

# 기능성 실험 가운의 개발 및 평가 -체온조절 및 온열 쾌적성을 중심으로-

최정화 · 이주영 · 김소영

서울대학교 의류학과

## Development and Evaluation of Functional Lab Gowns in Point of Thermoregulation and Thermal Comfort

Jeong-Wha Choi · Joo-Young Lee · So-Young Kim

Dept. of Clothing & Textiles, College of Human Ecology, Seoul National University  
(2003. 8. 20. 접수)

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate thermal properties of lab gowns developed from the point of safety and work efficiency. We evaluated thermal and subjective responses of subjects wearing functional new lab gowns (Type B, C, D) and a popular lab gown on the market (Type A). Type B was a new lab gown made of woven fabric with functional cuffs. Type C was a new apron made of woven fabric with arm protectors. Type D was a new lab gown made of non-woven material with functional cuffs and openings around the armpits. Temperature in the climatic chamber was set at 19°C as an indoor temperature in winter and at 24°C in summer. There were no significant differences in rectal temperature and heart rate among four types of gowns and between two air temperatures for 120 min. Mean skin temperature was much higher in the type A and B than in the type C and D ( $p < .05$ ). In the 19°C air, clothing microclimate temperature on the back was the highest in the type B and was the lowest in the type C ( $p < .05$ ). Clothing microclimate humidity was not significant differences among gowns. In subjective responses, subjects perceived that Type B was the warmest gown in the 19°C and the hottest and more humid in the 24°C than other gowns. Inversely, type C was the coolest gown among four gowns. Both in the 19°C and in the 24°C, the Type D had gained most responses of being comfortable. In conclusion, the temperature difference of 5°C was more of an influencing factor than the difference from four types of lab gowns. Secondly, we recommend the manufacturers to make lab gowns with functional cuffs for safety purposes. Thirdly, the spread of the type of apron with arm protector will contribute to increase of the frequency of wearing in summer. Fourthly, it is necessary to study continuously about lab gowns with non-woven materials for researchers exposed to toxic chemical and biological materials.

**Key words:** Lab gown, Thermoregulation, Thermal comfort; 실험 가운, 체온 조절, 열적 쾌적감

### I. 서 론

과학 기술의 발달로 과학 기술의 현장인 대학, 연구

본 연구는 2001년 산학협동재단과 ㈜유한 킴벌리의 연구비 지원으로 수행되었으며, 본 연구에 피험자로 참여한 분들에게 감사 드립니다.

소 및 의료 기관 등에 종사하는 사람들은 점점 다양한 위험에 노출되고 있으며, 특히 화학적, 생물학적 위험 노출을 줄이기 위해 실험 가운을 반드시 착용하도록 하는 자체 규정을 두고 있는 곳이 늘고 있는 추세이다. 실험 가운을 반드시 착용해야 하는 대상으로는 자연계 대학(원)생이나 의료계 종사자, 각종 자연계열 연

구소 연구원 등을 들 수 있다. 자연계 및 의약계 대학(원)생의 수는 2002년 약 63만명(통계청, 2003)으로 추정되며, 병원이나 약국, 각종 연구소 종사자 등 전문직 종사자까지 포함하면 상당한 인구 집단이 다양한 노출 현장에서 인체를 보호하고 작업 능력을 최대화 할 수 있는 가능성 실험 가운의 수요 집단이라고 볼 수 있다. 그러나, 현재 대부분의 자연계 대학(원)생이나 연구직 종사자, 병원의 의사나 약사 모두 거의 동일한 형태 및 소재의 실험 가운을 착용하고 있다. 실험실 실험과 의사의 진료는 다르고 실험실 실험도 노출되는 위험 요인에 따라 다양하기 때문에 노출 상황에 적절한 다양한 소재와 적절한 디자인의 실험 가운이 선택될 필요가 있다.

화학 약품이나 생물질, 방사성 물질 등을 다루는 실험실에서는 일반적인 실험실 안전 수칙으로 반드시 실험 가운을 착용하여야 하며, 실험 가운의 소재로는 열과 산에 약한 합성섬유 대신 면이어야 한다고 명시하고 있다(서울대학교 환경안전연구소, 2002). 그러나 이와 같은 자체 규정에도 불구하고 실제 실험실 현장에서의 실험 가운 착용율은 기대 수준보다 낮는데 이는 주로 여름철 실험 가운 착용에 의한 체온 조절적 부담과 정교한 실험 수행 시 실험 가운의 형태가 오히려 실험에 거주장스러운 요소로 작용하기 때문인 것으로 조사되었다(최정화 외, 2004). 또한 국내에서는 실험 가운의 소재로 노출 위험 요인의 종류에 따라 구체적으로 적용하지 않고 일괄적으로 면 실험 가운을 권장하고 있으나, 이미 유럽 등지에서는 단순 직물 소재 대신 방수 소재나 부직포 소재 등을 이용할 것을 권하고 있다(Patel et al., 1998). Karagkevrekis et al.(1997)는 영국의 79 개 병원 중 면 가운만 착용하는 병원은 5%에 지나지 않았고, 54%는 면 가운과 방수 소재 가운을 함께 사용했으며, 나머지 41%의 병원에서는 방수 소재 가운만 착용하였다고 보고하였다. 영국 정형외과 협회 (BOA)에서는 면 가운은 젖었을 때 혈액에 대한 방어 능력이 떨어지고, 특히 간염이나 HIV와 같은 바이러스에 대한 위험 때문에 더 이상 착용하지 말라고 권하고 있기까지 하다. Moylan et al.(1987)은 2년 간의 병원 현장 조사 결과 직물보다 부직포 가운을 입은 경우 감염율도 더 낮았고, 비용 분석 결과에서도 부직포 가운을 착용한 경우 더 적은 경비를 지출하였다고 보고하였다. 이처럼, 실험 가운에 사용되고 있는 소재 중 부직포는 미생물과 화학 물질에 대한 방호 능력이 일반 직물보다 우수함에도 불

구하고(Lankester et al, 2002; Granzow et al, 1998; Pissiotis et al, 1997), 우리 나라에서는 너무 가볍고 일회용이라는 착용자들의 인식과 좁은 판매망, 환경 오염에 대한 우려 등으로 착용율은 그다지 높지 않다(최정화 외, 2004).

