

寒冷下運動時における身体末梢部位保温の効果

国立公衆衛生院 梶原 裕

(共同研究者) 実践女子大学 吉田 敬一

杉野女子大学 市川 真知子

同 長谷川 典美

Effects of Keeping Warm of the Peripheral Parts of the Body during Exercise in a Cold Environment

by

Yutaka Tochihara

Department of Physiological Hygiene, The Institute of Public Health

Keiichi Yoshida

Faculty of Home Economics, Jissen Women's University

Machiko Ichikawa and Norimi Hasegawa

Faculty of Home Economics, Sugino Women's University

ABSTRACT

Recently, we can see many people wearing gloves and stockings during jogging in winter. However, there were few studies regarding the effects of wearing these garments on psychophysiological responses during exercise. Therefore, thermal sensations and physiological responses of 8 female students, exercising at 70W on a bicycle ergometer in a cold environment (15°C) and wearing two different types of clothings, were studied. As for clothing, say C, the subjects wear shirts with halflength sleeves and shorts, and for clothing W, they wear gloves and stockings in addition to clothing C.

1) Rectal temperatures in clothing W were slightly lower than those in clothing C.

2) Although forearm and thigh were not kept warm in the cold environment, skin temperatures at these sites in clothing W were higher than those in clothing C.

3) As the skin temperatures at the peripheral parts of the body were higher in clothing W than in clothing C, the thermal sensations for local areas of the limbs were voted significantly warmer in clothing W than in clothing C. However, there were no distinct differences in thermal comfort between the two clothing conditions.

4) Keeping warm of peripheral parts of the body did not have an effect on blood pressure and heart rate during exercise and resting.

5) There were no differences in respiratory frequency (Rf) and metabolism (M) during the later half of the exercise and resting between the two clothing conditions. However, during the beginning of the exercise, Rf and M in clothing W were lower than those in clothing C.

要 旨

気温 15°C の各条件下で女子学生 8 名を被検者として、70W の自転車エルゴメータ運動を 30 分間行わせた。衣服は、半袖シャツと短パンだけ（対照群）と、さらに手袋とハイソックスを着用した場合（着用群）の 2 条件とし、寒冷下運動時に末梢部を保温することによる心理的・生理的効果を検討した。

1) 直腸温は着用群の方が低い傾向にあった。

2) 前腕部と大腿部の皮膚温は着用群が高く、手袋とハイソックスの着用は、直接被覆している手部・足部以外の四肢部にも影響を与えた。

3) 末梢部の皮膚温上昇は、局所の温感の上昇をもたらしたものの、全身温冷感や快適感の改善には必ずしもつながらないようである。

4) 手袋とハイソックスの着用は、寒冷下運動時の血圧と心拍数にほとんど影響を与えない。

5) 代謝量と呼吸数は、運動後半および回復期にはほとんど着用の影響がないが、運動初期には着用群の方が少ない。これは身体末梢部位の保温が寒さによる筋の緊張を和らげた結果と思われる。

緒 言

冬季の日常生活において、手・足の寒さを緩和するために手袋や靴下がよく利用される。衣服の付属品的な役割を持つ手袋と靴下は、一方で体温調節の有効な手段とされている。

また最近では、冬季にジョギングやマラソンをする際、末梢部位の保温のために軍手、タイツなどを着用しているランナーが多く見られる。しかしその実態は個人の判断により様々であり、着用の効果については明らかではない。事実、手袋や靴下の効果について最近いくつかの報告がされているが¹⁻³⁾、実験条件の設定は様々であり、その結果は必ずしも一定の見解が得られていない。

本報告では、寒冷下運動時に身体末梢部を保温することによる心理的・生理的効果を明らかにするために、以下の実験を行い検討した。

実験方法

実験は、健康な女子学生 8 名（平均年齢 22.2 歳、平均身長 157.0cm、平均体重 47.5kg）を対象として、7 月中旬から 8 月下旬にかけて実施した。実験衣服として、各自の下着（ブラジャーとショーツ）の上に半袖 T シャツと短パンを着用することを基本とし（以後、対照群とする）さらに、手袋とハイソックスを着用した場合（以後、着用群とする）とを設定し両群を比較検討した。

対照群と着用群の実験は、日を変えて実施し、その実験順は無作為化した。

人工気候室の設定条件は、前室を気温 25°C、相対湿度 60%、寒冷室を気温 15°C、相対湿度 60%とした。気流は前室、寒冷室とも 20cm/sec である。

