不快ではない」と返答している被験者のほうが多く存在している。この「熱い」と「温かい」という温度感覚の違いが血流増加に影響を与えたと思われる。

これらの感覚神経の末梢神経終末は細胞体を後根神経節に持ち、脊髄から視床や視床下部の温度感受性部位に投射しているが、その一方で、感覚神経から後根に行く手前で分枝して、直接皮膚の血管を支配することが古くから知られている。このループによる反射を軸索反射といい、皮膚を温めたり、こすったりすると起こる局所の皮膚血管拡張のメカニズムとされている。Wuら(2007)は、ラットの神経後根の刺激法を用いて、TRPV1を有する末梢知覚神経の逆行性の刺激を行った結果、後足の血管拡張は知覚神経終末からの calcitonin gene-related peptide (CGRP)の放出によるものであることを確認した。また、皮膚への直接的な TRPV1 刺激を行うためにアゴニストである Nonivamide をウサギの耳介に塗布した実験から、アゴニストの濃度依存性に皮膚血流が増加したことも報告されている(鈴木ら, 1992)。軸索反射の投射先が皮膚血管であることは、このような多くの研究によって確認されている。問題は、軸索反射が筋の血管においても存在するかということである。軸索反射の筋への投射を証明する報告は、現在のところ知られていない。すなわち、肩を温めたときに起こる僧帽筋の筋血流の増加が軸索反射によるものであることを支持する証拠は今のところ存在しない。

しかしながら、この軸索反射が存在すると考えれば、50~60℃の熱源を有するカイロによる高温の刺激が、温度感受性神経終末の TRPV1 を通して、CGRP や substance P(SP)という神経伝達物質を放出させ、皮膚血流増加や筋血流増加にはたらいた可能性も考えられる。また、軸索反射に加えて、中枢神経への投射も同時に行われうるので、一般的な交感神経(血管運動神経)への出力が生じて、「痛み」感覚に対しては血管の収縮、「温かさ」感覚に対しては血管の拡張が混合して起こる可能性がある。その意味では、より温度域の低い、蒸気というやわらかな熱を有する蒸気シートの温熱刺激が皮膚に与えられた場合は、32~39℃以上という温かい温度域で TRPV3 を通して「温かさ」感覚が上行し、血管運動神経の活動低下(血管拡張)という出力のみが現れる可能性が多い。このように考えると、「温かい」のほうが、「熱い」よりも筋血流をより効果的に増加させると考えることができるかもしれない(図 30)。

V. 結語

1. 蒸気シートやカイロを用いた肩甲上部への加温は、局所皮膚温を上昇させ、局所皮膚血流を増加させる。
2. 肩甲上部への加温によって、手背や前胸部の皮膚温が上昇し、さらに蒸気シートでは母趾皮膚温も有意に上昇させた。肩甲上部の狭い範囲の加温でありながらも全身の反応が起こりうることが示唆された。
3. 蒸気シートやカイロを用いた肩甲上部への加温により僧帽筋血流を増加させ、筋血流への効果は蒸気シートの方がカイロに比して有意に大きかった。
4. 蒸気シートによる温熱刺激は、肩こり自覚の「こり」「はり」を緩和させた。また、「浸透度」「気持ちよさ」「全身効果」といった温熱感覚を強め、快適さをより促すことが明らかとなった。

引用文献リスト

有田広美, 大島千佳, 小林宏光, 他(2006): 自律神経活動からみたホットパック温
罨法のリラクゼーション効果—頸部と腰部の施行部位を比較して—。日本看護研究
学会雑誌, 29(3): 254.

Celander O, Folkow B(1953): The nature and the distribution of afferent fibres
provided with the axon reflex arrangement. *Acta Physiol Scandinavica*, 29(4):
359-370.

江上京里(2002): 腰背部蒸しタオル温罨法ケアと交感神経活動及び快さの関連。聖
路加看護学会誌, 6(1): 9-16.

深田順子, 鎌倉やよい, 日比野友子, 他(2007): 背部温罨法の温度の相違による効
果の検討。日本看護研究学会雑誌, 30(4): 75-83.

福井美香, 井山壽美子, 安達秀雄, 他(1993): 皮膚温・血流量測定による罨法効果に
関する研究。鳥医短大紀要, (20): 27-40.

浜岡隆文, 勝村俊仁, 下光輝一, 他(1997): ヒト前腕筋の光学的特性についての検
討。 *Therapeutic Research*, 18(7): 148-152.

菱沼典子, 平松則子, 春日美香子, 他(1997): 熱布による腰背部温罨法が腸音に及
ぼす影響。日本看護学会誌, 17(1): 32-39.

菱沼典子, 櫻井利江, 他(2003): 腰背部温罨法施行時の自律神経活動の様相。日本
看護科学学会学術集会, (23): 468.

平林洌(1993): 整形外科の立場から。東京都医師会雑誌, 46(6): 1137-1143.

平林洌(2006): 総論: 肩こり・腰痛の臨床。 *モダンフィジィション*, 26: 185-188.

Homma S, Eda H, Ogasawara S, et al(1996): Near-infrared estimation of O₂ supply
and consumption in forearm muscles working at varying intensity. *J Appl
Physiol*, 80(4): 1279-1284.

細野恵子, 荒井優気, 留畑寿美江, 他(2007): 便秘症の女子学生に対する温罨法の効用. 臨床体温, 25(1): 30-33.

細野恵子, 留畑寿美江, 荒井優気, 他(2007): 女子学生の月経痛緩和に対する温罨法の効用. 臨床体温, 25(1): 26-29.

井垣通人(2007): 乾熱と湿熱では、温熱効果が違う?. Nursing Today, 22(2): 28-29.

伊藤不二夫, 大崎和夫, 高橋国人, 他(2005): 電界治療器(ヘルストロン)による肩こりへの効果—自覚症状、血流、自律神経の変化—. 日温気物医誌, 68(2): 110-121.

Iwamoto J, Minamiyama S, Ogawa K et al(2006): Effects of lumbar-back warming on EEG, body temperature and sweating. J. Physiol. Sci. Suppl, 56: 234.

岩崎眞弓, 野村志保子(2005): 局所温罨法によるリラクゼーション効果の検討—温罨法と足浴が身体に及ぼす影響の比較検討より—. 日本看護研究学会雑誌, 28(1): 33-43.

井澤里香, 坂本一朗, 井垣通人, 他(2005): 家庭用温熱医療機器試験品(PCH-SS)による蒸気温熱適用の慢性腰痛症に及ぼす効果. Pain Clinic, 26(8): 1128-1132.

香春知永, 菱沼典子, 操華子, 他(1996): 温熱刺激が交感神経系におよぼす影響—皮膚電気抵抗に焦点をあてて—. 日本看護科学会誌, 16(2): 198-199.

神谷厚範, 北澤大樹, 澤崎直規, 他(1997): 肩部局所加温が肩部皮膚、僧帽筋の温度および血流量と、血圧、心拍数、呼吸数に与える影響. 自律神経, 34(2): 166.

河邨文一郎, 高橋長雄(1951): 所謂肩凝の成因に関する臨床的研究(第1報). 日本整形外科学会雑誌, 25: 19-22.

北澤大樹, 宮崎誠司, 岩瀬敏, 他(1997): 局所加温が僧帽筋血流量および温度に与える影響. 環研年報, XL(VIII): 41-44.

北澤大樹, 崔建, 岩瀬敏, 他(1999): 局所加温が下腿腓腹筋の皮膚温、皮膚血流量、酸化ヘモグロビン濃度、還元ヘモグロビン濃度に与える影響. 自律神経, 36(4): 414-421.

Larsson SE, Cai H, Oberg PA. (1993): Continuous percutaneous measurement by laser-Doppler flowmetry of skeletal muscle microcirculation at varying levels of contraction force determined electromyographically. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 66(6): 477-482.

Larsson SE, Alund M, Cai H, et al(1994): Chronic pain after soft-tissue injury of the cervical spine: trapezius muscle blood flow and electromyography at static loads and fatigue. Pain. May, 57(2): 173-180.

Larsson SE, Cai H, Zhang Q, et al(1995): Measurement by laser-Doppler flowmetry of microcirculation in lower leg muscle at different blood fluxes in relation to electromyographically determined contraction and accumulated fatigue. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 70(4): 288-293.

Larsson R, Oberg PA, Larsson SE(1999): Changes of trapezius muscle blood flow and electromyography in chronic neck pain due to trapezius myalgia. Pain. Jan, 79(1): 45-50.

Mark J. Millan(1999): The induction of pain: An integrative review. Progress in Neurobiology, 57: 1-164.

三笠元彦(2001): 頸肩腕症候群と肩こり—文献的検討—. 臨整外, 36(11): 1235-1238.

道上大策, 神谷厚範, 傅琦, 他(1999): 足底部局所加温の核温と皮膚交感神経活動に与える影響. 自律神経, 36(6): 552-563.

宮本美保, 松原やす子, 廣嶋修子, 他(2006): 効果的な温罨法部位の検討. EB NURSING, 6(3): 92-94.

宮崎誠司, 山路修身, 福田宏明(1997): 局所加温が皮膚および筋の温度や血流に与える影響. 東日本整災会誌, 9(4): 549-552.

宮澤一治, 木村光利, 富士英清ら(2006): オクチルフタリドと人工炭酸泉の併用入浴剤による慢性肩凝り症に及ぼす効果. Pain Clinic , 27(4): 471-477.

望月良美, 吉田敦子, 大月恵理子, 他(2001): 月経痛に対する新たな対処法の開発—使い捨てカイロによる三陰交刺激の有効性の検討—. 埼玉医科大学短期大学紀要, 12: 59-65.

村山良介, 猪俣賢一郎, 永田勝太郎(1992): 慢性疼痛 治療へのアプローチ. 医歯薬出版株式会社: 87-99.

永嶋義直, 井垣通人, 矢田幸博, 他(2006): 両眼への蒸気温熱シート装着による自律神経活動への影響. 自律神経, 43(3): 260-268.

縄秀志(2002): 婦人科外科患者における背部温罨法ケアの気分, 痛み, 自律神経活動への影響. 日本看護技術学会誌, 1(1): 36-44.

縄秀志, 花村由紀, 片桐志津子, 他(2004): 夜勤明け看護師における背部温罨法ケアの気分および自律神経活動への影響. 長野県看護大学紀要, 6: 11-18.

小田英志, 井垣通人, 吉井圭二, 他(2006): 陸上競技の冬季練習における蒸気温熱シートの有用性. スポーツ科学研究, 3: 48-60.

岡田和樹, 山口泰彦, 小松孝雪, 他(2005): 咬筋組織血流に対する理学療法の効果. 顎機能誌, 11: 107-115.

大谷晃司, 矢吹省司(2007): 肩凝りの病態と疫学. ペインクリニック, 28(2): 165-173.

落合龍史(2001): 湿熱刺激が脳波および自律神経に及ぼす影響. 自律神経, 38(6): 450-454.

佐賀典生, 遠藤隆志, 小倉裕司, 他(2006): 伸張性運動前の温熱処置のタイミングの違いが遅発性筋痛に及ぼす影響. 体力科学, 55(6): 623.

酒井秋男, 齊藤建夫, 東弘三, 他(1994): 組織酸素飽和度(StO_2)およびヘモグロビン量(Hb vol)測定装置の開発. 医器学, 64(6): 264-269.

酒井秋男, 齊藤建夫(1995): 近赤外分光法を用いた組織酸素消費量の無侵襲連続測定. Therapeutic Research, 16(9): 5-8.

坂井友実, 大崎紀子, 安野富美子(2002): 深部組織循環動態と肩こりの関係—近赤外分光法による検討—. 日温気物医誌, 65(3): 137-146.

坂井友実, 安野富美子(2003): 鍼刺激がヒトの筋血流に及ぼす影響について. 自律神経, 40(2): 144-149.

佐古隆之, 浜岡隆文, 勝村俊仁(2002): 近赤外線分光法を用いた骨格筋エネルギー代謝研究の現状. 脈管学, 42: 74-78.

瀬戸宏明, 池田浩, 久岡英彦, 他(2007): 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(6): 347-351.

信原克哉(1989): 肩こりの本: 肩こりはからだの注意信号. 神戸新聞総合出版センター, 225.

篠崎哲也, 大沢敏久, 堤智史, 他(2007): 肩こりの病態—アンケート調査より. 臨整外, 42(5): 409-412.

添田幸英, 菊地臣一, 矢吹省司, 他(2006): 物理療法による腰椎部脊柱起立筋内の循環動態の変化—牽引療法とホットパックでの検討—. 日本腰痛会誌, 12(1): 162-166.

鈴木久子, 石川桂子, 蛭田朋美, 他(2004): リラクゼーションによる睡眠導入への看護介入の効果—ホットパッド、フットバスの有効性の検討—. 磐城共立病院医報, 25(1): 69-73.

鈴木忠彦, 和田章司, 増子かおり, 他(1992): ウサギ耳介血流量および皮膚温度測定による低濃度 Nonylic Acid Vanillyl Amide(NVA)の薬理的評価. 応用薬理, 44(6): 627-643.

高木克公, 井手淳二, 山鹿眞紀夫(2000): 肩こり. 産婦人科治療, 80 増刊: 327-332.

高桑巧, 勝木雅俊, 中村智, 他(1999): 肩こりの検討—アンケートおよび肩甲上神経ブロックを施行しての評価. 整形外科, 50(13): 1627-1630

高桑巧, 研谷智, 柏崎裕一, 他(2000): 高校生の肩こり—アンケート調査より—. 肩関節, 24(2): 195-198.

高桑巧, 三島令子, 熱田裕司, 他(2001): 肩こりの検討—近赤外分光法(NIRS)を用いての評価. 整形外科, 52(4): 461-465.

高桑巧(2002): 肩こりに関するアンケート調査. CLINICIAN, 49(8): 849-857.

留畑寿美江, 南山祥子, 河江伸江, 他(2007): 長時間温罨法による高齢者の排便と排尿への効果. 臨床体温, 25(1): 34-37.

富永真琴(2004): 温度受容の分子機構—TRP チャネル温度センサー—. 日薬理誌(Folia Pharmacol. Jan.), 124: 219-227.

田中久美子, 寺沢節子, 小山石まり子, 他(2006): 安静臥床時の腰痛緩和にアクアゲルホットパックの使用の有用性. 十和田市立中央病院研究誌, 19(1): 14-16.

塚越みどり, 菱沼典子(1999): 熱布による背部温罨法が自律神経活動、背部皮膚温に及ぼす影響. 聖路加看護学会誌, 3(1): 11-17.

Wu M, Komori N, Qin C, et al(2007): Roles of peripheral terminals of transient receptor potential vanilloid-1 containing sensory fibers in spinal cord stimulation-induced peripheral vasodilation. Brain Research, 1156: 80-92.

矢吹省司, 菊地臣一(2001): 肩こりの病態. 臨整外, 36(11): 1241-1246.

矢吹省司, 菊地臣一(2003): 肩こりの病態—第 2 報: 青壮年者と高齢者の比較—. 臨整外, 38(1): 31-35.

矢吹省司(2007): 肩こりの病態—対照群との比較を中心に. 臨整外, 42(5): 413-417.

横田敏勝(1997): 臨床医のための痛みのメカニズム 改訂第 2 版, 南江堂: 109-111.

図説

図 1 蒸気温熱シートによるバイタルサインの変化

収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、鼓膜温の変化を示した。コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分において変化はみられなかった。

図 2 使い捨てカイロによるバイタルサインの変化

収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、鼓膜温の変化を示した。コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分において変化はみられなかった。

図 3 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによるバイタルサインの変化の比較

収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、鼓膜温の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロを示し比較した。コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分においての変化に蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる差はみられなかった。

図 4 蒸気温熱シートによる上肢の皮膚温変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における示指、手背、前腕皮膚温の変化を示した。示指皮膚はコントロール値 $33.5 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ から加温 15 分後には最高値 $33.8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ と上昇傾向を示したが統計的な有意差はなかった。手背皮膚温は加温前 $33.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ から緩やかに上昇し、加温 15 分後には最高値 $33.7 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。前腕皮膚温は加温前後でほぼ一定の温度を保っていた。

図 5 使い捨てカイロによる上肢の皮膚温変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における示指、手背、前腕皮膚温の変化を示した。示指皮膚はコントロール値 $32.9 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には最高値 $33.3 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と上昇傾向を示したが統計的には有意差はなかった。手背皮膚温は加温前 $33.2 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $33.8 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。前腕皮膚温は加温後一時的にやや下降したがほぼ一定の皮膚温を保っていた。

図 6 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる上肢の皮膚温変化の比較

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における示指、手背、前腕皮膚温の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。両シート共に手背皮膚温のみが有意に上昇したが両シートによる有意差はなかった。

図 7 蒸気温熱シートによる下肢の皮膚温変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における母趾、足背、下腿、大腿皮膚温の変化を示した。母趾皮膚温はコントロール値 $30.6 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ から加温 15 分後に最高値 $32.7 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ と有意に上昇した。足背皮膚温はコントロール値 $31.8 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後に最高値 $32.4 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ と加温後ゆるやかな上昇傾

向を示した。大腿皮膚温は加温前後でほぼ一定の温度を保っていた。下腿皮膚温は持続的に下降しコントロール値 $32.3 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $31.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ と 0.6°C 有意に下降した。

図 8 使い捨てカイロによる下肢の皮膚温変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における母趾、足背、下腿、大腿皮膚温の変化を示した。母趾、足背、大腿皮膚温は加温前後でほぼ一定の皮膚温を保っていた。下腿皮膚温は持続的に下降しコントロール値 $32.2 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $31.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と 0.5°C 有意に下降した。

図 9 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる下肢の皮膚温変化の比較

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における母趾、足背、下腿、大腿皮膚温の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。母趾皮膚温は加温 15 分後と加温 25 分後でカイロに比較して蒸気シートが有意に上昇した。足背皮膚温はカイロがほぼ一定であったのに対して、蒸気シートでは有意差はなかったものの加温 30 分後に 0.6 度の上昇がみられた。下腿皮膚温は両シート共に実験をとおして持続的に有意に下降するという同様な傾向を示した。

図 10 蒸気温熱シートによる肩甲上部、前胸部皮膚温の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲部と前胸部皮膚温の変化を示した。肩甲上部皮膚温は加温直後から上昇し、コントロール値 $33.7 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $42.9 \pm 2.7^{\circ}\text{C}$ と 9.2°C 有意に上昇した。胸部皮膚温は加温後ゆるやかに上昇し、コントロール値 $34.0 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には最高値 $34.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ と 0.7°C 有意に上昇した。

図 11 使い捨てカイロによる肩甲上部、前胸部皮膚温の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲部と前胸部皮膚温の変化を示した。肩甲上部皮膚温は加温直後から上昇し、コントロール値 $33.6 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $42.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ となり、 8.6°C 有意に上昇した。胸部皮膚温は加温後ゆるやかに上昇し、コントロール値 $34.4 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から加温 30 分後には $34.7 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ と 0.3°C 有意に上昇した。

図 12 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる肩甲上部、前胸部の皮膚温変化の比較

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲上部と前胸部皮膚温の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温部である肩甲上部皮膚温は、カイロと比較して蒸気シートの方が加温後の皮膚温上昇が早い傾向がみられた。両シート共、加温終了直後に皮膚温は下降した。加温終了から 20 分経過した肩甲上部皮膚温は、コントロール値と加温終了 20 分後の皮膚温の差は、蒸気シートの方がカイロに比較して 0.1°C 高い傾向にあった。胸

部皮膚温では蒸気シートの方がカイロに比較して、 0.4°C 高く上昇する傾向がみられた。加温終了から 20 分経過した実験終了時の胸部皮膚温は、コントロール値と実験終了時の皮膚温の差は、蒸気シートの方がカイロに比較して 0.2°C 高い傾向にあった。肩甲上部、前胸部皮膚温は実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった。

図 13 蒸気温熱シートによる肩甲上部皮膚血流の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲上部の皮膚血流の変化を示した。肩甲上部皮膚血流量は加温後ゆるやかに増加し、加温 30 分後には最高値となり加温前に比較すると 2.9 倍有意に増加した。加温 20 分後から加温終了 10 分後まで加温前の皮膚血流量との間に有意差がみられた。加温終了直後からゆるやかな減少傾向を示したが、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても有意差はみられなかったものの加温前に比較すると 1.7 倍の増加があった。

図 14 使い捨てカイロによる肩甲上部皮膚血流の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲部の皮膚血流の変化を示した。肩甲上部皮膚血流量は加温 15 分後に顕著な増加がみられた。加温 20 分後に一旦減少傾向を示すが再度上昇し、加温 30 分後には最高値となりコントロール値に比較すると 3.1 倍有意に増加した。加温 10 分後から加温終了 15 分後まで加温前の皮膚血流との間に有意差がみられた。加温終了直後からゆるやかな減少傾向を示したが、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても有意差はみられなかったものの加温前に比較すると 1.5 倍の増加があった。

図 15 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる肩甲上部皮膚血流の変化の比較

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における肩甲上部皮膚血流の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温部の肩甲上部の皮膚血流量は両シートとも加温後有意に増加した。カイロは蒸気シートと比較して加温 15 分後と加温 30 分後に顕著な増加がみられた。しかし加温部である背部皮膚血流量は実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった。

図 16 蒸気温熱シートによる前胸部皮膚血流の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における前胸部皮膚血流の変化を示した。前胸部皮膚血流量は加温 15 分後に一旦やや減少し、その後ゆるやかな増加傾向を示し最も増加した加温 30 分後においては 1.2 倍の増加がみられたが、コントロール時の皮膚血流との間に有意差はなかった。

図 17 使い捨てカイロによる前胸部皮膚血流の変化

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における前胸部の皮膚血流の変化を示した。前胸部皮膚血流量は加温 10 分後からわずかに増加傾向を示したがほぼ一定に経過し、コントロール時の皮膚血流との間に有意差はなかった。

図 18 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる前胸部皮膚血流の変化の比較

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における前胸部皮膚血流の変化を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。前胸部皮膚血流量はカイロがほぼ一定で経過したのに対して、蒸気シートでは加温 25 分と加温 30 分に増加傾向を示した。しかし両シート共に加温前後で大きな変化はみられず、実験をとおして蒸気シートとカイロの間に有意差はなかった。

図 19 蒸気温熱シートによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における僧帽筋の酸素ヘモグロビン濃度増加量を示した。僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度は加温直後から顕著に増加し、加温 30 分後には $\Delta 4.6 \pm 3.4 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了後も増加し続け、加温終了から 10 分後では加温前に比較すると $\Delta 5.3 \pm 3.7 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了から 20 分経過した実験終了時においても減少することはなかった。