실험 가운을 착용하는 가장 큰 목적은 위험 요인들로부터 신체를 보호하는 것이다. 따라서 새로 제작된 실험 가운의 생화학적 보호 성능을 평가하는 것이 우선일 것이나, 온열적 불쾌감으로 인해 착용하지 않는다면 우수한 보호 성능도 소용이 없다. 본 연구진은 노출 상황에 적합한 용도별 가능성 실험 가운 개발의 첫 번째 단계로 현장 착용 실태 설문 조사를 실시하여 대학, 연구소 및 병원 등의 실험 가운 착용 현황과 요구 사항 등을 파악하였는데(최정화 외, 2004), 조사 결과 실험 가운 착용을 기피하는 가장 큰 이유는 온열적 불쾌감 때문이었다. 실험 가운의 생화학적 보호 성능은 실험 가운 소재의 성능 평가를 통해 확인하였다. 동시에 설문 조사 결과를 토대로 보호 기능을 향상시킬 수 있는 디자인의 가능성 실험 가운 12종을 제작한 후 실제 실험실 현장에서 실험 연구원들을 대상으로 주관적 착용감 테스트를 수행하였다. 본 연구는 이의 세 번째 단계로 이들에 관한 객관적 평가를 위해, 12종의 개발 실험 가운 중 실제 실험실 현장 착용감 평가에서 선호도가 가장 높았던 실험 가운 3종을 선택하여 이 실험 가운들이 착용자의 체온 조절 및 주관적 감각에 미치는 영향을 살펴 보는 것을 목적으로 하였다. 특히, 부직포 일회용 가운은 우수한 보호 성능으로 인해 착용율 증가가 예상되므로 이의 온열적 성능이 주의깊게 평가될 필요가 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 피험자

피험자는 임의 선발된 건강한 한국인 20 대 남자 네 명으로 인구통계학적 특징은 Table 1과 같다. 특

Table 1. Characteristics of subjects

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> )*	BMI**
Mean	23.3	177.3	72.1	1.90	22.9
SD	5.2	5.1	5.3	0.09	1.17

\*BSA=Height(cm)<sup>0.725</sup> weight(kg)<sup>0.425</sup>×0.007246;

\*\*BMI=Weight (kg)/Height(m)<sup>2</sup>

정 질환을 앓고 있거나 장기간 약물 복용, 장기간 운동 훈련 등을 해온 자는 피험자 선정 시 제외하였으며, 피험자들에게는 실험의 목적과 내용을 정확히 고지하여 자발적 동의 하에 실험에 참여하도록 하였다.

2. 인공 기후실 환경 및 착의 조건

인공 기후실내 환경은 대학과 병원 등의 실험 가운 착용 실태 조사 결과(최정화 외, 2004)를 바탕으로 일반적인 겨울철 실험실 실내 온도인  $19\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 와 여름철 실험실 실내 온도인  $24\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였다(습도는  $40\pm 5\%RH$ , 기류는  $0.1\text{m/s}$  이하). 이 조건 아래 착용한 실험 가운 형태는 네 가지로, 현장 착용 실태 조사 결과 가장 높은 착용율을 보였던 직물 소재의 시판 실험 가운(A형), 직물 소재의 개발된 실험 가운(B형), 직물 소재의 개발된 앞치마형 실험 가운(C형), 부직포 소재의 개발된 실험 가운(D형)이다. 실험 가운 B, C, D형은 기능성 실험 가운으로 제작된 총 열 두 종의 실험 가운 중, 실제 실험실 현장 착용 테스트를 통해 주관적 선호도가 가장 높았던 실험 가운이다. 실험 시 소매에 의한 불편을 줄이고자 실험 가운 B형의 소매 부리는 편직 오그림단으로, 실험 가운 D형의 소매 부리는 고무줄 소매로 제작하였으며, 실험 가운 C형은 여

름철 더위로 인한 실험 가운 착용을 저하를 줄이고자 제작된 앞치마와 팔 토시 형이다(Fig. 1). 각 실험 가운 소재의 물리적 및 생화학적 특성은 Table 2에 제시하였으며, 실험 가운 이외에 착용한 의복은 모두 동일한 긴 팔 셔츠, 긴 면 바지, 팬티, 양말, 운동화였다.

3. 실험 과정 및 측정 항목

피험자는 실험을 시작하기 전에 기본적인 인구 통계학적 특성 등에 관한 간단한 설문지를 작성한 후 인공 기후실에 들어가 실험 의복으로 갈아 입고 안정을 취한 후 실험 환경에 120분 노출되었다. 120분 노출 동안 생리적 측정 항목은 직장 온도 (Tre), 피부 온도 (Tsk), 의복내 온도 (Tcl), 의복내 습도 (Hcl), 심박수 (HR) 등이며 주관적 감각 항목은 네 가지로 전신 한서 감각, 전신 습윤 감각, 온열 선호도 및 온열 쾌적감이다. 모든 생리적 측정 항목들은 1분 간격으로 자동 기록하였으며, 주관적 감각은 실험 시작부터 10분 간격으로 설문지에 스스로 기록하게 하였다. Tsk는 휴대용 피부 온도 측정기(LT 8A, Gram Corp., Japan)를 이용하여 인체 일곱 부위 Tsk를 측정한 후, DuBois의 7부위식(식 1)을 이용하여 평균 피부 온도( $\bar{T}_{sk}$ )를 계산하였으며, Tre는 동 기계의 직장은 전용 센서를 13cm 삽입한 후 측정하였다.

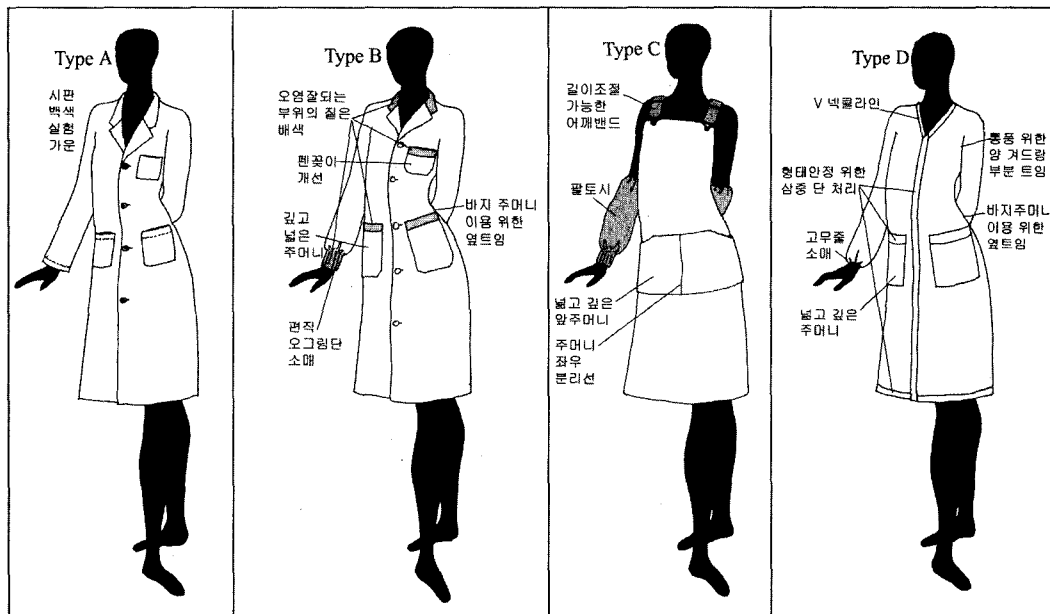


Fig. 1. Schematics of experimental lab gowns.

