

スポーツ時の衣服条件が体温調節に 及ぼす影響に関する基礎的研究

大阪府立大学 松下 健 二

(共同研究者) 神戸大学 荒木 勉

同 稲垣 和 子

Experimental Studies on Thermoregulation in Sports in Relation to Clothing Condition

by

Kenji Matsushita

University of Osaka Prefecture

Tsutomu Araki, Kazuko Inagaki

Kobe University

ABSTRACT

The present study was performed to determine the effect of clothing condition on the thermoregulation in exercise. Three healthy adult males pedalled a bicycle ergometer at moderate load for 45 minutes under each of four clothing conditions, wearing only shorts (Control), only long sleeve upper wear (Condition I), only long pants (Condition II) and both wears (Condition III), in September and October. Rectal temperature (T_{re}) was taken, and also heart rate continuously recorded to calculate $\dot{V}O_2$. Local sweat samples (LS) from chest, back, forearm and thigh were collected, and total body sweat rate (SR) secreted on whole body surface area was measured. All the clothing conditions resulted in greater SR, LS, ΔT_{re} and heat production than the control condition, especially Condition III. The subject having comparatively large difference in sweating rate between the trunk and the limbs showed an effective thermoregulation in Condition II, as compared in Condition I, and vice versa on another subject having small difference. These results suggested that the clothing condi-

tion might influence the thermoregulation in exercise, depending on the individual characteristic of regional difference in sweating reaction.

要 旨

本研究では、衣服の型が運動時の体温調節に及ぼす影響を明らかにする際の基礎的資料を得るため、3名の被験者に水泳パンツのみ着用（Control）、長袖衣服により上半身のみ着用（条件Ⅰ）、長ズボンにより下半身のみ着用（条件Ⅱ）、および両衣服により上・下半身ともに着用（条件Ⅲ）の各種衣服条件下で、自転車エルゴメータによる負荷運動を中等度の強さで45分間行わせた。

1) コントロール時に比べて、いずれの着衣条件下でも産熱量、総汗量、部位発汗量が増大し、また体温の上昇度も大であったが、いずれの項目においても、条件Ⅲの場合に最もその影響は顕著であった。

2) 総汗量は、いずれの被験者においても着衣条件ⅠⅡⅢの順で大きかった。

3) 部位発汗量から求めた四肢/軀幹の比率が比較的大なる被験者では、条件Ⅱの場合に比べて、条件Ⅰの場合に産熱量、体温上昇度は小さくなった。しかし、この比率が小なる被験者では、逆に条件Ⅱの場合に産熱量、体温上昇度が小さくなった。

4) 運動時の体温調節に及ぼす衣服の影響は、四肢/軀幹の比率のような発汗部位差にみられる

個人的特性と密接な関係を有すると考えられる。

緒 言

着衣条件によって運動時の体温調節が影響されることは十分に考えられる。これまで、衣服の型や材質を含めた着衣条件の影響に関して検討した例は少ない²⁾。

従来³⁾に基づきながら、著者らは環境温度条件、季節、運動の強度ならびに様式などの各要因との関連性のうえから、型および材質を含む着衣条件が運動時の体温調節に及ぼす影響について、一連の検討をすすめている。

本研究では、衣服の型による運動時の体温調節への影響について明らかにする際の基礎的資料を得るために、上半身にのみ衣服を着用、下半身にのみ着用、および上下半身ともに着用した場合をとりあげ、それぞれの影響について検討した。

方 法

・被験者：

健康な成人男子3名であり、その身体的特性を表1に示した。

・実験衣服：

各被験者の実験衣服は、ポリエステル50%、綿50%の混紡（内側）と、ポリエステル100%（表

表1 被験者の身体的特性

被 験 者	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	体表面積 (m ²)	最大酸素 摂取量 (ml)
M.A.	33	175	74.5	1.914	4758
I.N.	27	172	70.1	1.842	4251
N.A.	35	165	72.2	1.810	3251

面)の交編のトレーニングウェア(密閉型の長袖および長ズボン)を使用した。

着衣条件として、スイミングパンツのみ着用時をControl, 長袖のみ着用(以下, 条件Ⅰ), 長ズボンのみ着用(条件Ⅱ), 長袖ならびに長ズボンを着用(条件Ⅲ)の計4種を設定した。

•測定項目:

運動前, 運動中ならびに回復期にわたって, 直腸温をサーミスターにより毎1分に測定した。

実験中, 心拍数を胸部誘導法により連続記録し, 求めた積算心拍数から酸素消費量を算出した。

部位発汗量を胸, 背, 前腕, 大腿について各左右の対称部位からろ紙法を用いて測定し, 左右の合計量をもって各部位の発汗量とした。

また, 全身皮膚面からの総汗量を, 実験前後の体重を10g感度の精密体重計によって測定し, その重量差から求めた。

•負荷運動:

一定条件に保たれた($28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ DB, $40 \pm 5\%$ RH)人工気象室内で, 各被験者は上記各着衣条件で, 入室後30分間の椅座安静後, 自転車エルゴメーターによる運動を一定の速さ(55rpm)で45分間行い, 運動終了後, 20分間椅座安静姿勢を保った。

なお, Control時の運動の負荷強度($\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$)は被験者MA 67%, IN 56%, NA 54%であった。

結 果

本実験では, 3例の被験者について検討したが, その間, MAとNAの2例では, 全般にわたってきわめて類似した結果がみとめられた。したがって, 以下, かれらの代表としてMAの例をとりあげた。

O₂消費量

Control時の域値をもとに, 各着衣条件で運動を行った際のO₂消費量をあらわせば(図1), いずれの条件下でも, Control時に比べて, 一般にO₂消費量は増加した。

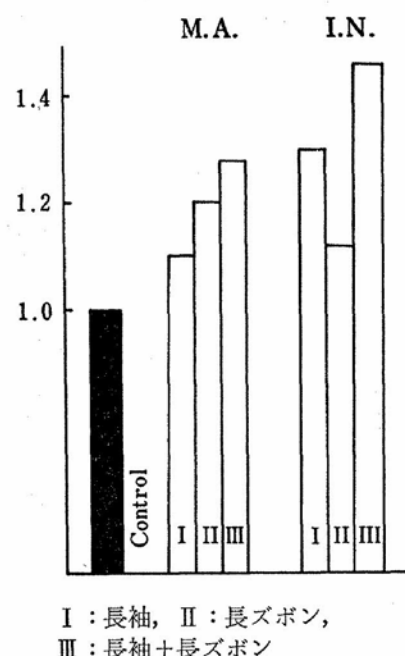


図1 各着衣条件時の酸素消費量の増加率 (Control時の値を1.0とする)

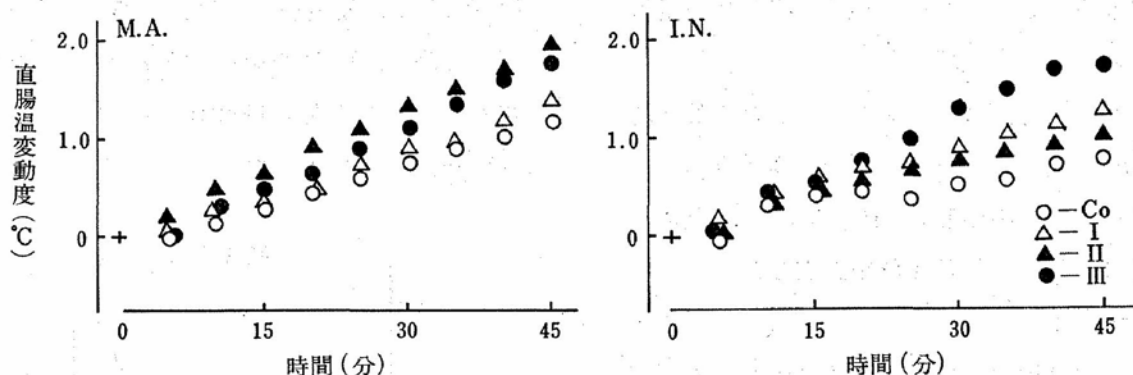
本実験では, 衣服外の環境温熱条件は一定であり, 物理的作業量も各被験者にとっては一定であるため, これらO₂消費量の増加は, 着衣の影響によるものにほかならない。物理的作業量がほぼ同一でO₂消費量が増加することは, 作業効率の低下を意味し, もし放熱量が一定ならば, この作業効率の低下は体温の上昇につながると考えられる。

以上のように, 各着衣条件によるO₂消費量の増加には被験者間で差異がみられ, 増加は, 被験者MAではⅠⅡⅢ, INではⅡⅠⅢの順にそれぞれ大となった。

直腸温

直腸温の上昇度は, いずれの着衣条件下においても, Control時に比べて一般に大であった(図2)。

また, 図示しないが, 従来の結果と同様に, 直



I : 長袖, II : 長ズボン, III : 長袖+長ズボン
 図2 各着衣条件時の運動中における直腸温の変動度
 (安静時の値を0とする) Co : Control

