

## 成人女子における運動時皮膚温の部位差について

砥堀雅信\*・土田了輔\*・榊原 潔\*

(平成10年4月30日受理)

### 要 旨

年齢19歳～22歳の健康な成人女子30名を対象に、室温 $26 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 3\%$ の室内で自転車エルゴメーターによる脚運動を40分間実施した。運動強度は各被験者の $\dot{V}\text{O}_2\text{max.}$ の35%と70%の2種類であり、両運動時のペダル回転数は50rpmとした。測定部位は軀幹部位5カ所、上肢部位5カ所、下肢部位4カ所の計14カ所の皮膚温および直腸温で、安静時から運動終了時まで2分ごとにサーミスタ温度計で測定した。以上の結果から、成人女子における運動時皮膚温反応の部位差について運動強度との関連を検討した。

### KEY WORDS

adult women	成人女子	skin temperature	皮膚温
regional defference	部位差	work intensity	運動強度

### はじめに

健康の保持・増進には運動・スポーツの生活化が不可欠な一要因であると考えられる。運動・スポーツは筋活動に伴って多量のエネルギーを消費し、それはまた必然的に熱発生を伴う。筋運動を持続させるには適当なエネルギーの補給、代謝産物の処理と熱の放散が不可欠となる。これらの中で熱の放散についてみると、熱放散は放射・伝導・対流・蒸散などの物理的過程によってきわめて有効に行われている。そして、熱の放散には呼吸器、排出器等も関係しているが、それらは放散全体の5%を占めるにすぎず、残りの95%は皮膚からの水分の蒸散に依存している。すなわち、体温調節における内熱放散機能は、皮膚がその役目のほとんどを受け持っているのが定説である。そして、この機能は身体的部位によって異なることはよく知られている。これらのことから運動・スポーツ時の皮膚温の部位差は、体温調節の意義からみて、運動強度に対する適応範囲の拡大に重要な役割を果たしていると推察できる。すなわち、熱放散効率の善し悪しが、その人の日常生活における運動・スポーツ活動の内容(質や量)を規定する一指標になるのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、成人女子における運動時の皮膚温反応の部位差について運動強度との関連から検討した。

---

\* 生活健康系教育(保健体育)講座

方 法

被験者：被験者は年齢19歳～22歳の健康な成人女子30名であり、その身体的特性を表1に示した。

環境条件および運動強度：被験者はブラジャーとジョギング用パンツを着用し、エアーコンディショニングされた室温 $26 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 3\%$ の室内で椅座安静状態を30分間保持した。その直後から、同環境条件下で自転車エルゴメーターによる脚運動を40分間実施した。運動強度は各被験者の $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ の35%と70%の2種類であり、両運動時のペダル回転数は50rpmとした。なお実験に際し、被験者には実験開始2時間前から飲食物の摂取を禁止した。

測定項目：直腸温と14カ所の皮膚温を安静時から運動終了時まで2分ごとにサーミスタ温度計で測定した。皮膚温の測定部位は、軀幹部および頭部位として前額中央部、右鎖骨下部、右肩胛骨下部、腹部、右腰部の5カ所、上肢部位として右上腕内および外側面、右前腕前および後面、右手甲面の5カ所、下肢部位として右大腿前面、右大腿前および後面、右足甲面の4カ所とした。

結 果

本研究では、各測定項目において各被験者がほぼ同様の傾向であったことから、実験成績については全被験者の安静時の値に対する増加平均値( $\Delta T$ )で示した。

皮膚温：図1～3に運動時(35% $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ , 70% $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ )皮膚温の増加平均値( $\Delta T$ )を経時的に各部位ごとに示した。全体的にみて運動強度の増大に伴い、各部位の皮膚温の上昇の程度は大きく、その程度は、軀幹部に比べて上肢および下肢部位において顕著であった。また、上肢および下肢部位のほとんどの部位で運動初期の一過性の皮膚温低下がみられ、その程度は

表1 身体的特性

人数	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	$\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (ml/kg)
30	20.5 (0.5)	157.5 (3.27)	55.8 (5.08)	33.2 (4.11)

