15℃ 환경에서 의복기후와 인체생리반응과의 관련성*

The Relationship between Clothing Microclimate and Physiological Responses at 15℃ Environment*

서울대학교 의류학과
박사과정 박 준 희
교수 · 생활과학연구소 연구원 최 정 화

Department of Clothing & Textiles, Seoul National University
Doctoral Candidate : Joon Hee Park
Professor & Researcher of Research Institute of Human Ecology. : Jeong Wha Choi

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 연구방법
Ⅲ. 결과 및 논의
Ⅳ. 결론 및 제언
참고문헌

<Abstract>

The objective of this study is to investigate the relationship between clothing microclimate and physiological responses, including subjective sensations, when, in a 15℃ environment, a range of temperatures inside clothing is broadly produced from using various combinations of upper and lower garments. Six male subjects participated in the investigation and the results were as follows. For all types of inside garments, the temperature of the clothing was lower than the skin temperature for the whole body in each case. The mean temperature for inside clothing ($\bar{T}_{cl}$) significantly showed the highest correlation with mean weighted skin temperature ($r = 0.816$) and was less positively correlated with the temperature of the inside clothing at the chest ($r = 0.326$) ($p < .01$). Values for both the energy expenditure and the heart rate were less positively correlated with the clothing microclimate ($p < .01$). The change of body heat content showed a negative correlation with the surface temperature of the innermost clothing ($r = -0.519$) and there was a difference between the innermost surface temperature and the outermost surface temperature of the clothing at the chest ($r = -0.577$). As $\bar{T}_{cl}$ increased, the increase of body heat content declined ($p < .01$). There was a negative correlation between body fat and some of the temperatures inside the clothing ($p < .01$) and body fat had no significant correlation with the humidity inside the clothing. Subjective sensations were more highly correlated with $\bar{T}_{cl}$ than with the temperature of the inside clothing at the chest and had not significantly correlation with the

Corresponding Author : Joon Hee Park, Department of Clothing & Textiles, Seoul National University, 599 Gwanangno, Gwanak-gu, Seoul, 151-742, Korea Tel: +82-2-880-8744 Fax: +82-2-875-8359 E-mail: joonhee0521@gmail.com

* 본 논문은 2단계 BK21의 지원을 일부 받았음. 이에 감사드립니다.
* 본 논문은 석사학위논문 중 일부임.

humidity of the inside clothing. In conclusion, through these results, it can be seen that the temperature inside the clothing was related to various physiological responses and subjective sensations, and that the mean temperature of the inside clothing ($\bar{T}_{cl}$) showed a higher relationship with the temperature of the inside clothing at the abdomen than that at the chest.

주제어(Key Words) : 의복기후(Clothing microclimate), 피부온(Skin temperature), 인체생리반응(Physiological responses), 주관적 감각(Subjective sensation)

Ⅰ. 서 론

인간은 다양한 온열환경에 노출되어 살아간다. 그 중 의복은 인체를 둘러싼 최인접 온열환경을 형성하고, 인체와 외부 환경 사이에 존재함으로써 외부 환경의 온열 조건과는 다른 기후를 의복 내에 조성한다. 이처럼 의복 착용 시, 인체 주위에 형성되는 미세 기후인 의복기후는 인체생리반응에 직접적인 영향을 끼치고 인체의 체온조절에도 중요한 역할을 하며(최정화, 1995; Zhong, Xing, Pan, & Maibach, 2006), 의복내온도가 상승하면 온감을 느끼고, 의복내온도가 하강하면 냉감을 느끼는 등 주관적인 쾌적감과도 직접적인 관련을 가지는 것으로 알려져 있어 의복기후를 제대로 파악하는 일은 건강 증진의 관점에서 반드시 필요하다. 또한 의복내온도는 착용자가 추위나 더위를 느끼는 정도를 감지하는 요소로도 사용될 수 있어(Ueda, Inoue, Araki, & Matsudaira, 1996), 인간이 처한 온열환경을 평가할 때 중요한 지표로 사용된다.

의복기후 측정 연구는 1896년 Ruber와 von Lewaschew가 셔츠 속의 의복내온도와 의복내습도를 동시에 측정함으로써 시작되었고(Mellanby, 1932), 의복기후를 연속 기록하는 장치는 1948년 Krogh라는 연구자에 의해 최초로 고안되었다(Hardy, 1950). 의복기후를 중점적으로 다룬 선행 연구는 크게 둘로 나뉘는데 첫째, 의복기후와 환경요인과의 관련성을 다룬 연구들(김소영, 2005; 박우미, 이순원, 1983, Humphreys, 1977)과 둘째, 피부온, 체지방률 등의 인체생리반응과 내한내열성 등의 건강 관련 변인과의 관련성을 살펴본 연구들(김소영, 2005; 김양원, 1997; 菊次初子, 岩本佳子, 1975)이다. 대부분의 선행연구는 다양한 온열환경에서 조성되는 의복내온도의 변화를 살펴보거나 부위별 의복내온도 값을 제시하는 것에 초점을 맞추었고, 전신을 대표할 수 있는 평균의복내온도와 다양한 인체생리반응과의 관련성을 살펴본 연구는 드물다.