各被検者は、前室において各種センサーを装着後、実験衣服を着て 30 分間以上の椅座位安静の後、寒冷室に入室した。なお、手袋、ハイソックスを着用する場合は、寒冷室入室直前に行った。寒冷室入室後、すぐに自転車エルゴメータ上で 10 分間安静とした(安静期)。その後、30分間 70W の自転車エルゴメータ運動を行わせた(運動期)、ペダルの回転数は毎分 50 回とした。30 分間の運動後、自転車エルゴメータから降り、50 分間の椅座位安静とした(回復期)。

実験中に、温冷感、快適感の申告を受けるとともに、体温、循環機能、呼吸機能の測定を行った。温冷感は 9 段階評価(1:非常に暑い, 2:暑い, 3:暖かい, 4:やや暖かい, 5:どちらともいえない, 6:やや涼しい, 7:涼しい, 8:寒い, 9:非常に寒い)により、全身、手部、足部について申告を受けた。温熱的な快適感は 4 段階評価(1:快適, 2:やや不快, 3:不快, 4:非常に不快)によった。これらの申告は、寒冷室入室 5 分前、寒冷室入室後、安静期 8 分目、運動期 10 分、28 分目、回復期 5 分、10 分、20 分、30 分、40 分、50 分目に受けた。

直腸温の測定は、サーミスタを直腸内 12cm に挿入し、皮膚温は 10カ所(前額、胸、前腕、手背、大腿、下腿、足背、側腹、第 2 指、第 2 趾)にサーミスタを貼付し、ともに自動精密温度測定器で寒冷室入室時から 5 分ごとに記録した。平均皮膚温は、Hardy-Dubois の 7 点法(0.07前額+0.14前腕+0.05手背+0.19大腿+0.13下腿+0.07足背+0.35側腹)により算出した。

心拍数は、胸部誘導心電図から毎分 R 波全数を

数えて求めた。血圧は、Riva-Rocci 型血圧計により、主観申告を受ける時に測定した。

呼吸数、換気量は連続呼気流量計、呼気中の酸素濃度はポーラログラフ法、二酸化炭素濃度は赤外線法により求めた。呼気の採取は、安静期 4 分から運動期 8 分まで、運動期 23 分から回復期 5 分まで、回復期 33 分から回復期 50 分までの 3 回に分けて、採気マスクをつけて行った。酸素摂取量と二酸化炭素発生量から呼吸商を、そして代謝量を求めた。

対照群と着用群の各測定値の平均値の差の検定には、Paired T-test を行い、 $p < 0.05$ を有意とした。

実験結果

図 1 に、手部の温冷感の経時変動を被検者 8 名の平均値と標準誤差で示した。前室においては、両群とも 4「やや暖かい」と 5「どちらともいえない」の中間と感じており、有意差はない。寒冷室入室後は、つねに着用群の方が暖かく感じ、実験をとおして有意差が認められた。安静期 8 分時には、着用群はほとんど変化せず、4「やや暖かい」と「どちらともいえない」の中間であるが、対照群は 7「涼しい」に近づく。運動中は暖かさが増し、運動期 28 分時には、対照群は 3「暖かい」に近づき、着用群は 3「暖かい」と 2「暑い」の中間を示す。その後の回復期には両群とも寒く感じますが、対照群の方が急激であり、回復時 50 分時には着用群は 6「やや涼しい」と「涼しい」の中間であるが、対照群は 8「寒い」と 9「非常に寒い」の中間を示した。足部の温冷感も、手部とほぼ同様な傾向が認められた。

図 2 は、快適感の経時変動を示したものである。快適感は、温熱的な快・不快に限って申告を受けたものである。全体を通して両群間に有意差は認められなかった。安静期 8 分時で着用群は 2「やや不快」となるが、対照群は 2「やや不快」と 3

