

여름철 냉방시 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향 (청년과 고령자의 비교를 중심으로)

Effects of relative humidity on comfort sensation by comparison between the young and the aged

김 동 규*, 금 종 수**, 최 광 현**, 박 회 욱*, 김 종 열*, 주 익 성*
D. G. Kim, J. S. Kum, K. H. Choi, H. W. Park, J. R. Kim, I. S. Joo

Key words : Thermal sensation vote(전신온냉감), Humidity sensation vote(건습감), Comfort sensation vote(쾌불쾌감), Sweating sensation vote(발한감), Predicted mean vote, SET*(신표준유효온도)

Abstract

Hot and humid weather in summer generally brings about discomfort. Experiments on which relative humidity makes effects on the comfort sensation were performed to the young and the aged using sensation vote. From July to October 1996, seven college students and eleven aged people were exposed for 2 hours under six different conditions in the Pukyong National University test chamber so as to determine the effects of relative humidity on thermal and comfort sensations. Subjects were wearing same clothes, and the mean clo value was 0.5. The mean radiant temperature was equal to the air temperature and air velocity in the occupied zone around 0.1m/s. In the experiments, it was found that discomfort could be largely reduced when the humidity is controlled to low values in the settled high temperature.

1. 연구의 배경 및 목적

장마철부터 하계에 걸쳐서는 습도가 쾌불쾌감을 결정하는 데에 중요한 요소가 되므로 외기온도는 그렇게 높지 않더라도 습도가 높은 경우는 무덥게 느껴지기 때문에 에어컨의 설정온도를 낮게 설정하기 쉽다.⁽¹⁾ 따라서 신체가 과냉하게 되기 쉽고

장시간 체재할 때는 견딜 수 없는 불쾌한 공간이 되며 건강면에서도 문제가 될 수 있다. 그러므로 실내의 온도차를 줄이는 동시에 습도를 제어할 수 있으면 불쾌감을 줄일 수 있다고 생각된다.

온열쾌적감에 관한 국내논문 현황을 보면 대부분이 실태조사의 형태로서 연구가 이루어졌으며, 특히 여름철에 온열쾌적감에 많은 영향을 미치는 상대습도에 관한 논문은 거의 발표가 되어 있지 않다. 외국의 경우, 특히 미국의 경우는 ASHRAE Standard 55에 쾌적환경에 대한 기준이 제시되어

* 부경대학교 대학원

** 정회원, 부경대학교 공과대학

있으며, 유럽은 PMV 및 PPD의 개념을 도입하여 실내 쾌적환경에 대한 기준을 제시하고 있다.⁽²⁾ 그러나 대부분의 이와 같은 환경지표는 인체가 쾌적 영역에 가까운 범위에 존재하고 있을 경우 적용성이 높으므로, 우리나라와 같이 여름철에 온도와 습도에 의한 영향을 많이 받는 지역에서는 이와 같은 지표를 그대로 사용하는 것은 다소 무리가 있다고 생각이 된다. 따라서 본 논문에서는 냉방시 상대습도가 인체의 쾌불쾌감에 미치는 영향에 관하여 청년 및 고령자를 대상으로 체감실험을 하여 온열감각의 특징, 생리적 특성치 등을 추출하여 쾌적성을 향상시키기 위한 습도제어의 기초자료를 제공함이 본 연구의 목적이다.

2. 실험방법⁽³⁻⁵⁾

실험은 1996년 7월~10월까지 「부경대학교 공과대학 냉동공조공학과 온열환경실험실」에서 실시하였다. 이후 1997년 7월~8월까지 고령자에 대하여 추가 실험을 실시하여 앙케이트 신고값을 추가하였다. 실험 대상자(이하 피실험자)는 청년층 7명(24.7세±1.6) 및 고령자 3명(77세±5), 고령자 8명(63.6±6.2)으로 하였다. 실험 소요시간은 120분으로 하였고 실험에 들어가기 전에 30분 동안 전실에 체재하면서 혈압, 맥박, 체온을 측정하여 간단히 건강상태를 확인하였다. 주관신고는 입실 직후 및 그 후 10분마다 총 90분 동안 전신온냉감, 건습감, 쾌불쾌감, 발한감 등에 대하여 기록하도록 하였다. 주관신고 각각의 평가 스케일을 Fig.1에 표시했다.

