

襟元開口部の違いが上肢圧迫時の 代償性体温調節反応に及ぼす影響

神戸女子大学 吉田 美奈子
(共同研究者) 同 平田 耕造

Effects of Wrist Occlusion and Dilution Ventilation through Neck-hole on Thermoregulatory Responses during Heat Load

by

Minako Yoshida, Kozo Hirata
Faculty of Home Economics
Kobe Women's University

ABSTRACT

To clarify the effects of wrist occlusion at pressure of 80mmHg (Occl) and dilution ventilation through neck-hole (DVNH) on thermoregulatory responses during heat load, seven female subjects exercised at heart rate level of 120bpm for 30min at room temperature of 23 °C and 50% relative humidity. They wore experimental garments made of 100% polyester. There was no significant difference of rectal temperature (Tre) in both Occl and no-Occl. Forearm and finger skin temperatures significantly decreased in Occl compared with no-Occl. Suppressed slope of the regression lines showing the relationship between finger skin blood flow (SBF) and Tre in Occl induced compensatory increased slopes of SBF-Tre and sweat rate-Tre in the chest. Skin temperatures in the chest and upperarm were significantly lower in DVNH compared with no- DVNH. There was a tendency of higher slopes of finger and chest SBFs-Tre and chest sweat rate-Tre, and lower shift of the threshold Tre in DVNH. These results suggest that DVNH is effective during less thermal load and suppressed heat loss in Occl at 80mmHg is totally compensated for accelerated SBF and sweat rate in the chest at least.

要 旨

本研究は襟元2cm開口による希釈換気の影響と手首80mmHg圧迫が体温調節反応に如何に影響するかを目的とした。所定の実験用衣服(100%ポリエステル)を着用した健康な女性7名を室温23.0℃、湿度50%環境で、心拍数120bpm強度の自転車運動を30分間負荷した。圧迫条件では前腕と手指の皮膚温が有意に低い値を示した。また直腸温に対する皮膚血流量増加感度は手指では圧迫条件の方が抑制されたが、胸部では高くなった。さらに胸部発汗量増加感度も圧迫条件の方が高くなった。開口条件では、胸部と上腕部の皮膚温が有意に低下した。直腸温に対する手指部と胸部の皮膚血流量、および胸部発汗量それぞれの増加感度は、いずれも開口条件で大きく、閾値直腸温は低くなった。

襟元2cm開口の影響は、温熱的に発汗のない、または少ない時期に胸部と上腕部の皮膚温に表れることが判明した。手首80mmHg圧迫による上肢末梢への血流量減少に伴う体温調節系への影響は、胸部皮膚血流量と発汗量の亢進により代償されることが示唆された。

緒 言

衣服の着用により快適と感じる状態は、皮膚に接した体幹部の最内空気層(衣服気候)の温度が $32 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度は $50 \pm 10\%$ 、気流 10cm/sec 内外とされており¹⁾、この範囲を越えると不快を感じる事が多い。夏季の気候条件でYシャツにネクタイの着用は、不快窮まりない状態となる。これは主に襟元からの放熱の抑制が最も大きな要因と考えられる。今村²⁾は 28°C 環境でネクタイ着用により首皮膚温が 1°C 高くなることを、また緑川³⁾はネクタイ着用により胸部からの熱放散量は63%も減少することを報告している。しかし、着衣の襟元開口による希釈換気が体温調節反

