Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.17, No.2, 1998

체형별 발한 반응에 관한 연구

A Study of Sweating Reaction by the Somato Types

심 부 자

ABSTRACT

To investigate the difference of sweating reaction by the somato types, we measured total sweat rate, local sweat rate, skin temperature, physiological reaction and psychological reaction at 25±1℃ and 29±1℃ under laboratory conditons. Nine healthy adult females were divided into three somato types : slender (3), normal (3) and obese (3). The results were as follows ; Total sweat rate was highest in the obese type, followed by the normal and slender types in order. Local sweat rate was highest in the infrascapular area, and then came breast, the back of the hand, upper arm, anterior leg, and anterior thigh in all somato types. Mean skin temperature was highest in the slender type, and followed the normal and obese types. Rectal temperature, blood pressure and pulse rate were highest in the obese type. Psychological reaction appeared 'hot', 'humid', 'sweaty' as ambient temperature went up. Somato types made little difference in psychological reaction.

Key words : total sweat rate, local sweat rate, somato type

* 동아대학교 생활과학대학 의류학과

1. 서 론

인체는 주위와 무관하게 항상 일정한 체온을 유지하는 항온체로서, 다양한 환경변화에 맞추어 산열증진, 발한, 혈관의 수축과 이완 등을 통해 체내 온도를 유지하고 있다(정찬주와 이순원, 1994). 특히 인체가 고온의 환경에 노출되거나 운동을 하게 되면, 체온의 상승을 막기 위해 혈관이 확장되고 피부표면의 혈류량이 증가되어 방열을 촉진하게 되지만, 혈관조절만으로 방열이 순조롭지 못할 때, 인체는 땀을 흘리게 된다. 따라서 발한의 주목적은 증발잠열을 이용해서 방열을 촉진시켜 체온의 상승을 막는 것이라 할 수 있겠다. 그러나 체온조절에 적합한 유효발한량 이상의 땀의 분비는 생리적 손실뿐만 아니라, 심리적으로도 불쾌감을 가중시킬 수 있다. 그러므로 생체의 수분을 손실시키는 땀을 보다 효과적으로 증발하도록 하는 것이 인체의 체온조절 면에서 바람직하다. 이러한 측면에서 볼 때 총발한량은 고온의 환경에서나 운동량이 많을 때 체온조절 수준을 측정하는 index로 사용될 수 있겠다(염희경과 최정화, 1992). 그리고 인간은 항상 의복을 입고 생활하고 있기 때문에 서열환경 작업 혹은 운동시의 발한에 대한 의복의 역할은 큰 의미를 갖게 되는데, 또한, 의복이 땀을 흡수해서 효과적으로 증발시킬 수 있다면, 그 의복은 인체의 부담을 덜어줄 수 있으므로 의복조건이 발한 반응에 미치는 영향에 대한 검토도 필요하다. 따라서 발한량을 관찰하는 것은 체온조절, 특히 방열에 있어서 중요한 기능을 갖게 되므로 서열환경과 운동시의 체온조절에 미치는 의복의 영향이나 인체와 의복과의 관련성을 검토하고자 할 때 총발한량, 국소발한량 등을 연구하는 것은 의미 있는 일이라고 생각되어진다.

한편, 발한에 영향을 미치는 인자로는 성, 연령, 비만도, 열순화정도, 운동강도, 체력, 정서적 자극 그리고 주위환경 등이 있다(정덕조, 1994). 이 중에서 비만도는 체형을 좌우하는 인자로, 단열성이 커서 체열방산을 억제하므로 서열자극의 영향이 강하게 작용하여 서열작업시 발한을 많이 일어나게 함으로서 발한과 깊은 관련이 있다고 볼 수 있겠다.

종래 발한에 관한 연구로서는 일찌기 久野에 의해 기본적인 연구가 다소 발표된 이후 최근에도 계속해서 보고되고 있는데, 이들 중 체온조절과 연관된 대표적인 것으로는 발한의 부위차(菅屋 등, 1981 ; 小川 등, 1979 ; Buono 등, 1988), 훈련·운동 적응의 효과(Aoyagi 등 1994 ; Fortney 등, 1979 ; Nielsen 등, 1993), 그리고 심부온과 피부온이 발한개시에 미치는 효과(Nadel 등, 1971 ; Wyndham, 1967), 운동시 온습도 변화에 따른 피부온도와 발한량의 변화(Shvartz 등, 1977 ; Johnson 등, 1984 ; Saltin 등, 1970 ; 정덕조, 1994), 의복 조건이 근육 운동시의 발한성에 미치는 영향(최정화와 荒木勉, 1982 ; 松下와 荒木勉, 1985), 의복 형태에 따른 발한 반응에 관한 연구(염희경, 1992) 등이 시행되어 왔다. 그러나 이들 연구들이 동일체형의 발한반응에 대해 진행되어 왔기 때문에 의복설계시 그 결과를 그대로 적용하기에는 한계가 있다고 볼 수 있으므로, 체형별 발한량에 관한 체계적인 연구가 필요하다고 하겠다.

따라서 본 연구는 체형에 따른 발한반응에 관한 연구의 일환으로서, 착의조건하에서 ASHRAE 실내환경기준온도의 쾌적영역인 환경기온 25±1℃와 우리나라 여름철 최고 평균기온인 29±1℃의 두 환경조건하에서 여윈, 보통, 비만 세 체형의 총발한량, 국소부위에 대한 발한의 분포상태, 피부온, 생리적 반응과 심리적 반응을 측정하여 체형별에 있어서 발한반응이 어떠한 차이를 나타내는지 비교검토 하고자 한다.

또한 이상에서 얻어진 결과를 바탕으로 체형에

따른 발한반응의 경향과 특성을 파악하여, 서열환경하에서의 의복설계시 피부로부터 방출되는 수분을 흡수하여 방산할 수 있는 수분이동특성이 용이한 소재와 체내열을 효과적으로 방출시킬 수 있는 디자인 설정 및 착의방법에 적용시킴으로서, 불특정 다수의 소비자를 대상으로 하는 현대의 기성복 대량 생산체제하에서 의복의 적합성을 요구하는 소비자의 높은 수준의 욕구를 만족시킬 수 있으리라 생각되어진다.

2. 실 험 방 법

2.1 피험자

피험자는 국민 표준체위 조사 보고서(공업진흥청, 1992)에 준하여, 건강한 20대 성인 여자 대학생을 대상으로 하였으며, 체형별 비교 검토를 위해 Röhrer index와 Vervaeck index(日本家政學會, 1988)를 기준으로 여윈체형, 보통체형, 비만체형으로 구분하여 각 체형별 3명씩 총 9명으로 하였다. 피험자들의 생리적 특성은 Table 1에, 신체적 특성은 Table 2에 나타내었다.

2.2 실험 의복

실험 의복은 예비 조사 결과, 여름철에 일반적으로 많이 착용되고 있는 반소매 상의와 반바지를 선택하였으며, 소재와 형태는 Table 3에 나타내었다.

단, 속옷으로는 상의에 동일한 형태와 소재의 브래지어(nylon 40%, polyester 60%)와 하의에 동일한 형태와 소재의 팬티(cotton 100%)를 착용시켰으며, 실험 의복은 1회 실험 후 세탁하여 건조기에 건조시켜 같은 습도와 무게가 유지되도록 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

Table 1. Physiological characteristics of subjects.