図 20 使い捨てカイロによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量

コントロール 10 分、加温 30 分、加温後 20 分における僧帽筋の酸素ヘモグロビン濃度増加量を示した。僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度は加温 5 分後から少しずつ増加し、加温 30 分後は $\Delta 1.8 \pm 0.8 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了後も増加し続け、加温終了から 10 分後には加温前に比較すると $\Delta 2.5 \pm 0.8 \mu\text{mol/L}$ 有意に増加した。加温終了から 20 分経過した実験終了時においても減少することはなかった。

図 21 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量の比較

両シート共、僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度が加温 15 分後から実験終了時まで有意に増加した。加温後の僧帽筋酸素ヘモグロビン増加分を比較すると、蒸気シートはカイロに比較して加温 30 分後では約 2.8 倍、加温終了から 10 分後は 2.7 倍有意に増加しており、蒸気シートによる肩甲上部の加温の方が筋血流の増加が顕著にみられた。両シートによる加温で、加温終了から 20 分経過した実験終了時においても筋血流量が減少することはなかったという傾向は一致した。

図 22 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる局所痛の緩和の比較

加温前、加温中（加温 30 分）、加温後の局所痛の主観スケール得点を示した。一番痛い時を 5 とした場合の現在痛みを 0.5 きざみで 0.0～5.0 の得点で示し、蒸気温熱シートと使い捨てカイロを比較した。局所痛では蒸気シートとカイロの間に有意差はみられなかった。

図 23 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる「こり（拘縮）」の緩和の比較

加温前、加温中（加温 30 分）、加温後のこり（拘縮）の主観スケール得点を示した。一番肩がこっていると感じた時を 5 とした場合の現在の肩のこりを 0.5 きざみで 0.0～5.0 の得点で示し、蒸気温熱シートと使い捨てカイロを比較した。こり（拘縮）では温熱前から温熱中にかけて蒸気シートの方がカイロに比較すると有意に緩和した。

図 24 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる「はり（うっ血）」の緩和の比較

加温前、加温中（加温 30 分）、加温後のはり（うっ血）の主観スケール得点を示した。一番肩がはっている時を 5 とした場合の現在の肩のほりを 0.5 きざみで 0.0～5.0 の得点で示し、蒸気温熱シートと使い捨てカイロを比較した。はり（うっ血）においては温熱前から温熱中、温熱前から温熱後共に、蒸気シートの方がカイロに比較すると有意に緩和した。

図 25 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「温かさ」の比較

加温 30 分と加温終了 20 分後の時点における「温かさ」を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温 30 分でカイロは蒸気シートと比較して有意な高得点であったが、加温後では差はみられなかった。

図 26 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「浸透度」の比較

加温 30 分、加温終了 20 分後の時点における「浸透度」を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温 30 分に差はなかったが、加温終了後 20 分では蒸気シートに比較してカイロは有意に低い得点であった。

図 27 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「気持ちよさ」の比較

加温 30 分、加温終了 20 分後の時点における「気持ちよさ」を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温中、加温後においても蒸気シートに比較してカイロは有意に低い得点であった。

図 28 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「全身効果」の比較

加温 30 分、加温終了 20 分後の時点における「全身効果」を蒸気温熱シートと使い捨てカイロで示し比較した。加温中、加温後においても蒸気シートに比較してカイロは有意に低い得点であった。

図 29 皮膚の温度知覚と温度受容性 TRP チャンネルの関係

図 30 蒸気温熱シートと使い捨てカイロの作用機序 (仮説)

表 1 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる皮膚・筋血流量、血流増加時間、加温部皮膚温の比較

表 2 蒸気温熱シートによる肩こり自覚の変化

表 3 使い捨てカイロによる肩こり自覚の変化

表 4 蒸気温熱シートによる温熱感、肩こり自覚、筋・皮膚血流増加の相関

表 5 使い捨てカイロによる温熱感、肩こり自覚、筋・皮膚血流増加の相関

資料 1 (資料 1-1~1-4) 主観的肩こり自覚スケール、温熱感スケール、温熱感部位

資料 2 質問票

資料 3 (資料 3-1~3-3) 研究のお願い、調査の流れ、同意書

図1. 蒸気温熱シートによるバイタルサインの変化

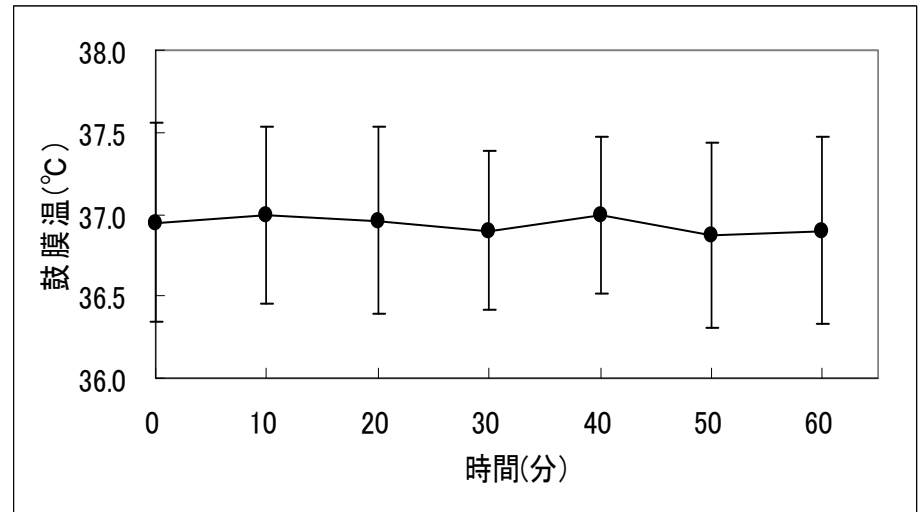
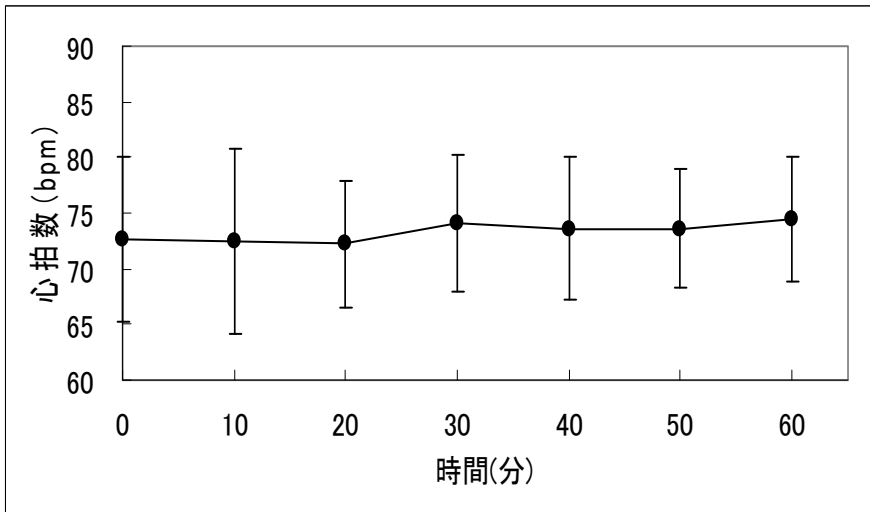
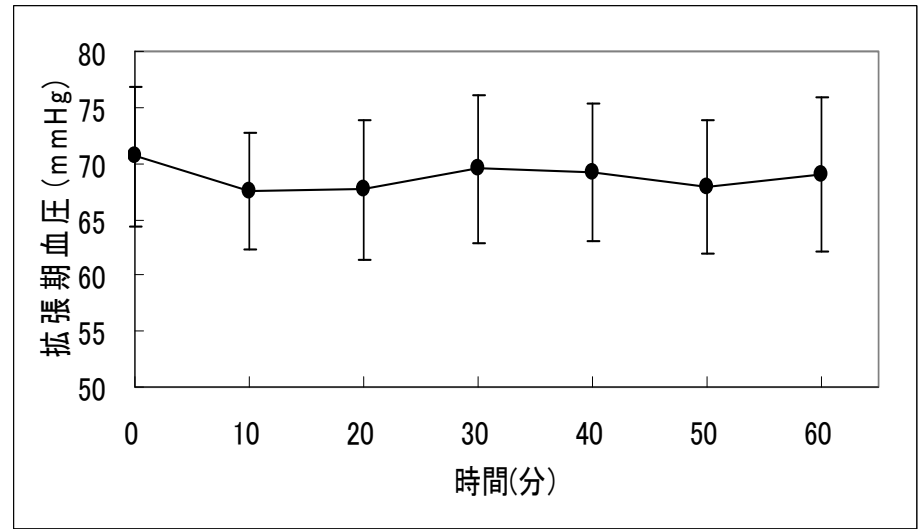
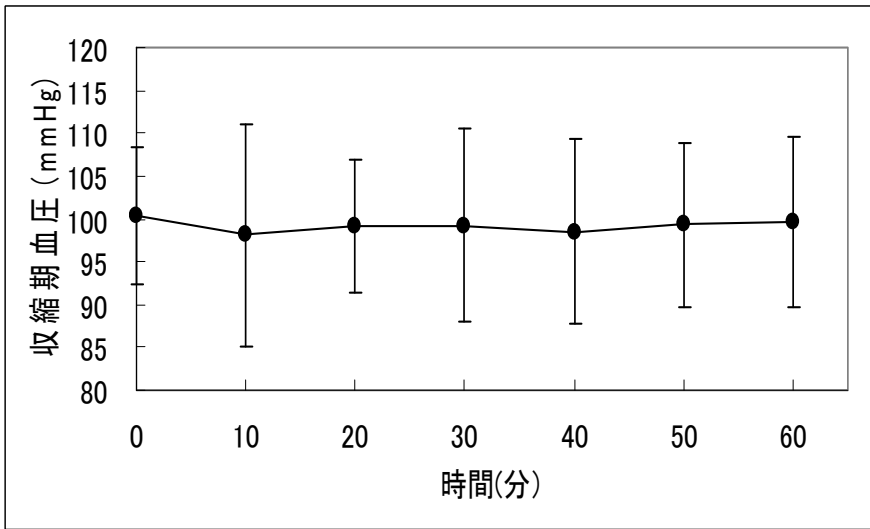


図2. 使い捨てカイロによるバイタルサインの変化

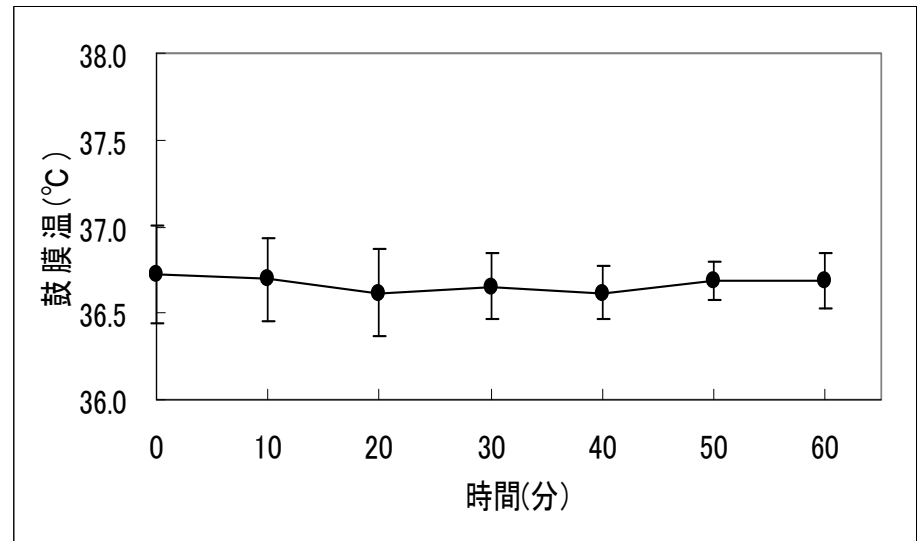
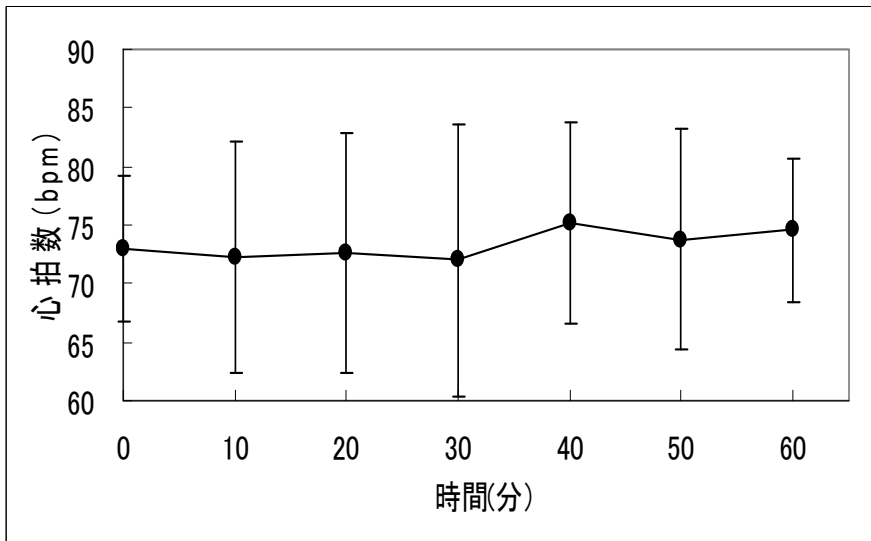
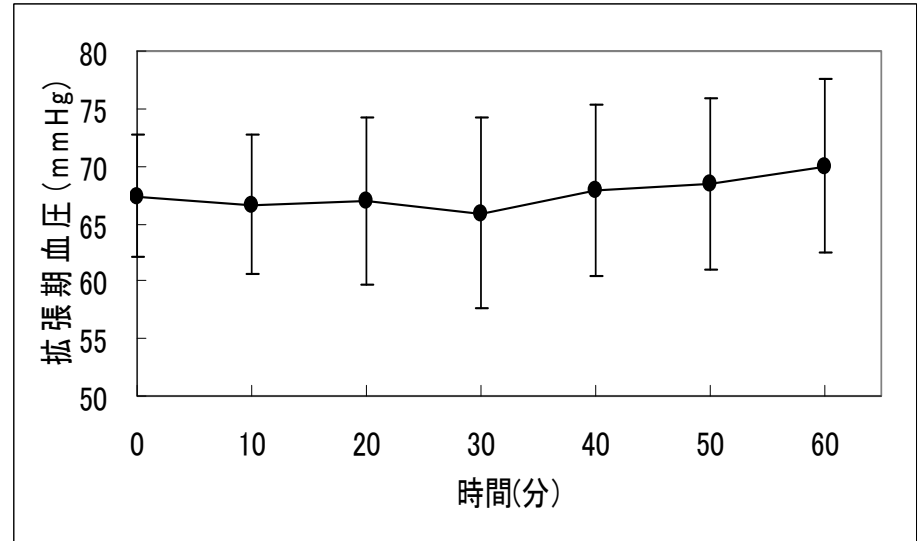
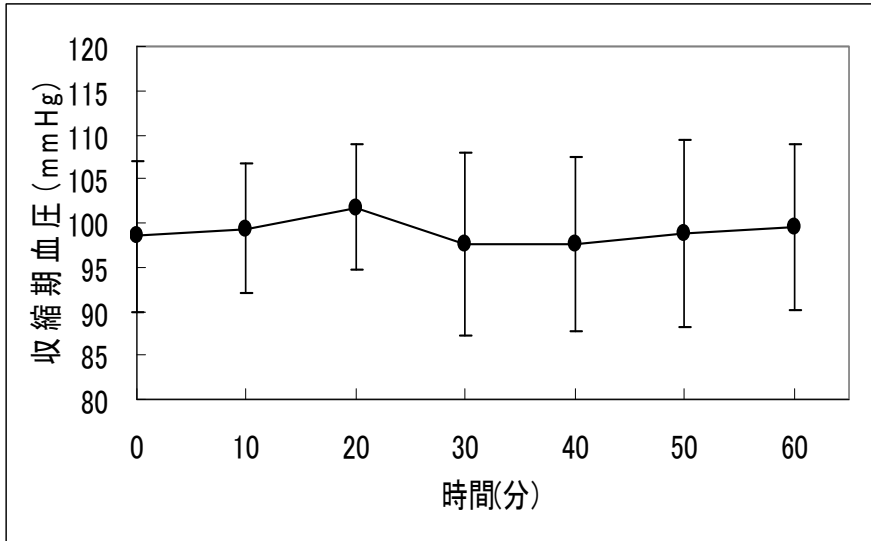


