

## 겨울철 실내 온도에서 연령과 성에 따른 피부 온도와 열쾌적감\*

김 명 주

서울대학교 생활과학대학 의류학과

### Differences in Skin Temperature and Perceived Thermal Comfort Based on Age, Sex and Clothing Weight of Participants in a Room at Recommended Room Temperature

Kim, Myung Ju

Dept. of Clothing & Textiles, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the differences in skin temperature and thermal comfort of participants in a 19°C room (the recommended room temperature in the winter) depending on age, sex and clothing weight. Subjects were divided into four groups (6 young males, 5 young females, 6 old males, 6 old females) and experimental trials consisted of three conditions: wearing underwear in a 19°C room (19CUW), without underwear in a 19°C room (19C), and without underwear in a 24°C room (24C). The results indicated the following: 1) There were no significant differences in mean skin temperature based on age or sex, and the mean skin temperatures of the four groups were in the range of 32.4~34.0°C. 2) In the 19C condition, the skin temperatures of the hands and feet of old females were higher than those of the other three groups. 3) In terms of perceived thermal comfort, young females showed a tendency to feel the most uncomfortable. Both old and young groups agreed that the 24C condition was the most comfortable. 4) Relational coefficients between thermal comfort and skin temperatures were higher in the young group than in the old group. Furthermore, the perceived thermal comfort had a stronger relationship with mean skin temperatures than with local skin temperatures. 5) The mean skin temperatures of subjects who indicated they were 'comfortable' were in the range of 31~36°C regardless of age or sex.

Key words: mild cold, aging, mean skin temperature, local skin temperature, thermal comfort

## I. 서 론

온열 쾌적감은 '온열 환경에 대해 만족을 표현하는 마음 상태'로 정의된다(ASHRAE 1992). 이는 심리적 현상으로 건강과 작업 생산성 향상의 관점에서 중요하여 20세기 초부터 많은 연구자들이 관심을 가져 왔다. 온열 쾌적감에는 환경 온도, 습도, 복사 온도, 온도 변화율, 기류, 대사량, 착의 조건, 개인의 이전 온열적 경험뿐만 아니라, 거주 지역, 나이, 성, 실내 조명, 환경 색조, 실내 장식 등도 영향을 준다고 보고되고 있다(Parsons 1993). 이러한 다양한 영향 요인들에 자극을 받은 피부온도 및 심부온도는 온열 쾌적감과 보다 직접적인 관련을 보이는데, 더워서 불쾌한 느낌은 피부온도보다는 심부온도 증가와 더 관련이 깊고, 추워서 불쾌한 느낌은 심부온도 감소보다는 피부온도 감소와 더 관련된다(Vokac et al. 1971; McIntyre 1980). 그러나 이는 전형적인 조건에서의 일반화이며 많은 예외가 있다. 전술한 데로 추운 환경에서 피부온도 감소는 온열 쾌적감과 상관이 있는데, 서늘한 환경에서도 피부온도와 온열 쾌적감과 상관이 있는가? 있다면 피부온도는 온열 쾌적감의 변화를 어느 정도나 설명해 줄 수 있는가? 이것이 본 연구에서 밝히고자 하는 첫번째 주제이다.

한편, 많은 연구자들이 온열적으로 쾌적할 경우의 평균피부온도 값에 대한 기준값을 제공해 왔다. 쾌적이나 불쾌는 질적인 개념이며 피부온도는 양적인 개념이다. 또한 쾌적이나 불쾌는 주관적 반응이며 피부온도는 객관적 반응이다. 따라서 '몇 °C의 평균피부온도에서 온열적으로 쾌적하게 느끼는가?'라는 질문은 극단적으로 단순한 질문이다. 하지만 평균적으로 어느 정도의 평균피부온도에서 대부분의 사람들이 온열적으로 쾌적하게 느끼는 지를 안다는 것은 중요하다. 또한 이 수준에는 연령 및 성에 의한 차이가 존재할 것이라 가정할 수 있다. 일반적으로 노인이 청년보다 추위를 더 탄다고 여겨지는데, 그 이유로 노화로 인한 온도 감각에 대한 둔화 뿐만 아니라, 근육 조직 빈약으로 인한 피부 단열 감소, 영양원의 부족 등으로 인한 체열 생성의 저하,

경제적 이유 등으로 인한 저온의 거주 환경, 뇌혈관 질환, 하지 골절 등에 의한 신체 운동의 부자유 등을 들 수 있다(윤덕로 1993). 또한 체온 조절 반응의 성차에 관련해서도, 남성보다 여성의 체지방율이 더 높고, 단위체중 당 체표면적 비가 더 크며, 열을 생산할 수 있는 근육량이 더 적기 때문에 쾌적하게 느낄 때의 평균피부온도 수준에 차이가 존재할 것이라 예상할 수 있다. 특히, 겨울철 난방 에너지 절약을 위해 실내 온도를 18~19°C로 유지하고자 하는 요즈음 서늘한 환경에서의 피부온도 변화 및 쾌적하게 느끼는 경우의 피부온도 수준을 조사하는 것은 큰 의미가 있다.

