

# 냉방환경에서 쿨맵시 착용에 따른 생리적 반응과 주관적 감각

## Physiological responses and subjective sensation of human body wearing Cool Mapsi in air-conditioning environment

강누리\* · 나영주\*†

Noori Kang\* · Youngjoo Na\*†

인하대학교 생활과학대학 의류학과\*

Department of Clothing & Textiles, Inha University\*

### Abstract

The purpose of this study is to test the performance of the recommended summer dressing for office man through the analysis of skin temperature changes by air-conditioning temperature. We tested two clothing combinations; formal wear with necktie and casual shirts without necktie as for Cool mapsi. 4 male subjects sat to stabilize for thirty minutes after entering artificial-climate chamber with both temperature of 25°C, 27°C and 50±10% R.H. And during 60 minute experiments of simulating office work, the subjective feelings including thermal, humidity and comfort sensation, skin temperature, clothing humidity and sweat amount were measured at the equal intervals. The result is that formal wear of 25°C and Cool mapsi of 27°C show good values such as low skin temperature, low clothing humidity and neutral thermal sensation. And Cool mapsi of 25°C shows the risk of low rectal temperature for long and static energy level of office work. Formal wear of 27°C shows high values of mean skin temperature, clothing humidity and thermal sensation. Second experiment was to find the ambient temperature when the subject wearing formal wear shows the skin temperature corresponding to which he shows on Cool mapsi of 27°C. The air-conditioning temperature on wearing formal wear has to be 2°C lower to produce the corresponding skin temperature to which shows on wearing Cool mapsi of 27°C. Therefore it is possible to increase room temperature to 27°C, when wear Cool mapsi for summer office, for skin temperature and thermal sensation are produced the same.

**Keywords :** Cool Mapsi, Clothing combinations, Skin temperature, Clothing humidity, Perspiration, Subjective sensation

### 요 약

여름철 에너지 절약, 온실가스 줄이기, 직장인의 건강증진 등을 위한 쿨맵시 캠페인에 대하여 범국민 인식 및 실천의 필요를 바탕으로, 본 연구는 착의실험을 통해 쿨맵시 권장복장 착용시의 생리적 반응 및 주관적 감각에 대해 분석하였다. 1차 실험은 두 복장, 즉 일반복장, 쿨맵시 권장복장에 대한 생리적 반응의 측정으로서, 두 환경기온 25°C와 27°C, 상대습도 50%R.H.에서 20대 성인남성 4명을 대상으로 실험을 행하였다. 일반복장은 긴팔 셔츠 정장바지 차림이었고 쿨맵시 권장복장은 넥타이 없이 반팔셔츠에 정장바지 차림이었다. 피험자는 30분간의 안정기를 가진 후 60분 동안 실험을 실시하였는데 사무실 작업과 유사한 컴퓨터 워드작업을 행하였고, 피부온, 직장온, 의복하 습도, 발한량, 온열감, 습윤감, 쾌적감 등을 측정하였다. 대부분의 반응에서

† 교신저자 : 나영주 (인하대학교 의류학과)

E-mail : youngjoo@inha.ac.kr

TEL : 032-860-8136

FAX : 032-865-8130

25℃ 일반복장의 경우와 27℃ 쿨맵시복장의 경우가 유사한 결과를 나타내고 우수한 것으로 나타났다. 25℃ 쿨맵시복장의 경우에는 저장도 작업이 지속되면 직장온의 저하가 우려되었으며 27℃ 일반복장에서는 고 평균 피부온, 고 발한량, 높은 온열감 등을 보였다. 2차 실험은 일반복장을 착용한 채 환경온도를 점진적으로 하강시키면서 권장 여름철 냉방온인 27℃에서 쿨맵시 권장복장을 착용한 경우의 피부온도를 발현시키는 실내 환경온도를 찾는 것이었다. 그 결과 권장복장 경우의 피부온을 나타내려면 일반복장의 경우에는 환경온을 2℃를 더 낮추어야만 하였다. 여름철 실내 환경온을 27℃로 높이고 쿨맵시 권장복장을 착용하는 것이 사무실의 장시간 저장도 작업 하에서는 피부온, 주관적 온열감이 우수하였다.

**주제어 :** 쿨맵시 권장복장, 일반복장, 피부온, 의복 내 습도, 발한량, 주관적 감각

## 1. 서론

쾌적한 업무환경을 조성하기 위한 냉방기기 보급의 증가로 인하여 여름철 실내 온도는 필요 이상으로 계속 낮아지고 있으며, 이에 따라 국내 1인당 에너지 소비량은 계속해서 증가하고 있는 실정이다. 이에 에너지 절약 차원에서 과잉냉방을 줄여 지구온난화 방지에 일조하고자 2000년에는 각 자치체나 경제단체가 중심이 되어 여름철에 가벼운 차림의 복장을 권장하는 에너지 절약 복장으로서 ‘쿨맵시 복장’이 제안되었으나 홍보 및 인식 부족 등으로 인해 비교적 실효를 거두지 못하고 있다.

국내 총에너지 소비량의 1/4에 해당하는 24%의 에너지가 건물분야에 소비되고 있으며, 특히 IMF 이후 산업부문 에너지 소비증가율에 비해, 건물분야 에너지 소비인 가정·상업부문의 에너지 성장률이 큰 증가를 보이고 있으므로 이 부문에 대한 에너지 절약은 중요하다. 또한 선진국의 예와 같이 경제성장과 함께 국민 소득수준 및 생활수준이 높아짐에 따라 국가 총 에너지 소비량 중 건물부분의 소비 비중이 향후 점점 더 높아질 전망이다(윤종호 외, 2009). 특히, 에너지 절약 차원에서의 주요 연구 과제로 부각되고 있는 시점에서 냉방과 난방 및 급탕에 사용하는 에너지로 인한 이산화탄소 배출이 전체 건물에서 배출하는 이산화탄소의 45%를 차지하고 있어, 이 부분에서의 에너지 소비를 줄일 수 있다면 향후 온실가스 배출량 감축 의무에 효과적으로 대응할 수 있을 것이다. 건물 냉·난방 에너지를 절감하기 위해서 국가적으로 열손실방지 규정을 강화하는 등의 노력을 해오고 있지만 우선적으로 가장 중요한 것은 건축물 실내 안에서 생활하는 사람들이 실제로 어떻게 사용하는가 하는 것이다. 에너지시민연대의 조사에 따르면 최근 3년간 여름철 적정 실내온도 준수율은 50% 미만이었다. 2008

년 공공장소의 여름철 적정 실내온도 준수율은 2007년 16.3%보다 높아진 43.4%이었다. 실내온도 평균은 사설학원 23.5℃, 은행 24.6℃, 영화관 24.7℃, 학교 24.9℃ 음식점 25℃ 이었으며, 조사대상 공공장소 10개군 중 관공서만 27℃도로 유일하게 적정온도를 지킨 것으로 나타났다. 실제 사무실 내에서의 착의 형태를 조사하고 에너지 절약형의 라이프스타일 및 착용 습관의 확립이 요구된다. 건물의 실내온도를 1℃ 줄이게 된다면 이로써 연간 116,821 TOE의 에너지 절감과 함께 572,149 톤의 CO<sub>2</sub> 배출량 감축이 가능하다(강누리, 2010).