応に如何に影響するかについて、詳細な検討は行われていない。

一方、四肢部からの熱放散は体温調節にとって重要な経路である^{4,5)}。同一面積を衣服で被覆する場合でも、体幹部より四肢部の方が熱放散を抑制するため、体温上昇が大きくなることが知られ、熱放散経路としての重要性が指摘されている(Himeno and Hirata, unpublished data)。さらに緑川³⁾は、長袖着用時に腕からの熱放散量は半袖時の半分に抑えられることを報告している。衣服に覆われることによる熱放散の抑制のほかに、四肢部の皮膚圧迫による皮膚血流量の抑制でも同様に熱放散量が減少する。我々は、上腕部を $10 \sim 40\text{mmHg}$ の強度で皮膚圧迫すると、指血流量の減少、指皮膚温、前腕皮膚温の低下が起き、その程度は圧迫強度に比例して大きくなることを報告している⁶⁾。また、2cm幅のリュックサック肩紐による圧迫では、頸側部で 70mmHg 、鎖骨部で 75mmHg の肩紐圧であり、60分間の圧迫で 1.3°C の指皮膚温低下に伴って、上肢からの熱放散が抑制されることを明らかにしている⁷⁾。さらに手首部で手血流を完全に遮断すると、上肢からの熱放散抑制に対する代償性の反応として胸部の皮膚血流量および発汗量の増加が生じる⁸⁾。しかし、上述のリュックサック肩紐圧程度で代償性反応が生じるか否か、また生じるとすればどの程度体温調節系に影響するか、詳細な検討は行われていない。

そこで、本研究では衣服の快適性に影響する因子として、着衣の襟元開口による希釈換気の影響と上肢圧迫による代償性体温調節反応への影響を明らかにすることを目的として行った。

1. 実験方法

1. 1 被験者および環境条件

本実験は健康な女性7名を被験者とし、性周期と実験時刻を各被験者で統一して行った。被験者の身体特性は表1に示した。環境条件は、生活環

表1 被験者の身体特性

Subj.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)
1	19	149.6	39.5	23.6
2	20	152.6	43.2	31.2
3	31	156.0	43.0	21.2
4	21	158.0	47.5	22.5
5	19	159.8	55.5	36.1
6	29	164.5	52.5	24.7
7	29	167.4	60.0	26.7
Means	24.0	158.3	48.7	26.6
±SE	2.0	2.4	2.8	2.0

境シミュレーター室内を室温 23.0 ± 0.5 ℃, 相対湿度 50 ± 3 %に設定した。

1. 2 襟元開口部および上肢圧迫条件

被験者は、クラップトップとサイクリングシューズの下着に、ポリエステル100%の半袖ノーカラーブラウスと長トレーニングパンツ、ソックスを着用した。半袖ノーカラーブラウスの襟ぐりはラウンドネック型とした。1992年から(社)人間生活工学研究センターにより計測された人体寸法データを基として製作された20代日本人女性の平均的人体寸法ダミー(MT-20, (株)七彩)に、この半袖ノーカラーブラウスを着用させた場合、ラウンドネックラインは次のようであった。後ろは頸椎点を通り、両サイドは頸側点から0.5cm外側を、前は鎖骨内側上縁から2.5cm下がった点をそれぞれ通るラインであった。半袖ブラウスの袖口は、衣服に取り付けたマジックテープにより間隙をなくして身体に密着させた。半袖ブラウスの襟元開口部の違いと上肢圧迫条件を組み合わせ、実験条件は次の3条件とした。

条件A: 手首「圧迫あり」, 襟元「開口部なし」

条件B: 手首「圧迫なし」, 襟元「開口部なし」

条件C: 手首「圧迫なし」, 襟元「開口部あり」

条件Aの「圧迫あり」では、血圧測定用5cm幅マンシェットを両手首に巻き、80mmHgの加圧を30分間行った。条件A,Bの襟元「開口部なし」においては、ブラウス襟ぐりにサージカルテープ

を貼ることで襟元の間隙をなくした。条件Cの襟元「開口部あり」では、予め自作のフレームスペーサーを被服襟ぐりに8カ所取り付け、皮膚と被服との間に2cm一定の間隙を維持できるようにした。