따라서 본 연구에서 밝히고자 하는 것은 다음 두 가지이다. 첫째, 겨울철 일상 실내 기후에서 온열 쾌적감에 대한 피부온도의 영향력은 얼마나 되는가? 둘째, 겨울철 일상 실내 기후에서 온열적으로 쾌적하다고 느낄 경우의 평균피부온도 범위는 어느 정도이며 그 수준에 성차 및 연령차가 존재하는가? 이를 위해 본 연구에서는 겨울철 권장 실내 온도인 19°C와 겨울철 일상 실내 온도인 24°C에서 한국인 남녀노소의 피부온도 및 온열 쾌적감을 조사한 후, 피부온도와 온열 쾌적감과의 상관성을 조사하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 피험자

피험자는 임의 선발전 건강한 한국인으로 젊은 남자(YM), 젊은 여자(YF), 노인 남자(OM), 노인 여자(OF) 집단이다. 각 집단은 모두 6명씩 선발되었으나 젊은 여자 1명이 중도 탈락하여 총 23명이 실험에 참여하였다(Table 1). 특정 질환을 앓고 있거나 장기간 약물 복용, 장기간 운동 훈련 등을 해온 자는 피험자 선정 시 제외하였으며, 젊은 여자의 경우 생리 주기의 영향을 고려하여 생리 주기 2~14일(난포기)에 실험을 실시하였다. 노인 여성의 경우 전원 폐경기에 해당했으며 여성 호르몬제 등을 복용하는 피험자는 없었다. 실험 전 모든 피험자들에게 실험의 목적과 내용을 정확히 고지하여 자발적 동의 아래 실험에 참여하도록 하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group	N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Skinfold thickness (mm)*			BMI**	BSA (m <sup>2</sup> )***
					Chest/Triceps	Abdomen/suprailiac	Thigh		
Young male, YM	6	20.3(0.5)	173.0(1.7)	66.7(9.3)	19(8)	20(11)	21(5)	22(3)	1.81(0.1)
Young female, YF	5	21.0(1.4)	160.2(5.4)	53.6(6.4)	22(3)	24(4)	27(5)	21(1)	1.56(0.1)
Old male, OM	6	75.3(3.5)	164.0(7.9)	60.7(1.2)	22(6)	31(5)	15(8)	23(3)	1.67(0.1)
Old female, OF	6	67.7(4.1)	162.3(6.3)	59.7(3.9)	23(4)	25(6)	24(6)	23(2)	1.65(0.1)

(Values were mean (SD), \* skinfold thickness : Chest and abdomen for male, triceps and suprailliac for female, BMI\*\* : Body Mass Index, BSA\*\*\* : Body Surface Area)

2. 실험실 환경 및 착의 조건

실험실내 온도는 19℃와 24℃로 두 가지이며, 습도는 40%RH, 기류는 0.3m/s이하로 유지하였다. 여기서 19℃는 한국의 겨울철 권장 실내 온도인 18~19℃(에너지관리공단 2004)를 토대로 결정된 값이며, 24℃는 0.7~0.8clo의 착의 조건에서 일반적으로 생활하는 겨울철 실내 온도 관련 연구보고들(남도현 등 2001; 윤정숙 등 1993)을 토대로 선정된 값이다. 이러한 환경 조건과 착의를 조합하여 만들어진 실험 조건은 세 가지로, 첫째, 19℃에서 내복을 입지 않은 경우(19C 조건), 둘째, 19℃에서 내복을 입은 경우(19CUW 조건), 셋째, 24℃에서 내복을 착용하지 않은 경우(24C 조건)이다. 내복 착용과 상관없이 세 조건 모두에서 피험자는 면 100% 의 긴 소매 티셔츠(610g), 긴 바지(464g), 팬티(67g) 및 발목양말(61g)을 착용하였다(Table 2).

3. 실험 과정 및 측정 항목

피험자는 실험을 시작하기 전에 기본적인 인구 통계학적 특성과 개인의 온열 선호도 등에 관한 간단한 설문지를 작성한 후 인공 기후실에 들

어가 실험 의복으로 갈아 입고 60분 안정을 취한 후 실험 환경에 120분 노출되었다. 120분 노출 동안 측정 항목은 일곱 부위 피부온도(skin temperature, T<sub>sk</sub>)와 온열 쾌적감이며(Table 3), 피부온도는 휴대용 피부온도 측정기(LT 8A, Gram Corp., Japan)를 이용하여 1 분 간격으로 인체 7 부위 피부온도를 측정한 후, DuBois의 7 부위식(식1)을 이용하여 평균피부온도(mean skin temperature,  $\bar{T}_{sk}$ )를 계산하였다.

$$\bar{T}_{sk} = 0.07 \times T_{forehead} + 0.35 \times T_{trunk} + 0.14 \times T_{arm} + 0.05 \times T_{hand} + 0.19 \times T_{thigh} + 0.13 \times T_{calf} + 0.07 \times T_{foot} \quad (식1)$$

온열 쾌적감을 10분 간격으로 설문지에 스스로 기록하게 하였다(Table 3). 피험자는 120분 노출 동안 의자에 앉은 자세로 독서나 가벼운 대화를 하도록 하였으며, 각 조건에 대해 두 번씩 반복 노출하여 개인이 수행한 실험 횟수는 총 6 회였다. 일주기 리듬을 고려하여 매일 동일한 시각에 실험을 실시하였고 계절에 따른 생리적 반응의 변이에 의한 혼란을 줄이기 위해 실험은 겨울

Table 2. Characteristics of experimental garments (\* from ISO 9920)

Item	19C	24C	19CUW	Material	Weight (g)
Briefs	○	○	○		67
T-shirt with long sleeves	○	○	○	Cotton	610
Long trousers	○	○	○	100%	464
Socks (ankle length)	○	○	○	(Except shoes)	61
Shoes	○	○	○		-
Underwear, shirts with long sleeves	-	-	○		145
Underwear, trousers with long legged	-	-	○		159
Total clothing weight (g)		1202	1506		
Estimated clo*		0.7-0.8	1.1-1.2		

**Table 3.** Voting scales which were used to determine thermal sensations and comfort

Thermal comfort
Comfortable (1)
Not both (0)
A little uncomfortable (-1)
Uncomfortable (-2)
Very uncomfortable (-3)

철인 12 월에 시작하여 이듬해 1 월에 종료하였다.