図3. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによるバイタルサインの変化の比較

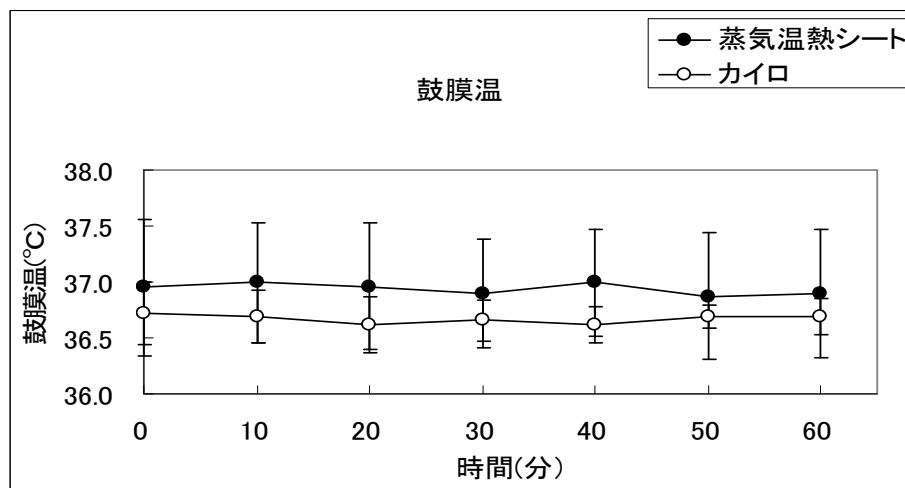
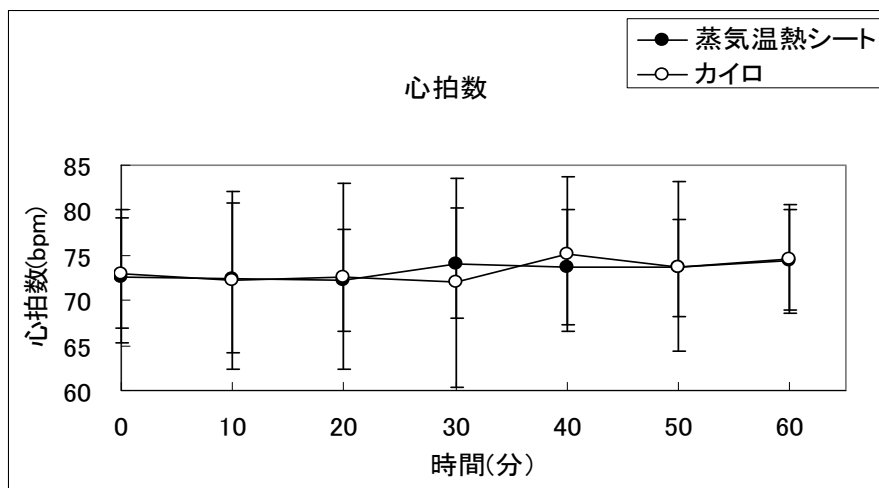
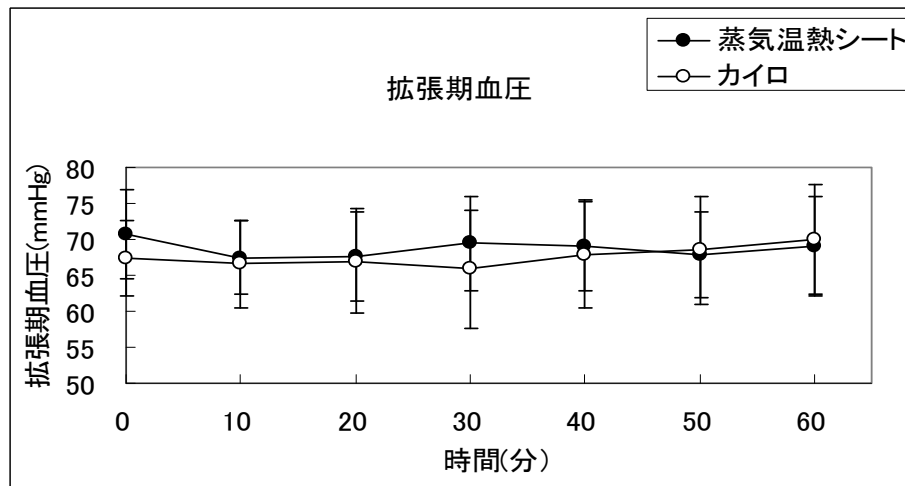
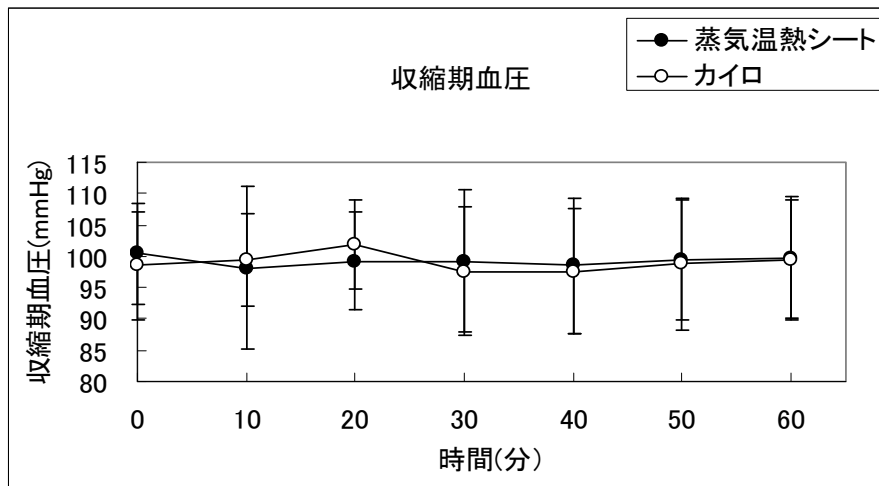
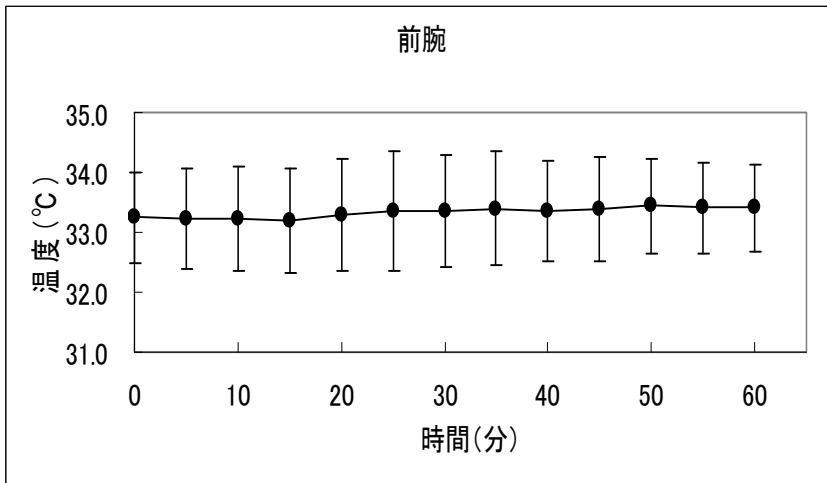
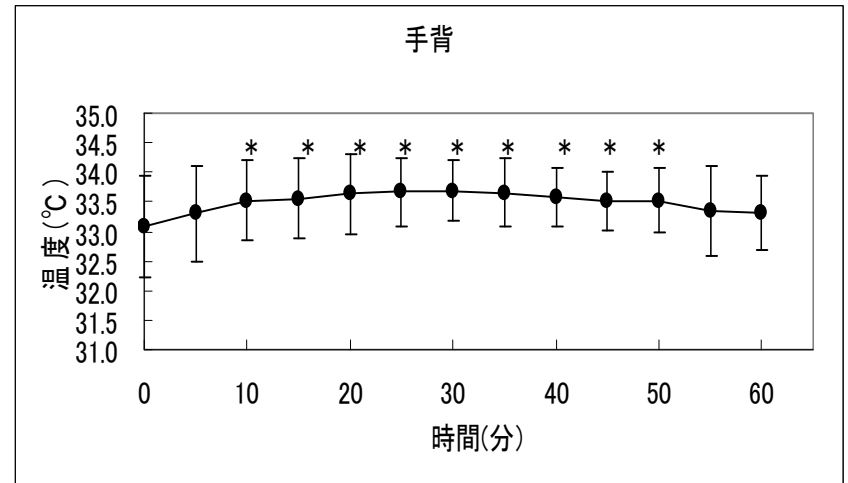
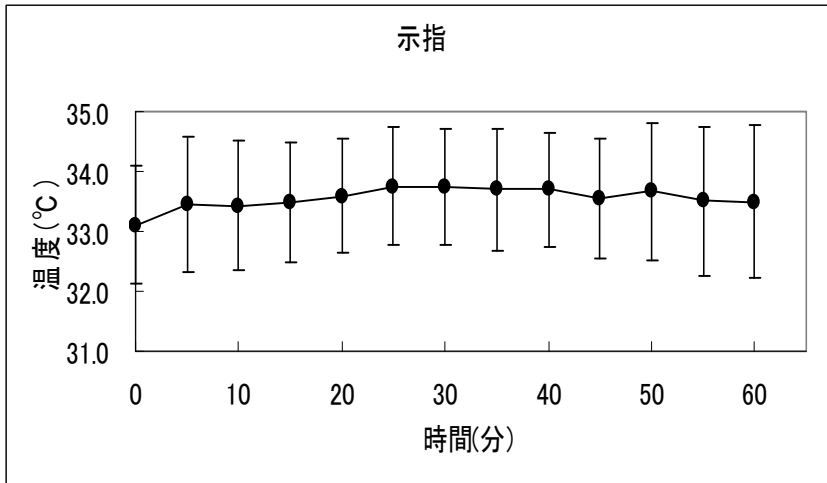
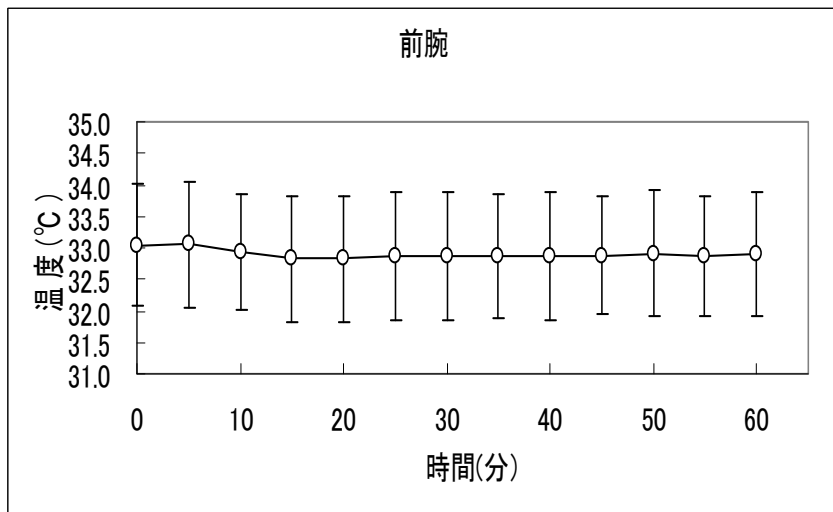
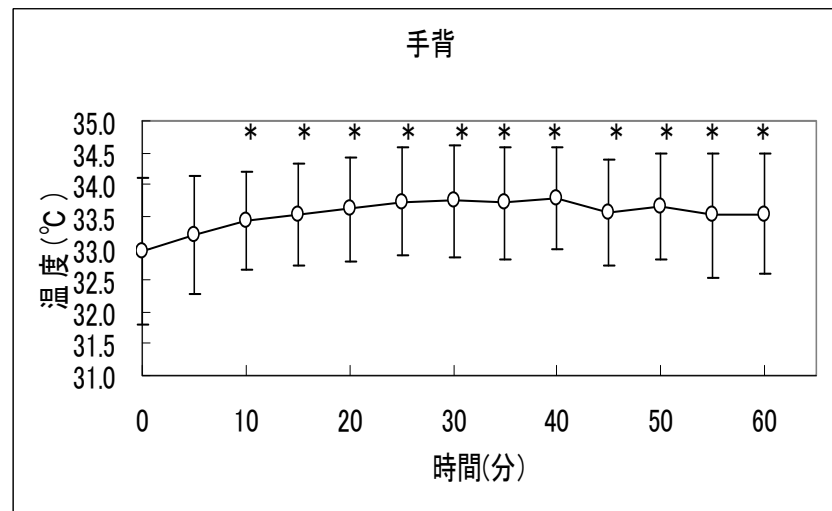
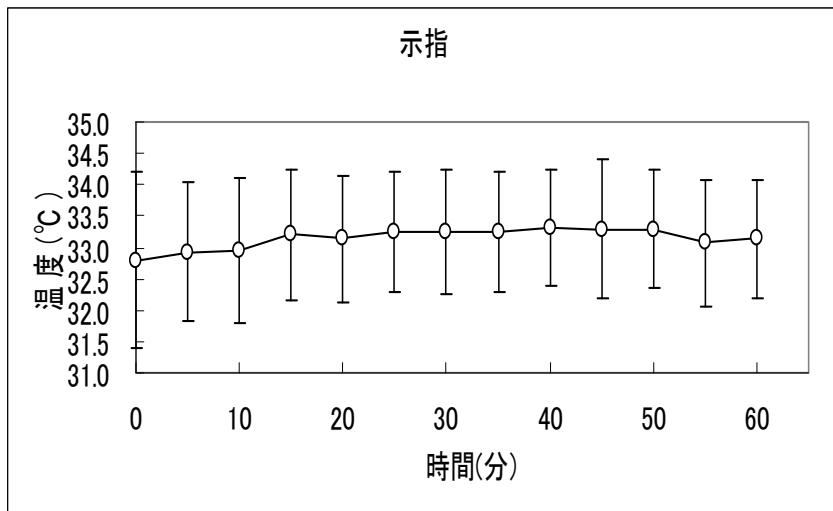


図4. 蒸気温熱シートによる上肢の皮膚温変化



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図5. 使い捨てカイロによる上肢の皮膚温変化



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図6. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる上肢の皮膚温変化の比較

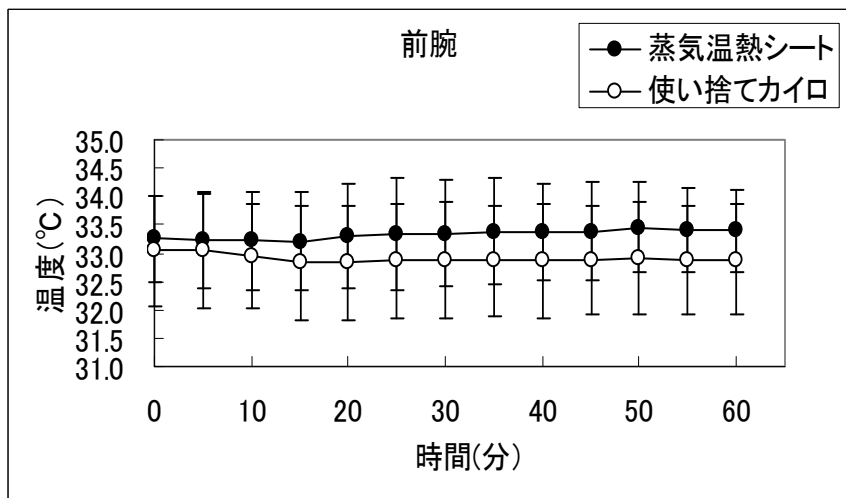
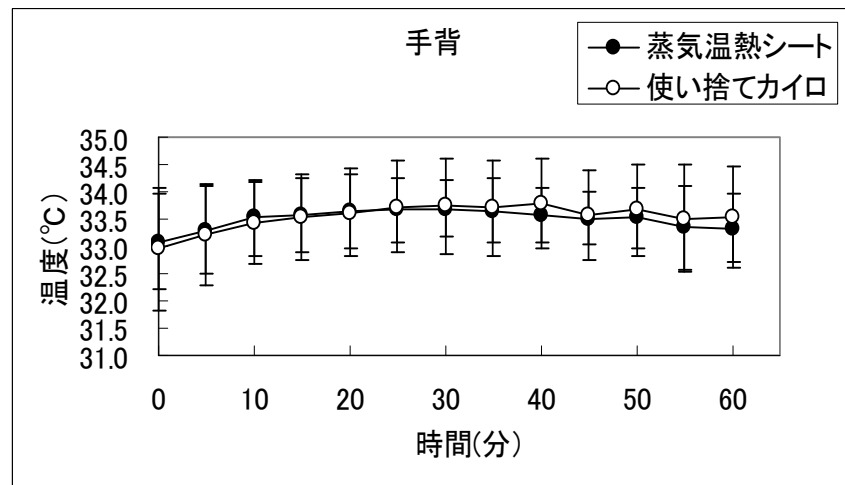
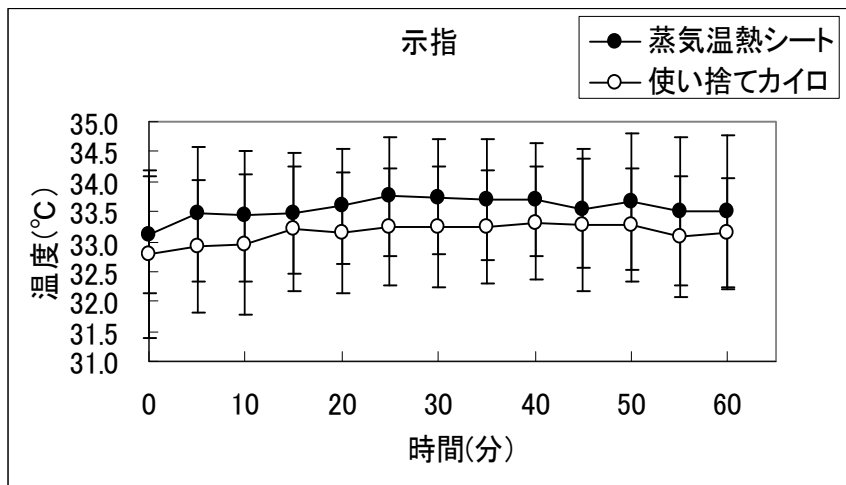
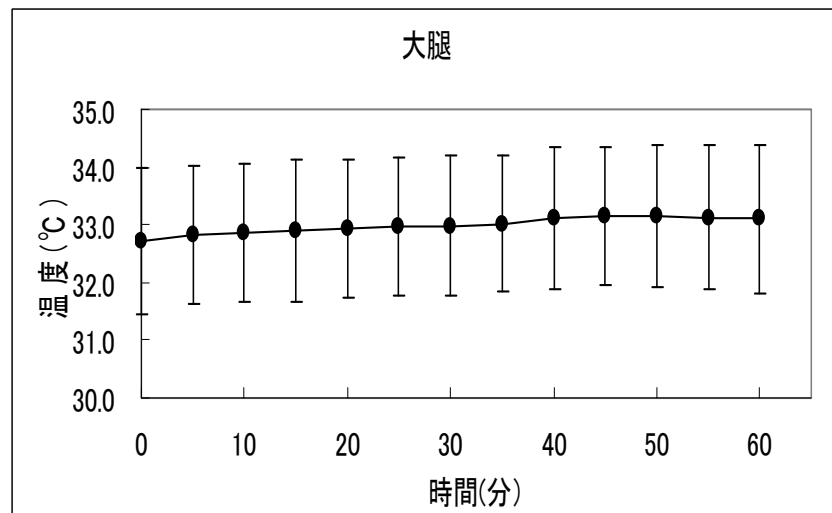
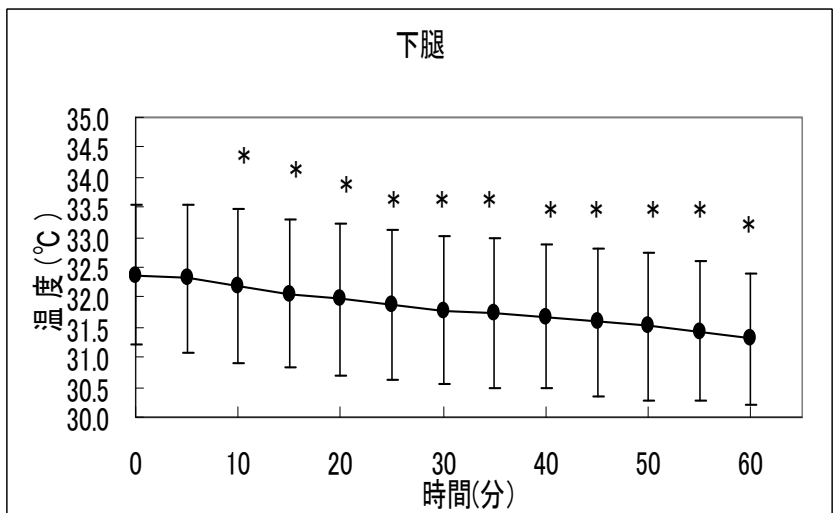
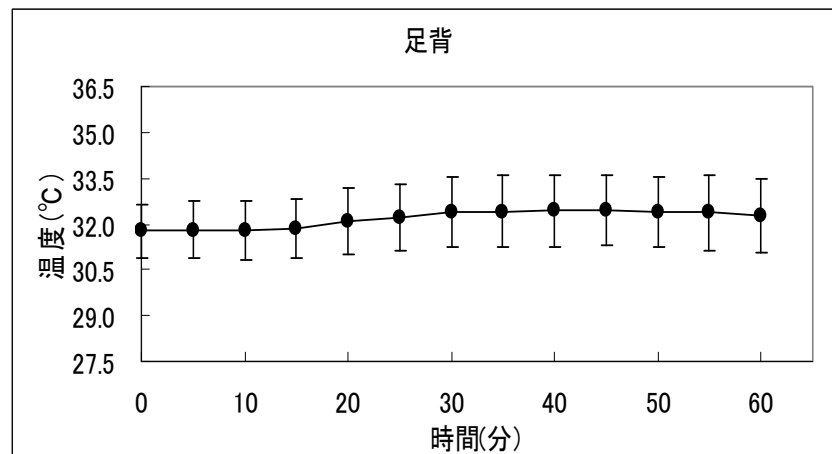
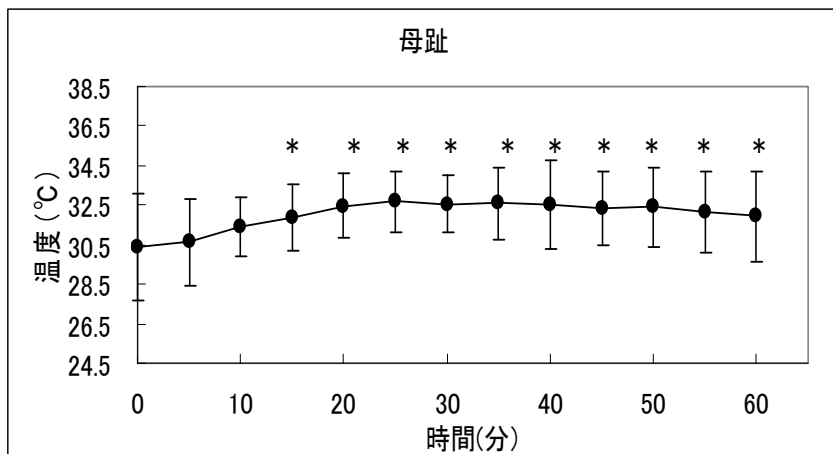
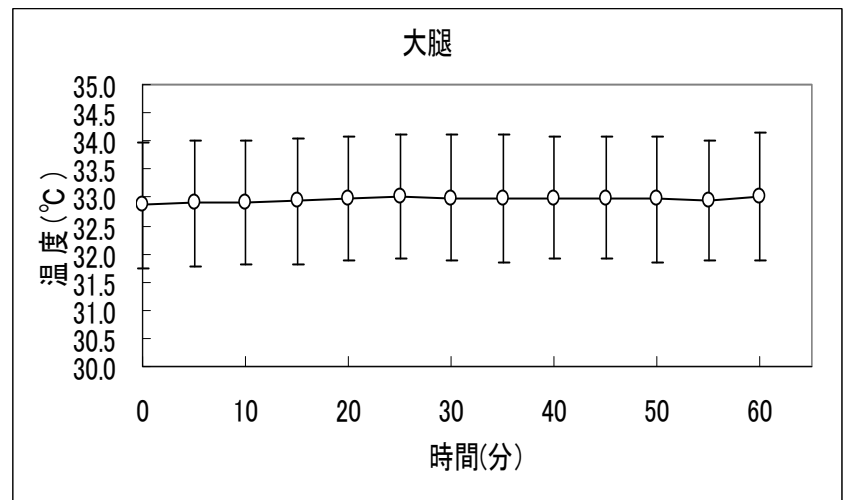
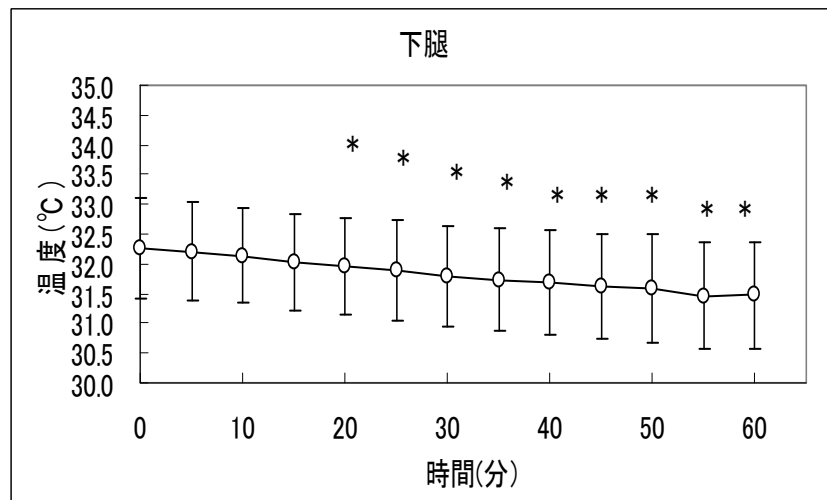
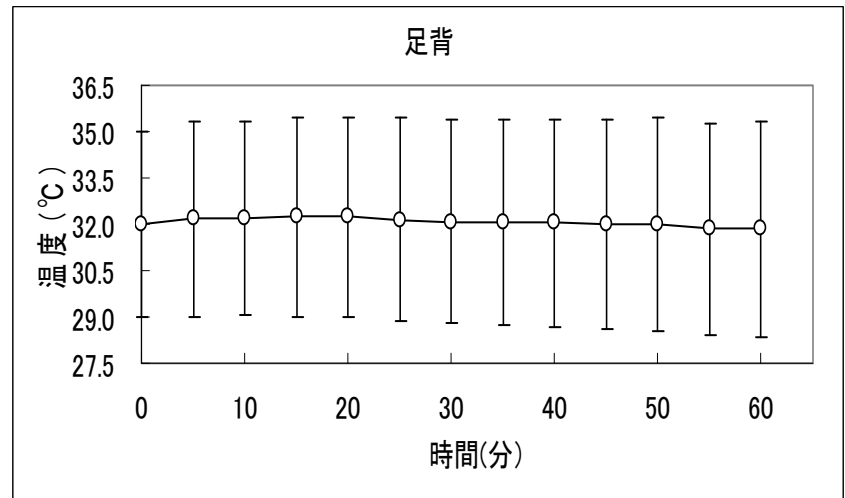
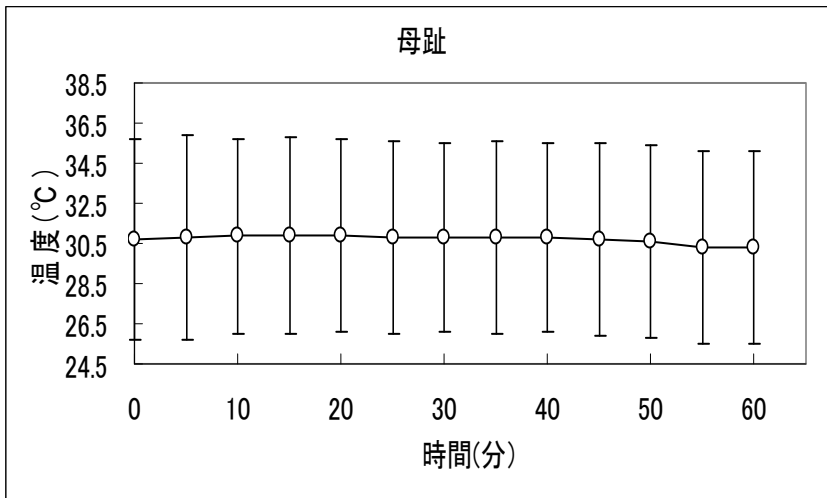