인체의 온열감은 주로 인체의 열평형과 관련이 있다. 온열감은 실내온열환경의 단일요소만으로 평가하기는 어려우며 인체와 환경 사이의 열교환에 영향을 주는 온열환경요소에 의하여 종합적으로 평가하여야 한다. 객관적으로 표현되는 환경측 요소로서 공기 온도, 상대습도, 기류속도, 복사온도가 있으며, 주관적 사항인 개인적 요소로서 대사산열량과 착의량이 있다. 최적 온도는 생산 능력을 높임과 동시에 작업자의 건강 유지 및 증진이 가능하도록 한다. 공장 및 사무실 내 직원들이 인공 환경하의 실온을 어떻게 느끼는지, 또 건강상태는 어떠한지를 중심으로 실험을 수행하고, 냉방하의 직장 현장에서의 실태조사를 기초로 하여, 외기온을 고려하면서 냉방의 최적 온도를 제안하였다. 계속되는 에너지 원가 상승과 온실가스 배출 절감 의무화로 각국에서는 에너지 절감을 위한 노력의 일환으로 권장 실내온도를 제시하고 있다. 우리나라에서는 에너지 관리공단에서 여름철 권장 실내온도 26~28℃를 제안하고 있다(에너지 관리공단, 2009).

여름철 온실가스 줄이기 및 직장인과 일반인의 건강증진 등을 위하여 기후복장에 대한 적응에 대하여 범국민 인식 증진 및 실천이 필요하게 되었다. 이를 바탕으로 본 연구는 쾌적하고 건강한 여름철 실내환

경을 위하고 에너지 절감을 위한 효율적인 에어컨의 운용을 위해 복장 종류 및 환경온도에 따른 인체 생리적 반응을 측정하여 그 효과를 정량적으로 분석하며 또 주관적 감각평가를 조사하고자 하였다.

## 2. 연구방법 및 절차

### 2.1. 피험자 및 실험기간

피험자는 신체 건강하며 장기간 약물 복용 및 기타 특정 질병이 없는 대학생 20대 초반 성인남성 4명으로 선정하였다. 가급적 신체 조건이 유사한 사람들로 선별하고, 신체 생리주기의 리듬변화를 최대한 배제하기 위하여 실험은 하루 중 동일한 시간대에 행하였으며, 실험 전날 피험자가 담배 및 알코올 섭취를 하지 않도록 주의시켰다. 또한 실험 진행기간 동안 몸에 무리가 되는 격렬한 운동을 금지 시키고 규칙적인 수면을 유지하도록 했다. 연령 및 신체적 특징은 다음 <표 1>과 같다. 실험은 계절에 따른 생리적 반응의 변이 및 혼란을 줄이기 위해 2009년 6월 30일~7월 30일 여름 동안에 시행되었다.

표 1. 피험자의 신체적 특징

Subjects	Age (years)	Heigh (cm)	Weight (kg)	Body surface area(m <sup>2</sup> )*
S1	22	181	74.7	1.89
S2	26	177	77.9	1.90
S3	24	176	76.2	1.87
S4	24	177	73.8	1.86

\* Body surface area(m<sup>2</sup>)= W0.444×H0.663×88.83  
W : Weight (kg) H : Height (cm)

### 2.2. 실험복 특성 및 의복 조합

실험복은 시중에서 많이 판매되고 있는 의복소재 및 디자인을 선택하였다. 쿨맵시 의복 중에서 가벼운 소재로 구성된 의복을 실험복으로 선정하였으며, 고기능성의 신소재로서 고가격대의 쿨맵시는 선정시 배제하였다. 상의 셔츠는 백색으로, 하의바지는 검정색으로 통일시켰다. 정밀한 실험연구를 위해서, 또 경제적, 시간적 제한으로 인해 쿨맵시 1종에 국한되어 진행되었음을 명기하는 바이다. 선정된 샘플의복의 크

기는 동일한 크기를 선택하여 의복내 공간에 따른 온열적 영향을 최대한 배제하고자 하였다. 사용된 의복의 소재 및 특성은 다음 <표 2>에 나타내었다. 실험에 사용된 실험의복 형태 및 조합은 넥타이 유무, 긴소매 드레스 셔츠 또는 반소매 드레스 셔츠, 두 종류의 정장바지 등에서 차이가 났으며 런닝셔츠와 팬티, 양말 등은 동일하게 착용하였다.

단, 일반복장의 경우 넥타이 착용으로 인해 목까지 단추를 채웠으나 쿨맵시 권장복장의 경우 반소매 셔츠에 넥타이 미착용으로 인해 목의 단추는 채우지 않고 열었으며 두 복장의 무게는 305g의 차이가 발생하고 의복의 보온성은 당연히 차이가 있었다.

표 2. 실험복 특성

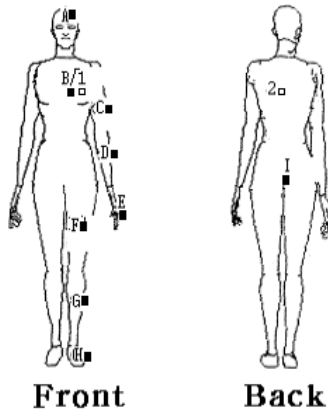
구분	쿨맵시 권장복장		일반복장	
	런닝	면 100%	런닝	면 100%
팬티	면 100%	팬티	면 100%	
양말	면 100%	양말	면 100%	
의복 구성	반소매 드레스 셔츠	면 90% 폴리에스테르 10%	긴소매 드레스 셔츠	면 60% 폴리에스테르 10%
	정장 바지	겉감 폴리에스테르 76% 모 20% 폴리우레탄 4%	정장 바지	겉감 폴리에스테르 85% 레이온 15%
		안감 폴리에스테르 100%		안감 폴리에스테르 100%
넥타이	—	넥타이	폴리에스테르 100%	
총무게	610g		915g	

### 2.3. 실험방법 및 측정항목

동일피험자는 일중 리듬으로 인한 변동요인을 가능한 배제하기 위해 동일 시간대에 실험하는 것을 원칙으로 하였다. 피험자는 실험 당일 하의 속옷만을 입은 상태로 센서 부착후 실험복으로 갈아입은 뒤, 인공기 후실로 입실하여 심신을 안정할 수 있도록 자리에 앉아 30분간의 안정기를 가진 후에 60분 동안 작업을 수행하였으며, 총 90분간 실험하였다. 사무실 내 작업 환경과 비슷한 분위기를 조성하기 위해 실내 중앙에 책상과 노트북을 설치하여, 의자에 앉은 안정된 상태에서 설정한 온열환경에 노출되도록 하였다. 피험자가 편안하게 의자에 앉아 컴퓨터 워드작업 및 설문에

응할 수 있도록 하고 사무작업은 자리에 앉아 원고를 입력하는 형식을 취하였다.

착의생리반응을 측정하기 위해 직장은, 피부온, 의복 내 습도, 발한량, 등을 1분간격으로 자동 측정하였다. 직장은 센서를 직장내 10cm 깊이에 삽입하였고, 피부온은 피부온 센서(Model: LT-8A, Manufacturer: Technox)를 사용하여 인체의 7부위 이마, 가슴, 전완, 손등, 허벅지, 종아리, 발등에 부착<그림 1>하여 측정하였으며, 각 부위 면적의 안분비율에 의해 다음의 Hardy & Dubois(1938) 식으로 평균 피부온도(MST)를 산출하였다.



구분	■ 피부온	구분	□ 습도
A	이마	1	가슴
B	가슴	2	등
C	상완		
D	전완		
E	손등		
F	허벅지		
G	종아리		
H	발등		
I	직장온		

그림 1. 피부온 및 발한량 측정부위

의복 내 습도는 가슴, 등 부위에서 피부온·습도 측정기(Thermister), Model: LT-8A,B, Manufacturer: Technox를 사용하여 측정하였다.

전신 발한량은 실험전 체중에서 실험직후의 체중을 뺀 값으로서, 체중계: 전신발한량 저울 Full Body Weight Balance, Model: CC150K, Manufacturer: SARTORIUS를 이용하였다. 국소발한량은 인체 부위별 측정이 가능하며 주로 가슴과 등 부위에서 국부 발한량을 측정하는데(염희경, 1992) 연속발한량 측정기(Sweating Measurement) - Model: SRP7-2000를 사용하였다.