온도 및 습도의 설정조건 및 실제 결과값은 Table 1에 표시하였으며, Table 2에는 실험조건을 나타내었다. Table 1의 실제 결과값을 이용하여 PMV 및 SET*^(6,7)를 산출하고 피험자의 주관신고내용을 분석하는데 이용하였다.

착의량은 보통 여름철 착의량과 같으며, 고령자 및 청년 모두 일정한 유니폼을 착용하였으며, Fukai 등이 채택한 의복중량법을 이용하여 clo값을 계산하였다. 활동량은 의자에 앉아 간단한 사무작업 및 대화를 하는 상태에 상당한다. 각 설정조건은 ISO 7730에서 쾌적영역으로서 권장하고 있는 -0.5<PMV

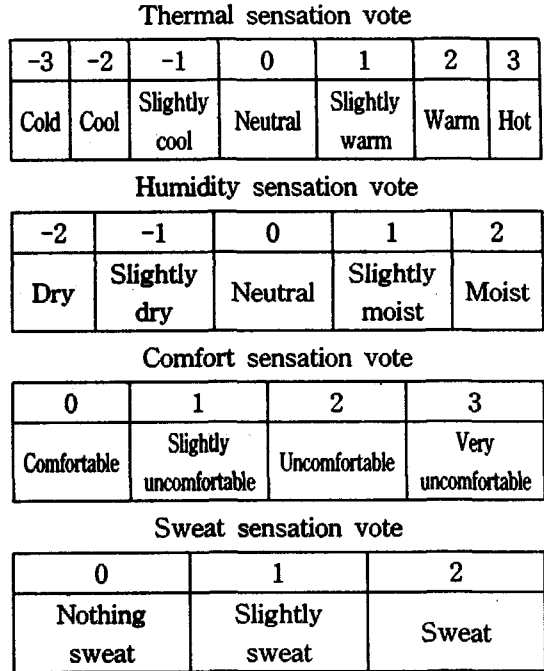


Fig.1 Voting range of questionnaire

Table 1 Setting conditions and results

Set conditions	Results		Set conditions	Results	
	Young	Elderly		Young	Elderly
24°C	24.0°C	23.8°C	24°C	25.3°C	25.4°C
40%	39.6%	39.1%	80%	70.8%	77.9%
27°C	26.7°C	26.8°C	27°C	27.1°C	27.0°C
40%	39.9%	36.2%	80%	77.5%	80.5%
30°C	29.7°C	29.2°C	30°C	30.2°C	29.6°C
40%	38.3%	40.1%	80%	80.0%	85.0%

Table 2 Experimental conditions

Exposure Time	90min
Clothing	0.5clo
Activity	1.1met(sedentary)
Air velocity	0.1m/s
Mean radiant temperature	Air temperature
Young	n=7(24.7±1.6)
Elderly	n=3(77±5) =8(63.6±6.2)

<+0.5의 범위 및 온습도 환경을 균일하게 설정하는 것이 가능한 온열환경실험실로서 실험에 앞서 균일한 환경이 되도록 약 2시간 정도 예비운전을 하였다. 온열환경실험실의 온도 및 습도 제어범위와 기기능력은 Table 3과 같다.

환경 물리량 측정을 위해 실내의 수직온도분포를 바다면 기준 10, 60, 110, 170cm에서 열전대를 설치하여 측정하고 글로브를 사용하여 평균복사온도를 측정하였다. 습도는 바이사라(VAISALA HMW 20 UB) 습도계를 사용하여 측정하였다.