Subject	Rectal temperature (℃)	Blood pressure (mmHg)		Pulse rate (beats/min)	Metabolic rate* (kg · cal/hr)
		Systolic	Diastolic		
A_1	36.1±0.1	110±2	64±1	79±1	57.34
A_2	36.5±0.1	118±1	80±2	80±1	56.46
A_3	36.8±0.2	121±2	77±2	86±2	58.20
B_1	36.5±0.1	107±1	69±2	71±1	57.32
B_2	36.7±0.2	113±1	80±2	76±1	58.13
B_3	36.6±0.2	104±1	71±1	81±1	58.37
C_1	36.6±0.1	111±1	69±2	73±1	58.89
C_2	36.6±0.1	115±1	72±1	74±1	60.57
C_3	36.8±0.1	120±1	69±1	76±1	59.17

A : Slender type B : Normal type C : Obese type

* Nakagawa's equation : {(591.620+3.815W+2.434H-1.689A)/24}×1.2
(W : weight(kg) H : height(cm) A : age(yr))

Table 2. Physical characteristics of subjects.

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Chest circum-ference (cm)	Skinfold thickness (mm)		Body surface area* (m2)	Rohrer index**	Vervaeck index***
					Upper arm	Infrascapula			
A_1	20	164.5	49.0	78.0	12.0	4.3	1.53	1.10	77.20
A_2	20	159.6	47.5	79.5	8.5	10.5	1.48	1.17	79.57
A_3	20	165.3	53.0	80.0	11.0	5.0	1.59	1.17	80.46
B_1	20	157.3	53.5	85.0	11.3	15.3	1.54	1.37	88.05
B_2	20	160.8	55.5	87.0	16.5	17.4	1.59	1.34	88.65
B_3	20	162.1	55.9	86.0	16.0	11.5	1.60	1.31	87.54
C_1	20	155.3	63.0	95.0	15.5	23.5	1.64	1.68	101.74
C_2	20	161.2	68.0	99.5	20.5	23.0	1.73	1.62	103.91
C_3	21	157.5	63.5	96.0	22.0	18.0	1.66	1.63	101.27

* Body surface area (Takahira's equation) = $W^{0.425} \times H^{0.725} \times 72.46/10^4$
** Rohrer index (Rohrer's equation) = $W/H^3 \times 10^5$
*** Vervaeck index (Vervaeck's equation) = (W+CC)/H×100

Table 3. Characteristics of experimental garments.

Item (upper/lower)	Fiber content (%)	Thickness (mm)	Weight (g)
half-sleeve T-shirt	cotton 100	0.42±0.01	177±1.0
short pants	cotton 100	0.52±0.01	216±1.0

2.3 실험 일시 및 환경 조건

실험은 동아대학교 피복 위생학 실험실에서 예비 실험을 거친 후, 1996년 7월 25일에서 8월 4일 사이에 실시하였으며, 실험실내 환경조건은 Table 4와 같다.

동일피험자에 대해 생리적 변동요인을 가능한 배제하기 위하여 동일 시간내에 일관되게 실험을 진행하였다.

Table 4. Environmental conditions.

Laboratory	Ambient temp. (℃)	Relative humidity (%)	Air movement (m/sec)	Effective radiant temp. (℃)
Control room	28±1.0*	50±10	0.1	0±0.5
Experimental room	I 25±1.0**	50±10	0.1	0±0.5
	II 29±1.04***	50±10	0.1	0±0.5

* Range of vascular control
** Comfortable range belonging to the 80% or more satisfaction of ASHRAE's standard for indoor ambient temperature under wearing conditions
*** Average high temperature of Korean summer

2.4 측정 항목 및 방법

2.4.1 총발한량

田村의 발한 측정법(田村, 1988)에 준하여 인체용 정밀천칭(GD46, Mettler, German, 감도 10g)을 사용하여 실험 시작전의 체중(W_1)과 실험종료 후의 체중(W_2)를 각각 측정하여 그 차 $\triangle W = W_1 - W_2$ 에서 총발한량을 구하였다.

2.4.2 국소 발한량

국소 발한량은 발한량이 많은 부위인 대흉근 중앙부와 견갑골직하부 그리고 손등, 중등정도의 발한부위인 상완 내측과 대퇴·하퇴 전면의 총 6부위에서 측정하였으며, 그 측정 부위는 Fig. 1과 같다. 측정 방법은 여과지법(田村, 1988)을 이용하여 실험시작부터 실험종료시까지의 발한량을 여과지의 중량증가로 구하였다. 여과지의 무게 측정은 전자저울(AJ 100L, Switzerland, 감도 : 0.001g)로 하였으며, 여과지는 110℃의 오븐에서 1시간 건조시켜 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

2.4.3 피부온

Thermistor data 집록 장치(K722-2005, Takara, Japan)를 이용하여 倉田의 5점법에 준하여 측정하였으며, 그 측정 부위는 Fig. 2와 같다.

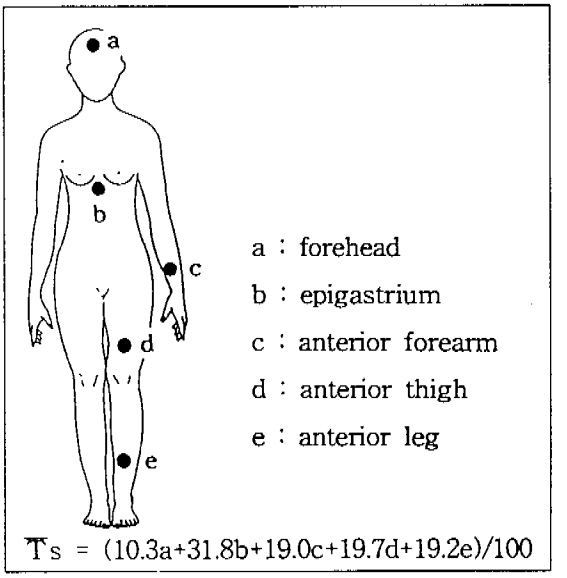


Fig. 2 Measuring points of skin temperature.

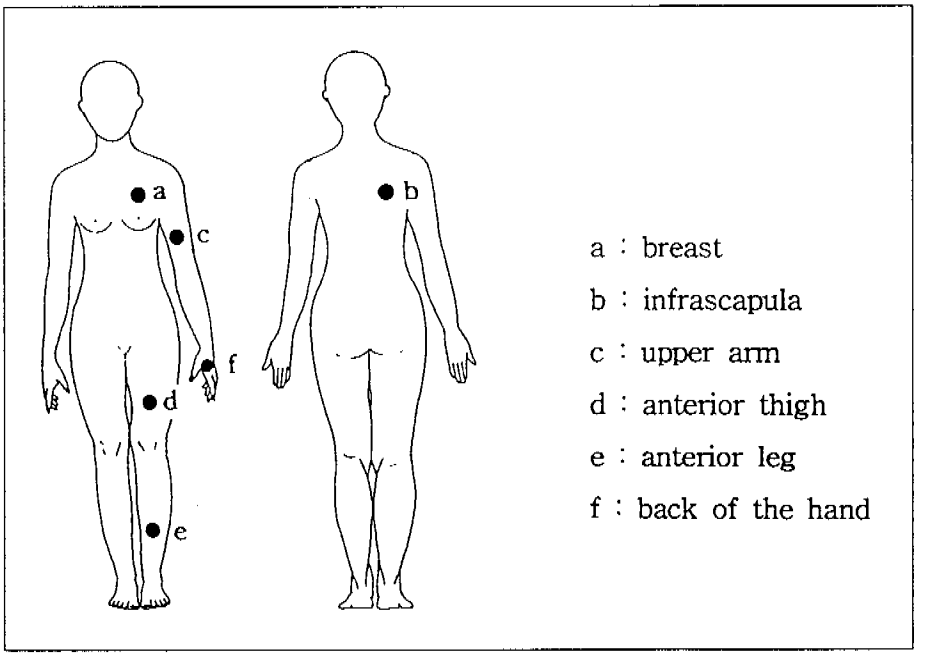


Fig. 1
Measuring points of local sweat rate.