Table 2. Characteristics of experimental gowns and materials

		Type A	Type B	Type C	Type D
Garment	Descriptions	시판백색 실험가운	개발직물소재 실험가운	개발얇치마형가운 (+팔토시)	개발부직포소재 실험가운
	Weight (g)	504	581	421	172
	Covering area (%)*	70	71	42	71
Material	혼용율 (%)	P/C (63.7/36.3)	P/C (64.2/35.8)	Cotton 100	PP 100
	중량 (g/m <sup>2</sup> )	196.6	212.7	166.5	63.6
	밀도 (KS K 0511-1999, /5cm)	228.2 (경사)	219.4	277.0	-
		114.0 (위사)	116.0	134.0	-
	번수 (KS K 0415)	20.6 (경사)	20.1	30.0	-
		20.5 (위사)	20.1	30.0	-
	인장강도 (KS K 0520-2001, N)	968.1 (경사)	1121.9	546.2	98.5 (길이)
		443.3 (위사)	517.8	229.5	67.8 (폭)
	인장신도 (KS K 0520-1995, %)	21 (경사)	18	10	27 (길이)
		18 (위사)	16	9	32 (폭)
	인열강도 (KS K 0535-1999, gf)	3374 (경사)	5660.0	1798.8	-
		2078 (위사)	5061.9	1390.9	-
	방오성 (KS K 0610-1996,)	4.0	3.0	1.3	4.5
마찰대전성 (KS K 0555-2000, B, volt)	60 (면포)	110	260	6600	
내약품성 (40% NaOH)	색변화, 오그라들	이상없음	이상없음	이상없음	
보온율 (KS K 0560, %)	39.5	31.8	28.2	23.1	
투습도 (KS K 0594-1998, g/m <sup>2</sup> /24h)	108	108	110	110	

\*Estimated from <figure B.8> in ISO 9920 (1995).

$$\bar{T}_{sk} = 0.07 \times T_{forehead} + 0.35 \times T_{trunk} + 0.14 \times T_{arm} + 0.05 \times T_{hand} + 0.19 \times T_{thigh} + 0.13 \times T_{calf} + 0.07 \times T_{foot} \quad (\text{식 1})$$

T<sub>cl</sub>와 H<sub>cl</sub>은 휴대용 의복 기후 측정기(Thermo Recorder TR-72S, T&D Corp., Japan)를 이용하여 가슴과 등 부위에서 측정하였고, HR은 휴대용 심박수 측정기(Polar, Polar Electro INC., USA)를 이용하여 측정하였다. 피험자는 120 분 노출동안 의자에 앉은 자세로 독서나 가벼운 대화를 하도록 하였다(1.0~1.2 Met). 두 가지 환경 조건에 대해 네 종류의 실험 가운을 착용하였으므로 개인이 수행한 실험 횟수는 총 8 회이며, 식사에 의한 영향을 배제하기 위해 식사 두 시간 이후에 측정을 시작하였다. 일주기 리듬을 고려하여 매일 동일한 시각에 실험을 실시하였으며, 계절에 따른 생리적 반응의 변이에 의한 혼란을 줄이기 위해 실험은 한 달 이내에 종료하였다.

#### 4. 결과 분석

모든 생리적 반응 값에 대해서는 120 분 노출하는 동안의 평균과 표준편차 및 변화도를 제시하였으며,

주관적 반응에 대한 응답은 총 응답수에 대한 비율 (%)로 표시하였다. 두 가지 환경 기온과 네 가지 의복 형태에 따른 유의차를 검증하기 위해 각 측정 항목에 대해 SPSS 통계 패키지를 이용하여 ANOVA를 수행한 후 유의한 항목에 대해 Duncan의 사후 검정을 실시하였고, 주관적 반응에 대한 값에 대해서는 비모수 기법(카이제곱 분석)을 이용하여 유의차를 검정하였다. p<.05를 유의한 차이로 인정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 직장 온도

T<sub>re</sub>는 실험 가운 종류 및 실내 기온에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으며, 직장 온도 강하도 (ΔT<sub>re</sub>)는 네 가지 가운 종류 모두 24°C보다 19°C에 노출된 경우에 더 컸으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 3, Fig. 2). 이와 같이, T<sub>re</sub>는 기온이나 실험 가운 종류에 의한 차이 없이 안정 수준을 유지하였으므로 본 실험 조건들(기온 19°C와 24°C, 일상적 착의, 1.0~1.2 Met의 대사량)의 조합이 T<sub>re</sub>에 유의한 영향을

줄 정도의 강력한 자극은 되지 않음을 알 수 있다. 많은 선행 연구들도 일상적인 범위 내에서 의복의 형태 및 소재 차이가  $T_{re}$ 에 큰 영향을 주지는 않았다고 보고하고 있다. 이윤정 외(2002)은 네 가지 방진복의 형태에 따른  $T_{re}$ 의 차이는 관찰할 수 없었다고 보고하였고, 남상남(1994)도 안정 시와 운동 시 모두, 다섯 가지 스포츠 웨어 소재에 따른  $T_{re}$ 의 유의한 차이를 찾을 수 없었다고 하였으며, 김광희, 박기호(1999)도  $T_{re}$ 는 25°C, 30°C, 35°C의 환경 온도 변화에 대해서는 유의한 차이를 나타냈지만, 반소매(반바지), 긴소매(반바지)라는 운동복의 형태에 의해서는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 그러나, 이미경, 류숙희(1997)는 세 가지 에어로빅복의 형태에 따라  $T_{re}$ 에 유의한 차이를 보였다고 하였는데, 본 연구 결과와 달리 의복 형태의 차이에 따라 다른  $T_{re}$ 를 보인 이유는 첫째, 더운 환경에서 운동을 수행하였고, 둘째 실험 의복 간의 보온력 및 피부 면적의 차이(긴 팔 상의와 긴 바지에 점퍼 착용, 긴 팔 상의와 긴 바지, 반 팔 상의와 반 바지)가 컸기 때문일 것이다.

2. 피부 온도

$\bar{T}_{sk}$ 는 네 가지 실험 가운 종류 모두 19°C보다 24°C 기온에 노출된 경우 유의하게 높았으며( $p < .001$ ), 시간

에 따른  $\bar{T}_{sk}$ 의 변화 양상은 네 가지 의복 종류 모두 19°C에 노출된 경우 점점 감소하고 24°C에 노출된 경우에는 점점 상승하는 상반된 경향을 보여 주었다 (Table 3, Fig. 2). 실험 가운 종류에 따른  $\bar{T}_{sk}$ 의 차이를 보면, 19°C와 24°C 모두에서 C, D 형보다 A, B 형을 입은 경우에 유의하게 높았다( $p < .05$ , Table 3, Fig.

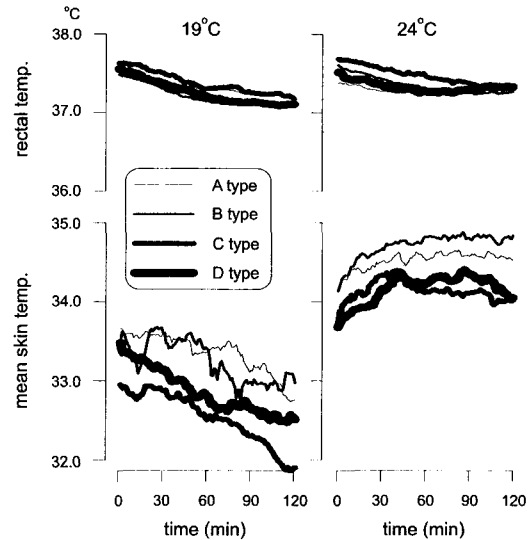


Fig. 2. Time course of rectal and mean skin temperature during the 120 min exposure at 19°C and 24°C.

