

체성분 구성에 따른 대학생의 여름철 실내 쾌적온도

심 현 섭 · 정 운 선*

한국생산기술연구원 · 안동대학교 생활과학대학 의류학과*

Preferred Indoor Temperature of College Students in Summer by Body Composition

Shim, Huen Sup · Jeong, Woon Seon*

Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, Korea

Department of Clothing & Textiles, Andong National University, Andong, Korea*

ABSTRACT

This study was designed to present the preferred indoor temperature of college students in summer based on their body composition. A total of 19 subjects, 10 females and 9 males, participated in this study. They sat in a climatic chamber controlled at 27°C wearing a short sleeved shirt and short trousers. The air temperature decreased by 0.5°C every 10 minutes until it reached 24°C. Oxygen uptake, rectal temperature, and skin temperature, subjective sensation were measured and recorded. Females increased the rectal temperature and decreased mean skin temperature in an air conditioned environment, showing better physiological responses. But they felt more thermal discomfort than males. The preferred indoor temperature of college students in summer was 25.3°C, 25.7°C for females and 24.9°C for males.

Key words: body composition, muscle mass, percent body fat, percent muscle mass, preferred indoor temperature

I. 서론

옷을 입지 않은 사람이 현관조절 만으로 체온을 유지시킬 수 있는 환경온도는 약 27°C이다. 인체는 이보다 낮은 온도에서는 교감신경의 자극으로 팔과 다리의 피부 혈관을 수축시켜 혈류량을 감소시켜 피부온도를 낮추고 이로 말미암아

피부조직의 단열력을 증가시키고, 나아가 전율에 의한 열생산을 증가시킨다. 이보다 높은 온도에서는 혈관운동 기능이 확대되어 피부온도를 높여 피부조직의 단열력을 감소시키고, 나아가 발한을 통한 열방출을 늘리게 된다. 이렇듯 외부환경의 끊임없는 온열자극에 대해 체내 열생산, 혈관조절운동, 발한 등을 통해 일정한 체온을 유지하는

이 논문은 2009년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0068187).

접수일: 2011년 2월 8일 심사일: 2011년 2월 21일 게재확정일: 2011년 3월 10일

Corresponding Author: Jeong, Woon Seon Tel: 82-54-820-5501

e-mail: wsj@andong.ac.kr

것을 자율성 체온조절이라고 한다. 한편, 사람은 추운 환경에 노출되면 옷을 많이 입거나 실내온도를 높이고 더운 환경에서는 가능한 옷을 적게 입고 실내온도를 낮춤으로써 외부 환경에 대응을 하는데 이처럼 기후조절 행동을 통해 체온조절하는 것을 행동성 체온조절이라고 한다. 자율성 체온조절과 행동성 체온조절은 유기적인 관계가 있어서 서로 영향력을 가지므로 사람의 잘못된 기후 대응 행동은 체온조절 기능을 약화시키거나 손상을 가져오기도 한다.

일상생활에서 추위와 더위에 대응하기 위한 기후적응성의 척도는 착의량과 환경온도라고 할 수 있다. 손장렬(1982) 등은 소득수준의 향상으로 냉난방시설의 활용이 커지면서 사람이 쾌적하게 느끼는 환경온도는 과거에 비해 겨울에는 높고 여름에는 낮아지는 경향이 있음을 밝힌 바 있다. 이는 인체의 자율성 체온조절 능력의 저하를 의미하며, 기후적응력과 건강과의 선행연구에 의하면 인체의 건강저하를 초래할 수 있음을 의미한다(송명건·최정화 1988; 안필자·최정화 1992; 이원자·최정화 1989).

