

공조방식에 의한 예상 온열감 반응(PMV) 변화에 따른 심리/생리적 감성반응의 변화*

The Changes of Psychological and Physiological Emotional Responses According to Change of
the Index of Predicted Mean Vote (PMV) due to Air Conditioning Types

김보성** · 민윤기*** · 민병찬****† · 김진호****†

Bo-Seong Kim** · Yoon-Ki Min*** · Byung-Chan Min****† · Jin-Ho Kim****†

공주대학교 그린홈에너지기술연구소**

Green Home Energy Technology Research Center, Kongju National University**

충남대학교 사회과학대학 심리학과***

Department of Psychology, College of Social Sciences, Chungnam National University***

한밭대학교 공과대학 산업경영공학과****

Department of Industrial and Management Engineering, College of Engineering, Hanbat National University****

공주대학교 공과대학 산업시스템공학과****

Department of Industrial and Systems Engineering, College of Engineering, Kongju National University****

Abstract

This study examined changes of both psychological and physiological emotional responses according to change of the PMV (predicted mean vote) in the heating and the cooling air conditions. For this purpose, the changes of PMV were induced by the heating and cooling operations of the HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) systems. In addition, positive/negative and arousal/relaxation were measured as the participant's psychological emotional responses, and HR (heart rate) was measured as the participant's physiological emotional responses. As a result, in same range of the PMV, both psychological and physiological emotional-responses were changed by air conditioning. It is suggested that occupant's emotional responses would depend on the operational conditions of heating and cooling in indoor thermal environments, and both psychological and physiological emotional response should be considered when occupants try to match the indoor thermal environments to their thermal expectations.

* 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2011-0022977) 및 지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업으로 수행된 연구임.

† 교신저자 : 김진호 (공주대학교 산업시스템공학과)

E-mail : jhkim@kongju.ac.kr

TEL : 041-850-0594

FAX : 041-850-0591

† 교신저자 : 민병찬 (한밭대학교 산업경영공학과)

E-mail : bcm@hanbat.ac.kr

TEL : 042-821-1227

FAX : 042-821-1224

Keywords : predicted mean vote (PMV), psychological emotional response, physiological emotional response, heating and cooling air condition

요약

본 연구는 냉·난방공조 조건에서 예상 온열감 반응(predicted mean vote; PMV)의 변화에 따른 심리·생리적 감성반응의 변화를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 기존 공조 시스템의 냉·난방 가동에 따라 PMV의 변화를 유도하고, 쾌/불쾌 및 각성/이완 정도를 심리적 감성반응으로, 심박률(heart rate; HR)을 생리적 감성반응으로 활용하여 PMV 변화에 따른 심리·생리적 감성반응을 측정하였다. 그 결과, 동일한 PMV 변화 범위 내에서 재실자의 심리적 쾌/불쾌 및 긴장/이완 반응과 생리적 반응이 공조 조건이 달라짐에 따라 변화하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 난방과 냉방의 공조조건에 따라 재실자의 실내 온열환경에 대한 감성반응이 서로 다를 뿐 아니라 각 공조 조건에 민감한 감성반응이 존재하는 것으로 해석할 수 있다. 이는 실내 온열조건을 재실자에게 가장 적합하도록 조절하고자 할 때, 인간의 심리 및 생리적 감성반응을 모두 고려해야 할 필요가 있음을 시사한다.

주제어 : 예상 온열감 반응(PMV), 심리적 감성반응, 생리적 감성반응, 냉·난방공조 조건

1. 서론

경제성장과 더불어 관심이 집중되는 분야는 인간의 편의성과 관련된 분야이다. 그 이유는 사람들이 경제적인 여유로 인해 이전보다 편하고 쾌적하게 생활하는 데 필요한 제품 또는 시스템에 대한 요구 정도가 매우 높아지기 때문이다. 이러한 편의성 추구는 인간의 감성에 기반을 두고 있다. 여기서 의미하는 감성은 인간 외부의 물리적 대상들을 오감을 통해 느끼고, 그로 인해 지각되어지는 사상(event) 및 복합적인 감정을 말한다. 이는 현대사회가 물리적 대상을 통해 야기되는 인간의 주관적인 속성, 즉 심리적 속성이 제품 또는 시스템의 성패를 좌지우지하는 시대임을 시사한다.