Table 3. Physiological responses during the 120 min exposure at 19°C and 24°C

Room Temp.	19°C					24°C				
Types of Gown	A	B	C	D	Mean(SD)	A	B	C	D	Mean(SD)
$T_{re}$ (°C)	37.3(0.1)	37.2(0.1)	37.4(0.1)	37.3(0.1)	<b>37.3(0.1)</b>	37.3(0.0)	37.4(0.1)	37.5(0.1)	37.3(0.0)	<b>37.4(0.1)</b>
$\Delta T_{re}$ (°C)	-0.34	-0.41	-0.52	-0.45	<b>-0.4</b>	-0.06	-0.34	-0.36	-0.19	<b>-0.25</b>
$\bar{T}_{sk}$ (°C)	33.4(0.2)	33.2(0.3)	32.5(0.3)	32.9(0.3)	<b>33.0(0.3)</b>	34.5(0.1)	34.7(0.6)	34.1(0.1)	34.2(0.2)	<b>34.4(0.2)</b>
$\Delta \bar{T}_{sk}$ (°C)	-0.90	-0.51	-1.04	-0.97	<b>-0.9</b>	0.35	0.7	0.3	0.37	<b>0.44</b>
$T_{forehead}$ (°C)	34.1(0.1)	33.5(0.4)	33.4(0.2)	33.7(0.2)	<b>33.7(0.4)</b>	34.6(0.1)	34.7(0.2)	34.7(0.2)	34.6(0.2)	<b>34.7(0.3)</b>
$T_{abdomen}$ (°C)	34.3(0.2)	34.5(0.3)	33.8(0.4)	33.5(0.3)	<b>34.0(0.5)</b>	35.5(0.5)	35.3(0.5)	35.0(0.4)	34.5(0.5)	<b>35.0(0.5)</b>
$T_{arm}$ (°C)	33.6(0.2)	33.2(0.3)	33.0(0.5)	33.9(0.3)	<b>33.4(0.4)</b>	35.0(0.1)	35.1(0.1)	34.5(0.1)	34.6(0.1)	<b>34.8(0.2)</b>
$T_{hand}$ (°C)	31.5(1.0)	30.6(1.2)	30.5(1.6)	31.5(1.2)	<b>31.0(1.5)</b>	33.9(0.2)	33.9(0.3)	33.4(0.5)	33.5(0.4)	<b>33.6(0.6)</b>
$T_{thigh}$ (°C)	33.0(0.4)	33.4(0.6)	31.8(0.3)	32.5(0.4)	<b>32.6(0.6)</b>	33.9(0.2)	34.4(0.2)	33.5(0.2)	34.0(0.4)	<b>33.9(0.4)</b>
$T_{calf}$ (°C)	31.8(0.4)	31.3(0.4)	30.0(0.9)	30.5(0.9)	<b>30.9(1.0)</b>	32.8(0.3)	33.2(0.2)	32.2(0.5)	32.8(0.4)	<b>32.7(0.5)</b>
$T_{foot}$ (°C)	32.5(1.2)	33.3(1.0)	32.3(1.5)	33.3(1.1)	<b>32.8(1.4)</b>	33.9(0.5)	35.3(0.2)	34.3(0.5)	34.8(0.4)	<b>34.6(0.5)</b>
$T_{cl, chest}$ (°C)	30.9(0.2)	31.6(0.3)	31.1(0.3)	31.0(0.2)	<b>31.1(0.5)</b>	33.5(0.4)	33.8(0.4)	32.2(0.2)	33.1(0.4)	<b>33.1(0.5)</b>
$T_{cl, back}$ (°C)	32.4(0.4)	32.7(0.1)	30.8(0.3)	32.1(0.2)	<b>32.0(0.4)</b>	34.1(0.2)	33.9(0.3)	32.4(0.3)	32.7(0.2)	<b>33.2(0.4)</b>
$H_{cl, chest}$ (%RH)	19.9(2.9)	19.9(4.1)	20.1(3.5)	18.3(2.6)	<b>19.5(3.5)</b>	24.2(3.5)	24.5(4.1)	23.2(3.4)	23.7(4.9)	<b>23.9(4.4)</b>
$H_{cl, back}$ (%RH)	16.6(3.3)	15.3(2.6)	15.1(2.8)	17.0(2.7)	<b>16.0(3.2)</b>	23.1(3.4)	21.7(4.2)	20.6(3.2)	23.8(6.2)	<b>22.3(5.4)</b>
HR (bpm)	69(4)	72(3)	70(4)	73(5)	<b>69(6)</b>	77(4)	75(4)	69(4)	71(4)	<b>73(7)</b>

2). 이상의 결과를 통해, 실험 가운 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 는 실험 가운의 종류보다 실내 기온에 더 큰 영향을 받았다고 볼 수 있다. 이 결과는 인체 생리 반응은 환경 기온 변화에 의해 통계적인 유의차를 보였지만, 운동복의 형태 변화에 의해서는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고한 김광희, 박기호(1999)의 결과와도 일치한다. 즉, 일상적으로 입을 수 있는 실험 가운의 소재나 형태 등의 차이보다는 일상적으로 경험할 수 있는 5°C의 실내 기온 차이가 피부 온도에 더 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

C, D 형보다 A, B 형을 착용한 경우  $\bar{T}_{sk}$ 가 더 높았던 이유는 실험 가운의 소재와 형태의 차이 때문이다. C형 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 가 가장 낮았던 이유는 나머지 세 가운과 달리 앞치마 형이므로 총 피복면적이 가장 적고, 소재 자체의 보온력도 다른 두 직물 소재보다 적기 때문으로 당연한 결과이다.

일반적으로, 실험 가운을 착용하는 실험 관련 종사자들은 부직포 소재가 직물보다 더 더울 것이라 생각한다(최정화 외, 2004). 송민규, McCullough(1996)도 다섯 가지 다른 소재의 수술 가운 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 는 직물보다 부직포 소재 가운 착용 시 유의하게 높았다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 직물 소재인 A, B 형보다 부직포 소재인 D형 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 가 더 낮았다. 그 이유는 본 실험에 사용된 부직포는 <표 2>에서 나타나듯이 A, B형 소재보다 보온력이 더 적고, 소재도 더 가벼우며, 제작된 가운 자체의 중량도 더 가볍고, 양 겨드랑 부위에 통기성 향상을 위한 트임을 가지고 있기 때문이다. 여기서 주목할 점은 여름철 실내 기온인 24°C에서 C형과 D형 착용 시 피험자들의  $\bar{T}_{sk}$  수준은 피복 면적이 상당히 다름에도 불구하고 비슷했다는 점이다. ISO 9920(1995)에 제시된 자료에 의하면 앞치마형인 C형의 피복 면적은 총 체표면적의 약 42%이며, D형의 피복 면적은 약 71%이다. 우리는 일반적으로 의복의 보온력은 피복 면적에 비례한다고 알고 있다. 손원교, 백윤정(1999)도 의복 형태에 따른 보온력을 thermal manikin을 이용해 측정해 본 결과 의복의 보온력은 대체로 피복 면적에 비례했다고 하였다. 실제 인체 착용 실험 결과도  $\bar{T}_{sk}$ 는 동일 소재로 제작한 세 가지 의복 중 피복면적이 가장 넓은 슬랙스 정장에서 가장 높았고, 스커트 정장, 원피스 정장 순이었다고 하였다(손원교, 최정화, 1999). 그러나, 본 연구 결과 피복 면적이 약 30%나 더 큰 부직포 실험 가운 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 가 앞치마형 작