1. 3 測定項目

条件A,B,Cともに、皮膚温6点(胸, 上腕, 前腕, 手指, 大腿, 下腿), 平均皮膚温, 直腸温, 皮膚血流量2点(胸, 手指), 胸部発汗量, 心拍数, 主観的申告として温熱的快適感(-3~0の4段階), 全身温冷感(-3~+3の7段階), 全身湿潤感(-3~+3の7段階), 主観的運動強度(6~20の15段階), 圧迫感(0~+5の6段階)を測定した。皮膚温はサーミスター(YSI)により測定し、これらのデータに基づきRamanathan⁹⁾の4点法を用いて平均皮膚温を算出した。皮膚血流量はレーザードップラー血流計(ALF-21D, ALF-21R, 株アドバンス)を用い、発汗量は換気カプセル法(OSS100, 株スズケン)により測定した。これら測定データは、データ集録装置(有インタークロス)を介してコンピュータに取り込み解析を行った。結果は全て、平均値±標準誤差で表示した。条件間の差の検定は、t検定を行い、危険率5%を有意水準とした。

1. 4 実験手順

被験者は実験衣服を着用し、実験開始1時間前に生活環境シミュレーター室に入室後、椅座安静を保った。その間に各種センサー類を身体に貼付した。予め別の日に実施した運動負荷試験で求めた心拍数120bpmに相当する運動強度で、自転車エルゴメーター運動を30分間行い、終了後30分間の安静を保った。条件Aでは、運動開始5分後から運動終了5分後までの30分間、両手首に継続加圧を行った(図1)。

2. 実験結果

2. 1 圧迫の影響 (条件A「圧迫あり」と条件B「圧迫なし」との比較)

図1は、胸部、上腕部、前腕部、手指部皮膚温に及ぼす手首圧迫の影響を示した。条件A, Bと

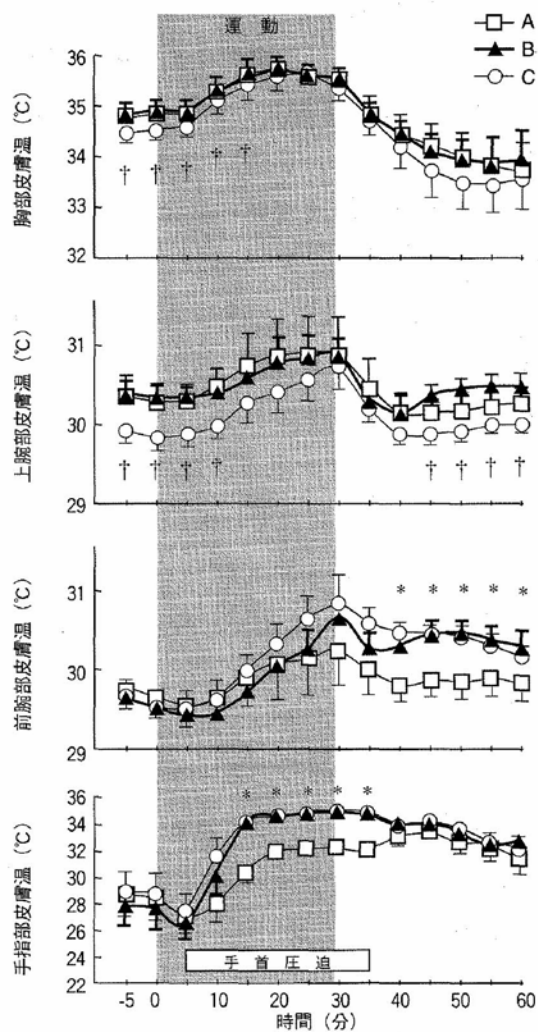


図1 各条件における胸部、上腕部、前腕部、手指部皮膚温の経時変化

A: 圧迫あり, B: 圧迫なし・開口部なし, C: 開口部あり
*p<0.05: 条件A, B間の有意差, †p<0.05: 条件B, C間の有意差

もに、胸部、上腕部皮膚温は、運動により上昇し運動終了後には低下する傾向がみられ、条件間に有意な差は認められなかった。前腕部皮膚温は、40分目から60分目にかけて、条件B「圧迫なし」に比較し条件A「圧迫あり」で有意に低い値を示した。手指部皮膚温は、運動を開始した後、高い皮膚温上昇が認められた。運動30分目の皮膚温は、条件Bで34.9℃、条件Aで32.2℃であった。条件A「圧迫あり」では条件Bに比較し上昇程度が30分目で2.7℃抑えられ、有意に低い値が認められた。図には示していないが、大腿部と下腿部皮膚温は、条件A, Bともに類似の値を示し、有意差は認められなかった。