쾌적하지 않은 환경조건에서 인체의 체성분 구성과 체온조절 반응의 관련성은 이미 많은 연구자들의 관심이 되어왔다. LeBlanc(1975)은 체지방률이 인체가 추위에 대응하는 적응력의 중요한 인자임을 밝힌 바 있고, 이 밖에도 다른 연구자들에 의해 이러한 이론을 뒷받침해주는 연구가 진행되어 왔다(Glickman-Weiss et al. 1998; Glickman-Weiss et al. 1999; Prisby et al. 1999; Prisby et al. 2000). 이들은 15~18℃의 물속에서 체지방률이 다른 두 집단의 온열생리적 반응을 측정 후 체지방률이 높은 그룹의 피부온도가 낮게 유지되며 직장온도는 높게 유지되는 것을 밝히고 이를 체지방이 추운 환경에 대한 기후적응력과 상관이 있음을 시사하였다. 국내에서는 인체의 기후적응력의 척도로서 착의량을 측정하여 체지방률이 다른 집단 간의 추위에 대한 적응력을 연구한 바 있다(김양원 1997; 김애란·정운선 2000; 정운선·최정화 1984). 한편, 정운선(2001)은 남녀 대학생 각 9명을 대상으로 의복선택행동을 관찰한 연구에서 여자가 남자보다 체지방률이 높았음에도 불구하고

하고 더 많은 의복을 선택하여 추위에 민감한 반응을 보였다고 보고하였다. 이 연구의 결과는 기후에 대한 적응능력이 체성분 구성의 차이 뿐 아니라 착의습관의 차이, 생활환경 등으로 인한 열 자극에 대한 감수성에 차이에 기인하는 것으로 설명하였고, 보다 정확한 해석을 위해서는 에너지대사량의 측정이 필요함을 시사한 바 있다.

사람의 체성분이 남녀의 기후적응성에 영향을 미치는 점에 근거하여 남녀 대학생의 체성분별 적정온도와 쾌적온도가 다를 것으로 기대되며, 기후에 의한 영향을 알아보기 위해서는 계절별로 적정온도와 쾌적온도를 알아보는 것이 필요하다고 본다. 이를 위한 첫 번째 단계로서, 본 연구에서는 남녀 대학생의 체성분 구성에 따른 여름철 쾌적온도를 추정하기 위한 기초 실험을 수행한 결과를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 피험자

실험에 참여한 피험자는 4년제 대학에 재학 중이며 신체적, 정신적 질환이 없는 건강한 남녀 학생들로서 남자 9명(21±2세, 평균±표준편차), 여자 10명(19±1세)으로 총 19명이며, 여자의 경우 생리주기가 직장온 반응에 미치는 영향을 배제하기 위하여 생리 직후 1주일 이내에 실험하였다. 피험자들은 오리엔테이션을 통해 연구내용과 전반적인 실험과정에 관한 설명을 듣고 ‘피험자동의서(Informed Consent Form)’에 서명함으로써 자발적인 의지로 실험에 참여하였다. 이들의 신체적 특징은 Table 1에 제시하였다. 제시한 데이터는 체성분분석기(InBody 4.0, Biospace Co., Korea)를 사용하여 각 피험자의 신장, 체중, 골격근량, 체지방률 등의 체성분을 측정 후 체중과 골격근량으로부터 골격근비를 계산한 것으로서, BMI를 제외한 모든 항목에서 남녀 간 유의한 차이가 있었다. 즉, 남자는 골격근량이 많고 골격근비가 높으며 여자는 체지방률이 높아서 남녀 간 체성분 구성에 뚜렷한 차이가 있었다($p < .01$).

한편 전체 피험자의 골격근량과 체지방률 분포를 보면(Fig. 1), 남자는 모두 평균 이상의 골격

Table 1. Physical characteristics of the experimental subjects

Subject	Height (cm)	Weight (kg)	MM ^a (kg)	%MM ^b (%)	%BF ^c (%)	BMI ^d (kg/m ²)
Male(n=9)	175.3(1.6)	68.6(2.7)	32.3(1.0)	47.3(1.1)	18.5(1.6)	22.7(0.5)
Female(n=10)	164.0(1.0)**	55.7(2.3)**	20.3(0.8)**	36.5(0.7)**	29.6(1.5)**	20.8(0.9)
Total(n=19)	169.3(1.6)	61.8(2.3)	26.0(1.5)	41.6(1.4)	24.3(1.7)	21.7(0.6)

Values are mean(SE). **p<.01(statistically different from male's data).