용 시와 비슷했던 이유는 무엇보다 부직포 자체의 단위 중량이 앞치마 가운에 사용된 직물보다 가볍기 때문일 것이다. 또한 부직포 가운의 양 겨드랑 부위 개구부도  $\bar{T}_{sk}$  상승 억제에 기여했을 것이다. 의복의 환기에 있어 개구면적과 개구부의 위치는 큰 영향을 미치고, 한쪽 개구보다 양쪽 개구가 더 큰 영향을 준다(추미선, 1998). 우리는 여름철 더위로 인한 실험 가운 착용을 저하를 막기 위해 팔토시를 갖춘 앞치마 형태의 실험 가운을 제시하였으나, 총체표면적의 70%를 피복하는 부직포형 실험 가운 착용 시  $\bar{T}_{sk}$ 가 앞치마형과 비슷하였으므로, 여름철 더위로 인해 직물 소재 실험 가운 착용이 망설여질 때, 소재 면에서 생화학적 보호 성능이 직물보다 더 우수하고, 인체 피복 면적은 앞치마형보다 더 넓으면서, 평균피부온도는 앞치마형과 비슷한 수준을 유지시키는 부직포 소재 D형을 착용하는 것이 인체 보호 및 은열 쾌적감의 관점에서 더 권장될 만 하다.

본 연구 결과에서 또 하나 주목할 점은 편직 오그림단을 갖는 B형, 고무줄 소매부리를 갖는 D형 착용 시 아래팔 온도이다. 편직 오그림단 및 고무줄 소매부리는 실험 안전 및 효율을 높이기 위해 고안된 소매였으나, 소매부리를 통한 환기가 방해되므로 은열적 불쾌감을 증가시키지 않을까 하는 우려가 있었다. 이윤정 외(2002)도 스펀덱스 고무편 소매부리를 갖는 방진복보다 이중 소매를 갖는 방진복 착용 시 아래팔 온도가 더 높았다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 아래팔 온도에서 소매 부리의 형태에 따른 일정한 경향을 찾아볼 수 없었다. 즉, 본 연구에 사용된 소매 부리의 형태는 아래팔 온도에 유의한 영향을 미치지 않았다. 본 연구에서 장갑은 착용시키지 않았으나 실제 실험 시 장시간 고무 장갑이나 비닐 장갑을 착용할 경우 결과가 다르게 나올 수도 있을 것이다. 또한 김옥진 외(1990)에 의하면 안정 시스템딩 칼라를 갖는 긴 팔 블라우스와 라운드 네클라인에 소매 없는 블라우스를 착용 한 경우 피부 온도 차이 거의 없었으나 운동 시 차이가 증가했다고 하므로, 실제 격렬한 동작 시 소매부리를 통해 증가한 펌핑 효과에 의해 아래팔 피부 온도는 달라질 수 있다.

### 3. 의복내 온도 및 습도

가슴 부위와 등 부위  $T_{cl}$ 은  $\bar{T}_{sk}$ 와 마찬가지로 네 가지 실험 가운 종류 모두 19°C보다 24°C에 노출된 경우에

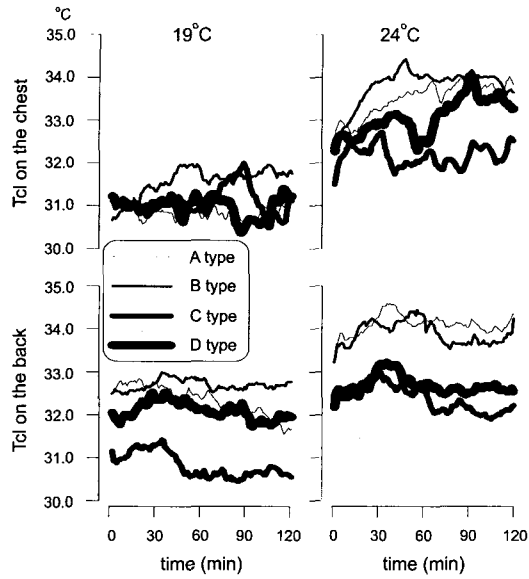


Fig. 3. Time course of clothing microclimate temperatures ( $T_{cl}$ ) during the 120 min exposure at 19°C and 24°C.

유의하게 높았다( $p < .001$ ). 가슴 부위  $T_{cl}$ 은 직물 소재인 B형을 입은 경우 가장 높았으며, 등 부위  $T_{cl}$ 은 19°C에서는 앞치마 형태인 C형을 입은 경우에 유의하게 낮았고, 24°C에서는 A, B형보다 C, D형을 입은 경우에 유의하게 낮았다( $p < .05$ , Table 3, Fig. 3).

의복 기후는 환경 온도, 습도, 기류 등의 환경 요인, 착용량, 직물의 소재나 개구 등의 의복 요인, 기타 개인의 활동 수준이나 측정 부위의 신체 구성 특징 등 개인 요인에 영향을 받는다. 일반적으로 표준 의복 기후란 체간부 최내층 의복내 온도가  $32 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $50 \pm 10\% \text{RH}$ , 기류  $25 \pm 15 \text{cm/sec}$  일 때를 의미하는데(이순원 외, 2002), 본 연구에 사용된 네 가지 실험 가운 모두 표준  $T_{cl}$ 에서 크게 벗어나지 않은 범위를 보여 주었으므로,  $T_{cl}$ 에 의해 온열 불쾌감이 유발되지는 않을 것이라 생각할 수 있다.

가슴과 등 부위  $H_{cl}$ 은 네 가지 의복 종류 모두 24°C보다 19°C에 노출된 경우에 유의하게 낮아 실내 기온의 영향은 있었으나( $p < .001$ ), 실험 가운의 종류에 따른 유의한 차이는 없었다. 김광희, 박기호(1999)도 발한량은 25°C, 30°C, 35°C의 환경 온도 변화에 대해서는 유의한 차이를 나타냈지만, 반 소매와 긴 소매라는 운동복의 형태 차이에 의해서는 유의한 영향을 관찰할 수 없었다고 보고하였고, 염희경, 최정화

(1992)도, 44°C 환경에서 한 시간 동안 안정 시 총발한량이나 부위별 발한량은 긴 팔 상의와 긴 바지 의복 조건과 반 팔 상의와 반바지 의복 조건에 따른 유의한 차이를 보이지는 않았다고 하였으며, 송민규, McCullough(1996)는 직물과 100% 폴리프로필렌 부직포를 포함한 다섯 가지 다른 소재의 수술 가운 착용 시 발한량을 조사한 결과 소재 간에 유의한 차이를 발견할 수 없었다고 하였다. 그러나 권오경, 김태규(1995)는 기온 15°C와 21°C에서는 소매 길이와 바지 길이를 다르게 한 네 가지 종류의 의복 조합에 따른 발한량의 차이는 없었으나, 27°C, 33°C에서는 의복 조합에 따라 차이가 크다고 보고하였고, 최종명의(1996)는 발수발유가공과 항미생물 복합 가공된 세 가지 부직포로 농약 방호복을 제작한 후  $H_{cl}$ 을 조사해 본 결과 소재에 따른 유의한 차이를 보였다고 하였다. 즉, 의복내 습도나 발한량은 의복의 단순한 형태 차이나 소재 차이보다 일상적으로 경험할 수 있는 기온 차이에 더 민감하게 반응한다. 다만 소재의 특수 가공 등으로 인해 소재 차이가 현저할 경우는 예외일 것이다.

