

한국인의 온열쾌적감 및 생리신호에 관한 연구 (Part II: 여름철 체감실험 결과)

김동규*, 주의성*, 금중수**, 최광환**, 최호선***, 이길랑***

* 부경대학교 대학원 냉동공조공학과

** 부경대학교 공과대학 냉동공조공학과

*** LG전자

Experimental Study on Thermal Comfort Sensation of Korean and Physiological Signal

Part II: Analysis of Subjective Judgement in Summer Experiment

Kim Dong-Gyu, Joo Ik-Seong, Kum Jong-Soo, Choi Kwang-Hwan, Choi Ho-Seon, Lee Gil-Lang

* Graduate School, Pukyong National University

** Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering,
Pukyong National University

***LG Electronics Inc.

요약

본 논문은 여름철 체감실험에 대한 결과이다. 유니폼을 착용한 각 피험자(중학생, 대학생, 고령자)는 90분 동안 환경시험실에 체재하면서 의자에 앉아 전신온냉감 및 쾌불쾌감을 신고하였다. 체감실험동안 피부온도는 인체의 3곳에서 측정하였고 피험자는 10분 간격마다 전신온냉감 및 쾌불쾌감을 신고하였다. 환경물리량 및 인체 피부온도는 매 20초 간격으로 측정하였다. 여름철 체감실험 결과 아래의 결론을 얻었다.

- 1) 평균피부온도가 증가함에 따라 TSV는 선형적으로 증가하며 열적으로 중립감을 느낄 때의 평균피부온도는 고령자의 경우 남자 33.8℃, 여자 34.3℃이고, 대학생 남자의 경우 34.1℃, 여자 33.8℃, 중학생의 경우 34.4℃이다.
- 2) 발한량과 평균피부온도의 관계는 각 계층 모두 평균피부온도 34℃를 전후로 급격히 상승함을 알 수 있다.
- 3) 전신온냉감이 중립일 경우 고령자 남자의 SET* = 25.6℃, 고령자 여자 28.4℃, 대학생 남자 26℃, 대학생 여자 26.9℃, 중학생 27.1℃이었다.

I. 서론

본 연구에서는 여름철 난방시 고령자, 대학생 및 중학생층의 피험자를 대상으로 한 체감실험을 수행하여 한국인의 온열쾌적감을 규명하여 쾌적조건을 제시하고, 실내온열환경의 쾌적지표의 검증을 통하여 실내의 온열 쾌적성을 향상시키고 에너지 절감을 도모할 수 있는 공조시스템 및 기기의 개발에 필요한 기초데이터를 제공하고자 한다.

II. 본론

2. 체감실험

2.1 실험기간

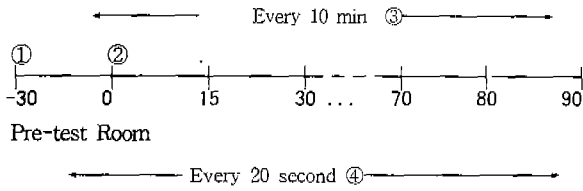
실험기간은 1997년 7월초순에서 8월말까지 총50일동안 행하였다.

2.2 실험순서

각 실험은 1회당 5명의 피험자를 전실에 30분간 체재시킨후 실험실로 입실시켜 90분동안 실험을 하였다. 실험하는 동안 매 10분 간격으로 주관적인 앙케이트 신고를 받았다. 그림 1에 1회 실험의 타임스케줄을 나

타냈다.

표 2 각 피험자의 신체적 특징



- ① 혈압 및 구강온도 측정
- ② 실험실 입실
- ③ 전신온냉감, 쾌불쾌감 신고, 발한량 측정
- ④ 실내온도, 상대습도, 평균피부온도

그림 1 체감실험 진행순서

Subjects	Number of Subjects	Age	Height [cm]	Weight [kg]	Body Area [m ²]	Ponderal Index [kg ^{0.33} /m ³]
Teenager	10	14.4 ±0.5	168.1 ±8.3	59.1 ±10.9	1.68 ±1.76	2.28 ±0.09
Male	10	23.8 ±0.9	167.2 ±5.7	65.1 ±0.7	1.74 ±0.16	2.37 ±0.09
Female	10	20.3 ±1.6	158.1 ±4.1	52.2 ±5.7	1.53 ±0.09	2.33 ±0.07
Elderly (female)	4	58.5 ±2.6	153.0 ±6.4	53.9 ±6.0	1.51 ±0.12	2.43 ±0.04
Elderly (male)	4	68.8 ±3.6	168.0 ±3.2	62.1 ±10.5	1.71 ±0.13	2.32 ±0.14
Elderly	8	63.6 ±6.2	160.5 ±9.3	58.0 ±9.1	1.61 ±0.16	2.38 ±0.12

