

의복형태에 따른 성인여성의 발한반응에 관한 연구

염 희 경 · 최 정 화

서울대학교 농가정학과

The Study on the Sweating Responses of Adult Female according to Garment types

Hee Gyong Yeom and Jeong Wha Choi

Dept. of Agricultural Home Economics, Seoul National University
(1992. 7. 22 접수)

Abstract

This study was performed to investigate correlation between total body weight loss and local sweat rate and to find out any possible method that can estimate total body weight loss judging from local sweat rate.

Twelve adult females were kept at $44 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\%$ R.H.. ① Physiological responses such as total body weight loss, local sweat rate, rectal temperature, skin temperature, blood pressure and pulse, ② micro climate inside garment and ③ subjective sensation were examined. Two types of garment such as long-sleeves with long pants (Type I) and half-sleeves with short pants (Type II) were used to observe the effect of garment types on sweating response. Both clothing weight was equal ($132 \pm 3 \text{ g/m}^2$).

The results were as follows:

1. Regardless of the different types, total body weight loss was more interrelated with the sweat rate on forehead than any other parts of the body. Except the forehead, different parts of body with different types of garment influenced on body weight loss quite differently.

2. Total body weight loss was more interrelated with the weight gain of garment than the local sweat rate.

3. Under the environment of $44 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\%$ R.H., body weight loss during 1 hour of subject clothed and sitted was 275.2 g/hr and weight loss per body surface area was $178.9 \text{ g/m}^2/\text{hr}$. Garment types have no influences on total body weight loss.

4. Local sweat rate ($\text{mg}/7.07 \text{ cm}^2/\text{hr}$) was 208.0, 191.0, 133.0, 115.0, 81.0, 75.1 and 66.3 on scruff, breast, forehead, forearm, thigh, upper arm, leg respectively. No evidence has been found that garment types influenced on local sweat rate ($p < 0.1$).

5. No interrelationships between rectal temperature and total body weight loss, local skin temperature and total body weight loss, and local skin temperature and local sweat rate were found.

From this study, some possible method that we can estimate total body weight loss judging from weight loss of garment. But considering the fact that clothing design factor, the physical characteristics of fabric and environmental factor such as humidity and wind velocity should be concerned in weight loss of garment, it should be studied further whether the total body weight loss can be estimated properly from the weight loss of garment.

This experiment suggest that different parts of body with different types of garment can influence on body weight loss quite differently. Therefore, in order to get more precise results, more studies under the diversity of garment types should be done in the near future.

I. 序 論

人體는 高溫의 환경에 노출되거나 운동을 하게 되면, 체온의 상승을 막기 위해 혈관이 확장되고 피부표면의 혈류량이 증가되어 방열을 촉진한다. 그러나 혈관조절만으로 방열이 순조롭지 못할 때, 인체는 땀을 흘리게 되므로, 發汗의 주목적은 증발잠열을 이용해서, 방열을 촉진시켜서 체온의 상승을 막는 것이다. 그러나 체온조절에 적합한 有效發汗量 이상의 땀은 생리적인 손실일 뿐 아니라 심리적으로도 불쾌감을 加重시킬 수 있다. 그러므로 생체로부터의 수분손실인 땀을 지나치게 많이 흘리지 않으면서도 분비된 땀은 모두 효과적으로 증발하도록 하는 것이 인체의 체온조절면에서 바람직하다. 이러한 이유에서, 총발한량은 고온의 환경에서나 운동량이 많을 때 체온조절 수준을 측정하는 index로 사용될 수 있겠다.

한편, 인간은 나체로 생활하는 것이 아니라 항상 의복을 입고 있기 때문에 의복의 역할이 큰 의미를 갖게 된다. 의복이 땀을 흡수해서 효과적으로 증발시킬 수 있다면, 그 의복은 인체의 부담을 덜어 줄 수 있다. 따라서 땀을 많이 흘리는 상태에서도 적합한 기능적인 의복의 개발이 중요하고, 이를 위해서는 먼저 의복조건이 발한 반응에 미치는 영향에 대하여 검토할 필요성이 요구된다.

발한현상에 관한 연구는 일찌기 久野^{1,2)}에 의해 기본적인 연구가 다수 발표된 이후, 최근에도 계속해서 보고되고 있다. 이들 중 체온조절과 연관된 대표적인 것으로는 발한의 부위차³⁻⁵⁾ training, acclimatization의 효과⁶⁻¹¹⁾ 그리고 심부온과 피부온이 발한개시에 미치는 효과¹²⁻¹⁶⁾ 등에 관한 연구들이 있다.

그러나 이들 연구의 대부분은 나체 상태의 인체를 대

상으로 실시되었으므로, 실생활에 그 결과를 그대로 적용하기에는 한계가 있다. 때문에 착의 상태에서의 발한 현상에 대한 체계적인 연구가 필요하다고 하겠다.

松下와 荒木¹⁷⁾에 의한 일련의 연구는 이러한 관점에서 높이 평가된다. 즉 근육운동시, 상반신만 착의하면 하반신의 발한이 상반신의 발한보다 많고, 하반신만 착용하면 상반신의 발한이 하반신보다 많아지는 경향이 보여 의복조건이 운동시의 부위별 발한 반응에 미치는 영향을 밝혀주고 있다. 崔와 荒木の 연구¹⁸⁾에서도 같은 결과가 나타났다.

그러나 운동시에는 발한증추 기능의 활성화와 한선의 분비 기능의 양면에서, 정신성 발한도 동시에 일어난다고 알려져있으므로^{19,20)} 의복의 영향을 온열성 발한의 관점에서만 보고자 할 때에는 안정시의 연구도 필요하다.

이상에서 논의한 바와 같이, 발한은 체온조절, 특히 방열에 있어서 중요한 기능을 갖게되므로 더운 환경이나 운동시의 체온조절에 미치는 의복의 영향이나 의복과의 관련성을 검토하고자 할 때 총발한량이나 부위별 발한량, 발한의 경시적 변화 등의 측정이 불가피하게 된다.

그 중에서 총발한량을 측정하는데에는 인체천평이 필요하며, 이것은 高價일 뿐 아니라 실험실 이외의 현장 실험시에는 可動性이 없어서 현실적으로 어려움이 많아 착의 상태에 따른 부위별 발한량에 관한 定性的 비교 연구에서는 등, 가슴, 대퇴 등 국부적인 발한량을 측정해서 그것들을 비교하기도 한다. 그러나 上記 부위의 발한량이 총발한량을 대표할 수 있는 부위인가, 또 대표할 수 있다면 나체가 아닌 착의시에도 그것이 적용되는가에 대한 문제는, 이미 上述한 발한에 미치는 의복의 영향을 고려할 때, 재검토할 필요성이 시사된다.

따라서 본 연구는 총발한량과 부위별 발한량과의 관계를 검토하여 부위별 발한량으로부터 총발한량을 예측할

수 있는지의 가능성을 검토하는데 그 목적을 두었다.

