

## 추운 환경에서 노출된 부위에 따른 체온조절 반응에 대한 연구

성 유 진 · 이 순 원

서울대학교 생활과학대학 의류학과

### Effects of Exposed Parts of Body with Garments on Human Thermoregulatory Responses to Cold Environments

You Jin Sung · Soon Won Lee

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University

(1997. 4. 18 접수)

#### Abstract

The present study was designed to see what the local cooling of different body regions especially head and neck, hands and feet effect physiological responses in cold environment. Four male subjects wore garments covering whole body except face and rested for 20 min and then they rested for 40 min with uncovered head, neck, hands and feet, respectively in a cold environment( $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $50\pm 5\%\text{R.H.}$ ).

1. Rectal temperature increased when hands and feet were exposed to cold environment respectively, and when head and neck, hands and feet were exposed to cold environment together.

2. Exposed skin temperatures fell in cold environment. And hands temperature was lower than any other exposed skin temperatures.

The hands temperature was significantly lower when head was exposed than when head was covered. And the feet temperature were significantly lower when hands were exposed than when hands were covered.

3. Mean skin temperature was the lowest when head and neck, hands and feet were exposed simultaneously.

In conclusion, skin temperatures of extremities were decreased due to exposure to the cold environment. Especially upper extremities were lower than lower extremities by exposed parts of the body. It seemed that the extremities played the role of cold receptors but head and neck didn't. And there were large heat losses from the unprotected head and neck. In cold environment of  $10^{\circ}\text{C}$ , thus, it is suggested for the purpose of thermoregulatory responses that head and neck would be covered and extremities would be exposed, especially upper extremities.

\*본 논문은 1997학년도 서울대학교 생활과학대학부설 생활과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

## I. 서 론

인체는 항상 주위의 환경에 노출되어 있어 주어진 외부 환경에 영향을 받는다. 인체 각 부위에 따라 체온 조절 기능 및 감각 수용기능에 차이가 있어, 외부 환경에 따라 신체 부위별로 체온 조절반응이 다르게 나타난다. 또한 신체 부위별 온, 냉각각수용기의 분포 상태도 다르므로 각 부위별 가온, 냉각에 의한 직장은, 피부온, 대사량, 혈류량, 발한률, 맥박 등에서 다른 반응을 보인다.

특히 추운 환경 조건에서는 피부온을 최대한 낮추어 외부로 열이 빼앗기는 것을 최소화하여 심부온이 생리적 수준 이하로 떨어지지 않게 한다. 이와 같은 반응은 사지말단 부위를 통해 외기온이 감지되고 뇌신경으로 전달되어 뇌의 시상하부를 통해 조절된다. 이와 같은 위험한 상황을 막기 위해 추운 겨울날씨에 사람들은 체간뿐 아니라 사지 말단부와 목, 머리 등 노출된 면적을 최소화하기 위해 피복을 하게 된다. 그러므로 추운 환경에서 체온조절을 하는 데에 의복의 역할은 중요하다고 할 수 있다.

인체는 부위별로 추위에 대해 다른 반응을 나타내는데 머리부위에 있어서, Nadel등<sup>1)</sup>은 얼굴의 열 감각은 가슴, 배, 허벅지보다 3배의 감지력을 가지고 있다고 밝혔고, Froese등<sup>2)</sup>은 추운 환경에서 머리로부터의 열 손실은 전체 열 손실의 많은 부분을 차지하며 특히 보호되지 않은 머리로부터의 열손실은 과다할 것이라 하였다. Someren등<sup>3)</sup>은 추운 환경에서 머리는 내부적 절연이 낮은 영역이어서 큰 열 손실을 갖는 부분이므로 머리의 표피가 차가워지는 일은 거의 없는 일이라고 하였으며, Mortimer등<sup>4)</sup>은 얼굴을 따뜻하게 하는 것이 발과 손의 혈류를 증가시켜 피부온을 높였으므로 얼굴 마스크를 수단으로 얼굴의 피부온을 높게 유지하는 것은 추위에 의해 발생하는 혈관 수축에 의한 사지에서 국소 빈혈의 병적인 변화를 막는데 중요하다고 하였다. Taylor등<sup>5)</sup>은 신체의 부위별 냉각은 발한과 감각에 있어서 일반적으로 유사한 변화를 가져오지만 이마는 단위 면적당 다른 부위에서 보다 더 감각적이고 더 큰 온도의 감소를 가져온다고 하였다. Rash등<sup>6)</sup>은 운동하는 동안에 호흡기관으로부터의 열 손실보다 머리 표면으로부터의 열 손실이 항상 크다고 하였다.

Crawshaw등<sup>7)</sup>은 종아리가 더위에 대해서는 감각적이지 못하지만 추위에 대해서는 가슴, 넓적다리, 배와 같은 감각을 갖는다고 하였고, Nadel등<sup>1)</sup>은 종아리가 넓적다리의 열 감지력의 반에 해당하는 감각을 갖는다고 하였다. Someren등<sup>3)</sup>은 손과 발을 차갑게 유지하는 것이 체온을 안정화시키기 위해 적당한 열 조절반응을 이끌어 낸다고 하였고, 손과 발의 추위 수용체 밀도는 얼굴이나 몸통의 피부에서보다 낮게 나타났다고 하였다. 정<sup>8)</sup>은 사지말초부위의 노출이 직장온을 다소 높게 유지함을 밝혔고, 이<sup>9)</sup>는 상체를 노출한 경우가 하체를 노출한 경우보다 피부온의 변동이 큰 반면, 직장온의 변동은 작게 나타나서 하체에 비해 상체의 체온 조절력이 우수하다 하였다.

추운 겨울날씨에 우리는 체간뿐 아니라 사지 말단부와 목, 머리 등의 노출면적을 최소화하기 위해 피복을 하게 되는데 이상의 보고 내용과 같이 신체 부위별 열에 대한 감각과 체온 조절반응이 다르므로 각 부위의 노출과 피복이 인체의 체온 조절 반응에 어떤 영향을 주는지에 대한 종합적인 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 머리, 목, 손, 발 부위를 의복이라는 수단으로 피복시켰을 때와 노출시켰을 때 인체에서의 생리반응과 주관적 감각을 알아보고 노출되지 않은 다른 부위의 피부온과는 어떤 상관이 있는가를 밝혀서 추운 환경상태에서 체온 조절에 보다 효율적인 피복 상태를 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 피험자

피험자는 성인 남성 5명이며 머리카락의 영향을 최소화시키기 위해 스포츠 머리를 한 사람을 피험자로 선택하였다. 피험자의 신체적 특성은 Table 1과 같고 체표면적은 高比良式\*의 방법에 의해 산출하였다.