주관적 설문은 경우 5분의 일정한 간격에 스스로 작성하도록 하였으며, 설문내용은 온열감·습윤감·쾌적감 등으로 구성하였다. 각 척도는 <표 3>과 같았다. 온열감은 5점일 때, 습윤감은 4점일 때가 중립이며, 또 쾌적감은 1점일수록 쾌적한 것이다.

표 3. 주관적 감각 온열감·습윤감·쾌적감의 척도

	Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation
1	very cold	very dry	comfortable
2	cold	dry	indifference
3	cool	slightly dry	slightly uncomfortable
4	slightly cool	indifference	very uncomfortable
5	neutral	slightly moist	
6	slightly warm	moist	
7	warm	very moist	
8	hot		
9	very hot		

## 2.4. 1차 실험

1차 실험은 착의 형태에 의한 두 복장, 즉 일반복장과 쿨맵시 권장복장 착용시 생리적 반응의 변화에 대한 측정이다. 환경온도는 겨울철 권장온도로서 27℃를 정하였고, 또 이보다 과하게 냉방한 경우로서 25℃를 선정하였다, 상대습도는 50±10%R.H.으로 하였다. 각 조건에 대해 3번이상 반복 실험하여 적어도 3회 이상의 값으로 평균을 산출하였다.

비접촉 피부온도 측정 실험을 위해 적외선 열화상 카메라를 이용하여 의복 표면온도를 측정함으로써, 두 환경온도에 있어서 착의형태에 의한 의복 표면온도 분포를 열화상 카메라로 촬영하고 그 특징을 검토하였다. 이는 안정기 기간이 끝난 30분 후 실험진행의 시작 시점과 실험종료 시점의 90분, 두 번에 걸쳐 촬영을 하였으며, 측정항목은 목 부위에서부터 몸통부분까지 상반신 부분을 중심으로 촬영하였다.

## 2.5. 2차 실험

일반복장을 입고 실내 온도를 점진적으로 하강시키면서 27℃에서 쿨맵시 권장복장을 입은 경우의 피부온도와 동일해지는 실내온도가 무엇인지 찾는다. 즉 26℃, 24℃, 23℃ 등으로 설정온도를 낮추면서 실험하며, 2회 이상 반복 실험하였다. 일반복장을 착용하게

되면 환경온이 얼마나 낮아져야 27°C에서 쿨맵시 권장복장을 착용한 경우의 피부온이 나타나는 지를 조사하는 것이다. 26°C, 24°C에서 이미 결과가 나타났으므로 23°C은 더 이상 실험할 필요가 없었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 1차 실험

##### 3.1.1. 각 부위의 피부온

이마 피부온은 비교적 일정하고 특히 개인차가 적으며(이영아 외, 1999) 환경온의 변동에 대한 온도변화가 적어 쾌적감의 지표로서 사용되기도 한다. 쾌적한 이마 피부온은 33~34°C이지만, 30분 이후 실험진행 기간 동안의 이마 피부온은 34.3~34.9°C 사이에 있어 쾌적 영역보다 조금 높았다<그림 2-a>. 이마 피부온은 30분 이후 실험진행기간 동안 27°C 쿨맵시 복장(34.9°C) > 27°C 일반복장(34.6°C) > 25°C 일반복장(34.5°C) > 25°C 쿨맵시 복장(34.4°C) 순으로 높았다. 27°C에서 쿨맵시 복장이 일반복장보다 더 고피부온을 나타내는 것은 일반복장에서 발한이 많이 분비되어 오히려 피부온을 낮추었기 때문이다.

가슴 피부온은 다른 부위와 달리 모든 단계에서 비교적 꾸준한 온도상승을 보인다. 25°C의 냉방에서도 일반복장 착용시 가슴 피부온이 점차적으로 상승한 원인은 넥타이를 착용함으로 인해 의복 내 대류가 잘 일어나지 않고 보온효과가 나타나기 때문이다. 또 속 옷이 땀을 흡수하고 배출되지 못하여 피부에 머무르게 되어 기화열에 의한 체온저하가 충분하지 않았기 때문이다. 25°C 환경에서는 복장종류에 따른 피부온의 차이가 뚜렷이 나타나지만 27°C에서는 차이가 적게 나타났으며, 30분 이후의 실험진행기간 동안 27°C 일반복장 = 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장의 순서로 가슴 피부온이 높았다. 27°C 일반복장의 경우, 발한으로 인해 피부온이 저하하여 쿨맵시 복장과 차이가 감소하여, 쿨맵시 복장 34.27°C = 일반복장 34.26°C로 거의 유사하였다<그림 2-b>.

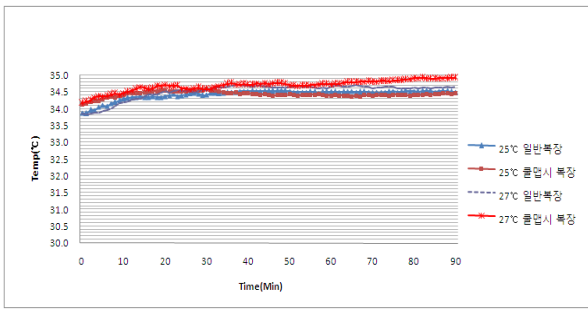
시간에 따른 전완 부위 피부온의 변화를 살펴보면, 전반적으로 측정전 30분 안정기까지 피부온도가 점점 떨어지다가, 30분 이후 컴퓨터 워드작업으로 인한 피부온도 상승이 천천히 일어나 다시 평형을 이루었

다. 냉방온도 25°C에서의 쿨맵시 복장 착용시 더 낮은 피부온도와 더 큰 하강율을 보였는데 이는 반소매 셔츠로, 환기 촉진(bellows ventilation) 및 대류에 의한 방열기능이 우수한 복장형태로써 신체 피부면과 외기온도와의 열경사가 커져 전도·대류·복사 등에 의한 물리적 열손실이 증가했기 때문이다. 30분 이후의 실험 진행기간 동안의 피부온도는 27°C 일반복장 > 25°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 쿨맵시 복장의 순서였다<그림 2-c>.

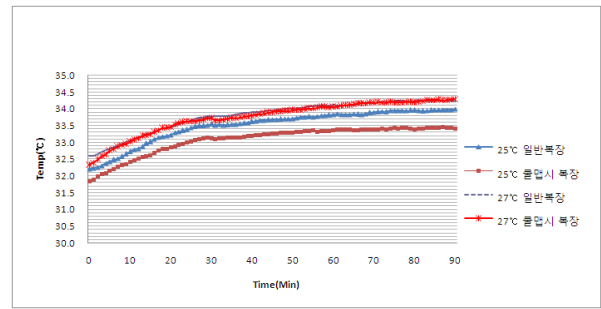
30분 이후의 실험진행기간 동안의 손등 부위 피부온은 27°C 일반복장(34.4°C) > 27°C 쿨맵시 복장(34.2°C) > 25°C 일반복장(33.9°C) > 25°C 쿨맵시 복장(33.5°C)의 순서로 피부온이 높았으며 의복간, 환경온도간의 뚜렷한 차이를 나타냈다<그림 2-d>.