이를 위해 본 연구에서는 여름철 땀이 많이 나는 환경 ($44\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 5\%\text{R.H.}$)에서, 着衣한 성인여성을 대상으로 총발한량과 부위별 발한량, 직장온과 피부온, 혈압, 맥박의 생리적 반응, 온열감, 습윤감 및 쾌적감과 같은 주관적 감각을 측정하여 안정시의 발한반응을 관찰하였다. 의복조건에의 영향도 확인하기 위해 의복중량 ($132\pm 3\text{g/m}^2$)은 같고 착의형태가 다른 2종의 의복 (Type I : 긴소매 상의+긴바지, Type II : 반소매 상의+반바지)을 선정하여 위의 항목들을 측정 비교하고자 한다.

II. 實驗 方法

1. 實驗 衣服 및 被驗者

실험 의복으로는 보온력이 같으면서 디자인을 달리하기 위해, 무게는 같고 被覆面積이 다른 2종류의 의복을 제작하여, 실험시에는 Shorts와 함께 착용하도록 했다. 실험 의복의 내용과 형태는 Table 1과 Fig. 1에 제시한 바와 같다.

실험 의복은 1회 실험 후 세탁하여 건조기에 건조시켜 같은 습도와 무게가 유지되도록 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

Table 1. Description of experimental garments.

		Fiber content (%)	Weight (g)
TYPE I	upper	cotton 100	103 ± 1
	under	cotton 100	102 ± 1
TYPE II	upper	cotton 100	120 ± 1
	under	cotton 100	85 ± 1

피험자는 건강한 성인 여성 12명으로 그 신체적 조건은 Table 2와 같다. 체표면적은 高比良²¹⁾의 式에 의하여 산출하였다.

2. 實驗 順序

실험은 1991년 7월 29일부터 9월 1일 사이에 실시하였다. 환경조건은 고온 환경에서 안정시의 발한반응을 조사하기 위해서 인공기후실의 온도를 $44\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도

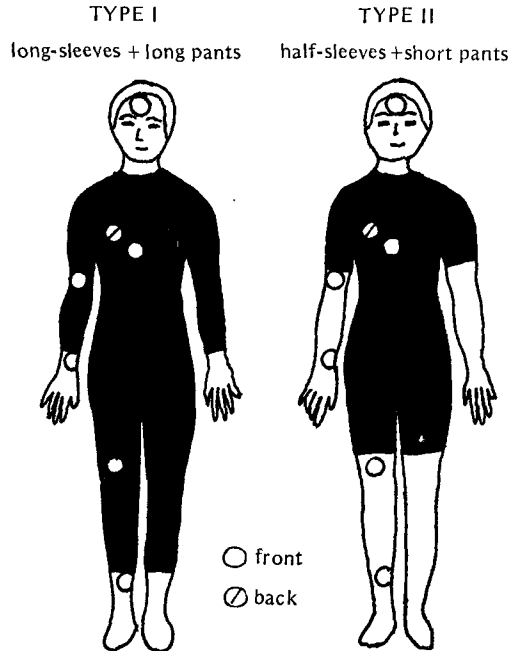


Fig. 1. The shape of experimental garments and measuring points of sweat volume with capsule.

Table 2. Physical characteristics of subjects.

Subjects	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (m ²)
A	22	162	49.81	1.53
B	20	155	47.38	1.45
C	21	159	51.99	1.53
D	21	164	55.27	1.61
E	20	160	43.19	1.42
F	23	158	52.50	1.53
G	21	165	60.46	1.68
H	20	158	44.43	1.43
I	20	167	53.38	1.61
J	20	160	49.84	1.52
K	21	164	61.62	1.68
L	21	158	46.48	1.49

$50\pm 5\%\text{R.H.}$ 로 조절하였다.

被驗者는 食後 2시간이 경과 후 $33\pm 1^{\circ}\text{C}$, $55\pm 5\%\text{R.H.}$ 로 조절된 방에서 실험 의복으로 갈아입고 60분 안정

후 인체천평을 이용하여 몸무게를 측정하고, 피부온·직장은 센서를 부착, 삽입하고, 발한캡슐²²⁾을 부착한 뒤 온·습도가 $44\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 5\%\text{R.H.}$ 로 일정하게 유지되는 인공기후실에 들어가도록 하였다. 인공기후실 입실 직전과, 입실후 10분 간격으로 피부온, 심부온(직장온), 가슴부위의 의복내 온습도와 혈압·맥박, 주관적 감각을 총 7회 측정하였다.

각 피험자는 가능한 2일 이상의 간격을 두고 실험에 임하였으며, 실험시각(오후 3시)과 피험자의 활동상태 등은 동일하도록 규제하였다.

실험은 12명의 피험자가 2종의 의복조합을 2회씩 반복되도록 하여 총 48회 실시한 결과를 분석하였다.

2. 測定項目

1) 부위별 발한량

선행 연구^{2,17,18,23)}를 참고하여 발한량이 많은 부위로는 이마중양부, 대흉근중양부, 견갑골직하부로, 중등정도의 발한부위로는 전완, 상완 내측 각각 아래에서 1/3되는 지점과 대퇴 전면, 하퇴 내측 각각 아래에서 1/3되는 지점의 총 7부위를 선정하고, 각 부위에 지름 3cm의 캡슐을 부착하는 여과지법²²⁾을 이용해서 1시간 동안의 발한량을 여과지의 중량증가량으로 구했다. 여과지의 무게 측정은 Chemical Balance(감도; 0.0001g)로 하였다. 여과지는 70°C의 오븐에서 3시간 건조시켜서 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

2) 총발한량

인체천평(감도; 10g, 독일 Sartorius 社)을 사용하여 실험전후의 체중감소량을 측정하여 그 감소량으로 총발한량을 구하였다.

3) 실험 의복에 흡수된 발한량

실험 전후 의복의 무게차를 실험의복에 흡수된 발한량으로 보았다.

4) 직장은 및 피부온

Digital Thermistor(일본 Takara 社)로 인체의 7개 부위(이마, 흉부, 복부, 상완, 전완, 대퇴, 하퇴)의 피부온을 각각 측정하고, 평균피부온은 6점법으로²⁴⁾ 계산하였다. 직장은(RE)은 Thermistor의 Sensor를 직장의 10cm 깊이에 삽입하여 측정하였다.

5) 혈압 및 맥박

전자 혈압계(National 社)를 이용하여 최고·최저 혈압 및 1분간의 맥박수를 측정하였다.

6) 의복내 온·습도

의복기후 측정용 온습도계(일본 Shinyei 社)를 이용하여 왼쪽 흉부의 최내층 온습도를 측정하였다.

7) 주관적 감각

ASHRAE의 精神心理的 7등급 척도로 온열감, 습윤감²⁵⁾ 5단계 척도로 쾌적감²⁶⁾을 사용하여 점수화 하였다.

4. 統計分析

1) 총발한량을 보다 정확히 예측할 수 있는 index를 제시하기 위해 총발한량과 부위별 발한량 및 의복에 흡수된 발한량 간의 상관관계를 Pearson 상관으로 분석하였고, 총발한량과 상관이 높은 변수는 단순회귀를 구했다.