인체측은 $\phi 0.2\text{mm}$ 인 C-C열전대를 인체의 3부위(Burton이 제안한 평균피부온도를 측정하는 방법으로 전완, 가슴, 하퇴를 이용하여 산출하며, 허

용오차는 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이내에서 68%의 일치율을 나타냄)에 서지칼테이프(Beisesdorf AG사)로써 부착하여 각 피부온을 측정하여 평균피부온도를 구하였다. 모든 측정 데이터 값은 20초 간격으로 측정하였고, 데이터 로그를 사용하여 PC에 저장하였다. 또한 피부 표면온도를 열화상카메라(TVC, TH1100)로써 가시화하여 신체의 과냉을 검토하였다. 실험 결과의 고찰을 위해 입실 후 1시간이 경과한 60, 70, 80, 90분의 데이터^(1,8)를 사용하여 분석했다. Fig.3은 청년층과 고령자가 각각 실험을 하고 있는 모습이다.

3. 실험결과 및 고찰^(9,10)

3.1 전신온냉감

Fig.4는 상대습도와 전신온냉감의 관계를 나타

Table 3 Specification of the chamber

Range of chamber air temperature & relative humidity	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature : $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ • Relative humidity : $30\% \sim 85\% \pm 5\%$
Cooling capacity	• 15,000W
Heating capacity	• 12,900W
Humidifying capacity	• 4.8 l/h