^a Muscle mass

^b Percent muscle mass=(muscle mass/weight)×100

^c Percent body fat

^d Body mass index

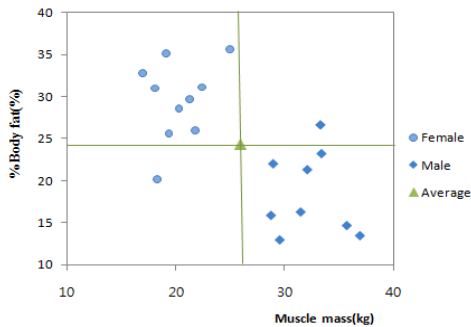


Fig. 1. Body composition distribution of the subjects

근량을 보였고 대부분의 경우 평균보다 낮은 체지방률을 보인 반면, 여자는 골격근량은 모두 평균보다 낮고 대부분 평균 이상의 체지방률을 보였다. 본 연구에서는 전체 피험자를 골격근량은 많고 체지방률이 적은 남자와 골격근량은 적고 체지방률이 높은 여자의 두 그룹으로 나누어 분석하였다.

2. 실험방법

피험자는 27℃, 50%RH로 설정된 실험실에 입실하여 팬티(남자와 여자)와 브라지어(여자) 위에

Table 2에 제시된 실험복인 반소매 티셔츠와 반바지를 착용하였다. 피험자는 자신의 신체 사이즈에 따라 적정 사이즈의 실험복을 선택하였고 남녀 실험복의 차이는 없었으므로 사이즈별 의복의 평균값(0.42clo)을 제시하였다. 피험자는 직장은 측정을 위한 직장온 프로브를 직장에 삽입하고 피부온을 측정하기 위하여 피부 7군데(이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등)에 피부온 프로브를 부착한 후 산소섭취량 측정을 위하여 마스크를 착용 후 20분 동안 안정자세를 취하였다.

안정이 끝나면, 실험실 온도를 27℃, 50%RH에서 10분 간격으로 0.5℃씩 낮추어 24℃까지 강하시킨 후 마스크를 벗고 피험자 스스로 환경온도를 0.5℃씩 상승 또는 강하시켜 자신이 쾌적하다고 느끼는 온도를 찾도록 하였다. 쾌적온도는 10분 동안 변동없이 같은 온도를 유지할 때의 온도로 하였다. 이 실험에서 채택한 실내 온도는 예비실험을 통해 피험자들이 땀을 흘리거나 떨림이 발생하지 않는 범위로 설정하였다. 각 환경조건에서 피험자로부터 산소섭취량(Quark b², COSMED Co., Italy), 직장온과 피부온(Hybrid Recorder K370, Technol Seven Co., Japan), 전신 온랭감(1. very hot ~ 9. very cold)을 측정하였다.

Table 2. Basic clothing worn by the male and the female subjects

Clothing	Type	Material	Weight(g)
Shirt	Short sleeved	Cotton 100%	134
Trousers	Knee trousers	Cotton 100%	227
Socks	Ankle length	Cotton, Acrylic, Nylon	23

3. 자료분석 방법

실험에서 얻은 결과는 PASW 18.0K 통계 프로그램을 사용하여 분석하였는데, 남녀 체성분의 차이가 쾌적온도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상관 및 회귀분석을 실시하였고, 남녀 그룹간 쾌적 온도와 산소섭취량의 비교를 위한 t-test를 실시하였다.

III. 연구결과

Table 3에서 보는 바와 같이, 남녀 대학생의 여름철 실내 쾌적온도는 25.3℃였으며, 여자가 남자보다 높은 온도를 선호하는 경향을 보였다. 쾌적온도에서 산소섭취량을 보면 남자가 여자보다 평균 93.9ml/min 더 많았다(p<.05).

Table 4에 제시된 체성분 구성항목 간의 상관을 보면 남녀 대학생의 경우 골격근량이 많을수록 체지방률은 낮고(r=-0.69, p<.01) 골격근비는 높았다(r=0.82, p<.01). 체성분 구성항목과 쾌적온도와 상관분석 결과, 골격근비와 부의 상관(r=-0.48, p<.05), 체지방률과 정의 상관(r=0.50, p<.05)을 보여서 골격근비가 낮고 체지방률이 높을수록 쾌적온도가 높게 나타났다. 산소섭취량은 골격근량(r=0.81, p<.01)과 골격근비(r=0.59, p<.05)가 높고 체지방률(r=-0.64, p<.05)이 낮을수록 높게 나타났다.