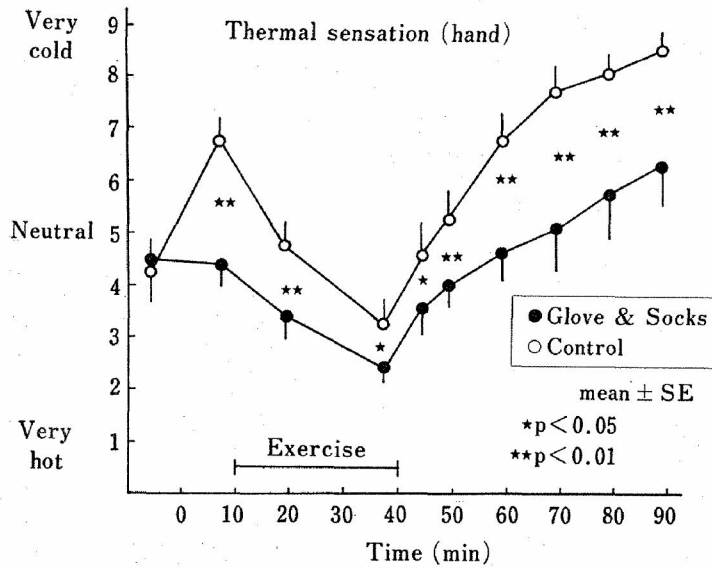


図1 Changes in hand thermal sensation

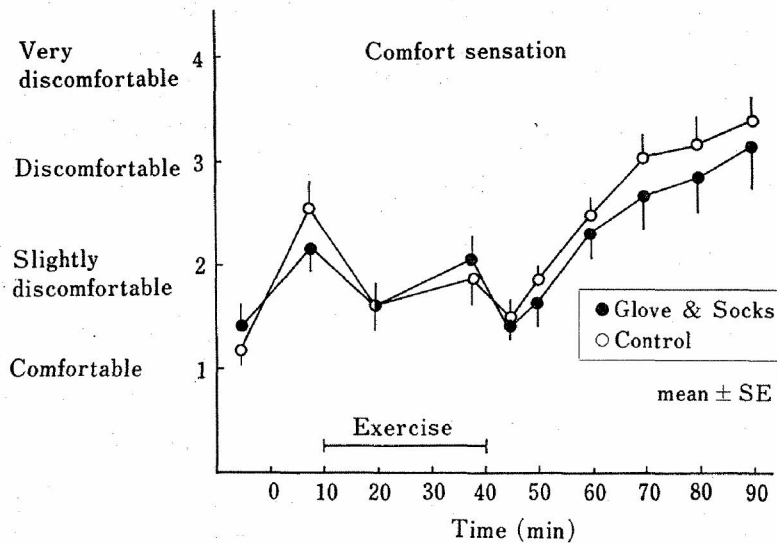


図2 Changes in comfort sensation

「不快」の間中になり、運動期10分時点で両群とも1「快適」と2「やや不快」の間中となる。運動期28分時点で両群ともほぼ2「やや不快」となり、その後の回復期5分時には両群とも1「快適」と2「やや不快」の間中となる。その後は両群とも不快感が高まり、回復期50分時の着用群は3「不快」、対照群は3「不快」と4「非常に不快」の間中となる。回復期については、対照群の方が、着用群よりも幾分強く不快と感じる傾向があった。

全身温冷感については、運動期の前後に、対照

群の方が有意に涼しく感じる事があったが、実験中の多くの時期には、快適感と同様に両群に有意差は認められない。

直腸温の経時変化を図3に示した。実験をとおして有意差はなかったが、対照群のほうが着用群よりも高い傾向にあった。入室時の両条件の直腸温は対照群 37.52°C, 着用群 37.51°Cであるが、次第に着用群の方が低下して、安静期10分時には着用群 37.46°C, 対照群 37.56°Cとなる。運動開始後5分ごとに対照群は0.1°C, 着用群は0.09°Cの