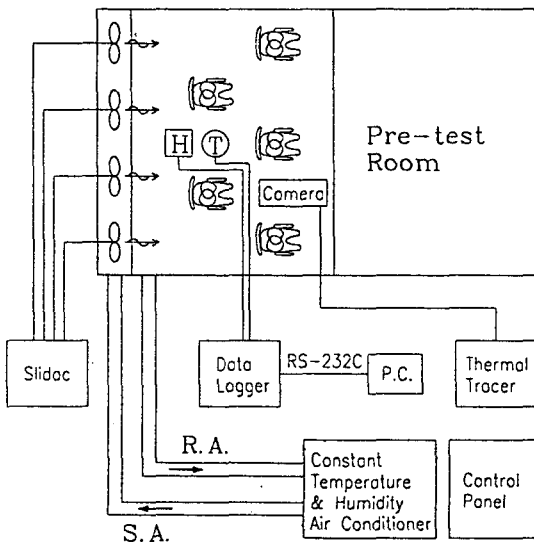


Fig.2 Schematic of the chamber

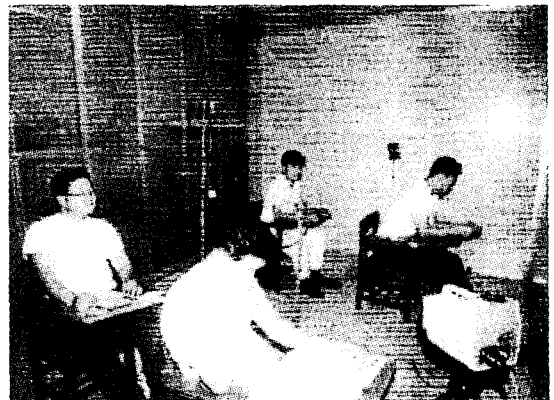


Fig.3 Subjects during the experimental session

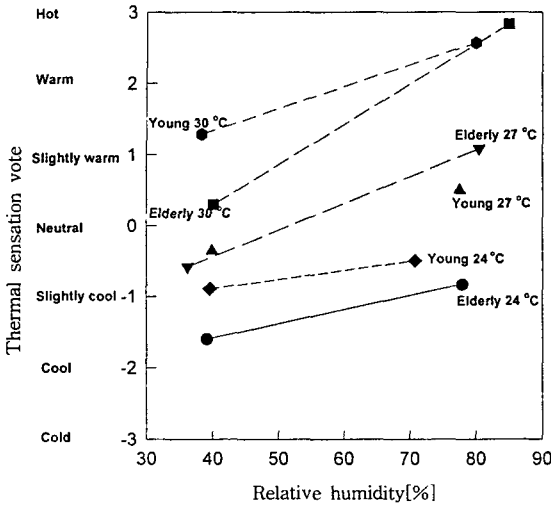


Fig.4 Mean TSV versus relative humidity for subjects

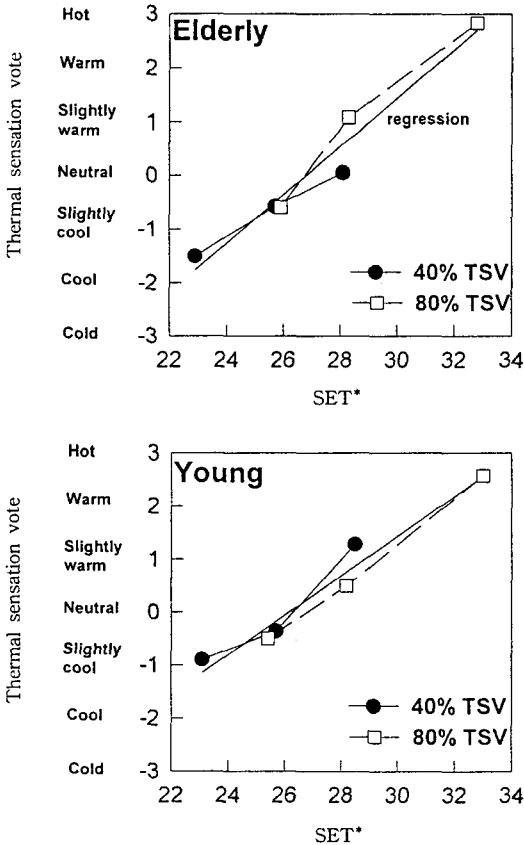


Fig.5 SET* versus mean TSV for subjects

낸 것이다. 24°C에서 고령자 및 청년 모두 습도의 영향이 거의 없는데 반하여 공기온도 27, 30°C에서는 실내온도가 일정하여도 상대습도가 상승하면 전신온냉감도 역시 상승하였다.

Fig.5는 SET*와 전신온냉감도의 관계를 습도별로 나타낸 것이다. 청년 및 고령자에 대한 전신온냉감과 SET*의 관계를 회귀식으로 나타내면 다음과 같다.

고령자 $TSV = 0.45 \times SET^* - 12.07 (r^2 = 0.95)$

청년 $TSV = 0.38 \times SET^* - 9.96 (r^2 = 0.96)$

회귀식으로부터 전신온냉감 신고가 중립이 되는 SET* 온도는 고령자 약 26.8°C, 청년 약 26°C로 0.8°C 정도 차이가 있었다. 이는 청년에 비해서 고령자가 고온측을 선호한다는 것과 일치함을 알 수 있었다.⁽¹¹⁾ 기존 외국인과 비교하면 다소 고온 지향적임을 알 수 있으며, Shin-ichi Tanabe에 의한 정리결과와 비교하면 다음과 같다.

Fig.6은 PMV와 전신온냉감도의 관계를 나타낸 것이다. 고령자의 경우 청년에 비해 상대습도가 40% 일때의 전신온냉감 신고치는 PMV보다 낮게 분포하고 있어 PMV가 저습도에 의한 냉각효과를 적당하게 평가하지 못함을 추측할 수 있다. 또 PMV 값이 1을 넘어가는 따뜻한 환경의 경우 발한에 의한 효과를 예측하는 정도가 나쁨을 알 수 있다. 그리고 고령자의 온냉감 신고는 특히 저습에서 청년에 비해 PMV값과 많은 편차를 보이는데, 이것은 고령자가 청년보다 저습에서 더 많은 추위를 느끼기 때문이라고 볼 수 있다.⁽⁸⁾