실험기간 동안 산소섭취량의 변화를 보면, 모든 환경조건에서 남녀 피험자 간에 산소섭취량에 차이가 보이고(Fig. 2-a), 환경온도가 낮아짐에 따라 남자의 경우 산소섭취량이 다소 감소하는 경향을 보였고 여자의 경우는 대체로 유지되는 경향을 보였다(Fig. 2-b). 직장온은 환경온도가 낮아지면서 남녀의 반응에 차이를 보였는데, 남자는 계속 하강을 보인 반면에 여자는 하강하다 25.5℃ 이후 다시 회복하는 경향을 보였다(Fig. 2-c). 25℃와 24.5℃에서는 직장온 강하율이 두 그룹간에 유의한 차이를 보였다(Fig. 2-d, p<.01). 평균 피부온도는 실험 전체 기간 동안 여자가 남자보다 유의하게 낮은 상태를 유지하였다(Fig. 2-e, p<.01). 환경온도가 낮아짐에 따라 피험자 모두 평균피부온도가 강하하였으나, 여자(1.6℃)가 남자(1.4℃)보다 더 큰 강하율을 보였다(Fig. 2-f).

1. 주관적 감각

실험기간 동안 각 환경조건 종료 직전 측정된 온열감각은 Fig. 3에 제시하였다. 실험결과 27℃에서 실험을 시작할 때에는 남녀의 주관적 감각이 거의 같았으나 환경온도가 24℃로 낮아지면서 여자가 추위를 더 타는 경향을 보였다. 특히 24.5℃에서는 여자가 남자보다 추위를 더 타는 것으로 나타났다(p<.01).

Table 3. Preferred temperature and the oxygen uptake

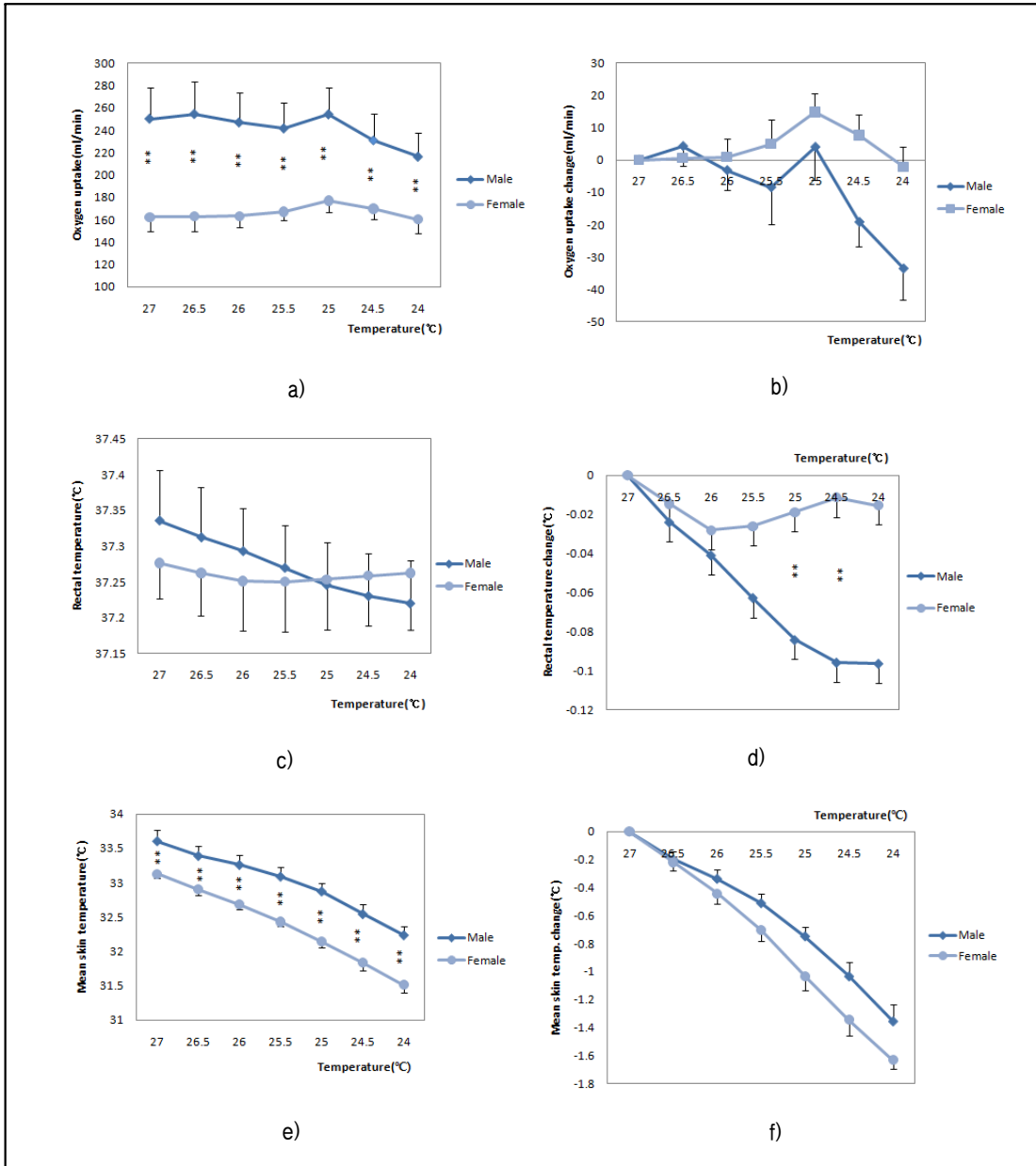
	Total(n=19)	Male(n=9)	Female(n=10)
Preferred temperature(℃)	25.3(0.2)	24.9(0.2)	25.7(0.3)
Oxygen uptake(ml/min)	204.8(16.6)	261.1(28.0)	167.2(6.3)**