**4. 통계 분석**

모든 값은 120 분 노출하는 동안의 평균(mean)과 표준편차(SD)로 제시하였으며, 온열 쾌적감에 대한 응답은 총 응답수에 대한 비율(%)로도 표시하였다. 네 집단 중 젊은 남자, 노인 남자, 노인 여자 집단은 각각 여섯 명으로 열적 쾌적감 항목에 대한 총 응답수는 156 개(120 분 동안 13 회 응답 × 6 명 × 2 회 반복)이며, 젊은 여자 집단은 다섯 명이었으므로 총 응답수는 130 개(120 분 동안 13 회 응답 × 5 명 × 2 회 반복)였다. 각 측정 항목에 대해 SPSS 통계 패키지를 이용하여 ANOVA를 수행한 후 유의한 항목에 대해 Duncan의 사후 검정을 실시하였고, 측정 항목들간에 상관분석을 수행하여 Pearson의 상관계수를 구했으며, 주관감 반응에 대한 값에 대해서는 비모수

기법 (카이제곱 분석)을 이용하여 유의차를 검정하였다. p<0.05를 유의한 차이로 인정하였다.

**III. 결과 및 고찰**

**1. 피부온도**

평균피부온도는 24C 조건에서 가장 높았고, 19CUW 조건, 19C 조건 순으로 낮은 경향을 보였으나(p<0.01), 네 집단 모두 평균 32.4~34.0℃ 사이로 쾌적하다고 알려진 평균피부온도 범위였다(Table 4). 본 연구에서 평균피부온도의 성차 및 연령차는 발견할 수 없었다. 평균피부온도는 여자가 남자보다 낮다고 보고된 바도 있지만(Haymes · Wells 1986), 본 연구에서 성차를 보이지 않은 이유는 남녀 체지방율의 차이가 피부온도에 영향을 미칠 정도로 크지는 않았고, 피부온도는 피하지방 뿐만 아니라 피부 혈류 패턴 등 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문인 것이라 사료된다.

구간부 피부온도로서 배 피부온도를 살펴 보면, 세 노출 조건간 유의한 차이를 관찰할 수는 없었으나, 성차는 명확하여, 남자보다 여자의 배 피부온도가 유의하게 높았다(p<0.001)(Table 4). 본 연구에서는 배 부위의 피하지방은 남자만 측정하였고 여자는 좀 더 옆 쪽인 상장골 부위의

**Table 4.** Summary of clothing microclimate temperature, humidity and subjective results

		Young Male		Young Female		Old Male		Old Female	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Mean skin temp. (℃)	19C	32.5 <sup>a</sup>	0.7	32.4 <sup>a</sup>	0.4	32.2 <sup>a</sup>	0.5	32.8 <sup>a</sup>	0.5
	19CUW	32.8 <sup>ab</sup>	0.3	32.9 <sup>a</sup>	0.4	32.8 <sup>ab</sup>	0.2	33.2 <sup>a</sup>	0.6
	24C	33.5 <sup>c</sup>	0.4	34.0 <sup>b</sup>	0.5	33.3 <sup>b</sup>	0.7	33.9 <sup>b</sup>	0.8
Abdomen skin temp.(℃)	19C	33.8 <sup>2</sup>	1.9	35.4 <sup>3</sup>	0.6	32.3 <sup>1</sup>	1.3	34.7 <sup>12</sup>	1.1
	19CUW	34.2 <sup>12</sup>	1.1	36.2 <sup>3</sup>	0.3	33.7 <sup>1</sup>	1.1	35.0 <sup>2</sup>	1.0
	24C	34.3 <sup>1</sup>	0.9	35.9 <sup>2</sup>	0.5	33.6 <sup>1</sup>	1.1	34.8 <sup>12</sup>	1.6
Hand skin temp.(℃)	19C	29.7 <sup>a2</sup>	1.3	28.3 <sup>a1</sup>	0.7	29.6 <sup>a2</sup>	1.4	31.1 <sup>a3</sup>	1.0
	19CUW	30.2 <sup>a</sup>	1.2	30.3 <sup>b</sup>	1.6	30.4 <sup>a</sup>	1.9	31.1 <sup>a</sup>	1.0
	24C	32.6 <sup>b1</sup>	1.1	32.9 <sup>c12</sup>	0.7	32.5 <sup>b2</sup>	1.4	34.0 <sup>b2</sup>	0.2
Foot skin temp. (℃)	19C	30.0 <sup>a2</sup>	2.1	27.5 <sup>a1</sup>	1.7	29.4 <sup>12</sup>	2.3	30.7 <sup>a2</sup>	1.5
	19CUW	30.1 <sup>a23</sup>	1.9	27.3 <sup>a</sup>	0.8	28.5 <sup>12</sup>	2.2	31.4 <sup>ab3</sup>	0.8
	24C	32.3 <sup>b12</sup>	1.9	31.8 <sup>b12</sup>	1.8	30.4 <sup>1</sup>	3.1	32.6 <sup>b2</sup>	1.9
Thermal comfort	19C	-0.1 <sup>a</sup>	0.5	-0.2 <sup>a</sup>	0.5	0.1 <sup>a</sup>	0.4	0.2 <sup>a</sup>	0.4
	19CUW	0.2 <sup>a</sup>	0.4	0.4 <sup>b</sup>	0.5	0.1 <sup>a</sup>	0.1	0.3 <sup>ab</sup>	0.1
	24C	0.7 <sup>b</sup>	0.5	0.6 <sup>b</sup>	0.5	0.7 <sup>b</sup>	0.4	0.6 <sup>b</sup>	0.4

(a,b,c, ab mean the difference of three experimental conditions; 1,2,3,12 are the difference of four groups)