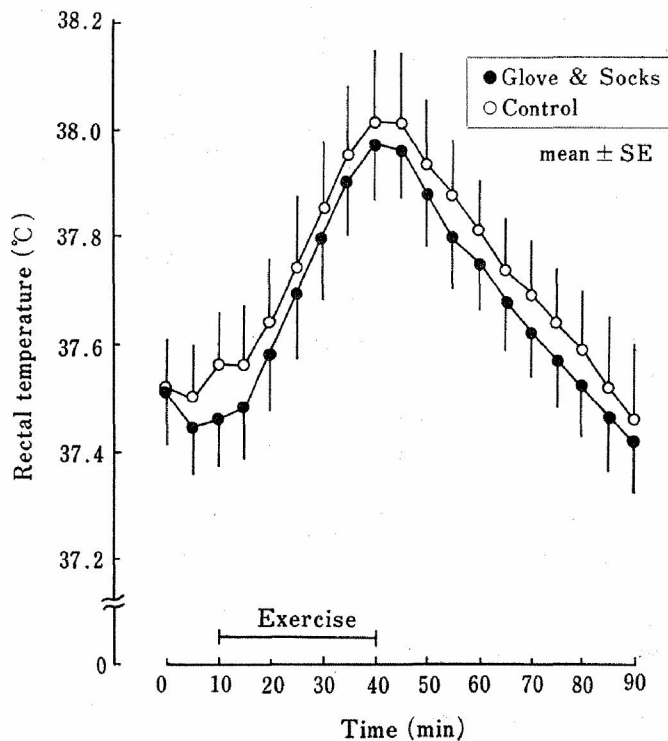


図3 Changes in rectal temperature

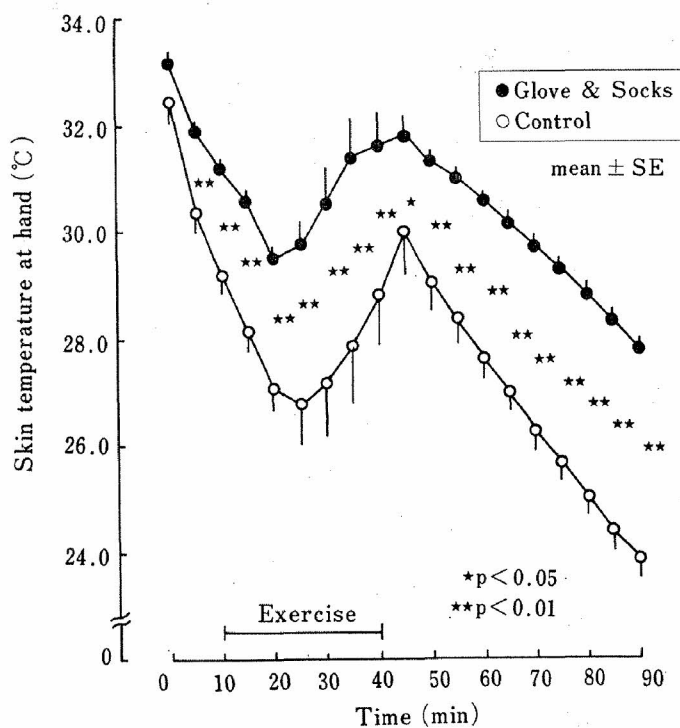


図4 Changes in skin temperature at hand

割合で上昇し、運動30分時では対照群 38.01°C、着用群37.97°Cで最高値を示した。運動終了後は両群とも5分ごとに約0.11°Cの割合で下降し、

実験終了時（回復50分時）で着用群は37.41°C、対照群は37.45°Cであり、寒冷室入室時よりも両群とも低くなった。

図4は、手背部皮膚温の経時変化を示したものである。寒冷室入室前を除いては安静期・運動期・回復期とも有意な差が認められ、つねに着用群の方が高かった。寒冷室入室後、着用群も対照群も下降し始め、着用群では運動10分後まで(29.49°C)、対照群では運動15分後まで(26.75°C)下降し続けた。その後、次第に上昇し、両群とも運動終了後も5分間(回復5分後まで)上昇し続けた(着用群 31.75°C、対照群29.94°C)。その後、両群とも下降し始め、また、着用群より対照群の方が下降が著しく、時間が経過するに伴い両群の温度差は大きくなった。回復期50分時には着用群 27.76°C、対照群 23.84°Cである。

前腕部皮膚温の経時変化を図5に示した。両群間には寒冷室入室時から安静期・運動期をとおして回復20分時まで有意差が認められ、この部位は被覆されていないにもかかわらず、つねに着用群

の方が高かった。寒冷室入室時に着用群は 32.89°C、対照群は 32.17°Cであり、着用群は運動10分時(28.86°C)、対照群は運動25分時(27.78°C)まで下がり、とくに運動5分時から10分時に差が大きく($p < 0.01$)認められる。その後、着用群は回復10分後(30.09°C)まで、対照群は回復15分後(29.04°C)まで上昇し、運動後期(25分時・30分時)の差が大きい($p < 0.01$)。その後は両群とも下降し続け、回復50分時で着用群 27.46°C、対照群26.81°Cとなる。なお、大腿部皮膚温も前腕部と同様な変動を示し、被覆されていないにもかかわらず、着用群の方が有意に高かった。

図6は、平均皮膚温の経時変化を示したものである。寒冷室入室時(着用群 32.96°C、対照群 32.69°C)から実験終了時までつねに着用群のほうが高く、安静5分後からは有意差($p < 0.01$)が認められる。