平均皮膚温、直腸温、心拍数のそれぞれの変化について0分目、30分目、60分目の値を表2に示した。いずれも条件AとBで類似の値を示し、有意差は認められなかった。

図2には、直腸温と手指部血流量、胸部血流量、胸部発汗量のそれぞれとの関係を示した。直腸温の上昇に対する手指部の血流量増加感度は、条件B「圧迫なし」で1259mV/℃、条件A「圧迫あり」で492mV/℃となった。条件Aで感度が0.39倍となった。血流量増加の閾値直腸温は、条件B: 37.35℃、条件A: 37.28℃であった。直腸温と胸部血流量との関係では、血流量増加感度は、条件B: 235mV/℃、条件A: 443mV/℃となり、条件A「圧迫あり」で感度が1.88倍大きくなった。閾値直腸温は条件B: 37.21℃、条件A: 37.24℃であった。直腸温と胸部発汗量との関係では、発汗

表2 各条件における平均皮膚温、直腸温、心拍数の変化

	条件	0分目 (運動前)	30分目 (運動中)	60分目 (運動後)
平均皮膚温 (°C)	A	32.22 ± 0.14	33.52 ± 0.22	32.34 ± 0.18
	B	32.28 ± 0.16	33.57 ± 0.14	32.60 ± 0.20
	C	32.05 ± 0.09 †	33.49 ± 0.21	32.29 ± 0.17 †
直腸温 (°C)	A	37.32 ± 0.18	37.94 ± 0.12	37.67 ± 0.12
	B	37.40 ± 0.19	37.99 ± 0.12	37.70 ± 0.13
	C	37.20 ± 0.11	37.81 ± 0.08	37.53 ± 0.07
心拍数 (bpm)	A	65.9 ± 1.1	127.3 ± 1.9	71.9 ± 2.1
	B	68.4 ± 3.1	126.0 ± 2.6	74.0 ± 2.5
	C	64.4 ± 2.5	127.2 ± 2.0	70.7 ± 2.3

Means ± SE, A: 圧迫あり, B: 圧迫なし・開口部なし, C: 開口部あり †p<0.05: 条件B, C間の有意差

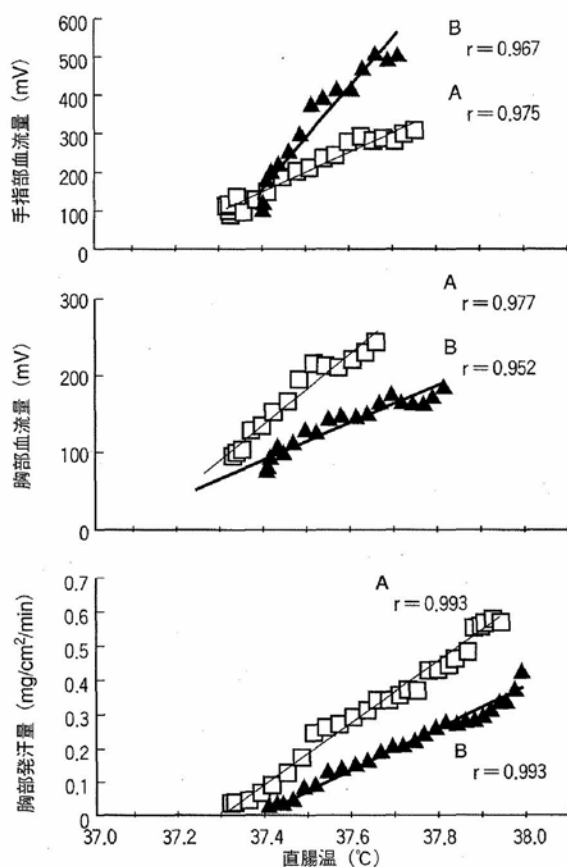


図2 条件A,Bにおける直腸温と手指部血流量, 胸部血流量, 胸部発汗量の関係
A(□): 圧迫あり, B(▲): 圧迫なし

量増加感度は条件B: $0.59 \text{ mg/cm}^2/\text{min}/^\circ\text{C}$, 条件A: $0.88 \text{ mg/cm}^2/\text{min}/^\circ\text{C}$ となり, 条件A「圧迫あり」で感度が1.51倍大きかった。閾値直腸温は条件B: 37.34°C , 条件A: 37.28°C を示した。

