スポーツ・ウェアの人間工学的研究

西田田鶴子・中嶋幸恵

東筑紫短期大学被服学科

健康な成人女子4名を被験者として、人工気候室で、室温20°C、相対湿度50%の条件を求め、バレーボール(V)、テニス(T)、卓球(P)、体操(G)の4種類のスポーツ・ウェアを着用し、安静とともに600kpm/minに至る8段階の負荷動作における生体負担を測定した。その結果、服種別平均皮膚温ではV・Tが有意に高く、P・Gが低かった。心拍数は、 $V>G>P>T$ となり、Tが有意に負担を少なくすることが認められた。心拍数やエネルギー消費との比較より、着装実験においては単に衣内気候や皮膚温の推移をみるのではなく、生理的指標を重視すべきことが示された。

衣生活の研究の端緒として身体活動に密接なスポーツウェアに着目し、衣服と人体との適合性について研究した。すなわち、近年各層におけるスポーツ熱は一層高まっている現状であり、市販されているスポーツ・ウェアも多様であるが、その適合性について検討した被服人間工学的研究は少ない。そこで衣内気候とともに、着用時における生体機能を測定し、スポーツ・ウェアの適合性を検討することを目的として着用実験を行い、衣生活研究の端緒をこころざした。

方 法

被験者は健康な18才の女子4名を選んだ。その概要は表Iに示す。体表面積は高比良の計算式による。

表-I 被験者の概要

被験者	年 令 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	胸 囲 (cm)	体表面積 (m ²)
J. K.	18	158	50	84	1.45
T. T.	18	161	49	81	1.45
H. A.	18	160	53	84	1.50
Y. M.	18	159	48	80	1.41

表-II 試料の諸元

名 称	項 目	組 織	糸密度(本/cm) 縦×横	厚 さ (mm)	重 さ (g)	混 用 率 (%)
体 操		メリヤス	41 ゲージ	0.72	140	ナイロン 100
卓 球	上 衣	メリヤス	41 ゲージ	0.82	175	アクリル レーヨン 50
	パ ン ツ	平 織	23×24	0.33	120	ポリエステル レーヨン 65 35
バレーボール	上 衣	メリヤス	38 ゲージ	0.73	175	ポリエステル ポリノジック 30
	ショーツ	メリヤス	41 ゲージ	1.00	70	ナイロン 70 100
テ ニ ス	上 衣	ガーター	23 ゲージ	0.66	160	綿 100
	スカート	綾 織	51×24	0.33	190	ポリエステル レーヨン 55 45
	ショーツ	メリヤス	48 ゲージ	0.29	50	キュプラ 65 ナイロン 35

一般に使用されているL社の製品のうち、体操（G）、テニス（T）、バレーボール（V）、ピンポン（P）の4服種を選んだ。それらの諸元は表Ⅱのとおりである。以下服種を（ ）内の記号で示す。

実験試料は負荷動作により生じる衣服の汚れで測定誤差が出ないようにし服種につき2枚宛準備し、マルセル石けん0.05%溶液の40°C温湯で20分洗浄、後すすぎ10分を2回、以上を2度行った。スポーツ・ウェア以外の着用衣服の条件を表Ⅲに示す。

実験は1973年7月から8月にかけて、人工気候室で行なった。温熱条件は室温20°C、相対湿度50%とし、壁面温度は気温と同一とした。

測定器具には次のものを用いた。銅コンスタンタン熱電対温度計（皮膚温・衣服最内層温度）、日本光電製ポリグラフ（心拍数）、ガスマスク・ダグラスバッグ・乾式ガスメーター（換気量）、日本肺機能製レスピライザー（呼気ガス分析）。なお負荷動作を行うについては、モナーク社製自転車エルゴメーターを使用した。

各服種につき、負荷を8段階（安静、0, 150, 300, 375, 450, 525, 600, kpm/min）に設定し、合計32回の実験を行い、各被験者が8回の測定を受けた。被験者と服種、負荷強度の組合わせは、相互にかたよりの生じないように配慮した。

胸部・上腕部・大腿部・下腿部の4部位の皮膚温を測定し、Ramanathanの4点法（RAMANATHAN 1964）により平均皮膚温を求めた。衣服最内層温度は、皮膚温と対応した胸部と上腕