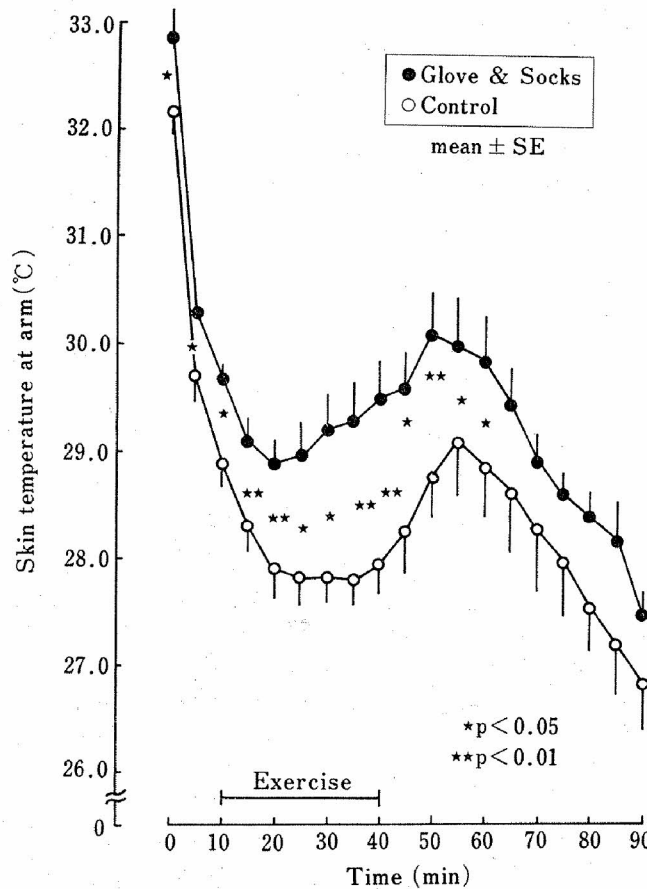


図5 Changes in skin temperature at arm

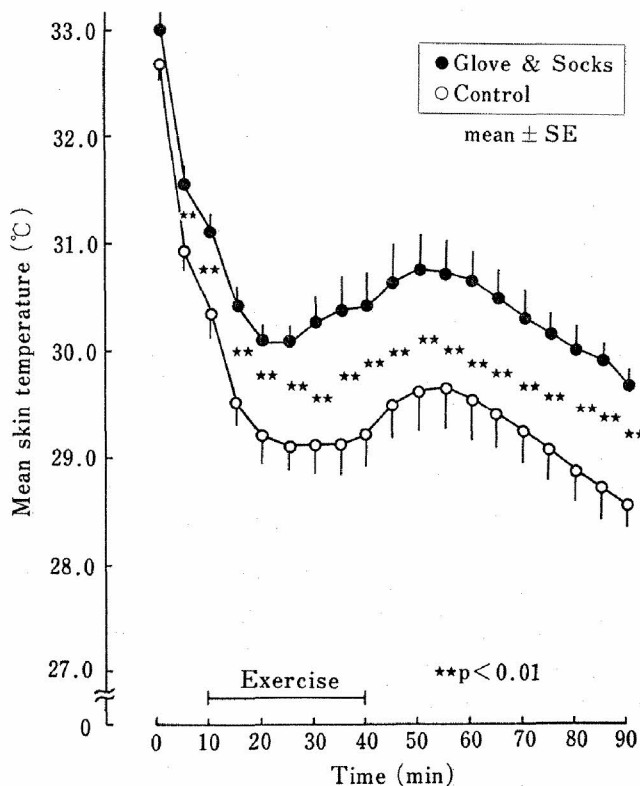


図6 Changes in mean skin temperature

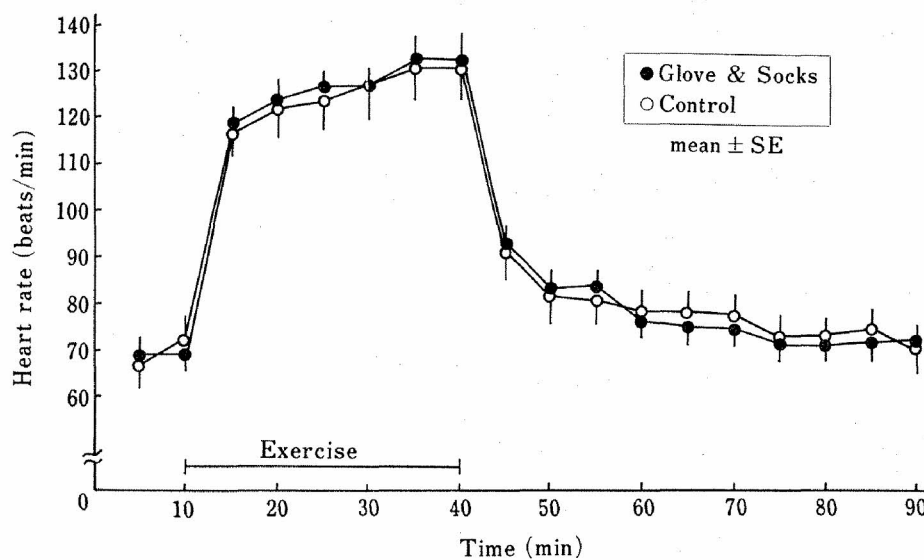


図7 Changes in heart rate

寒冷室入室と同時に両群とも急激に下がり、着用群は運動10分から15分後に 30.17°Cで平衡状態となり、対照群は運動後15分後に29.11°Cとなる。その後両群とも上昇するが、着用群では回復10分時(30.75°C)から、対照群では回復15分後(29.63°C) から5分ごとに約0.15°Cの割合で下降し

た。

図7は、心拍数の経時変化を示したものである。実験をとおして両群間に有意差は認められなかった。

寒冷室入室後5分から10分にかけての着用群の心拍数はほとんど変化を示していないが、対照群

の心拍数は安静5分時では着用群より少なく(着用群 68拍/分, 対照群67拍/分), 安静10分時では着用群より多くなった(着用群69拍/分, 対照群71拍/分). 運動開始後, 着用群は118拍/分, 対照群は116拍/分に増加し, 運動終了時まで増加し続けた. 運動中は両群にほとんど差はなく, 運動期30分時では両群とも同じ(127拍/分)であった. 回復期については, 回復5分時に着用群は92拍/分, 対照群は91拍/分まで減少した. 回復5分以降は両群ともほぼ同様に下降し, 回復35分以降は徐々に安定した(71拍/分程度).