그러나 그 어떤 대상보다도 일상생활 속에서 인간의 감성 변화에 크게 영향을 미치는 요인 중 하나는 온열 환경(thermal environments)이다. 현대인들이 하루의 약 80% 이상을 주택, 사무실 등의 실내공간에서 생활하고 있는 점을 고려한다면, 실내 온열 환경에 대한 체계적인 이해는 필수적인 것이라 할 수 있다. 이에 따라 19세기말부터 온열 환경에 대한 지표 개발이 꾸준히 이루어져 왔다. 1923년 Houghton과 Yaglou에 의해서 제안된 유효온도(effective temperature; 이하 ET)를 시작으로, 1934년 Bedford와 Warner에 의해 사용된 수정 유효온도(corrected ET), 1971년 일본의 Nishi와 미국의 Gauge에 의해서 고안된 신 유효온도

(New ET)와 1972년 ASHRAE Standard 55-74와 55-81로 제정된 표준 신 유효온도(standard new ET; SET) 등 많은 지표들이 개발되어 왔다.

한편 1970년 Fanger에 고안되었으며, 1984년 ISO-7730으로 제정된 예상 온열감 반응(predicted mean vote; 이하 PMV)은 이전 지표에 인체의 열적 부하(thermal load)를 계산하여 온·냉감을 산출함으로써 다른 지표들보다 민감한 지표로 평가받고 있음은 물론, 가장 널리 사용되고 있는 지표이기도 하다. 이러한 PMV는 온도, 습도, 평균복사온도, 기류속도의 환경 요소와 의복 열 저항치, 대사량의 인적 요소가 모두 포함되어 있으며, -3에서부터 +3까지의 범위를 갖는다. 따라서 이 지표를 활용하여 냉·난방 공조 조건을 조절하거나, 실내 온열 환경 평가 지표로서 이 지표가 활용되기도 한다. 이 지표가 근거하고 있는 모델은 열평형 모델(heat balance model)인데, 이는 실험실 환경에서 1,000여명의 실험 참가자들을 대상으로 한 실험을 통해 인간이 느끼는 열 감각이 인간의 체온 조절에 영향을 주는 열적 부하와 매우 밀접하게 관련되어 있다는 사실에 기반을 둔 것이다. 이 모델의 대전제는 실내 환경이 위치해 있는 지역적 특성은 모두 무시한 채, 어느 환경조건이든 사람들이 동일한 열적 요소를 나타내게 된다는 것이다.

그러나 사람들이 가지고 있는 온열 요소는 현재 생활하고 있는 지역의 계절, 기후 및 실내 건물의 온열 환경 특성에 따라서 달라질 수 있으며, 내부적으로는

성별, 연령, 경험에 기초한 온열감의 선호 및 기대에 따라서도 변할 수 있다는 문제점이 지적되었다(de Dear & Brager, 1998; Kim, Kim, & Min, 2011). 특히 Song, Kang과 Kato(2007)는 실내 환경 변화에 대한 인간의 심리·생리적 적응 등이 이 지표에서는 무시되어 왔음을 비판하고 있다.

따라서 본 연구는 온열 환경에 노출된 상태에서 느껴지는 쾌/불쾌와 각성/이완 정도를 인간의 심리적 감성반응으로, 심박률(heart rate; 이하 HR)을 인간의 생리적 감성반응으로 활용하여 계절적인 형태의 냉·난방공조 조건에서 PMV 변화에 따른 심리·생리적 감성반응을 살펴보고자 하였다. 만일 모든 조건에서 PMV와 감성반응이 일관된 관계성을 갖는 결과가 도출된다면, PMV가 온열 환경에 노출된 재실자의 심리 및 생리적 감성을 모두 반영하는 지표임을 시사할 수 있다. 그러나 PMV와 감성반응의 관계성이 일관되지 않는 결과가 도출된다면, 앞서 제기된 PMV의 문제점들을 보완하여 인간의 심리·생리적 요소들을 고려한 형태의 온열 환경 지표 개선이 이루어져야 할 필요성을 시사하는 것으로 예측해 볼 수 있다.