図7. 蒸気温熱シートによる下肢の皮膚温変化



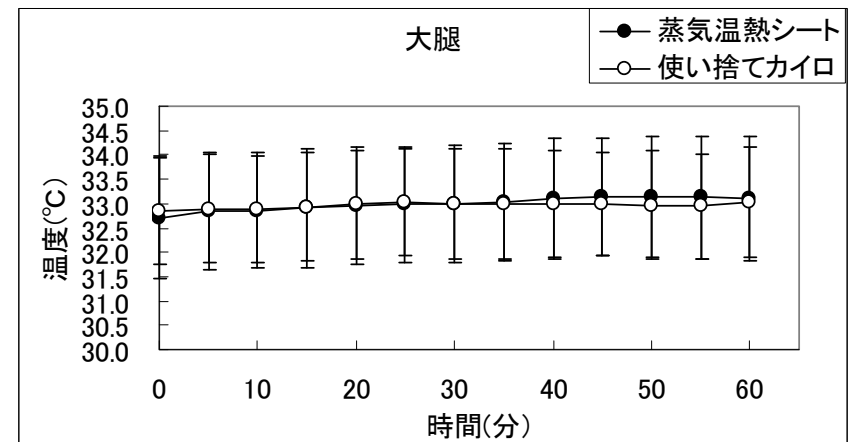
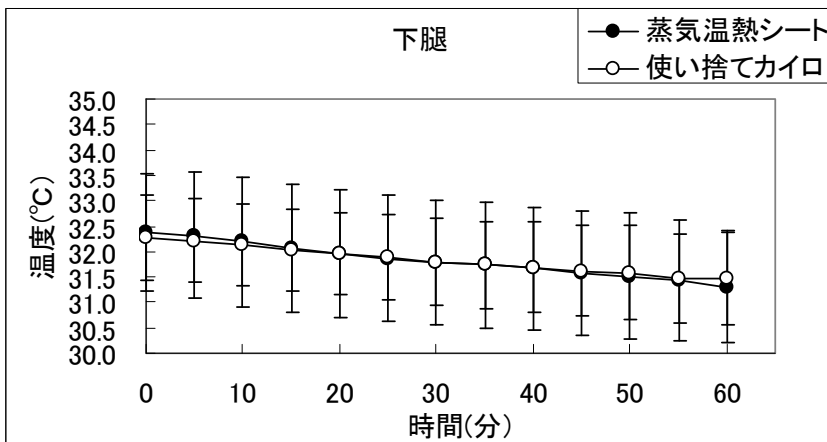
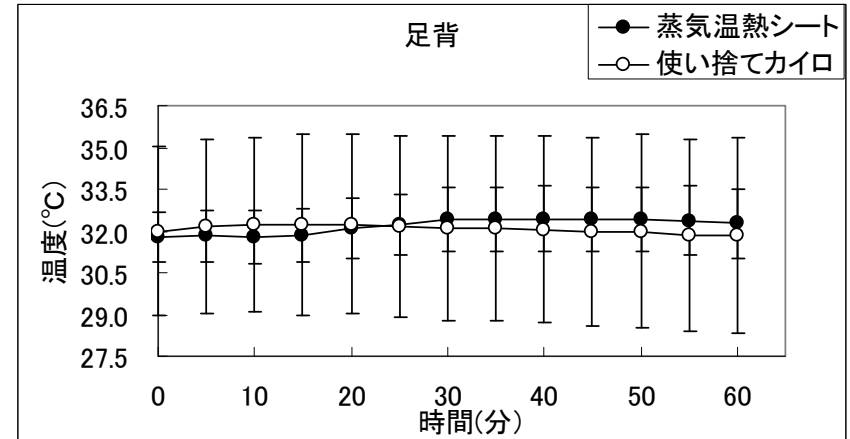
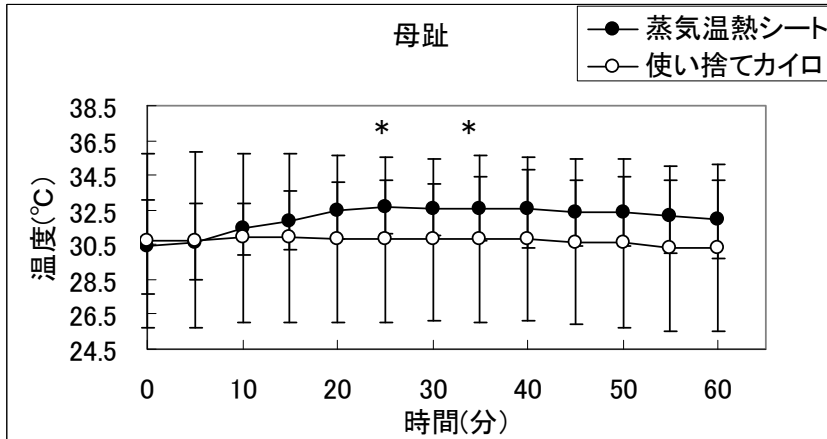
* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図8. 使い捨てカイロによる下肢の皮膚温変化



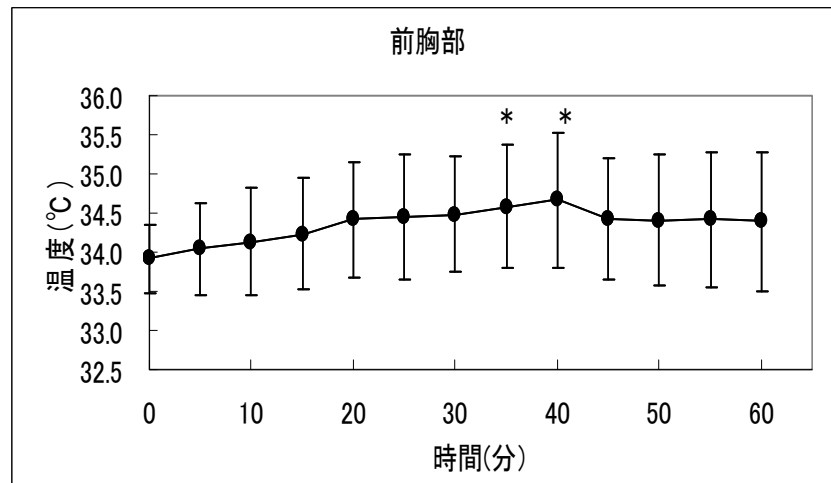
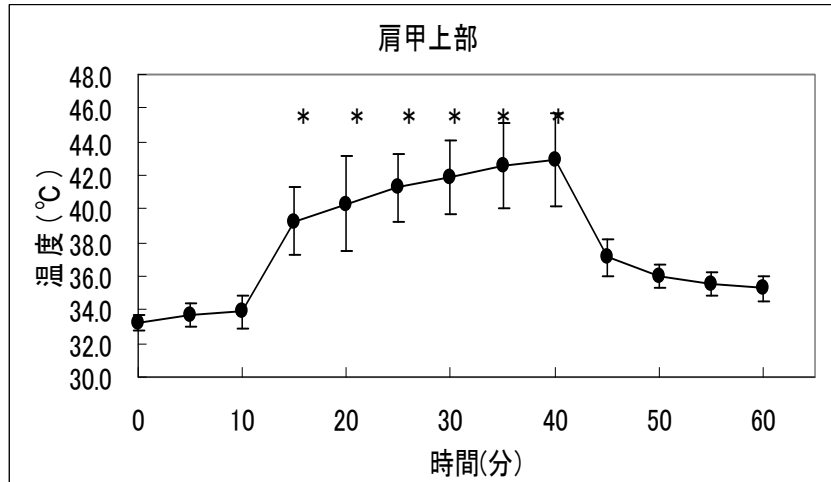
* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図9. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる下肢の皮膚温変化の比較



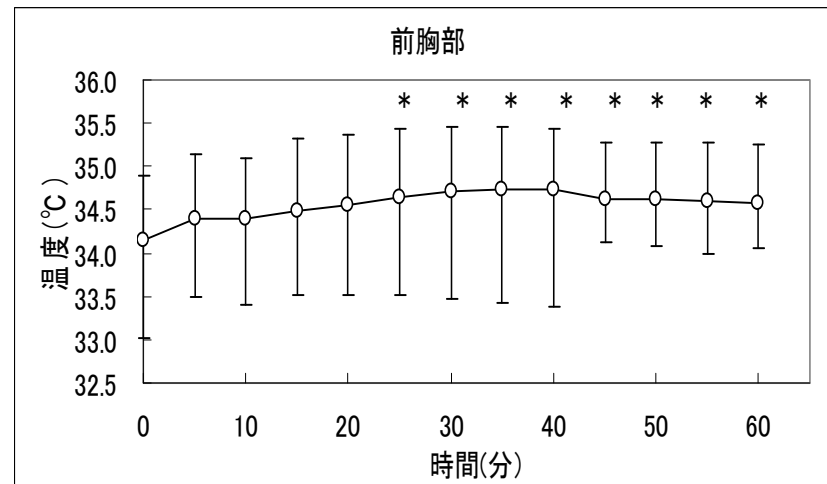
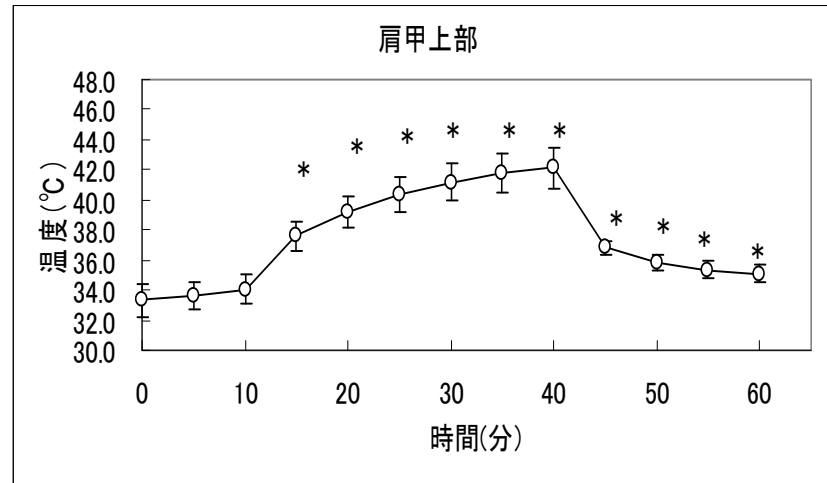
* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

図10. 蒸気温熱シートによる肩甲上部、前胸部皮膚温の変化



* : p < 0.05 vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図11. 使い捨てカイロによる肩甲上部、前胸部皮膚温の変化



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図12. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる肩甲上部、前胸部の皮膚温変化の比較

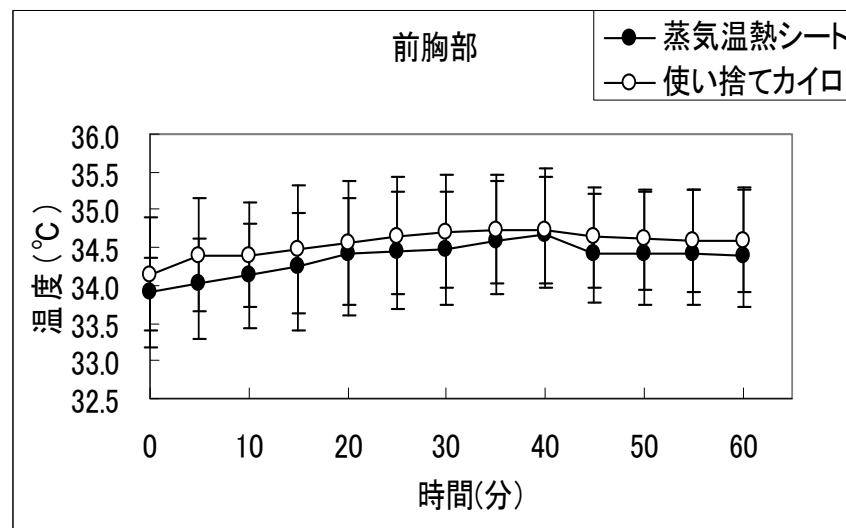
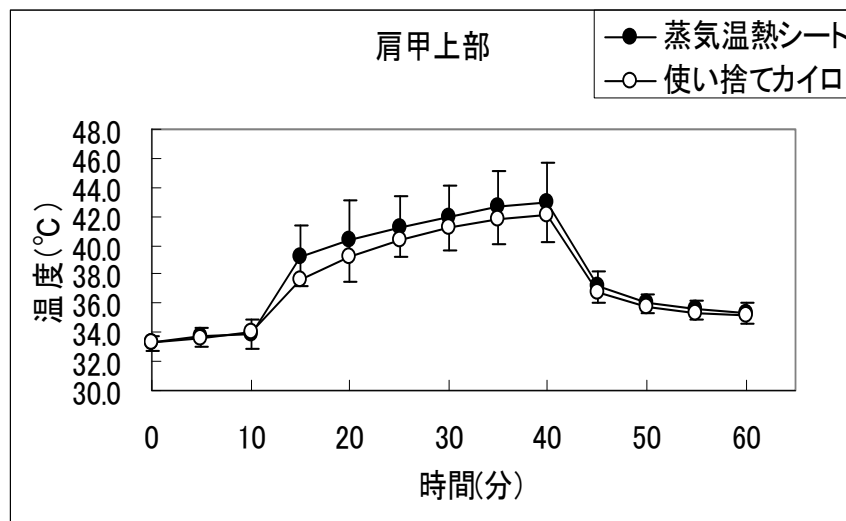
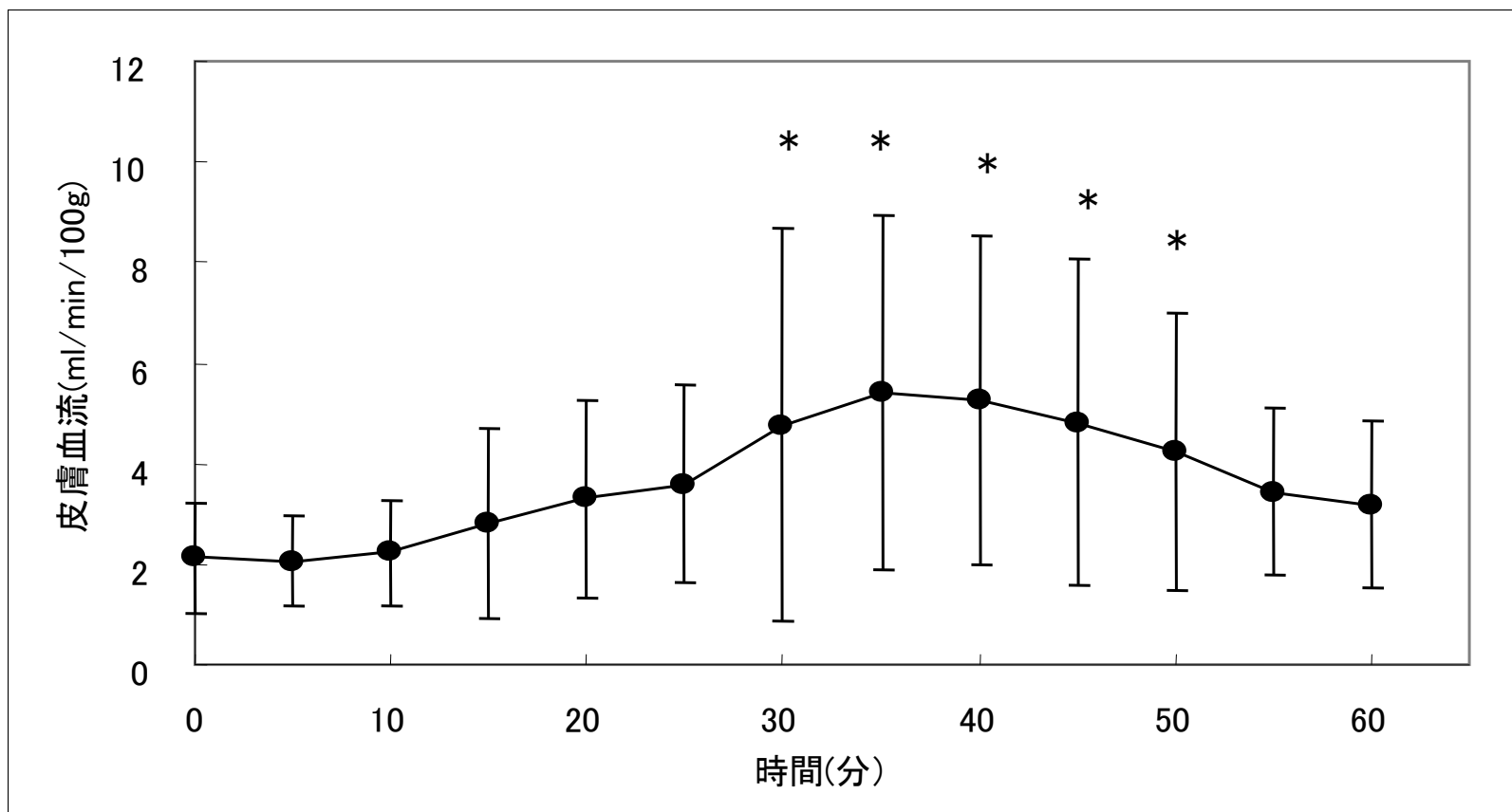
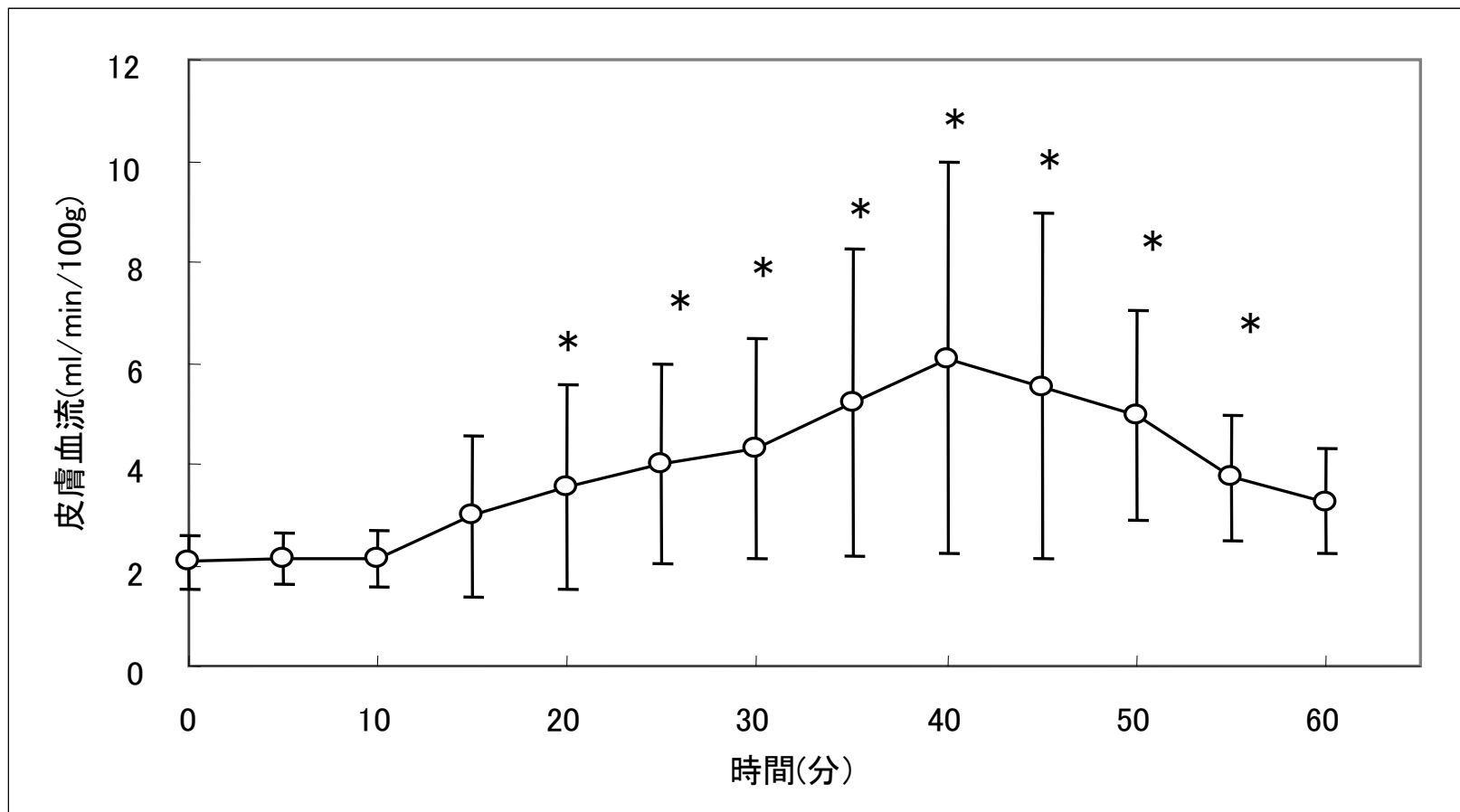


図13. 蒸気温熱シートによる肩甲上部皮膚血流の変化



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図14. 使い捨てカイロによる肩甲上部皮膚血流の変化



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図15. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる肩甲上部皮膚血流の変化の比較