### 2. 실험복

피험자는 상의로 반소매 티셔츠와 긴소매 트레이닝 웨어 위에 스웨터를 착용하고 하의로는 팬티, 드로어즈, 긴 트레이닝 웨어를 동일하게 착용하였다. 이러한 의복을 통제복으로 하여 그 위에 아크릴 100% 편물을 두겹사용하고 그 사이에 면 35%, 폴리 프로필렌 65%의 슝을 끼워서 신체 안분비율<sup>10)</sup>에 따라 머리, 목, 손,

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subjects	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> )	Rohrer index
N	18	171.1	63.5	1.76	1.27
Y	18	168.2	65.4	1.76	1.37
K	18	171.5	65.5	1.79	1.30
L <sub>1</sub>	19	178.0	79.2	1.99	1.40
L <sub>2</sub>	18	165.5	58.3	1.66	1.29

\*BSA(Body Surface Area) =  
 $Weight^{0.425} \times Height^{0.725} \times 72.46$

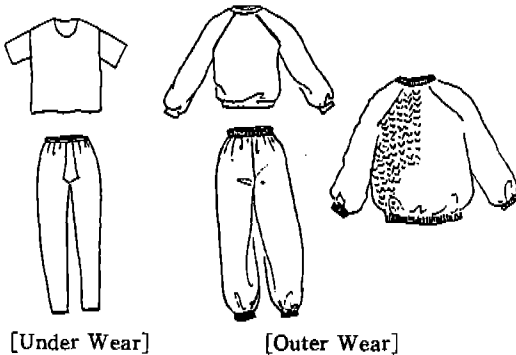


Fig. 1. Types of Experimental Garments

발을 피복시킬 수 있는 피복물을 제작하였다(Fig. 1). 이를 Table 2와 같이 6가지 유형으로 조합하여 Fig. 2에서처럼 착용시켜 신체 노출 부위를 달리하였다. 각 실험복 재질의 물성은 Table 3에 나타났다.

3. 실험 방법

실험은 1994년 10월에 예비 실험을 거쳐 11월에 행

하였다. 실험 순서는 다음과 같다.

피험자는 식사 후 2시간 경과한 다음 준비실에서 실험 의복으로 갈아입고 1시간 안정한 후 온도  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $50 \pm 5\% \text{R.H.}$ , 기류  $0.24 \text{ m/sec}$ 로 조절된 인공 기후실에 입실하여 직장온 및 피부온 센서, 의복내 온습도 센서를 삽입, 혹은 부착하고 휴식 상태로 총 60분 동안 앉아 있었다. 입실 후 처음 20분 동안은 Fu C (Full Cover) 상태로 앉아 있다가 20분이 경과한 후 각 형태의 의복으로 바꾼 후 40분 동안 실험을 진행했다. 직장온, 피부온, 의복내 온·습도, 맥박, 주관적 감각의 측정은 10분 간격으로 7회 측정하였고 혈압은 측정시 노출에 따른 피부온의 변화를 우려하여 실험실시 전 후에 총 2회 측정하였다. 실험은 5명의 피험자가 조절된 저온의 환경에서 Table 2에 제시한 6종류의 피복 상태로 각각 2회씩 반복하여 총 60회 실시하였다.

Table 2. Clothing Ensembles in Each Experiments

	Clothing Ensembles	Total Weight of Garments(g)
Fu C (Full Cover)	C C, Headwear, Neckwear, Handwear, Footwear	1,933
He O (Head Open)	C C, Neckwear, Handwear, Footwear	1,852
Ne O (Neck Open)	C C, Headwear, Handwear, Footwear	1,887
Ha O (Hand Open)	C C, Headwear, Neckwear, Footwear	1,831
Fo O (Foot Open)	C C, Headwear, Neckwear, Handwear	1,795
Fu O (Full Open)	C C	1,569

\*CC: Controlled Clothing

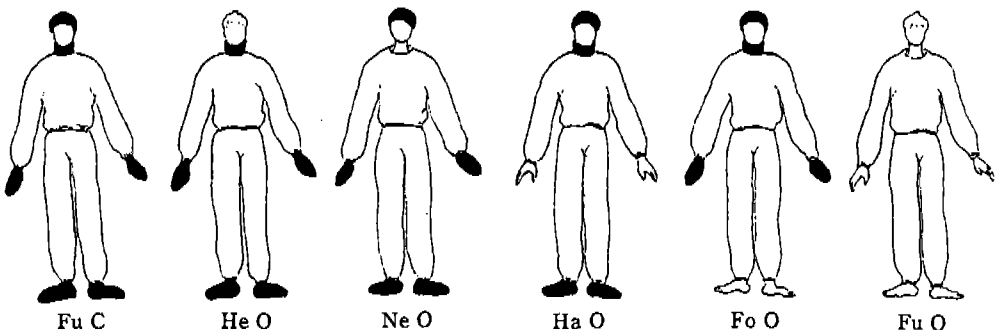


Fig. 2. Covered Part of the Body in Each Experiments

Table 3. Physical Properties of Clothing

physical prop. clothing	fiber content (%)	density (thread/5 <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> )		weight (g/m <sup>2</sup> )	thickness (mm)	air permeability (ml/cm <sup>2</sup> /sec)	moisture regain (%)	thermal resistance (%)
		wale	course					
T-shirt	C : 100	86.6	114.2	155.8	0.5	67.5	7.5	19
training wears	C : 100	59.1	82.7	274.2	1.0	72.4	6.6	35.4
sweater	P : 100	63.0	63.0	365.2	2.0	68.3	0.44	53.8
drawers	acryl : 52 C : 40 P : 8	86.6	74.8	242.6	1.0	133.4	2.3	27
fluff	C : 35 P.P : 65	—	—	178.7	1.3	150.0	0.53	65
knit(5×1 rib stitch)	acryl : 100	17.7	25.6	344.5	1.8	188.3	1.15	51.4
knit+fluff +knit	acryl : 66 C : 15.4 P.P : 28.6	—	—	523.3	4.7	64.5	—	76.4
test method	KSK 0210	KSK 0512		KSK 0514	KSK 0506	KSK 0570	KSK 0560	KSK 0220

#### 4. 측정 항목 및 도구

피부온은 digital thermistor( Takara Industry Co. 감도 : 0.1°C)로 인체의 7개부위(이마, 가슴, 아래팔, 손등, 넓적다리, 종아리, 발등)와 목부위(뒷목의 중간)를 측정하고 평균 피부온은 체표면적의 안분비율을 Hardy & DuBois의 7점법으로 계산하였다. 직장온은 직장용 thermistor(Takara Industry Co. 감도 : 0.1°C)로 측정했으며 혈압과 맥박은 혈압계(National EW261) 또는 Stop watch를 이용하였고 외부온·습도는 디지털 온습도계(Sato Keiryoki MFG. Co., LTD, SK-80 TRH)를 이용하여 등 부위에서 측정하였고 온·습도감각은 ASHRAE 정선 심리적 7등급을, 쾌적감은 5등급을 이용하여 측정하였다(Table 4).