値は平均値を示し( )は標準偏差を示す

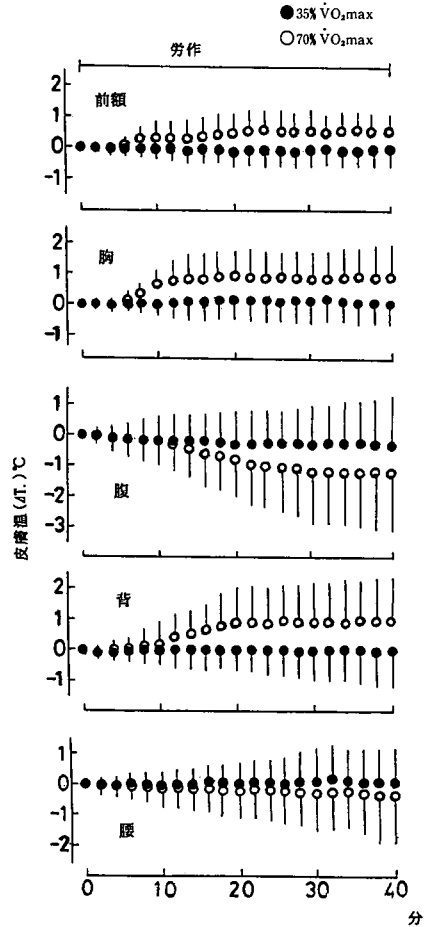


図1 運動時における前額部及び軀幹部皮膚温の増加平均値( $\Delta T$ )の経時的变化

運動強度が大きいほど顕著であった。なお、軀幹部の中でも腹部および腰部は他の部位と異なり、経時的に皮膚温は低下し、運動強度の増大に伴いその程度は大きくなる傾向にあった。

直腸温：直腸温の上昇の程度は、運動強度の増大に伴い上昇傾向は顕著になり、運動後半(30分以後)には両運動間で有意な差( $P < 0.05$ )が認められた(図4)。