허벅지 부위 피부온의 변화를 살펴보면, 측정전 30분 안정기 기간에는 상승하다가 30분 이후 실험진행기간 동안 점진적으로 하강하고 있으며, 이는 대퇴부의 측정부위가 의자에 앉은 자세에서 의자와 의복 소재간의 접촉에 의해 전도에 의한 영향으로 사료된다. 시작시점 30분과 실험 종료시점 90분에서의 하강폭 차이를 살펴보면, 환경온도 25°C 일반복장(32.5°C → 32.1°C), 25°C 쿨맵시 복장(32.5°C → 32.0°C), 27°C 일반복장(33.2°C → 33.2°C), 27°C 쿨맵시 복장(32.8°C → 32.7°C)로, 27°C에서는 허벅지 피부온 하강이 비교적 적어 시간이 경과됨에 따라 안정적인 반면에 25°C에서는 하강폭이 컸다. 30분 이후의 실험진행기간 동안 허벅지 부위 피부온은 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장의 순서로 높았다<그림 2-e>.

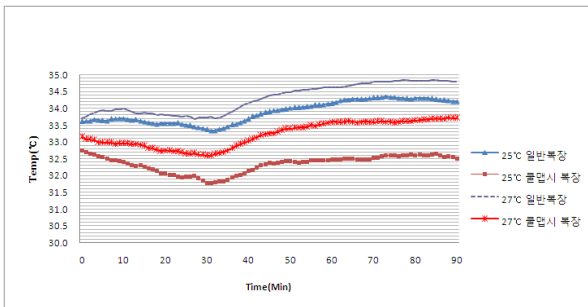
종아리 피부온은 30분 이후의 실험진행기간 동안 27°C 일반복장 = 27°C 쿨맵시복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장 순으로 높았고, 실험 종료시점 90분까지 초기상승 없이 바로 하강하는 경향을 나타냈다. 각 환경온도간 25°C 일반복장(31.5°C)와 27°C 일반복장(32.1°C)에서 0.6°C의 차이를, 25°C 쿨맵시 복장(31.2°C)와 27°C 쿨맵시 복장(32.4°C)에서 1.2°C의 차이를 보여줌으로써 환경온에 따른 종아리 피부온의 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다. 종아리는 환경온도 변화를 그대로 반영하지만 복장별 그 차이는 크지 않았다. 종아리 피부온은 가슴 피부온 33.5~34.2°C 보다 낮았는데, 이는 이마, 가슴 구간 부위의 피부온이 종아리, 발 등의 사지말단 부위보다 높게 나타난 염희경(1992), 김은주(1998), 조지현(1999), 윤준식(2001)의 연구결과



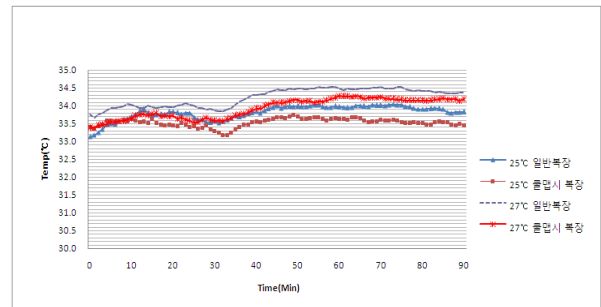
a. 이마 부위



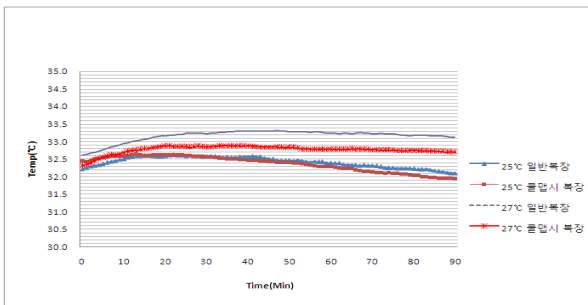
b. 가슴 부위



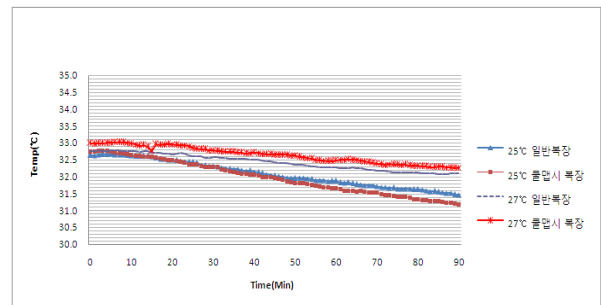
c. 전완 부위



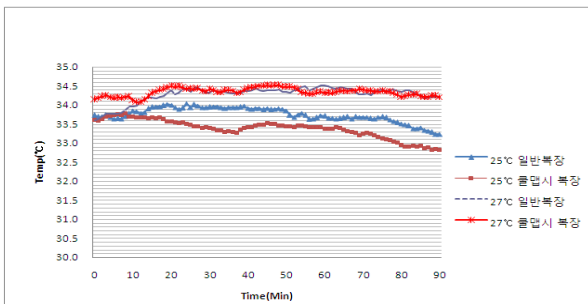
d. 손등 부위



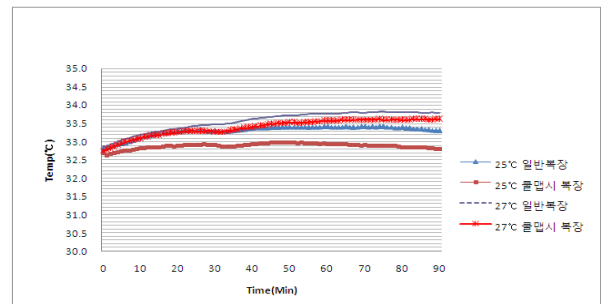
e. 허벅지 부위



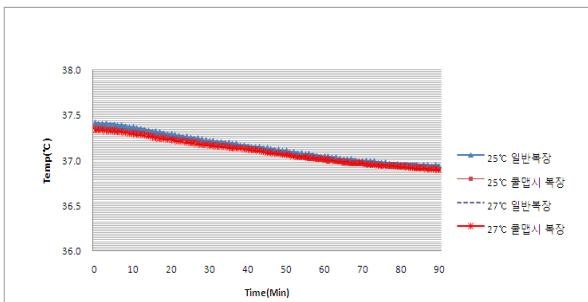
f. 종아리 부위



g. 발등 부위



h. 평균 피부온



i. 직장온의 변화

그림 2. 시간경과에 따른 피부온 및 직장온의 변화

와 일치하였다<그림 2-f>.

발등 피부온은 27℃ 일반복장(34.2℃) = 27℃ 쿨맵시 복장(34.2℃) > 25℃ 일반복장(33.3℃) > 25℃ 쿨맵시 복장(32.9℃) 순으로 높았다. 냉방온도 27℃에서는 시간경과에 따라 피부온이 안정을 나타내나 25℃에서는 피부온이 하강하는데 그 속도가 급격하였다. 즉 일반복장을 착용하였음에도 불구하고 발등 피부온의 저하가 가파른 것을 볼 수 있었다. 환경온도 25℃ 실내에서는 장시간 저 활동량 작업을 하는 경우 피부온은 계속 하강하게 될 것이라 사료된다<그림 2-g>.

평균피부온은 27℃ 일반복장 > 27℃ 쿨맵시 복장 > 25℃ 일반복장 > 25℃ 쿨맵시 복장의 순서로 높았다. Ventilation이 클수록 낮은 피부온을 나타내는데<그림 2-h>, 노출이 많은 쿨맵시 복장이 방열이 용이했기 때문인 것으로 사료된다. 25℃ 환경에서는 피험자가 신체 움직임이 없는 상태에서 장시간 작업하여 시간이 지날수록 피부온이 점차 낮아짐으로써 시원함 내지는 추운 것으로 생각할 수 있으나, 27℃ 환경에서는 시간이 지나도 피부온에 변화가 없어 인체가 안정상태인 것으로 추측된다.