평균 피부온(MST) = 0.07 T(head) + 0.35 T(trunk) + 0.14 T(arm) + 0.05 T(hand) + 0.19 T(thigh) + 0.13 T(leg) + 0.07 T(foot)

#### 5. 통계 분석

신체 노출 부위에 따른 인체반응은 One-Way ANOVA로 하고 유의한 차를 나타낸 측정 항목에 대해서는 Duncan의 Multiple Range Test로 후속검증을

하였다.

또한 신체 노출 부위와 인체 반응들 사이의 상관관계를 Pearson의 직률상관관계로 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

환경온도 10±1°C, 습도 50±5%R.H., 기후 0.24 m/sec인 인공기후실에서 5명의 피험자가 각각 안면만을 제외하고 전체를 피복한 뒤 머리, 목, 손, 발을 각각 노출하였을 때와, 전체를 노출하였을 때 인체의 체온 조절반응 및 주관적 감각에 미치는 영향은 다음과 같다.

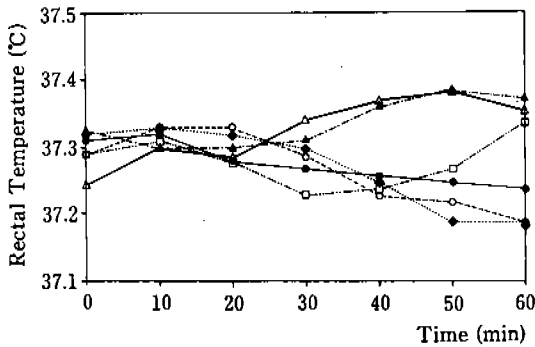
Table 4. Scales of Subjective Sensations

Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation
7 very hot	7 very wet	
6 hot	6 wet	
5 warm	5 slightly wet	5 very uncomfortable
4 not both	4 not both	4 uncomfortable
3 cool	3 slightly dry	3 slightly uncomfortable
2 cold	2 dry	2 neutral
1 very cold	1 very dry	1 comfortable

1. 직장온

각 실험복 형태에 따른 직장온도의 변화를 Fig. 3에 나타냈다.

피복의 형태를 바꾸어준 20분 후부터의 반응을 보면 머리, 목, 손, 발 모두를 피복 시킨 Fu C와 머리, 목 각각을 노출시킨 He O, Ne O는 직장온이 계속적으로 떨어지는 결과가 나타났는데 전체를 피복 시킨 Fu O에서 보다는 손, 발은 피복 되었지만 머리, 목이 각각 노출된 He O, Ne O에서의 직장온이 더 급격히 떨어졌다. 또한 손, 발 각각을 노출시킨 Ha O, Fo O과 머리, 목, 손, 발 모두를 노출시킨 Fu O의 직장온은 상승하는 결과를 나타냈다.



clothing ◐FuC ◑HeO ◒NeO ◓HaO ◔FoO ◕FuO  
 Fig. 3. Mean values of rectal temperature by clothing types in cold environment of 10°C.

특히 Fu O에서는 노출 시작 후 10분 동안은 직장온이 떨어지다가 그 이후로는 상승하여 실험종료 시에서도 지속적인 상승을 보이는 것으로 보아 실험이 끝난 후에도 직장온도의 어느 정도 상승을 예측하게 한다. Fu O에서 노출 시작 후 10분 동안 직장온의 하강은 사지 말초 부위의 혈관 수축보다도 머리와 목의 노출에 의한 방열이 더 크게 작용하였음을 짐작케 한다.

이는 정<sup>11)</sup>의 연구에서 인체 사지부의 노출 면적을 가장 크게 했을 때 직장온이 가장 높게 유지된 실험결과와 일치한다.

특히 머리만 노출한 He O의 경우 직장온이 계속 하강하고 하강폭도 가장 큰 것은 추위에 노출 시 머리부분은 충분한 추위 수용체가 없고<sup>2)</sup> 또한 내부절연이 작은 영역<sup>3)</sup>이어서 머리로부터의 열이 계속 손실되어 직장

온의 감소를 가져온 때문으로 해석된다. 목을 노출한 Ne O의 경우 직장온의 변화도 머리 노출시와 거의 유사한 결과를 나타내고 있으므로 목도 머리처럼 충분한 추위 수용체가 없고 내부절연이 작은 영역인 것으로 생각되어진다. 결과적으로 추운 환경에서 신체의 상부에 해당되는 머리와 목의 노출은 모세혈관의 수축이 없이 지속적인 방열로 인해서 직장온이 떨어지는 현상을 보였지만 사지 말단 부위의 노출은 말초 부위의 혈관수축으로 인해 직장온의 상승을 가져온 것으로 생각된다.

2. 인체 부위별 피부온

1) 신체 노출 부위에 따른 노출 부위와 피복된 부위의 피부온

본 연구에서는 실험이 시작된 후부터 20분이 경과했을 때 정해진 6종류의 의복 형태에 따라 각각 정해진 부위를 노출시켰다. 이 때에 추운 환경 속에서 어느 정도 따뜻한 수준으로 피복 되어져 있던 부위가 갑작스런 노출에 의해 피부온의 감소 반응을 즉각적으로 보이고 있음이 나타났다. 피부온 감소 반응의 정도는 인체 부위에 따라서 다르게 나타나고 있는데, 이는 인체 부위마다 혈관의 분포 및 역할의 차이로 인해 나타나는 결과라고 할 수 있다. 피부온이 급격히 떨어져서 절연 작용을 하는부위가 있는가 하면 피부온이 완만하게 떨어지면서 지속적으로 일정 범위 내에서 온도를 유지시키는 부위가 있다. 이런 부위에서는 추운 환경에서 체내로부터 방열이 되는 부위이기 때문에 효율적인 열조절을 위해서는 피복을 통해 체내 열이 방출되는 것을 막아주는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

Table 5는 노출이 시작되는 20분부터 실험종료까지의 각각의 생리적 반응이 노출형태에 따라 유의 차가 있는지를 알아보기 위해 통계처리한 자료이다.