部を測定した。心拍数は、胸部に電極を貼付して、心電図のR棘間隔を計測して求めた。換気量と呼気ガス分析の結果から酸素摂取量を算出した。

皮膚温・衣服最内層温・心電図は、負荷動作6分とその前後3分における安静の計12分間を、3分間ずつの4期にわけて記録し、採気は負荷の最後の1分間のみに実施した。

結果

酸素摂取量と換気量について横軸を負荷とした場合を図Ⅰ-1、服種とした場合を図Ⅰ-2に示す。負荷が大になるにつれて酸素摂取量、換気量とも上昇し、分散分析の結果、有意性（危険率1%）を示した。服種別にみると酸素摂取量・換気量ともに、V・Tが多く、P・Gでは少ない傾向がみられたが、有意ではなかった。

衣服最内層温度についてみると、全般的に胸部衣内温は上腕衣内温よりも高温を示している。胸部衣内温は服種による有意差はなく、上腕衣内温はG・P・V・Tの順に低温となる。（危険率1%）。

各部位皮膚温と衣内温、平均皮膚温と衣内温との相関を単純相関とともに、服種及び負荷の要因の偏差平方和をそれぞれ全体の偏差平方和から除いて求めた負荷及び服種の要因別の相関を求めた。図Ⅲ-1では単純（全体）・負荷・服種別の相関係数を運動前半・運動後半および運動後について記号で示す。単純相関は上腕の運動前半・運動後半で有意性（危険率1%）を示した。胸部は有意でなかった。また負荷要因は上腕においてのみ有意である。服種要因は有意

表-Ⅲ 着用下着の条件

項 目 名 称	組 織	糸密度（本/cm） 縦×横	重 さ （g）	混 用 率 （%）
ブラジャー	平 織	52×44	35	ナイロン 82 ポリウレタン 18
パンティ	メリヤス	51 ゲージ	15	綿 100

Fig. III-1

Correlation between T_s and T_{cl}

Fig. III-2

Correlation between $\bar{T}_s$ and T_{cl}

Fig. IV

Mean Skin Temperature

Fig. V

Heart Rate

衣内温は胸部が服種による有意な影響がみられず、上腕部では有意にGが高く、Tが低いことが示された(図-II)。これは、衣服の上腕部形態の相違から生じたものと思われる。

皮膚温と衣内温との単純相関が、胸部で有意でなかったことは、胸部皮膚温が深部体温の性格を或る程度示す傾向(水梨 1955; 床司 1966; 森瀬 1974;) によるものと思われる。

平均皮膚温と衣内温とに相関がみられることはすでに注目されている(菊次・岩本 1974)。ただし服種要因でみる限りは、平均皮膚温と衣内温との相関は部位別皮膚温と衣内温の相関とともに有意な関係が認められないのは、注目すべきことと思われる。(図III-1, 図III-2)

平均皮膚温は、 $V = T > P > G$ の順に有意に高いことが示された(図IV)。平均皮膚温が、

運動に伴う産熱と、その放散、体内熱分布とを表現すること、及び平均皮膚温が各部位皮膚温の加重平均であり、かつ衣内温と有意な相関を示すことは、これが服種の機能性を表現する有力な指標の一つと見做されるべきことを示している。

今回、運動量は各服種について同一（安静～600 kpm/min）に設定され、外気温は一定に保たれたので、平均皮膚温は服種の放熱性、或いは保温性ととも、体内の熱分布の状態を強く表現すると考えられる。熱分布と熱移動、それに伴う心拍出量や心拍数の関連、更にそれらの時間経過が複雑であるため、平均皮膚温と身体の機能的負担との関係は必ずしも単純ではないことが指摘されている（ÅSTRAND & RODALL 1970; SATO, *et al*, 1973; 森瀬ら 1973; 菊次・岩本 1974; 森瀬 1974）。

本実験においても平均皮膚温（図Ⅳ）と心拍数（図Ⅴ）とは異なった順列を示した。この相違がいかなる理由で生じたかを十分に説明する実験的根拠は乏しいが、たとえば、肺換気量が $V > T > P > G$ の順に大きい傾向（図Ⅰ-2）が、気道温上昇に伴う空気密度の低下に基くこと及び T が酸素摂取率が大きく（換気量の割合に酸素摂取量が大きいため）、酸素摂取率の負担指標の性格（SATO, *et al* 1973; 坂手 1974; SATO & SAKATE 1974; 西田・中嶋 1974）からみて、生理的負担が小さいと判断され、したがって、 T の心拍数が著しく小さいことが理解されるように思われる。従って、心拍数に示された傾向が服種の生理的負担の順位を表わすと考えられる。このことはまた、生理的負担指標としての心拍数の普遍的解釈（McCORMICK 1968; MURRELL 1969; ÅSTRAND & RODALL 1970）にも合致している。