2. 연구방법

2.1. 실험 참가자

20~30대 성인 32명(남자 12명, 여자 20명)이 실험에 참가하였으며, 이들 중 16명은 난방조건(heating condition)에, 나머지 16명은 냉방조건(cooling condition)에 참가하였다. 난방조건에는 남자 6명과 여자 10명이 참가하였으며, 이들의 평균 연령은 23.38세(SD=2.38)였다. 한편 냉방조건에는 남자 6명과 여자 10명이 참가하였으며, 이들의 평균 연령은 24.19세(SD=3.33)였다. 모든 참가자들은 실험 시작 전 약 10분 동안 상온 조건의 대기실에서 대기하였으며, 이들의 착의량은 1.0 clo(ISO 7730 Annex C의 의류 전형 조합 참조)였다. 또한 활동량을 통제하기 위해서 컴퓨터 화면에 제시되는 과제에 간단하게 두 개의 키로 응답하도록 실험 참가자들에게 지시하여 1.0 met으로 유지시켰다(ASHRAE 참조).

2.2. 실험 환경 및 도구

실험에 사용된 환경은 3.5×5.4×2.1 m³의 공간으로 냉·난방 공조 시스템이 갖추어져 있었다(Figure 1). 또한 실험 환경의 PMV는 KEM사의 AM-101을 통해 매 1분 간격으로 지면에서 1.2 m의 높이에서 측정되었으며, HR은 Bionet사의 Oxy9을 통해 매 1초 간격으로 측정되었다.



Figure 1. Experimental environment and apparatus

2.3. 실험 절차

실험은 두 집단별 조건으로 구성되었다. 한 조건은 난방조건으로 난방 공조기를 통해 실내 온도를 약 20°C에서 30°C까지 증가시키는 조건이며, 다른 조건은 냉방조건으로 냉방 공조기를 통해 실내 온도를 약 30°C에서 20°C까지 감소시키는 조건이었다(각 조건에는 여덟 개의 블록(block)이 포함됨). 한 실험당 한 명씩 참가하는 본 실험이 시작되면, 실험 참가자는 현재의 심리적 감성반응으로 쾌/불쾌와 각성/이완 정도를 체크한 후, 활동량을 통제하기 위한 간단한 과제를 실시하였다(한 블록을 의미함; Figure 2). 하나의 블록이 끝나게 되면 실험 참가자로 하여금 다음 블록을 실시하기 전에 30초의 휴식시간을 갖도록 하였으며, 휴식 후 다음 과제를 제시받기 전에 다시 심리적 감성반응을 체크하는 절차를 거치도록 하였다.

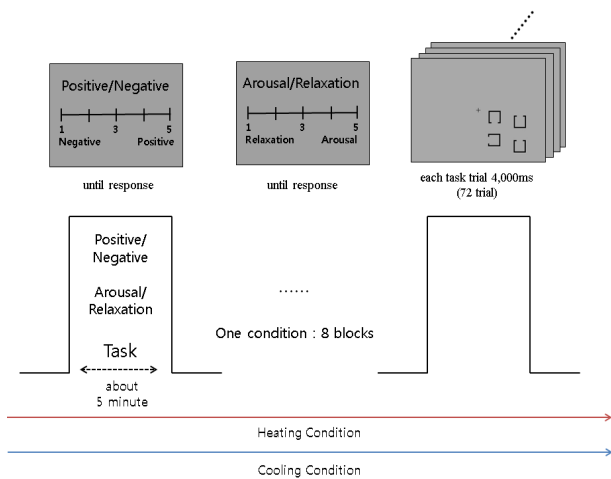


Figure 2. Experimental paradigm

이와 같이 반복하여 한 조건 내에서 실험 참가자별로 총 8번의 블록이 제시되며, 8번의 심리적 감성반응이 측정되었다. 또한 HR은 생리적 감성반응으로서 실험 참가자가 각 블록 내 과제를 수행하는 동안 지속적으로 측정되었다. 여기서 과제는 Figure 2와 같이 사각형의 한 변에 틈이 있는 사각형들 중 왼쪽 또는 오른쪽으로 틈이 있는 사각형을 찾아 지정된 반응키를 누르는 과제이다(Kim, Min, Min, & Kim, 2011).