### 3.1.2. 직장온

직장온은 초기 상승없이 바로 하강하는 경향을 보여주는데, 측정전 안정기 기간에 37.32±0.09℃에서 시작하여 실험진행 기간에서 37.15±0.08℃로 약 0.17℃ 정도 저하하였고, 또 실험 종료시점에 오면 37.00±0.05℃로 0.15℃ 하강하였다. 이처럼 직장온은 점점 저하하게 되는데 장시간의 컴퓨터 작업과 같이 정지 상태로서 운동량이 적은 경우에 작업이 지속되면 직장온이 지속적으로 하강하게 된다. 환경온에 따른 직장온의 시간경과로 인한 감소변화를 살펴보면, 25℃의 환경온도일때, 27℃ 보다 직장온의 감소가 더 크다. 즉, 냉방온도가 27℃ 일 때 직장온이 더 안정적으로 나타났다<그림 2-i>. 이처럼 냉방이 지속되면 움직임이 적은 사무실에서는 직장온이 지속적으로 하강하게 되므로 약냉방이 건강 유지 측면에서 유리하다고 볼 수 있다.

## 3.2. 국소발한량과 전신발한량

<그림 3>은 4명 피험자의 발한량을 나타낸다. 평균적으로 국소발한량은 27℃일반복장 269mg/cm<sup>2</sup>/min>

27℃ 쿨맵시복장 158mg/cm<sup>2</sup>/min > 25℃일반복장 149mg/cm<sup>2</sup>/min > 25℃ 쿨맵시복장 70mg/cm<sup>2</sup>/min의 순서로 많이 분비되었다. 즉 발한은 일반복장의 경우가 쿨맵시 복장보다 많았으며, 환경온에 따라서는 기온이 높을수록 많았다. 이는 앞의 높은 환경온도에서, 일반복장 착용시에서, 피부온도 및 의복 내 습도가 높았던 결과와 일치하며, 발한에 의한 쾌적성을 고려할 때, 발생한 열과 땀은 개폐구 및 직물을 통해 체외로 발산되지 않을 경우, 체내에 정체되어 체온이 상승하게 되며 불쾌감을 초래할 수 있다. 특히 27℃ 일반복장 착용시의 높은 국소발한량으로 인해 위의 피부온 결과에서 가슴 피부온 저하에 영향을 미쳤다는 것이 확인되었다. 체중 변화로 알아본 전신발한량은 환경온도 27℃ 일반복장에서 체중감소가 평균 178g으로서 가장 많은 것으로 나타났다. 다음은 27℃ 쿨맵시 권장복장으로서 164g 이었으며, 그 다음으로 25℃ 일반복장이 139g, 25℃ 쿨맵시복장이 136g 의 순서였다. 전신발한량은 복장별, 환경기온별 차이가 국부발한량보다 비교적 적은 것으로 나타났다<그림 3>.

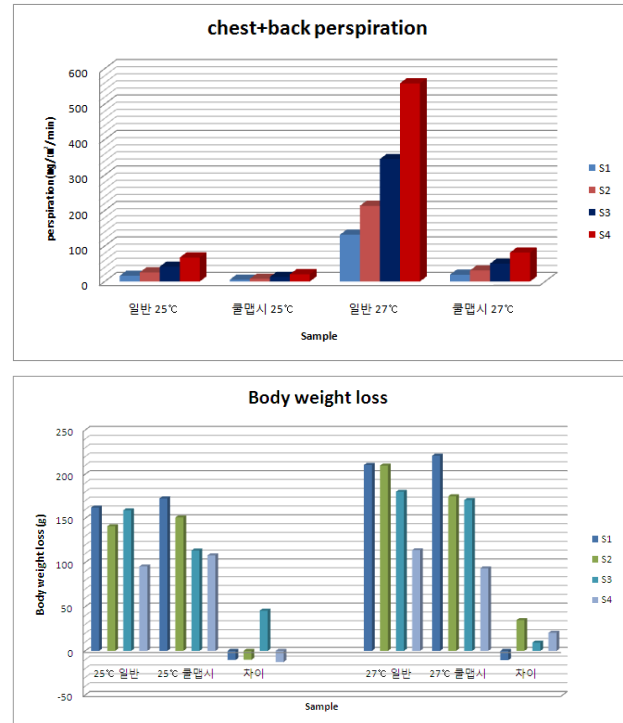


그림 3. 국소발한량과 전신발한량

### 3.3. 의복 내 습도

의복 내 가슴 부위 상대습도를 시간별로 나타낸 결과 <그림 4>, 본 실험전 초기습도는 60%RH로 비교적 높았으나 실험말기에는 24~32%RH정도로 낮게 나타났다. 시간이 경과됨에 따라 점점 하강하면서 40분 이후에는 습도 변화가 거의 나타나지 않는 것으로 보아 피험자가 안정감을 느끼는 편안한 상태라고 생각되며, 저항도의 활동량이 적은 운동을 수행함에 따라 피부온이 저하하여 발한은 멈추고 불감증설만 분비됨으로써 의복 내 습도가 낮게 나타났다고 사료된다.

복장별, 냉방온도에 따른 의복 내 가슴 상대습도는 27℃ 일반복장 > 27℃ 쿨맵시 복장 > 25℃ 일반복장 > 25℃ 쿨맵시 복장 착용 순서로 높았는데 동일 복장 시 냉방온도의 환경온이 높을수록, 또 동일 환경온이라면 일반복장 착용시의 경우가 의복 내 습도가 높았다. 환경간, 의복 간 뚜렷한 차이를 볼 수 있었다.

작업경과에 따른 의복 내 습도의 변화를 살펴보면 운동 전 단계의 안정기 기간에는 최대 50%R.H.의 상대습도를 나타내다가 시간이 경과될수록 점점 습도가 낮아지고 24~32%R.H. 정도로 건조해졌다.

<그림 5>는 등 부위의 습도를 나타내며 가슴 부위의 습도와 유사한 결과를 나타내었다. 복장별, 환경온도별에 의복내 등 습도는 27℃ 일반복장 > 27℃ 쿨맵시 복장 > 25℃ 일반복장 > 25℃ 쿨맵시 복장 착용 순서로 높았다. 등 습도는 가슴 부위보다 약 5~8 %R.H. 정도 습도가 높은 것으로 나타났으며 가슴 부위에서 보다 복장간, 환경온도 간에 뚜렷한 차이를 나타내었다.

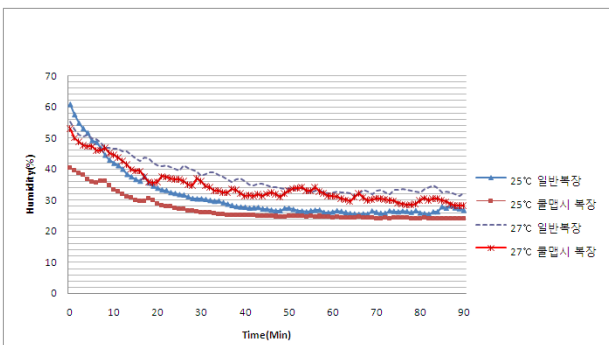


그림 4. 시간경과에 따른 의복내 습도 (가슴)

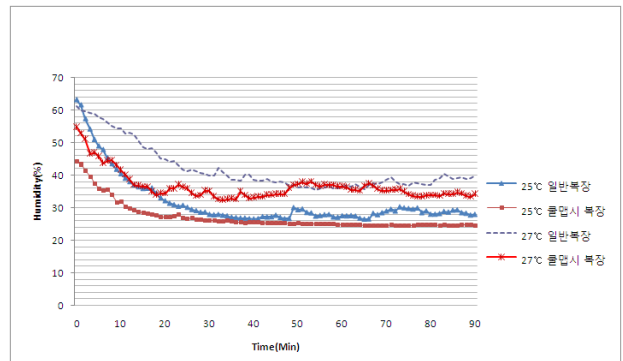


그림 5. 시간경과에 따른 의복내 습도 (등)

