

안면 피부온도를 활용한 PMV 지표 기반  
쾌적환경 조성의 타당성 연구\*

The Validation Study of Shaping Comfortable Environments  
Based on the PMV Index Using Facial Skin Temperature

김보성\* · 민윤기\*\* · 신에스더\*\*\* · 김진호\*\*\*\*†

Boseong Kim\* · Yoon-Ki Min\*\* · Shin Esther\*\*\* · Jin-Ho Kim\*\*\*\*†

\*충북대학교 심리학과 인간심리연구소

\*Research Institute for Human Mind, Dept. of Psychology, Chungbuk National University

\*\*충남대학교 심리학과

\*\*Dept. of Psychology, Chungnam National University

\*\*\*영남대학교 의료공학연구소

\*\*\*Institute of Biomedical Engineering, Yeungnam University

\*\*\*\*공주대학교 산업시스템공학과

\*\*\*\*Dept. of Industrial and Systems Engineering, Kongju National University

**Abstract**

This research examined the validity of whether the PMV index-based comfort- or uncomfot-indoor environments could be classified by the facial skin temperature, one of the physiological indicator for human. To do this, we distinguished between a comfort thermal environment and an uncomfot thermal environment using the PMV value, and then facial skin temperatures were measured in both environments. As a result, the facial skin temperature of occupants were different between the comfort- and uncomfot-indoor environments. It suggested that the facial skin temperature could be used in shaping the comfortable indoor environment based on the PMV index. While this result suggested the PMV index-based on comfort and uncomfot indoor environments could not be valid, because the facial skin temperature was lower in the uncomfot thermal environment than in the comfort thermal environment.

**Key words** : Facial Skin Temperature, Comfortable Indoor Environment, PMV Index, Validity

---

† 이 논문은 2012년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

본 논문의 자료는 2012년 한국감성과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

† 교신저자 : 김진호 (공주대학교 산업시스템공학과)

E-mail : kjh@kongju.ac.kr

TEL : 041-850-0594

FAX : 041-850-0591

## 요약

본 연구는 인간의 생리적 지표 중 하나인 안면 피부온도를 활용하여 PMV 지표 값에 기반하여 조성된 쾌적/불쾌 실내 환경을 적절하게 구분할 수 있는지 그 타당성을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 쾌적 실내 환경에 해당되는 PMV 지표 값을 기준으로 물리적 환경을 쾌적 실내 환경과 불쾌한 실내 환경으로 각각 구분하고, 구분된 환경 내에서 재실자의 안면 피부온도를 측정하였다. 그 결과, PMV 지표 값으로 구분된 쾌적 실내 환경과 불쾌한 실내 환경에서의 재실자의 안면 피부온도가 서로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 안면 피부온도가 PMV 지표에 기반한 쾌적한 실내 환경 조성에 있어 활용될 수 있음을 시사한다. 그러나 쾌적한 실내 환경에 비해 불쾌한 실내 환경에서 안면 피부온도가 낮게 나타나는 결과를 통해 오히려 PMV 지표 값에 기반을 두고 조성되는 쾌적/불쾌 환경이 타당하지 않을 수 있음도 시사한다.

**주제어:** 안면 피부온도, 쾌적 실내 환경, PMV 지표, 타당성

## 1. 서론

인간은 자신들에게 있어 쾌적한 환경을 지속적으로 추구하며 살아간다. 특히 실내 활동이 많아짐에 따라 실내 환경에 있어서 쾌적한 환경을 조성하고자 하는 노력들이 이루어지고 있다. 그 대표적인 노력들이 바로 환경에 대한 지표를 개발하여 이를 공조 시스템에 활용하고자 하는 것이다. 현재까지 제안된 지표들로는 유효온도(effective temperature; ET), 수정 유효온도(corrected effective temperature; CET), 신 유효온도(new effective temperature; ET\*)와 표준 신 유효온도(standard new effective temperature; SET\*)가 있다(Kim, Kim, Min, 2011; Kim, Min, Min, Kim, 2011b; Lee, Lee, Hwang, Bae, Min, Kim, 2013). 그러나 이 지표들이 가지고 있는 공통된 문제점이 존재하는데, 이는 주로 물리적 환경 요소들(예, 건구온도, 흑구온도, 습도, 기류속도 등)에만 초점을 두고 있다는 것이다. 물리적 환경 요소들이 어떻게 구성되느냐의 특성이 인간에게 쾌적한 환경을 조성함에 있어 중요한 부분임은 틀림없다(Kim, 2013). 그렇지만 다양한 물리적 환경 요소들의 특성을 내포하고 있는 실내 환경 그 자체가 중요하다기 보다는, 실내 활동을 하게 될 인간이 과연 그 실내 환경을 적절하다고 판단할 것인지가 더 중요하다고 볼 수 있다.