腸温の上昇度と着衣による産熱量の増加との間には、一般に相関関係が認められた。これらの結果は、着衣による産熱の増加量に相当する放熱量の増加がみられなかったことを示唆していると考えられる。

総汗量

本実験の場合、負荷作業の強度や環境温熱条件からみて、運動中の放熱手段は、主として発汗による蒸発であろうと考えられる。

各着衣条件時にみられた全身皮膚面からの総汗量は、Control 時 (MA 20g/kg, IN 14.5g/kg, NA 8.8g/kg) を上まわり、着衣条件 I II III の順に大となった。

総汗量には顕著な個体差が認められるにもかかわらず、Control 値からの増加率を各着衣条件別にみれば、それぞれ条件 I、約25%、II : 約30%、III : 約40%であった。

これらの結果は、偶発的因子によるものかも知れないが、一方では、着衣条件による総汗量への影響にある種の法則性が存在することを示唆しているものかも知れない。

部位汗量

各着衣条件による総汗量の増加は、一般に放熱作用促進に向けての生体の反応であると考えられる。

発汗量は全身皮膚面で一様ではなく、部位差が

認められる。

また、もし各部位で同一の発汗量があらわれたとしても、その蒸発効率、質量に対する表面積の割合などの条件によって、やはり身体各部位で異なると考えられる。たとえば、軀幹部よりも、四肢などは蒸発効率のよい部位であろうと考えられる。

このような観点から、本実験では、Control 時と比較した場合の各着衣条件による総発汗量の増加が、軀幹と四肢では同等であるか否かについても検討するため、便宜上、軀幹部の代表としての胸部と背部、および四肢の代表として的大腿と前腕において、部位発汗量を測定した。そして、4部位から得られた各発汗量を、全身皮膚面からの総汗量に対する割合、すなわち、総汗量への各部位汗量の寄与率で示し、この寄与率に対する各着衣条件の影響について検討した (図3)。

着衣条件に関係なく、軀幹部の寄与率は四肢のそれより一般的に大であったが、その程度には、被験者間で差異がみとめられた。たとえば、被験者 MA に比べて、被験者 IN では寄与率における軀幹部と四肢との差異がきわめて著しく、換言すれば、前者では発汗による放熱が、軀幹部もさることながら、比較的四肢に依存し、後者では逆に軀幹部に依存しているかのような結果が認められた。