^{*)} Calculated by Takahira's Equation

$$A = 71.46 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$$

^{**)} SD is the between-subject standard deviation

2.3 실험조건

공기온은 23℃ ~ 31℃로 각 2℃씩 변화시켰으며 습도는 40 ~ 70%로 15% 간격으로 변화시켰다. 기류속도는 모든 실험에서 정지기류 상태인 0.1 m/s를 유지하였다. 실험에 앞서 2시간 정도 예비운전을 하여 실내를 균일한 상태로 만들었다. 실험의 상세한 설정조건을 표 1에 나타내었다.

표 1 실험설정조건

Temp. / RH	23 [°C]	25 [°C]	27 [°C]	29 [°C]	31 [°C]
40 [%]			◎	◎	◎
55 [%]	◎	◎	◎	◎	◎
70 [%]		◎	◎	◎	

2.4 실험대상자(이하 피실험자)

피실험자로는 중학생(10명), 남자대학생(10명), 여자대학생(10명), 고령자남자(4명), 고령자여자(4명)을 대상으로 하였다. 모든 피실험자들은 구강온도 37℃이 높고 정상혈압의 건강한 사람들로 구성되었으며 연령 및 신체적 조건을 표 2에 나타내었다.

2.5 의복량

피실험자들은 모두 가능하면 표준적인 착의량으로 맞추기 위해 동일한 유니폼을 착용하였다. 의복량을 구하는 방법은 여러 연구자에 의해 제안되어 있으나 본 실험에서는 외국인의 경우와 동일한 계산조건으로 비교하기 위해 일본의 Fukai의 연구에서 채택한 의복중량으로 clo치를 계산하는 방법(花田, 三平의 식)을 사용하였다. 그 결과 중학생 0.4, 남자대학생 0.36, 여자대학생 0.51, 남자고령자 0.4, 여자고령자 0.51로 각각 계산되었다.

2.6 활동량

피실험자는 실험 중 의자에 앉아서 독서 및 가벼운 대화, 양케이트를 하고 있으므로 기존 실험자료와 비교하여 대사량은 1.1 met로 가정하였다.

2.7 양케이트 내용 및 분석방법

피실험자가 환경실험실내에서 실험에 응하였을 때 설정환경조건에 대한 피실험자의 양케이트 내용으로써 전신온냉감, 쾌불쾌감 등으로 구성되어 있다.

전신온냉감 (TSV)		쾌불쾌감 (CSV)	
-3	cold	0	comfortable
-2	cool	1	slightly comfortable
-1	slightly cool	2	uncomfortable
0	neutral	3	very uncomfortable
+1	slightly warm		
+2	warm		
+3	hot		

그림 2 양케이트 스케일

3. 각 연령층의 은열쾌적감

3.1 평균피부온도와 전신온냉감

그림 3에 평균피부온도와 온냉감(TSV)과의 관계를 회귀직선으로 나타냈다. 중립온감을 느낄 때의 평균피부온도는 고령자의 경우 남자 33.8℃, 여자 34.3℃이고, 대학생 남자의 경우 34.1℃, 여자 33.8℃, 중학생의 경우 34.4℃이다. 모든 계층을 고려한 평균피부온도는 34.1℃이었다. 중립온감을 느낄 때 고령자와 청년층과는 약 0.5℃정도 차이가 있으며 이는 청년과 고령자의 생리적인 차이에 기인한다고 생각된다.