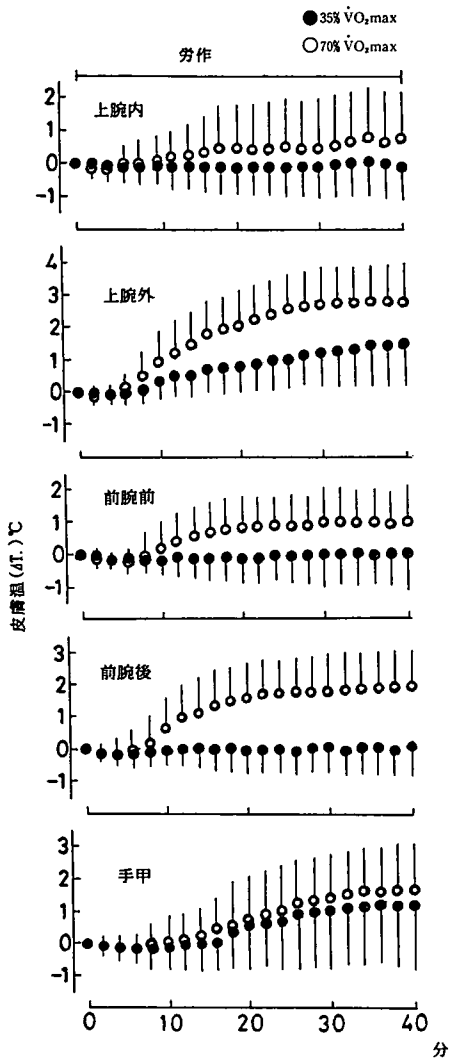


図2 運動時における上部皮膚温の増加平均値(ΔT.)の経時的変化

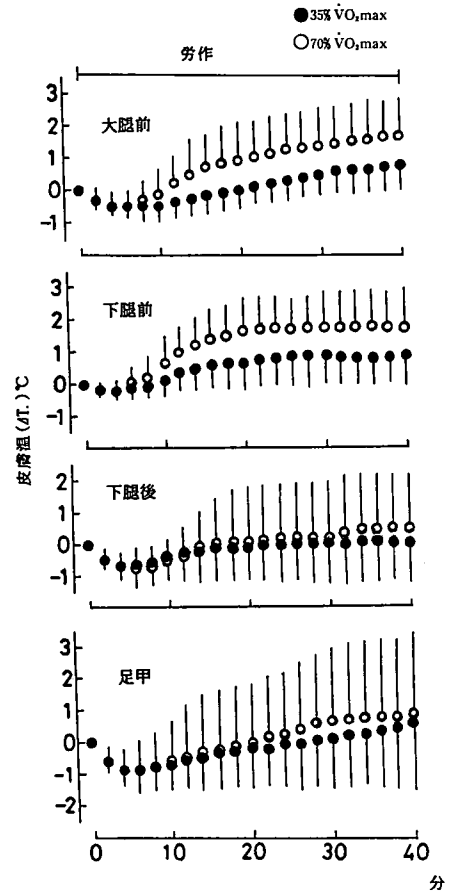


図3 運動時における下腿部皮膚温の増加平均値(ΔT.)の経時的変化

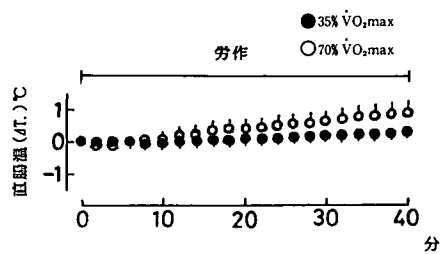


図4 運動時における直腸温の増加平均値(ΔT.)の経時的変化

## 考 察

恒温動物として温帯に住む人の体温は、ほとんどの場合環境温よりも高いが環境温に近い。このような環境の中で、生活活動に伴う産熱と、体外への熱放散を調節する仕組みによって体温を一定に保っている。そして、この熱放散に深く関係している組織が皮膚である。一般的日常的な生活活動では、身体内部で暖められた血液は皮膚組織に分布している血管に運ばれ放熱する。その結果、皮膚温は上昇し熱放散を調節する。体温を変動させる要因として、DuBoisは熱性疾患、筋労作、日間変動、年齢、環境気温、食物摂取、個人差、睡眠、女性の性周期、感情興奮をあげている<sup>1)</sup>。この中で運動時の体温上昇は発熱等の体温調節能力の不全によるものではなく、調節された上昇であるとする見方が通説である<sup>1)</sup>。

本実験における全体的な傾向として運動強度の増加に伴う皮膚温の上昇は、軀幹部に比べて上肢部並びに下肢部位が顕著であり、部位差の程度は運動強度の増大に伴い小さくなる傾向にあった。これは運動強度の増大による産熱量の増加に対抗するため、放熱量を増大させる一手段として皮膚温の上昇を生ずるが、その上昇の程度が部位により異なることを示している。そして、四肢部の放熱効率、質量に対して表面積が大きいこと、軀幹部のそれより有利であるといえることから、皮膚温の部位差は体温調節上重要な意義を持っているといえる。すなわち、皮膚温の部位差の程度が皮膚温反応による体温調節の余裕を示していると考えられる。皮膚温の部位差の変化は、皮膚血流量、皮膚深層部温、皮膚表面湿度などに影響される<sup>1)</sup>がメカニズムがいずれであれ、運動強度の増大は皮膚温の部位差を小さくし、皮膚温反応による体温調節の段階を進行させ、結果的に体温調節における余裕を小さくすると考えられる。

運動は筋労作が中心で産熱活動が旺盛になり、皮膚温や筋肉温は微妙な変動を示す。中でも皮膚温は身体各部位によって熱放散効率が異なり、運動によって低下する部位、わずかに上昇する部位、変動が顕著でない部位など部位的特徴がみられる。

前額部および軀幹部についてみると、前額中央部の皮膚温は運動強度の増大により上昇するが、他の部位に比べその程度は小さかった。一般的に前額部は、発汗量の多い割には皮膚温の変動が少なく<sup>2)</sup>、汗の蒸発による放熱が皮膚温の上昇をおさえしているからであろう。このことは、頭部の温度変化を少なくして脳内の調節機能を有効にしようとする防衛的働きがあるのではないかと考えられる。鎖骨下部および肩胛骨下部の皮膚温は、経時的に上昇の傾向にあり、腹部と腰部の皮膚温は経時的に低下の傾向にあった。体内の血液量は個人によりほぼ一定であるが、運動時には、反射的に運動している組織や器官の血管が拡張し、運動に直接関係しない組織や器官の血管が収縮することで、直接関係する組織や器官の血流量の増加に応じて<sup>3)</sup>。運動時の血管収縮が最も著しいのが腹部内臓諸器官であり、この領域の血管収縮は弛緩期の心臓容量を大きくし、心臓機能を促進すると同時に、血流抵抗を増大して血圧の上昇を維持し、かつ、多くの血液を筋肉に振り分ける役割をしている<sup>4)</sup>。これらのことから、個人にとって持続的な運動能力が限界に近づくと、腹部や腰部の皮膚温は上昇すると考えられる。

四肢部の皮膚温の変動は熱放散量を大きく左右する。これは、軀幹部は質量に比べ表面積が小さく、四肢部は質量に比べ表面積が大であることと関係している。すなわち、熱の放散は軀幹部より四肢部に依存する方が有利である。実際には輻射と対流による放熱の大半は四肢部で行われ、ことに、運動中では四肢部の皮膚温が著しく上昇してこれを助けている<sup>5)</sup>。また、全体

的な傾向として四肢部のほとんどの部位で運動開始から一過性の低下がみられ、その後上昇に転じている。低下の程度は運動強度に比例する<sup>6)7)8)9)</sup>が、負荷の程度にかかわらず活動部位、非活動部位ともに低下がみられることから、全身性の変化である<sup>1)4)10)</sup>とされている。この低下は、運動方法(本実験では自転車エルゴメーター)による影響も無視できない<sup>2)</sup>が、熱生産増加に対する対応としては矛盾している。これについては、運動時の皮膚温は、運動に伴って反射性に起こる皮膚血管収縮と、活動筋からの伝導性熱流によって決まり、もし反射性血管収縮がなければ、皮膚温は運動時間経過とともに直線的に上昇し、過熱放散の状態になるであろう。そして、それを防ぐために体熱産量が増大し、深部体温の急激な上昇を招くであろう<sup>1)</sup>といわれている。四肢における皮膚温の上昇は、上肢部では上腕及び前腕の後面、下肢部では大腿及び下腿の前面が大きかった。このことは、四肢部の熱放散の主導的な役割をこれらの部位が果たしていることを示唆しているといえよう。