図8は, 最高血圧および最低血圧の経時変化を示したものである. 最高血圧, 最低血圧ともに, 着用群と対照群との間に有意差は認められなかった.

最高血圧については, 安静期に着用群・対照群とも若干上昇し, 運動中は両群ともに最高値を示した(運動30分時, 着用群 129.5mmHg, 対照群 129.25mmHg). 運動終了後, 両群とも急激に下降し, 安静期とほぼ同じ値を示した. その後回復後20分時までは下降して両群とも最低値を示し(着用群94mmHg, 対照群 97mmHg), その後は

やや上昇した.

最低血圧については, 前室での安静椅坐位での値は両群間に大きな差はなく, 寒冷室入室後, 着用群 68mmHg, 対照群 72mmHg に上昇した. 運動中は対照群が着用群よりもやや低い値を示したが, 大差はない. 運動終了後は, 着用群が低下し対照群が上昇し, 実験終了までの回復期は着用群の血圧よりも対照群の方が若干高い傾向が見られた.

図9は, 代謝量の経時変化を示したものである. 運動前の安静期では着用群も対照群もほぼ同様で(着用群・対照群とも約 41Cal/m²・h), 運動初期に着用群の方が少なくなる(着用群では約180Cal/m²・h, 対照群では約 195Cal/m²・h). 運動の後半と, 運動後の回復期においては, 両群ともほとんど差は認められなかった.

呼吸数の変化は, 図示しないが, 運動開始時は対照群の方が多く, 運動開始3分時では対照群が29.13拍/分, 着用群が26.63拍/分で有意差が認められた. しかし, 運動後半では両群ともほとんど差はなく, 約31拍/分まで増加している. 回復期では直ちに, 対照群は23.5拍/分, 着用群は24.5