3. 결과

3.1. 난방조건

난방조건에서 PMV, 쾌/불쾌, 각성/이완, 그리고 HR의 결과를 살펴보았다(Table 1). 그 결과, PMV는 최저 -.77에서 최고 1.92까지 약 .66의 편차값을 가지고 변화하였으며, 쾌/불쾌는 2점(불쾌하다)에서 4점(유쾌하다)의 범위 내에서 변화하는 것으로 나타났다. 한편 각성/이완은 1점(매우 이완된다)에서 5점(매우 각성된다)의 범위 내에서 변화하였으며, HR은 최저 64.28 bpm에서 최고 100.66 bpm까지 약 8.68의 편차값을 가지고 변화하는 것으로 나타났다.

Table 1. Descriptive statistics of measured variables in heating condition

Variables	Total							
	Min.		Max.		M		SD	
	Phase							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PMV	-.77		1.92		.78		.66	
	-0.44	0.06	0.59	0.95	1.15	1.26	1.31	1.34
Positive/Negative	2.00		4.00		3.03		.35	
	3.25	2.94	3.00	3.00	2.94	3.06	3.00	3.06
Arousal/Relaxation	1.00		5.00		2.83		.82	
	3.56	3.44	3.00	2.81	2.63	2.38	2.44	2.38
HR	64.28		100.66		77.32		8.68	
	75.76	76.12	77.97	78.14	78.16	77.15	78.10	77.19

난방조건에서 PMV 변화에 따라 쾌/불쾌, 각성/이완, 그리고 HR이 어떻게 변화하는지를 살펴보기 위해서 상관분석을 실시하였다(Table 2). 그 결과, PMV는 심리적 감성반응인 불쾌 및 이완 정도와 유의미한 상관관을 보이는 것으로 나타난 반면, 생리적 감성반응인 HR과는 유의미한 상관관계를 보이지 않는 것으로 나타났다.

Table 2. Correlation results between measured variables in heating condition

Variables	Positive/Negative	Arousal/Relaxation	HR
PMV	-.186*	-.499**	.143

* $p < .05$, ** $p < .01$

이에 따라 난방조건에서 PMV가 심리적 감성반응에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 먼저 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌를 준거변수(criterion variable)로 하고, PMV를 예언변수(predictor variable)로 하는 단순 회귀분석을 실시하였다(Table 3).

Table 3. Regression results between PMV and psychological emotional response (positive/negative, arousal/relaxation)

Criterion Variable	B	SE	β	t	F	R ²
Positive/Negative	-.101	.047	-.186	-2.130*	F _(1,126) =4.537*	.035 (Adjusted R ² =.027)
Arousal/Relaxation	-.627	.097	-.499	-6.464***	F _(1,126) =41.789***	.249 (Adjusted R ² =.243)

*p<.05, ***p<.001

B: regression coefficient, SE: standard error, β : standardized regression coefficient, R2: R square

그 결과, 회귀모형의 적합도는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났으며[F_(1,126) = 4.537, p < .05], PMV는 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌를 유의미하게 예측하는 변수인 것으로 나타났[$\beta = -.186, t = 2.130, p < .05$]. 다음으로 심리적 감성반응 중 각성/이완을 준거변수로 하고, PMV를 예언변수로 하는 단순 회귀분석을 실시하였다(Table 3). 그 결과, 회귀모형의 적합도는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났으며[F_(1,126) = 41.789, p < .001], PMV는 심리적 감성반응 중 각성/이완을 유의미하게 예측하는 변수인 것으로 나타났[$\beta = -.499, t = 6.464, p < .001$]. 이는 PMV가 1단위 증가함에 따라 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌는 .101 단위씩 감소하며(불쾌 증가), 심리적 감성반응 중 각성/이완은 .627 단위씩 감소하는 것을 의미한다(이완 증가).