피하지방을 측정하여 정확하게 비교할 수는 없으나, 여자의 피하지방이 남자보다 유의하게 많은 편은 아니었으므로(Table 1), 배 부위 피부온도의 성차가 피하 지방 두께의 성차에 의한 것은 아닌 듯하다. 19℃와 24℃ 정도의 환경에서 남녀의 배 부위 피부온도를 측정한 선행 연구들을 살펴 보면, 이주영(1999)의 연구에서는 19℃ 기온에서 긴 소매 상의, 긴 바지를 착용하고(총 착의량 1065 g) 120분 노출하는 동안 배 부위 피부온도는 여자의 경우 34.8℃, 남자 32.3℃로 여자가 평균 2.5℃ 더 높았다. 그러나 각 계절의 쾌적한 실내 환경에서 쾌적 착의 상태로 측정한 김명주(1996)의 연구에서는 배 피부온도에서 특별히 유의한 성차를 발견할 수는 없었다. 따라서, 배 부위 온도가 겨울철 실내 기온에서 의미있는 성차를 반영하는 요소인지, 아니면 실험 조건에 의해 우연히 만들어진 차이인 지를 규명하기 위해서는 보다 정교한 실험 계획이 요구된다.

사지 말초 부위 피부온도로서 손과 발 부위 피부온도를 살펴 보면, 네 집단 모두 24C 조건보다 19C 조건에서 더 낮은 값을 보였으며, 19CUW 조건은 대체로 24C 조건보다는 19C 조건에 더 가까웠다. 쾌적하게 느끼는 손가락 및 발가락 온도는 24~34℃ 정도이며, 손가락은 20℃ 이하, 발가락은 17℃ 이하로 내려가면 대체로 불편감을 느끼고 작업 수행 능력이 떨어진다(Karlsson · Rosenblad 1998). 본 연구에서는 19℃에서 내복을 입지 않은 경우라도 손 및 발 피부온도가 25℃ 이하로 내려간 경우는 없었다. 그러나 여기서 주목할 점은 노인 여성의 말초 부위 피부온도가 다른 세 집단보다 높은 경향을 나타냈다는 점이다. 특히, 19℃에서 내복을 착용하지 않은 경우 노인 여성의 손과 발 피부온도는 다른 세 집단에 비해 높은 경향을 보였고, 특히 젊은 여성의 손과 발 피부온도에 비해 유의하게 높았는데( $p<0.05$ ), 노인 여성의 손 피부온도는 젊은 여성에 비해 무려 2.8℃ 높았으며, 발 피부온도는 3.2℃나 높았다(Table 4). 서늘한 환경에서 노인 남자는 젊은 남자보다 높은 사지 부위 피부온도를 보이지 않았는데 노인 여자만 그러한 경향을 보였다.

서늘한 환경에서 노인 여성의 말초 부위 피부온도가 유의하게 높았던 이유는 노화 자체와 폐경이라는 두 가지 관점에서 생각해 볼 수 있다. 여기서 우선 강조해야 할 점은 노화로 인한 증상과 병리적인 증상은 구별되어야 한다는 것이다. 노화로 인한 증상이 갖추어야 할 조건은 노인들에게 보편적으로 나타나는 증상이어야 하고, 외부 요인이 아닌 내재적 변화여야 하며, 갑작스럽게 나타나는 현상이 아닌 진행적 과정이어야 하고, 기능의 약화(쇠퇴) 현상이어야 한다는 점이다(Green 1994). 이러한 조건을 만족하는 노화로 인한 생리 반응 변화들 중 체온 조절 기능의 변화는 부분적으로는 온도 인지 능력의 약화 때문에, 부분적으로는 산열 기전이 손상된 것과 관련된다. 노화로 인한 심장 혈관 반사 기능의 쇠퇴는 피부 혈류량 조절 기능의 악화를 유발하며(Green 1994), 이는 서늘한 환경에서 말초 부위 혈류량까지 영향을 주어 손가락 피부온도를 높게 유지시켰을 가능성이 있다. 그러나 실제 이유가 이 뿐이라면 노인 남자의 말초 부위 피부온도도 유의하게 높은 수준으로 유지되었어야 하는데 그렇지 않았다. 따라서 노인 남자와 노인 여성을 구별시키는 가장 강력한 생리 현상인 폐경으로 관심을 돌려야 한다.

폐경기 즈음의 여성에게는 가슴, 목, 얼굴 등에서 열감(hot flushes) 현상이 일어나는데, 이는 발한, 심박수 증가, 피부 혈류량 증가, 손가락 피부온도 증가 현상 등을 수반된다(Griffiths 1994 ; Ivarsson et al. 1998). 열감 현상은 LH, GnRH, 아드레날린 등 다양한 호르몬 분비와 관계되는데, 열감이 느껴질 때 호르몬 변화 중 특히 흥미있는 것은 LH 호르몬 분비의 일시적 증가이다(Griffiths 1994). 그러나 열감이 나타날 때 뿐만 아니라 일반적으로 폐경으로 인한 생식 호르몬 수준의 변화는 본질적으로 체온 조절적 피부 혈류량 조절을 변화시킨다(Charkoudian 2003). 본 연구에 참여한 여성의 나이는 평균 67.7 세로 전연 폐경기의 노인 여성이었으므로, 이들의 높은 말초 부위 피부 온도는 확실히 폐경으로 인한 호르몬 수준 변화가 관련되는 듯 하다. 열감과 관련된 기전이 아직 확실히 밝혀진 것은 아니지만 설명 가설 중

하나는 혈중 에스트로겐 농도의 감소로 시상하부 카테콜라민 농도가 감소되고 이것이 혈관 운동 기능을 불안정하게 한다는 것이다 (Griffiths 1994). Meldrum et al.(1979)는 폐경기 여성의 열감 현상의 객관적 지표로 손가락 온도를 평가하였는데, 열감이 있을 때 손가락 피부 온도는 평균 2.7℃ 높았으며, 젊은 여자나 에스트로겐 치료를 받은 노인 여자의 손가락 온도보다 폐경기 여자의 손가락 온도가 더 높았다고 보고하였다. 또한, Ivarsson et al.(1998)는 폐경기의 체온 조절 반응과 관련된 변화들은 시상하부의 신경 전달물질(neurotransmitter) 분비 변화로 인한 체온 조절 중추의 조절 기능 변화에 의한 것으로 생각되어진다고 말하고 있다. 이 때 신경 전달자로 제안되는 것 중 하나가 베타-엔드르핀으로 이는 체온 조절 및 에스트로겐 농도 증감과도 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