2) 총발한량과 부위별 발한량은 피험자를 Block 으로 처리하여 의복조건에 따른 반응차이를 난괴법(Randomized block design) 이원배치를 이용하여 최소유의차(L.S.D.) 검증을 하였다.

3) 발한반응을 제외한 나머지 항목은 피험자를 block 으로 처리해서 의복조건과 시간경과에 따른 반응 차이를 난괴법 삼원배치를 이용하여 최소유의차 검증을 하였다.

III. 結果 및 考察

1. 總發汗量과 部位別 發汗量과의 관계 검토

고온 환경($44\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 1\%\text{R.H.}$)에서의 총발한량(WI; g), 체표면적당 총발한량(Wlbsa; g/m^2), 체중 당 총발한량(Wlw; g/kg)과 부위별 발한량(mg) 및 의복에 흡수된 발한량(Wg; g)에 대한 상관은 Table 3에서 보는 바와 같다.

WI, Wlbsa, Wlw 각각에 대해서 이마부위의 발한량(Fh)과 의복에 흡수된 발한량(Wg)이 각각 유의한 상관($p<0.01$)을 보였다. 또 이들의 상관은 두 의복조건 간에 유의차가 인정되지 않았으므로 의복조건의 차이는 없다고 보고, 이것들을 일괄해서 처리했다(Table 3).

이마부위의 발한량은 Wlbsa ($r=0.50$), Wlw ($r=0.36$) 보다 WI ($r=0.54$)과 높은 상관을 보였다(Fig. 2). 그러나, 의복에 흡수된 발한량은 WI ($r=0.82$), Wlw ($r=0.78$) 보다 Wlbsa ($r=0.85$)과 높은 상관을 보였다(Fig. 3).

Table 3. Relation of the whole body weight loss (Wl), weight loss per body surface area (Wlbsa), weight loss per body weight (Wlw) to local sweat rate and weight gain of garment (Wg).

(Fh: forehead, Br: breast, Sc: scruff, Ua: upper arm, Fa: forearm, Th: thigh, Le: leg)

		Fh	Br	Sc	Ua	Fa	Th	Le	Wg
TYPE I	Wl	0.57**	0.11	0.59**	0.38	0.02	0.26	0.33	0.82***
	Wlbsa	0.52**	0.03	0.63***	0.39	-0.03	0.12	0.26	0.83***
	Wlw	0.33	-0.11	0.57**	0.31	-0.08	-0.19	0.03	0.66***
TYPE II	Wl	0.58**	-0.04	0.12	0.66***	0.54**	-0.01	0.40	0.85***
	Wlbsa	0.55**	0.01	0.16	0.68***	0.53**	0.03	0.35	0.88***
	Wlw	0.44*	0.10	0.22	0.65***	0.48*	0.09	0.26	0.83***
Avg.*	Wl	0.54***	0.02	0.28	0.55***	0.12	0.02	0.38	0.83***
	Wlbsa	0.50***	0.01	0.31*	0.57***	0.09	0.05	0.33	0.86***
	Wlw	0.36*	0.02	0.34*	0.52***	0.05	0.06	0.18	0.76***

Avg.* average of two garment types *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

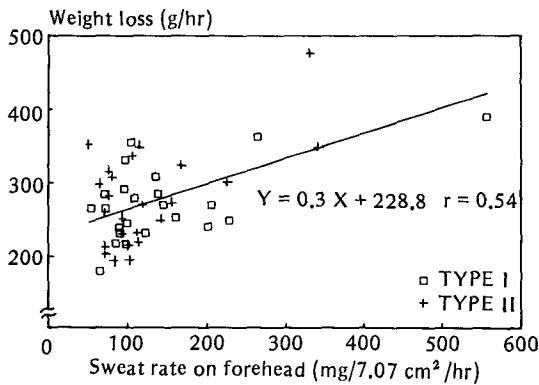


Fig. 2. Relationship between weight loss and local sweat rate on forehead.

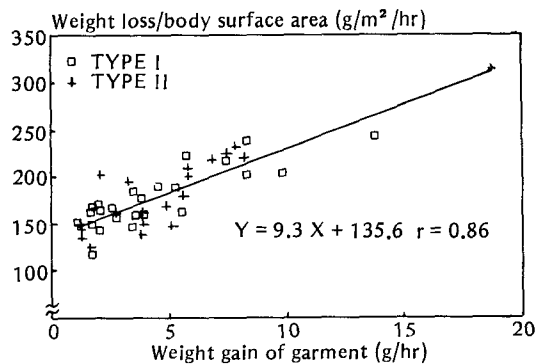


Fig. 3. Relationship between weight loss per body surface area and garment weight gain.

그러나 가슴(Br), 대퇴(Th), 하퇴(Le) 부위의 발한량은 Wl, Wlbsa, Wlw 중 어느 것보다도 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

小川 等²⁷⁾은 발한현상의 부위차에는 자세가 결정적인 영향을 미치며 압박 부위에 따라서도 달라진다고 하였다. 이러한 관점으로 보면, 피험자의 자세가 본 실험과 같이 의자에 앉은 자세가 아니고, 서 있는 자세인 경우에는 자세에 의한 압박의 영향을 받지 않으므로 가슴, 대퇴, 하퇴 부위의 발한량도 총발한량과 상관관을 보일 가능성이 있다. 그러므로 자세를 달리 했을 때의 총발한량과 부위별 발한량의 관계도 검토되어야 하겠다.

의복조건별로 보면, 총발한량, 체표면적당 총발한량, 체중당 총발한량은 Type I 을 착용했을 때에는 등부위

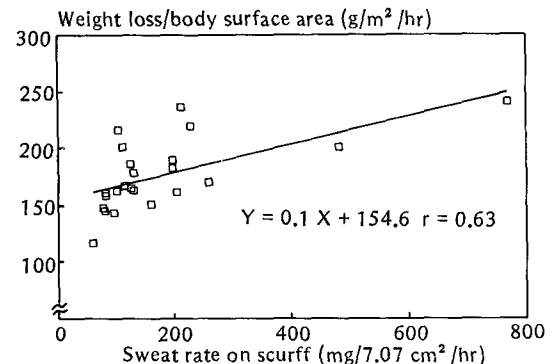


Fig. 4. Relationship between weight loss per body surface area and local sweat rate on scruff (Type I).

의 발한량(Sc)과 유의한 상관을 보였다. 특히 Sc 는 Wl , Wlw 에 비해 $Wlbsa$ 에서 더 높은 상관($r=0.63$)을 나타내었다(Fig. 4). Type II를 착용했을 경우에는 전반적으로, Wl , $Wlbsa$, Wlw 모두, 피복된 부위와는 유의한 상관을 볼 수가 없었고, 노출부위 중 특히 상지(상완, 전완) 부위의 발한량과 유의한 상관을 보였다. Wl , $Wlbsa$, Wlw 중 $Wlbsa$ 는 상완($r=0.68$)과 Wl 은 전완($r=0.54$)과 더 높은 상관을 보였다(Fig. 5, 6).