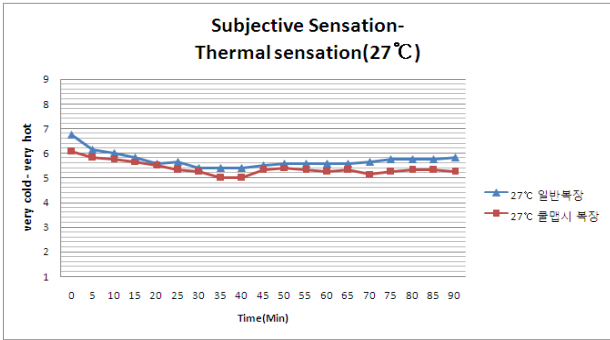
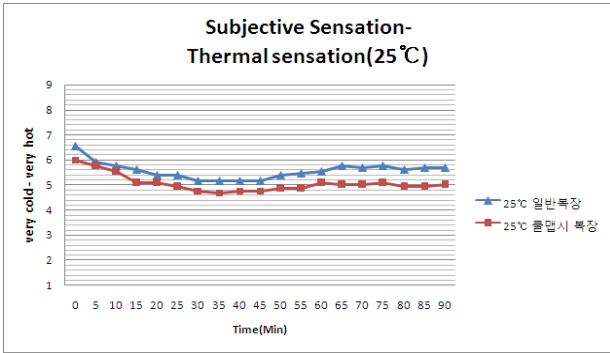
### 3.4. 주관적 감각 평가

모든 온도·조건에서 일반복장이 쿨맵시 복장 착용 시 보다 온열감은 ‘덥다’라고 응답하였다. 온열감은 27℃ 일반복장 > 27℃ 쿨맵시 복장 > 25℃ 일반복장 > 25℃ 쿨맵시 복장의 순서로 ‘덥다’ 또는 ‘따뜻하다’고 느꼈으며, 환경온이 높을수록, 일반복장의 경우에서 온열감이 ‘덥다’였다. 온열감에서의 중립적 점수인 5.0점 근처로 가장 중립적인 온열감을 보인 경우는 5.2점으로 응답받은 27℃ 쿨맵시 복장 착용의 경우였다<그림 6-a>. 실험 시작시 ‘시원하다’ 쪽으로 이동되었으나 25℃의 경우에는 일반복장 착용시 다시 온열감이 증가하여 복장간 온열감의 차이가 크게 벌어졌다. 25℃에서 복장의 차이를 민감하게 반응하였으며, 일반복장은 온열감이 시간경과에 따라 증가하는 것을 보았다<그림 6-a>.

습윤감은 온도차, 또는 복장차에 따른 차이가 적었다. 27℃ 일반복장에서만 4.1점으로 습윤감이 높았고 나머지 경우에는 모두 4.0점이었다<그림 6-b>.

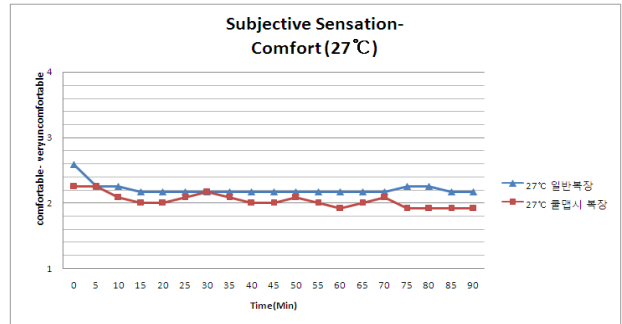
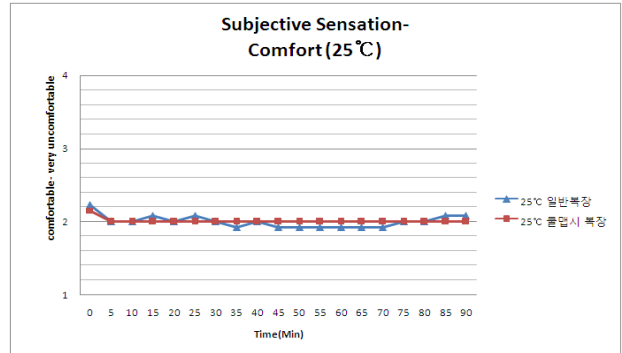
쾌적감은 27℃ 쿨맵시 복장에서 1.9점으로서 가장 쾌적한 응답을 보였다. 25℃에서는 두 복장의 쾌적감 차이가 적었으나 27℃에서는 차이가 발생하였다<그림 6-c>.





구 분	25°C 쿨맵시	25°C 일반	27°C 쿨맵시	27°C 일반
주관적 온열감	4.7	5.6	5.2	5.8

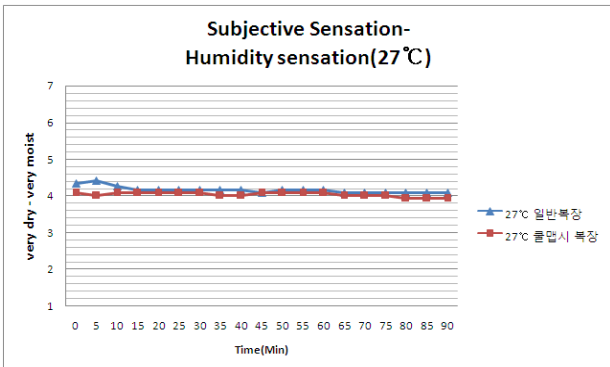
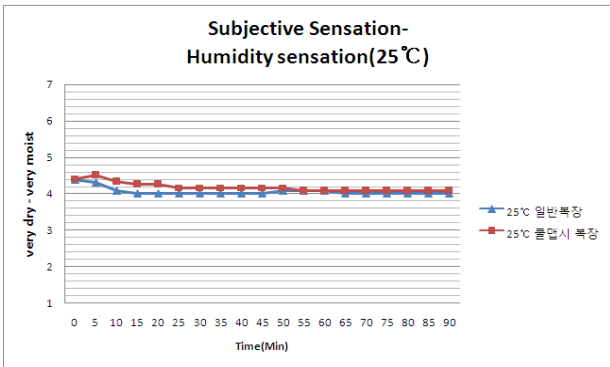
a. 주관적 온열감 및 실험기 30분간의 온열감 평균



구 분	25°C 쿨맵시	25°C 일반	27°C 쿨맵시	27°C 일반
주관적 쾌적감	2.0	2.1	1.9	2.2

c. 주관적 쾌적감 및 실험기 30분간의 쾌적감 평균

그림 6. 각 환경온에서 시간경과에 따른 주관적 감각(a-온열감, b-습윤감, c-쾌적감)



구 분	25°C 쿨맵시	25°C 일반	27°C 쿨맵시	27°C 일반
주관적 습윤감	4.0	4.0	4.0	4.1

b. 주관적 습윤감 및 실험기 30분간의 습윤감 평균

### 3.5. 비접촉식 피부온

<그림 7>은 적외선 열화상 카메라에 의해 측정된 비접촉 피부온도 thermography를 통해 각 환경에서의 의복표면 온도의 최대값을 구한 것이다. 복장별, 냉방 온도에 따른 차이를 분석한 결과 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장 순서로 의복표면의 최고온도가 높았다. 높은 환경 온에서, 일반복장 착용의 경우에서 의복표면 온도와 목부위의 인체표면 온도가 높았다. 27°C 일반 복장에서 목 부분의 온도가 쿨맵시복장보다 낮은 것은 넥타이에 의한 혈류의 억제 영향인 것으로 사료된다. 쿨맵시복장은 낮은 피부온을 보이는데 이는 넥타이 미착용이므로 셔츠와 피부 사이에 차 있던 더운 공기를 외부로 용이하게 내보낼 수 있었기 때문이라고 사료된다. 따뜻해진 공기는 가벼워져서 상승하기 때문에 의복의 상향 개구부인 목의 여밈을 개방하는 것이 피부온을 낮추고 쾌적감을 높이는데 효과적임을 확인하였다.