한편, 온열환경의 변화에 비해서 안정시의 의복기후의 변화는 크지 않다. 예를 들면, 남녀를 대상으로 일년 간 조사한 의복내온도의 변동폭은 약 1.5℃에 불과하여(김명주, 최정화, 1999), 한국인의 경우 4계절의 다양한 온열환경에서 의복을 적절히 조절하여 착용하는 방법을 통해 외부 환경 조건에 효과적으로 대처하고 있음이 조사된 바 있다. 그러나 인간은 항상 쾌적한 환경에만 노출되는 것이 아니라, 작업 내용이나 환경 조건에 따라 다양한 수준의 온열 환경에 노출되기도 하며, 의복기후 또한 내한내열성 수준 및 건강 정도에 따른 개인차가 크다. 더울 때는 의복을 적게 착용하고, 추울 때는 의복을 많이 착용하는 등 환경에 적합한 의복을 착용하는, 이른바 의복 조절 행동은 의복기후의 변화를 유발하고, 나아가 추위 및 더위에 대한 체온조절반응에 영향을 미치기 때문에(Ueda *et al.*, 1996), 의복기후의 미세한 변화에 따라 인체생리반응이 어떻게 달라지는지에 대한 검토를 수행해 볼 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 동일한 환경 온도에서 의복 매수 및 착의량의 조절에 따라 다양한 의복내온도를 조성하고, 이 때 형성된 다양한 범위의 의복기후와 인체생리반응과의 상관관계를 검토하여 의복기후를 예측할 수 있는 요소를 찾아, 건강한 의생활을 추구하기 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 피험자 및 실험 조건

실험은 6명의 20대 남자(22.4 ± 1.6세, 176.6 ± 3.2cm, 66.3 ± 7.2kg, 1.81 ± 0.1m2)를 대상으로, 온도 15℃, 습도 58%RH, 기류 0.1m/s 이하의 인공기후실에서 수행하였다. 실험 온도는 예비실험을 통해서 다양한 조합의 의복 착용 시, 주관적으로 '약간 춥다'에서부터 '약간 따뜻하다'의 정도를 느낄 수 있다고 판단된 온도로 설정하였다. 피험자들에게 실험의 내용과 목적을 실험 전에 미리 알려 동의를 얻었다. 피험자들은 매 실험마다 1시간 동안 의자에 앉은 자세로 실험 환경에 노출되었다.

실험 의복은 의복내 온도를 달리 조성하는 것에 목적을 두어, 6명의 피험자별로 서로 다른 4종씩의 의복 조합(24종)과 모든 피험자에게 동일한 3종의 의복 조합을 착용시켜, 전체 27종의 의복 조합(27 ensemble)의 의복에 대해 피험자별로 2회씩 반복 측정(총 실험 횟수: 6명 × 7종의 의복 × 2회 반복 = 84회)하였다. 구체적인 의복 조합에 대한 내용은 〈Table 1〉과 같고, 각 의복 조합의 착의량의 범위와 중위값은 각각 330

Table 1. Experimental clothing

Subject	Experimental clothing(Upper / Lower)	Weight (kg/m^2)	$\bar{T}_{cl}$ (℃)
A	Shirts with long sleeve / Trousers	0.36	29.44
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + Down jacket(opened) / Trousers	1.29	30.46
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + Down jacket / Trousers	1.30	30.65
	T - shirts(short sleeve) + highly insulating jacket + Parka / Underpants(long legs) + lower training wear	0.36	31.41
B	Shirts with long sleeve / Trousers	0.33	27.73
	Singlet + T - shirts(short sleeve) + Thick sweater / Trousers	0.71	30.06
	Singlet + T - shirts(short sleeve) + T - shirts(long sleeve) + Down jacket / Jeans	1.32	30.97
	Singlet + T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + Duffle coat(knee length) / Jeans	1.57	30.39
C	T - shirts with long sleeve / Jeans	0.62	29.06
	Singlet + Sweater(V - neck) +Down jacket / Underpants(long legs) + Jeans	1.30	30.65
	Singlet + T - shirts(long sleeve) + light jacket + Down jacket / underpants(long legs) + Jeans	1.29	31.64
	Singlet + 4 layers of training wear / Underpants(long legs) + 4 layers of training wear	1.44	31.33
D	Shirts with long sleeve / Trousers	0.49	28.39
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + Duffle coat(hip length) / Trousers	1.41	29.37
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + Sweater + Down jacket(opened) / Jeans	1.71	30.80
	Singlet + 4 layers of training wear / 4 layers of training wear	1.17	30.67
E	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) / Trousers	0.44	29.70
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + T - shirts(long sleeve) / Trousers with lining	0.65	30.07
	T - shirts(short sleeve)+T - shirts(short sleeve)+T - shirts(long sleeve)+ Cardigan(hip length) / Jeans (loose style)	1.33	30.97
	T - shirts(short sleeve) + Shirts(long sleeve) + T - shirts(long sleeve) + Down jacket / Jeans	1.69	31.16
F	Shirts with long sleeve / Trousers	0.36	29.67
	T - shirts(short sleeve) + Thick sweater / Trousers	0.69	28.62
	T - shirts(short sleeve) + Down jacket / Jeans	1.28	29.78
	T - shirts(short sleeve)+T - shirts(long sleeve)+T - shirts(long sleeve)+Down jacket / underpants(long legs) + Jeans	1.78	31.95
Same	Singlet + One layer of training wear	0.31	29.16
	Singlet + Two layers of training wear	0.63	30.63
	Singlet + Three layers of training wear	0.95	30.86

Notes: The same socks, briefs and shoes were worn in all experiment and panties are excluded from the list.

~ 1,780g/m^2, 1,060g/m^2였고, 보온력의 범위와 중위값은 각각 0.91 ~ 2.54clo, 1.69clo였다. 착의량은 신발과 벨트 등 소품류의 무게를 제외한 값이며, 보온력 값은 Winslow와 Herrington(1949: 140)의 보온력 산출식을 이용하였다.