한편, Wl , $Wlbsa$, Wlw 는 어떤 의복 조건에서도, 부위별 발한량보다도 의복에 흡수된 발한량(Wg)과의 관계에서 더 높은 상관을 보였다. 그러나, 의복에 흡수된 발한량에는 직물의 물리적 특성이나 의복의 디자인, 공

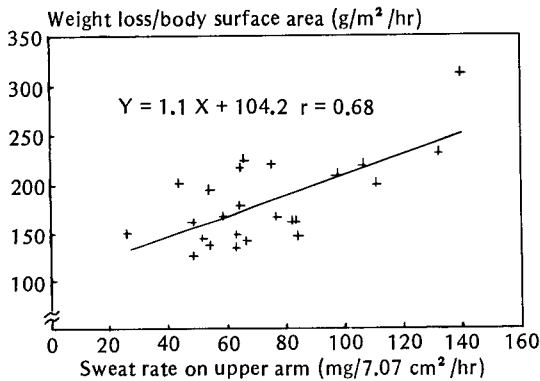


Fig. 5. Relationship between weight loss per body surface area and local sweat rate on upper arm (Type II).

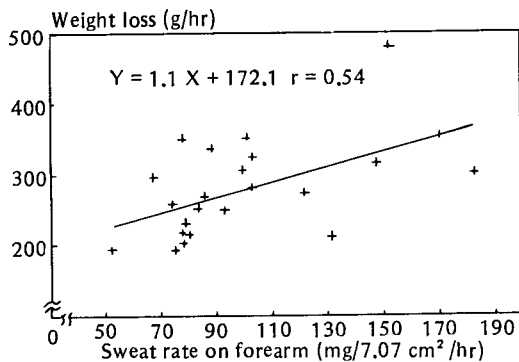


Fig. 6. Relationship between weight loss and local sweat rate on forearm (Type II).

기 중의 습도, 기류 등의 환경요인이 관여되므로, 의복에 흡수된 발한량의 총발한량을 예측할 수 있는 지표로서의 활용은 지속적인 연구를 필요로 한다.

한편 의복의 형태에 따라 다소의 차이는 보였으나, 상관계수로부터 척도로서의 타당성을 검토하면, 부위별 발한량이나 의복에 흡수된 발한량으로부터 총발한량이나 체표면적당 총발한량을 추정해 내는 것이 체중 당 총발한량을 추정해 내는 것보다 더 타당하다고 말할 수 있겠다. 이 현상을 의복 형태별로 살펴보면, 다음과 같다. 즉 몸을 거의 被覆한 Type I의 경우에, 총발한량은 등 부위의 발한량과 유의한 상관을 보인 반면, 구간부를 중심으로 피복하고 사지를 노출시킨 Type II의 경우에는, 피복된 부위인 가슴, 등 부위와는 상관을 보이지 않고 노출부위 중에서도 상지(상완, 전완)와 유의한 상관을 보이는 경향이 있었다. 또, 의복조건과 관계없이 총발한량은 이마부위의 발한량과 다른 부위보다 더 높은 상관을 보였고, 이들 부위별 발한량보다는 의복에 흡수된 발한량과 더 높은 상관을 보였다.

그러므로, 의복 착용시에 측정된 본 연구 결과로는 종래 노출부위의 발한의 index로 많이 측정되었던 가슴이나 대퇴부위의 발한량보다는 이마 부위의 발한량이 총발한량과 가장 상관이 있다고 하겠다.

그러나 본 실험에서 나타난 바와 같이 의복 조건에 따라서 총발한량과 유의한 상관을 보인 부위는 다르게 나타났다. 더구나 직물재료나 디자인이 달라졌을 때에는 총발한량과 부위별 발한량의 상관 정도가 다르게 나타날 수 있으므로 이마 부위의 발한량이 총발한량을 예측할 수 있는 지표라고 하기에는 한계가 있다. 그러므로 다양한 의복조건 하에서 더 많은 연구의 필요성이 시사된다.

2. 衣服條件의 差異가 發汗反應에 미치는 영향

의복조건에 따른 총발한량과 부위별 발한량은 Table 4에 피험자별로 2회 반복 실험하여 그 평균치를 나타내었다. 측정항목 중 어느것도 의복간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고, 총발한량은 피험자간에 유의한 차이를 보였고($p<0.01$), 하퇴부위의 발한량도 개인차를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p<0.1$).

松下과 荒木¹⁷⁾는 창의한 부위보다 노출 부위에서 상대적으로 많은 땀이 난다고 보고하였는데, 본 연구에서는 같은 결과를 확인할 수 없었다. 즉, 의복형태로 인해 노출되는 부위가 달라 Type I에서는 전복과 하퇴가 노출

Table 4. Weight loss & Local sweat rate by garment types.

	Sub.	Weight loss (g/hr)	Local sweat rate (mg/7.07 cm ² /hr)						
			Forehead	Breast	Scruff	Upperarm	Forearm	Thigh	Leg
TYPE I	A	231.0	69.2	273.5	90.4	64.1	81.4	74.6	91.9
	B	268.5	99.3	118.9	366.4	87.7	117.9	62.4	51.7
	C	308.5	212.5	181.8	167.1	79.8	94.0	74.1	81.9
	D	372.0	329.8	294.9	497.6	86.6	106.8	73.5	66.0
	E	224.0	109.9	149.8	128.9	71.0	104.7	44.0	44.4
	F	320.0	115.3	143.7	107.6	83.3	94.8	78.4	95.9
	G	245.0	216.2	213.7	84.6	105.0	109.2	69.6	61.4
	H	251.5	150.1	161.3	161.5	65.6	79.4	40.0	26.9
	I	277.5	142.4	160.2	121.6	58.5	386.5	55.8	61.0
	J	261.5	104.8	174.4	199.1	78.4	102.0	64.1	54.1
	K	266.0	63.4	225.0	77.8	56.9	119.0	97.9	58.9
	L	229.0	89.1	189.4	77.8	84.6	158.0	70.9	66.1
	Mean	271.2	141.8	190.5	173.3	76.8	129.5	61.1	63.3
S.E	10.2	21.2	22.4	31.6	4.1	24.5	4.1	4.3	
TYPE II	A	329.5	66.0	158.4	158.7	88.1	135.2	83.8	124.4
	B	291.5	119.7	185.5	333.6	65.3	88.8	439.6	33.7
	C	336.5	207.9	213.6	271.1	94.2	114.1	75.5	79.4
	D	349.5	229.0	104.1	171.8	85.7	90.0	60.4	64.9
	E	199.5	87.8	431.7	145.5	53.1	65.5	58.9	78.5
	F	317.0	86.6	157.7	178.2	64.8	78.3	60.9	70.4
	G	262.5	124.5	211.3	103.9	54.9	102.9	71.2	76.3
	H	231.5	103.6	173.8	304.0	65.5	79.3	39.0	44.6
	I	242.5	110.7	241.7	570.9	69.9	83.2	47.4	51.3
	J	308.0	151.6	179.8	165.3	104.3	165.3	68.4	63.5
	K	266.0	110.2	117.9	100.0	61.3	98.4	64.2	85.2
	L	215.5	93.0	121.9	406.0	75.4	104.9	69.8	58.5
	Mean	279.1	124.2	191.4	242.6	73.5	100.5	94.9	69.2
S.E	13.6	15.5	26.6	50.3	5.6	6.9	32.1	5.8	

There was no significant differences of variables between garment types ($p > 0.1$).