이마, 목, 손등, 발등 부위 피부온은 각 부위를 노출시켰을 때와 피복 시켰을 때 유의한 차가 나서 직접 노출이 피부온에 영향을 미침을 보였다.

가슴 부위 피부온에서 전체를 피복한 Fu C는 발을 노출한 Fo O와는 유의 차가 없었고 다른 부위 노출과는 유의 차가 있었다. 가슴 부위 피부온은 Fu C에서 가장 낮게 나타났는데, 이는 사지 말단 부위의 혈관 수축이 없는 상태에서 사지 말단 부위로 많은 혈류량이 흐르고 있어서 가슴 부위 피부온의 감소를 보이는 것으로 생각된다. 또한 목 부위가 노출된 Ne O, Fu O는

Table 5. Duncan's multiple range test of measured results

	Fu C	He O	Ne O	Ha O	Fo O	Fu O
T <sub>forehead</sub>	34.3 <sup>c</sup>	32.1 <sup>b</sup>	34.6 <sup>c</sup>	34.3 <sup>c</sup>	34.5 <sup>c</sup>	31.6 <sup>a</sup>
T <sub>neck</sub>	34.8 <sup>b</sup>	34.9 <sup>b</sup>	31.7 <sup>a</sup>	34.7 <sup>b</sup>	34.9 <sup>b</sup>	31.3 <sup>a</sup>
T <sub>trunk</sub>	34.1 <sup>a</sup>	34.7 <sup>bc</sup>	34.9 <sup>c</sup>	34.5 <sup>bc</sup>	34.4 <sup>ab</sup>	34.8 <sup>c</sup>
T <sub>forearm</sub>	33.1 <sup>b</sup>	32.7 <sup>b</sup>	32.7 <sup>b</sup>	31.8 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>
T <sub>hand</sub>	32.6 <sup>c</sup>	31.1 <sup>b</sup>	32.2 <sup>bc</sup>	25.9 <sup>a</sup>	31.3 <sup>bc</sup>	26.8 <sup>a</sup>
T <sub>leg</sub>	28.6 <sup>bc</sup>	28.8 <sup>c</sup>	28.2 <sup>ab</sup>	28.0 <sup>a</sup>	28.4 <sup>abc</sup>	28.0 <sup>a</sup>
T <sub>foot</sub>	31.0 <sup>c</sup>	30.2 <sup>c</sup>	30.1 <sup>bc</sup>	29.0 <sup>b</sup>	26.4 <sup>a</sup>	26.3 <sup>a</sup>
T <sub>s</sub>	32.3 <sup>c</sup>	32.0 <sup>c</sup>	32.3 <sup>c</sup>	31.6 <sup>a</sup>	31.8 <sup>b</sup>	31.4 <sup>a</sup>
T <sub>rectal</sub>	37.26 <sup>a</sup>	37.25 <sup>a</sup>	37.25 <sup>a</sup>	37.35 <sup>b</sup>	37.35 <sup>b</sup>	37.27 <sup>ab</sup>
R <sub>heart</sub>	69.2 <sup>bc</sup>	67.1 <sup>a</sup>	68.6 <sup>bc</sup>	70.2 <sup>bc</sup>	72.4 <sup>b</sup>	67.6 <sup>a</sup>
T <sub>clothing</sub>	29.1 <sup>a</sup>	29.1 <sup>a</sup>	29.3 <sup>a</sup>	29.4 <sup>ab</sup>	29.2 <sup>a</sup>	29.8 <sup>b</sup>
H <sub>clothing</sub>	18.5 <sup>b</sup>	17.7 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	16.3 <sup>b</sup>	16.7 <sup>b</sup>	18.3 <sup>b</sup>
S <sub>thermal</sub>	3.7 <sup>c</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	3.4 <sup>abc</sup>	3.2 <sup>a</sup>

Multiple Range Tests: Duncan test at significance level of 0.05

a, b, c: Difference letter indicates significant differences.

Fu C (Full Cover), He O (Head Open), Ne O (Neck Open), Ha O (Hand Open), Fo O (Foot Open), Fu O (Full Open)

T<sub>s</sub>: Mean skin temperature, T: Temperature, R: Rate, H: Humidity, S: Sensation

전체가 피복된 Fu C와는 큰 유의 차를 가습 부위의 피부온이 높게 나타났는데 목 부위의 노출이 어느 정도 가습 부위 피부온을 높게 유지시키는 역할을 한 것으로 생각되어진다.

아래팔은 손과 발을 노출시켰을 때인 Ha O, Fo O, Fu O과 피복시켰을 때인 Fu C, He O, Ne O에서 유의한 차가 나타났는데 이는 사지 부의 노출에 의한 혈관 수축 현상에 의해 아래팔 부위의 피부온도 낮아졌음을 알 수 있다.

종아리 피부온은 머리가 노출된 He O과 손이 노출된 Ha O, Fu O에서 유의한 차를 나타냈다. 이는 머리 부위가 사지 부위와는 달리 추위 수용체로서의 역할을 하지 못하고 있어서 사지에 해당되는 종아리의 피부온을 크게 낮추지 못한 것이라고 생각되어진다. 특히 손 부위 노출시에 종아리의 피부온이 크게 낮게 나타난 것으로부터 다른 부위보다 손이 추위에 대해 혈관 수축이 크게 되어 추위 수용체로서의 역할을 확실하게 보여주고 있음을 알 수 있다.

직장온에서는 손과 발이 모두 피복된 Fu C, He O, Ne O과 손과 발이 각각 노출된 Ha O, Fo O에서 유의한 차가 나타났는데 이는 사지 부를 노출시켰을 때 사

지 부에서의 추위에 대한 혈관 수축반응에 의한 결과로 직장온이 상승되고, 사지 부를 피복 시키고 머리와 목 부위를 노출시켰을 경우는 추운 환경으로 방열이 지속 되어 직장온이 하강되고 있기 때문이라고 생각되어진다.