Table 4 Neutral temperature for the different groups of subjects

Groups of subjects	Neutral temperature (SET* °C) ⁽¹²⁾
Japanese subjects(summer)	26.2
Japanese subjects(winter)	25.4
American subjects	25.8
Danish subjects	25.6
Singaporean subjects	25.6

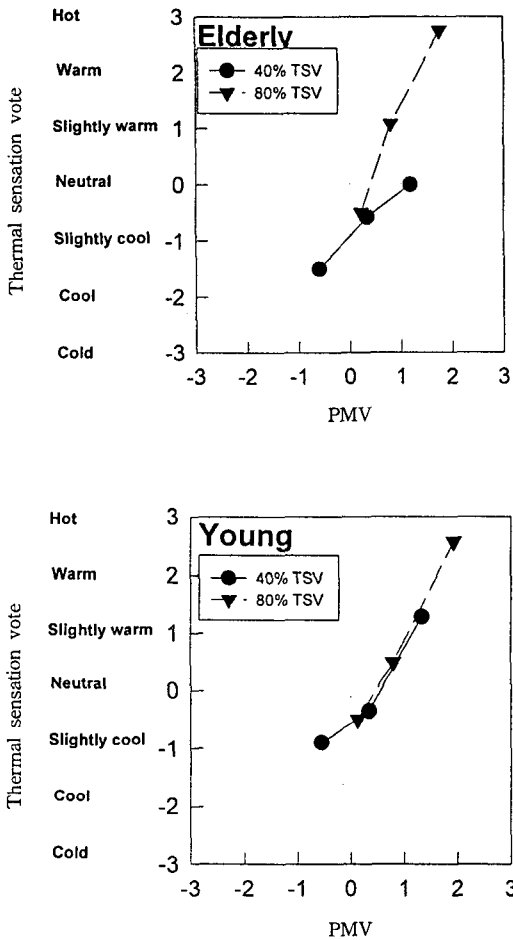


Fig.6 PMV versus mean TSV for subjects

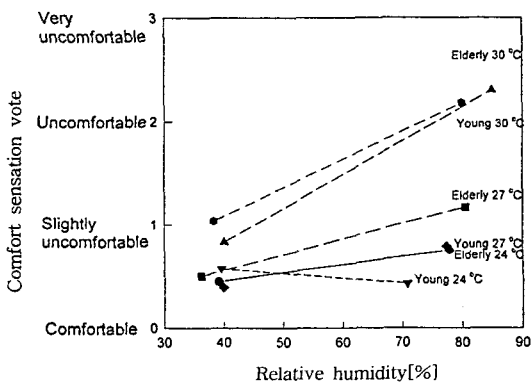


Fig.7 Relative humidity versus mean CSV for subjects

3.2 쾌불쾌감

Fig.7은 상대습도와 쾌불쾌감과의 관계를 나타낸 것이다. 쾌불쾌감은 고령자, 청년 모두 24℃ 및 27℃에서 상대습도의 영향이 적지만 30℃에서는 상대습도의 영향을 많이 받음을 알 수 있었다. 따라서 30℃의 경우 고령자나 청년 모두 상대습도를 낮추면 불쾌감이 현저하게 줄어들 수 있다고 볼 수 있다.

Fig.8은 SET*와 쾌적감과의 관계를 나타낸 것이다. 고령자, 청년 모두 SET* 26℃ 부근에서 가장 쾌적함을 나타내어 쾌적감에는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