되었고, Type II에서는 상완, 전완, 대퇴 및 하퇴가 노출되었다. 선행연구 결과를 고려하면, Type I 착용시에는 전완과 하퇴 부위의 발한량이 Type II 착용시보다 많고, Type II 착용시에는 상완과 대퇴 부위의 발한량이 Type I 착용시보다 많아진다는 것을 의미하나, 본 연구 결과에서는 상완과 전완 부위의 발한량은 Type I 착용시에 많은 경향을 보였고, 대퇴와 하퇴 부위의 발한량은 Type II 착용시에 많은 경향을 보였다(Fig. 7). 그러나 의복조건 간에 유의한 차이는 볼 수 없었는데 그 원인은 본 실험 결과만으로는 확실히 알 수 없으나, 사

지부의 노출 여부로 구성된 본 실험의 의복조건에 영향을 사료된다. 즉, 松下과 荒木の 연구¹⁷⁾는 상반신은 피복하고, 하반신을 노출시키거나 또는, 하반신은 피복하고, 상반신을 노출시키는 의복조건하에서 이루어져서 땀이 많이나는 구간부가 의복 조건에 영향을 받았을 것으로 사료된다.

그러나, 본 실험의 경우, 노출되는 대퇴, 하퇴, 상완 및 전완 부위는 일반적으로 땀이 적게 나는 부위로서²³⁾ 땀이 많이 나는 다른 부위에 비해서 상대적으로 그곳에 분포한 능동 한선 수가 적고 단일 한선의 분비능력도 작

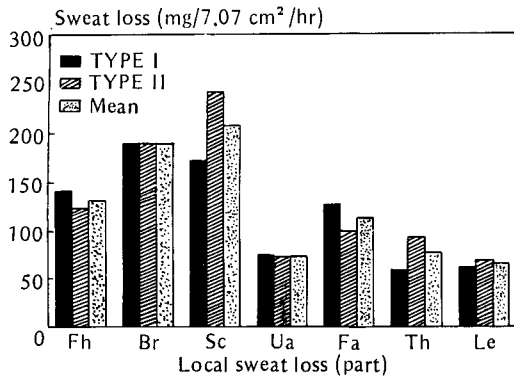


Fig. 7. Local sweat rate (Fh: forehead, Br: breast, Sc: scruff, Ua: upper arm, Fa: fore arm, Th: thigh, Le: leg).

다²⁸⁾고 알려져 있으므로, 의복조건에 의해서 영향을 받았다 하더라도 그 영향정도는 미비했을 것이다.

반면에, 직장온과 피부온에서는 의복조건에 따른 차이를 볼 수 있었다. Table 5는 의복조건에 따라서 환경온(33±1°C, 44±1°C)별로 직장온, 피부온, 혈압·맥박, 의복내 온·습도 및 주관적 감각의 평균을 나타낸 것인데 모든 항목에서 피험자 간에 유의한 차이를 나타내었다(p<0.001).

일반적으로 발한은 피부온과 심부온에 의해 영향을 받고, 피부온이 같을 때에는 심부온이 높은 경우에 발한률이 높고, 심부온 수준이 같을 때에는 피부온이 높은 경우에 발한률이 높다¹²⁾고 알려져 있다.

본 실험의 결과를 보면, 평균피부온에서는 의복조건 간에 유의한 차이를 볼 수 없었으나 직장온은 의복조건 간에 유의한 차이를 보였으며, Type I의 경우가 높은 경향을 나타내었다(Fig. 8). 그러나 총발한량은 Type II의 경우가 더 많았다.

Adolph^{29,30)}는 착의 유무에 따른 발한량을 비교할 때 발한량은 나체시에 더 적었다고 보고했다. 그러므로 被覆面積이 적은 Type II 착용시 총발한량이 상대적으로 많은 것은 심부온보다 被覆面積의 영향을 더 받은 것으로 사료된다.

Jeong과 Tokura^{31,32)}는 의복형태에 의한 core-shell ratio의 변화가 심부온 수준에 미치는 영향을 보기 위해 10°C, 27.5°C 등의 환경온을 달리한 실험에서, 긴소매와 긴바지 착용시에 반소매와 반바지를 착용했을 때보다 직장온이 더 낮아진다는 결과를 제시하였으며 Kawakami

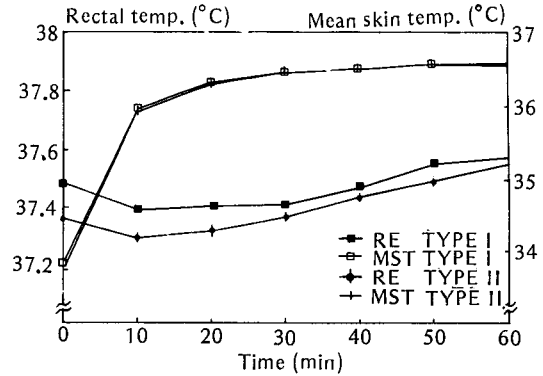


Fig. 8. Rectal and mean skin temperature by garment type. The subject were exposed to hot temperature (44°C) after heat acclimation (33°C).

와 Tokura의 연구³³⁾도 같은 결과를 발표하였다.

그러나 본 연구의 결과는 上記 결과와 일치하지 않았는데, 그 이유는 환경온 차이에서 기인된 것으로 사료된다. Jeong과 Tokura는 긴소매, 긴바지 착용시에는 반소매, 반바지 착용시보다 상대적으로 더 많은 혈류가 피부표면으로 흐르고, 피부표면의 혈류는 환경온에 따라서 차가워지거나 더워지고, 이것은 정맥혈 환류(counter-current heat exchange system)로 심부온에 영향을 미친다³¹⁾고 보고하였다. 본 실험에서는 더운 환경이었으므로, 긴소매와 긴바지를 착용했을 때에는 반소매와 반바지를 착용했을 때보다 상대적으로 더 더워진 혈류가 심부온을 더 상승시켜서, 결과적으로 긴소매와 긴바지 착용시에 반소매와 반바지 착용시보다 직장온을 더 상승시킨 것으로 사료된다.

한편, 직장온은 33±1°C의 환경에서 고온인 실내(44±1°C)로 입실해서 10분 후에 측정했을 때 약간 낮아졌으며, 그 후 점차 상승하는 경향을 보였다(Fig. 8). 이와같이 직장온이 고온 입실시 낮아지는 것은, 선행 연구³⁾에 의하면, 고온에 입실하면 갑자기 신체 표층 혈류가 증대되고, 따라서 33°C 환경에서 상대적으로 찬 피부 혈류가 더워지기도 전에 급격하게 심부로 유입되는 것이 원인이라고 해석할 수 있다.

또한, 본 연구에서의 피부온은 고온의 방에 입실했을 때 급격히 상승하여서 직장온과는 다른 양상을 나타내었다(Fig. 8).