2.4.4 생리적 반응

체온은 온습도 집록장치(Technol seven, K730, Japan)로 직장온을, 혈압과 맥박은 전자 혈압계(UA-732, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2.4.5 심리적 반응

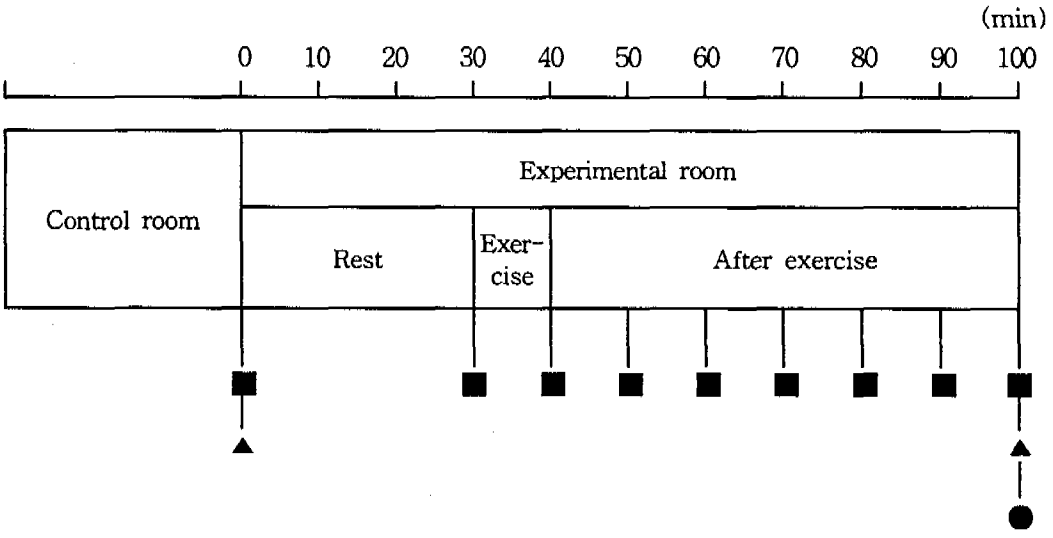
온냉감은 ASHRAE 정신 심리적 7단계를, 습윤감은 일본공조위생공학회 온냉감소위원회의 7단계를, 자각적 발한 상태는 三浦의 3단계를 사용하였고, 그 척도는 Table 5와 같다.

2.5 실험 순서

실험 순서는 Fig. 3과 같다.

Table 5. Scales of thermal, moisture and perceptive sweat sensations.

Scale	Thermal sensation	Moisture sensation	Perceptive sweat sensation
1	cold	very dry	clammy
2	cool	dry	sweaty
3	slightly cool	a little dry	dripping
4	neutral	comfortable	
5	slightly warm	a little humid	
6	warm	humid	
7	hot	very humid	



▲ : weight
● : local sweat rate
■ : skin temperature, rectal temperature, blood pressure, pulse rate : checked
psychological reaction : ascertained

Fig. 3 Experimental procedure.

① 피험자는 예비조절실(control room)에서 브래지어와 팬티만 착용한 상태로 30분 동안 안정을 취한다.
② 실험실 입실전에 ①의 착용 상태로 피험자의 체중을 측정하고, 실험 의복을 착용한다.
③ 실험실에 입실하여 30분간 안정을 취한 후, 피부온과 생리적 반응을 측정하고 심리적 반응을 청취하여 운동전의 상태를 확인한다.
④ Tread mill에서 R.M.R. 8(150m/min)의 운동 부하로 10분간 운동을 시킨다.
⑤ 운동하는 동안 피험자로 하여금 자각적 발한감을 느끼는 개시점을 구두로 표시하도록 한다.
⑥ 운동종료직후로부터 60분간 10분마다 피부온과 생리적 반응을 check하고 심리적 반응도 청취한다.
⑦ 운동종료 60분후 브래지어와 팬티만 착용한 상태로 체중을 측정한다.

2.6 자료 처리

PC-SAS를 이용하여, 총발한량과 국소 발한량, 생리적 반응(체온·혈압·맥박)과 심리적 반응(온냉감·습윤감·자각적 발한감)에 대한 결과를 환경기온, 체형, 측정부위에 대해 분산분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 환경기온별 발한량의 변화

3.1.1 총발한량

환경기온, 체형에 따른 총발한량의 분산분석 결과를 Table 6에, 각 환경기온하에서 총발한량의 변화경향을 Fig. 4에, 그리고 자각적 발한개시의 변화양상을 Fig. 5에 나타내었다.

Table 6. ANOVA for total sweat rate, local sweat rate.

Source	Source	DF	ANOVA SS	Mean square	F value	Pr>F
total sweat rate	AT	1	15842.0	15842.0	3.73	***
	ST	2	20653.0	10326.5	1.17	***
	AT×ST	2	439.0	219.5	15.32	***
local sweat rate	AT	1	0.13	0.13	14.74	***
	ST	2	0.28	0.04	3.96	***
	MP	5	0.65	0.13	14.55	***
	AT×ST	2	0.04	0.01	0.58	
	AT×MP	5	0.07	0.01	1.65	
	ST×MP	10	0.50	0.01	1.39	

AT (ambient temperature) ST (somato type) MP (measuring point)
*** $P < 0.0001$

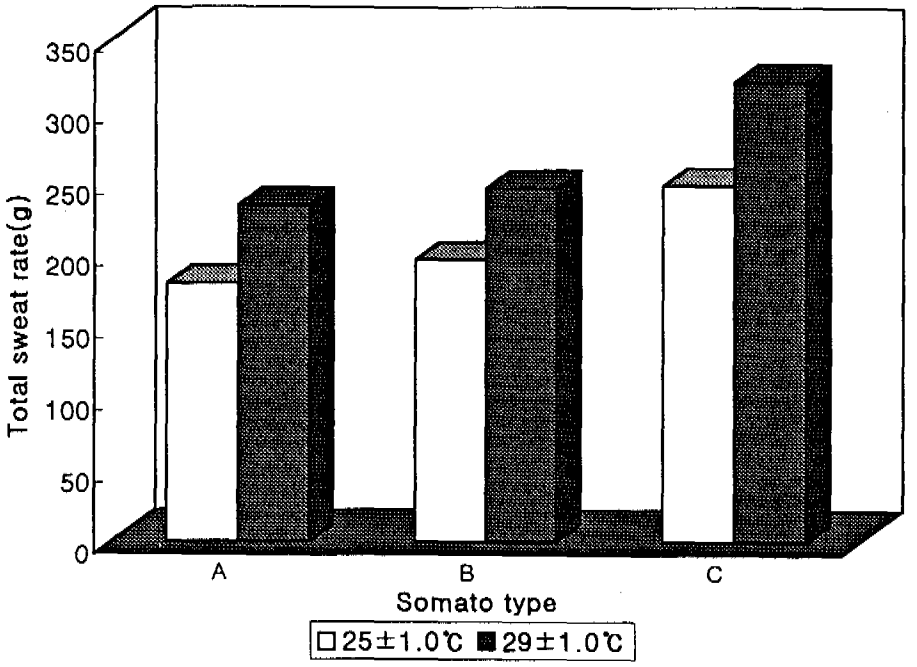


Fig. 4
Variation of total sweat rate at ambient teperature.