主観的申告の温熱的快適感は, -5分目の条件Aでスケールの-0.1を示し快適に近い値であったが, 条件Bでは-0.6となっており「-1: やや不快」との間の値を示した。運動による体温上昇に伴い, 「-2: 不快」側へと変化し, 運動30分目には条件A,B共にスケールの-2.3を示した。全身温冷感も-5分目では条件Bで有意に低い値を申告したが, 運動により「2: 暑い」側へ移行し30分目で条件A,B共にスケール2.3となった。全身湿潤感は-5分目で条件Aがスケールの-0.3, 条件Bで-1.1となり, 条件AB間に有意差が認められた。運動30分目には, スケール条件A: 2.4, 条件B: 2.3と類似の値を示した。いずれの申告も60分目には,

運動開始時の申告とほぼ同じスケールに戻った。主観的運動強度は, 条件A,B共に「13: ややきつい」程度の運動であった。条件Aでの圧迫感覚では, 「3: ややきつい圧迫を感じる」程度の加圧であったことがうかがえた。

2.2 襟元開口部の影響 (条件B「開口部なし」と条件C「開口部あり」との比較)

図1に胸部, 上腕部, 前腕部, 手指部皮膚温に及ぼす開口部の影響を示している。胸部皮膚温は, 運動開始前から運動15分目まで条件C「開口部あり」で有意に低い温度が認められた。上腕部皮膚温は, 運動開始5分前にすでに条件Bで 30.4°C , 条件Cで 29.9°C を示し, 条件C「開口部あり」で有意に低い値を示した。この有意に低い関係は運動開始10分目まで続いた。運動開始30分目には両条件で類似の値を示し, 45分目から実験終了時までの15分間では, 再び条件Cで有意に低い温度が確認された。前腕部と手指部皮膚温は, 実験中類似の値が得られ, 条件B「開口部なし」と条件C「開口部あり」の条件間の差は認められなかった。大腿部と下腿部皮膚温も, 条件B,Cで類似の値を示し, 有意差は認められなかった。

表2に示す平均皮膚温, 直腸温, 心拍数は, 運動によりそれぞれの値が上昇, 運動終了によって低下した。平均皮膚温は, 条件C「開口部あり」の0分目と60分目で有意に低い値が認められた。運動中は有意差が消失した。直腸温と心拍数は, 条件BとCの間に有意差はみられなかった。

図3には, 直腸温と手指部血流量, 胸部皮膚血流量, 胸部発汗量のそれぞれとの関係を示した。直腸温と手指部血流量との関係では, 血流量増加感度は条件B「開口部なし」で $1259 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, 条件C「開口部あり」で $2288 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ となった。条件Bに比較し, 条件Cでは感度が1.82倍大きかった。閾値直腸温は条件B: 37.35°C , 条件C: 37.17°C であった。