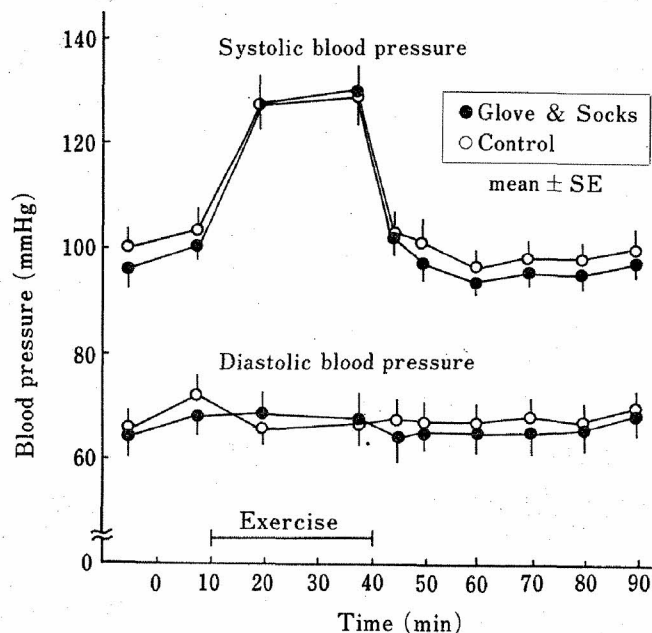


図8 Changes in blood pressure

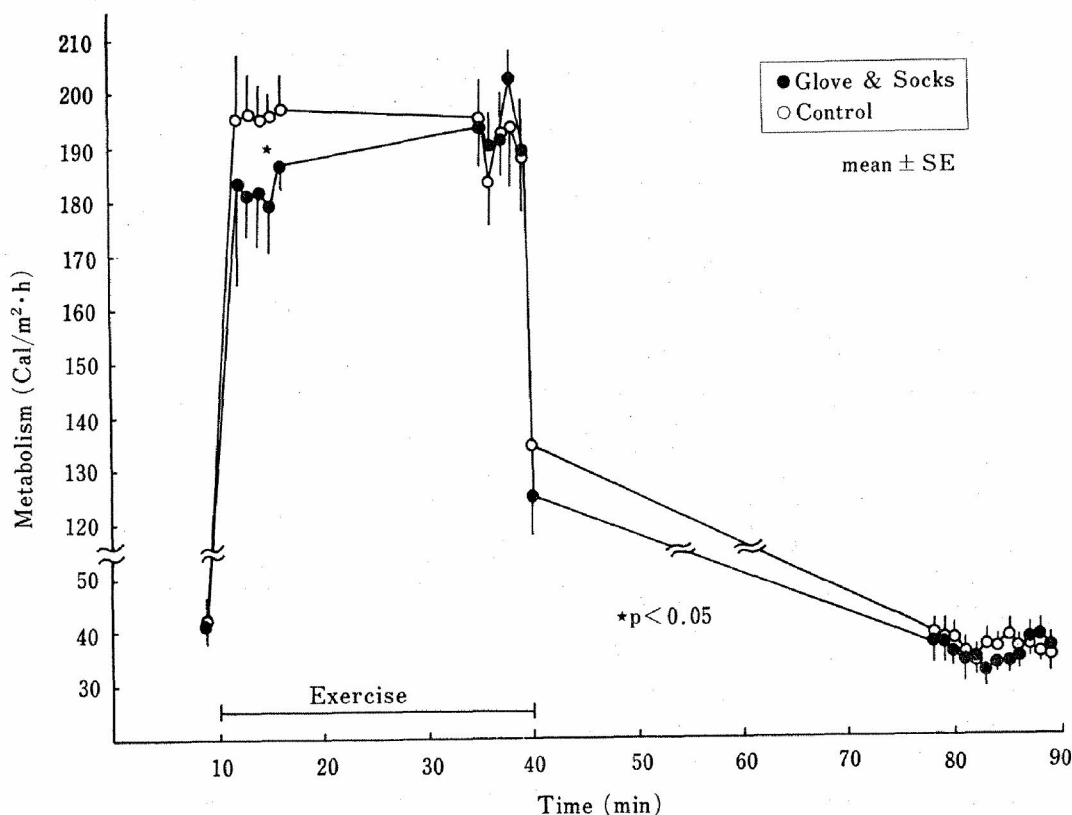


図9 Changes in metabolism

拍/分まで減少し、回復38分時から50分時にかけてほぼ運動開始前の値まで減少した。

考 察

手袋とハイソックスの着用は、直接被覆している手部・足部以外の四肢部の皮膚温にも影響を与えた。前腕部は両群とも露出した状態で実験したが、皮膚温は着用群が高く、この現象は大腿部にも認められた。手部と足部の被覆により皮膚血流量が増加し、このことが被覆部以外の皮膚温の上昇につながったと思われる。