부직포의 성능은 종류에 따라 다소 다르겠으나, 본 실험에 사용된 부직포 소재의 성능 검사 결과 기존 직물 소재보다 화학적 보호 기능이 더 우수하면서 동시에 투습도는 예상과 달리 비슷한 수준이었다(Table 2). 그러나 생화학적 보호 기능을 향상시키기 위해 부직포 소재에 특수한 가공을 하는 경우 의복 기후가 본 연구 결과보다 상승하여 온열 불쾌감을 초래할 수도 있다. 노출되는 환경 온도, 의복 소재의 공기 투과도, 투습도, 가공 종류 등에 따라 다소 다른 결과를 얻을 수 있을 것이다.

한편, 실험 가운의 V 네클라인 깊이는 현재 시판 중인 A형이 B, D형 보다 7cm 더 깊으며, 앞치마형인 C형은 앞 여밈 없이 막혀 있고 앞가슴 부분이 두 겹이므로 가슴 부위 의복 기후에서 실험 가운 간 차이를 관찰할 수 있지 않을까 예상했으나 예상과 달리 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이는 본 실험 조건이 안정 상태였기 때문일 수도 있으며, 걷기 등의 동작이 수행될 경우 강제 환기 등에 의해 유의차가 발생할 수 있을 것이라 사료된다. 등 부위가 외기에 직접 노출된 C형 착용 시 제일 낮은 등  $H_{cl}$ 을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 또한 24°C 노출 시 C형과 D형의 등 부위  $T_{cl}$ 은 비슷한 수준이었으므로, 인체 보호의 관점에서 여름철에도 앞치마형보다 부

직포 소재를 이용한 등 부위를 덮는 실험 가운 착용이 바람직할 것이다. 그러나 인체의 동작 정도에 따라 의복의 체온조절 효과는 다소 변동을 보이므로, 상체부가 노출되는 앞치마 형태 C형 및 양 겨드랑에 개구부가 있는 D형의 착용 효과는 동작 시 더 명확해질 것이다.

4. 심박수

본 연구 결과 5°C의 실내 온도 차이나 실험 가운의 종류가 HR에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 3). 이윤정 외(2002)도 네 가지 다른 형태의 방진복 착용에 의해 HR에서 유의한 차이를 발견할 수는 없었다고 하였으며, 남상남(1994)도 다섯 가지 스포츠웨어 소재에 따른 HR를 관찰한 결과 안정 시, 운동 시, 운동 후 회복기 모두 의복 소재에 따른 유의한 차이는 발견할 수 없었다고 보고하였다. 그러나 권오경 외(1997)은 세 종류의 무진복 착용시 냉매를 삽입한 무진복을 착용한 경우에, 최정화, 황경숙(2001)은 냉각 조끼 착용에 의해 HR이 유의하게 감소했다고 보고하였고, Baker et al. (2000)은 호흡 보조구가 달린 소방복과 호흡 보조구 없는 일반 운동복 착용 시 HR를 조사한 결과, 안정 시에는 의복에 따른

유의한 차이를 보이지 않았으나 운동 시에는 운동복보다 소방복 착용 시 유의하게 높은 HR을 보였다고 하였다. 이상의 연구 결과들로 볼 때, 냉매(온매) 등을 이용한 체온 조절 기능을 갖춘 의복 착용이나 상당한 보온력을 가진 의복 착용, 무거운 의복 착용과 운동이 조합된 경우 등을 제외하고, 일상적으로 입혀지는 착용 범위 내에서 실험 가운의 형태나 소재의 단순한 차이는 HR에까지 유의한 큰 영향을 미치지 않는 것이라 사료된다.

5. 주관적 감각

한서 감각에서도 생리적 반응 결과와 마찬가지로 실험 가운의 종류에 의한 차이보다 기온에 의한 차이가 더 명확했다. 피험자들은 네 가지 실험 가운 모두 19°C보다 24°C에 노출된 경우에 약간 더 따뜻하게 느꼈으며(p<.001), 이 중 B형을 입은 경우 가장 따뜻하게 느꼈다. 또한 19°C 노출 시 피험자들은 ‘약간 따뜻하다’에서 ‘매우 춥다’의 범위, 24°C에서는 ‘덥다’에서 ‘약간 서늘하다’ 사이의 범위 안에서 응답했으며, 가장 많은 응답은 ‘춥지도 덥지도 않다’였다(p<.001, Table. 4). 19°C에서는 네 가지 가운 중 A, B형 가운이 가장 온열적 중성 환경으로 인지, 즉 쾌적하

Table 4. Subjective responses during 120 min exposure at 19°C and 24°C (%)

		19°C				24°C			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Thermal sensation	Hot	0	0	0	0	0	1.9	0	0
	Warm	0	0	0	0	0	3.9	0	0
	Slightly warm	0	1.9	0	0	38.5	34.6	23.1	30.8
	Neutral	51.9	50.0	38.5	38.5	61.5	59.6	76.9	67.3
	Slightly cool	32.7	32.7	40.4	32.7	0	0	0	1.9
	Cool	1.9	1.9	5.8	28.9	0	0	0	0
	Cold	13.5	13.5	15.4	0	0	0	0	0
Sensation of humidity	Slightly humid	15.4	15.4	21.2	17.3	0	50	0	25
	Not both	75.0	84.6	78.8	67.3	100	50	100	75
	Slightly dry	9.6	0	0	15.4	0	0	0	0
Thermal preference	Warmer	40.4	57.7	76.9	57.7	0	0	0	0
	No change	59.6	42.3	23.1	42.3	100	78.8	98.1	92.3
	Cooler	0	0	0	0	0	21.2	1.9	7.7
Thermal comfort	Comfortable	9.6	5.8	11.5	25.0	2.6	26.9	46.2	63.5
	Neither comf. nor uncomf.	71.2	61.5	55.8	34.6	97.4	65.4	51.9	32.7
	A little uncomfortable	5.8	19.2	15.4	15.4	0	7.7	1.9	3.9
	Uncomfortable	1.9	1.9	1.9	25.0	0	0	0	0
	Very uncomfortable	11.5	11.5	15.4	0	0	0	0	0



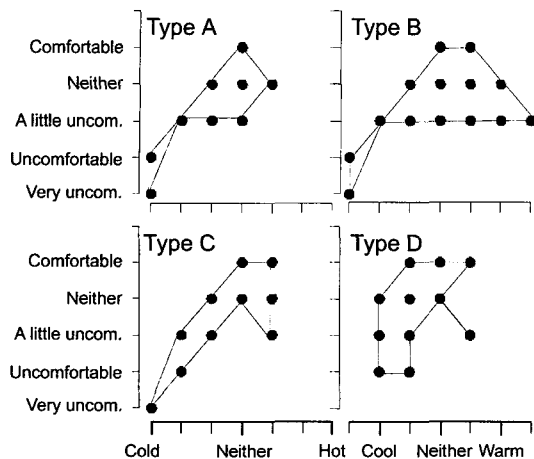


Fig. 4. Relationships of thermal sensation and thermal comfort.