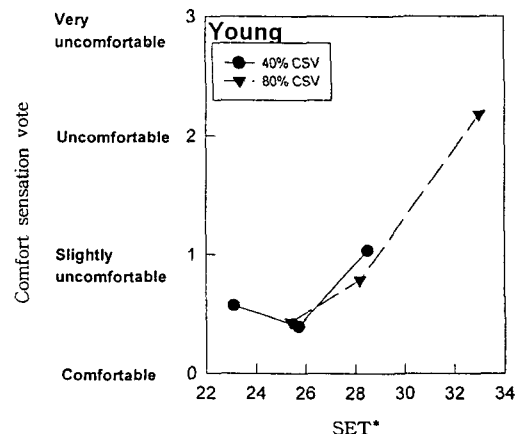
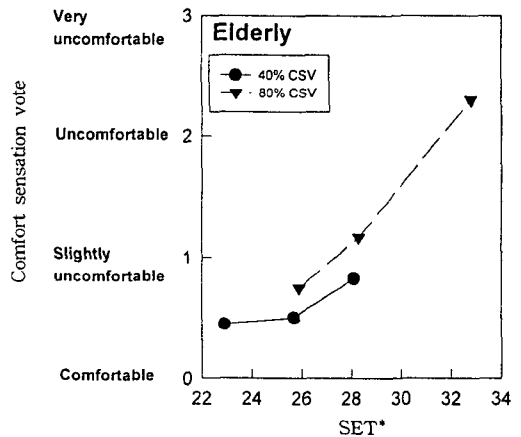


Fig.8 SET* versus mean CSV for subjects

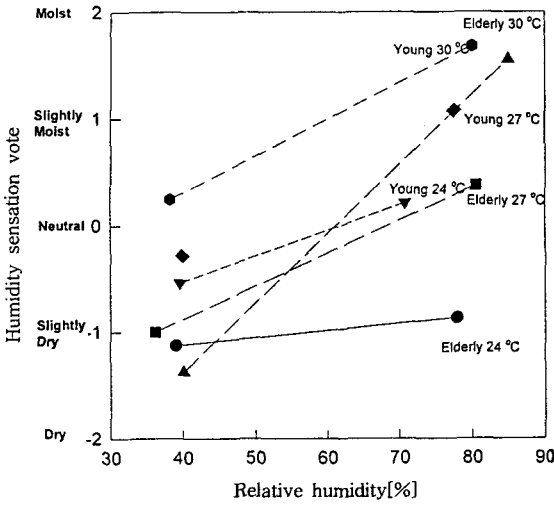


Fig.9 Relative humidity versus mean HSV for subjects

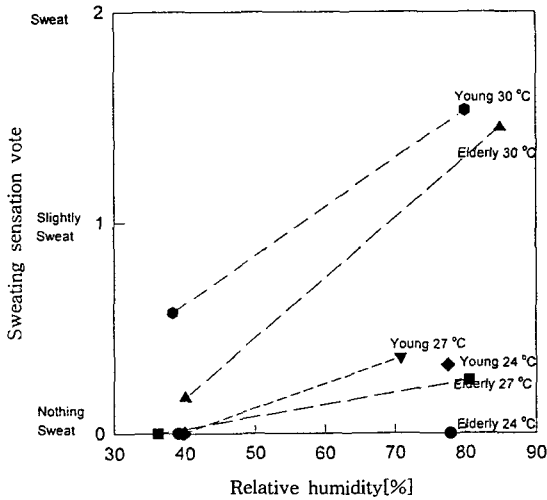


Fig.10 Relative humidity versus mean SSV for subjects

3.3 건습감

Fig.9는 상대습도와 건습감의 관계를 나타낸 것이다. 건습감은 고령자, 청년 모두 기온이 올라갈수록 습도의 영향을 많이 받음을 알 수 있었다.