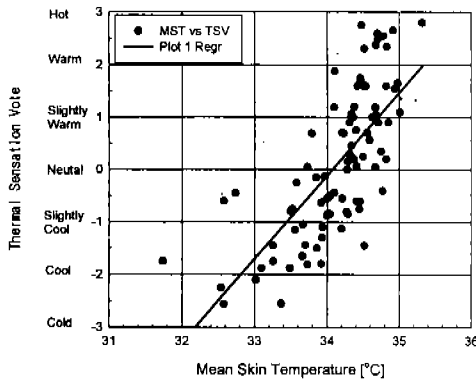


그림 3 평균피부온도와 전신온냉감

3.2 평균피부온도와 발한량

그림 4, 5에 평균피부온도와 발한량의 관계를 나타냈다. 발한량은 실험실에 입실 직후 매 10분 간격으로 측정하여 마지막 퇴실까지의 측정결과이다(90분). 발한량 측정은 고령자 2인, 대학생 4인, 중학생 2인의 결과이다. 발한량과 평균피부온도의 관계는 각 계층 모두

평균피부온도 34℃를 전후로 급격히 상승하는 경향을 나타내고 있으며 중립온감을 느낄 때의 평균피부온도와 관련이 되고 있음을 추측 할 수 있다.

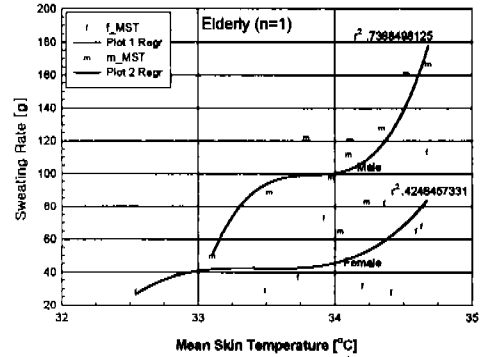


그림 4 평균피부온도와 발한량의 관계(고령자)

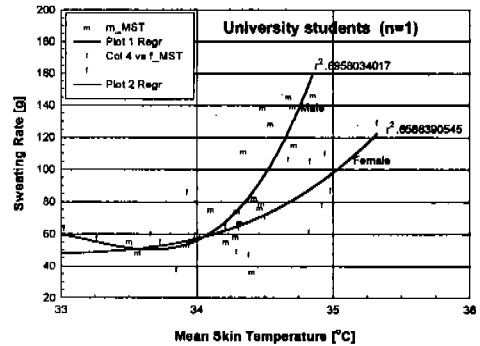


그림 5 평균피부온도와 발한량의 관계(청년층)

3.3 전신온냉감과 PMV

그림 6에 전신온냉감과 PMV의 관계를 나타냈다. 각 계층 모두 PMV로 예측되는 값과는 차이를 나타냈다. 전신온냉감이 중립일 경우(TSV = 0) PMV = 0.64로 고온지향적 경향을 나타내며 저온측에서 많은 편차를 나타내고 있다.

3.4 전신온냉감과 SET*

그림 7에 전신온냉감과 SET*의 관계를 나타냈다. 전신온냉감이 중립일 경우 고령자 남자의 SET* = 25.

6℃, 고령자 여자 28.4℃, 대학생 남자 26℃, 대학생 여자 26.9℃, 중학생 27.1℃이었다. 모든 계층을 고려할 경우 중립 SET* = 26.7℃ 이었다. 다음의 표는 각국의 경우와 중립온도를 비교한 표이다. 한국인은 미국인이나 유럽인에 비해 고온측을 선호함이 PMV 및 SET*의 온열환경지표로서 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 3 중립온도의 비교

국가	중립온도 ℃
한국인 겨울철 청년	25.5
한국인 겨울철 고령자	27.0
한국인 여름철 청년	26.4
한국인 여름철 고령자	26.9
일본인 여름철	26.2
일본인 겨울철	25.4
미국인	25.8
덴마크인	25.6
싱가폴인	25.6