평균 피부온에서는 사지부를 피복한 Fu C, He O, Ne O과 손을 노출시킨 Ha O, Fu O과 발만을 노출시킨 Fo O이 유의한 차를 보이고 있어서 사지부의 노출이 평균 피부온을 낮춤을 알 수 있고 특히 추운 환경에 노출 시 손등의 피부온은 발등의 피부온보다 감소가 커서 평균 피부온을 크게 감소 시킴을 알 수 있다.

맥박에서는 머리가 노출된 He O과 발만 노출된 Fo O에서 유의한 차가 나타났는데 머리에서는 추위 수용체가 없이 방열만 계속되는 반면 사지 부위의 노출은 혈관을 수축시키고 그 결과 맥박수도 빨라지게 되는데 특히 발 부위 노출이 유의한 차로 맥박수를 상승시킨 것은 일상 생활에서 거의 피복되어 있던 발의 노출이 맥박수를 증가시킨 것으로 사료된다.

의복내 온도는 부분 노출과 전체 노출에서 유의한 차를 나타내고 있는데 피복 면적이 가장 적은 Fu O에서 의복내 온도가 가장 높게 나타난 것은 사지 부의 노출에 따라 체간 부위 피부온의 상승되었고 이에 따라서 등 부위에서 측정된 의복내 온도도 상승된 것이라고 생각되어진다.

의복내 습도는 목 부위가 노출된 Ne O과 다른 모든 의복 형태가 유의한 차이를 나타냈다. 목 부위가 피복되었을 때는 의복내의 습기가 증발이 잘 되지 않지만 목 부위가 노출되었을 때는 의복내 공기의 교환이 잘되어서 등 부위에서 측정된 의복내 습도가 하강한 것이라고 생각되어진다.

온열감에서는 전체를 피복한 Fu C와 전체를 노출한 Fu O에서 유의한 차이를 나타내고 있는데, 본 실험에서 설정한 온도와 시간에서는 부분 노출에서는 온열감에 있어서 유의차를 나타내지 않아 온열감이 크게 떨어지지 않았고 노출 면적을 크게한 Fu O에서만 온열감이 크게 떨어졌음을 알 수 있다.

(1) 노출 부위에 따른 피복된 부위의 피부온의 변화에 대한 비교

Fig. 4는 실험 시간 20~60분 사이에서 노출 형태에 따라 피복된 부위의 피부온이 변화된 차이를 나타낸 것으로 노출이 시작된 20분에서 실험이 종료된 60분까지

의 온도 변화는 피복된 종아리가 다른 부위의 노출에 큰 영향을 받아 온도 변화값이 가장 컸고 다음으로 아래팔, 넓적다리, 가슴의 순서로 변화의 값이 작아졌다. 그러나 변화폭의 편차는 아래팔, 가슴, 종아리 넓적다리의 순으로 작아짐을 보이고 있어 넓적다리의 온도 변화가 가장 작아 피부온이 상대적으로 안정되어 있음을 알 수 있다. 특히 가슴에서 변화 폭의 분산 정도가 크게 나타난 것은 전체를 노출한 Fu O를 제외한 나머지 의

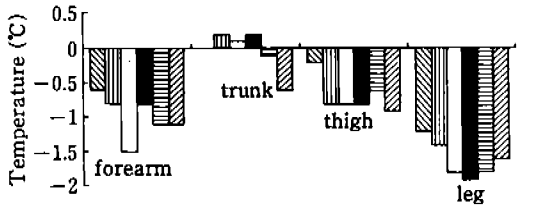


Fig. 4. Differences between 20 and 60min in skin temperatures by clothing types

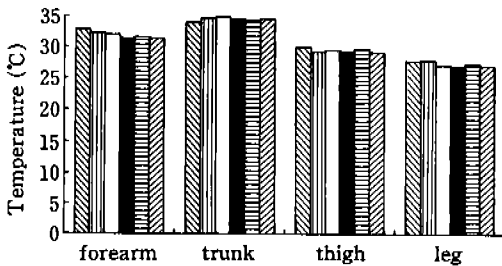


Fig. 5. Final skin temperatures by clothing types in cold environment of 10°C.

복 형태에서는 피부온이 오히려 상승하였으나 Fu O에서는 감소를 보여 노출 형태에 따라 가슴 부위 피부온 변화폭의 편차가 크게 나타난 것이다. 이것으로부터 체간 부위의 피부온은 노출 면적에 큰 영향을 받음을 알 수 있다.

Fig. 5는 실험 시간 20~60분 사이에서 노출 형태에 따라 피복된 부위의 최종 피부온을 나타낸 것으로 종아리의 최종 피부온이 가장 낮았고 그 다음으로 넓적다리, 아래팔, 가슴의 순서를 보이고 있어 상체가 하체 부보다 높은 피부온을 유지하고 있음을 알 수 있다. 또한 아래팔 부위에서 노출 형태에 따른 최종 피부온의

편차가 가장 컸고 그 다음으로 종아리, 넓적다리, 가슴의 순서를 나타내어 사지 말단부위가 노출 부위에 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.

결과적으로 가슴 부위 온도는 모든 의복형에서 감소가 일어나지 않고 오히려 약간의 상승 결과를 나타냈으며 종아리 부위는 아래팔 부위보다 피부온의 감소가 크게 나타났는데 이는 Maddock 등<sup>12)</sup>과 일치하는 결과이다.

(2) 노출에 따른 이마, 목, 손, 발등의 피부온의 변화에 대한 비교

Fig. 6은 실험이 종료되었을 때 노출 부위 피부온도와 노출 직전의 피부온도의 차를 나타낸 그림으로, 10°C의 추운 환경에서 손이 노출되었을 때 가장 큰 피부온의 감소를 보였고 발, 목, 이마의 순서로 감소의 크기가 작아짐을 보이고 있다. 이 결과로서 알 수 있는 것은 사지 말초 부위는 외기온이 차가워질 때 혈관 수축에 의해 말초 부위 피부온이 급격히 떨어진다는 것이다.

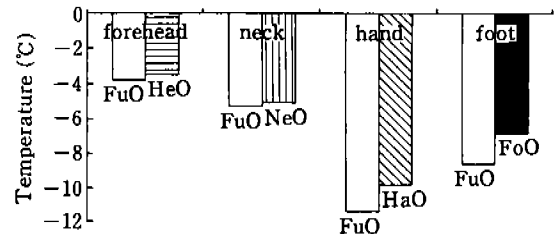


Fig. 6. Differences between before and after exposure in skin temperature

Van someren<sup>9)</sup>은 발을 차갑게 하는 것은 체온을 안정화시키기 위해 적당한 열 조절반응을 이끌어 낸다고 하였으며, 손등과 발등의 피부온의 변동 폭이 큰 이유는 손과 발이 체적에 비해 큰 표면적을 갖고 있으며 대기에 항상 노출되기 때문이라고 하였다.