2. 측정 항목 및 측정 방법

써미스터(K923, Takara Inc., Japan)를 이용하여 7부위의 피부온(이마, 배, 아래팔, 손등, 넙다리, 종아리, 발등), 직장온, 6부위의 의복내온도(가슴, 배, 아래팔, 넙다리, 종아리, 발등), 2부위의 의복내습도(가슴, 넙다리), 가슴 위치에서의 의복 최내층 및 최외층 표면온도를 측정하였다. 피부온은 센서 수감부가 피부표면에 밀착되도록 surgical tape (Transpore, 3M, USA)로 고정하여 측정하였으며, 의복내온·습도는 피부와 최내층 의복 사이에 형성되는 공간에 센서 수감부를 위치시켜 측정하였다. 최내층 표면온도란 가장 안쪽에 착용한 내의의 내측 표면온도를 말하고, 최외층 표면온도란 가장 바깥쪽에 착용한 외의의 외측 표면온도를 말한다. 평균피부온은 Hardy와 Dubois의 7점법을 이용하였고, 평균의복내온도($\bar{T}_{cl}$)는 전신의 의복내온도를 포괄하기 위해 5부위(배, 아래팔, 넙다리, 종아리, 발등)의 의복내온도를 산술평균하여 계산하였다. 심박수(S610i, Polar Electro Inc., Finland)와 에너지소비량(Quark b2, COSMED Inc., Italy)을 측정하였으며, 이상의 모든 항목은 5분 간격으로 측정하였다. 실험 전후의 체중변화량을 이용하여 수분증발량(F150S, Satorius Corp., German)을 측정하였고, 피하지방량은 피지후계(Skinfold caliper, Beta Technology, USA)를 이용하여 가슴, 배, 넙다리 부위에서 측정하여 체지방률을 계산하였다(Jackson & Pollock, 1978). 인체에의 열 축적 정도를 파악하기 위해 직장온 및 평균피부온의 변화량을 이용하여, 인체 열용량(Body heat content, S)과 1시간 동안의 인체 열용량의 변화량(Change of body heat content, ΔS)을 계산하였다(Burton, 1935).

주관적 감각은 한서감각(Thermal Sensation, 9점 척도, +4 = very hot, -4 = very cold), 쾌적감(Thermal Comfort, 5점 척도, 0 = comfortable, 5 = extremely uncomfortable), 온열환경에 대한 정신적 인내(Tolerance, 5점 척도, 0 =

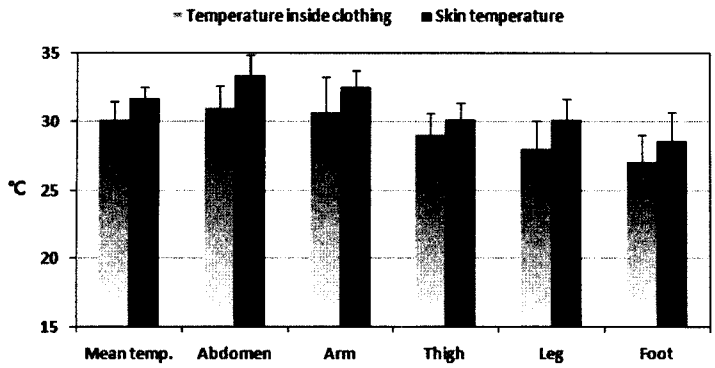

Fig. 1. Relation of the each region between skin temperature and temperature inside the clothing

perfectly tolerable, 5 = intolerable)를 설문지에 5분 간격으로 피험자 본인이 기록하게 하였다(ISO 10551).

3. 통계분석

SPSS package를 이용하여 의복기후와 인체생리반응 및 주관적 감각과의 상관관계를 조사하기 위해 상관분석 및 회귀분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

의복기후(의복내온도, 의복내습도)와 피부온, 에너지소비량, 심박수, 주관적 감각 등의 인체 생리반응과의 관련성을 검토한 결과는 다음과 같고, 본 연구에서는 의복내온도를 중심으로 설명하였다.

1. 부위별 의복내온도와 피부온

본 연구에서 조사한 실험의복의 평균의복내온도 범위는 27.73 ~ 31.95℃로, 15℃의 동일한 환경 온도에서 약 4℃의 범위를 가지는 의복 조합에 대한 결과를 검토하였다.

인체 각 부위별 의복내온도는 5부위 모두 피부온보다 낮은 결과를 나타냈다($p < .01$, Fig. 1). 이는 환경온이 체온보다 낮은 경우에 이루어지는, 체온의 온도 기울기(temperature gradient)에 따른 결과로, 외기온 < 의복내온도 < 피부온 < 심부온의 순서로 온도 기울기가 형성되기 때문이다. 다양한 환경온도(14℃, 21℃, 28℃, 35℃)에서 피부온과 의복내온도를 각각 4부위에서 측정한 선행연구(菊次初子, 岩本佳子, 1975)에서도 부위별 의복내온도가 피부온보다 낮은 결과를 보여 본 연구결과와 일치하였다. 다만, 菊次初子와 岩本佳子(1975)의 연구에서는 외부 환경온이 35℃인 경우에는 부위별 피부온과 의복내온도가 거의 유사하여, 환경온이 체온보다 높은 경우에는 체온의 온도 기울기가 피부온 < 의복내온도 < 외기온의 순으로 방향이 바뀌어 외부 환경의 열이 체내에 유입될 가능성을 보여주었다. 한편, Shvartz와 Benor(1972)의 연구에서는 외기온이 체온보다 높은 경우인, 40℃ 이상의 환경온에서는 피부온이 직장온보다 높아, 환경온이 체온보다 높은 경우의 온도 기울기는 직장온 < 피부온 < 의복내온도 < 외기온의 순이 형성됨을 예측할 수 있다. 부위별로는 배부위의 의복내온도가 가장 높아, 구간부의 의복내온도가 사지 부위에 비해서 높다는 선행연구(菊次初子, 岩本佳子, 1975)와 일치하는 결과를 보였다.