直腸温の運動による上昇の程度は、運動強度により違いがみられたが、一般的に直腸温の上昇度は運動強度に比例し、環境温には左右されない<sup>1)</sup>とされている。そして、男子より女子の方が低い<sup>1)</sup>ともいわれている。深部体温の上昇は非温熱性要因の作用による血管収縮が主な原因で、この収縮は運動中持続し、そのために熱放散が妨げられ、体温が上昇する<sup>1)10)12)</sup>と考えられている。

## ま と め

成人女子における運動時皮膚温反応の部位差について運動強度との関連から検討した結果、次のようなことがわかった。

- 1) 運動強度の増大による皮膚温の上昇は、軀幹部に比べ四肢部ほうが大きかった。
- 2) 四肢における皮膚温の変動は、上肢部では上腕及び前腕の後面、下肢部では大腿および下腿の前面が大きかった。
- 3) 皮膚温の部位差は運動強度の増大により少なくなった。
- 4) 運動強度の増大は体温調節の段階を進行させ、体温調節における余裕を少なくする。
- 5) 皮膚温の部位差は運動強度の増大に対する適応範囲の拡大に重要な役割を果たしている。

## 参 考 文 献

- ① 中山昭雄 編「温熱生理学」理工学社, 1981.
- ② 江橋博「運動開始直後の一過性皮膚温低下について」体力研究, 18:42-57, 1970.
- ③ 猪飼道夫 他「運動の生理」大修館書店, 1974.
- ④ 井上章 他「運動生理学序説」南江堂, 1977.
- ⑤ 久野寧「汗の話」光生館, 1981.
- ⑥ Ohnuki, Y., Nakayama, T., et al. 「Fall in skin temperature during exercise」 Jap.J.Physiol., 27-4:423-437, 1977.
- ⑦ 大貫義人, 中山昭雄 他「発汗を伴わない運動時の皮膚温について」日生氣誌,

16-1:36-41, 1979.

- ⑧ 榎村修生 他「サーモグラフから見た運動初期の皮膚温変動」日本体育大学紀要, 11:55-60, 1982.
- ⑨ 斉藤重徳 他「運動による皮膚温の変動について」島根大学教育学部紀要 (教育学科), 22-2:25-32, 1988.
- ⑩ 江橋博 他「運動初期の皮膚温低下に及ぼす発汗の影響」体力研究, 18:1977.
- ⑪ 吉村寿人「ヒトの熱帯馴化に関する生理学的研究」東南アジア研究, 13-4, 602-640, 1976.
- ⑫ Nakayama, T., Ohnuki, Y., et al. 「Fall in skin temperature during exercise observed by thermo graphy」 Jap. J. Physiol., 31, 757-762, 1981.

## Regional differences of skin temperatures in adult women in exercise

Masanobu TOHORI\*, Ryosuke TSUCHIDA\* and Kiyoshi SAKAKIBARA\*

### ABSTRACT

The regional differences of skin temperatures in the bicycle ergometer exercise were measured to thirty healthy adult women (19~22 year-old).

Measurement was enforced indoor room temperature  $26\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , humidity  $55\pm 3\%$ . Subjects exercised by a bicycle ergometer for 40 minutes. Work intensity was 35% and 70% of  $\dot{V}\text{O}_2$  max. of each subject. The pedal roll number of both exercises set up with 50 rpm. Rectal temperature and 14 points temperatures, 5 points of trunk region, 5 points of superior limb regions, and 4 points of inferior limb regions were measured from rest to exercise finish by the Thermistor thermometer.

Relations between work intensity and regional differences of skin temperatures in adult women during exercise were considered. Results were as follows.

- 1) Rising of skin temperature of the limb increase of work intensity was larger than the trunk.
- 2) The change of skin temperature in the limb was larger in the superior limb and also rear face of the forearm. Also front face of the femur and the crus was large in the superior limb.
- 3) The regional deference of skin temperature decreased by the increasing of work intensity.
- 4) The increasing of work intensity advanced the stage of thermoregulation, but the surplus of thermoregulation was increased.
- 5) The regional deference of skin temperatures was important to extend the range of adaptation to increase of work intensity.

---

\* Division of Physical Education, Home Economics and Technology Education: Department of Health and Physical Education