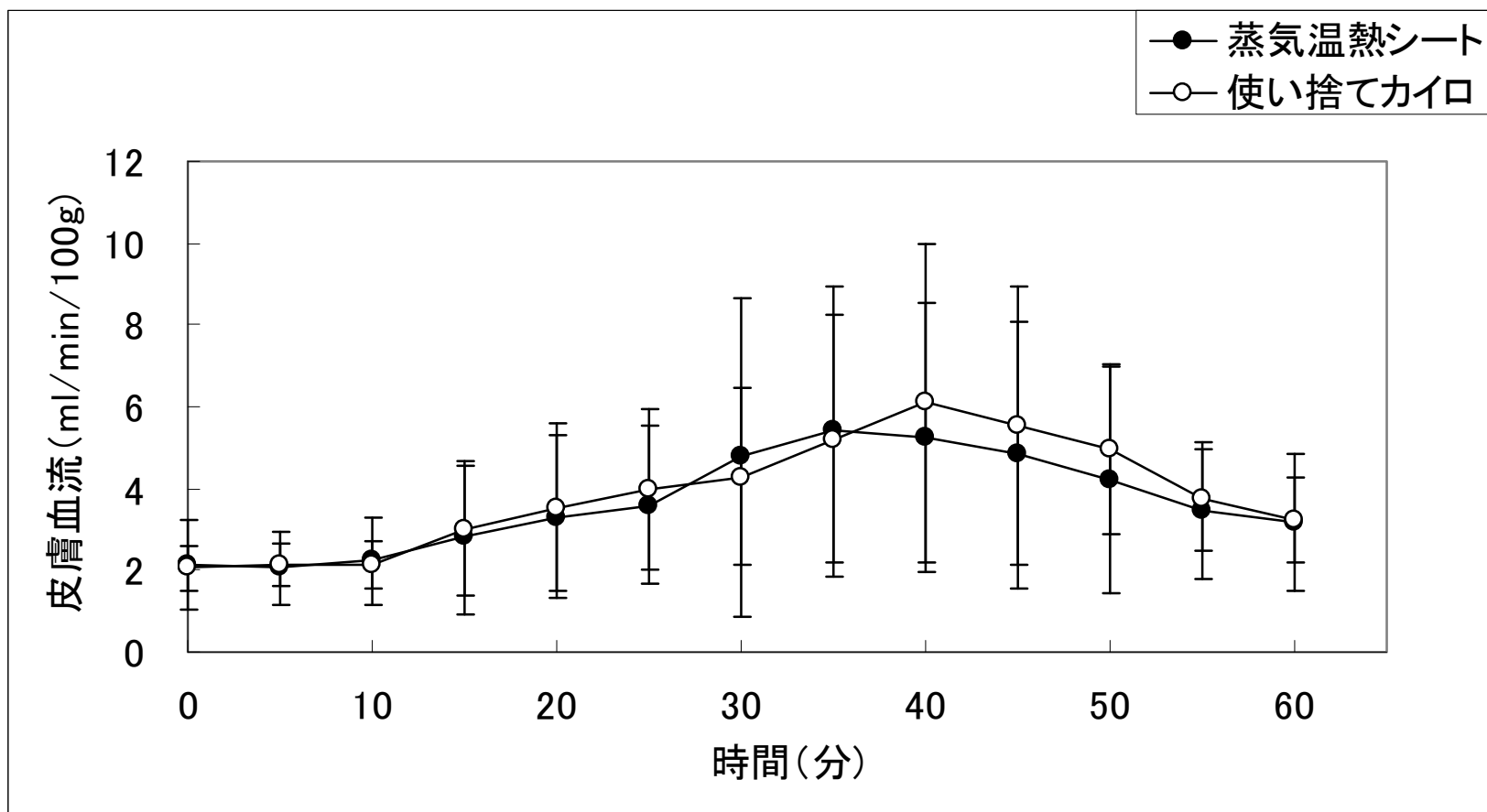


図16. 蒸気温熱シートによる前胸部皮膚血流の変化

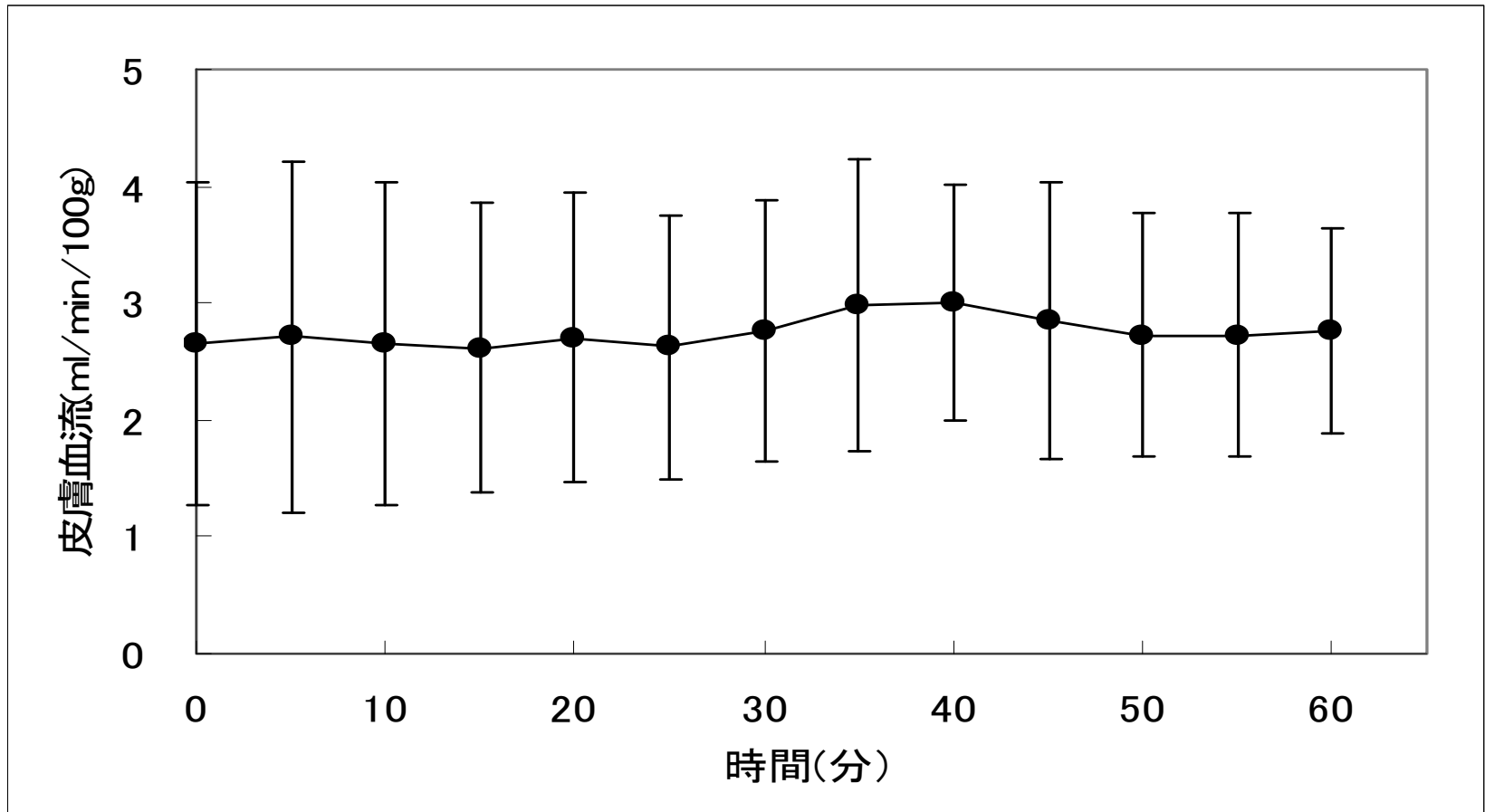


図17. 使い捨てカイロによる前胸部皮膚血流の変化

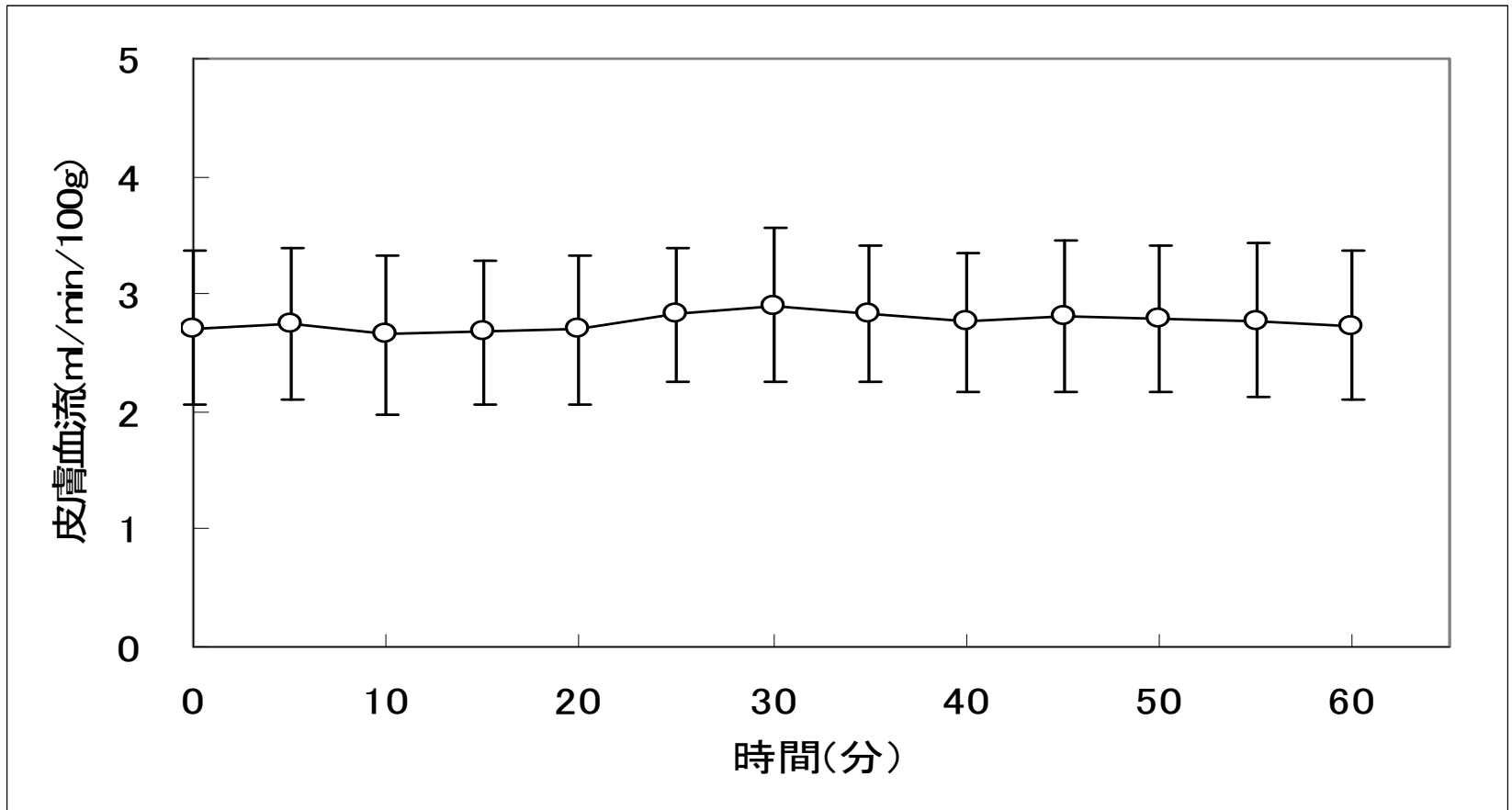


図18. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる前胸部皮膚血流の変化の比較

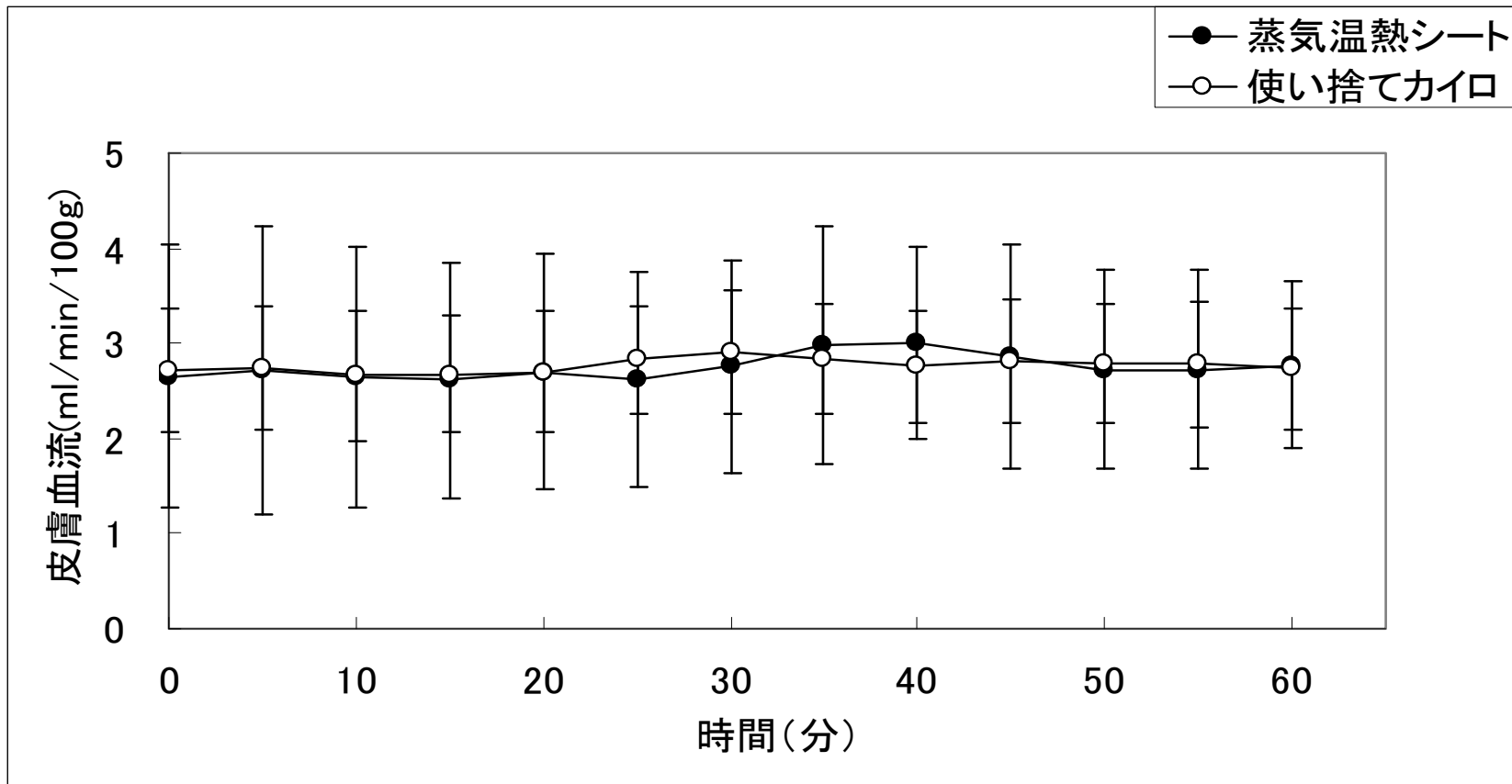
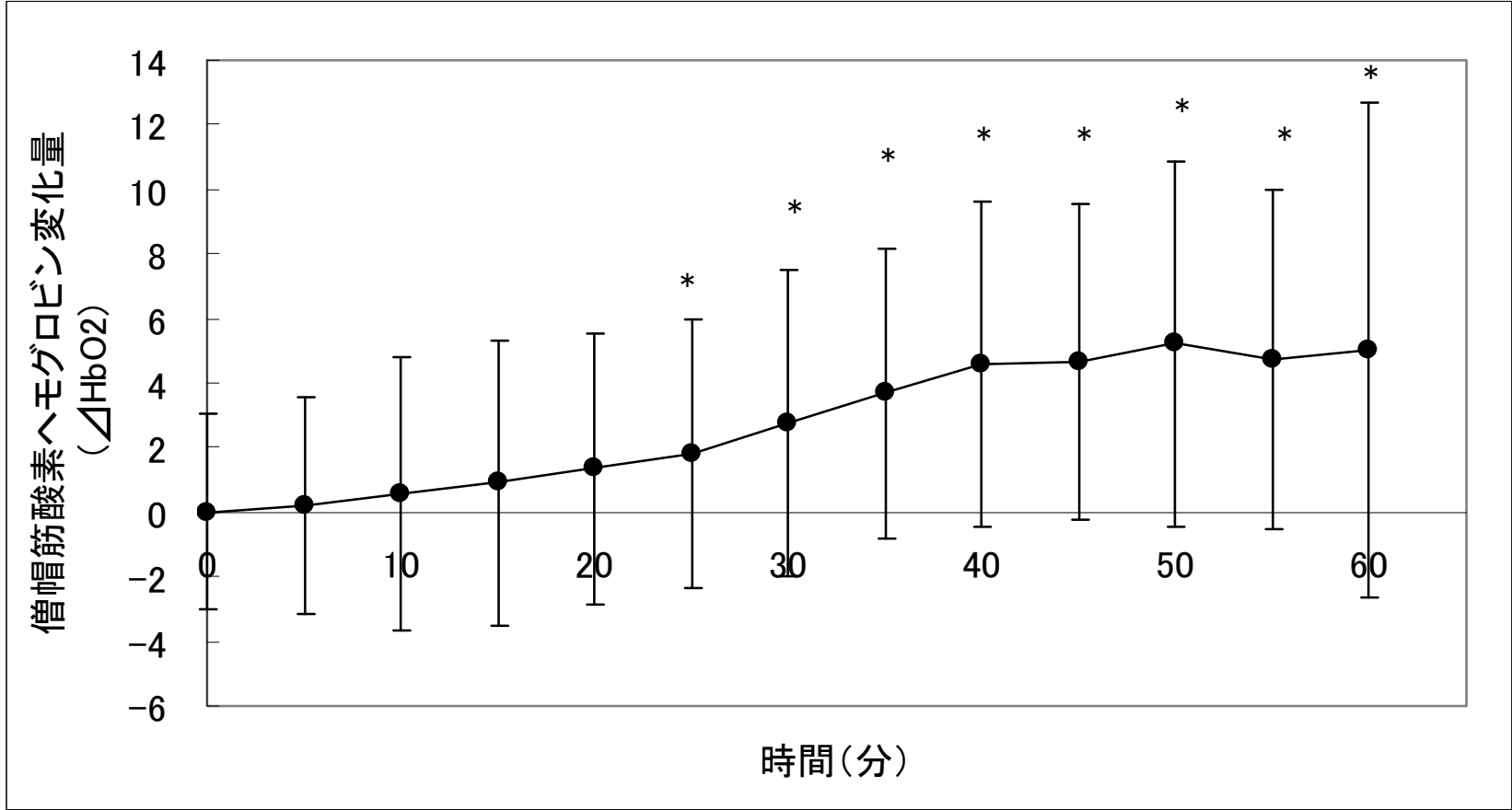
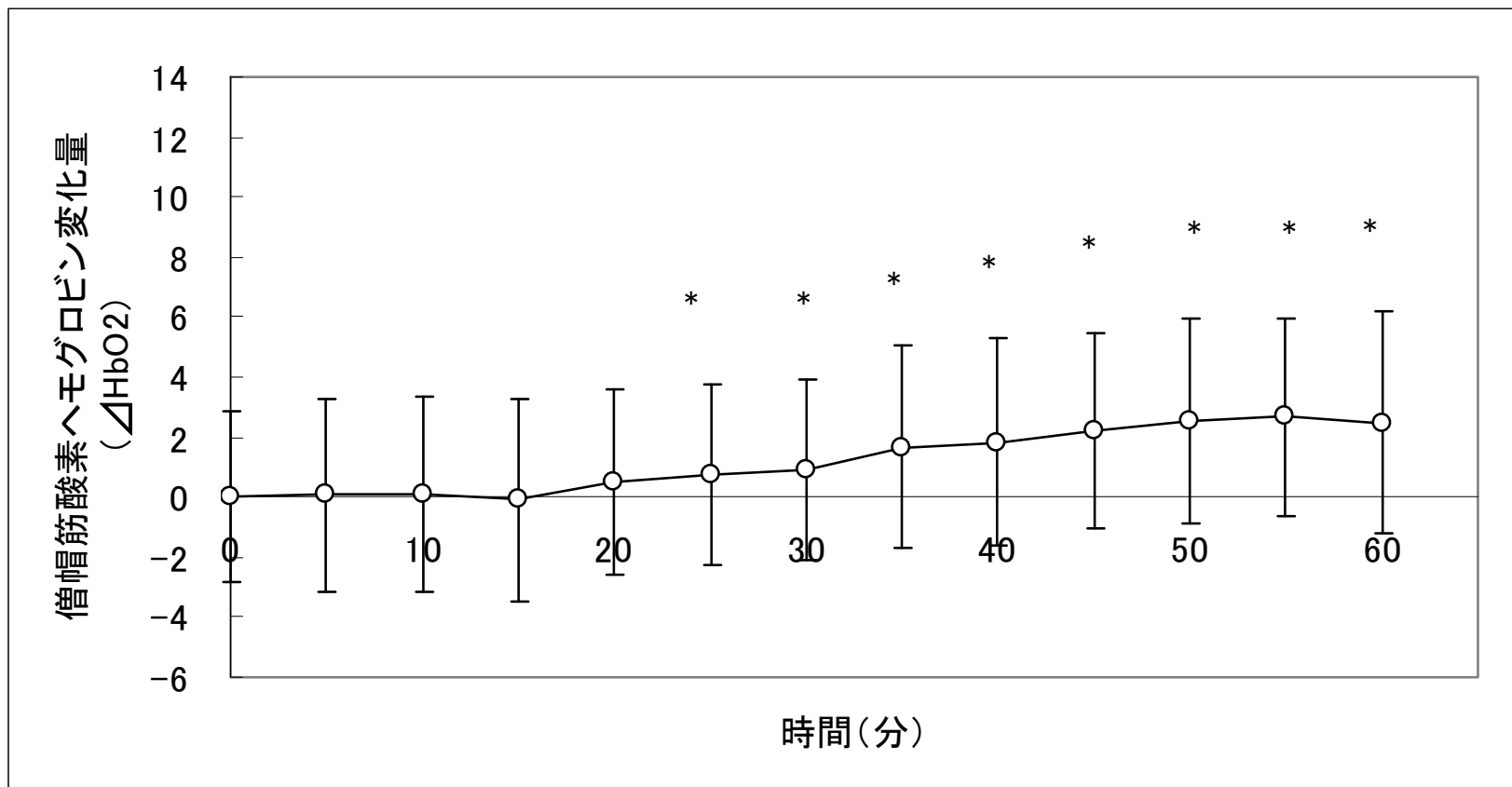