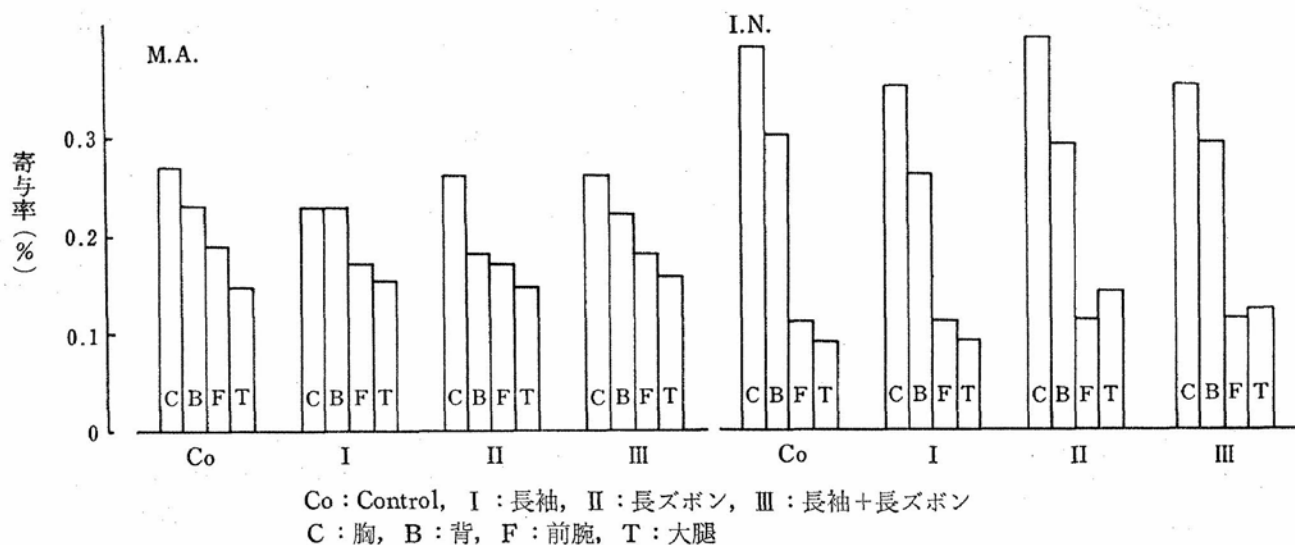


図3 総汗量に対する各部位発汗量の寄与率

また、上下半身とも着衣した条件Ⅲを除くと、四肢に依存するかのような MA では上半身着衣の条件Ⅰ，軀幹部に依存するかのような IN では下半身着衣の条件Ⅱの場合に，それぞれ産熱量や直腸温の上昇度が小となることが認められた。

これらおのおの特性をもつ被験者の発汗反応に対する着衣条件の影響の一般的傾向として，衣服で被覆された部位では汗量の増加がにぶり，被覆されない部位では逆に顕著になる傾向であった。

考 察

着衣による影響の一般的傾向として，Control 時に比べて，いずれの着衣条件下でも発汗量や産熱量の増大，体温上昇の顕著になることが認められ，とくにこの傾向は，上・下半身着衣の条件Ⅲにおいて顕著であった。

また，被覆された場合には，されない場合に比べて，部位発汗量の増加が一般に小なることが認められた。

これらは，micro climate の変化や発汗にみられる皮膚圧迫反射様，あるいは汗腺レベルにおける末梢的適応によるものと推定されるが，これらの結果は，運動時の体温調節に及ぼす着衣の影響

を示すにはほかならない。

したがって，これらの事実，今後運動時の体温調節に資する衣服を考える際に示唆を与えるものである。

また，本実験で設定された各着衣条件別に詳細に検討すれば，その影響にはかなりの個体差が認められた。すなわち，総汗量に対する部位発汗量の寄与率における軀幹部と四肢部との差異が比較的小な例 (MA, NA) では，下半身着衣の条件Ⅱの場合に，上半身着衣の条件Ⅰの場合よりも体温調節上不利な傾向が認められ，逆に大きな例 (IN) では，条件Ⅰの場合に不利が認められた。

運動持続時間や発汗量によっては，着衣がかえって体温調節上有利に作用する¹⁾ことは考えられるが，本実験の場合には，蒸発による放熱を比較的四肢に依存する割合の高い MA, NA では下半身の被覆が，また逆に，軀幹に依存する割合の高い IN では上半身の被覆が，それぞれ放熱の妨げとなり，体温の上昇がより著しくなったと考えられる。

一方では，四肢や軀幹の代表部位とした大腿および前腕，ならびに胸部および背部は，解剖学的には一定であるにせよ，これらの部位がそれぞれ任意の部位であることは否定できないため，寄与

率における軀幹部と四肢部との差異は、何ら特別な意義を有しないとも考えられる。

しかし、これらの可能性を考慮しても、この差異の程度によって着衣条件による影響が異なることは、何かを示唆している可能性が強いと考えられる。

したがって、本実験のような条件下ならば、比較的四肢において発汗の顕著な例では下半身、また軀幹部において発汗の顕著な例では上半身について、できるだけ蒸発を妨げないようにする必要があると考えられる。

いずれにしても、これらの結果は、運動時の体温調節に及ぼす着衣の影響が、発汗反応の部位差における個体別特性と密接に関連していることを示唆していると考えられる。

今後、これらの事実については、本実験の場合より発汗量の多い条件や、さらに長時間にわたる

運動条件との関連性からも、また、多数例について検討しなければならない。

結 語

運動時の体温調節に及ぼす衣服の影響は四肢/軀幹の比率のような発汗部位差にみられる個人的特性と密接な関係を有すると考えられる。

文 献

- 1) Craig, F.N.; Evaporative cooling of men in wet clothing, *J. Appl. Physiol.*, **33**(3) : 331—336 (1972)
- 2) 三野 耕, 田中登喜代, 弓削 治; スポーツ時の人体生理機能とスポーツウェアの素材との関係, デサントスポーツ科学, 第1巻, p. 116~p. 126 (1980)
- 3) 森岡美博, 荒木 勉, 辻野 昭; 衣服条件が筋労作時の発汗性に及ぼす影響に関する実験的研究, 日本体育学会第25回大会号, p. 473 (1974)