3.2. 냉방조건

냉방조건에서 PMV, 쾌/불쾌, 각성/이완, 그리고 HR의 결과를 살펴보았다(Table 4). 그 결과, PMV는 최저 -.71에서 최고 1.78까지 약 .51의 편차값을 가지고 변화하였으며, 쾌/불쾌는 2점(불쾌하다)에서 5점(매우 유쾌하다)의 범위 내에서 변화하는 것으로 나타났다. 한편 각성/이완은 1점(매우 이완된다)에서 5점(매우 각성된다)의 범위 내에서 변화하였으며, HR은 최저 55.74 bpm에서 최고 94.70 bpm까지 약 10.08의 편차값을 가지고 변화하는 것으로 나타났다.

Table 4. Descriptive statistics of measured variables in cooling condition

Variables	Total							
	Min.		Max.		M		SD	
	Phase							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PMV	-.71		1.78		.12		.51	
	0.91	0.59	0.32	0.09	-0.08	-0.23	-0.31	-0.34
Positive/Negative	2.00		5.00		3.01		.37	
	3.31	3.13	3.00	2.94	2.94	2.94	2.88	2.94
Arousal/Relaxation	1.00		5.00		2.89		.60	
	3.19	3.00	3.00	2.81	2.81	2.88	2.75	2.69
HR	55.74		94.70		79.64		10.08	
	80.53	80.78	80.27	79.94	80.26	78.54	78.43	78.42

냉방조건에서 PMV의 변화에 따라 쾌/불쾌, 각성/이완, 그리고 HR이 어떻게 변화하는지를 살펴보기 위해서 상관분석을 실시하였다(Table 5). 그 결과, PMV는 심리적 감성반응 중 각성 정도와는 유의미한 상관관계를 보이지 않는 것으로 나타난 반면, 심리적 감성반응 중 쾌와는 유의미한 상관을, 생리적 감성반응인 HR과는 유의미한 정적상관을 보이는 것으로 나타났다.

Table 5. Correlation results between measured variables in cooling condition

Variables	Positive/Negative	Arousal/Relaxation	HR
PMV	.174*	.104	.317**

*p<.05, **p<.01

이에 따라 냉방조건에서 PMV가 심리 및 생리적 감성반응에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 먼저 심리적 감성반응인 쾌/불쾌를 준거변수로 하고, PMV를 예언변수로 하는 단순 회귀분석을 실시하였다(Table 6). 그 결과, 회귀모형의 적합도는 통계적으로 유의미한

것으로 나타났으며 [$F_{(1,126)} = 3.957, p < .05$], PMV는 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌를 유의미하게 예측하는 변수인 것으로 나타났다 [$\beta = .174, t = -1.99, p < .05$]. 다음으로 생리적 감성반응인 HR을 준거변수로 하고, PMV를 예언변수로 하는 단순 회귀분석을 실시하였다 (Table 6). 그 결과, 회귀모형의 적합도는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났으며 [$F_{(1,126)} = 14.068, p < .001$], PMV는 생리적 감성반응인 HR을 유의미하게 예측하는 변수인 것으로 나타났다 [$\beta = .317, t = 3.751, p < .001$]. 이는 PMV가 1단위 증가함에 따라 심리적 감성반응인 쾌/불쾌는 .125단위씩 증가하며(쾌 증가), 생리적 감성반응인 HR은 6.240단위씩 증가하는 것을 의미한다(생리적 긴장 증가).