Values are mean(SE). **p<.01 compared to male subjects.

Table 4. Correlations of body composition and the preferred temperature and the oxygen uptake

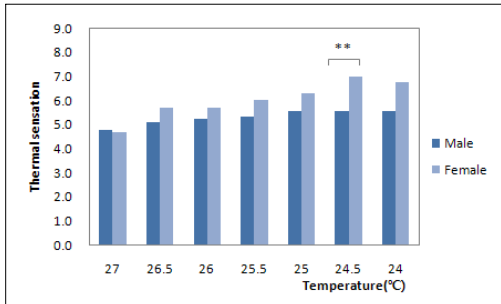
	Muscle mass	% Body fat	% Muscle mass	Preferred temperature	Oxygen uptake
Muscle mass		-.69**	.82**	-.40	.81**
% Body fat			-.90**	.50*	-.64*
% Muscle mass				-.48*	.59*

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



**p<.01

Fig. 2. Physiological responses during the test period of male and female subjects. a) Oxygen uptake, b) Oxygen uptake change, c) Rectal temperature, d) Rectal temperature change, e) Mean skin temperature, f) Mean skin temperature change.



**p<.01

Fig. 3. Thermal sensation during the test period

IV. 고찰

Tikusis 등(2000)은 체지방률과 체표면적, 신체 사이즈가 고려된다면 추위에 대한 반응에 있어 남녀를 따로 구분할 필요가 없음을 보고한 바 있다. 그러나 체성분 구성에 의한 기후적응성을 알아보기 위해서는 남녀를 구분하여 연구할 필요가 있으므로, 본 연구에서는 남녀 대학생의 체성분 구성에 따른 여름철 실내 쾌적온도를 찾고자 실험을 수행하였다. 체성분을 측정된 결과 남자는 골격근량이 많고 체지방률이 낮은 반면 여자는 골격근량이 적고 체지방률이 높았기 때문에(Table 1), 남녀 전체를 체성분 구성으로 그룹을 나누는 것과 처음부터 남녀로 나누는 것의 결과가 다르지 않다고 판단된다. 그러므로 체성분 구성이 기후적응성에 미치는 영향을 보기 위해서는 남녀를 따로 구분하여 각 그룹 내에서 체성분 구성에 따른 기후적응력의 차이를 분석해 볼 필요가 있겠다.