이러한 관점을 일부 반영하여 인간이 가지고 있는 열적 속성, 즉 체온 조절에 영향을 주는 열적 부하(thermal load)를 계산하여 지표 산출에 활용한 예가 있다. 이는 Fanger(1970)에 의해 고안되었으며, 현재 ISO-7730으로 제정되어 활용되고 있는 예상 온열감 반응(predicted mean vote; PMV) 지표이다. 이 지표는 앞서 살펴보았던 지표들(ET, CET, ET\*, SET\*)처럼 온

도, 습도, 평균복사온도, 기류속도의 네 가지 대표적 환경요소를 반영함과 동시에, 열적부하의 세부 요소로서 착용하고 있는 의복의 열 저항치(thermal resistance of garments)와 실내 활동에 근거한 대사량(metabolic rate)을 추가적으로 고려하였다. 이를 통해 -3에서 +3까지의 지표 값 범위 중, -0.5부터 +0.5사이의 지표 값을 갖는 실내 환경을 인간에게 쾌적한 실내 환경으로 규정하였다. -0.5~+0.5의 지표 값은 신체 내부에서 발생하는 열과 신체 외부에 존재하는 열이 서로 평형적인 상태를 의미하는 것으로, 이러한 상태일 때 실내 환경에 대한 예상 불만족율(predicted percentage of dissatisfied; PPD)은 상대적으로 낮게 나타난다. 이는 재실자가 실내 환경에 대한 만족도가 높은 상태, 즉 쾌적한 상태임을 반영하는 것이다. Lee와 Lee(1986)는 이러한 PMV 지표의 쾌적 범위에 근거하여, 여름철에는 22°C~25.2°C가, 겨울철에는 14.7°C~18.1°C가 쾌적 실내온도라고 제안하였다.

그러나 실내 환경을 PMV 지표 값만을 기준으로 쾌적 환경과 불쾌 환경으로 구분하는 데에는 일부 문제점이 존재할 수 있다. 예를 들어, PMV 지표 값이 -0.49에서 -0.51로 변화한 실내 환경은 어떻게 평가하는 것이 적절한가? PMV 지표 값에 의해서만 이 실내 환경을 평가하자면 불쾌한 환경으로 평가할 수 밖에 없다. 그 이유는 현 시점에서 -0.5~+0.5의 쾌적 환경 범위를 벗어났기 때문이다. 그렇지만 이 실내 환경에 있던 재실자의 관점에서 평가하자면, -0.02의 PMV 지표 값의 변화가 갑작스럽게 재실자로 하여금 쾌적에서 불쾌로의 범주적 지각변화, 즉 임계값에 도달하기 전까지는 변화가 없다가 임계값에 도달했을 때 급격하게 변하는 계단형태의 지각변화를 일으키지는 않을 것이다. 이는 쾌적한 실내 환경을 조성함에 있어

PMV 지표 값과 더불어 재실자 중심의 보완책이 마련되어야 함을 시사하는 것이다.