3.4 발한감

Fig.10는 상대습도와 발한감의 관계를 나타낸

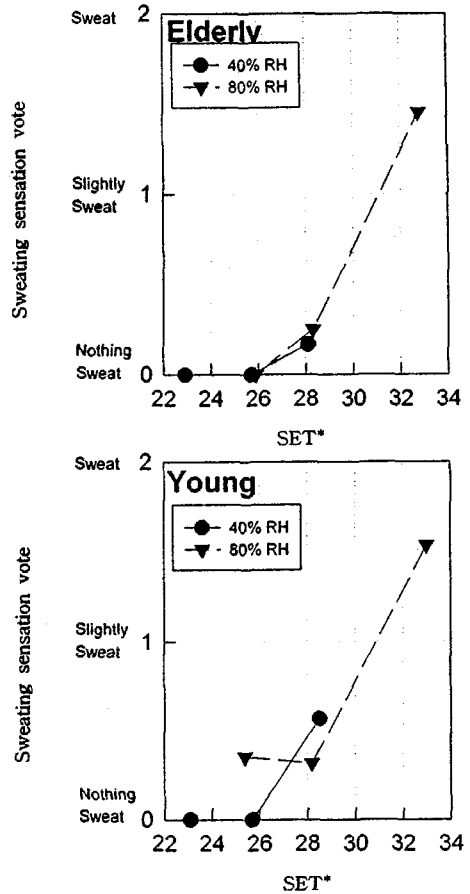


Fig.11 SET* versus mean SSV for subjects

것이다. 고령자, 청년 모두 24°C, 27°C에서는 상대습도가 변하더라도 발한감에 그다지 영향을 주지 않지만, 30°C에서는 상대습도가 증가함에 따라 발한감에 급격한 변화가 있었다.

Fig.11은 발한감과 SET*의 관계를 나타낸 것이다. 청년 모두 SET* 26°C에서 발한을 시작하였다. 이는 SET* 26°C에서 가장 쾌적하였다는 쾌복 쾌감 신고와 관련이 있다고 볼 수 있다. 고령자 경우 SET* 28°C에서부터 급격한 발한을 보이는데 이는 SET* 27°C에서 전신온냉감 신고가 중립적 상태가 된 것과 관련이 있음을 추측할 수 있다. 청년의 경우 SET* 26°C에서부터 지속적인 발한을 나타내는데 이것 역시 전신온냉감 신고의 중립적 상태와 관련이 있음을 알 수 있었다.

Table 5 Mean skin temperature for elderly peoples and young peoples

	24℃		27℃		30℃	
	40% rh	80% rh	40% rh	80% rh	40% rh	80% rh
Young	32.7±0.5℃ ^{*)}	33.4±0.5℃	33.9±0.2℃	34.0±0.5℃	34.1±0.4℃	34.1±0.5
Elderly	32.5±0.4℃	33.3±0.5℃	33.5±0.4℃	33.8±0.4℃	34.2±0.3℃	34.2±0.5

Table 6 Mean skin temperature versus mean CSV for elderly people

	24℃		30℃	
	40% rh	80% rh	40% rh	80% rh
Mean skin temperature	32.5±0.4℃	33.3±0.5℃	34.2±0.3℃	34.2±0.5
Comfort sensation vote	0.75±0.5 ^{*)}	0.40±0.5	0.83±0.7	2.58±0.5

*) standard deviation

Table 7 Mean skin temperature versus mean CSV for young people

	24℃		30℃	
	40% rh	80% rh	40% rh	80% rh
Mean skin temperature	32.7±0.5℃	33.4±0.5℃	34.1±0.4℃	34.1±0.5
Comfort sensation vote	0.57±0.5 ^{*)}	0.43±0.5	1.03±0.7	2.17±0.5

*) standard deviation

3.5 평균피부온도

Table 5는 고령자와 청년의 평균피부온도의 관계를 나타낸 것이다. 청년 및 고령자 모두 평균피부온도는 유사하였다. 30℃의 경우 고령자의 피부온도가 청년에 비해 다소 높는데 이것은 고령자가 체온조절을 위한 생리적 현상의 하나인 발한능력이 청년에 비해 떨어진다는 보고의 관점에서 보면 발한량과 관련이 있음을 추측할 수 있다.⁽¹³⁾

Table 6는 고령자에 대한 평균피부온도와 쾌적쾌감과의 관계를 나타낸 것이다. 평균피부온도는 30℃에서 거의 유사하지만 24℃의 경우 습도에 따라 평균피부온도의 차이가 있었다. 그러나 쾌적쾌감은 30℃의 경우 습도를 80%에서 40%로 낮춤으로 인하여 개선됨을 알 수 있었다. 따라서 24℃와 같이 온도가 낮은 경우 장시간 냉방을 하면 평균피부온도가 낮으므로 신체가 과냉되어 건강면에서 문제가 될 수 있음을 추측할 수 있다.⁽¹⁴⁾