여기에 우리는 노인 여성이 유의하게 높은 말초 부위 피부온도를 보이는 원인으로 폐경으로 인한 호르몬 수준 변화 이외에 수 십년 동안 손이나 발을 물에 담그는 가사 일로 인한 혈관 반응의 변화도 고려하지 않을 수 없다. 그러나 본 연구에서는 말초 부위 피부 혈류량, 혈중 호르몬 수준, 실험 중 혹은 이전 열감의 경험 유무 등을 조사하지 못했으므로 이상의 가정 중 어느 것도 노인 여성의 높은 말초 부위 피부온도에 대한 직접적인 증거는 되지 못한다. 다만, 이상의 선행 연구들을 종합하면 노인 여성은 노화로 인한 본질적인 혈관 조절 기능 약화와 폐경으로 인한 체온 조절과 관련된 호르몬 수준 변화, 가사 일과 같은 외재적 요인으로 인한 혈관 조절 능력 변화 등이 모두 서늘한 환경에서 높은 말초 부위 피부 온도 유지에 부분적으로 작용하였을 것이라 추측

할 수 있다.

## 2. 온열 쾌적감

세 가지 실험 조건 중 가장 쾌적하게 느낀 조건은 네 집단 모두 24C 조건이었고, 19C 조건을 가장 덜 쾌적하게 느꼈으나(p<0.001), 온열 쾌적감의 평균값에서 성 및 연령에 따른 차이는 없었다(Table 4). 네 집단 모두 세 가지 조건 중 24C 조건을 가장 쾌적하게 느꼈는데 이는 손이나 발, 얼굴 등 외기에 노출된 피부면과 닿는 공기의 온도와 관련된다. 말초 부위 냉각에 의한 손 발 온도 저하는 주관감에 큰 영향을 미치는데(Vokac et al, 1971), 19℃에서 내복을 착용한 경우보다 24℃에서 내복을 착용하지 않은 경우를 온열적으로 보다 쾌적하게 느끼는 이유는 손이나 얼굴 등 노출된 부위의 온도가 보다 쾌적 조건에 가까웠기 때문이다.

한편, 응답 항목별로 살펴 보면, 19℃에서 내복을 입지 않은 경우 노인 남녀, 젊은 남자 집단은 ‘약간 불쾌하다’ 에서 ‘쾌적하다’ 사이의 범위에서 응답했으나, 젊은 여자 집단은 ‘불쾌하다’ 에서 ‘쾌적하다’ 사이로 응답하여 네 집단 중 가장 불만족했다. 이주영(1999)의 연구에서도 통계적으로 유의한 차이는 아니지만 19℃ 노출 시 젊은 남자보다 젊은 여자가 온열적으로 더 불쾌하게 느끼는 경향이 있었으며, 평균적으로 여자는 남자보다 약 0.3℃ 더 높은 기온을 선호한다고 보고되고 있다(Oborne 1994).

한편, 19℃에서 내복을 입지 않은 경우 노인이 청년보다 온열적으로 더 불쾌하게 느낄 것이라 예상했으나 특별히 그러한 경향을 발견할 수는 없었다. 120 분 동안의 평균이 아니라 각 응답 항목에 대한 응답 비율로 분석해 볼 경우, ‘약간

Table 5. Percentage of responses to thermal comfort

		%	-3	-2	-1	0	1			%	-3	-2	-1	0	1
Young Male	19C		0.0	0.0	5.1	71.8	23.1	Old Male	19C		0.0	0.0	12.2	62.8	25.0
	19CUW		0.0	0.0	5.1	71.8	23.1		19CUW		0.0	0.0	0.0	89.7	10.3
	24C		0.0	0.0	0.0	33.3	66.7		24C		0.0	0.0	0.0	26.3	73.7
Young Female	19C		0.0	7.7	15.4	65.4	11.5	Old Female	19C		0.0	0.0	12.8	51.3	35.9
	19CUW		0.0	0.0	6.9	48.5	44.6		19CUW		0.0	0.0	0.0	65.4	34.6
	24C		0.0	0.0	0.8	42.3	56.9		24C		0.0	0.0	0.0	39.1	60.9

불쾌하다' 및 '불쾌하다' 는 응답은 젊은 여자 23.1 %, 노인 여자 12.8%, 노인 남자 12.2%, 젊은 남자 5.1%로 젊은 여자가 가장 불만족했고, 특별히 노인이 청년보다 더 불쾌하게 느끼는 것 같지는 않다. 보통 노인들이 온열 쾌적을 위해 더 높은 온도를 선호한다고 생각한다. 그러나, Colins 와 Hoinville(1980)은 16 명의 노인과 16 명의 청년을 대상으로 실험한 결과 두 그룹의 선호 기온은 모두 21.1℃ 로 비슷하다고 하였고, 노인이 추위에 취약하다는 것은 일상 생활 중 노인이 몸을 덜 움직이기 때문에 나온 결론일 것이라 하였다. Rohles(1969)도 70 대 이상의 노인 64 명을 대상으로 한 결과 연령차는 없었으며, Fanger(1970)도 노인과 청년의 중성 온도는 유사하다고 하면서 그 이유로 노인이 대사율이 감소하기는 하지만 동시에 불감증설도 감소한다는 점을 들었다. 즉 노인은 청년보다 열을 덜 생산하지만 동시에 덜 잃는 셈이다.