부위별 피부온과 의복내온도의 상관관계를 파악하고자

Table 2. The regression equations between each skin temperature(X) and mean temperature inside clothing($\bar{T}_{ci}$)(Y)

Skin temperature(X)	Regression equation	r	R^2	F-value
Forehead	Y = 0.275X + 20.963	0.134	0.018	18.39*
Abdomen	Y = 0.652X + 8.417	0.759	0.576	1181.49*
Arm	Y = 0.633X + 9.605	0.584	0.341	473.00*
Hand	Y = 0.077X + 28.023	0.170	0.029	46.70*
Thigh	Y = 0.305X + 21.038	0.300	0.090	135.34*
Leg	Y = 0.089X + 27.538	0.110	0.012	48.94*
Foot	Y = 0.125X + 26.639	0.205	0.042	52.22*
Mean skin temperature	Y = 1.318X − 11.523	0.816	0.666	2151.79*

*$p < .001$.

Table 3. Correlation coefficient between temperature inside clothing and skin temperature at the each region.

area	r
Abdomen	0.783*
Arm	0.651*
Thigh	0.659*
Leg	0.879*
Foot	0.706*
Mean	0.806*

*$p < .001$.

각 피부온과 평균의복내온도의 회귀식을 도출하였다. 이는 부위별 피부온을 이용하여 평균의복내온도를 예측하는데 활용할 수 있다. 평균의복내온도는 평균피부온과 가장 높은 상관관계(r = 0.816)를 보였고, 회귀식에 의한 설명력은 66.6%(r^2 = 0.666)였다. 단일 부위로는 배(r = 0.759)와 아래팔(r = 0.584) 부위의 피부온과 평균의복내온도의 상관관계가 높았다($p < .01$, Table 2). 이는 배와 아래팔 부위의 의복내 공간이 비교적 밀폐되어 외부 환경 및 동작의 영향을 적게 받고, 주로 의복기후와 피부온 간에 열교환이 이루어지는 등 양측이 서로 영향을 미친 결과라 생각된다. 선행연구에서도 각 부위의 의복내온도와 피부온은 유의한 상관을 보인다고 하였고(菊次初子, 岩本佳子, 1975), 평균피부온과 평균의복내온도간에 유의한 상관관계를 나타냈다(Akiko, Kazuhiko, & Yu, 2003). 그러나 외부 환경의 온·습도 변화에 따라서는 피부온보다 의복내온도의 변화가 보다 분명하게 나타나는 것으로 알려져 있다(Akiko *et al.*, 2003).

한편, 각 부위별 피부온과 의복내온도는 모두 정의 상관관계($r > 0.7$)를 보였다($p < .01$, Table 3). 이러한 결과는 菊次初子와 岩本佳子(1975)의 연구결과와도 일치하는데, 가슴, 위팔, 넙다리, 종아리 각 부위의 피부온과 의복내온도를 측정한 결과, 이들 간에 높은 정적 상관이 있음을 밝히면서 그 이유를 각 부위의 피부온 및 의복내온도가 외기온의 영향보다 심부체온의 영향을 더 많이 받기 때문인 것으로 해석하였다.

평균의복내온도는 배 부위 의복내온도(r = 0.759)와 가장 높은 양의 상관을 보였으나, 일반적으로 의복기후를 대표하는 부위로 주로 측정되는 가슴 부위 의복내온도(r = 0.326)와는 비교적 상관이 낮은 편이었다($p < .01$). 이는 평균의복내온도 산출식에 가슴 부위가 포함되지 않은 이유도 고려해볼 수 있을 것이나, 가슴 부위를 포함한 전체 6부위(가슴, 배, 아래팔, 넙다리, 종아리, 발등)의 평균의복내온도와 각 부위의 상관계수를 살펴본 결과, 가슴 부위는 r = 0.601, 배 부위는 r = 0.726로 나타나, 배 부위가 가슴 부위보다 평균의복내온도와의 상관도가 약간 더 높음을 확인할 수 있었다. 菊次初子와 岩本佳子(1975)의 연구에서도 가슴 부위 피부온과 의복내온도의 상관관계가 낮아 본 연구결과와 일치하였다. 그러나 김명주와 최정화(1999)에 따르면 구간부의 피부온과 의복내온도가 유의한 상관을 보였다고 하여 본 연구결과와 차이가 있었다. 이 연구는 1년간 가슴부위 의복내온도와 10부위의 피부온의 상관을 살펴본 것으로, 구간부 1부위만으로 의복내온도를 측정 한 후, 피부온과의 상관관계를 조사하였기 때문에 다른 부위와의 차이를 검토해 볼 수 없었기 때문으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 7점법의 피부온을 사용하여 가슴 부위 피부온을 측정하지 않은 이유로, 가슴 부위의 피부온과 의복내온도에 대한 논의가 부족한 것은 한계점으로 남는다.