Kim, Min, Kim(2013)은 이러한 관점에서 재실자가 지각하는 주관적 쾌적성이 쾌적한 실내 환경 조성을 위해서 PMV 지표 값을 보완해 줄 수 있을지의 여부를 살펴보았다. 이들은 실내 환경에서 산출된 PMV 지표 값과 재실자가 Likert 형태로 응답한 지각된 쾌적성과의 관계를 살펴보았으나, 두 값 간의 유의미한 관계가 나타나지 않았다. 한편 Kim 등(2011b)은 PMV 지표 값과 인간의 심리/생리적 반응과의 관계를 살펴봄으로써 인간의 측정된 심리/생리적 반응이 PMV 지표 값을 보완할 수 있을지를 알아보았다. 이들은 인간의 심리적 반응으로서 2차원 정서모델에서 활용되는 Valence와 Arousal 값을 사용하였으며, 인간의 생리적 반응으로는 가장 기본적 생리 측정치인 심박률(heart rate; HR)을 사용하였다. 그러나 이들 역시도 PMV 지표 값의 변화 방향과 일관된 심리/생리적 반응이 나타나지 않음을 확인하였다. 또한 Lee 등(2013)은 인간의 피부전기활동(electrodermal activity; EDA)을 포함하는 자율신경계 측정치와 뇌전도(electroencephalogram; EEG) 중심의 중추신경계 측정치를 활용하여 PMV 지표 값과의 관계를 살펴봄으로써 이러한 또 다른 생리적 측정치들이 PMV 지표 값을 보완할 수 있을지를 알아보았다. 그런데 이들의 연구에서는 일부 측정치인 호흡률(respiration; RESP)과 호흡성 동성부정맥(respiratory sinus arrhythmia; RSA)에서 PMV 지표 값의 변화방향과 일관된 결과를 확인할 수 있었다. 이는 쾌적한 실내 환경을 조성함에 있어, PMV 지표 값이 갖는 제약을 일부 인간의 생리적 지표를 활용하여 보완할 있음을 시사하는 것이다.

이러한 시사점 및 활용 가능성에도 불구하고, 인간의 생리적 지표는 측정 및 활용측면에서 여러 단점들이 존재한다(Lee & Lee, 2011). 예를 들면, 인간의 생리적 지표를 측정하기 위해서는 측정 대상이 되는 재실자의 신체면에 전극을 부착해야하는 번거로움이 존재한다. 또한 재실자가 실내 활동을 함에 있어서 발생하는 움직임 자체의 노이즈의 영향도 존재할 뿐만 아니라 측정 자체의 불편함도 존재하게 된다. 다시 말하면, 쾌적한 실내 환경을 조성하기 위해서 PMV 지표 값이 갖는 문제를 보완하려다가 더 많은 문제점들을 갖게 될 가능성이 매우 높다.

그러나 적외선 방식의 열화상 카메라 기술이 도입되면서, 직접적인 전극 부착 및 착용의 불편함 없이

인간의 생리적 반응을 측정할 수 있게 되었다(Lee & Lee, 2011). 몇몇 연구들을 통해서 인간의 감성적 상태가 변화하면서 그에 따른 생리적 변화를 측정함에 있어 열화상 카메라를 활용한 안면 피부온도(facial skin temperature)의 측정은 그 타당성을 인정받고 있다(Eum, Eom, & Sohn, 2012; Mizukami, Kobayashi, Iwata, & Ishii, 1987; Nakanishi & Imai-Matsumura, 2008; Tsiamyrtzis, Dowdall, Shastri, Pavlidis, Frank, & Ekman, 2007). 이는 본 연구에 있어 다음과 같은 시사점을 제공한다. 그 중 하나는 쾌적한 실내 환경을 조성하는 과정에서 PMV 지표 값을 활용할 때 발생할 수 있는 문제점을 선행연구들에서 사용하지 않은 또 다른 생리적 지표를 통해 보완할 수 있는지의 여부이다. 그리고 다른 하나는 열화상 카메라를 활용한 재실자의 안면 피부온도를 측정하는 것이 전통적인 생리적 지표 측정의 단점을 최소화하며 PMV 지표 값의 보완 지표로서 활용될 수 있는지의 여부이다.