44±1°C의 환경에서 이마와 가슴 부위의 피부온은 Type I 착용시 높아지는 경향을 보인 반면(Table 5),

이마 부위의 발한량은 Type II에서 많았고, 가슴의 발한량은 두 의복조건에서 유의차가 없었다(Fig. 8). 또한, 가슴 부위에서 측정된 의복내 온도와 습도에서도 의복간에 유의차는 인정되지 않았다.

Type II를 착용했을 때 노출부위인 상완, 하퇴 부위의 피부온은 33±1°C의 환경에서는 Type I의 경우에 높은 경향을 보였고, 44±1°C의 환경에서는 Type II가 높은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

Type I을 착용한 경우에, 33±1°C의 환경에서는 Type II 착용시보다 被覆面積이 더 컸으므로 피부온이 더 높아지고, 44±1°C의 환경에서는 젖은 의복의 열차단 효과로 더 낮아진 것으로 사료된다. 하퇴에서의 발한량은 두 의복형태 간에 비슷하였고, 상완부위에서는

Type I 착의시에 더 많았다.

복부의 피부온은 양 환경에서 Type II 착의시에 유익적으로 더 높아지는 경향을 보였다. 이것은 실험 의복의 상의와 하의가 복부에서 겹쳐지는데 Type I을 착용했을 때보다 Type II를 착용했을 때에 더 두껍게 被覆되었기 때문으로 사료된다.

최고·최저 혈압과 맥박은 의복간에 유의차가 인정되지 않았다. 한편 최고·최저 혈압은 고온 환경 입실 후 거의 변화가 없었으나, 맥박은 고온의 환경에 입실하면 급격히 상승하고, 시간이 경과하면서 점점 증가하는 경향을 보였다(p<0.001). 맥박이 고온에서 급격히 증가하는 것은 피부 혈관확장으로 인해 더 많은 혈류가 심장으로부터 유출되기 때문인 것으로 사료된다.

Table 5. Physiological reaction by garment types.

	33±1°C					44±1°C				
	TYPE I		TYPE II			TYPE I		TYPE II		
	Mean	S.E	Mean	S.E		Mean	S.E	Mean	S.E	
RE	37.48	0.04	37.36	0.05	—	37.47	0.02	37.41	0.02	*
FH	34.63	0.19	34.82	0.12		37.78	0.05	37.58	0.04	***
BR	34.29	0.21	34.40	0.16		36.71	0.04	36.59	0.05	*
UA	34.23	0.18	33.55	0.16	**	36.97	0.05	37.09	0.06	—
FA	34.39	0.17	34.18	0.13		36.58	0.05	36.59	0.05	
AB	34.13	0.20	34.32	0.18		36.61	0.05	36.76	0.05	*
TH	33.45	0.13	32.90	0.13	**	35.86	0.08	35.80	0.08	
LE	32.63	0.22	32.53	0.16		35.59	0.09	35.71	0.07	
MST	33.83	0.13	33.73	0.10		36.40	0.05	36.39	0.04	
SBP	104.6	1.8	102.4	2.0		104.0	0.8	104.9	0.9	
DBP	65.2	1.6	66.3	1.6		65.0	0.6	64.8	0.7	
PUL	78.4	3.0	74.2	2.3	—	88.6	1.1	89.7	1.2	
CT	31.73	0.33	31.29	0.21		36.06	0.05	36.03	0.06	
CH	62.64	2.13	59.74	1.79		91.29	0.56	92.08	0.54	
TS	4.1	0.1	4.0	0.1		6.0	0.1	6.0	0.1	
HS	3.9	0.1	4.0	0.1	—	6.2	0.1	6.0	0.1	—
CS	2.2	0.1	2.1	0.1	—	3.8	0.1	3.7	0.1	—

-p<0.1 *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

RE: rectal temp.(°C) TH: thigh temp.(°C) CT: temperature inside clothing(°C)
 FH: forehead temp.(°C) LE: leg temp.(°C) CH: humidity inside clothing(% R.H.)
 BR: breast temp.(°C) MST: mean skin temp.(°C) TS: temperature sensation
 UA: upper arm temp.(°C) SBP: systolic blood pressure(mmHg) HS: humidity sensation
 FA: fore arm temp.(°C) DBP: diastolic blood pressure(mmHg) CS: comfort sensation
 AB: abdomen temp.(°C) PUL: pulse(beat/min)

온열감은 의복간에 유의차가 없었으며, 고온 입실 후, 40분이 경과하면 “덥다“ 또는 “매우 덥다“로 답하였다. 쾌적감은 Type I 보다 Type II를 착용하였을 때 “쾌적하다“에 더 가깝게 답하였다. 고온 입실 후, 20분이 경과하면 “불쾌하다“였다.

습윤감은 Type II 보다 Type I 을 착용하였을 때 더 “습하다“에 가깝게 답하였다. 고온 입실 후, 30분이 경과하면 “습하다“ 또는 “매우 습하다“로 답했다. 선행연구에 의하면^{12,34)} 피부와 의복 사이에서는 소량의 수분일 지라도 의복의 착용감에 영향을 주어 강한 불쾌감을 준다고 하였다. 특히 의복이 젖을 정도의 많은 수분량은 피부마찰을 커지게 하므로 더 큰 불쾌감을 유발시킬수 있다. 따라서 Type I 착의시에는 전신을 거의 피복하고 있으므로 땀에 의한 축축함이 더 쉽게 느껴지는 반면, Type II 착의시에는 노출부위가 많기 때문에 건조한 환경의 영향을 더 받은 것으로 사료된다.

이상에서 보는 바와 같이 본 실험의 의복 조건은 직장온이나 이마, 가슴, 복부 등의 피부온, 습윤감, 쾌적감의 주관적 감각면에는 영향을 미쳤으나, 총발한량과 부위별 발한량에서는 유의한 영향을 확인할 수 없었다. 또한, 피부온 직장온이 높으면 발한량이 많아진다는 선행연구 결과¹²⁻¹⁴⁾는 의복을 착용한 경우에 일치하지 않았다. 이것은 의복을 착용하면, 의복압, 被覆面積 등 여러 요인이介入하기 때문으로 해석된다.

땀은 일정량이 계속해서 분비되는 것이 아니고, 시간이 경과함에 따라 증가하고 감소하는 경향을 다르게 보인다는 점을 고려하면, 피부온과 직장온 변화에 따른 발한량의 변화를 구체적으로 규명하기 위해서는 연속적으로 발한물을 측정해서 비교함이 필요하다고 사료된다.

태양열이 매우 강하고, 그 복사온이 강한 사막에서 인체를 대상으로 한 선행연구는, 휴식하고 있는 나체상태의 사람이 옷을 입고 있는 사람보다 110~142 kcal/hr의 열을 더 흡수한다²⁹⁾고 보고했다. 또 외부 환경온이 정상체온보다 높을 때에는 고온의 환경으로부터 열이 체내로 유입되는 것을 막을 수 있는 두껍고, 비전도성인 의복을 착용하는 것이 인체에 유리하다³⁵⁾고 알려져 있다.