온열 쾌적 상태에 있는 사람은 다음 네 가지 상태를 모두 만족해야 한다. 첫째, 인체는 열균형 상태여야 하며, 발한율은 comfort limits 이내여야

하고, 평균피부온도도 comfort limits 이내여야 하며, 국부 온열 불쾌감이 없어야 한다(Parsons 1993). 그러나 이상의 조건들은 온열 쾌적을 위한 필요조건이지 충분조건은 아님을 기억해야 한다. 즉, 인체가 열균형 상태에 있어도 온열적으로 불쾌할 수 있다. 또한, Rohles와 Nevins (1971)은 800 명의 남자와 800 명의 여자를 대상으로 0.6 clo 착용하고 다양한 습도 및 기온의 조합 조건에서 노출 실험 결과 16.7℃~36.7℃까지 모두 쾌적한 범위로 인정될 수 있다고 결론지었다.

3. 피부 온도와 온열 쾌적감과의 상관

피부 온도와 온열 쾌적감과의 상관을 조사한 결과는 크게 다음 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 온열 쾌적감과 피부온도들의 상관은 노인보다 청년이 더 높았고, 상관이 유의한 항목도 더 많았다(Table 6). 세 조건을 종합하여 분석했을 때, 특히 젊은 여자의 경우 온열 쾌적감은 평균 피부온도, 복부온도, 발온도 등과 골고루 상관을 보였으나(p<0.01), 노인 여자의 경우에는 어느 피부온도 항목도 온열 쾌적감과 유의한 상관을 보

Table 6. Correlation coefficients of skin temperatures and thermal comfort

Group	Item	Condition			Total
		19C	19CUW	24C	
Young Male	Mean T <sub>sk</sub>	0.022	0.168*	0.233*	0.351*
	T <sub>abdomen</sub>	-0.287	0.248*	0.037	-0.149
	T <sub>hand</sub>	0.007	0.298*	0.046	-0.167
	T <sub>foot</sub>	0.087	0.185*	0.351*	-0.074
Young Female	Mean T <sub>sk</sub>	-0.07	-0.08	0.328*	0.316*
	T <sub>abdomen</sub>	0.125	0.267*	0.231*	0.195*
	T <sub>hand</sub>	0.149	-0.132	-0.196	-0.203
	T <sub>foot</sub>	0.316*	0.347*	-0.056	0.130*
Old Male	Mean T <sub>sk</sub>	-0.016	-0.132	-0.016	0.112*
	T <sub>abdomen</sub>	-0.067	-0.116	-0.169	-0.064
	T <sub>hand</sub>	-0.005	0.125	-0.119	-0.234
	T <sub>foot</sub>	0.112	0.272*	-0.161	-0.262
Old Female	Mean T <sub>sk</sub>	0.234*	-0.111	-0.160	-0.038
	T <sub>abdomen</sub>	0.065	-0.263	-0.210	-0.272
	T <sub>hand</sub>	-0.170	-0.026	0.121	-0.101
	T <sub>foot</sub>	-0.114	-0.096	-0.270	-0.214
Total	Mean T <sub>sk</sub>	0.060	-0.076	-0.160	0.189*
	T <sub>abdomen</sub>	-0.170	-0.024	-0.155	-0.086
	T <sub>hand</sub>	-0.033	0.067	-0.081	-0.250
	T <sub>foot</sub>	-0.013	0.027	-0.142	-0.217

(\* p<0.05; NS=Not significant)

이지 않았다 (Table 6). 이는 노인의 경우 청년보다 체온 조절 반응과 온열 쾌적감과의 유기적 연관성이 낮음을 의미한다. 더욱이, 손이나 발 피부온도 저하는 온열 쾌적감과 관련이 있는데(Vokac et al. 1971; Karlsson · Rosenblad 1998), 노인 여성의 경우 어느 조건에서도 사지 부위 피부온도와 온열 쾌적감과의 상관이 관찰되지 않았다는 점은 특기할 만한 점이다.

둘째, 피부온도의 어떠한 항목도 온열 쾌적감과 상관 계수가 0.4를 넘지는 않았다(Table 6). 상관계수( $r$ )란 두 변수의 상관관계의 정도를 나타내 주는 것이며, 상관계수의 제곱인 결정계수( $r^2$ )란 설명력을 의미한다(안재익 · 유근영 2003). 본 연구처럼 유의한 상관계수가 0.4 이하이면 약한 상관 관계를 의미하며, 따라서 결정계수 0.16 이하라는 것은 피부 온도라는 변수로 온열 쾌적감이라는 변수의 변화(분산)를 16% 이하 만큼 설명할 수 있다는 뜻이다. 온열 쾌적감은 환경 온도, 습도, 복사 온도, 온도 변화율, 기류, 대사량, 착의 조건 등 인체에 영향을 주는 기본 요소들이나 개인의 이전 경험 뿐만 아니라, 지역, 나이, 성, 조명, 환경 색조, 실내 장식 등에도 크게 의존하므로(Parsons 1993), 온열 쾌적감에 대한 평균피부온도의 설명력이 16% 이하라는 것은 당연한 결과이다. 만약 일상적인 겨울철 실내 기온에서 온열 쾌적감과 피부온도 간에 강한 상관 관계가 나왔다면 오히려 의심할만한 것일 것이다. 그러나 문제는 노인의 경우인데,  $r^2$  값에 의하면, 노인 여성의 온열 쾌적감 변화 중 피부온도로 설명될 수 있는 부분은 거의 없다.