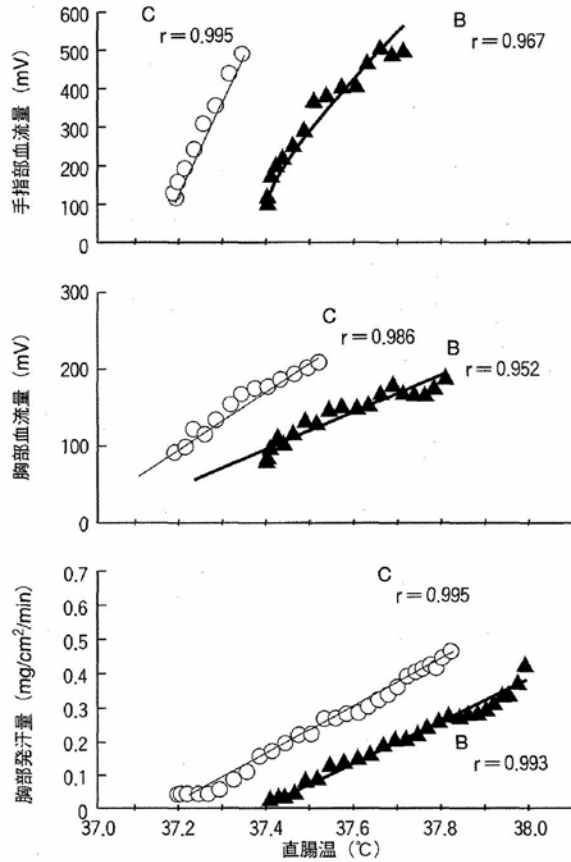


図3 条件B,Cにおける直腸温と手指部血流量, 胸部血流量, 胸部発汗量の関係
B(▲): 開口部なし, C(O): 圧迫あり,

直腸温と胸部血流量との関係とみると, 血流量増加感度は条件B: 235mV/°C, 条件C: 368mV/°Cとなった。感度が条件Cで1.56倍大きい結果となった。閾値直腸温は条件B: 37.21°C, 条件C: 37.09°Cであった。直腸温と胸部発汗量との関係では, 発汗量増加感度は条件B: 0.59mg/cm²/min/°C, 条件C: 0.69mg/cm²/min/°Cであり, 条件C「開口部あり」の感度が1.18倍大きくなった。閾値直腸温は, 条件B: 37.34°C, 条件C: 37.17°Cであった。

温熱的快適感は, -5分目の条件Cでスケールの-0.1を示し, 条件Bでは-0.6を示した。全身温冷感は, 条件Cで-0.6, 条件Bで-1.6となり, 運動開始前に有意に低い値を申告した。全身湿潤感の-5分値は, 条件Cで-0.3, 条件Bで-1.1であった。いずれも運動30分目には, 条件B,Cで類似の値を示した。主観的運動強度では, 条件B,C共

に「13: ややきつい」程度の申告をした。

3. 考察

3.1 圧迫の影響

衣服を着用した人にとって, 四肢部は体深部から熱放散のために重要な経路であることが示されている^{4,5,10}。とくに四肢部の末端には有利な特徴がある。たとえば, 手は全体表面積の5%を占めるにすぎないが, 熱産生量に対する手からの熱放散の割合は, 裸体では10%であるが, 着衣の被験者では20%にも達することが報告されている¹¹。その理由の一つは, 容積に対する表面積の比が体幹部では0.1cm⁻¹であるのに対して, 手では1.0cm⁻¹と10倍も大きいことがあげられる¹²。また, 四肢末端部には動静脈吻合(AVA: Arteriovenous Anastomoses)が豊富に存在することである¹³。AVA拡張時の血管径は, 毛細血管に比べて極めて大きいという特徴がある。Hales¹⁴は, 直径10μmの毛細血管に比べて直径100μmのAVAでは, 同一の血管長で10,000倍もの血流量が流れることを示している。さらに, 手に血管拡張が生じたとき, 他の皮膚部位に比べ著しく多量の血液が手へ流入するが, その78%はAVAを通過することが報告されている¹⁵。この血流は手からの熱放散量を増加させるばかりでなく, 腕部からの熱放散をも促進することが示されている。20°C環境では前腕からの非蒸散性熱放散量の89%が¹⁶、また23°C環境では蒸散性熱放散量の約50%が, それぞれ手から還流する静脈血の熱に由来することが報告されている¹⁷。すなわち, 上肢からの熱放散の促進には手へのAVA血流量および手から還流する静脈血の重要性が定量的に示されている。

本研究では手首を機械的に80mmHgの強さで圧迫し, 手へのAVA血流量および手から還流する静脈血を抑制した結果, 図1に示すように運動中および運動後の手指皮膚温と前腕皮膚温が有意