본 연구에서는 특히 발보다는 손의 피부온도 저하의 폭이 크게 나타났는데 이는 Maddock & Collier<sup>12)</sup>의 연구에서 상지부보다 하지부에서 변화의 폭이 크게 나타났다는 결과와는 일치하지 않으며 정<sup>11)</sup>의 연구에서 손보다 발이 주어진 온열 자극을 보다 정확하게 판정할 수 있다고 했는데 정<sup>11)</sup>의 연구에서는 찬물의 온도 17~18°C에서 손과 발을 10분간 담근 후 손과 발의 피부온의 회복 속도를 측정된 것에 반해 본 연구에서는 더

낮은 온도인 10°C에서 40분 동안 노출된 손과 발의 피부온 변화를 측정할 것으로 본 연구에서는 손이 발보다 추위에 민감하게 작용하여 혈관 수축이 강하게 되어 주어진 온열 자극에 강한 반응을 보였다고 할 수 있다. 그러므로 손이 발보다는 외부로의 절연이 우수하다는 것을 알 수 있다. 이마 부위 피부온의 변화량이 다른 부위에 비해 작게 나타난 것은 선행연구<sup>13)</sup>와 일치한다. 이마 부위 피부온의 변동 폭이 적은 이유는 추울 때 머리는 머리의 절연을 증가시킬 필요를 감지할 수 있을 만큼의 충분한 수용체가 없고 그로 인해 머리 피부의 온도가 감소되는 폭은 다른 부위에 비해 상대적으로 작기 때문이다<sup>2)</sup>. 이마와 목 부분은 사지부보다는 체간부에 가깝게 위치하고, 특히 이마는 인체에서 중요한 기관인 뇌를 둘러싼 외곽부에 해당되는 곳으로서 외기온이 떨어졌을 때에도 사지부보다는 적은 폭의 온도 감소를 보이고 있다. 그러므로 추운 환경에서 외부로 열이 많이 손실되는 이마와 목 부분은 피부를 통한 적절한 보호가 필요하다고 할 수 있다.

3. 평균 피부온

Fig. 7에 의하면 노출을 시작한 20분에서 실험이 종료된 60분 사이에서 보여지는 것처럼 10°C의 추운 환경에 인체가 노출되었을 때 노출 부위에 따른 평균 피부온은 노출 부분이 많은 Fu O가 2.2°C로 가장 크게 감소되었고, 손과 발이 각각 노출된 Ha O, Fo O은 1.1°C, 머리와 목이 각각 노출된 He O, Ne O은 0.8°C, 전부 피복된 Fu C는 0.5°C로 감소되었다. 이에 의해 추운 환경에서는 피복 면적이 클수록 피부온이 높게 유지됨을 확인하였으며 사지부에 해당되는 손과 발의 노출이 방열이 많이 되는 머리와 목의 노출보다 평균 피부온을 더 크게 감소시킨 이유는 손과 발 부위의 절대 피부온이 다른 부위보다 낮기 때문이라고 생각되어진다. 노출이 시작된 20분부터 실험이 종료된 60분까지 의복형태에 따른 평균 피부온의 온도 변화폭은 -2.2~-0.5°C로 나타나 추운 환경에서 평균 피부온은 하강하고 있음을 알 수 있고 실험 종료시 모든 의복 형태에서 평균 피부온의 범위는 30.5~32°C이었다.

4. 맥박수 및 혈압

1) 맥박수

Fig. 8에 의하면 본 연구에서는 시간이 경과함에 따

라 맥박수가 감소했고 특히 머리 부위와 목 부위 노출시에 크게 감소하였다. 이것은 최의 연구<sup>13)</sup>에서 의복착용 훈련 후 환경온도 25°C에서의 맥박수보다 환경온도 15°C일 때가 작게 나타난 것과 일치하는데 이것은 한랭에 노출되면 방열을 막기 위해 피부혈관이 수축하는 혈류 조절이 맥박수의 감소를 일으킨 것으로 생각되어진다.

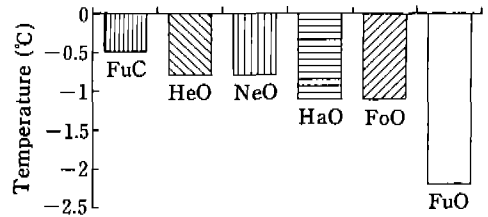


Fig. 7. Differences between 20 and 60 min. in mean skin temperatures by clothing types.

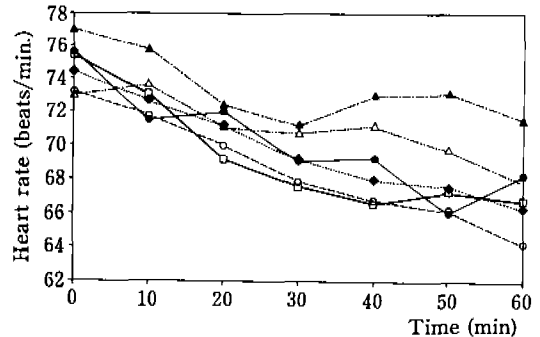


Fig. 8. Mean values of heart rate by clothing types in cold environment of 10°C

2) 혈 압

Table 6에 의하면 10°C의 환경 하에서 이완기의 혈압은 머리, 목, 손, 발 모두 노출시킨 Fu O에서만 감소하였고 손등부위를 노출시킨 Ha O에서는 별 차이로 나타내지 않고 나머지 의복 형태에서는 모두 증가했다. 수축기의 혈압은 이완기의 혈압과는 반대로 Fu O에서는 큰 증가를 보였고 목 부위를 노출시킨 Ne O에서는 별 차이를 나타내지 않았으며 나머지 의복 형태에서는 모두 크게 감소하는 경향을 보였다. 이는 수축기 혈압은 환경온도에 관계없이 비교적 일정하고, 이완기 혈압은 환경온이 높아짐에 따라 감소하는 경향<sup>14,15)</sup>과는 불



일치하며 최<sup>13)</sup>의 실험결과에서 이완기 혈압이 비교적 낮은 온도인 15°C에서 25°C보다 더 높게 나타난 결과와는 어느 정도 일치한다.