Table 6. Regression results between PMV, psychological and physiological emotional responses (positive/negative, HR)

Criterion Variable	B	SE	β	t	F	R ²
Positive/Negative	.125	.063	.174	1.989*	$F_{(1,126)} = 3.957^*$.030 (Adjusted R ² = .023)
HR	6.240	1.664	.317	3.751***	$F_{(1,126)} = 14.068^{***}$.100 (Adjusted R ² = .093)

* $p < .05$, *** $p < .001$

B: regression coefficient, SE: standard error, β : standardized regression coefficient, R2: R square

4. 논의 및 결론

본 연구는 냉·난방 공조에 따른 실내 온열환경 조건에서 온열환경 지표인 PMV가 변함에 따라 이에 따른 재실자의 심리 및 생리적 감성반응이 어떻게 변화하는지를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 난방과 냉방의 공조조건 별로 재실자 집단을 구성하여 이들의 심리적 감성반응으로 쾌/불쾌 및 각성/이완 정도를, 생리적 감성반응으로 HR을 각각 측정하였다. 그 결과, 동일한 PMV 범위 내에서 측정된 심리 및 생리적 감성 반응이 난방 또는 냉방의 공조조건이 달라짐에 따라서 변화하는 것으로 나타났다. 즉 난방 조건에서는

PMV와 심리적 쾌/불쾌 및 긴장/이완과 관련성이 높은 반면, 냉방 조건에서는 PMV와 심리적 쾌/불쾌 및 생리적 감성 반응과 관련성이 높은 것으로 나타났다.

이러한 결과는 난방과 냉방의 공조조건에 따라 고려해야 할 재실자의 온열환경에 대한 감성반응이 PMV 지표와 서로 동일한 관계를 보이지 않는 것으로 해석할 수 있다. 즉 난방공조 시에는 재실자의 온열환경에 대한 반응으로서 생리적 감성반응보다는 심리적 감성반응 중 각성/이완의 변화가 보다 명확하게 나타난 반면, 냉방공조 시에는 생리적 감성반응의 변화가 보다 명확하게 나타남을 알 수 있다. 이는 온도, 습도, 기류속도 및 평균복사온도와 같은 온열환경 요소들에 기반하여 실내 온열환경을 재실자에게 가장 적합하게 조절하고자 할 때, 인간의 심리적 감성 또는 생리적 감성의 한 측면만을 고려하기 보다는 두 감성반응들을 모두 고려해야할 필요가 있음을 시사하는 것이다.

이러한 시사점은 온열환경 요소들이 심리적 온열감과 관련되어 있다는 Kim 등(2011)의 연구, 실내 상하 온도차에 따른 생리적 반응으로서 HRV(heart rate variability)를 살펴본 Lee 등(1999)의 연구, 그리고 실내 온도에 따른 생리적 반응으로서 피부온도(skin temperature)를 살펴본 Tham과 Willem(2010)의 연구와 같은 기존의 연구들이 각각 심리 또는 생리적 반응의 한 측면만을 살펴보았다는 점에서 본 연구결과의 중요한 의의를 반영하는 것으로 볼 수 있다. 또한 적응적 모형(adaptive model)을 검토하면서 온열환경에 대한 열적 쾌적성에 있어서 심리 및 생리적 요소들이 모두 고려되어야 함을 제기한 Song 등(2007)의 연구는 이러한 의의를 간접적으로 지지하는 결과라 할 수 있다.

한편 본 연구를 통해서 한 가지 더 살펴볼 수 있는 것은 온열환경에 대한 지표로서 PMV의 변화가 공조조건에 따라 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌와의 관계성이 서로 다를 수 있다는 것이다. ISO 7730에서 PMV와 예상 불만족율(predicted percentage of dissatisfied; PPD)의 관계는 U자형 형태라는 점을 고려할 때, 본 연구에서도 이로 인해 난방과 냉방공조 시에 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌와 PMV의 관계가 서로 달라질 수 있는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 본 연구에서 공조를 통해 유도된 실내 환경의 PMV 범위가 난방과 냉방공조 조건에서 거의 동일함에도 불구하고, PMV와 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌의 관계가 공조조건이 변함에 따라 서로 달라지는 결과를 보여주고 있다는

점을 고려한다면 전적으로 위의 해석에 기초한 결과는 아님을 알 수 있다.