게 느꼈고, 24°C에서는 C 형이 가장 중성 환경으로 인지되었다( $p < .01$ , Table 4). 한서 감각으로 볼 때 겨울철 실내 온도에서는 B 형이, 여름철 실내 온도에서는 앞치마형인 C 형이 가장 적절한 것으로 보인다. 그러나 부직포 실험 가운을 입은 경우 피험자들은 두 가지 기온 모두에서 ‘덥다’나 ‘춥다’라는 응답 없이 ‘약간 서늘하다’와 ‘약간 따뜻하다’ 사이에서 응답하였으므로, 부직포 실험 가운은 한서 감각에 큰 부정적 영향 없이 사계절 내내 착용 가능할 것으로 사료된다(Fig. 4).

평균 습윤감은 19°C와 24°C에 노출 시 모두 ‘건조하지도 습하지도 않다’였으며, 19°C에서는 B 형을 착용한 경우에, 24°C에서는 A 와 C 형을 착용한 경우에 가장 건조하지도 습하지도 않은 환경으로 인지하였다(Table 4). 한편, ‘약간 습하다’고 응답한 비율은 예상과 달리 여름철 실내 기온인 24°C보다 겨울철 실내 기온인 19°C에 노출된 경우에 더 많았는데, 이는 의복내 습도가 24°C보다 19°C에 노출된 경우 더 낮았다는 결과와는 상반된다. 즉, 이 결과에 의하면 피험자들은 의복내 습도가 더 낮은 경우에 더 습하게 느낀 것으로 생각될 수 있다. 그러나, 개인별 값을 분석해 보면 19°C에서 ‘약간 습하다’는 응답은 모두 피험자 S에 의한 것이므로, 이는 평균적 결과로서가 아니라 개인의 특징으로서, 대부분의 인간이 건조하다고 느끼는 의복내 습도 수준에서 습하다고 느끼는 개인도 있다고 해석해야 할 것이다(피험자 S가 약간 습하다고 응답했을 때 그의 의복내 습도는 다른 피험자들과 유사한

10~30%RH사이였다). 송민규, McCullough(1996)는 직물과 100% 폴리프로필렌 부직포를 포함한 다섯 가지 다른 소재의 수술 가운 착용 시 습윤감을 조사한 결과, 한 부직포 소재 가운 착용 시 가장 습하게 느꼈는데, 이는 다섯 가지 중 그 소재의 증발 저항이 가장 컸기 때문이며, 최종명 외(1996)는 발수발유가공과 항미생물 복합 가공된 세 가지 부직포로 농약 방호복을 제작한 후 습윤감을 조사해 본 결과 공기투과도 및 투습도가 가장 컸던 Sontara로 제작된 방호복을 덜 불쾌하게 지각하였다. 즉, 습윤감은 소재의 특성에 큰 영향을 받는데, 본 연구에 사용된 소재들의 투습도는 큰 차이없이 비슷한 수준이었으므로, 본 연구 결과 보이는 습윤감의 차이는 소재의 차이이기 보다 형태의 차이로부터 기인한 것으로 볼 수 있다.

온열 선호도는 19°C에 노출된 경우에는 ‘좀 더 따뜻해지면 좋겠다’와 ‘지금이 좋다’, 24°C에 노출된 경우에는 ‘좀 더 시원해지면 좋겠다’와 ‘지금이 좋다’라는 항목에 응답하였으며, 약간 서늘한 환경인 19°C 보다는 약간 따뜻한 환경인 24°C를 더 선호하였다( $p < 0.001$ , Table 4). 24°C에서 온열적으로 가장 선호된 실험 가운은 A 형이었는데, 이는 24°C에서 가장 ‘덥지도 춥지도 않은 환경’이라 인지된 가운이 C 형이라는 결과와 다르다. 즉, 피험자들은 24°C에서 A 형보다는 C 형 착용 시에 더 온열적인 중성 환경으로 느꼈으나 C 형보다 A 형 가운을 온열적으로 더 선호한다고 응답하였다. 이에 대한 이유로는 피험자들이 온열적으로 선호하는 환경은 온열적 중성 환경보다 약간 따뜻한 환경이 아닐까 생각해 볼 수 있다. 또는, 기존의 실험 가운(A 형)에 대한 익숙함과 새로운 실험 가운(C 형)에 대한 어색함이 온열 선호도라는 주관적 감각에 관여하여 이와 같은 결과를 보인 것일 수 있다.

온열 쾌적감의 경우, 19°C보다는 24°C에 노출된 경우에 더 쾌적해 했다( $p < 0.001$ , Table 4). ‘쾌적하다’와 ‘쾌적하지도 불쾌하지도 않다’라는 응답을 ‘온열 환경에 대한 만족’으로 간주하고, 주어진 환경에 대해 80% 이상이 만족을 표현할 경우를 ‘쾌적한 온열 환경’으로 평가할 경우(ASHRAE, 2001), 19°C에서는 A 형을 입은 경우만, 24°C에서는 네 가지 실험 가운 모두 쾌적한 온열 환경이었다고 판단할 수 있다(Table 4). 온열적으로 ‘쾌적하다’는 응답이 가장 많았던 실험 가운은 온열 선호도 결과와 달리 19°C와 24°C 모두 부직포 실험 가운인 D 형이었는데, 그 이

유는 한서 감각과 온열 쾌적감과의 상관 그래프를 통해 유추해 볼 수 있다. 한서 감각과 온열 쾌적감과의 상관 그래프(Fig. 4)를 보면, A, B, C 형 보다 부직포 소재인 D 형을 입은 경우에 한서 감각 '춥지도 덥지도 않다'를 기준으로 가장 안정적인 쾌적감 범위를 보여 주었다. 그렇다면 직물 실험 가운 보다 부직포 실험 가운 착용 시 더 불쾌하다는 일반적인 인식은 온열적인 원인에서 나온 것이 아니라, 부직포 실험 가운의 중량이나 형태, 촉감 등에서 나온 불만이 온열적 불쾌감으로까지 확대 전달된 결과일 수도 있다고 해석된다. 그러나 본 연구는 의자에 앉은 자세로 120 분 휴식하는 동안의 결과이고 실제 실험 가운을 입는 실험 연구실 현장에서는 본 실험 조건과 달리 일상적인 활동에 의해 대사량이 증가되므로 쾌적 점수 분포가 다소 달라질 것이다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 기능성 실험 가운 개발 연구의 일환으로, 여러 형태 및 소재의 기능성 실험 가운과 시판되는 실험 가운의 온열 생리학적 성능 및 주관적 감각을 평가 하였다. 본 연구에 선택된 실험 가운은 실제 실험실 현장에서 착용율이 가장 높았던 백색 P/C 소재 실험 가운(A 형)과 현장 착용감 평가에서 가장 우수한 결과를 얻은 실험 가운 세 가지(직물 소재 실험 가운-B 형, 직물 소재 앞치마형 실험 가운-C 형, 부직포 소재 실험 가운-D 형)였다. 피험자는 건강한 20대 남녀 네 명이며, 인공 기후실 환경은 일반적인 겨울철 실험실 실내 온도인 19°C와 여름철 실험실 실내 온도인 24°C로 설정하였다(습도 40%RH).