인간의 말초 혈관계는 세동맥→모세혈관→세정맥의 연결고리를 가지게 된다. 그러나 사지에는 세동맥→세정맥의 연결고리를 가지는 '동정맥문합'이라는 것이 발달되어 있어 인체의 온도 조절에 중요한 역할을 한다. 그래서 사지에서는 모세혈관의 단계를 거치지 않으므로 많은 혈류가 빠르게 흐른다<sup>14)</sup>. 즉 많은 양의 열을 방출할 수 있는 능력을 지닌 셈이다. 만일 외부온도가 떨어지면 열 손실을 막기 위해 혈관들이 수축해 혈류의 양을 감소시킨다. 이와 같은 이유 때문에 '동정맥문합'이 많이 분포하고 있는 사지 등에 온도 변화가 일어난다면 많은 혈류량의 변화 때문에 혈압에도 많은 영향을 끼치게 된다. 본 연구에서도 수축기 혈압에서 사지부의 노출이 큰 Fu O에서 큰 상승을 나타냈다. 결과적으로 혈압은 추위에 노출된 부위에 따라서 다르게 나타남을 알 수 있다.

7. 노출 부위와 생리 반응과의 상관관계

노출이 시작되는 20분부터 실험이 종료되는 60분 사이에서 노출을 달리함에 따른 생리적 반응들 간의 상관관계를 피어슨의 적률 상관으로 분석한 결과, 직장은온

이마, 목, 넓적다리, 가슴, 맥박수와는  $p < 0.01$  수준에서 양의 상관을 보이고 손등, 종아리, 발등, 의복내 습도와는  $P < 0.01$ 의 수준에서 음의 상관을 보인다 (Table 7). 특히 맥박수와는 가장 큰 양의 상관을 보이고 있는데 이는 운동 시에 체온의 상승과 맥박수의 증가 현상과 일치한다. 위의 결과로 이마와 목 부위, 가슴 부위는 인체의 중요 기관으로서 사지 부에 비해 작은 범위 내에서 온도 변화를 하며 추운 환경에서도 일정한 한계의 온도를 유지하고 있기 때문에 이 부위로부터 열의 손실이 높아지며 심부온과 같은 성향을 보이는 곳이라고 할 수 있다.

Table 6. Values of blood pressure measured before and after experiment

	diastolic blood pressure (mmHg)		systolic blood pressure (mmHg)	
	before test	after test	before test	after test
Fu C	86.8	95.2	126.7	119.2
He O	91.2	97.0	125.4	123.4
Ne O	88.0	97.8	120.3	121.0
Ha O	86.6	86.0	120.1	116.8
Fo O	86.0	92.8	121.3	120.4
Fu O	91.8	87.8	121.7	125.0

Table 7. Correlation coefficients among physiological responses by exposure (from 20 to 60 min.)

	이마	목	아래팔	손등	넓적다리	종아리	발등	가슴	Ts	직장온	의복내 온도	의복내 습도	맥박수	온열감	습윤감
이마	—														
목	.30**	—													
아래팔	.17**	.23**	—												
손등	.33**	.19**	.54**	—											
넓적다리	.18**	.21**	.12*	-.14*	—										
종아리	.13*	.11	.37**	.35**	.32**	—									
발등	.20**	.12	.20	.56**	.04	.42**	—								
가슴	.04	.09	.19**	-.15*	.30**	-.06	-.30**	—							
Ts	.45**	.31**	.65**	.59**	.54**	.62**	.51**	.40**	—						
직장온	.22**	.23**	.14	-.21**	.21**	-.22**	-.34**	.31**	.04	—					
의복내 온도	-.01	-.04	-.02	-.01	-.08	-.08	-.14*	.11	-.05	-.05	—				
의복내 습도	-.14*	-.07	-.07	.16**	-.16**	.28**	.32**	-.49**	-.08	-.34**	.23**	—			
맥박수	.35**	.15*	.31**	.23**	-.03	.15*	-.11	.04	.19**	.38**	.20**	-.07	—		
온열감	.40**	.34**	.39**	.35**	.15*	.29**	.23**	.18*	.50**	.07	.31**	.03	.29**	—	
습윤감	-.03	-.07	.10	.27**	-.16**	-.26**	.18**	.02	-.02	-.06	-.10	-.10	-.07	.22**	—

\*p<0.05 \*\*p<0.01

평균 피부온은 모든 부위의 피부온과  $P < 0.01$  수준에서 높은 양의 상관관계를 보이고 있으며 상관의 정도는 아래팔-종아리-손등-넓적다리-발등-이마-가슴-목의 순서를 나타내고 있다. 이것으로부터 체간 부위보다 사지 부위가 평균 피부온에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

주관적 감각에 있어서 온열감은 넓적다리를 제외한 평균 피부온 및 모든 피부온에서  $P < 0.01$  수준에서 높은 양의 상관관계를 보이고 넓적다리 피부온에서는  $p < 0.05$  수준에서 양의 상관관계를 보이고 있다.

### III. 결 론

머리와 목 부위의 노출과 더불어 손과 발의 노출이 추운 환경 하에서 인체의 체온조절과 주관적 감각에 어떤 영향을 주고 각 부위의 피부온과는 어떤 상관관계가 있는지를 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

노출 부위에 따른 인체 생리반응은 다음과 같다.

1. 직장온의 경우 손과 발을 각각 노출시켰을 때와 머리, 목, 손, 발 모두를 노출시켰을 때 직장온이 상승했고, 머리, 목 각각을 노출시켰을 때는 직장온이 계속적으로 하강했다.

2. 추운 환경에서 이마, 목, 손, 발 부위를 각각 노출시켰을 때 노출된 부위의 피부온은 모두 유의하게 하강하였는데 그중 손의 피부온이 가장 크게 감소하였고, 다음으로 발, 목, 이마의 순서로 나타났다.

3. 평균 피부온은 머리, 목, 손, 발 모두를 노출시켰을 때 가장 크게 감소하였고, 그 다음으로 손, 발이 각각 노출되었을 때, 이마, 목이 노출되었을 때의 순서로 나타났다.

4. 피복 되어진 부위에 있어서 가슴 부위는 전체 피복한 상태에서 가장 낮게 나타났으며, 전체를 피복한 상태에서 가슴의 피부온은 발 부위 노출에서만 유의차가 없었고, 다른 부위 노출에서는 유의차를 나타냈다. 아래팔은 손과 발의 노출에 영향을 받아 피부온이 감소되었고, 종아리 피부온은 손의 노출 시에 피부온이 가장 낮게 나타나서 머리 노출 시와 손의 노출 시에서 유의한 차이를 나타내었다.