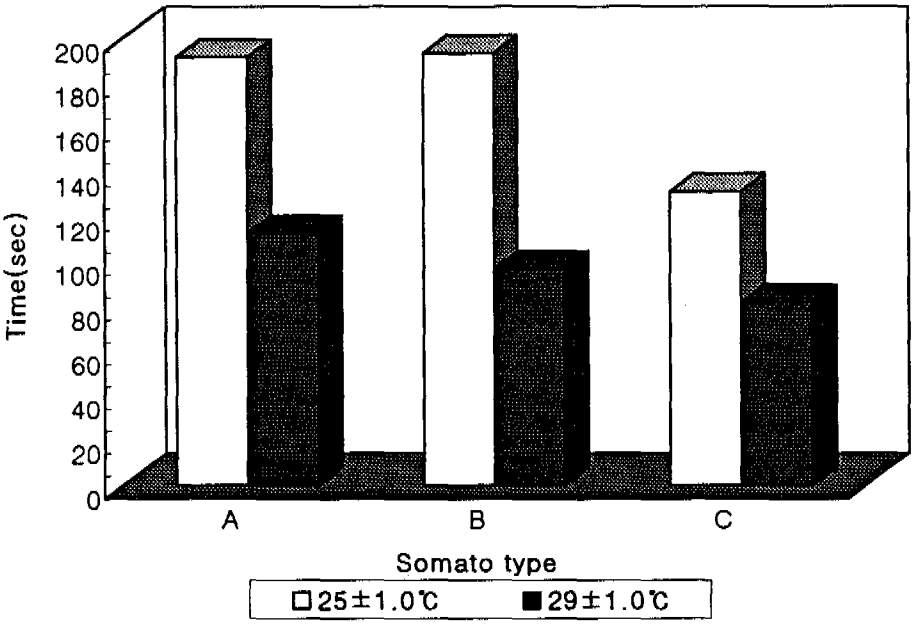


Fig. 5
Time of sweat beginning at each ambient temperature.

Table 6에 의하면 총발한량은 환경기온, 체형, 그리고 환경기온과 체형의 상호작용 모두에서($P < 0.0001$) 유의한 차이가 인지되었다.

총발한량의 변화경향을 보면(Fig. 4 참조), 환경기온 25±1℃보다 29±1℃ 일 때의 총발한량이 여윈체형은 55g, 보통체형은 50g, 비만체형은 73g씩 증가하였고, 발한개시에 있어서도(Fig. 5 참조) 환경기온 25±1℃보다 29±1℃일 때 더 빠르게 자각되어, 환경기온이 높아질수록 발한량은 증가하고, 발한개시는 빨라짐을 볼 수 있었다.

이와같이 환경기온이 상승함에 따라 발한량이 증가하고, 발한개시가 빨라지는 것은 환경기온의 상승으로 피부혈관 확장이 일어나고 체온이 상승됨으로 인하여 인체의 항상성 유지를 위해 방열의 수단으로 발한을 일으키는 체온조절반응이라고 생각되며, 환경기온이 발한량에 영향을 미치는 요인으로 작용함을 알 수 있었다.

총발한량을 체형별로 살펴보면, 두 환경기온 모두에서 비만체형>보통체형>여윈체형의 순으로 비만체형의 발한량이 가장 많았고, 또한 발한개시에 있어서도 비만체형이 타체형보다 빠른 것으로 나타났다. 이는 체형에 따른 비만 정도의 차이 때문으로 여겨지는데, 비만의 경우 피하지방의 과잉 심착으로 중심부에서 표층부로의 열의 이동이 표층부의 지방층에 의해 저하되므로, 서열 작업시 자극의 영향이 강하게 되어 체온의 상승, 심박수 증가가 커지게 된다(黑島, 1993). 그러므로 비만체형은 체온의 상승을 막아 항체온을 유지하기 위해 발한량이 많아지고, 발한개시도 빨라진다고 사료된다.

3.1.2 국소 발한량

환경기온, 체형, 측정부위에 따른 국소 발한량의 분산분석 결과를 Table 6에, 각 환경기온하에서 국소 발한량의 변화경향을 Fig. 6에 나타내었다.

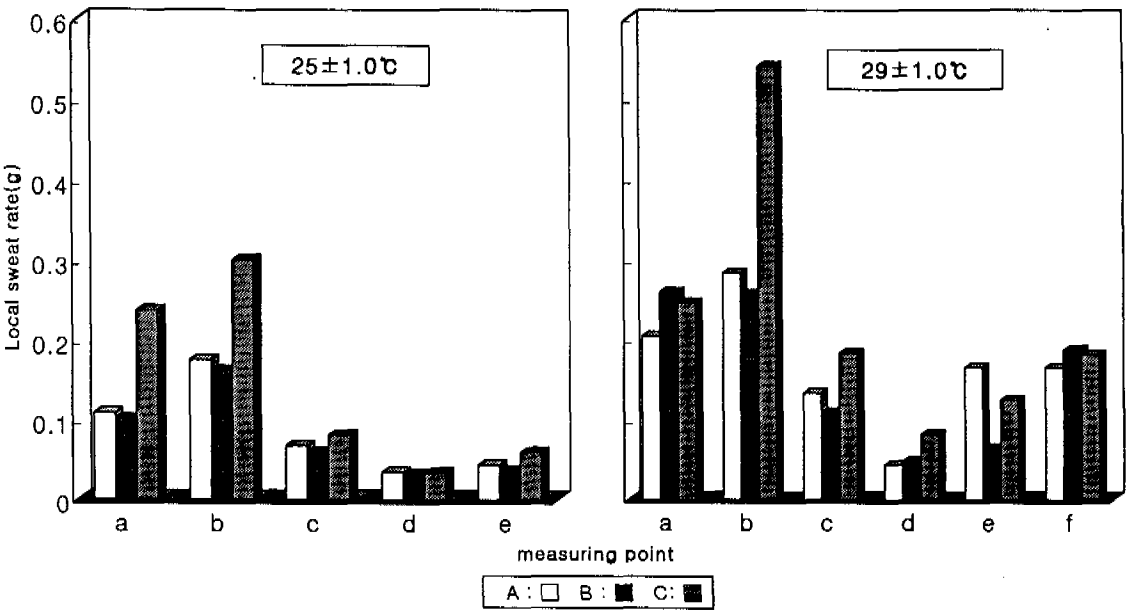


Fig. 6 Variation of local sweat rate at each ambient temperature.
(a:breast b:infrascapula c:upper arm d:thigh e:leg f:back of the hand)

Table 6에 의하면 국소 발한량은 환경기온과 체형 그리고 측정부위($P < 0.0001$) 모두에서 유의한 차이가 인지되었다.

먼저 국소발한량을(Fig. 6참조) 환경기온별로 살펴보면, 측정부위에 관계없이 환경기온 29±1℃에서의 국소발한량이 25±1℃일 때 보다 많았는데, 이는 총발한량에서 언급한 바와 마찬가지로, 환경기온의 상승과 운동에 의해 산열의 증가로 인한 체온의 상승을 막기 위해 방열의 수단으로서 발한량이 증가한 것으로 보인다. 체형에 있어서는 비만체형의 국소 발한량이 두 환경기온 모두에서 여윈체형과 보통체형보다 많게 나타났는데, 이것은 피하지방 심착으로 인해 심층부에서 표층부로의 열의 이동이 순조롭지 못하므로 체온조절 반응으로서 보통체형이나 여윈체형보다 발한량이 증가된 것으로 생각되어진다.

측정부위별로 보면, 환경기온 25±1℃와 29±1℃ 모두에서 견갑골 직하부>대흉근 중앙부>손등>상완>하퇴>대퇴의 순으로 발한량이 많았다. 이와 같은 결과는 선행 연구(염희경과 최정화, 1992 ; 정덕조, 1994)에서도 견갑골 직하부와 대흉근 중앙부, 그리고 손등의 발한량이 다른 부위보다 많다고 보고하고 있어, 본 연구와 일치됨을 알 수 있었다. 한편, 대퇴, 하퇴 및 상완 부위가 견갑골 직하부, 대흉근 중앙부와 손등보다 발한량이 적게 측정된 것은, 久野가 지적한 바와 같이 발한량의 부위차는 중추적인 요인보다는 말초적인 요인 즉, 각 부위에 분포한 능동한선의 수 및 한선의 감수성과 분비능력 등에 더 크게 영향을 받은 것(김미경 등, 1995)으로 생각된다.