本実験は V が最も負担が大きく、次いで、 $G \cdot P \cdot T$ の順に負担が少なくなることを示した。その意味から T が最も優れたスポーツ・ウェアであり、 V が好ましからざるものである

ことになる。ただし、この結果は運動量を同一として実施された実験より求められたものであり、 $V \cdot T$ の運動に量的あるいは質的な相違があるとしたならば、この結果は $V \cdot T$ のスポーツウェアとしての性能をそのまま示すものということとは出来ない。

本実験の結果は、また、着実実験においては単に衣内気候や皮膚温の推移をみるのではなく、心拍数その他の生理的指標も重視すべきことを明確にしている。

要 約

1) $V \cdot T \cdot P \cdot G$ の4種類のスポーツ・ウェアを着用し、8段階の負荷動作における生体負担を測定した。

2) 被験者は成人女子4名で、人工気候室で室温 20°C 、相対湿度 50% の条件を求め、夏季に実施した。

3) 服種別平均皮膚温では、 $V \cdot T$ がこれを高く保ち、 $P \cdot G$ が低くする作用が明確であった。心拍数では、 $V > G > P > T$ となった。

4) 生体負担の程度について考察を加えた。

文 献

- ÅSTRAND, P.O. and RODALL, K, 1970: Text-book of work physiology, McGraw-Hill Book Co., New York.
- 菊次初子・岩本佳子, 1974: 衣服気候の人間工学的研究。人類動態研報, 15, 10-11.
- MCCORMICK, E. J., 1968: Human Factors Engineering, McGraw-Hill Book Co., New York.
- 水梨サワ子, 1955: 婦人服装の着用型式の相違が皮膚表面温及び衣服最内空気層温度に及ぼす影響の身体部位別観察, 奈良女子大学政学研究, 2, 54-64.
- 水梨サワ子, 1971: 衣服気候からみた着装に関する研究。家政学雑誌, 22, 1-9.
- 森瀬貞・石橋葉子・加賀野美子 1973: パンティストッキングの人間工学的研究。家政学雑誌, 24, 41~48.
- 森瀬 貞, 1974: 低温曝露時の生理的機能変動におよぼす靴下の形状, 長崎県立女子短大研究紀要, 20, 135-145
- MURRELL, K. F., 1969: Ergonomics, Chapman and Holl, London.
- 西田田鶴子・中嶋幸恵, 1974: 酸素摂取率に関する実

- 験的研究. 人類働態研報 (印刷中)
- RAMANATHAN, N. L., 1964: A new weighting system for mean skin temperature of the human body. *J. Appl. Physiol.*, 19, 531-533.
- 坂手照憲 1974: 温熱環境が作業能に及ぼす影響について. *人類学雑誌*, 82, 94.
- SATO, M., MORISE, S., ISHIBASHI, Y. and ISHII, M. 1973: Effects of moderate changes in air temperature and clothig on pulmonary exchange and energy metabolism, *J. Human Ergology*, 2, 159-167.
- SATO, M. and SAKATE, T., 1974: Combined influences on cardiopulmonary functions of simulated high altitude and graded work loads. *J. Human Ergology*, 3, 55-66.
- 庄司 光 1966: 衣服の衛生学, 光生館.
- 高橋暁正・土肥一郎・鳥居敏雄 1959: 医学生物学者のための推計学, 医学書院.
- (昭和49年12月6日受付)

An Ergonomic Study on Sporting-wears

Tazuko NISHIDA and Yukie NAKASHIMA

*Department of Ergonomics
Higashi Chikushi College*

Skin temperature, air temperature between skin and clothing, pulmonary ventilation, oxygen intake, and heart rate were measured to compare functional characteristics of the following four types of sporting suits: gymnastics, tennis, valley ball, and ping pong. The subjected tested were four young female adults and the experiments were performed during rest and eight grades of ergometer works from 0 to 600kpm/min in a climatic chamber (20°C db. and RH 50%).

A remarkably less physiological strain was confirmed during wearing tennis wear by the analysis of variance for the heart rate, though the mean skin temperature was significantly high in that case. This means a significant advantage of the tennis wear over the other three types of sporting suits, and also suggests that the mean skin temperature or the microclimate within clothings is not always an adequate criterion for the assessment of suitability in wearing experiments. The relation between the physiological functions and body temperature was discussed from viewpoints of the above problems.