に低く維持された。さらに直腸温に対する手指部血流量の増加感度は39%に抑制された(図2)。このような熱放散反応に対する抑制刺激を加えた場合、図2に示すように深部温に対する胸部皮膚血流量の増加感度は188%、また胸部発汗量の増加感度は149%と高くなり、促進されることが明瞭に示された。すなわち、手首圧迫で手への血流量増加が抑制されると、体幹部の皮膚血流量と発汗量が代償的に促進したものと考えられる。その結果、直腸温上昇には両条件間に有意な差が認められなかったことから、熱放散量は手首圧迫による抑制分と代償性の反応による促進分が平衡したものと推察される。本実験で用いた80mmHgの手首圧迫による熱放散量の抑制刺激は、体温調節系にとって胸部の皮膚血流量と発汗量の促進で代償しうる範囲内であることが示された。一方、ショートパンツのみ着用した被験者について、250mmHgで手血流を完全に遮断した我々の同様の熱負荷実験では、胸部皮膚血流量と胸部発汗量に同様の促進作用が観察された⁸⁾。しかし、食道温変化が完全に代償されることはなく、手首圧迫条件の方がおよそ0.2℃有意に高い値を示した。このことは圧迫の強度によって抑制される熱放散量の程度には代償しうる限界があることを示しているものと考えられる。

さらに興味深いことは、衣服によって体表面積の67%を被覆して同一の熱負荷を加えた場合、食道温の変化が前述の手首圧迫条件と同じ0.2℃高くなったことである。すなわち、裸体で手首圧迫によって抑制される熱放散量と、圧迫なしで皮膚表面67%を衣服での被覆によって抑制される熱放散量が同等であることを示している。これは上述の手への血流量が体温調節系に著しく大きな役割をはたしていることを示すものである。

3. 2 襟元開口部の影響

緑川³⁾はネクタイ非着用時に胸部からの熱放

散量は $35\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ であったのに対し、ネクタイ着用では $13\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (37%)まで減少することを報告している。また、今村²⁾は28℃環境で歩行と安静を交互に繰り返したとき、ネクタイ着用時と非着用時の首皮膚温を比較した。50分間の測定終了時にはネクタイ着用の方が1℃高い皮膚温となることを観察している。

安静時の人体の衣服と皮膚の中間点で衣服内気流を測定した報告¹⁸⁾では、胸・腹・背部および四肢の気流速度はほぼ同等であり、気流の方向は上向き(上昇気流)であった。また、衣服内空気層厚さ断面の各位置における気流の速度および方向の測定によって、衣服内には上昇気流および下降気流が混在することも報告されている¹⁹⁾。開口部が1カ所るとき希釈換気(dilution ventilation)が主体となり、通風による換気は望めず、空気層が長いと外部空気の給排気の抵抗(抵抗係数)が大きくなる^{20,21)}。本研究では開口部が襟元1カ所のみであったため、上下2カ所るときに生じるような換気ではなく、襟元付近で希釈換気が生じた結果であると思われる。さらに衣服内気流は服地の通気度の大小よりも質の硬軟に支配されると報告している²²⁾。今後、衣服の快適性を詳細に検討するにはこの点にも留意する必要がある。