3.2 환경기온별 피부온의 변화

환경기온과 체형, 측정부위에 따른 피부온의 분산분석 결과를 Table 7에, 시간경과에 따른 체형별 평균 피부온의 변화경향을 Fig. 7에, 부위별 피부온의 변화양상을 Fig. 8에 나타내었다.

Table 7. ANOVA for skin temperature.

Source	DF	ANOVA SS	Mean square	F value	Pr>F
AT	1	214.88	214.88	96.20	***
ST	2	157.23	19.65	8.80	***
MP	4	482.16	120.54	53.96	***
AT×ST	2	39.95	5.00	2.24	
AT×MP	4	30.66	7.67	3.43	*
ST×MP	8	182.13	5.69	2.55	***

AT (ambient temperature) ST (somato type) MP (measuring point)

*** $P < 0.0001$ * $P < 0.01$

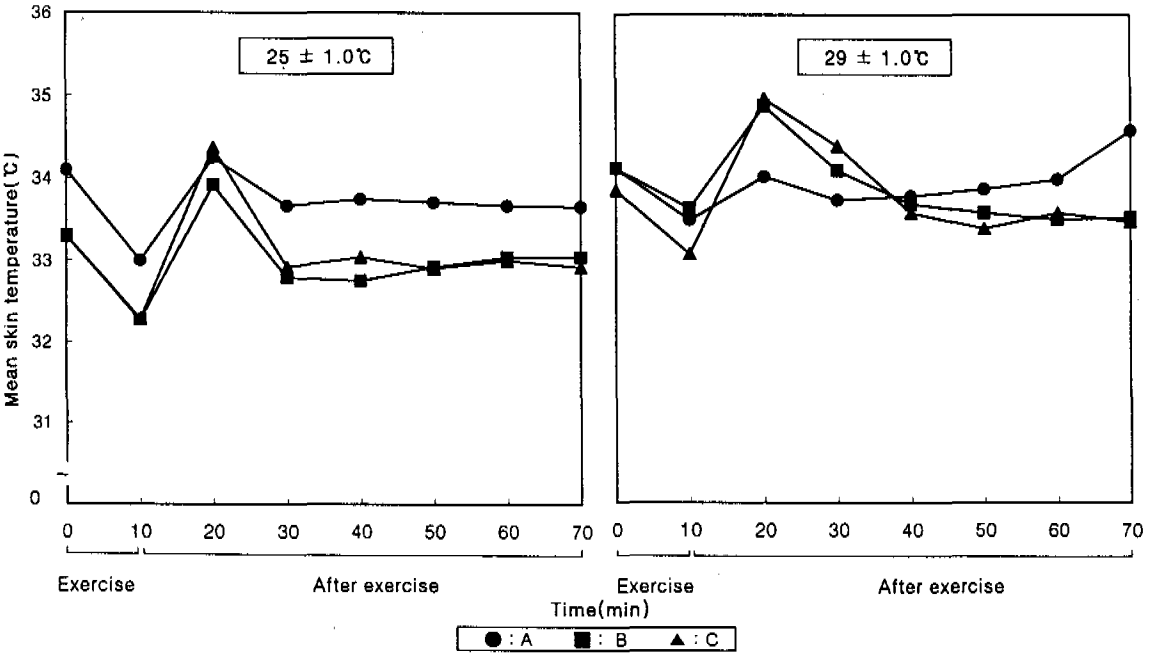


Fig. 7 Variation of mean skin temperature with the lapse of time at ambient temperature.

Table 7에 의하면 피부온은 환경기온과 체형 그리고 측정부위($P < 0.0001$) 모두에서 유의한 차이가 나타났으며, 환경기온과 측정부위($P < 0.001$), 체형과 측정부위($P < 0.0001$)의 상호작용에서도 유의한 차이가 인지되었다.

평균 피부온의 변화양상은(Fig. 7참조), 운동에 의해 일시적 하강현상을 보이다가 안정시에 상승을 하며 시간이 경과함에 따라 회복되는 경향을 나타내었는데, 환경기온 29±1℃에서의 변화양상이 25±1℃에 비해 운동에 따른 피부온 감소는 작고 운동후 상승폭은 컸다. 한편, 두 환경기온 모두에서, 운동중에는 평균피부온이 감소를 나타내고 있는데, 이는 근육의 원활한 혈액공급을 위해 반사적으로 피부점막 등의 혈관이 수축되고, 또한 운동중에 일어나는 기류에 의해 피부표면으로부터 대류, 증발에 의한 열방산의 증대와 함께 발한이 일어났기 때문으로 생각된다(中野, 1993). 그리고, 운동종료 직후보다 회복기 초기에 평균피부온이 최고에 달하는데, 이것은 김종훈 등(1988)에 의하면 운동에 의해 혈액이 수축근에 다량으로 모여진 결과, 상대적으로 표층에 가까운 혈관이 수축되어 관류혈액량이 적어지므로 피부온이 저하였다가 운동후에 운동에 의한 열 발생으로 인해서 운동직후보다 운동후의 초기에 피부온이 최고에 달한다고 보아진다.

체형별 평균 피부온을 비교해 보면(Fig. 7 참조) 안정시 평균 피부온은 두 환경기온 모두에서 여윈체형>보통체형>비만체형의 순으로 높게 나타났는데, 선행연구(심부자와 조승희, 1995)에서도 비만체형의 평균피부온이 가장 낮게 나타났다고 보고하고 있어 본 연구와 일치된 결과를 보이고 있다. 피부온은 생체의 해부학적 구조와 깊은 관련을 가지고 동정맥의 분포, 피하지방의 침착량, 피부혈관의 수축강도와 밀접한 관계가 있다. 특히 피하지방의 침착은 지방의 단열성으로 인해 낮은 온도를 나타내는데, 본 연구에서 비만체형이 가장 피부온

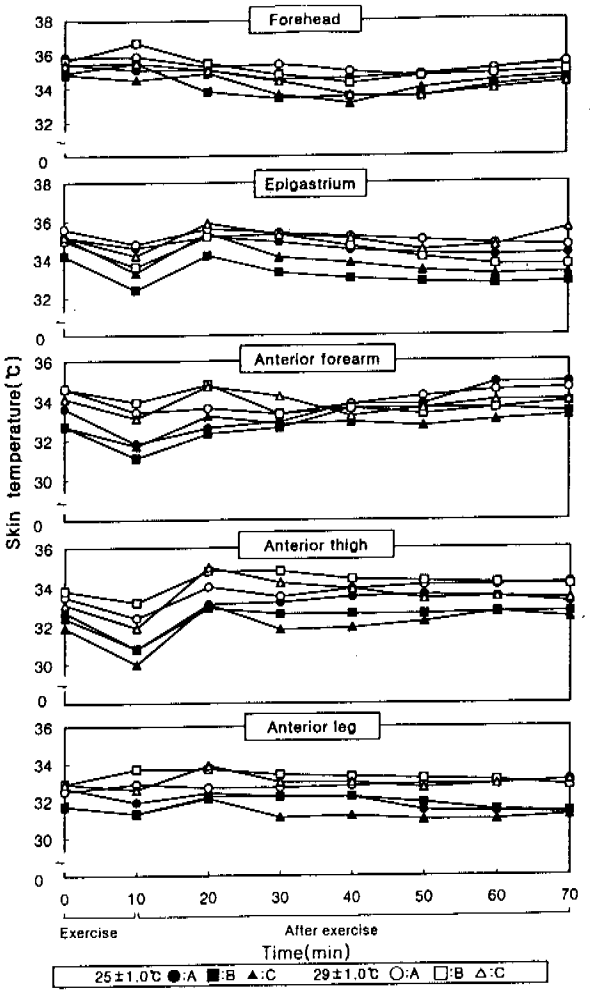


Fig. 8 Variation of skin temperature with the lapse of time at each ambient temperature.