이러한 관점에서 보면, 체온보다 높은 환경에서 외부의 열이 피부면을 통해 체내로 유입되는 것을 더 막을 수 있는 긴소매와 긴바지가 인체에 더 유리할 가능성을 암시한다. 그러나 본 실험과 같이 복사온의 영향이 거의

없는 환경조건에서는 생리적 반응과 주관적 감각의 측면을 고려하면 심부온 상승률이 적고, 덜 습하고, 상대적으로 쾌적한 느낌을 주는 반소매와 반바지를 착용하는 것이 유리하게 나타났다.

한편, 총발한량과 부위별 발한량에 있어서는 의복간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 12명의 평균으로 보면, 1시간 동안의 총발한량은 평균 275.2 g/hr 이며, 체표면적당 총발한량은 178.9 g/m²/hr 이었다.

하루에 분비되는 발한량은 생활조건, 환경조건, 계절, 개인 등에 따라 다르지만, 일반적으로 여름 실내작업(29°C)시에는 1.6~1.9 kg/day 정도로 비교적 적고 직사일광 하에서 보행(32~36°C)시에는 0.4~0.6 kg/hr, 고열환경에서의 작업시(28.5~35°C)에는 1.3~1.5 kg/hr 정도로 발한량이 많아진다²⁴⁾고 보고되어 있으며, 환경온보다 노동강도에 의해 지배된다³⁶⁾고 알려져 있다.

또 白石과 荒木の 연구²³⁾는 수영팬티만 착용한 남자를 대상으로 환경조건을 처음 20분동안은 20°C에서 40°C로 점진적으로 상승시키고, 다음 20분간은 40°C로 유지시켜 총 40분 동안 실시되었는데, 그때의 체표면적당 총발한량은 104.2 g/m²이었고, 체중당 총발한량은 평균 2.78 g/kg 이었다고 보고하고 있다.

본 실험결과가 상술한 수치와 다소간의 차이가 있는 것은 실험환경이나 인종, 性, 작업일시 여부의 차이도 있겠으나, 위의 연구들은 거의 나체 상태로 행하여진 실험결과이므로 착의여부도 영향을 미쳤으리라 사료된다.

부위별 발한량(mg/7.07 cm²/hr)은 後來의 보고²⁴⁾에서와 같이 각 부위별로 차이가 있었는데, 부위별 평균치로 보면, 등부위(208.0)가 가장 많고, 다음으로 가슴부위(191.0), 이마부위(133.0), 전완부위(115.0), 대퇴부위(81.0), 상완부위(75.1), 하퇴부위(66.3) 순이었다(Fig. 7).

이 결과는 Kuno의 연구결과²⁾와는 동일하나 Wallerström과 Holmer의 결과⁴⁾와는 동일하지 않았다. Wallerström과 Holmer의 실험에서는 이마, 등, 전완, 대퇴, 상완, 하퇴, 가슴 순으로 가슴부위가 사지부에 비해 발한량이 적었다.

발한량의 부위차가 각 부위 피부온의 차이에 기인한다는 선행 연구 결과⁴⁾를 적용하면, 본 연구에서 피부온은 이마가 가장 높았고, 상완, 가슴, 가슴, 전완, 대퇴, 하퇴 순으로 낮았으므로(Table 5), 이와같은 순서로 부위

별 발한량이 적어져야 한다고 본다. 그러나, 이와 다른 결과를 보인 것은, 피부온이 가장 높은 부위인 이마와 가장 낮은 부위인 하퇴를 고려할 때 약 2°C 정도의 근소한 차이를 보여 발한량의 부위차에까지 크게 영향을 미치지 못한 것으로 보이고, Kuno가 지적한 바와 같이 발한량의 부위차는 중추적 요인보다는 말초적 요인 즉, 각 부위에 분포한 능동한선의 수 및 한선의 감수성과 분비능력 등에 더 크게 영향을 받은 것²⁾으로 사료된다.

착의한 피험자를 대상으로 한 본 실험의 결과가 나체의 피험자를 대상으로 한 白石과 荒木²³⁾의 실험 결과와 일치하는 것은 의복 형태가 땀이 많이 나는 구간부를 전체적으로 피복한 것이어서 Kuno의 설명대로 노출한 사지부위는 구간부에 비해 능동한선수나 분비능력이 작기 때문에 의복의 영향을 받았어도 그 영향 정도가 적었기 때문으로 사료된다.

IV. 結論 및 提言

본 연구는 總發汗量과 部位別 發汗量과의 관계를 검토하여 부위별 발한량으로 부터 총발한량을 예측할 수 있는지의 가능성을 검토하기 위해서 실시되었다.

이를 위해 본연구에서는 여름철 땀이 많이 나는 환경 ($44 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\% \text{R.H.}$)에서 着衣 상태의 성인여성 12명을 대상으로 총발한량과 부위별 발한량, 직장온과 피부온, 혈압, 맥박 등의 생리적 반응, 주관적 온습감 및 쾌적감을 측정하여 안정시의 발한반응을 관찰했다. 着衣의 영향을 확인하기 위해 본 연구에서는 보온력의 영향이 아닌 의복 형태의 영향을 보고자 의복중량($132 \pm 3 \text{ g/m}^2$)은 같고 착의형태가 다른 2종의 의복(Type I : 긴소매 상의+긴바지, Type II : 반소매 상의+반바지)을 선정하여 위의 항목을 측정비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 총발한량은 두 의복형태 모두에서 다른 부위에 비해 이마 부위의 발한량과 가장 높은 상관관을 보였다. 이마 부위를 제외하고, 총발한량과 유의한 상관관을 보인 부위는 의복형태에 따라 다르게 나타났다.

2. 총발한량은 부위별 발한량보다 의복에 흡수된 발한량과 높은 상관관을 보였다.

3. 성인 여성이 중량 $132 \pm 3 \text{ g/m}^2$ 의 의복을 입고 고온환경 ($44 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\% \text{R.H.}$)에 1시간 동안 안정 상태로 노출된 경우, 총발한량은 275.1 g/hr 이었으

며, 체표면적당 총발한량은 $178.9 \text{ g/m}^2/\text{hr}$ 이었다. 총발한량에서는 의복형태 간에 유의한 차이가 인정되지 않았다.

4. 부위별 발한량($\text{mg}/7.07 \text{ cm}^2/\text{hr}$)은 등부위 (208.0)가 많고, 다음으로 가슴부위(191.0), 이마부위 (133.0), 전완부위(115.0), 대퇴부위(81.0), 상완부위 (75.1), 하퇴부위(66.3)의 순이었다. 의복형태에 따른 부위별 발한량은 유의한 차이가 인정되지 않았다.

5. 직장온과 총발한량, 각 부위의 피부온과 총발한량 사이에서는 유의한 상관관을 인정할 수 없었고, 각 부위의 피부온과 그 부위의 발한량 사이에서도 유의한 상관관을 인정할 수 없었다.