셋째, 네 집단을 모두 합쳐 각 실험조건 별로 상관관계를 구했을 때, 어느 조건에서도 피부온도와 온열 쾌적감은 유의한 상관을 보이지 않았으나, 실험 조건들을 하나로 합쳐 분석해 보면 온열 쾌적감은 평균피부온도와 유의한 상관이 존재했다(Table 6). 평균피부온도와 온열 쾌적감 간에 선형 관계가 존재한다는 것은 잘 알려진 사실이며, 이러한 관계는 노출되는 환경 폭이 넓어질수록 관찰하기 쉽고, 노출되는 환경 폭이 좁아질수록 상관성을 찾아 내기 힘들다. 인체는 기온이 약 16.7℃일 때부터 냉각되기 시작하며, 25.5℃

이상이 되면 열을 얻는다(heat gain)고 알려져 있다(Woodson 1987). 본 연구의 실험 조건인 19℃와 24℃는 인체가 냉각되지도, 열을 얻지도 않는 조건이다. 만약, 본 실험 조건에 발한을 유발할 정도의 더운 환경이나 전율을 유발할 정도의 낮은 환경이 포함되었다라면, 온열 쾌적감과 평균피부 온도 간에 좀 더 강한 상관 관계를 발견할 수 있었을 것이다.

넷째, 온열 쾌적감은 손, 발, 배 와 같은 부위별 피부온도보다는 평균피부온도와 상관이 컸다(Table 6). 국부 피부온도는 온열 쾌적감에 영향을 미치는데 (Karlsson · Rosenblad 1998), 본 연구에서 상관이 높지 않은 이유는 본 연구의 노출 환경이 일반적으로 손과 발이 시릴 정도로 낮은 기온은 아니었기 때문이다.

#### 4. 쾌적 시 평균피부 온도

쾌적하다고 응답하였을 때 평균피부온도는 네 집단 간 큰 차이 없이 31~36℃였으며, 네 집단 중 젊은 여자가 다소 높았다(Fig. 1). 그러나 노출 조건 간에는 차이가 있어 24℃에서 쾌적하다고 응답했을 때 평균 피부온도가 가장 높았고, 19℃에서 내복을 착용하지 않은 경우 가장 낮았다. 19℃에서 내복을 착용하지 않은 경우 평균피부온도 31℃ 이하에서도 쾌적하다고 느끼는 경우가 있었던 반면, 24℃ 노출 시에는 평균피부온도 35℃ 이상에서도 쾌적하다고 응답하는 경우가 다수 있었다. 즉, 겨울철 경험할 수 있는 실내 온도에서 온열적으로 쾌적하다고 응답했을 때 평균피부온도의 폭은 약 5℃ 정도였으며 이는 성이나 연령에 의한 차이는 아니었다.

일반적으로 쾌적 시 평균피부온도는 31~34℃, 정상 범위는 30~35℃로 알려져 있다(吉村 1977). Fanger(1970)는 온열 쾌적감은 평균피부온도와 상관이 있으며 온열적으로 쾌적하기 위해서는 평균피부온도가 30℃ 이상이어야 한다고 하였고, Lottens(1988)은 쾌적 시 평균피부온도 32.5~35℃라고 하였다 (Karlsson · Rosenblad 1998). 그러나 이주영(1999)은 젊은 남녀에게 서늘하게 입히고 19℃에 노출시킨 경우 온열적으로 쾌적하다고 응답했을 때 평균피부온도는 29.5~33.7℃ 라고 보



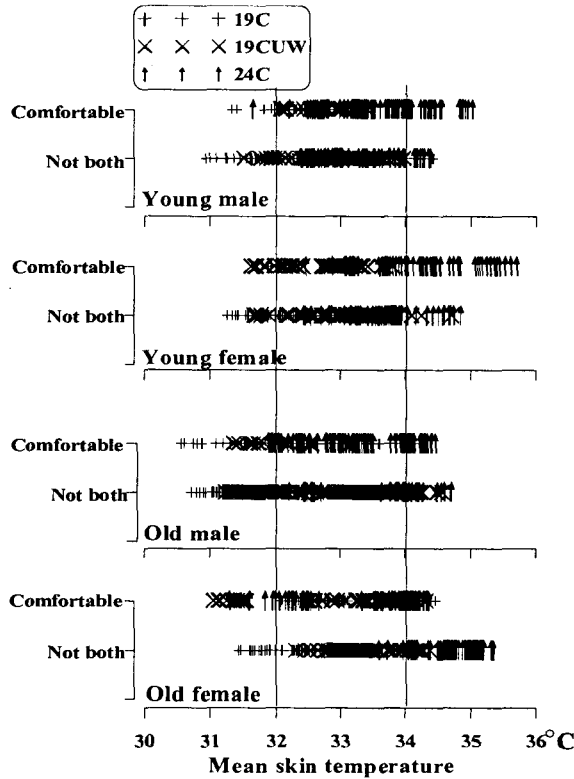


Fig.1. The range of mean skin temperature during thermal comfort ('Not both' is neither comfortable nor uncomfortable).

고하였으므로, 노출 환경 조건, 착의량, 활동 내용, 개인의 생리적 특성 등에 따라 온열적으로 쾌적하다고 응답하였을 때 평균피부온도의 폭은 보다 넓을 것이라 생각할 수 있다. 평균피부온도는 일차원적 개념인 반면, 온열 쾌적감은 다차원적 개념이다 (Karlsson · Rosenblad 1998). 모든 차원이 모든 조건에서 모든 사람에게 동일한 중요성을 가지는 것은 아니다. 즉, 다차원적인 온열 쾌적감에 미치는 평균피부온도의 영향력은 실험 조건이나 사람에 따라 다르다. 이러한 이유 때문에 동일 환경이라도 쾌적하다고 느끼는 경우의 평균피부온도가 일치하지 않게 된다.