이 낮게 나타난 것은, 피하지방 조직이 발달되어 있어 이 단열층으로 인하여 나타난 현상이라고 생각된다. 그리고 여윈체형이 보통체형이나 비만체형보다 피부온이 더 높게 나타났는데, 이와같은 결과를 미루어 볼 때 여윈체형의 경우, 체심부에서 피부표면을 통해 외기로의 열의 방출이 효과적으로 이루어지므로 다른 체형들보다 서열환경에서의 적응능력이 우수함을 알 수 있었다.

측정 부위에 따른 피부온은(Fig. 8 참조) 환경기온 25±1℃에서는 운동직후에 여윈체형과 보통체형은 전액>상복>하퇴>전완>대퇴의 순으로, 비만체형은 전액>상복>전완>하퇴>대퇴의 순으로 약간 차이를 보였으나, 운동종료 60분후에는 세체형 모두 전액>상복>전완>대퇴>하퇴로 일치하였다. 한편, 환경조건 29±1℃에서는 운동직후에 세체형이 전액>상복>전완>하퇴>대퇴의 순으로 같은 경향을 보였으나, 운동종료 60분후에는 여윈체형은 전액>상복>전완>대퇴>하퇴의 순으로, 보통체형은 전액>상복>대퇴>전완>하퇴, 비만체형은 상복>전액>전완>대퇴>하퇴의 순으로 체형별 약간의 차이를 나타내었다. 그리고, 운동시직후 세체형 모두 대퇴의 피부온이 가장 낮았는데, 이는 실험의복이 반바지형태로서 운동에 의해 대퇴부위에 의복에 의한 기류가 생겨 피부표면으로부터 방열이 더 활발히 일어나기 때문에 운동직후 대퇴의 피부온이 하퇴보다 낮다고 보아지며, 이는 선행연구 결과(옥진희, 1989)와도 일치하고 있다.

한편, 국소발한량과 피부온의 관계를 살펴보면 피부온이 높은 부위에서 발한량이 많았는데, 이와 같은 결과는 발한량의 부위차가 각 부위 피부온의 차이에 기인한다는 Buono와 Sjoholm(1988)의 연구결과와 동일한 결과를 보였다. 또한, 발한량이 많은 부위의 피부온은 발한량이 작은 부위보다 운동종료 60분 후 하락폭이 컸는데, 이것은 발한에 의한 수분증발에 따른 방열이 증가하기 때문에 피부온이 낮아졌다고 사료된다.

3.3 환경기온별 생리적 반응의 변화

환경기온, 체형에 따른 생리적 반응(체온, 혈압, 맥박)의 분산분석 결과를 Table 8에, 각 환경기온하에서 생리적 반응의 변화경향을 Fig. 9에 나타내었다.

Table 8. ANOVA for Physiological reaction, Psychological reaction.

	Item	Source		DF	ANOVA SS	Mean square	F value	Pr>F
Physiological reaction	Rectal temperature	AT		1	0.74	0.74	9.31	**
		ST		2	6.94	0.87	10.96	***
		AT×ST		2	0.79	0.10	1.25	
	Blood pressure	Systolic	AT	1	588.06	588.06	3.97	
			ST	2	6397.26	799.66	5.40	***
			AT×ST	2	909.13	113.64	0.77	
		Diastolic	AT	1	81.00	81.00	1.38	
			ST	2	2564.81	284.98	4.86	***
			AT×ST	2	713.32	89.17	1.52	
	Pulse rate	AT		1	69.44	69.44	0.24	
		ST		2	11791.34	1473.92	5.19	***
		AT×ST		2	1701.18	212.65	0.75	
Phychological reaction	Thermal sensation	AT		1	68.06	68.06	55.19	***
		ST		2	9.68	1.21	0.98	
		AT×ST		2	3.38	0.42	0.34	
	Moisture sensation	AT		1	60.06	60.06	47.78	***
		ST		2	7.72	0.97	0.77	
		AT×ST		2	4.00	0.50	0.40	
	Perceptive sweat sensation	AT		1	14.69	14.69	20.04	***
		ST		2	5.39	0.67	1.33	
		AT×ST		2	0.81	0.10	0.20	

AT (ambient temperature) ST (somato type)

*** $P < 0.0001$ ** $P < 0.005$

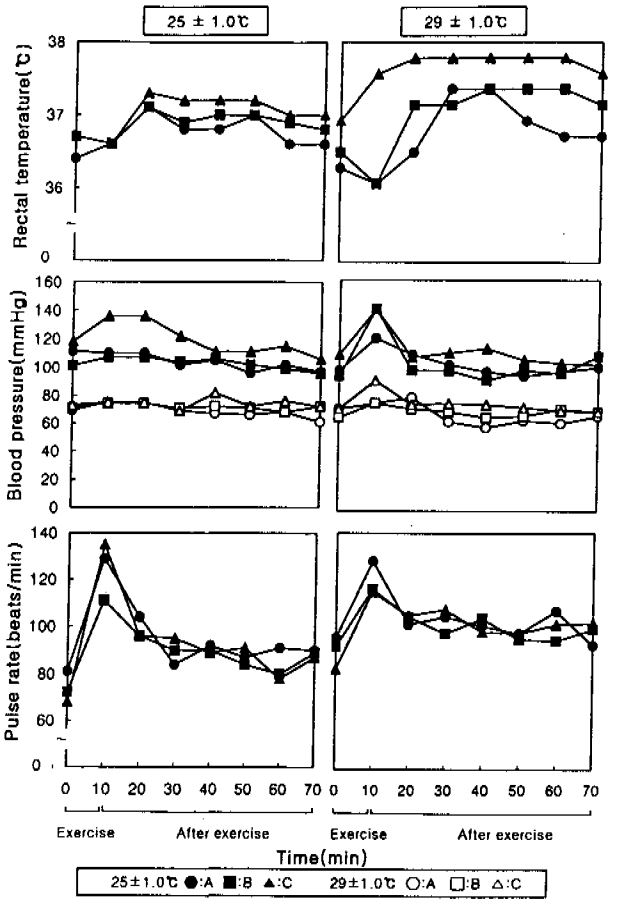


Fig. 9 Variation of physiological reaction with the lapse of time at each ambient temperature.

Table 8에 의하면 체온은 환경기온($P < 0.005$)과 체형($P < 0.0001$)에서 유의한 차이를 보였고, 혈압과 맥박은 체형($P < 0.0001$)에서만 유의한 차이를 나타내었다.

체온의 변화양상을 살펴보면(Fig. 9 참조) 안정시의 체온이 37±0.5℃의 분포를 보여 정상범위에 속하였으며, 환경기온 29±1℃에서의 체온이 25±1℃일 때 보다 높아 고온환경에서의 체온이 약간 높음을 알 수 있었다. 이는 환경기온의 상승과 더불어 운동으로 인해 산열량이 증가하였기 때문으로 생각된다. 즉, 운동을 하면 근육과 그 외의 열생산량은 안정시의 10~20배까지 달하므로, 온열자극과 더불어 체온을 상승시키는 주요인으로 작용했을 것으로 생각된다(김종훈 등, 1989). 그리고 대체적으로 운동직후에 체온이 저하하여 운동직후보다도 10분 후에 체온이 최고에 달하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 운동으로 인한 열발생이 주로 근육 내에서 일어나므로 이것을 전신으로 파급하는데 그 만큼의 시간을 요하기 때문이라 여겨진다. 또한 체형에 있어서는 두 환경조건 모두에서 비만체형의 체온이 다소 높게 나타났다. 이는 열의 불량도체인 피하지방이 단열재의 역할을 함으로서, 열이 체내에서 피부로 옮겨가 방산되는 것을 막으므로 체지방이 많은 비만체형의 체온이 높게 나타났다고 보아진다.