실험결과 체지방률이 높은 여자가 처음에는 직장온이 낮게 시작하였으나 25.5°C 이후 직장온이 상승하기 시작하여 실험 중반으로 가면서 남자보다 높았고 실험기간 동안 직장온 강하율도 낮게 나타났다(Fig. 2-c, 2-d). 이때 여자의 평균피부온도는 남자보다 더 크게 강하한 점으로 보아(Fig. 2-e, 2-f) 외부로의 방열량을 줄여서 체온을 유지시키는 데 효율적이었음을 의미하는데, 이러한 결과는 추운환경에 대한 인체의 생리반응에 대한 선행연구의 결과와도 일치한다(Glickman-

Weiss et al. 1999; Prisby et al. 1999; Prisby et al. 2000).

실험기간 동안 남녀의 온랭감은 27°C에서 실험을 시작할 때에는 남녀가 비슷한 반응을 보였으나 환경온도가 낮아지면서 여자가 남자보다 높게 나타나서 추위를 더 타는 것으로 나타났으며, 특히 24.5°C에서는 여자가 남자보다 유의하게 춥게 느낀 것으로 나타났다(Fig. 3). 이는 추위에 노출된 남녀의 의복선택행동에 대한 연구에서 여자가 남자보다 많은 양의 의복을 착용하고도 더 서늘하게 느낀 결과와 일치한다(정운선 2001). 또한 남녀의 체성분구성별 기후적응능력에 대한 설문조사에서 여자가 추위에 대한 적응력이 남자보다 낮게 응답한 연구결과(심현섭·정운선 2010)와도 일치한다. Glickman-Weiss 등(1998)은 5°C 환경에서 2시간 동안 체지방률이 다른 두 그룹의 생리적, 주관적 반응을 연구한 결과 체지방률이 낮은 그룹이 온열적 불쾌감이 적다고 보고하였으며, 그 이유를 체지방률이 낮은 그룹이 전열에 의한 열생산이 증가하여 상대적으로 추위에 대한 불쾌감을 적게 느끼는 것으로 해석한 바 있다. 본 실험 조건이 27°C에서 24°C로 선행연구의 5°C에 비해 온화한 조건에서 실험이 이루어진 점을 고려하면 본 실험에서 피험자들이 전열에 의한 열생산을 했다고 기대하기는 어렵다고 본다. 실험기간 동안 산소섭취량의 변화를 보면(Fig. 2), 남자가 전체 실험기간 동안 여자보다 높게 나타났으나 유의한 변화율을 보이지는 않았다(Fig. 2-b). 그러나 남녀 모두 25°C를 기준으로 다소 상승하는 경향을 보였는데 이는 남녀의 주관적 쾌적온도가 25.3°C인 점으로 보아 추위를 느끼는 시점과 다소 일치하는 경향을 보였다.

실험이 종료된 후 실험실 내 환경온도를 피험자의 요구에 맞추어 조절하면서 찾은 쾌적온도는 여자가 더 높은 온도를 선택한 경향을 보였는데(Table 3), 이는 여자가 더 춥게 느꼈던 것(Fig. 3)과 일치하는 결과로서, 여자의 경우 생리적 반응과 다르게 주관적으로는 여자가 추위에 대한 적응성이 남자보다 더 낮다는 것을 나타낸 것이다. 이러한 결과로 보아 여자의 경우 자율적으로 착용량을 조절할 수 있는 일상생활 조건에서 추운

환경에 노출되면 남자보다 옷을 더 많이 껴입음으로 인해 피부온도를 높게 유지하게 되고 이에 따라 직장온이 낮게 유지될 것으로 예측된다. 또한 착의량이 증가하는 경우, 피복면적이 증가하게 됨으로써 발생할 수 있는 방열량의 증가로 인해 추위에 더욱 불리하게 작용할 것으로 예측된다.