본 연구 결과에 의하면, 기존에 의복기후의 지표로 주로 측정되었던 가슴 부위보다 배 부위의 의복내온도가 전신을 고려한 평균의복내온도와 가장 상관이 높은 것으로 볼 수 있다. 이처럼 가슴부위가 구간부에 해당하는 부위임에도 불구하고 평균피부온 및 평균의복내온도와의 상관이 낮은 이유로, 가슴 부위에서의 의복내 공기층의 크기 및 인체의 움직임에 의한 공기층 파괴 등을 들 수 있다. 여성을 대상으로 블라우스 착용시의 의복내온도에 대해서 연구한 菊次初子와 岩本佳子(1975)는 가슴 부위 의복내온도가 평균피부온이나 평균의복내온도와의 상관이 낮은 결과에 대해 블라우스 착용에 따른 흉부의 공기 용량 증가로 설명하고 있다. 그러나 본 연구에서의 이러한 결과는 남자 피험자의 참여로 인해, 일반적으로 여자보다 상의의 속옷 착용이 적고, 몸에 밀착되는 의복보다는 약간 헐렁한 스타일을 주로 착용했기 때문이며, 실제 실험에서 착용한 의복 스타일도 터틀넥 상의처럼 목 부위를 통한 환기(ventilation)를 저해하는 디자인의 의복을 착용한 경우가 거의 없었기 때문으로 생각된다. 따라서 상향개구부인 목 부위의 개구부를 통해 자연대류가 증가하고, 또 앉은 자세이긴 했으나 손이나 팔을 움직임으로써 상체 움직임이 동반되어 강제대류의 영향을 받은 것으로 해석된다. 의복내 공기층의 환기가 의복의 보온력에 미친 영향을 조사한 선행 연구(Bouskill, Havenith, Kuklane, Parsons, & Withey, 2002)에 따르면, 인체 움직임의 속도가 빨라짐에 따라 강제대류의 영향력이 커지고, 의복의 보온력이 감소하며, 환경 기류 또한 의복의 보온력을 감소시키는 결과를 초래한다고 하였다. 의복내온도와 의복의 보온력을 살펴본 경우에서도 배 부위(r = 0.524)에 비해 가슴 부위(r = 0.247) 의복내온도가 의복의 보온력과의 상관이 낮은 것으로 나타나 본 결과를 뒷받침하였다($p < .01$).

2. 의복기후와 에너지소비량 및 심박수

에너지소비량은 부위별 의복내온도와는 유의한 상관을 나타내지 않았고, 의복내습도와는 약한 상관이 있는 것으로 나타났다(Table 4). 추위, 더위와 같은 환경적인 자극은 에너

Table 4. Correlation coefficient between clothing microclimate and physiological responses

	Clothing microclimate	Energy expenditure	Heart rate	Change of body heat content	Insensible perspiration
Temp. inside clothing	Abdomen	−0.118	−0.133**	−0.420**	0.203
	Arm	0.057	0.043	−0.296**	0.165*
	Thigh	0.073	−0.091**	−0.255**	−0.084
	Leg	0.070	−0.114**	−0.213**	0.115
	Foot	−0.060	0.002	−0.031	0.092
	Mean temp.($\bar{T}_{cl}$)	−0.035	−0.071**	−0.435**	0.150
	Chest	0.100	0.024	−0.268**	−0.044
Humidity inside clothing	Chest	−0.175*	0.105**	0.060	0.183*
	Thigh	−0.236**	−0.122**	0.179*	0.054
Surface temperature of the innermost clothing at the chest (①)		0.072	0.081**	−0.519**	0.181*
Surfacetemperature of the outermost clothing at the chest (②)		−0.022	−0.119**	0.450**	−0.278**
Difference between ① and ②		0.057	0.120**	−0.577**	0.271**
Clothing thermal insulation		−0.462**	−0.104	−0.709**	0.217*

**$p < .01$. *$p < .05$.

지소비에 영향을 미친다. 추운 환경에 노출되는 경우, 생리적 반응이 자극되어 말초혈관수축이 일어나고 피부온과 심부온이 변화하는 등 1차적으로 체온 변화가 발생하고, 2차적으로는 산열 증가 등이 이루어진다(Westerterp-Plantenga, van Marken Lichtenbelt, Strobbe, & Schrauwen, 2003). 더운 환경에 노출되는 경우, 땀과 피부로 보내는 혈액의 양을 증가시킴으로써 열의 발산을 많이 하게 하여 대사량을 증가시킨다. 외부 온열조건 외에 의복을 이용한 선행연구(Lee & Choi, 2004)에서도 그러한 경향이 나타나는데, 19℃의 동일한 환경온도에서 착의량 및 피복면적에 차이가 있는 2가지 의복의 조건이 에너지소비량에 차이를 유발한다는 결과가 제시되었다. 이에 의복내온도에 차이가 있도록 의복 조건을 설정한 본 연구에서도 에너지소비량에 유의한 차이가 있을 것으로 예상하였으나, 결과는 상이했다. 이는 착의량이나 착의매수의 조절을 통해 조성할 수 있는 의복내온도의 범위가 좁았을 뿐만 아니라 측정 시간이 선행연구에 비해 짧아, 산열 증가라는 생리반응을 보이기에는 무리가 따른 것으로 생각된다.

한편, 에너지 소비량은 실제 측정한 의복의 보온력과 음의 상관관계($r = -0.462$)를 보여($p < .01$, Table 4), 약한 정도이지만 인체는 보온력이 적은 의복을 착용한 경우에 에너지 소비량이 높아진다는 사실을 알 수 있었다. 이는 착용 의복의 보온력이 낮으면 의복내온도가 낮아지고 체온조절을 위해 에너지 소비량이 커지게 되는 것으로, 써멀마네킹을 이용하여 실험한 선행연구(최정화, 1977)에서도 의복 총중량과 보온력은 높은 순상관을, 산열량과 보온력은 높은 역상관을 보였다. 그러나 의복이 에너지 소비량에 미치는 영향을 조사한 선행연구(Moran, Epstein, & Shapiro, 1992)에서는 보온력이 높은 보호복(1.7clo)을 착용한 경우가 일반 면 작업복(0.95clo)을 착용한 경우보다 에너지 대사율이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이는 보온력이 높은 보호복을 착용함으로써 인체에 부담을 주는 것으로 해석할 수 있으며, 이 경우는 운동과 과다한 발한량이라는 다른 변수가 영향을 미친 결과이기 때문에 본 연구의 결과와는 차이가 있다.