혈압의 변화 양상에 있어서는(Fig. 9 참조), 운동에 의해 일시적으로 상승을 나타내다가 시간이 경과함에 따라 안정된 경향을 보이고 있으며, 운동직후의 혈압의 상승은 근운동에 따른 심박출량의 증대 때문이라 생각된다. 환경기온 상승에 따른 변화는 보이지 않았으나, 체형별로 살펴보면 비만체형이 가장 높게 나타났는데, 이와 같은 결과는 선행 연구(심부자, 조승희, 1995)에서도 비만체형의 혈압이 전체적으로 가장 높은 분포를 보이고 있어, 본 연구와 일치됨을 알 수 있다. 이것은 체형의 영향으로서 비만체형이 혈관내 콜레스테롤 등의 축적도가 높아 혈관이 좁아져 있어 혈관벽에 미치는 압력이 타체형에 비해 더 크게 작용했기 때문이라 여겨진다.

맥박의 변화경향을 보면(Fig. 9 참조), 운동에 의해 일시적으로 급상승을 나타내지만 곧 안정되는 경향을 보였다. 맥박수에 영향을 미치는 인자로는 성, 연령, 음식물의 섭취, 운동, 정신적 흥분, 목욕, 주위환경 등이 있는데(최석철 등, 1991), 이

중에서 운동과 정신적 흥분이 크게 작용하여 이러한 결과를 나타냈다고 생각된다. 환경기온 변화에 따라서는 거의 차이를 보이지 않았으며, 체형별에 있어서는 환경기온 25±1℃에서는 비만체형의 맥박수가 대체적으로 많았고, 환경기온 29±1℃에서는 비만체형과 여윈체형의 맥박수가 많게 나타났다.

3.4 환경기온별 심리적 반응의 변화

환경기온, 체형에 따른 심리적 반응(온냉감, 습윤감, 자각적 발한감)의 분산분석 결과를 Table 8에, 각 환경기온하에서 심리적 반응의 변화경향을 Fig. 10에 나타내었다.

Table 8에 의하면 온냉감, 습윤감($P < 0.0001$) 그리고 자각적 발한감($P < 0.001$) 모두 환경기온에서만 유의한 차이를 보여, 환경기온이 심리적 반응에 영향력을 크게 미치는 인자임을 알 수 있었다.

Fig. 10에서 먼저 온냉감의 변화 양상을 살펴보면, 환경기온 25±1℃에서는 안정시에 '조금 서늘하다' '춥지도 덥지도 않다'는 반응을, 운동직후에 '덥다'에서 시간이 경과함에 따라 '춥지도 덥지도 않다'는 반응을 보였다. 환경기온 29±1℃에서는 안정시 '조금 따뜻하다'에서 운동에 의해 '덥다'는 반응을 보였고, 시간이 경과함에 따라 '따뜻하다'라고 응답하고 있어 높은 환경기온하에서의 온냉감은 '덥다'는 응답이 지배적이었다.

습윤감에 있어서는 환경기온 25±1℃에서 안정시에 '습하지도 건조하지도 않다'는 반응을 보였고, 운동직후에 '매우 습하다' '습하다'에 가깝게 응답하였으며 시간이 경과함에 따라 '습하지도 건조하지도 않다'는 반응을 나타내었다. 또한 환경기온 29±1℃에서는 안정시 '조금 습하다'에 근접하게 응답하였고, 운동에 의해 '매우 습하다'는 반응을 보였다가, 시간이 경과함에 따라 '조금 습하다'라고

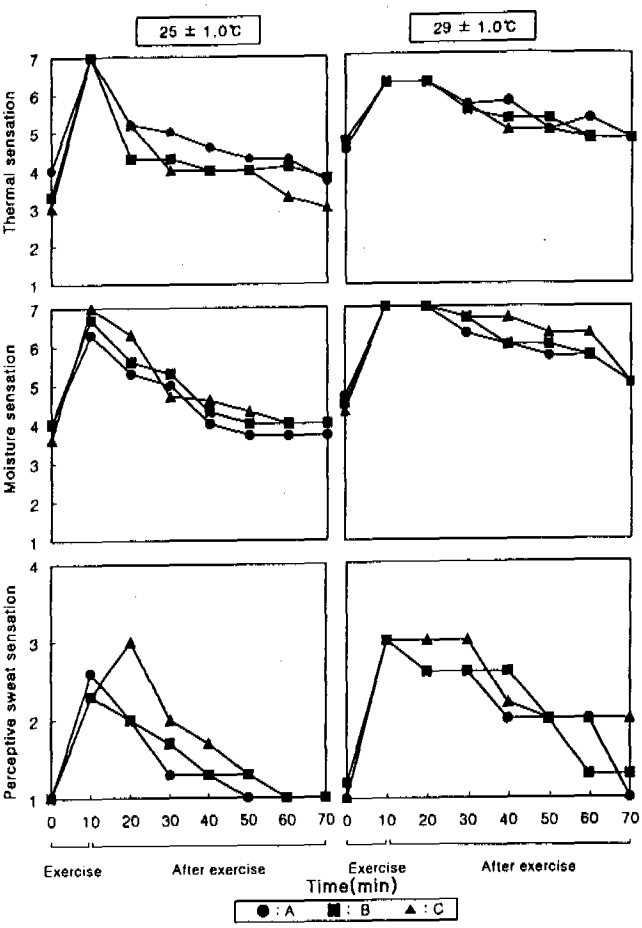


Fig. 10 Variation of psychological reaction with the lapse of time at each ambient temperature.

응답하고 있어 서열환경하에서의 습윤감은 대체적으로 '습하다'는 반응을 보였다. 환경기온 29±1℃에서 더 습하다고 느낀 것은 환경기온 상승과 운동에 의해 발한량이 많아졌기 때문이다. 체형에 있어서 비만체형이 타체형에 비해 습윤감을 많이 느끼고, 또 회복하는데 시간도 많이 걸림을 볼 수 있는데, 이는 비만체형의 발한량이 가장 많기 때문이라 생각된다.

또한, 자각적 발한감각에 있어서는, 환경기온 25

±1℃에서 안정시에 '끈적끈적하다'는 반응을, 운동직후에 '땀이 난다' '땀이 흘러내린다'에서 시간이 경과함에 따라 '끈적끈적하다'는 반응을 보였다. 환경기온 29±1℃에서는 안정시 '끈적끈적하다'에 가까운 반응을 보였고, 운동에 의해 '땀이 흘러내린다'고 응답하였다. 시간이 경과함에 따라 '땀이 난다' '끈적끈적하다'라고 반응하고 있어, 환경기온 25±1℃보다 '땀이 난다'는 응답이 많았다. 이는 발한량과 관계되는 것으로 환경기온 25±1℃에서보다 발한량이 많은 환경기온 29±1℃에서의 자각적 발한감이 더 강하게 느껴지며 그 지속 시간도 길게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 체형에 따른 발한 반응에 관한 연구로서, 의복의 온열생리적 기능의 연구상 중요한 지표가 되는 발한에 대한 체형별 기초 자료를 얻기 위해 두 환경기온(25±1℃, 29±1℃)하에서 각 체형별(여윈체형, 보통체형, 비만체형)로 3명씩 총 9명의 피험자를 대상으로 총발한량, 국소 발한량, 피부온, 생리적 반응(체온, 혈압, 맥박)과 심리적 반응(온냉감, 습윤감, 자각적 발한감)을 측정·비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 총발한량은 환경기온과 체형($P < 0.0001$)에서, 국소 발한량은 환경기온과 체형 그리고 측정부위($P < 0.0001$) 모두에서 유의한 차이를 나타내었다.