図19. 蒸気温熱シートによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量



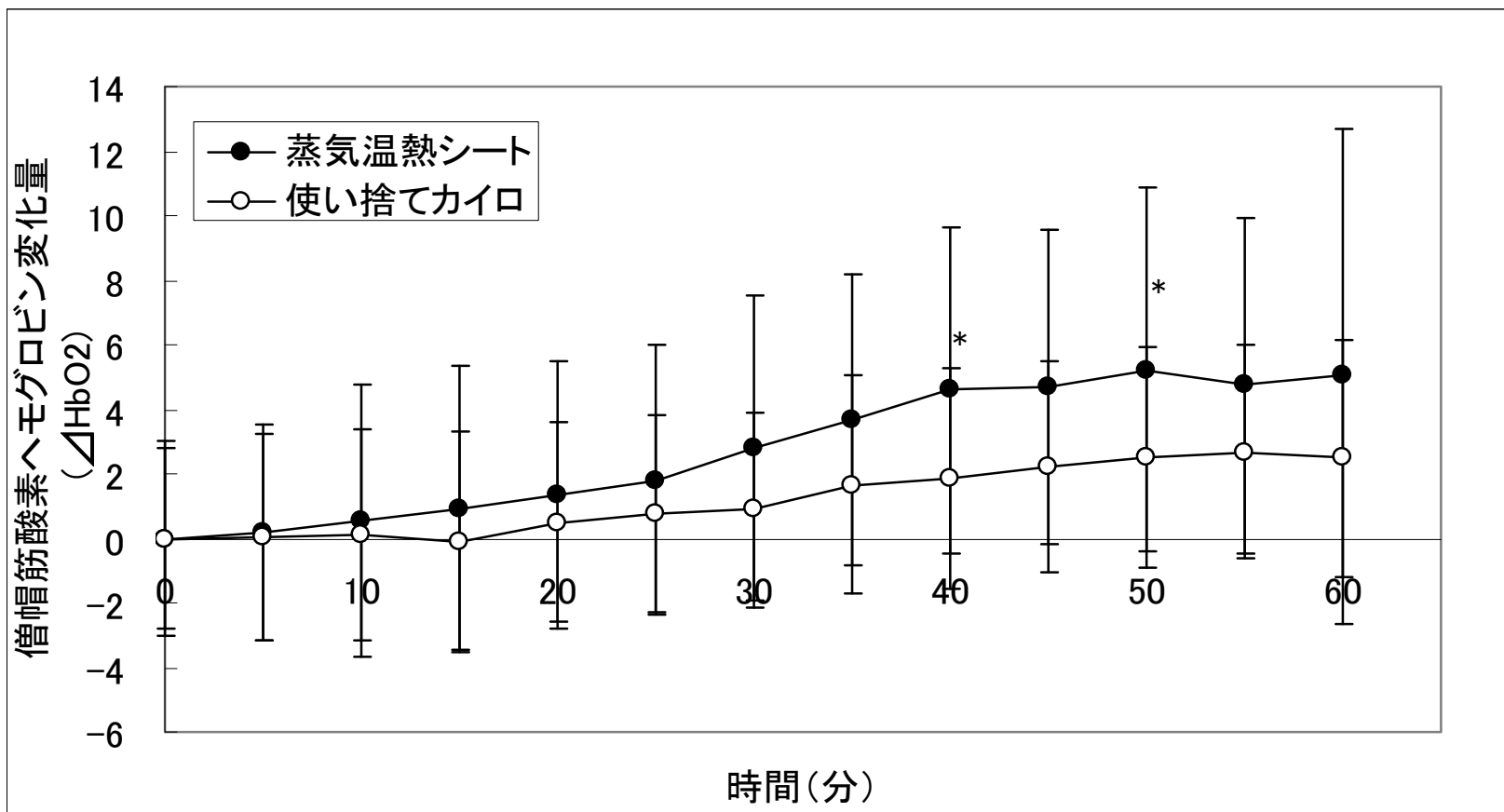
* : p < 0.05 vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図20. 使い捨てカイロによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量



* : $p < 0.05$ vs. コントロール値 (繰り返しのある分散分析で検定)

図21. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる僧帽筋酸素ヘモグロビン濃度増加量の比較



* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

図22. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる局所痛の緩和の比較

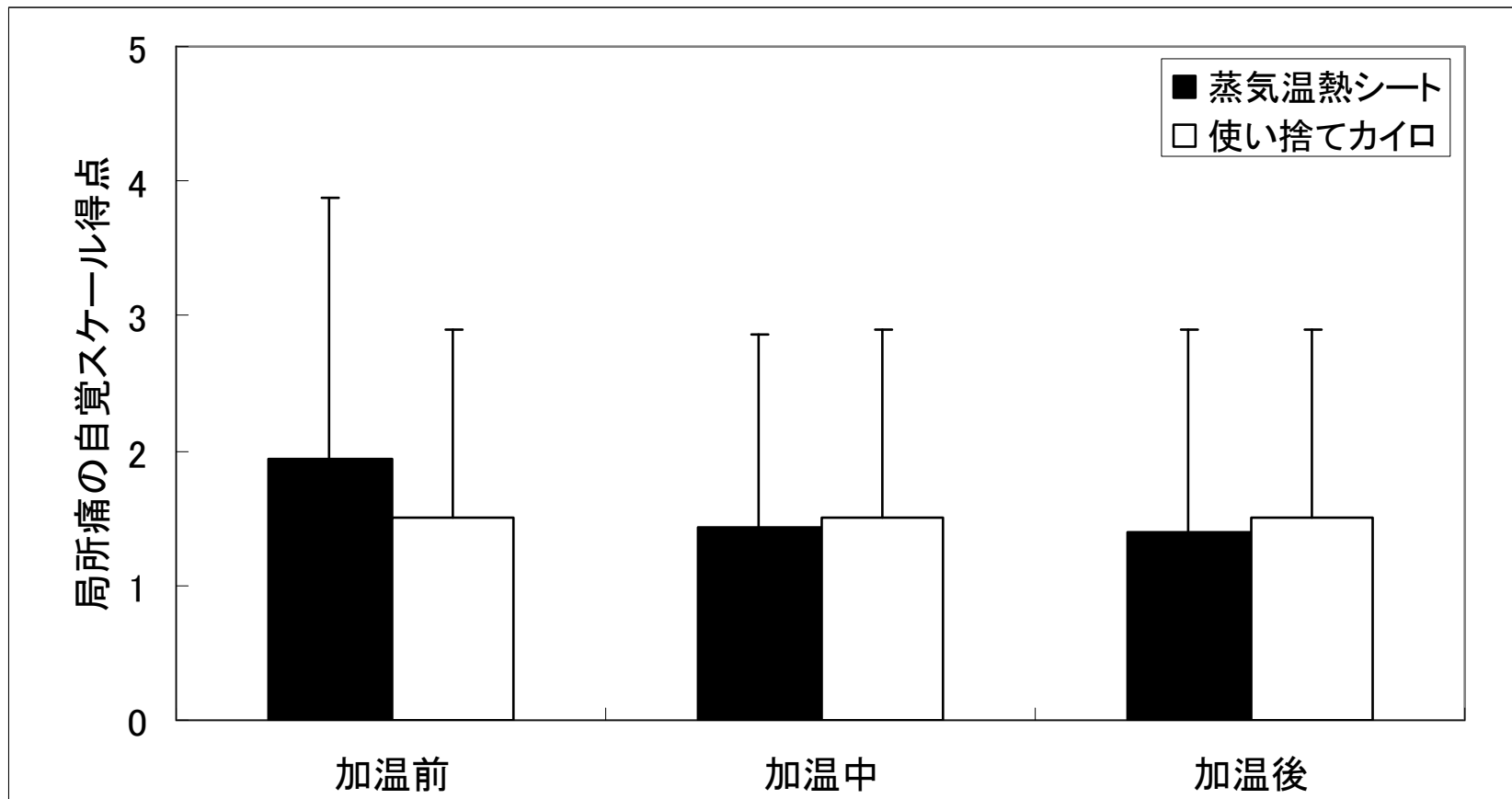
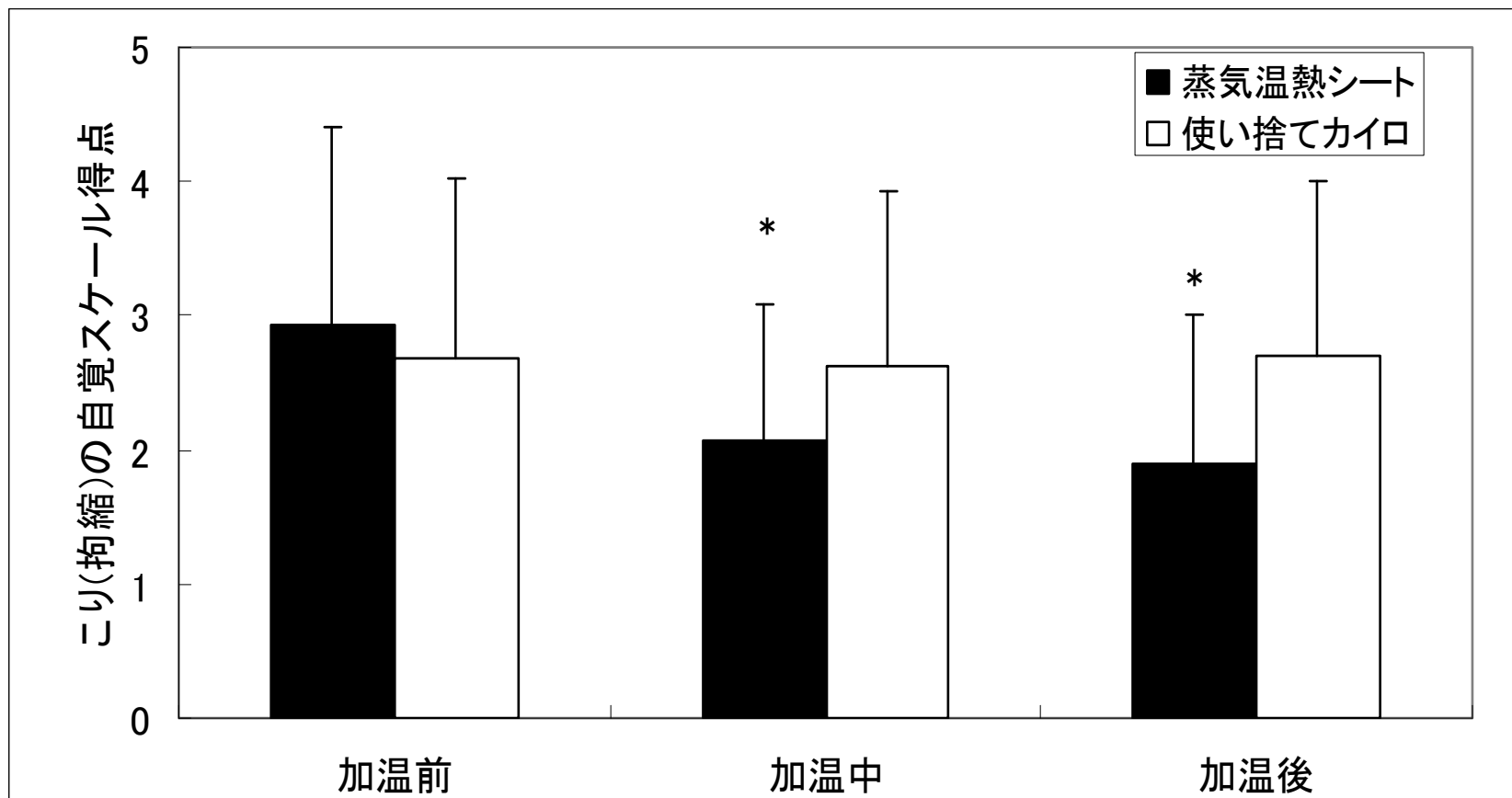
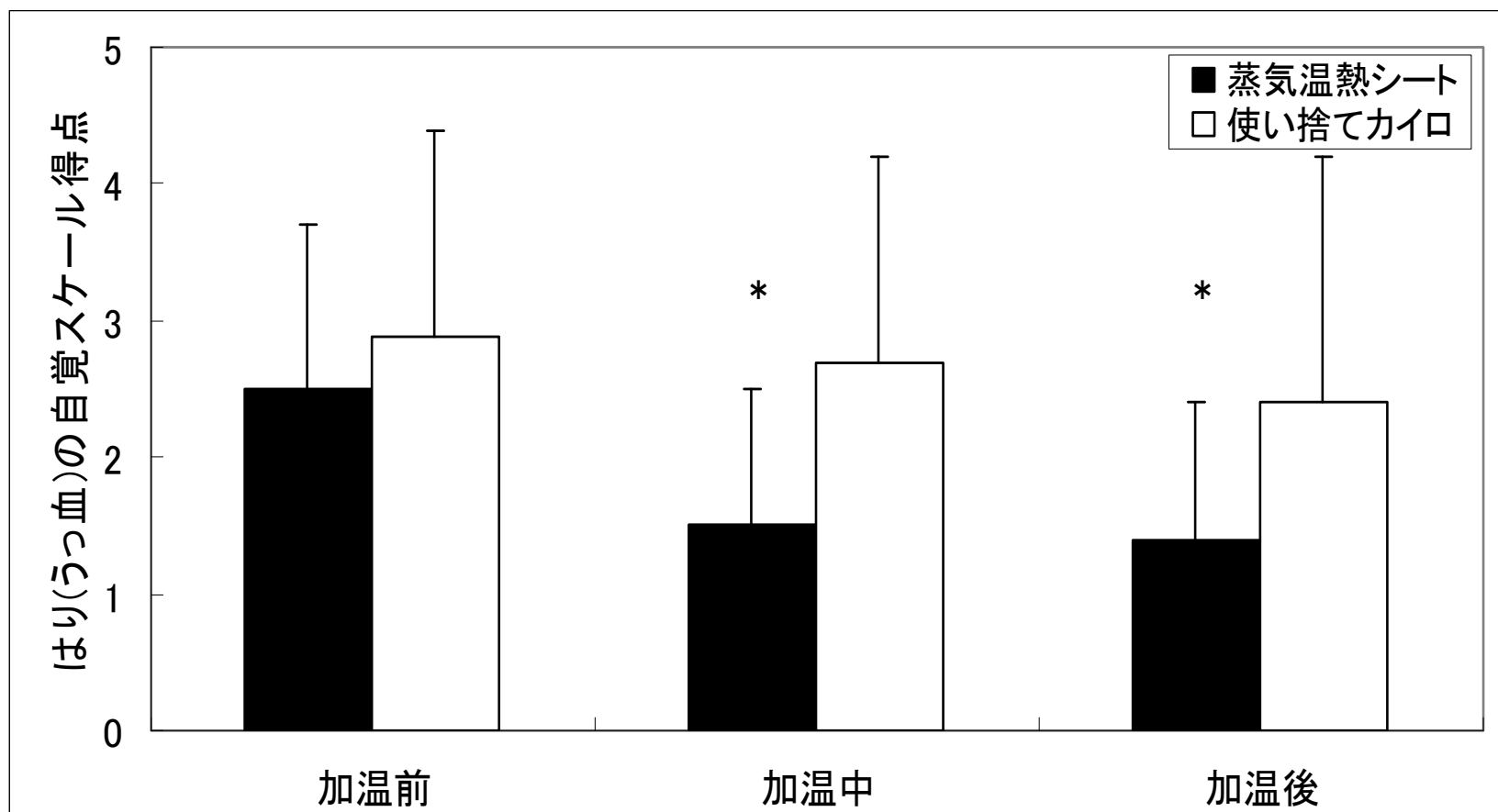


図23. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる「こり(拘縮)」の緩和の比較



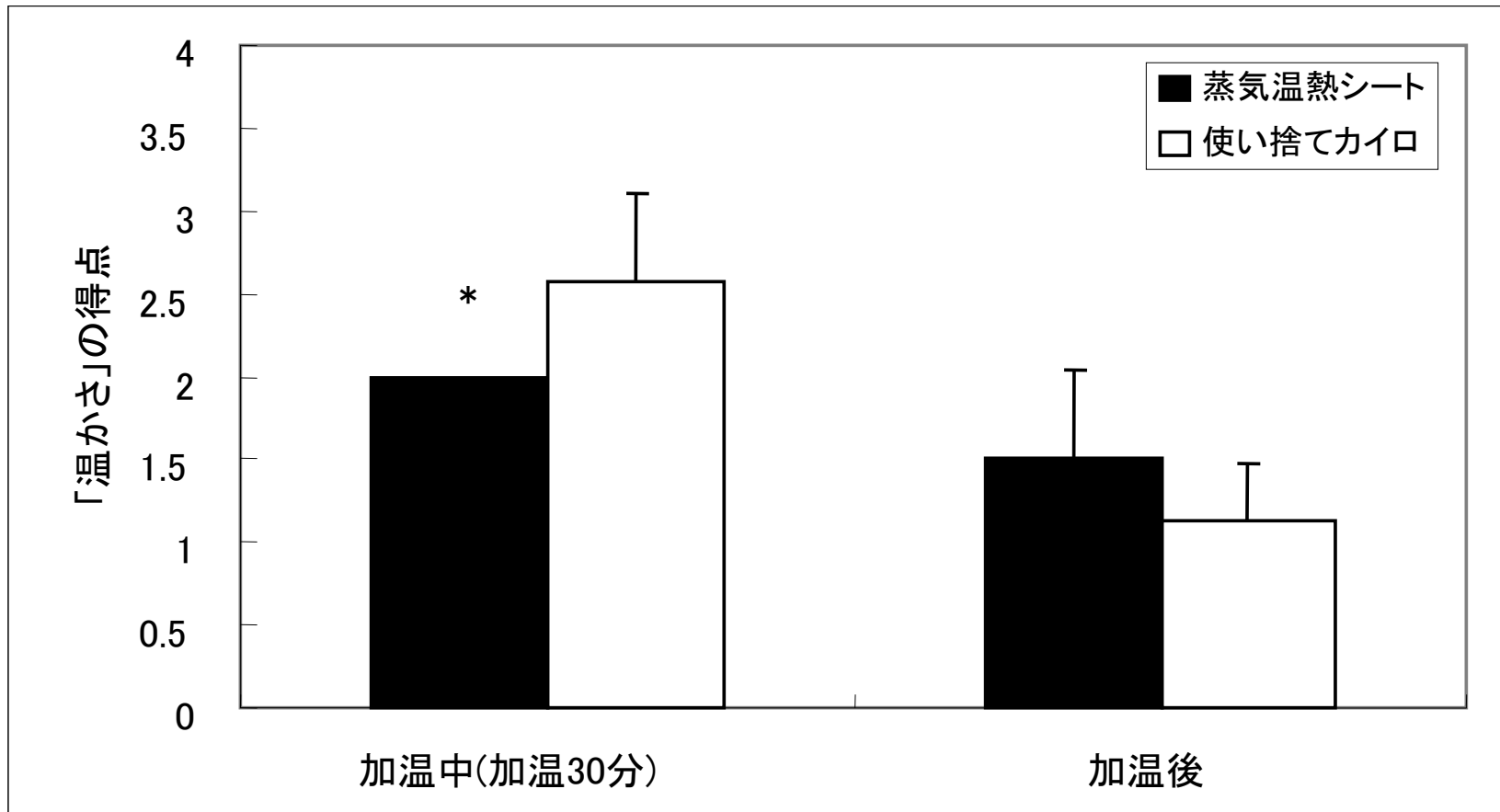
* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

図24. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる「はり(うっ血)」の緩和の比較



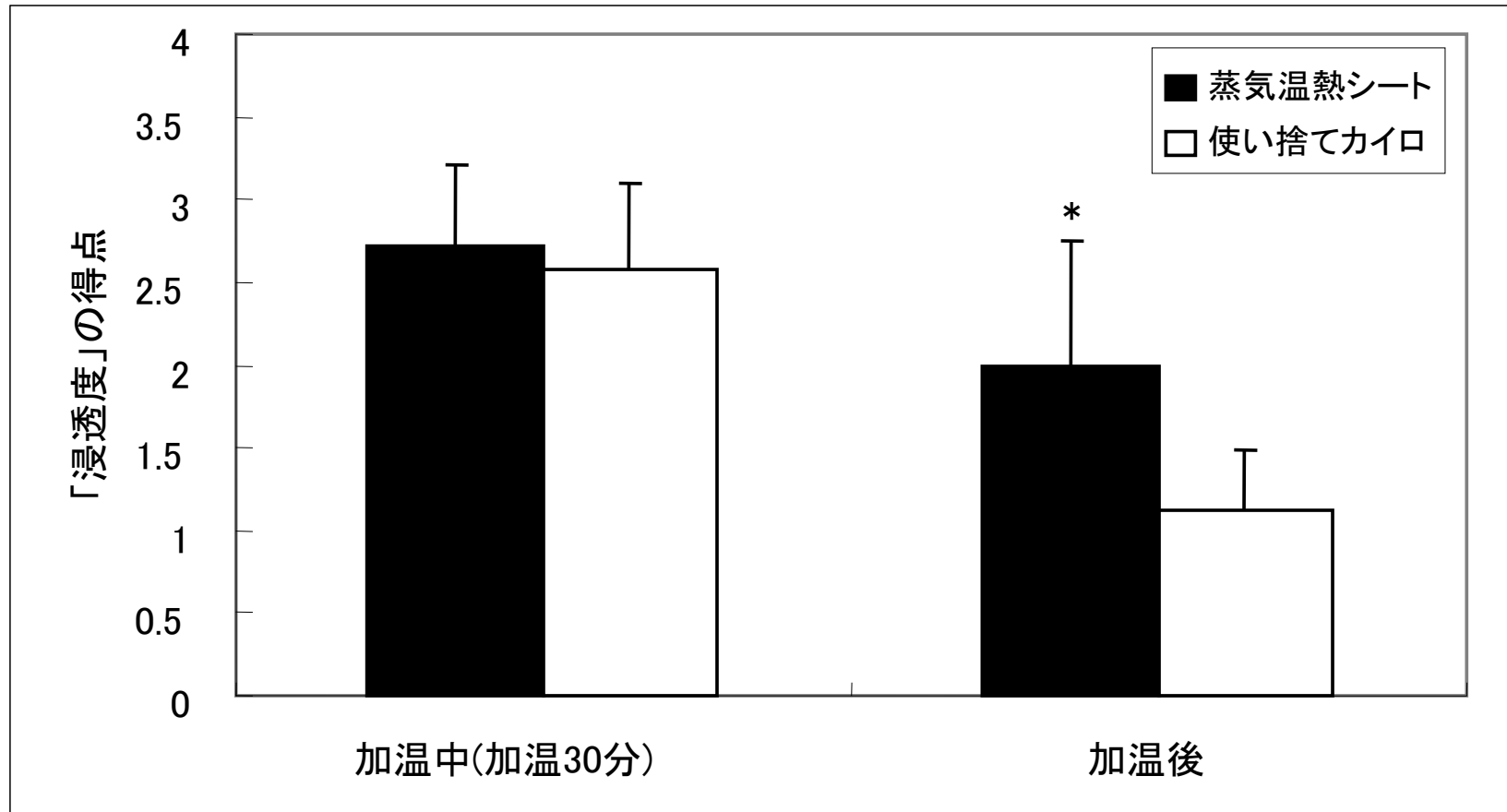
* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