直腸温は、着用群と対照群に有意な差はなかったものの、着用群の方が低い傾向にあった。一般に保温力の高い衣服を着用して運動すると深部温(直腸温)は高くなるといわれている^{4,5)}。しかし、今回の実験では、保温力が高い着用群の方が深部温が低いという結果になった。また、Nielsenらは⁶⁾、寒冷環境(10°C)において主に胴体を覆う

衣服(1.22clo)と主に四肢を覆う衣服(1.67clo)の2種類の衣服を着用し、1時間運動を行い、その後1時間安静にし、その間の温冷感と体温の分布について報告した。彼らの実験においても、回復期については、直腸温は胴体を覆った場合より、clo値の大きい四肢を覆った方が低い傾向であった。

登倉らは¹⁾、軍手着用が安静女子の手からのdry heat lossにどのように影響するかという実験を行った。当初は素手からのdry heat lossの方が大きな値をとるが、60分後には素手からのdry heat lossよりも手袋着用のdry heat lossの方が大きくなったと報告している。手袋・ハイソックス着用による低い直腸温は、身体末梢部位の皮膚温が上昇し、その結果dry heat lossが増し、手袋とハイソックスの保温力を越えたこと、さらには手袋・ハイソックス着用により放熱にかかわる体表面積が増大したことが原因と考えられる。

手部と足部の温冷感は、手袋とハイソックスを着用することによりかなり暖かく感じており、これは 18°C における女子 2 名の手足末梢部被覆の効果を安静時と運動時についてみた多屋ら²⁾による報告と一致する。このことは、手部・足部の皮膚温が着用時に有意に高いことによる影響と思われる。快適感も、着用の有無による差がほとんどない。全身温冷感も運動前後を除いては着用による差が少ない。これは、手足部末梢部の被覆が全身的な温冷感、快適感に強く影響を及ぼすとする多屋ら²⁾の報告とは異なり、局部的皮膚温と全身温冷感には相関関係がないとする Nielsen ら⁶⁾の報告と似ている。局所的皮膚温の上昇は、寒冷下運動時の全身温冷感、快適感の改善に必ずしもつながらないようである。

手部と足部の被覆は、安静期、運動期、回復期をとおして血圧にほとんど影響を与えていない。心拍数についても着用による影響が認められず、多屋らの安静時の末梢部被覆が心拍数の変動を少なくするという報告とは一致しない。手袋、ハイソックスの着用は末梢部位の温感の上昇には役立つものの、循環機能には直接的な影響を与えないことが認められた。

代謝量については、石樽ら³⁾は 21°C、60%RH の環境下で 1 時間の安静後、トレッドミル上を 30 分間歩行する実験を行い、ハイソックス着用の効果を検討した。代謝量は、安静時には裸足の方が多く、歩行時にはハイソックス着用の方が多いと

報告している。しかし、Nielsen ら⁶⁾は運動時には四肢部を被覆した状態と胴体を被覆した状態では代謝量の違いはないとしている。今回の実験では代謝量と呼吸数は、運動後期および回復期には着用による影響がほとんど認められない。ただし、運動初期には、着用群の代謝量、呼吸数が少なくなる傾向が認められた。これは身体末梢部位の保温が寒さによる筋の緊張を和げた結果であると思われ、寒冷下運動初期における手袋、ハイソックス着用の有用性がうかがわれた。

文 献

- 1) 登倉尋実, 後藤亮子; 軍手着用が安静時間女子の手からの dry heat loss に与える影響, 日本家政学会総会要旨集, B109 (1985)
- 2) 多屋淑子, 大野静枝; 安静時および運動時の手足末梢部位の被覆効果について, 日本家政学会総会要旨集, B110 (1985)
- 3) 石樽清司, 永田久紀, 中谷和, 馬杉一重; 安静時および歩行時の体温調節に及ぼすソックスの影響, 日衛誌, 40(1); 482 (1985)
- 4) Tanaka, M., Brisson, G.R. and Volle, M.A.; Body temperatures in relation to heart rate for workers wearing impermeable clothing in a hot environment, *American Industrial Hygiene Association J.*, 39: 885—890 (1977)
- 5) 田中正敏, 窪田為延, 大野静枝, 北博正; 高温下防徐用作業衣の人体に及ぼす影響, 公衆衛生, 39(3): 185—189 (1975)
- 6) Nielsen, R. and Nielsen, B.; Influence of skin temperature distribution on thermal sensation in a cool environment, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 53: 225—230 (1984)