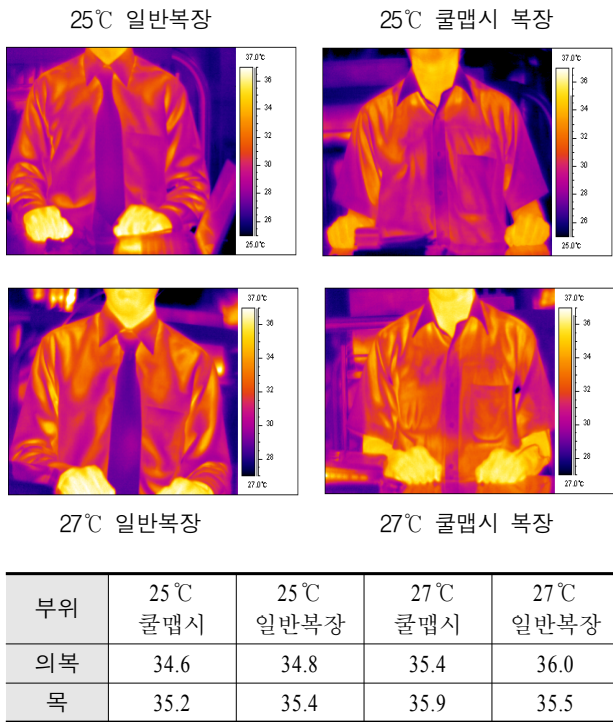


그림 7. 열화상 카메라 측정에 의한 최고 표면온 (단위 : °C)

### 3.6. 2차 실험

<그림 8>은 환경온을 26°C, 24°C 등으로 낮추면서 일반복장 착용시의 피부온을 측정할 것이다. 시간변화에 따른 피험자의 가슴 피부온과 평균피부온으로서 실험 종료시점에서 피부온을 읽음으로써 27°C 쿨맵시 착용시의 피부온과 동일해지는 실내온도를 찾을 수 있었다.

가슴 피부온의 경우 목표치는 35.0°C이었는데, 24°C에서의 피부온은 34.4°C로서 목표치보다 너무 낮았고, 25°C에서의 피부온은 35.0°C로서 목표치와 동일하였으며, 26°C에서의 피부온은 35.0°C로서 근접하였다. 그러나 이는 발한이 분비되어 오히려 피부온을 떨어진 것으로 사료되는데, 2인의 평균값을 취한 피부온인 까닭이다. 즉 일반복장을 착용하면 냉방온도는 25°C가 되어야만 거의 비슷한 온열감을 나타내는 유사한 피부온이 나타남을 확인하였다. 이는 쿨맵시 복장을 착용한다면 실내의 냉방온도를 2°C를 높여도 일반복장 착용시와 동일한 온열감을 낼 수 있다는 의미이다.

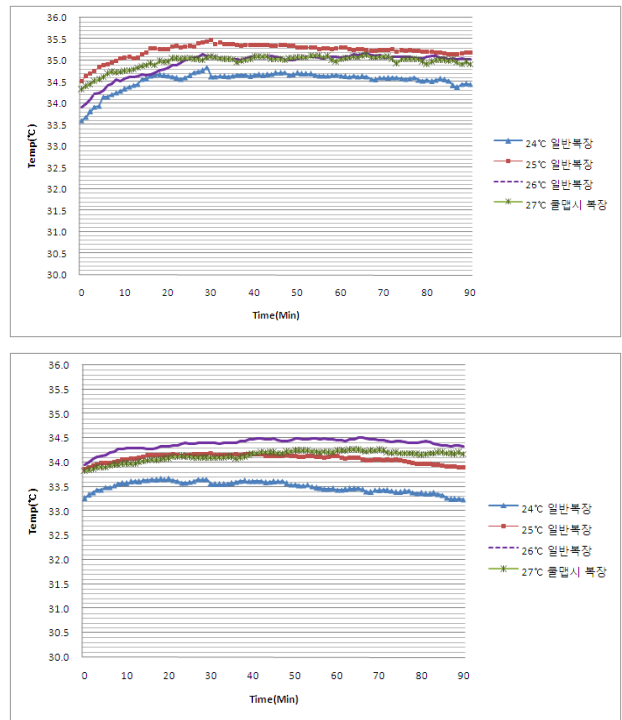


그림 8. 일반복장의 환경온에 따른 가슴 피부온 (위)과 평균피부온 (아래)

평균피부온의 경우에는 목표치가 34.2°C이었는데, 데이터 측정 결과, 26°C에서 일반복장은 34.3°C로서 이 목표치에 도달하지 못하였고, 25°C에서 실험 40분 경과까지는 34.1°C로 유지되고 이후 약간 저하하였는데 목표치의 피부온이 발현되었다. 24°C에서는 평균 피부온이 33.4°C로 너무 하강하였다. 가슴피부온과 마찬가지로 평균피부온도 25°C 일반복장 착용시의 평균 피부온이 27°C 쿨맵시 복장의 평균피부온에 가깝다고 볼 수 있었으며, 즉 일반복장 착용시와 동일한 평균피부온을 발현하는데 냉방온도를 2°C를 높일 수 있는데, 이만큼 에너지를 절약하는 효과가 발생한다.

<그림 9>는 본 연구에서 동일 피부온을 발현하는 환경온을 찾는 방법을 또 다른 방법으로 설명하는 도표이다. 실내온도에 따른 피부온의 그래프를 작성하였고 Y 축에서 27°C 쿨맵시 권장복장 착용시의 목표 피부온 값을 찾아서 그때의 실내온도를 X축 위에서 읽었다. 가슴피부온과 평균피부온 모두 25°C에서 목표 피부온이 나타났다.