노출 부위에 따른 나머지 피복된 부위의 피부온 변화의 크기는 종아리, 아래팔, 넓적다리, 가슴의 순서를 나타내어 종아리가 다른 부위의 노출에 영향을 받아 피

부온이 가장 크게 떨어졌다. 그러나 노출 부위에 따른 변화폭의 차이는 아래팔, 가슴, 종아리, 넓적다리 순으로 작아짐을 보여 아래팔이 노출 부위에 영향을 가장 많이 받고 있음을 알 수 있다. 실험 종료시 피복된 부위의 피부온은 종아리 피부온이 가장 낮았고 그 다음으로 넓적다리, 아래팔, 가슴의 순서를 나타냈고, 노출 부위에 따른 피복 부위 최종 피부온의 차이는 아래팔 피부온이 가장 컸고 종아리, 넓적다리, 가슴의 순서를 나타냈다.

5. 의복내 온도는 머리, 목, 손, 발을 모두 노출시켰을 때와 목을 노출시켰을 때 가장 크게 감소하였고, 의복내 습도는 목 부위를 노출시켰을 때 가장 크게 감소하였다.

6. 맥박수는 대체로 감소하였고 특히 머리와 목 노출 시에 크게 감소했다.

이완기 혈압은 머리, 목, 손, 발 모두를 노출시켰을 때 크게 감소하였고 손 노출 시에는 큰 변화를 나타내지 않은 반면 다른 부위 노출 시에는 증가하였다.

반대로 수축기의 혈압은 머리, 목, 손, 발 모두를 노출시켰을 때 증가했고, 목 노출 시에만 큰 변화를 나타내지 않은 반면 다른 부위 노출 시에는 감소하였다.

7. 주관적인 온열감은 머리, 목, 손, 발 모두를 노출했을 때가 가장 급격히 떨어졌으며 그 다음으로는 머리, 목, 발의 순서로 온열감이 떨어졌다.

습윤감은 대체적으로 노출 부위가 많을수록 건조하다고 나타났다.

이상의 사실을 종합해 보면 추운 환경에서 부분 노출 시에 머리와 목 부위의 피부온은 사지부의 피부온에 비해 감소의 폭이 작고 피복된 다른 부위의 피부온에도 큰 영향을 미치지 않는다. 그래서 머리와 목 부위가 노출되었을 경우 인체로부터 열이 지속적으로 방출되어 직장온의 감소를 일으킨다. 반면 사지부의 노출은 다른 피복된 부위의 피부온에도 영향을 미쳐서 인체로부터의 열 손실을 줄이고 직장온의 하강을 줄인다. 따라서 머리와 목 부위의 노출은 직장온에 영향을 미친 반면 사지부의 노출은 직장온에 크게 영향을 미치지 않아 추운 환경 속에서 머리와 목 부위의 피복이 필요함을 시사한다. 피복된 부위 중에서 노출 부위에 따라 변화된 피부온들의 차이는 아래팔에서 가장 컸고, 최종 피부온의 차이도 아래팔에서 가장 컸으므로 사지 중에서도 상체의 피부온이 노출 부위에 따라 변동이 쉽게 되고 변동

의 폭도 크다는 것을 알 수있다. 그러므로 추운 환경 속에서는 머리와 목 부위를 피복 시키고 팔 부위의 피복과 노출을 통하여 체온 조절을 하는 것이 바람직하다고 생각되어진다.

본 연구에서는 추운 환경에서의 인체 부위별 체온 조절 반응을 살펴보았으나 더운 환경 속에서도 체온 조절에 대한 신체 구간별 역할에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

### 참 고 문 헌

- 1) E.R. Nadel, J.W. Mitchell, and J.A.J. Stolwijk. Differential thermal sensitivity in the human skin. *Pflügers Arch.*, **340**, 71-76 (1973)
- 2) Froese, G. and A.C. Burton. Heat losses from the human head. *J. Appl. Physiol.*, **10**(2), 235-241 (1957)
- 3) Van Someren, R.N.M., S.R.K. Coleshaw, P.J. Mincer, and W.R. Keatinge. Restoration of thermoregulatory response body cooling by cooling hands and feet. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **53**(5), 1228-1233 (1982)
- 4) Mortimer E. Bader and Martin B. Macht. Indirect peripheral vasodilation produced by the warming of various body areas. *J. Appl. Physiol.*, **1**, 215-226 (1948)
- 5) Taylor, W. Fred, J.M. Johnson, D.O'Leary, and M. K. Park. Effect of high local temperature on reflex cutaneous vasodilation. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **57**(1), 191-196 (1984)
- 6) Rash, W., P. Samson, J. Cote., and M. Cabanac. Heat loss from the human head during exercise. *J. Appl. Physiol.*, **71**(2), 590-595 (1991)
- 7) L.I. Crawshaw, E.R. Nadel, J.A.J. Stolwijk, and B. A. Stamford. Effect of local cooling on sweating rate and cold sensation. *Pflügers Arch.*, **354**, 19-27 (1975)
- 8) 정운선, 登倉壽實. 사지말초부의 노출과 보온이 인체의 체온조절에 미치는 영향, *한국의류학회지*, **15**(4), 447-415 (1991).
- 9) 이종민, 이순원. 신체의 부위별 피복이 체온조절 및 주관적인 감각에 미치는 영향(1), *한국의류학회지*, **18**(2), 273-282 (1994).
- 10) 이순원, 조성교, 최정화. 피복환경학, *한국방송통신대학출판부* 59-88 (1991).
- 11) 정운선. 사지말초부의 피복면적이 쾌적성과 체온조절 반응에 미치는 영향, *한국의류학회지*, **18**(2), 163-169 (1994).
- 12) Maddock W.G. and Coller F.A. The role of the extremities in the dissipation of heat. *Am. J. Physiol.*, **106**, 589-596 (1933).
- 13) 최영희. 스커트와 슬랙스의 의복 착용 습관이 인체의 체온조절에 미치는 영향, *서울대학교 박사학위논문* (1994).
- 14) 심현섭, 최정화. 인체의 자세가 체온조절에 미치는 영향. *한국의류학회지*, **17**(3), 415-427 (1993).
- 15) 성수광. 인체 체온조절계의 특성과 계측, *한국의류학회지*, **10**(1), 113-119 (1986).
- 16) A.C. Guyton. *Textbook of Medical Physiology*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 798-799 (1991).