심박수는 배, 넙다리, 종아리의 의복내온도, 가슴과 넙다리의 의복내습도, 의복 표면온도와 낮은 상관관계를 나타냈다($p < .01$, Table 4). 추위 스트레스가 커질수록 심박수 및 혈압이 상승하는데, 이는 인체 내부로 향하는 혈류의 흐름이 증가되기 때문이다(Frisancho, 1993, pp. 82-83). 이를 통해 의복내온도가 낮을수록 심박수가 상승할 것임을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 아래팔과 넙다리를 제외한 부위의 의복내온도와 약한 음의 상관관계를 보여 이러한 경향을 확인할 수 있었다. 다른 인체생리반응 중에서는 불감증설량($r = 0.530$), 인체 열용량($r = 0.508$) 등이 심박수와 상관관계를 나타냈다($p < .01$).

3. 의복기후와 인체 열용량의 변화량(Change of body heat content)

인체 열용량의 변화량은 가슴 부위 의복 최내층 표면온도($r = -0.519$) 및 의복 최내층 표면온도와 최외층 표면온도의 차($r = -0.577$)와 가장 높은 상관관계를 보였고($p < .01$, Table 4), 평균의복내온도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다($p < .01$, Fig. 2). 즉, 평균의복내온도가 낮을수록 체내 인체 열용량의 변화량은 증가하는 경향을 나타내, 서늘한 온열환경에 노출 시 체내 인체 열용량의 변화량을 증가시키는 방향의 기전이, 따뜻한 온열환경에 노출 시는 체내 인체 열용

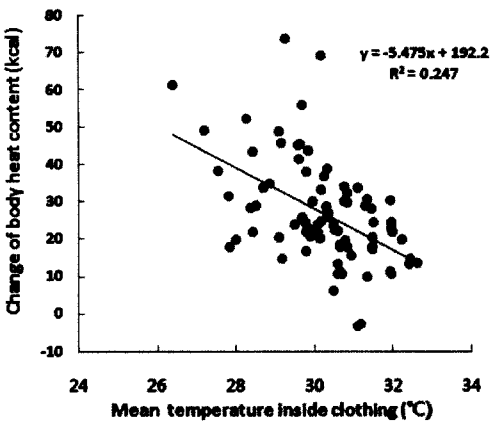

Fig. 2. Relation between mean temperature inside the clothing and the change of body heat content

량의 변화량을 감소시키는 방향의 기전이 나타난 것으로 볼 수 있다.

4. 의복기후와 체지방률 및 불감증설량

체지방률은 가슴부위 의복내온도(r = −0.319), 넙다리부위 의복내온도(r = −0.296), 평균의복내온도(r = −0.239) 등 일부 의복내온도와 낮은 음의 상관관계를 나타내었고(p < .01), 의복내습도와는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다. 선행연구(김양원, 1997)에서도 체지방률은 가슴부위 의복내온도와 음의 상관을 보이고, 의복내습도와는 상관이 없는 것으로 나타났다. 그러나 가슴부위 의복내온도 뿐만 아니라 넙다리 및 평균의복내온도에서도 음의 상관관계를 보인 결과는, 선행연구에서 언급한 환경온도의 영향 뿐만 아니라 피하지방이 인체 내부의 열을 차단하는 역할을 함으로써 의복내 공기층의 온도에까지 영향을 미친 것으로 생각된다.

이 외에 체지방률은 인체 열용량(r = 0.836)과 높은 양의 상관관계를 나타냈다(p < .01). 체지방량이 많을수록 인체 열용량이 증가한다는 결과는 인체의 피하지방이 심부체열의 단열층으로써 체온조절상 중요한 역할을 한다는 선행연구(緒方維弘, 1973: 83-88; Hayward, & Keatinge, 1981; Stocks, Taylor, Tipton, & Greenleaf, 2004)와 일치한다. 주관적 감각과의 상관관계를 살펴보면, 선행연구(김양원, 1997)에서는 한서감과 체지방률이 양의 상관관계를 보인다고 하였으나, 본 연구에서 체지방률은 한서감과는 상관관계를 보이지 않았고(p > .01), 쾌적감(r = −0.273)과는 낮은 음의 상관을 보여(p < .01), 차이가 있었다.

불감증설량은 아래팔부위 의복내온도, 가슴부위 의복내습도 항목과 낮은 상관관계를 보였고(p < .01, Table 3), 심박수(r = 0.530), 손등 피부온(r = 0.528) 등과도 유의한 상관을 보였다(p < .01).

5. 의복기후와 주관적 감각

한서감은 쾌적감(r = −0.333)보다 정신적 인내(r = −0.475) 항목과의 상관관계가 높았으며, 따뜻하게 느낄수록 노출된 온열환경에 대해 주관적으로도 견딜만 한다고 응답하였다. 쾌적감 또한 정신적 인내와 상관관계(r = 0.513)가 높아 노출된 온열환경에 대해 정신적으로 견디기 어렵다고 느낄 때 불쾌한 것으로 나타났다. 주관적 감각에서도 의복내온도에서의 결과와 마찬가지로 가슴 부위 의복내온도보다 평균의복내온도가 주관적 감각과 더 높은 상관관계를 나타냈고, 의복내습도는 주관적 감각과 상관관계를 거의 보이지 않는 것으로 나타났다(p < .01, Table 5). 그러나 성수광과 김묘향(2001)의 연구에서는 의복내습도와 주관적 감각이 높은 상관관계를 가진 것으로 나타나 차이를 보였다. 이러한 차이는 의복내습도가 저온보다는 땀이 나는 고온 환경에 노출 시 온열 쾌적감에 중요한 요소이기 때문이다(김명주, 이주영, 2004). 즉, 35℃의 고온 환경에서 실험한 선행연구(성수광, 김묘향, 2001)에 비해 본 연구는 저온 환경에서 이루어진 실험으로 의복내습도는 모두 건조한 수준으로 볼 수 있었다.