이에 따라, 본 연구는 PMV 지표 값을 기준으로 쾌적한 실내 환경과 불쾌한 실내 환경으로 각각 구분된 실내 환경에서 재실자의 안면 피부온도를 측정하고 이를 비교하여 PMV 지표 기반 쾌적환경 조성에 있어 안면 피부온도의 활용 타당성을 살펴보고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험 참가자

중도 탈락한 인원을 제외한 20대 성인 9명(남자 7명, 여자 2명)이 실험에 참가하였으며, 이들의 평균연령은 23.22( $\pm 2.73$ )세였다. 이들 중 5명은 PMV 지표 값에 기반하여 쾌적한 실내 환경 조건에, 4명은 불쾌한 실내 환경 조건에 무작위로 배정되었다. PMV 지표 값에 기반한 쾌적한 실내 환경 조건과 불쾌한 실내 환경 조건별 실험 참여자의 평균연령은 각각 25.40( $\pm 0.89$ )세와 20.50( $\pm 1.00$ )세였다.

실험에 참가한 모든 참가자들은 실험 시작 전 실험 온열환경 조건에서 약 5분 동안 대기하였다. 그리고 실험 참가자들의 의복과 활동량에 의한 영향을 통제하기 위해서, ISO-7730(2005) Annex C의 의류전형 조합에 근거하여 착용량을 0.7 clo로 고정하였으며, Kim, Min, Min, Kim(2011a)이 사용한 실험과제를 활용하여 1.0 met으로 유지시켰다. G\*Power 3.1.7 프로그램을 이용한 적정 대상자 수 분석에서 혼합 분산분석에 필요

한 유의수준 .05, 검증력 80%, 효과크기 .25(Cohen's medium effect size; Cohen, 1988), 집단 수 2, 측정치들의 수 10, 반복측정치들간의 상관 .80으로 하였을 때, 각 집단별 적정 표본수는 4명으로 산정되어 본 연구의 적정 표본수를 충족하였다(Faul, Erdfelder, Buchner, & Lang, 2009).

### 2.2. 측정 도구

실내 실험환경의 PMV 지표 값은 KEM사의 AM-101을 통해 매 1분 간격으로 지면에서 1.2m의 높이에서 측정되었으며, 분석 시에는 구간 별 평균 PMV 지표 값을 활용하였다. 또한 실험 참가자의 안면 피부온도는 NEC사의 적외선 열화상 카메라 H2640을 통해 실험 참가자와의 정면으로 1m 거리에서 측정되었다. 안면 피부온도의 데이터는 초당 30프레임 단위로 측정되었으며, 방사율은 0.98로 입력하였다. 감성적 상태 변화 시에 이마의 피부온도 변화가 나타난다는 Mizukami 등(1987)의 연구에 기초하여 관심영역(region of interesting; ROI)을 설정하였으며(Figure 1), 분석 시에는 PMV와 마찬가지로 구간 별 평균 안면 피부온도 값을 활용하였다.

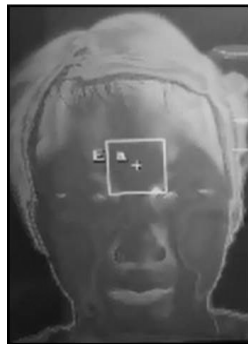


Figure 1. An example of ROI

### 2.3. 실험 절차

실험은 두 집단 별 조건으로 구성되었다. 한 집단은 PMV 지표 값에 기초하여 쾌적 실내 환경 조건에서 (-0.5 ≤ PMV 지표 값 ≤ +0.5), 다른 집단은 불쾌한 실내 환경 조건에서 실험을 진행하였다(PMV 지표 값 < -0.5 or +0.5 < PMV 지표 값). 한 실험당 한 명씩 참가하는 본 실험에는 10개의 블록이 포함되어 있다. 그 중 5개의 블록은 과제 수행 없이 편안하게 대기하는 구간이

며(base 구간), 나머지 5개의 블록은 실제로 실험 참가자가 주어진 과제를 수행하는 구간이다(task 구간). 이에 따라 실험이 시작되면 2분 간 base 구간에서 실험 참가자들의 안면 피부온도가 측정된 후, 약 2분 정도의 task 구간에서 base 구간과 마찬가지로 실험 참가자들의 안면 피부온도를 측정하였다. 이러한 과정이 5번 반복된다(phase).