謝 辞

本研究に対し助成いただいた(財)石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。また貴重なご助言を賜りました神戸女子大学家政学部助教授の中西正恵先生と山根千弘先生に深謝いたします。本研究の遂行にご協力いただきました神戸女子大学の安坂友希さん、神戸女子短期大学の蔭川美智代さん、横井亮子さんに心からの御礼を申し上げます。さらに最後に実験に快くご協力いただいた被験者の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) 原田隆司, 土田和義: 衣服の快適性と感覚計測, 繊維機械学会誌, 37 (11) 458-467 (1984)
- 2) 今村律子: 推奨冷房環境下におけるネクタイ装着が体温調整反応に及ぼす影響—男性会社員にみられるネクタイの着用実体と意識をふまえて—, 和歌山大学教育学部紀要—教育科学—, 53, 165-172 (2003)
- 3) 緑川知子: 被服が皮膚熱流量に及ぼす影響, 光華女子短期大学研究紀要, 20, 1-15 (1982)
- 4) Aulick, L. H., Robinson, S. and Tzankoff, S. P.; Arm and leg intravascular temperatures of men during submaximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 51, 1092-1097 (1981)
- 5) Hirata, K.; Skin blood flow in an acral region of the extremities and thermoregulation during heat load in clothed subjects. *Bulletin of Kobe Women's University*, 24H, 83-106 (1990)
- 6) 平田耕造, 吉田美奈子: 上肢末梢皮膚血流量に及ぼす圧迫強度と圧迫帯幅の影響—レーザー・ドップラー法による検討—繊維製品消費科学, 36, 154-161 (1995)
- 7) 吉田美奈子, 柴田祥江, 田中希弥, 田中香利, 平田耕造: 長時間のリュックサック肩紐圧迫が血流反応と圧迫感に及ぼす影響, デサントスポーツ科学, 20, 184-191 (1999)
- 8) Hirata, K., Yutani, M. and Nagasaka, T.; Increased hand bloodflow limits other skin vasodilation. *J. Therm. Biol.*, 18, 325-327 (1993)
- 9) Ramanathan, N. L.; New weighing system for mean surface temperature of the human body. *J. Appl. Physiol.*, 19, 531-533 (1964)
- 10) Grant, R. T. and Pearson, R. S. B.: The blood circulation in the human limb; observations on the difference between the proximal and distal parts and remarks on the regulation of body temperature. *Clin. Sci.*, 3, 119-139 (1938)
- 11) Day, R.; Regional heat loss. In "Physiology of Heat Regulation" (L. W. Newburgh, ed), pp. 240, W. B. Saunders Company, Philadelphia (1949)
- 12) Carlson, L. D. and Hsieh, A. C. L.; Control of Energy Exchange, pp. 18, Macmillan, London (1970)
- 13) Sherman, J. L.; Normal arteriovenous anastomoses. *Medicine (Baltimore)*, 42, 247-267 (1963)
- 14) Hales, J. R. S.; Skin arteriovenous anastomoses, their control and role in thermoregulation. In "Cardiovascular shunts, Alfred Benzon Symposium 21" (P. Kroghgaard-Larsen, S. B. Christensen and H. Kofod, eds), pp. 1-16, Munksgaard, Copenhagen (1984)
- 15) Coffman J. D. and Cohen, A. S.: Total and capillary finger tip blood flows in Raynaud's phenomenon. *N. Eng. J. Med.*, 285, 259-263 (1971)
- 16) Hirata, K., Nagasaka, T. and Noda, Y.; Venous return from distal regions affects heat loss from the arms and legs during exercise-induced thermal loads. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58, 865-872 (1989)
- 17) Hirata, K. Increase in evaporative and non-evaporative heat loss from the forearm depends on venous return from the hand during exercise. In "Thermal Physiology 1989" (Mercer, J. B. ed), pp. 155-159, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1989 b
- 18) Yamada, T. and Kujime, M.; Air flow velocity in clothing for the thermal manikin and human body. *Sen-I Kikai Gakkaishi*, 56 (6) 49-55 (2003)
- 19) Yamada, T. and Kujime, M.; Velocity profile on the cross section of air layer in clothing. *Sen-I Kikai Gakkaishi*, 56 (8) 52-59 (2003)
- 20) Kenchikugaku-Taikai-linkai: "Kenchikugaku-Taikai 22 Shitunai Kankyou Keikaku", p403-563, Syoukokusya (1969)
- 21) Hirayama, T.: Shinhen Kenchikugaku Poketto Bukku", p4・15-4・29, Ohmusha (1984)
- 22) Aoki, S.: Ifuku no Netstugakuteki Kenkyu Dai 8hen (Ifukusainaiukuikisou no Kiryuu ni oite) Nippon Eiseigaku Zasshi, Vol. 2, No. 1:4-8 (1947)