본 연구에서 주관적으로 쾌적하다고 응답했을 때의 평균의복내온도는 30.3 ± 1.3℃로, 이는 표준 의복내온도로 알려진 32 ± 1℃보다는 다소 낮다. 그러나 계절에 따라 차이가 있고, 연구자마다 약간의 차이는 있지만 안정시의 경우 쾌적

Table 5. Correlation coefficient between subjective sensations and clothing microclimate.

	Thermal sensation	Thermal comfort	Tolerance
Thermal sensation	1.000	−0.333**	−0.475**
Thermal comfort	−0.333**	1.000	0.513**
Tolerance	−0.475**	0.513**	1.000
Mean temperature inside the clothing($\bar{T}_{cl}$)	0.593**	−0.182**	−0.354**
Temperature inside the clothing at the chest	0.333**	−0.105**	−0.195**
Humidity inside the clothing at the chest	−0.001	−0.063*	0.025
Humidity inside the clothing at the thigh	−0.136**	0.030	0.051
Mean skin temperature	0.627**	−0.259**	−0.428**

**p < .01. *p < .05.

한 의복내온도의 범위는 대체로 27.6 ~ 33.7℃로 보고 있다(김소영, 2005). 또한 본 연구의 결과는 저온 환경에서 쾌적시의 의복내온도로 29.7 ± 1.4℃를 제시한 선행연구(Akiko et al., 2003)와는 거의 유사한 값을 보여 저온환경에서는 쾌적한 의복내온도가 다소 낮아짐을 확인할 수 있다. 한편, Winslow와 Herrington(1949: 132-145)의 이론에 따르면, 15℃ 환경에서는 1.7clo의 보온력을 유지해야 쾌적한 상태를 유지할 수 있다. 본 연구에서 쾌적하다고 느낄 때의 평균의복내온도가 29.8 ± 1.3℃였고, 이 때 의복의 보온력은 1.80 ± 0.3clo로 조사되어 이론적인 보온력 값과 실측치가 매우 유사함을 알 수 있었다.

한편, 평균피부온은 평균의복내온도보다 한서감, 쾌적감, 정신적 인내와의 상관관계가 더 높았다. 평균피부온은 주관적 감각 중에서 한서감(r = 0.627)과 가장 높은 양의 상관관계를 나타냈고, 쾌적감 및 정신적 인내와는 음의 상관관계를 나타냈다(p < .01, Table 5). 즉, 평균피부온이 높을수록 주관적으로 따뜻하고, 쾌적하다고 느꼈으며, 노출된 온열 환경에서 견딜만한 것으로 나타났다. 부위별 피부온과의 상관관계를 살펴보면, 한서감은 아래팔 피부온(r = 0.648), 배 피부온(r = 0.384)과, 쾌적감은 발등 피부온(r = −0.289), 손등 피부온(r = −0.248)과, 그리고 정신적 인내 항목은 아래팔 피부온(r = −0.386), 배 피부온(r = −0.287) 등과 유의한 부적 상관관계를 나타냈다(p < .01). 본 연구에서 측정한 정신적 인내가 인체가 처한 온열 환경이 견딜만한 정도인지를 평가한 항목임을 감안해보면, 한서감과 정신적 인내 항목 모두, 단일 부위로는 아래팔 피부온과 가장 높은 관계를 가짐을 알 수 있다. 이는 15℃라는 동일한 환경에서 의복기후를 달리한 다양한 의복을 착용한 경우, 아래팔 부위 피부온이 인체가 느끼는 주관적 감각에 미치는 영향력이 큼을 의미하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 15℃의 환경에서 다양한 의복 조합을 이용하여 의복내온도의 범위를 달리한 경우, 의복기후와 인체생리반응 및 주관적 감각에 대한 상관관계를 검토하고자 수행되었다. 결과는 다음과 같다.

1. 각 부위별 의복내온도는 피부온보다 모두 낮았다. 평균의복내온도는 평균피부온(r = 0.816)과 가장 높은 양의 상관을 보였고, 가슴 부위 의복내온도(r = 0.326)와는 상관이 낮았다(p < .01).

2. 의복내온도는 에너지소비량과 유의한 상관관계를 나타내지 않았고(p > .01), 의복내온도, 의복내습도, 최내층 및 최외층 의복의 표면온도는 심박수와 낮은 상관관계를 나타냈다(p < .01).

3. 가슴 부위 의복 최내층 표면온도(r = −0.519)와 의복 최내층 표면온도와 최외층 표면온도의 차(r = −0.577)는 인체 열용량의 변화량과 음의 상관관계를 보였고, 평균의복내온도가 높을수록 인체 열용량의 변화량은 감소하는 경향을 보였다(p < .01).

4. 일부 의복내온도는 체지방률과 낮은 음의 상관관계를 나타내었고(p < .01), 의복내습도는 체지방률과 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

5. 아래팔 부위 의복내온도, 가슴 부위 의복내습도는 불감증설량과 낮은 상관관계를 보였다(p < .01).