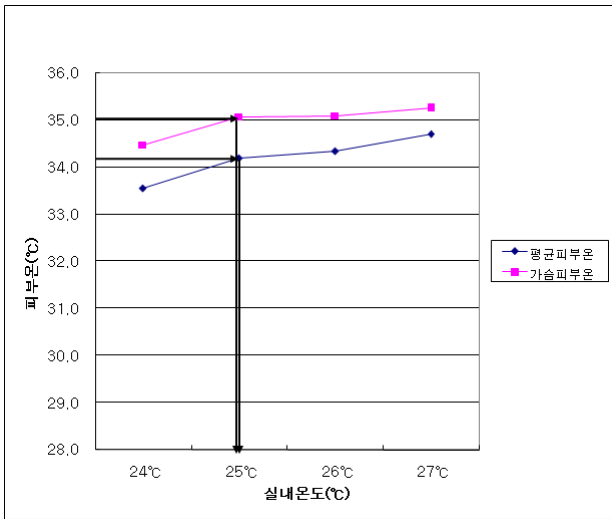


그림 9. 동일 피부온을 발현하는 환경은 찾기

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 실내 냉방 온도별, 쿨맵시 권장복장과 일반복장의 형태별 피부온 및 쾌적감에 대한 객관적 정량적 평가이다. 1차 실험으로서 25°C와 27°C의 두 환경에서 두 복장 착용시의 온열적 반응을 비교한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 냉방온도 25°C에서 쿨맵시 권장복장 착용시의 가슴 피부온이 일반복장 착용시보다 0.3~1.6°C 더 낮았으며 냉방온도 27°C에서는 0.4~1.0°C 더 낮았으므로 쿨맵시 복장을 착용하는 것이 권장된다. 부위별 피부온도를 살펴보면 가슴 피부온은 33.3~34.3°C으로 높았으나 종아리 피부온은 31.2~32.4°C으로 낮게 나타났다. 전완 피부온의 경우 환경별, 복장별 피부온의 차이가 가장 크게 나타났다. 모든 경우에서 시간 경과에 따라 종아리 피부온은 지속적으로 하강하였으므로 저장도 작업이 지속될 경우 과도하게 냉방을 하는 것은 사지부 보온이 필요해짐을 시사한다. 냉방온이 25°C가 되면 대퇴부의 피부온까지 지속적으로 하강하게 되므로 주의가 요구된다.
2. 평균피부온은 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시복장 순으로 높았다. 25°C 일반복장 착용시와 27°C 쿨맵시복장 착용시에서 쾌적대의 피부온이 나타났다. 25°C에서 일반복장의 경우, 입실초기 쾌적대에 비교적 빨리 도달하지만 시간 경과에 따른 피부온 하강으로 인해 불쾌감을 유발하게 된다. 27°C에서 쿨맵시 권장복장

의 경우, 환기·통풍이 커서 방열이 비교적 원활하므로 피부온이 신속히 저하할 뿐만 아니라 시간 경과에 따른 피부온 하강 현상은 줄어들었다. 25°C 환경에서 쿨맵시복장의 피부온은 환경온에 민감하게 반응하였으므로 주의가 요구된다.

3. 직장온은 복장에 따른 차이는 거의 없었고, 환경온에 따른 차이가 약간 보였다. 냉방온도 25°C에서 직장온이 더 많이 하강하였고 냉방 온도 27°C에서 직장온이 더 안정적으로 나타났다.
4. 국소발한량은 27°C 일반복장 착용시에 269 mg/cm<sup>2</sup>/min으로서 가장 많았고 25°C 쿨맵시복장 착용시에 70 mg/cm<sup>2</sup>/min으로서 가장 적었으나, 25°C 일반복장과 27°C 쿨맵시복장에서는 149~158 mg/cm<sup>2</sup>/min 정도로 거의 유사하게 적게 분비되어 비교적 쾌적한 것으로 나타났다. 실험전 후 체중의 손실로 보는 전체 발한량은 일반복장 착용시에, 높은 환경온인 경우에 많이 분비되었다.
5. 의복 내 가슴과 등의 습도는 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장의 순서로 높았으며, 일반복장에서, 또 환경온도가 높을 때 습도가 높았다.
6. 주관적 감각은 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시복장의 순서로 ‘따뜻하고 습하다’고 느꼈다. 일반복장이 쿨맵시복장보다 온열감·습윤감·불쾌감이 높은 경향을 보였다. 25°C 일반복장과 27°C 쿨맵시 복장에서 온열감, 습윤감이 중립적인 느낌을 나타냈으나, 쾌적감은 27°C 쿨맵시 복장에서 가장 우수하였다.
7. 열화상 카메라 측정 결과 27°C 일반복장 > 27°C 쿨맵시 복장 > 25°C 일반복장 > 25°C 쿨맵시 복장 착용 순서로 의복표면의 최고온도가 높았다. 높은 환경온에서, 일반복장의 경우에서 의복표면 온도가 높았다.

2차 실험 결과를 요약하면 다음과 같다. 여름철 실내 권장온도인 27°C에서 쿨맵시 복장을 착용하면 평균 피부온도가 0.47°C(0.4~1.0°C) 낮아지는 것으로 나타났다. 사무실 평균온도인 25°C에서 쿨맵시복장을 착용하면 평균 피부온도가 0.8°C(0.3~1.6°C) 낮아졌다. 27°C의 실내에서 쿨맵시 복장을 착용하면 실내온도를 25°C로 낮추는 효과와 같았다. 즉 실내 냉방 온도 25°C에서 일반복장을 착용했을 때의 가슴 피부온과 평균 피부온은 실내 냉방 온도 27°C에서 쿨맵시 복장

을 착용했을 때와 동일하였다. 따라서 27℃에서 쿨맵시 복장을 착용한다면 그때의 온열감은 25℃에서 일반복장을 착용했을 경우의 온열감과 유사한 것을 의미하며, 착용 복장만을 변경시킴으로써 여름철 실내 냉방 온도를 2℃ 높이는 에너지 절약 효과가 있다고 볼 수 있다.

단, 이는 냉방에 노출되는 시간이 약 1시간반 정도인 경우의 결과이며, 시간경과에 따라 지속적으로 피부온 및 한랭감은 변화하게 되므로 확대 해석하는 것은 무리가 있다. 일반적으로 대략 1시간 반 정도는 정적작업을 지속적으로 할 수 있으므로 본 연구는 어느 정도 의미를 지닐 것이다. 평균 작업시간의 측정, 평균 복장의 무게 측정, 평균 실내온도 측정 등이 이루어진다면 더욱 정확한 연구가 가능하리라 사료된다.

결론적으로, 여름철 쿨맵시 복장은 반소매 셔츠, 넥타이 미착용 차림으로서 인체의 방열을 촉진함으로써 피부온을 낮추고 발한량을 줄이고 의복하 습도를 낮추었으며 주관적 감각도 우수하였다. 여름철 실내 냉방온도를 27℃로 높이고 쿨맵시 권장복장을 착용하는 것이 인체 생리반응 및 체온조절에 유리하며 주관적 감각도 우수한 것으로 나타났다. 또 냉방온도의 과도한 저하를 방지하고 온실가스 발생을 저감시킬 수 있겠다. 즉 56.6%의 실내 적정온도 미준수 장소에서 쿨맵시 복장을 착용하면 233,642 TOE의 에너지사용을 줄이는 동시에 1,144천톤의 온실가스 저감이 가능하겠다. 본 연구는 쿨맵시 권장복장의 착용시 쾌적성을 평가하였다는 점과 에너지 절약차원에서 동일 피부온을 발현하는 실내 환경온을 찾았다는 점 등 하절기 의복에 대한 평가법을 개발하였다는 점에서 독창적이라고 볼 수 있다.

### 참고문헌

- 강누리 (2010). 여름철 냉방실내에서 최적 의류착의 형태와 주관적 감각. 인하대학교 대학원 석사학위논문.
- 김은주 (2002). 방사능 방호복의 온열 쾌적성 평가에 관한 연구. 상명대학교 대학원 박사학위논문.
- 염희경 (1992). 의복형태에 따른 성인여성의 발한반응에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 윤종호, 이철성, 김효중, 박재완, 신우철 (2009). 착의량별 실내설정온도에 따른 난방에너지 및 온실가스 저감량 산정 연구. *한국태양에너지학회*, 29(1). 155-167.

윤준식 (2001). 등산복 쾌적성에 대한 연구, 건국대학교 산업대학원 석사학위논문.

이영아, 장지혜 (1998). 춘추내의의 착용방법에 따른 생리적 반응. *한국생활환경학회지*, 5(1), 41~54.

에너지 관리공단 (2009). <http://www.kemco.or.kr>

전정윤, 배누리 (2005). 공동주택의 여름철 수용 쾌적 온도 범위와 거주자의 냉방기 사용행위에 관한 연구. *설비공학논문집*, 대한설비공학회, 17(5), 477-486.

조지현 (1999). 투습방수 소재 스포츠웨어의 인체 생리반응 및 쾌적감에 관한 연구. 계명대학교 대학원 박사학위논문.

원고접수 : 10.04.27

수정접수 : 10.06.04

게재확정 : 10.06.07