図25. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「温かさ」の比較



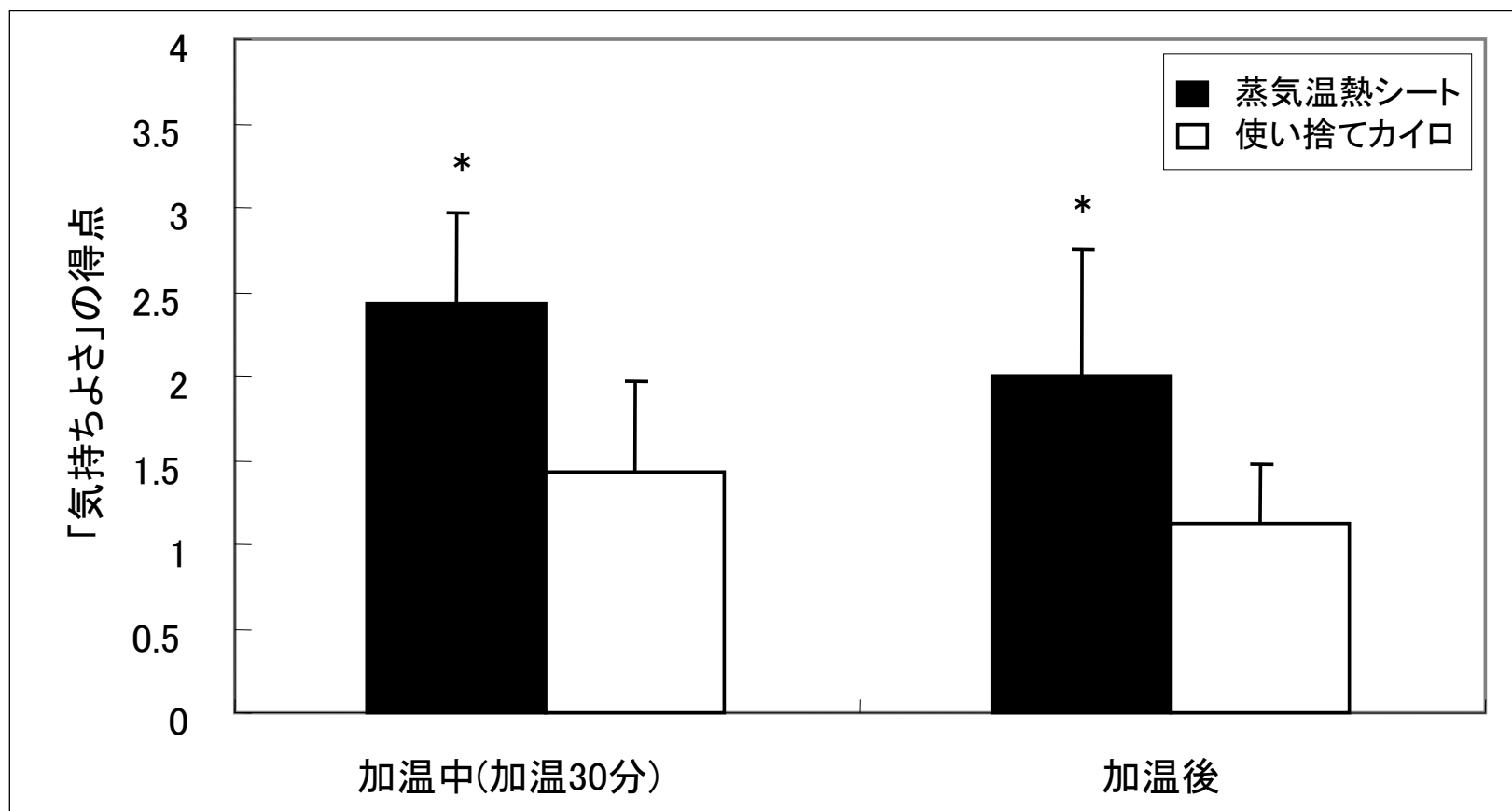
* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Kruskal-Wallis分散分析による検定)

図26. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「浸透度」の比較



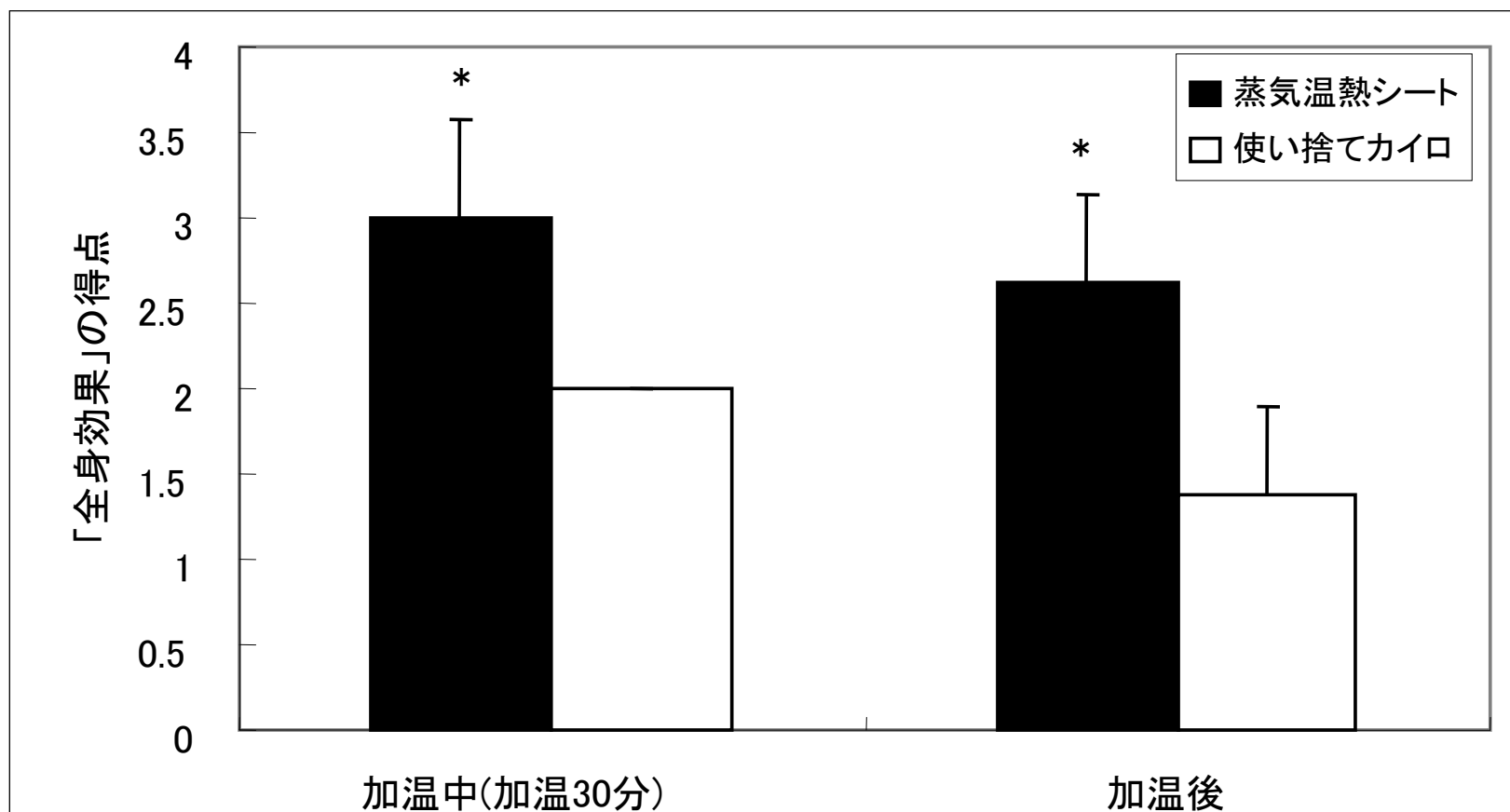
* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Kruskal-Wallis分散分析による検定)

図27. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「気持ちよさ」の比較



* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Kruskal-Wallis分散分析による検定)

図28. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる温熱感覚スコア「全身効果」の比較



* : $p < 0.05$ vs. カイロ貼付時の値 (Kruskal-Wallis分散分析による検定)

図29. 皮膚の温度知覚と温度受容性TRPチャンネルの関係

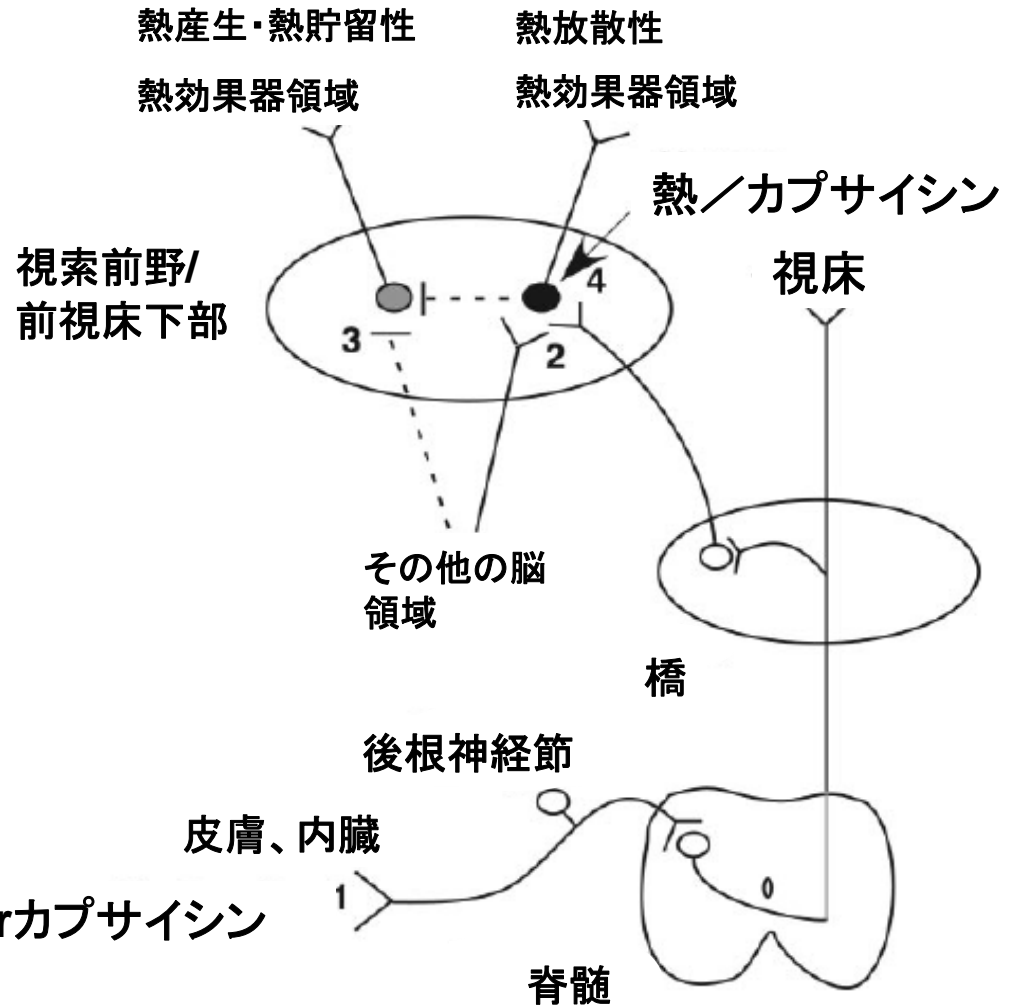
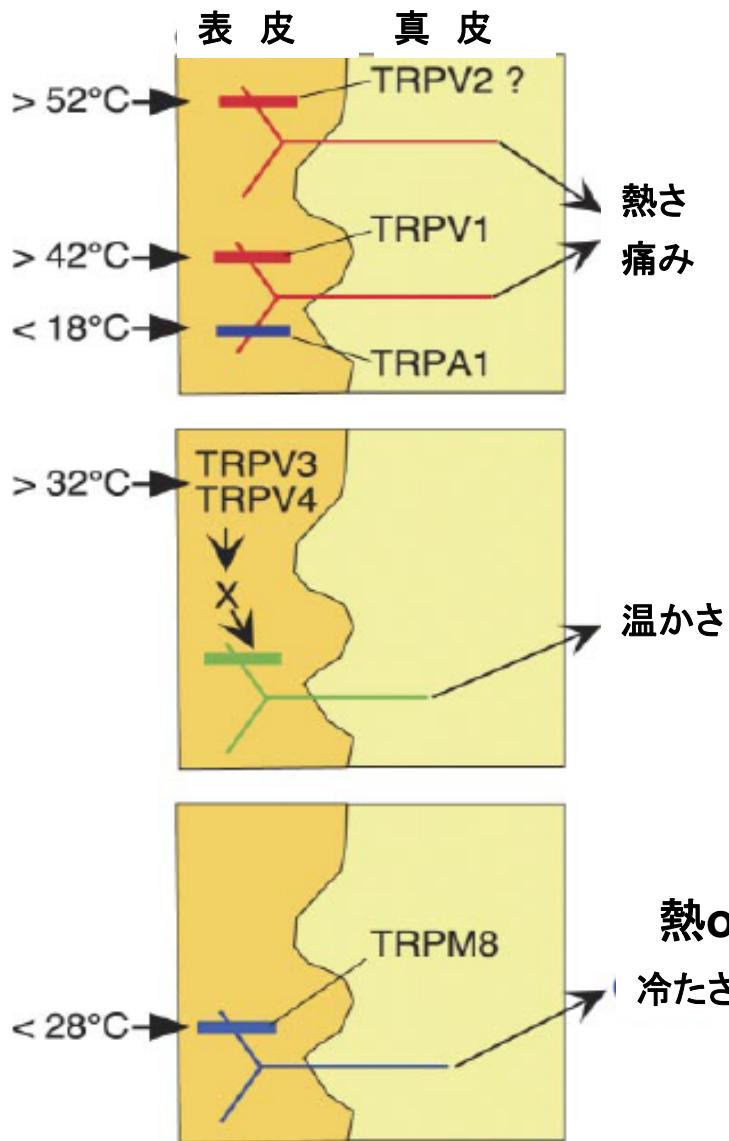


図30. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロの作用機序(仮説)

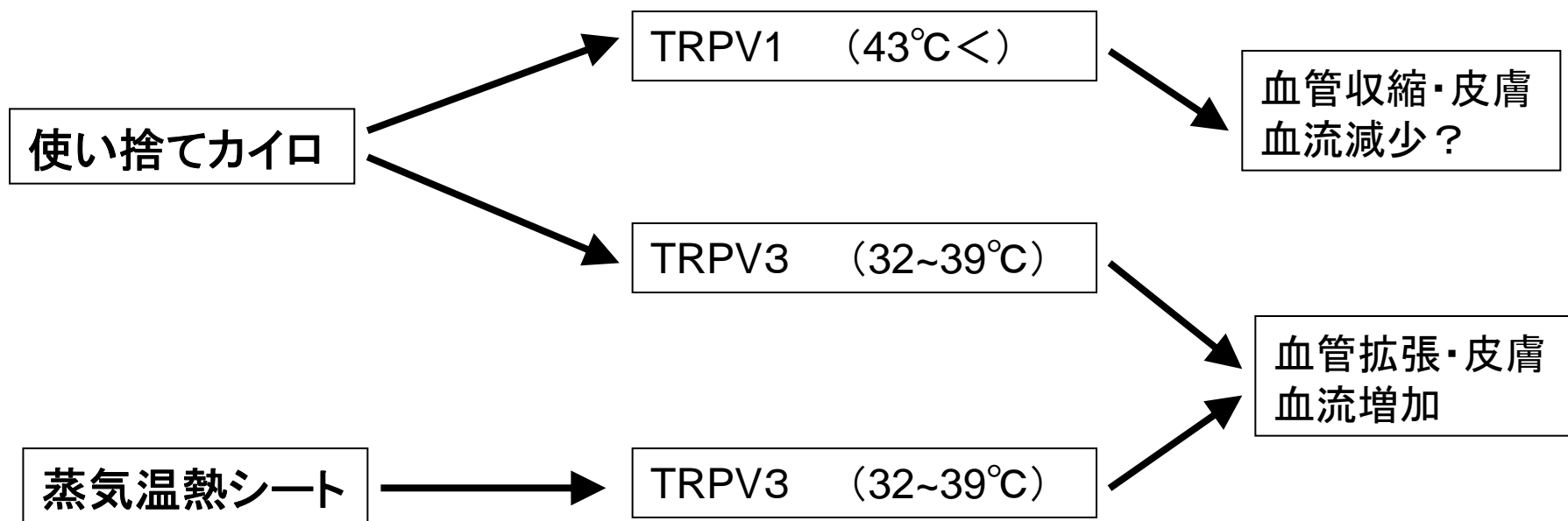


表1. 蒸気温熱シートと使い捨てカイロによる皮膚・筋血流量、
血流増加時間、加温部皮膚温の比較

	蒸気温熱シート	使い捨てカイロ
皮膚血流増加時間	3.6±1.9分後	2.6±3.7分後
皮膚血流増加時の肩甲上部皮膚温	37.7±1.7°C	36.6±1.5°C
加温後の皮膚血流量の変化	2.9倍	3.1倍
筋血流増加時間	4.9±1.9分後 *	12.3±2.9分後
筋血流増加時の肩甲上部皮膚温	38.2±1°C	39.5±1.5°C
加温後の筋血流量の変化	△4.6±3.4 μ mol/L *	△1.8±0.8 μ mol/L

* : p<0.05 vs. カイロ貼付時の値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

表2. 蒸気温熱シートによる肩こり自覚の変化

	加温前	加温後
局所痛	1.9 ± 1.9	1.4 ± 1.5
こり(拘縮)	2.9 ± 1.5	1.9 ± 1.1*
はり(うっ血)	2.5 ± 1.2	1.4 ± 1.0*

* : p < 0.05 vs. コントロール値 (Wilcoxonの符号順位和による検定)

表3. 使い捨てカイロによる肩こり自覚の変化

	加温前	加温後
局所痛	1.5 ± 1.4	1.5 ± 1.4
こり(拘縮)	2.7 ± 1.3	2.7 ± 1.3
はり(うっ血)	2.9 ± 1.5	2.4 ± 1.8

表4. 蒸気温熱シートによる温熱感、肩こり自覚、筋・皮膚血流増加の相関

	温かさ	浸透度	気持ちよさ	全身効果	局所痛	こり (拘縮)	はり (うっ血)	筋血流 差
浸透度	0.52*							
気持ちよさ	0.17	0.55*						
全身効果	0.00	0.08	0.31					
局所痛	0.13	0.16	0.09	-0.35				
こり(拘縮)	0.22	0.19	0.15	-0.40	0.58*			
はり(うっ血)	0.29	0.07	0.17	-0.38	0.68*	0.51*		
筋血流差	0.20	0.07	-0.23	-0.39	0.65*	0.70*	0.31	
皮膚血流差	0.26	0.28	0.22	-0.25	0.69*	0.37	0.53*	0.25

表5. 使い捨てカイロによる温熱感、肩こり自覚、筋・皮膚血流増加の相関

	温かさ	浸透度	気持ちよさ	全身効果	局所痛	こり (拘縮)	はり (うっ血)	筋血流 差
浸透度	0.78*							
気持ちよさ	0.57*	0.32						
全身効果	0.69*	0.68*	0.46					
局所痛	-0.17	-0.09	-0.15	-0.15				
こり(拘縮)	-0.31	-0.28	-0.36	-0.24	0.68*			
はり(うっ血)	0.01	0.21	-0.16	0.03	0.69*	0.19		
筋血流差	-0.31	-0.42	-0.01	-0.35	-0.02	0.26	0.07	
皮膚血流差	0.56*	0.55*	0.54*	0.30	0.16	-0.10	0.17	-0.01

主観的尺度

	4点	3点	2点	1点
疲労感	とても疲れた	まあまあ疲れた	あまり疲れていない	全然疲れていない
爽快感	とても気持ちがよかつた	まあまあ気持ちがよかつた	あまり気持ちがよくなかつた	全然気持ちがよくなかつた
寛ぎ感	とてもゆったりできた	まあまあゆったりできた	あまりゆったりできなかつた	全然ゆったりできなかつた

	5点	4点	3点	2点	1点
体熱感①核温	体の芯から温まり、ぽかぽかしている	体はなんとなく温まっている	なんともいえない	体はなんとなく冷えている	体は芯から冷えてゾクゾクする
体熱感②末梢皮膚温	手足はすっかり温まりぽかぽかしている	手足はなんとなく温まっている	なんともいえない	手足はなんとなく冷えている	手足はすっかり冷えてひんやりしている

ID

温熱方法:

月 日

<温熱前>

1. 皮膚への温かさ	3.かなり熱いが不快ではない	2.少し熱さを感じる	1.何も感じない
2. 熱の浸透度	3.深いところまで温かい感じがする	2.皮膚の表面だけが温かい感じがする	1.あまり感じない
3. 気持ちよさ	4.肩がとても楽になった	3.肩が楽になった	2.肩がやや楽になった 1.あまりかわらない
4. 一番痛い時を5とした場合、現在の痛みを0.5きざみでお答えください。(0.0~5.0)			
局所の痛み	こり(拘縮)	はり(うっ血)	
5. 全身の効果	4. 体中がポカポカする	3. 体中がほんのり温かい	2.体の一部だけ温かい(, ,) 1.変わらない

<温熱中>

1. 皮膚への温かさ	3.かなり熱いが不快ではない	2.少し熱さを感じる	1.何も感じない
2. 熱の浸透度	3.深いところまで温かい感じがする	2.皮膚の表面だけが温かい感じがする	1.あまり感じない
3. 気持ちよさ	4.肩がとても楽になった	3.肩が楽になった	2.肩がやや楽になった 1.あまりかわらない
4. 一番痛い時を5とした場合、現在の痛みを0.5きざみでお答えください。(0.0~5.0)			
局所の痛み	こり(拘縮)	はり(うっ血)	
5. 全身の効果	4. 体中がポカポカする	3. 体中がほんのり温かい	2.体の一部だけ温かい(, ,) 1.変わらない

資料1-2

ID 温熱方法:

月 日

<温熱後>

1. <u>皮膚への温かさ</u>	3. かなり熱いが不快ではない	2. 少し熱さを感じる	1. 何も感じない		
2. <u>熱の浸透度</u>	3. 深いところまで温かい感じがする	2. 皮膚の表面だけが温かい感じがする	1. あまり感じない		
3. <u>気持ちよさ</u>	4. 肩がとても楽になった	3. 肩が楽になった	2. 肩がやや楽になった	1. あまりかわらない	
4. <u>一番痛い時を5とした場合、現在の痛みを0.5きざみでお答えください。(0.0~5.0)</u>					
局所の痛み	_____	こり(拘縮)	_____	はり(うっ血)	_____
5. <u>全身の効果</u>	4. 体中がポカポカする	3. 体中がほんのり温かい	2. 体の一部だけ温かい(_____ , _____ , _____	1. 変わらない