6. 평균의복내온도는 가슴 부위 의복내온도에 비해 한서감, 쾌적감, 정신적 인내의 주관적 감각과 높은 상관을 보였고(p < .01), 의복내습도는 주관적 감각과 상관관계를 나타내지 않았다.

이상의 결과에서 의복기후와 여러 가지 인체생리반응 및 주관적 감각과의 상관관계가 일부 확인되어, 비교적 측정이 용이한 의복내온도를 활용하여 착용 시의 인체생리반응을 예측할 수 있는 가능성이 시사되었다. 그러나 본 연구에서 대상으로 한 남성의 경우 의복 종류가 제한적이므로, 여성을 대상으로 한 후속 연구 및 보다 세부적인 의복기후를 측정하는 부위별 의복기후에 대한 기초 연구를 제안하는 바이다.

■ 참고문헌

김소영(2005). 의복기후와 내한내열성과의 관련성. 서울대학교 생활과학대학원 박사학위 청구논문.

김명주, 이주영(2004). 겨울철 실내 온도에서 내복 착용에 따른 의복 기후와 주관 적 감각. **대한가정학회지, 42**(10), 91-104.

김명주, 최정화(1999). 피부온에 영향을 미치는 인자에 관한 연구. **한국의류학회지, 23**(5), 726-736.

김양원(1997). 체지방률이 착의량 체계에 미친 영향. **대한가정학회지, 35**(4), 147-155.

박우미, 이순원(1983). 쾌적한 의복기후를 위한 피복구성에 관한 연구(Ⅰ) -착의량과 한서감각을 중심으로-. **한국의류학회지, 7**(1), 37-43.

성수광, 김묘향(2001). 한 · 일 양국인의 한복 착의시 의복기후와 주관적 감각. **한국의류산업학회지, 3**(3), 265-270.

최정화(1977). 무풍 안정시의 부인용 한복의 보온력에 관한 연구 -동제인체모형에 의한 실험-. **한국의류학회지,**

1(1), 7-13.

최정화(1995). 의복기후가 건강에 미치는 영향. **한국생활환경학회지, 2**(1), 1-8.

菊次初子, 岩本佳子(1975). 衣服氣候の人間工學的研究-皮膚溫および衣內溫と外 氣溫および作業强度との關係を中心に-. **家政學雜誌, 26***(3), 191*-196.

緒方維弘(1973). **適應 - 氣候風土に對する適應 -**. 東京: 醫齒藥出版.

Akiko, M., Kazuhiko, Y., & Yu, T.(2003). Study on relationship between mean clothing microclimate and comfort. *Jpn. J. Biometeor, 41*(1), 15-23.

Bouskill, L. M., Havenith, G., Kuklane, K., Parsons, K. C., & Withey, W. R.(2002). Relationship between clothing ventilation and thermal insulation. *AIHA Journal, 63*, 262-268.

Burton, A. C.(1935). Human calorimetry Ⅱ. The average temperature of the tissues of the body. *The Journal of Nutrition, 9*(3), 261-280.

Frisancho, A. R.(1993). *Human adaptation and accommo dation.* Ann. Arbor: The University of Michigan Press.

Hardy, J. D.(1950). Physiological responses to heat and cold. *Annu Rev Physiol, 12*, 119-144.

Hayward, M. G., & Keatinge, W. R.(1981). Roles of subcutaneous fat and thermoregulatory reflexes in determining ability to stabilize body temperature in water. *J. Physiol, 320*, 229-251.

Humphreys, M. A.(1977). Clothing and the outdoor microclimate in summer. *Building and Environment, 12*, 137-142.

ISO 10551.(1995). *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales-.* ISO, Geneva.

Jackson, A. S., & Pollock, M. L.(1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr.*, 40, 497-504.

Lee, J. Y., & Choi, J. W.(2004). Influences of clothing types on metabolic, thermal and subjective responses in a cool environment. *Journal of Thermal Biology, 29*, 221 ~ 229.

Mellanby, K.(1932). The conditions of temperature and humidity of the air between the skin and shirt of man. *The Journal of Hygiene, 32*(2), 268 ~ 274.

Moran, D., Epstein, Y., & Shapiro, Y.(1992). Do clothing and climate affect oxygen consumption? *Proceedings of The Fifth Int. Conf. on Environmental Ergonomics, Maastricht, Netherlands*, 108-109.

Shvartz, E., & Benor, D.(1972). Heat strain in hot and humid environment. *Aerospace Medicine, 43*(8), 852-855.

Stocks, J. M. Taylor, N. A. S., Tipton, M. J., & Greenleaf, J. E.(2004). Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Environ Space Med, 75*, 444-457.

Ueda, H., Inoue, Y., Araki, T., & Matsudaira, M.(1996). Clothing microclimate temperatures during thermal comfort in boys, young and older men. *Int J Biometeorol, 39*, 127-132.

Westerterp-Plantenga, M. S., van Marken Lichtenbelt, W. D., Strobbe, H., & Schrauwen, P.(2002). Energy metabolism in humans at a lowered ambient temperature. *European Journal of Clinical Nutrition, 56*, 288-296.

Winslow, C. E. A., & Herrington, L. P.(1949). *Temperature and human life.* New Jergey: Princeton University Press.

Zhong, W., Xing, M. M. Q., Pan, N., & Maibach, H. I.(2006). Textiles and human skin, microclimate, cutaneous reactions: an overview. *Cutaneous and Ocular Toxicology*, 25, 23-39.

접 수 일 : 2008년 1월 18일
1차 심사시작일 : 2008년 2월 12일
1차 심사완료일 : 2008년 3월 21일
게 재 확 정 일 : 2008년 4월 22일