이상의 결론으로부터 다음과 같은 제언을 하고자 한다. 총발한량이 의복에 흡수된 발한량과 높은 상관관을 보인 것으로 보아 좀 더 편리한 방법으로 총발한량을 예측할 수 있는 가능성은 시사되었으나 의복에 흡수된 발한량이란 직물의 물리적 특성과 의복의 디자인 요소 및 습도나 풍속 등의 환경요인이 관여되므로, 이것이 총발한량을 예측할 수 있는 지표인가의 가능성 여부는 앞으로 계속적인 연구를 必要로 한다. 또한, 본 실험에서 나타난 바와 같이 의복 형태에 따라서 총발한량과의 관계에서는 부위별로 다른 결과를 보였으므로 다양한 의복조건 하에서 더 많은 연구의 필요성이 시사된다.

參 考 文 獻

- 1) Kuno, Y., The Physiology of human Perspiration, Churchill, (1934)
- 2) Kuno, Y., Human Perspiration, Charles C Thomas, (1956)
- 3) 緒方維弘, 適應-氣候風土に對する適應, 醫齒藥出版社, 32-99, (1973)
- 4) Wallerström, B. and Holmer, I., Heat induced regional sweating in resting subjects, In: Z. Szekely, ed. Contribution to thermal physiology, Pergamon press, 409-411, (1979)
- 5) 菅屋潤壹, 小川徳雄, 朝山正巳, 宮側敏明, 溫熱性發汗發現の部位差と發汗能との關係, 日生氣誌, 18, 72-79, (1981)
- 6) Buono, M.J., & N.T. Sjolholm, Effect of physical training on peripheral sweat production, *J. Appl. Physiol.*, 65, 811-814, (1988)
- 7) Davies, C.T.M., Effect of acclimatization to heat on

- the regulation of sweating during moderate and severe exercise, *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **50**, 714-746, (1981)
- 8) Mitchell, D., L.C. Senay, C.H. Wyndham, A.J. van Rensburg, G.G. Rogers, & N.B. Strydom, Acclimatization in a hot, humid environment: Energy exchange, body temperature, and sweating, *J. Appl. Physiol.*, **40**, 768-778, (1976)
 - 9) Shvartz, E., Y. Shapiro, A. Magazanik, A. Meroz, H. Birnfeld, A. Mechtinger, & S. Shibolet, Heat acclimation, physical fitness, and responses to exercise in temperate and hot environments, *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **43**, 678-683, (1977)
 - 10) Roberts, M.F., C.B. Wenger, J.A.J. Stolwijk, & E.R. Nadel, Skin blood flow following exercise training and heat acclimation, *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **43**, 133-137, (1977)
 - 11) Wyndham, C.H., Effect of acclimatization on the sweat rate/rectal temperature relationship, *J. Appl. Physiol.*, **22**, 27-30, (1967)
 - 12) Nadel, E.R., R.W. Bullard, & J.A.J. Stolwijk, Importance of skin temperature in the regulation of sweating *J. Appl. Physiol.*, **31**, 80-87, (1971)
 - 13) Nadel, E.R., J.W. Mitchell, B. Saltin, and J.A.J. Stolwijk, Peripheral modifications to the central drive for sweating, *J. Appl. Physiol.*, **31**, 828-833, (1971)
 - 14) Wyss, C.R., G.L. Brengelmann, J.M. Johnson, L.B. Rowell, & M. Niederberger, Control of skin blood flow, sweating, and heart rate: Role of skin vs. core temperature, *J. Appl. Physiol.*, **36**, 726-733, (1974)
 - 15) Davies, C.T.M., Influence of skin temperature on sweating and aerobic performance during severe work, *J. Appl. Physiol.*, **47**, 770-777, (1979)
 - 16) Johnson, J.M., D.S. O'Leary, W.F. Taylor, and M.K. Park., Reflex regulation of sweat rate by skin temperature in exercising humans, *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **56**, 1283-1299, (1984)
 - 17) 松下健二, 荒木勉, 主として腕労作による運動時発汗量に及ぼす着衣条件の影響に関する部位別検討, 體育學研究集録, **14**, 61-68, (1985)
 - 18) 崔正和, 荒木勉, 의복조건이 근육운동시의 발한성에 미치는 영향에 관한 기초적 연구, 서울대 농학연구, **7**, 263-271, (1982)
 - 19) Ogawa, T., Thermal influence on palmer sweating and mental influence on generalized sweating in man, *Jpn. J. Physiol.*, **25**, 525-536, (1975)
 - 20) 近藤徳彦, 西保岳, 鍋倉賢治, 池上晴未, 汗の拍出頻度よりみた安静時と運動時の發汗調節の比較-非定常状態の場合について, 日生氣誌, **24**, 135-144, (1987)
 - 21) 米田華雄, 衣服衛生學, 154-156, (1967)
 - 22) 大原孝吉, 發汗, 日本生理學會編, 生理學實習書, 南江堂, 130-133, (1977)
 - 23) 白石隆, 荒木勉, 暑熱暴露下の體溫調節における幼児と成人の比較-主として發汗及び皮膚溫反應について-, 學校保健研究, **32**, 134-143, (1990)
 - 24) 이순원, 조성교, 최정화, 피부환경학, 한국방송통신대학, (1991)
 - 25) Gagge, A.P. et al., Comfort and thermal sensation and associated physiological response at various ambient temperature., *Enviro. Research*, **1**, 1-20, (1967)
 - 26) 김명주, 최정화, 안면시 침상기후와 인체생리반응에 관한 연구, 한국의를학회지, **15**, 77-87, (1991)
 - 27) 小川徳雄, 伊藤路子, 朝山正巳, 宮側敏明, 溫熱性發汗發現の部位差について, 日生氣誌, **16**, 22-29, (1979)
 - 28) 小川徳雄, 蒸發性熱放散, 中山昭雄, 溫熱生理學, 理工學社, 135-167, (1981)
 - 29) Adolph, E.F., Heat exchanges of man in the desert, *Am. J. Physiol.*, **123**, 486-499, (1938)
 - 30) Adolph, E.F., Desert, In: Newburgh, ed. L.H., Physiology of heat regulation and the science of clothing, Hafner publishing Co., 330-388, (1968)
 - 31) Jeong, W.S. and Tokura, H., Effects of wearing different types of clothing on the core temperature under conditions simulating actual indoor life, *J. Home Econ. Jpn.*, **41**, 143-148, (1990)
 - 32) Jeong, W.S. and Tokura, H., Effects of wearing two different forms of garment on thermoregulation in man resting at 10°C, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **57**, 627-631, (1988)
 - 33) Kawakami, K. and H. Tokura, Effects of season, wearing of garments with long-sleeves and clothing wettedness on temperatures of core, skin and clothing microclimate in sedentary and walking women, *J. Home Econ. Jpn.*, **36**, 503-509, (1985)
 - 34) Gwosdow, A.R., J.C. Stevens, L.G. Berglund, & J.A. J. Stolwijk, Skin friction and fabric sensations in neutral and warm environments, *Textile Res. J.*, **56**, 574-580, (1986)
 - 35) Watkins, S.M., chap. 3 In: Clothing, The Portable Environment, IOWA state university press, (1984)
 - 36) 中山昭雄, 運動時の體溫調節, 中山昭雄, 溫熱生理學, 理工學社, 135-167, (1981)