실험 조건에서 120분 휴식하는 동안 직장 온도와 심박수는 의복 형태 및 기온에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 평균피부온도는 19°C보다 24°C에 노출된 경우에 유의하게 높았고(P<.001), C, D 형보다 A, B 형을 입은 경우에 유의하게 높았다(p<.05). 가슴 부위 및 등 부위 의복내 온도도 모두 19°C보다 24°C에 노출된 경우에 유의하게 높았다(p<.05). 주관적 감각의 경우, 네 가지 중 B 형이 19°C에서는 가장 따뜻한 가운으로, 24°C에서는 가장 덥고 습한 가운으로 인식되었으며, 반대로 C 형은 가장 춥고, 가장 시원한 가운으로 인식되었다. 19°C와 24°C 각각에서 '쾌적하다'는 응답이 가장 많았던 실험 가운은 모두 부직포 소재인 D 형이었다. 이상의 결과로 볼 때, 일상

적으로 입을 수 있는 실험 가운의 소재나 형태의 차이보다는 일상적으로 경험할 수 있는 5°C의 실내 기온 차이가 피부 온도, 의복 기후, 주관적 감각에 더 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 그러나 본 연구는 운동이나 작업이 포함되지 않은 안정 시의 결과라는 한계를 갖는다.

본 연구 결과로부터 제안할 점은 다음과 같다. 첫째, 편직 오그럼단 소매 및 고무줄 소매 부리로 인해 체온 조절 반응 및 온열 쾌적감에 부정적 영향을 초래하지는 않았으므로, 실험 안전의 관점에서 실험 시 거주장스러운 민소매 부리보다 편직 오그럼단이나 고무줄 소매 부리를 갖는 실험 가운 제작이 바람직할 것이다. 둘째, 본 연구에서 개발된 앞치마 형태의 실험복은 여름철 실내 기온인 24°C 노출 시 체온 조절 및 주관적 반응에서 가장 우수한 평가를 받았으므로 여름철 더위로 인한 실험 가운 착용율 저하를 줄이는데 기여할 수 있을 것이다. 셋째, 부직포 소재 실험 가운은 여름철과 겨울철 실험실 실내 환경 모두에서 체온 조절 및 주관적 반응에 미치는 부정적 영향 없이 착용할만한 수준인 것으로 평가되었으므로, 실험 중 오염도가 높은 물질이나 피부 독성 화학 물질을 다루는 연구자들을 위해 부직포 실험 가운 개발 및 보급에 지속적 관심을 기울일 필요가 있다고 사료된다. 특히, 독특한 성능을 갖는 다양한 부직포 소재로 실험 가운을 제작하여 각각의 착용 효과를 검증할 필요가 있다.

#### 참고문헌

권오경, 김태규. (1995). 의복착용시스템이 인체의 생리적 반응 및 열적 쾌적성에 미치는 영향. *한국온열환경학회지*, 2(3), 165-178.

권오경, 김희은, Horomi, T. (1997). 반도체 산업용 무진복 착용시 심박수 및 의복기후에 대한 Local Cooling의 영향. *한국생활환경학회지*, 4(4), 19-28.

김광희, 박기호. (1999). 기온 변화와 운동복 형태가 운동 중 인체에 미치는 영향. *한국생활환경학회지*, 6(2), 52-57.

김옥진, 김용서, 신윤숙, 이영숙, 정명선. (1990). 의복 재료와 상체부 의복 형태 변화가 의복내 기후에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 14(1), 20-30.

남상남. (1994). 60% VO<sub>2</sub> max 수준 운동 시 스포츠웨어 재질에 따른 심박수와 직장온도 변화. *한국생활환경학회지*, 1(1), 23-29.

서울대학교 환경안전연구소 편. (2002). *실험안전의 길잡이*. 동화기술, 서울.

손원교, 백운정. (1999). 의복 형태가 보온력에 미치는 영향

- 써멀 마네킨 착용에 의한-. *한국의류학회지*, 23(8), 1110-1118.
- 손원교, 최정화. (1999). 의복의 소재 및 형태가 보온력에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 23(8), 1098-1109.
- 송민규, McCullough, E. (1996). 수술 가운의 폐적성에 관한 연구. *한국생활환경학회지*, 3(2), 17-28.
- 엄희경, 최정화. (1992). 시판 에어로빅복의 재료 특성에 따른 폐적 성능에 관한 연구. *한국의류학회지*, 16(4), 405-416.
- 이미경, 류숙희. (1997). 에어로빅복의 의복 형태에 따른 착용감. *한국생활환경학회지*, 4(4), 57-68.
- 이순원, 조성교, 최정화. (2002). *의복과 환경*. 한국방송통신대학교 출판부.
- 이윤정, 정찬주, 정재은. (2002). 고청정 작업 환경에서 방진복 디자인이 인체 생리 반응에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 26(6), 811-820.
- 최정화, 김소영, 이주영. (2004). 실험 가운의 착용 실태 조사. *한국의류학회지* 28(1), 172-181.
- 최정화, 황경숙. (2001). 더운 환경에서의 냉각조끼의 착용 효과에 관한 연구. *한국의류학회지*, 25(1), 83-90.
- 최종명, 조경숙, 조길수. (1996). 비닐하우스 내에서의 발수 발유가공 부직포와 복합가공 부직포로 만든 농약 방호복의 착용 성능. *한국의류학회지*, 20(2), 350-361.
- 추미선. (1998). 등온 환경 하에서 개구부를 통한 의복의 환기 효율. *복식문화연구*, 6(4), 229-237.
- 통계 DB 검색-학교현황자료. (2002). *통계청*. 검색일 2003. 3. 25, 자료출처 <http://www.nso.go.kr/>
- ASHRAE. (2001). ASHRAE® Standard 55-1992-Thermal environment conditions for human occupancy. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, INC.*
- Baker, S. J., Grice, J., Roby, L., & Matthews, C. (2000). Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter clothing in a temperate environment. *Ergonomics*, 43(9), 1350-1358.
- Granzow, J. W., Smith, J. W., Nichols, R. L., Waterman, R. S., & Muzik, A. C. (1998). Evaluation of the protective value of hospital gowns against blood strike-through and methicillin-resistant staphylococcus aureus penetration. *Am J Infect Control*, 26(2), 85-93.
- ISO 9920. (1995). Ergonomics of the thermal environment- Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. International Organization for standardization, Geneva.
- Karagkevrekis, B., madhavan, P., & Leslie, I. (1997). Types of gowns used in truma and orthopaedic theatres. *Injury*, 28(3), 213-214.
- Lankester, B. J. A., Bartlett, G. E., Garneti, N., Blom, A. W., Bowker, K. E., & Bannister, G. C. (2002). Direct measurement of bacterial penetration through surgical gowns: a new method. *Journal of Hospital Infection*, 50, 281-285.
- Moylan, J. A., Fitzpatrick, K. T., & Davenport, K. E. (1987). Reducing wound infections. Improved gown and drape barrier performance. *Arch Surg*, 122(2), 152-157.
- Patel, S. R., Urech, D., & Werner, H. P. (1998). Surgical gowns and drapes into the 21st century. *Br J Theatre Nurs*, 8(8), 27, 30-32, 34-37.
- Pissiotis, C. A., Komborozos, V., Papoutsis, C., & Skrekas, G. (1997). Factors that influence the effectiveness of surgical gowns in the operating theatre. *Eur J Surg*, 163(8), 597-604.