이러한 결과를 해석하기 위해서는 Song 등(2007)에서 검토한 적응적 모형에서 습관화(habituation)의 개념을 살펴볼 필요가 있다. 이 개념은 외부의 온열 자극에 반복적으로 노출되는 경우, 열적 지각 또는 반응이 변화하는 일종의 적응을 의미하는 것이다. 본 연구의 절차를 살펴보면, 하나의 공조조건에 노출된 실험 참가자들은 일련의 실험이 모두 끝날 때까지 기온이 감소 또는 증가하는 형태의 온열 자극에 반복적으로 노출되는 형태이다. 이에 따라 온열 자극에 대한 습관화가 나타나게 되고, 실험 참가자들이 주관적으로 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌를 체크할 때 비교대상으로 바로 직전에 노출된 온열자극에 근거하여 반응할 가능성이 높다. 즉 이전에 비해서 따뜻함을 넘어 더워지거나, 이전에 비해서 시원함을 넘어 추워지는 형태는 중국에는 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌에서 불쾌에 해당되는 반응을 유발하게 된다는 것이다.

하지만 본 연구에서는 PMV가 심리적 감성반응 중 쾌/불쾌를 예측하는 설명력이 약 3~4%로 작다는 점과 하나의 조건에서 단지 여덟 개의 심리적 감성반응만 추출된다는 제한점을 가지고 있다. 이와 더불어 실험 참가자로 하여금 실험 시작 전 상온에서 대기하도록 함으로써 각 공조조건 초기 시작시점의 심리 및 생리적 감성반응이 급격한 온열환경의 변화에 근거하여 측정되었을 가능성이 존재한다는 제한점도 가지고 있다. 이에 따라 본 연구의 결과에 대한 적응적 모형의 습관화 해석은 본 연구만으로는 완벽하게 지지되지 않는다. 따라서 본 연구의 제한점을 보완한 추후연구를 통해서 이러한 해석의 타당성이 확인되어야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- ASHRAE. (2005). *Thermal comfort*. In ASHRAE Handbook of Fundamentals, ASHRAE, Atlanta, USA.
- Bedford, T. & Warner, C. G. (1934). The globe thermometer in studies of heating and ventilating. *Journal of Hygiene*, 35, 458-473.
- de Dear, R. J. & Brager, G. (1998). *Understanding the adaptive approach to thermal comfort*. Final Report on ASHRAE RP-884, Sydney, MPRL.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort*. In Analysis and Application in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark.
- Houghton, F. C. & Yaglou, C. P. (1923). Determining of the comfort zones with further verification of effective temperature within this zone. *ASHVE Transactions*, 29(9), 515-536.
- ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- Kim, B., Kim, J. H., & Min, Y. K. (2011). Effects of the perceived thermal sensitivity on performances of learning task according to the level of difficulty. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 13(5), 2513-2522.
- Kim, B., Min, Y. K., Min, B. C., & Kim, J. H. (2011). Effects of thermal environmental factors on behavioral responses of the selective attention mechanism. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 13(5), 2523-2533.
- Kim, B., Jeon, Y. C., Lim, D. H., Shin, J. W., Min, Y. K., Min, B. C., & Kim, J. H. (2011). Effects of indoor environmental variables on human thermal comfort sensation. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 47, 374-377.
- Lee, N. B., Im, J. J., Bae, D. S., Kum, J. S., Choi, H. S., & Lee, K. H. (1999). Evaluation of thermal comfort for the vertical room air temperature difference and for the control of air stream based on physiological signal analysis. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 2(1), 147-155.
- Nishi, Y. & Gagge, A. P. (1971). Humid operative temperature: A biophysical index of thermal sensation and discomfort. *Journal de Physiologie*, 63, 365-368.
- Song, D., Kang, K., & Kato, S. (2007). New approaches of indoor environmental control for energy saving-adaptive model. *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, 14(3), 253-262.
- Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010). Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. *Building and Environment*, 45, 40-44.

원고접수 : 2011.09.01

수정접수 : 2011.11.03

게재확정 : 2011.12.08