Table 7은 청년에 대한 평균피부온도와 쾌적쾌

감과의 관계를 나타낸 것이다. 청년도 역시 고령자와 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 고온(30℃)에서 습도를 낮추면 신체의 과냉을 방지 하면서 불쾌감을 크게 낮출 수 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

체감실험과 온열환경 평가지표인 PMV 및 중립온도(SET*)를 통하여 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 그 결과 쾌적감의 향상에 대한 습도조절의 유효성을 정량적으로 확인함과 동시에 PMV의 사용에 있어 그 적용범위를 고려할 필요성이 있음을 확인하였다.

1) 하계냉방시 전신온냉감이 중립이 되는 상태는 고령자의 경우 중립온도(SET*) 26.8℃, 청년은 중립온도(SET*) 26℃이었다.

2) 쾌적쾌감은 양쪽 모두 SET* 26℃ 부근에서 가장 쾌적하다고 신고하였다.

3) 실온 24℃에서 전신온냉감, 쾌불쾌감 및 발한감에 대한 상대습도의 영향은 적었다.

4) 실온이 30℃가 되면 고령자 및 청년 모두 습도의 고저가 쾌불쾌감에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

5) 본 논문은 여름철 결과를 중심으로 살펴본 것이나, 겨울철 난방시 다양한 연령층에 대한 실험 결과와 비교·검토가 향후 연구로서 필요하다.

참 고 문 헌

1. 西村聰子, 松島潤治, 尹藤宏幸, 1994, 相對濕度の快適性に及ぼす影響評價, 冷凍 第69卷第300号, pp. 43~47.
2. 과학기술처, 1993, 실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(I), pp. 24~27.
3. 금종수, 1992, 실내공조에 있어서 온열환경의 쾌적조건에 대한 연구방향 및 방법의 제시에 대한 최종보고서, 부경대학교(구 부산수산대학교) 산업기술연구소.
4. 금종수, 1993, 한국인에 맞는 쾌적지표의 검증과 기준data의 추출에 대한 최종보고서, 부경대학교(구 부산수산대학교) 산업기술연구소.
5. 금종수, 1994, 온열쾌적지표 GCI의 개발과 변동환경시 인체감각의 기초연구 최종보고서, 부경대학교(구 부산수산대학교) 산업기술연구소.
6. P.O.Fanger, 1970, Thermal Comfort, Danish Technical Press, Denmark.
7. ASHRAE, 1989, FUNDAMENTALS, pp. 8.1~8.20.
8. 田邊新一, 小關敬子, 今村壽子, 鈴木孝佳, 1994, オフィスにおける湿度が熱的快適性にあたる影響, 空氣調和・衛生工學會學術講演會論文集, pp. 433~436.
9. 김동규, 박희욱, 주익성, 금종수, 최광환, 1996, "여름철 냉방시 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향", 공기조화 냉동공학회 동계학술발표논문집, pp. 344~349.
10. 주익성, 김동규, 금종수, 최광환, 1996, "고령자에 있어서 여름철 냉방시 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향", 공기조화 냉동공학회 부산·경남지부 추계학술대회 논문집, pp. 26~30.
11. 川島 美勝 편저, 1994, 高齢者の住宅熱環境, 理工學社.
12. 空氣調和衛生工學會, 空氣調和衛生工學便覽 第12版, 1基礎篇, pp. 467~476.
13. K.G. Foster, F. P. Ellis, C. Dore, A.N. Exton-Smith & Weiner, Sweat responses in the aged, Age and Ageing, 5(1976), pp. 91~101.
14. 長田泰公, 1991, 건축환경심리, pp. 22~43.