주)한국인을 제외한 나머지 국가의 중립온도는 Shin-ichi Tanabe에 의한 정리 결과임¹²⁾

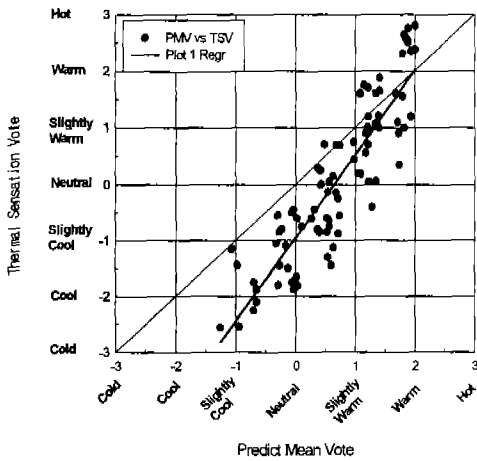


그림 6 전신온냉감과 PMV의 관계

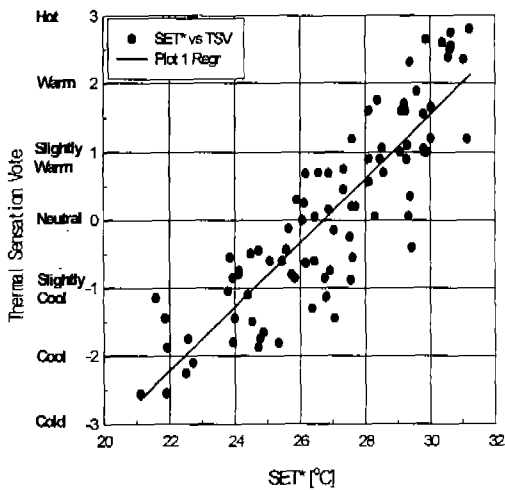


그림 7 전신온냉감과 SET*의 관계

III. 결론

이상의 체감실험 결과 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 평균피부온도가 증가함에 따라 TSV는 선형적으로 증가하며 열적으로 중립감을 느낄 때의 평균피부온도는 고령자의 경우 남자 33.8℃, 여자 34.3℃이고, 대학생 남자의 경우 34.1℃, 여자 33.8℃, 중학생의 경우 34.4℃이다.
- 2) 발한량과 평균피부온도의 관계는 각 계층 모두 평균피부온도 34℃를 전후로 급격히 상승함을 알 수 있다.
- 3) 전신온냉감이 중립일 경우 고령자 남자의 SET* = 25.6℃, 고령자 여자 28.4℃, 대학생 남자 26℃, 대학생 여자 26.9℃, 중학생 27.1℃이었다.

謝辭

본 논문은 G-7 감성공학 과제의 연구수행 결과로서 실험에 참가해주신 피실험자 및 관련업체, 감성공학 관계자 여러분께 감사드립니다.

※ 참고문헌

- 1) 금중수, 1997, "온열쾌적감 측정기술 및 DB개발", 제 9회 G7 감성공학 감성요소 기술개발 및 DB 구축 Workshop 자료집
- 2) 금중수 외 4명, 1996, "여름철 냉방시 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향", 공기조화·냉동공학회 동계학술발표논문집

- 3) 금중수 외 3명, 1996, "고령자에 있어서 여름철 냉방시 상대습도가 쾌적감에 미치는 영향", 공기조화·냉동공학회 부산·경남지부 추계학술대회 논문집
- 4) 금중수, 1994, 온열쾌적지표 GCI의 개발과 변동환경시 인체감각의 기초연구 최종보고서, 부산수산대학교 산업기술연구소
- 5) 금중수, 1993, 한국인에 맞는 쾌적지표의 검증과 기준data의 추출에 대한 최종보고서, 부산수산대학교 산업기술연구소
- 6) 금중수, 1992, 실내공조에 있어서 온열환경의 쾌적조건에 대한 연구방향 및 방법의 제시에 대한 최종보고서, 부산수산대학교 산업기술연구소
- 7) P.O.Fanger, 1970, Thermal comfort, Danish Technical Press, McGraw-Hill Book Company
- 8) ASHRAE, 1989, FUNDAMENTALS, pp 8.1 ~ 8.20
- 9) S.Tanabe, 1988, Thermal Comfort Requirements in Japan, Ph.D.Waseda University
- 10) 川島 美勝 편저, 1994, 高齢者の住宅熱環境, 理工學社
- 11) 横山 眞太郎, 1993, 生體內熱移動現象, 北海道大學圖書刊行會
- 12) 空氣調和·衛生工學會, 1995, 空氣調和 衛生工學便覽 第12版 1 基礎篇, pp 467 ~ 476