### V. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 겨울철 경험할 수 있는 실내 환경 조건에서 한국인 남녀 노소의 피부온도

와 온열 쾌적감의 관련성을 살펴 보는 것이다. 이를 위해 세 가지의 실험 조건에서(겨울철 적정 실내 온도인 19℃에서 내복을 입은 경우, 19℃에서 내복을 입지 않은 경우, 24℃에서 내복을 입지 않은 경우)에서 피부온도 및 온열 쾌적감을 조사하여 평균피부온도 및 부위별 피부온도의 관련성을 조사하였으며, 둘째, 온열적으로 쾌적하다고 느끼는 경우 평균피부온도 범위를 구하였다. 실험에 참여한 피험자는 네 집단으로 젊은 남자 6명, 젊은 여자 5명, 노인 남자 6명, 노인 여자 6명이었다.

결과를 요약하면, 1) 평균피부온도는 성별, 연령별 통계적으로 유의한 차이 없이 평균 32.4~34.0℃ 사이였다. 2) 19℃에서 내복을 착용하지 않은 경우 노인 여자의 손 피부 온도는 다른 세집단에 집단에 비해 유의하게 높았다. 3) 19℃에서 내복을 착용하지 않은 경우 노인 여자의

발 피부 온도는 젊은 여자 집단에 비해 유의하게 높았다. 4) 온열 쾌적감에서는 통계적으로 유의하지는 않지만 네 집단 중 젊은 여자가 가장 불쾌해하는 경향이 있었고, 남녀노소 가장 쾌적하게 느낀 조건은 24℃에 노출된 경우였다. 5) 온열 쾌적감과 피부온도와의 상관성은 노인보다 청년이 더 높았으며 온열 쾌적감의 변화 중 평균피부온도로 설명할 수 있는 부분은 16% 이하였다. 6) 온열 쾌적감은 부위별 피부온도보다는 평균피부온도와 상관이 더 컸다. 7) 온열적으로 쾌적하다고 응답한 경우 평균피부온도는 연령에 의한 큰 차이 없이 31~36℃ 였다.

이상의 결과로부터 유추해 볼 수 있는 것은 첫째, 노화로 인해 생리적 반응과 주관적 반응간의 관련성이 떨어진다는 점, 둘째, 서늘한 환경에서 노인 여자의 말초 부위 피부 온도 반응에는 노화 자체 뿐만 아니라 폐경 등의 이유로 인해 노인 남자와는 구별되는 점이 존재한다는 점이다. 이는 보다 전문적인 후속 연구를 통해 밝혀 볼 수 있을 것이다.

### 참고문헌

김명주(1996). 한국인의 월별 피부온도에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.  
 남도현·이용철·백용규·정광섭(2001). 바닥난방공간의 적정쾌적범위에 관한 연구. 대한건축학회 학술발표논문집. 21(1), 557-560.  
 안재익·유근영(2003). 의학, 보건학 통계분석. 자유아카데미. 서울. pp311-400.  
 에너지 관리공단(2004). [http://www.kemco.or.kr/cyber\\_pr/public\\_wisdom/index.asp?left\\_menu\\_num=01\\_sub03&sel\\_dept=주택단열&line\\_map=31](http://www.kemco.or.kr/cyber_pr/public_wisdom/index.asp?left_menu_num=01_sub03&sel_dept=주택단열&line_map=31)  
 윤덕로(1993). 환경의학개론, 신광출판사.  
 윤정숙·민경애·최윤정(1993) 지역난방 아파트의 겨울철 온열환경실태와 쾌적범위에 관한 연구. 대한건축학회논문집 9(6), 97-105.  
 이주영(1999). 19℃ 환경에서 착의량이 인체의 에너지 대사에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 석사 학위 논문.  
 吉村壽人(1977). ヒトの適應能, 環境科學叢書.  
 ASHRAE(1992). ASHRAE handbook of fundamentals.  
 Charkoudian N(2003). Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. Mayo Clin Proc 78(5), 603-612.

Collins KJ, Hoinville E(1980). Temperature requirements in old age, Building Service Engineering Research and Technology 1(4), 165-172.  
 Fanger PO(1970). The influence of certain special factors on the application of the comfort equation. In Thermal comfort, McGraw-Hill Co., New York., pp 68-106.  
 Green R(1994). Old age, in Human Physiology: age, stress, and the environment, Edited by Case RM and Waterhouse JM, Oxford University Press, pp 99-124.  
 Griffiths EC(1994). The menopause, in Human Physiology: age, stress, and the environment, Edited by Case RM, Waterhouse JM, Oxford University Press, pp 87-99.  
 Haymes EM, Wells CL(1986). Environment and human performance, Human Kinetics Publishers pp 1-68.  
 Ivarsson T, Spetz, AC, Hammer M(1998). Physical exercise and vasomotor symptoms in postmenopausal women. Maturitas 29, 139-146.  
 Karlsson IC, Rosenblad EF(1998) Evaluating functional clothing in climatic chamber tests versus field test: a comparison of quantitative and qualitative methods in product development. Ergonomics 41(10), 1399-1420.  
 McIntyre DA(1980) Indoor Climate, London: Applied Science.  
 Meldrum DR, Shamonki IM, Frumar AM, Tataryn IV, Chang RJ, Judd HL(1979). Elevations in skin temperature of the finger as an objective index of postmenopausal hot flashes: standardization of the technique. Am J Obstet Gynecol 135(6), 713-717.  
 Osborne DJ(1994). Ergonomics at work-Human Factors in Design and Development, John Wiley & Sons. Chichester.  
 Parsons KC(1993). Human Thermal environment, Taylor & Francis.  
 Rohles FH(1969). Preference for the thermal environment by the elderly, Human Factors 11(1), 37-41.  
 Rohles FH, Nevins RG(1971). The nature of thermal comfort for sedentary man, ASHRAE Transactions 77(1), 239-246.  
 Vokac et al.(1971). Effect of cooling of peripheral parts of the body on general thermal comfort. Textile Research Journal 41.  
 Woodson WE(1987). Human Factors Reference Guide for Process Plants, McGraw-Hill Book Company, New-York.