資料 1-3

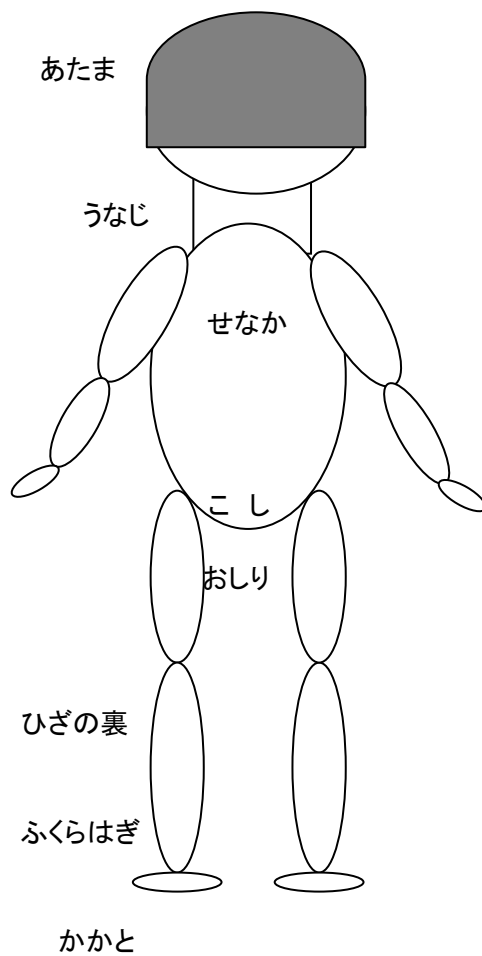
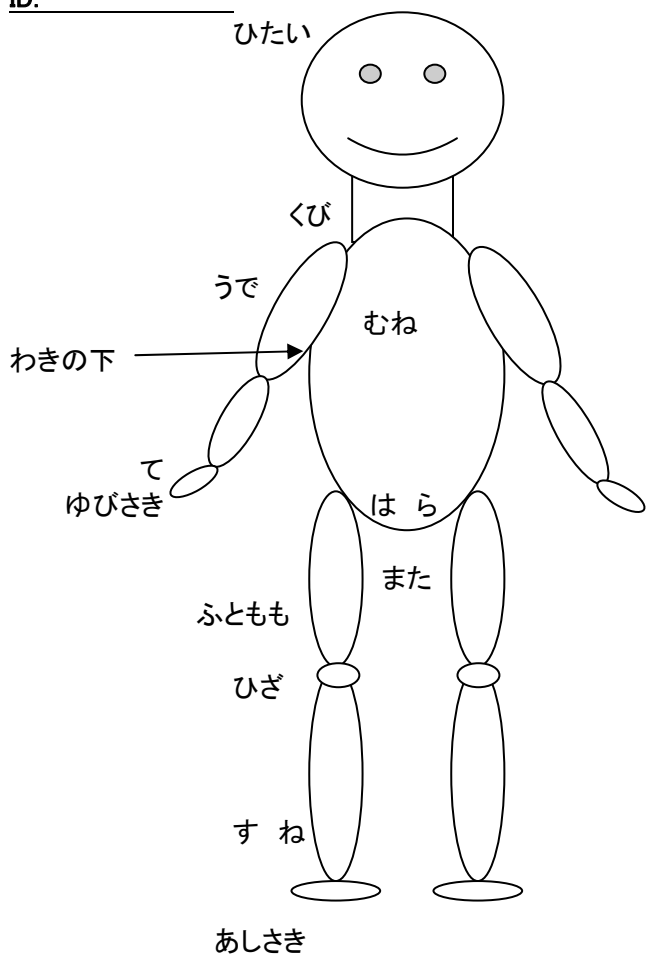
月 日

ID. _____

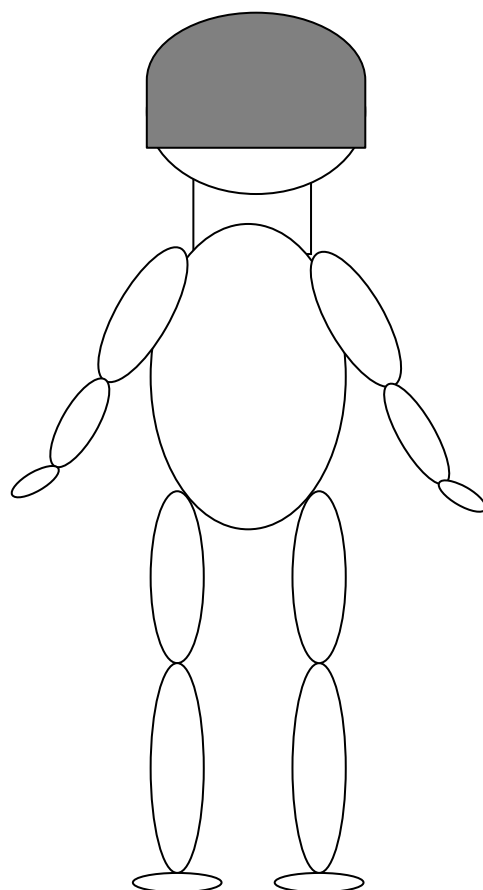
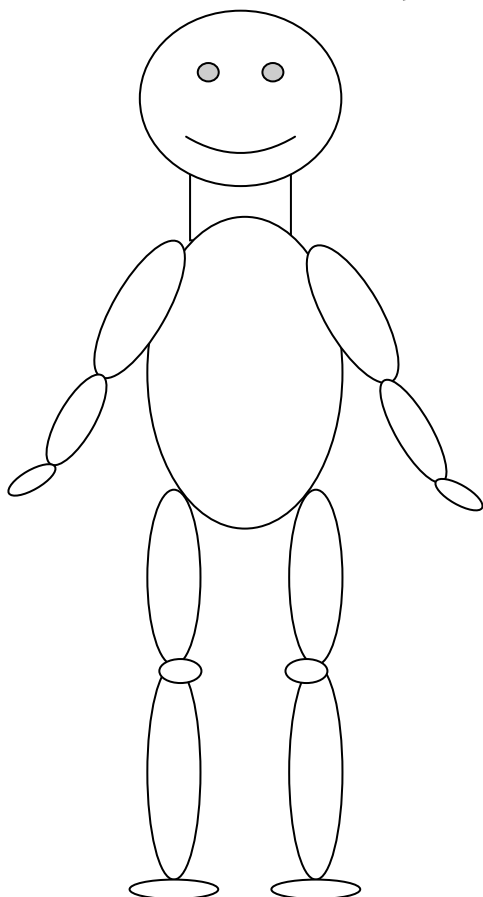
加温 30 分後

<温感部位>

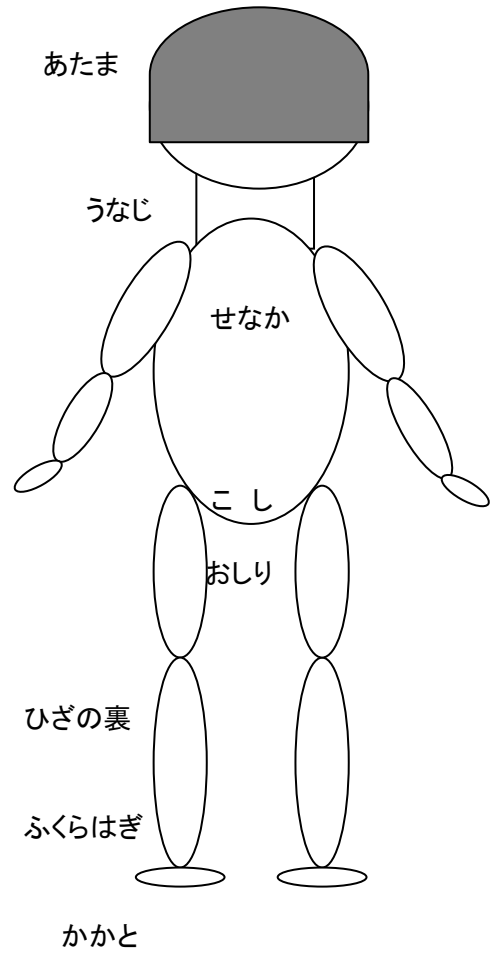
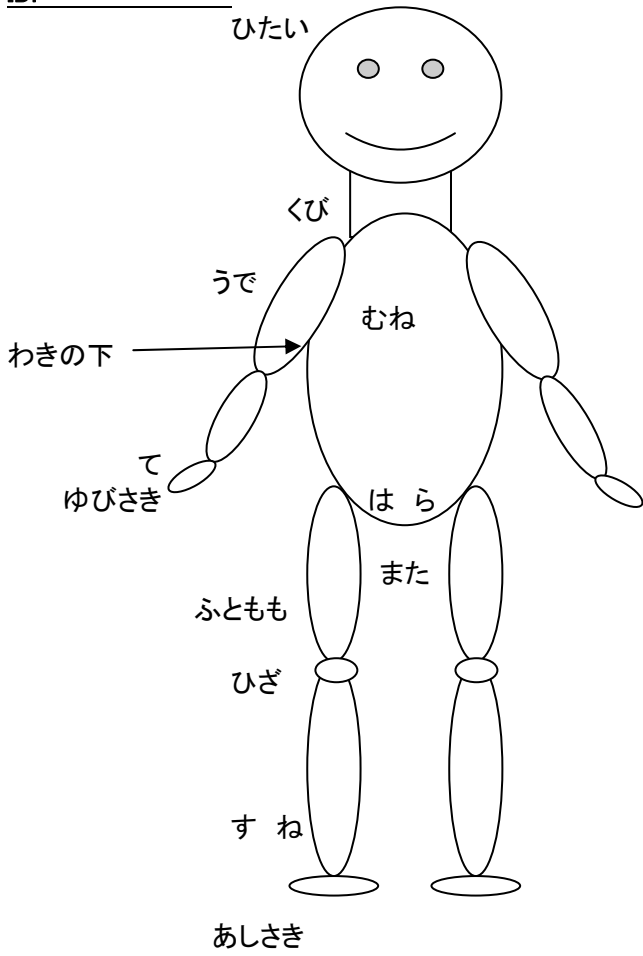
温熱方法: _____



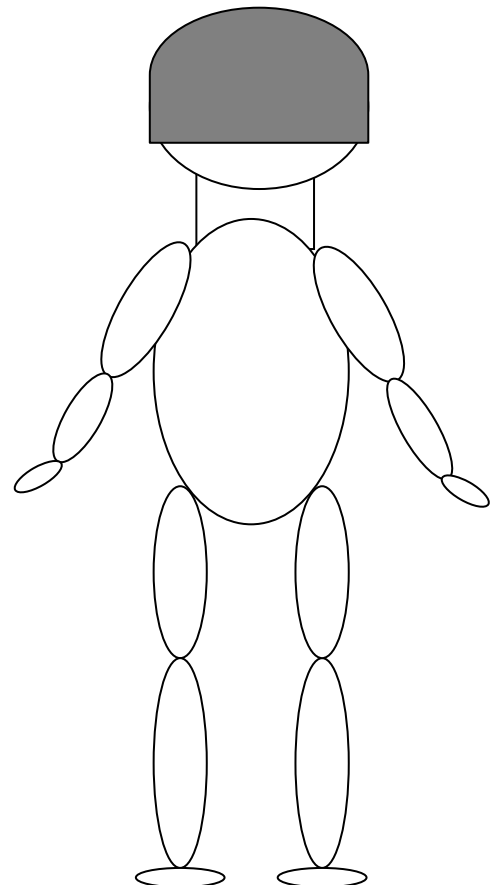
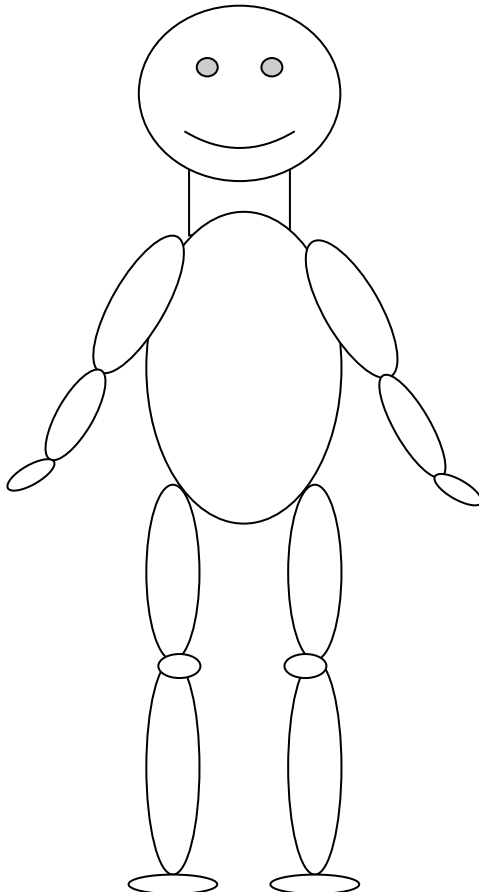
<発汗部位>



ID. _____



<発汗部位>



質問票

ID _____ 2007 / / ()

蒸気温熱シート

使い捨てカイロ

加温部位 右・左

室温 _____ °C

湿度 _____ %

気圧 _____ hpa

年齢 _____ 歳

性別 男・女

身長 _____ cm

体重 _____ kg

1. 年齢をお答えください。 ()歳
2. 仕事の内容をお答えください。
看護師、教育、事務、管理、営業、農林水産業、自営、販売
その他()
3. 業務の中で、コンピュータを使うことがありますか。
1) ない 2) 1時間以内/日 3) 2~3時間/日 4) 3時間/日以上
4. 利き手をお答えください。 1)右手 2)左手
5. 肩こりを感じますか。 1)はい 2)いいえ
6. 5で1)と答えた方におたずねします。肩こりのタイプについてお答えください。
1)こり 2)はり 3)その他()
7. 最も肩こりを感じる場所についてお答えください。
1)右肩 2)左肩 3)両肩
8. 肩こりに伴う症状はありますか。(複数回答可)
1)頭痛 2)吐き気 3)歯、歯肉 4)手のしびれ 5)その他()
9. 肩こりを感じたのは何歳位からですか。 (歳位)
10. 最近1週間にこりを感じましたか。 1)はい 2)いいえ

「めぐりズム蒸気温熱パワー、カイロの研究」へのご協力をお願い

あなたに参加して頂きたい研究の内容およびめぐりズム蒸気温熱パワー、カイロについて説明致しますので、参加してもよいと思われた場合には同意文書（別紙）に署名してください。

本研究に参加を希望するかどうかは、自由意思で決めてください。また、ご質問に対しては、ご理解頂けるようにできる限り説明致しますので、どんな質問でもご遠慮なさらないでください。

はじめに

今回使用される研究物品（めぐりズム蒸気温熱パワー、カイロ、）は、家庭において使用できる既に市販されている商品です。簡便に患部を温めることができ、その温熱刺激により、装着部位の血行を良くすることなどの効果が期待されます。

- 1) めぐりズム蒸気温熱パワーは、40℃前後の温熱が5時間以上持続し、温熱療法が手軽に行える医療機器です。シートが薄く、違和感が無く使用できます。
- 2) めぐりズム蒸気温熱パワーは、広範囲をやさしい温熱で、温めることができます。
- 3) めぐりズム蒸気温熱パワーは温熱医療機器の温熱であり、血行を良くし、腰痛、神経痛、筋肉痛の痛みを和らげること、及び胃腸の働きを活発にすることが期待されます。
- 4) カイロは、40℃以上の温熱が10時間以上持続する発熱体です。

1. 研究の目的

今回の研究は、健康な25歳以上の方を対象として、めぐりズム蒸気温熱パワーの温熱医療機器、カイロを、肩に30分間適用して頂き、適用前、適用中及び適用後の皮膚温度、血流、発汗、筋血流、血圧、心拍数および適用実感を調査するものです。

2. 研究の方法

本研究を始める前に、研究の趣旨・方法を説明します。研究の趣旨に同意を得られた場合のみ、現在の体の状態について質問をします。質問は、紙面に記載してありますので、現在の状況についてお答えください。その後、身体測定とお着替えをお願いします。

全身9箇所に測定用のセンサーを装着します。

座った姿勢にて30分、めぐりズム蒸気温熱パワー、カイロを用いて肩を温めます。その間は手足を動かすこと、お話をすることをなるべく少なくしてください。

研究の途中で、血圧測定、鼓膜温、温かさや皮膚の状態について質問をします。

3. 研究に参加して頂く期間

本研究に参加して頂く場合、1回2時間（試験時間1時間を含む）に渡って、お一人2日間の参加協力をお願い致します。日程は、参加くださる方の予定を考慮し調整致します。

4. 予期される研究使用物品使用に伴う利益及び危険性または不便

- 研究使用物品を使用することにより、適用部位の血行をよくし、腰痛、神経痛、筋肉痛の痛みを和らげること、及び胃腸の働きを活発にすることが期待されます。
- 本研究の進行中にこの研究使用物品に関して明らかになった情報は、あなたの研究参加継続の意思に影響があると判断された場合など、必要に応じて速やかに研究を担当している医師が説明することにしています。また、研究への参加継続を取りやめたい場合はお知らせください。あなたはいつでも研究参加を辞退することができます。

5. 研究に関連する健康被害が発生した場合にあなたが受けることのできる治療及び補償

本研究の参加中に病気にかかるなど、参加や継続が健康上好ましくない場合、研究担当医と相談頂き、参加を中止させて頂く場合があります。又、本研究の参加により、何らかの症状又は何か身体の不調がありましたら直ちに研究担当医にお知らせください。担当医より適切な指示を行います。もしも、低温熱傷の可能性が少しでもあれば、皮膚科受診をお願いします。その際の治療費等については、経費をお知らせいただき、研究者側が全額負担を行います。また、治療や補償についての質問があれば説明致します。

6. 研究の参加に同意した場合でもいつでも拒否または撤回できること、また同意を拒否・撤回しても不利な扱いを受けないこと

本研究へ参加するかどうかは、あなたの意思が尊重されます。本研究からの辞退を希望する場合は遠慮なくお知らせください。たとえそれが研究中であっても、あなたはいつでも研究参加を辞退できます。参加しなかったことや途中で参加を取りやめたことで、あなたが不

利な扱いや不便を感じる事、立場や条件が悪くなるようなことがないよう最大限の配慮を致します。

7. あなたのプライバシーは守られること

あなたのプライバシーを守ることには十分注意を払います。いずれの場合にもあなたは番号で特定され、あなたの氏名、電話番号などの個人情報については外部にもれることのないように、その秘密を守ることに十分注意を払います。

得られたデータの管理は、研究者がセキュリティを確保し外部にもれることのないようにします。

8. 研究者、研究担当医師の氏名、職名及び連絡先

研究者 南山 祥子（旭川医科大学大学院医学系研究科修士課程 院生）

連絡先： 旭川医科大学大学院（看護学専攻）

TEL：0166-68-2900 FAX：0166-68-2909

研究指導教員・研究責任医師

岩元 純（旭川医科大学医学部看護学科教授）

連絡先： 旭川医科大学医学部看護学科

TEL: 0166-68-2910 FAX: 0166-68-2909

問診の流れ

1. 自己紹介（名前を伝える）
2. 被験者の氏名・年齢の確認
3. 本日の体調を確認する。
4. 調査概要用紙を用いて、調査の内容・倫理的配慮を説明する。（説明書あり）
 - ① 調査の主旨・目的
 - ② 方法
 - ③ 使用する温罨法の説明と安全性、万が一のケアと保障
 - ④ 倫理的配慮
5. 調査の流れを説明する（別紙あり）。トータルの所要時間は120分・調査時間は60分であること、調査中に温かさ、皮膚の感覚について質問することを伝える。
6. 参加の途中で不明な点、シート等が熱過ぎるときは、遠慮なくすぐ申し付けるよう伝える。
7. 同意書に署名をもらう。同意書は回収する。
8. 肩こりの質問を行う。
9. 不明な点がなければ、更衣をし、身体測定を誘導する。更衣の内容を伝える短パン、パジャマ（後ろ前に着用）、靴下、下着はつけておく。ボディスーツ、矯正下着等ははずしてもらう。ネックレスもはずしてもらう。

* 問診内容・ID番号をスタッフ全員に申し送る。

来学していただいてからの流れ（調査の流れ）

下記1から10の流れで、調査を行います。

1. 問診を行います。
 - ・ ご氏名を確認します。
 - ・ 調査についての目的・趣旨・方法・安全性を調査員が行います。
（本調査にご理解・ご協力をいただける場合、同意書に署名をお願いします。）
 - ・ 肩こりの状態についてお聞きします。
2. 本日の体調を教えてください。
3. 準備された寝衣・靴下に着替えをします。
4. 身長と体重を測定します。
5. 指定の椅子に座り、小さいセンサーをつけます。
肩・胸（上部）・腕・指・足・足先につけます。センサーによる痛み等はありません。
6. 60分間、椅子に座ります。その間、お好みのビデオを見ていただきます。
調査中はできるかぎりお話をされたり、体を動かさないようにお願いします。
（なお体調不良時や温めている周辺部分が熱く感じたり、同じ体勢が辛いなどの時はすぐにお知らせください）
7. 椅子に座っていただき、安静時間10分の後、シートを装着します。シート装着時間は、30分です。
8. シートをはすす直前（装着30分終了時）とシートをはすした後から20分後に、温まり感等をお聞きします。
9. シートをはすした後も20分間座っていただきます。
10. ご自身の服に着替えをします。

- ・ 調査をお願いしている間に、必ず、調査員が同席しています。ご不明な点や体調が悪くなったなどありましたら、その都度、遠慮なくお申し付けください。

同意書

旭川医科大学教育担当副学長補佐 殿

私は、「めぐリズム蒸気温熱パワー、カイロ研究」について、説明文書をもちいて説明を受け、内容を十分に理解しましたので、研究協力を同意します。

説明を受け理解した項目（□の中にチェックをつけてください。）

- 研究の概要について
- 研究の意義・目的について
- 研究の方法について
- この研究に参加することで、予想される点について
- 研究協力の任意性と撤回の自由について
- 研究に参加することの利益と不利益について
- 個人情報の取り扱いについて
- 費用について

同意した日：平成 年 月 日

同意者氏名 (署名)

説明した日：平成 年 月 日

説明者氏名