본 연구에서는 인체의 체성분구성에서 체지방률이 여름철 실내 냉방조건에서 쾌적온도와 자율성 체온조절 반응에 영향을 미치는 것을 확인하였으나, 주관적 온쾌감의 경우는 남녀의 착의습관 차이, 열자극에 대한 감수성의 차이 등 여러 복합요인의 영향을 받는 것으로 생각된다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 일상생활에서 쉽게 조절할 수 있는 환경온도의 쾌적범위를 설정하기 위한 기초 실험을 수행하였다. 이를 위해 남녀 대학생 19명의 체성분 구성을 측정하고 이들의 여름철 실내 환경조건에서의 온열생리적 반응을 조사하여 여름철 실내 쾌적온도를 제시하였다.

연구에 참여한 남녀 대학생의 체성분구성을 측정한 결과 남자는 골격근량이 많고 골격근비가 높으며 여자는 체지방률이 높아서 남녀 간 체성분 구성의 차이가 인정되었다. 남녀 대학생의 여름철 실내 쾌적온도는 25.3°C였으며, 여자가 25.7°C, 남자가 24.9°C로서 여자가 높은 온도를 선호하는 경향을 보였다. 쾌적온도에서 남녀의 산소 섭취량은 남자가 261.1ml/min으로서 167.2ml/min인 여자보다 유의하게 많았다.

여름철 실내 냉방조건에서는 환경온도가 낮아 질수록 여자는 피부온을 더 크게 강하시키고 직장온은 남자보다 높게 유지하여 추운 환경에 대한 생리적 반응이 유리한 것으로 나타났다. 그러나 남자보다 추위를 더 타는 것으로 나타나 그 결과 더 높은 온도를 선호하였다. 그러나 체성분구성에 따른 기후적응성의 보다 깊이 있는 연구를 위해서는 다양한 체성분구성의 피험자를 대상으로 실험을 수행하는 것이 필요하다고 본다.

참고문헌

김양원(1997) 체지방률이 착의량 체계에 미친 영향. 대한가정학회지 35(4), 139-147.

김애란·정운선(2000) 의생활지도를 위한 비만여인의 착의량 조사. 한국의류학회지 24(2), 192-198.

손장렬(1982) 온열환경조건의 쾌적범위와 평가에 관한 연구. 공기조화냉동공학 11(1), 11-14.

송명건·최정화(1988) 착의량이 운동능력에 미치는 영향에 관한 연구-유치원 아동을 중심으로-. 한국의류학회지 12(1), 1-14.

심현섭·정운선(2010) 남녀 대학생의 체성분구성과 기후적응성의 관계. 한국생활환경학회지 17(1), 71-76.

안필자·최정화(1992) 기후적응과 착의량의 관계에 관한 연구-고등학교 학생을 중심으로-. 한국의류학회지 16(4), 417-430.

이원자·최정화(1989) 착의량이 유아건강에 미치는 영향. 한국의류학회지 13(1), 13-33.

정운선(2001) 열쾌적성을 위한 의복선택행동의 남녀 비교. 한국생활환경학회지 8(2), 189-193.

정운선·최정화(1984) 피하지방두께와 착의량에 관한 연구-대학생을 중심으로-. 한국의류학회지 8(3), 73-79.

Glickman-Weiss EL, Hearon CM, Prisby R and Caine N(1998) The perceptual and physiological responses of high and low fat women exposed to 5°C air for 120 minutes. Wilderness Environ Med 9(4), 204-210.

Glickman-Weiss EL, Nelson AG, Hearon CM, Prisby R, Caine N(1999) Thermal and metabolic responses of women with high fat versus low fat body composition during exposure to 5 and 27 degrees C for 120 min. Aviat Space Environ Med 70(3 Pt 1), 284-288.

LeBlanc J(1975) Man in the cold. Springfield, Illinois: Charles C Thomas.

Prisby R, Glickman-Weiss EL, Nelson AG, Caine N(1999) Thermal and metabolic responses of high and low fat women to cold water immersion. Aviat Space Environ Med 70(9), 887-891.

Prisby RD, Glickman-Weiss EL, Caine N(2000) Thermal sensation and substrate utilization differs among low- and high-fat women exposed to 17 degrees C water. Wilderness Environ Med 11(3), 157-162.

Tikusis P, Jacobs I, Moroz D, Vallerand AL, Martineau L(2000) Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water. J Appl Physiol 89(4), 1403-1411.