발한량에 있어서 체형별로는 두 환경기온 모두에서 비만체형의 발한량이 여윈체형과 보통체형보다 많았고, 환경기온별로는 세체형 모두 환경기온 25±1℃일 때보다 29±1℃에서 발한량이 많았다.

2. 국소 발한의 분포는 세체형 모두 견갑골 직하부>대흉근 중앙부>손등>상완>하퇴>대퇴의 순으로 발한량이 많았다.

3. 발한개시는 비만체형이 다른 체형에 비해 다소 빠르게 반응을 나타내었으며, 세체형 모두 환경기온 25±1℃보다 29±1℃에서 발한개시가 빨라졌다.

4. 피부온은 환경기온, 체형, 측정부위, 체형과 측정부위의 상호작용($P < 0.0001$) 그리고 환경기온과 측정부위의 상호작용($P < 0.001$)에서 유의한 차이를 보였다.

평균피부온은 두 환경기온 모두에서 여윈체형>보통체형>비만체형의 순으로 비만체형이 가장 낮게 나타났으며, 세체형 모두 환경기온 29±1℃에서의 평균피부온이 25±1℃보다 높게 나타났다.

5. 생리적 반응에 있어서는 체온은 환경기온($P < 0.005$)과 체형($P < 0.0001$)에서 유의한 차이를 보였고, 혈압과 맥박은 체형($P < 0.0001$)에서만 유의한 차이를 나타내었다.

체온은 두 환경기온하에서 세 체형이 모두 운동후 다소 상승하여 이후에도 안정적인 온도를 유지했으며 비만체형이 여윈·보통체형보다 약간 높은 값을 보였다.

혈압과 맥박은 운동에 의해 일시적인 상승을 보였으나, 운동종료후 시간이 경과함에 따라 안정된 경향을 보였고, 전반적으로 환경기온에 따른 변화가 거의 없었으며, 비만체형의 혈압과 맥박이 다소 높게 나타났다.

6. 심리적 반응에 있어서는 온냉감, 습윤감, 자각적 발한감 모두 환경기온($P < 0.0001$)에서만 유의한 차이를 나타내었다. 대체적으로 환경기온 25

±1℃에 비해 29±1℃에서의 온냉감은 '덥다', 습윤감은 '습하다', 자각적 발한감은 '땀이 난다'는 응답이 많았다.

이상의 연구 결과에서 볼 때, 두 환경조건 모두에서 비만체형의 발한량이 여윈·보통체형보다 많았고, 평균피부온에 있어서는 가장 낮았고, 생리적 반응에 있어서는 타체형에 비해 약간 높게 나타났다. 따라서 서열환경하에서 비만체형의 의복 설계시 소재적 측면에서는 피부로부터 방출되는 수분을 흡수하여 확산·발산시킬 수 있는 수분이동특성이 용이한 소재가 요구되며, 디자인적 측면에서는 인체와 의복 사이에 유동 공기층을 형성시켜 대류에 의해 체내열을 밖으로 방출시킬 수 있는 기술적 배려가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 공업진흥청, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사보고서, 서울, 231, 1992.

[2] 김미경, 최정화, 염희경, 여름철 냉방조건에서의 착의 훈련이 인체의 체온조절반응에 미치는 효과, 한국의류학회지, 19(3), 504~515, 1995.

[3] 김종훈, 박정래, 유종우, 운동생리학, 교학연구사, 서울, 74~75, 1989.

[4] 심부자, 조승희, 환경기온별 체형에 따른 피부온 변화, 한국인간온열환경학회지, 2(3), 179~187, 1995.

[5] 염희경, 의복형태에 따른 성인여성의 발한반응에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 1992.

[6] 염희경, 최정화, 의복형태에 따른 성인여성의 발한반응에 관한 연구, 한국의류학회지, 16(4), 405~416, 1992.

[7] 옥진희, 운동량 변화에 따른 인체반응에 관한 연구, 동아대학교 석사학위논문, 1989.

[8] 정덕조, 최대하 운동시 온습도 변화에 따른 피부온도와 발한량의 변화, 한국인간온열환경학회지, 1(1), 49~54, 1994.

[9] 정찬주, 이순원, 하퇴부의 의복착용이 상이한 두 집단간의 하절기 체온조절반응, 한국인간온열환경 학회지, 1(3), 181~190, 1994.

[10] 최석철, 조경래, 장정대, 피복위생학, 형설출판사, 서울, 96, 1991.

[11] 최정화, 荒木勉, 의복조건이 근육운동시의 발한성에 미치는 영향에 관한 기초적 연구, 서울대 농학연구, 7(1), 263~271, 1982.

[12] 久野寧, 汗の說, 光生館, 東京, 39-151, 1963.

[13] 黑島最汎, 環境生理學, 理工學社, 東京, 76, 1993.

[14] 小川德雄, 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.

[15] 田村照了, 基礎被服衛生學, 文化出版局, 東京, 61, 76, 124, 1985.

[16] 中野昭一, 圓設運動の仕組みと應用, 醫齒藥出版株式會社, 東京, 87-93, 1993.

[17] 日本家政學會, 環境としての被服, 朝創書店, 東京, 107, 1988.

[18] 松下健二, 荒木勉, 主として腕勞作による運動時發汗量に及ぼす着衣條件の影響に關する部位別檢討, 體育學研究集錄, 14, 61~68, 1985.

[19] 菅屋潤臺, 小川德雄, 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.

[20] Aoyagi Y., Mclellan T. M. and Shephard R. J., "Effects of training and heat acclimation on heat tolerance in exercising men wearing protective clothing", *Eur. J. Appl. Physiol.*, 68, 234~245, 1994.

[21] Buono M. J. and Sjoholm N. T., "Effect of physical training on peripheral sweat production", *J. Appl. Physiol.*, 65, 811~814, 1988.

[22] Fortney S. M., Suzanne M. and Senay L. C., "Effect of training and heat acclimation on exercise response of sedentary females", *J. Appl. Physiol.*, 47(5), 978~984., 1979.

[23] Johnson. J. M., O'Leary D. S., Taylor W. F. and Park. M. K., "Reflex regulation of sweat rate by skin temperature in exercis ing humans", J. Appl. Physiol., 56(5), 123 8~1288, 1984.

[24] Nadel E. R., Bullard R. W. and Stolwijk J. A. J., "Importance of skin temperature in the regulation of sweating", *J. Appl. Physiol.*, 31, 80~87, 1971.

[25] Nielsen B., Hales J. R. S., Strange S., Christensen N.J., Warberg J. and Saltin B., "Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment", *J. Physiol.*, 460, 467~485, 1993.

[26] Saltin B., Gagge A. P. and Stolwijk J. A. J., "Body temperature and sweating during thermal transients caused by exercise", *J. Appl. Physiol.*, 28, 318~323, 1970.

[27] Shvartz E., Shibolet S., Meroz A., Magazanik A. and Shapiro Y., "Prediction of heat tolerance from heart rate and rectal temperature in a temperature environment", *J. Appl Physiol.*, 43(4), pp. 684~688, 1977.

[28] Wyndham, C. H., "Effect of acclimatization on the sweat rate/rectal temperature relationship", *J. Appl. Physiol.*, 22(1), 2 7~30, 1967.