### 2.4. 분석 방법

PMV 지표 값에 기초한 쾌적 실내 환경 조건과 불쾌 실내 환경 조건(2)을 피험자간 변수로, base와 task 구간(2), 그리고 phase 조건(5)을 각각 피험자내 변수로 하는 안면 피부온도에 대한 2×2×5의 혼합 분산분석을 실시하였다(Min & Kim, 2011).

## 3. 연구 결과

먼저 PMV 지표 값에 기초하여 구성된 쾌적 또는 불쾌 실내 환경 조건이 적절하게 실험 환경 조건으로 구성되었는지, 그리고 phase가 진행됨에 따라서도 동일한 실험 환경 조건으로서 유지되었는지를 확인하고자 PMV 지표 값에 대한 2(쾌적/불쾌 실내 환경 조건)×5(phase)의 혼합분산분석을 실시하였다. 쾌적/불쾌 실내 환경 조건과 phase 조건에 따른 PMV 지표 값의 기술 통계치는 Table 1과 같다.

Table 1. Descriptive statistics of the PMV values

Phase	Comfort Condition	Uncomfort Condition
	M(SD)	M(SD)
Phase 1	0.086(.362)	-0.900(.161)
Phase 2	0.154(.314)	-0.948(.127)
Phase 3	0.148(.234)	-0.938(.106)
Phase 4	0.104(.226)	-0.923(.098)
Phase 5	0.360(.298)	-0.938(.087)
Total	0.106(.094)	-0.929(.105)

구형성 검증(Mauchly's test of sphericity) 결과, phase 조건[Mauchly's  $W = .002$ , Approx. Chi Square = 33.387,  $df = 9$ ,  $p < .001$ ]의 유의도가 .05보다 작은 것으로 나

타났다. 이는 투입된 독립변수의 등분산 가정이 위배된 것을 의미하며, 이 경우 혼합 분산분석 결과에서 교정값(Epsilon) 중 하나를 선택하여 그에 해당되는 통계치를 사용해야 함을 의미한다(Min & Kim, 2011).

이에 따라 대상자의 수가 적은 경우에 사용되는 Huynh-Feldt 교정값을 사용하여 혼합 분산분석의 결과를 살펴보았다. 그 결과, 쾌적/불쾌 실내 환경 조건과 phase 조건의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났으며 [ $F_{(1,728,12,099)}=0.567, MSe=0.052, n.s.$ ], 단지 쾌적/불쾌 실내 환경 조건의 주효과만 유의한 것으로 나타났다 [ $F_{(1,7)}=53.716, MSe=0.221, p < .001$ ]. 즉 쾌적 실내 환경 조건에서의 PMV 지표 값은 0.106(SD = .094)였으며, 불쾌 실내 환경 조건에서의 PMV 지표 값은 -0.929(SD = .105)로 phase 조건과 관계없이 적절하게 실험 환경 조건이 구성되었음을 확인하였다 (Figure 2).

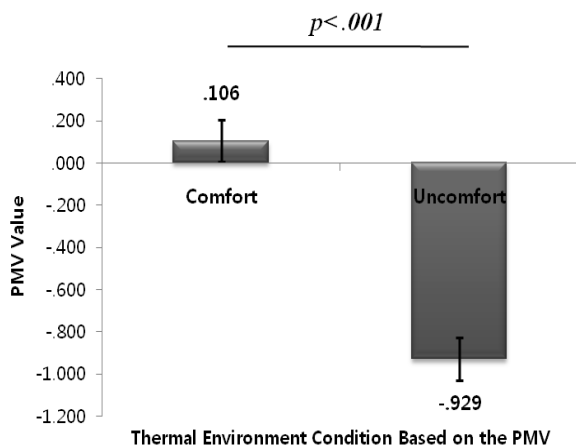


Figure 2. The result of PMV value according to thermal environment conditions

다음으로, 안면 피부온도를 종속 측정치로 하고, 쾌적/불쾌 실내 환경 조건(2), base/task 구간(2), 그리고 phase 조건(5)을 독립변수로 하는 2×2×5의 혼합 분산분석을 실시하였다. 각 조건에 따른 안면 피부온도의 기술 통계치는 Table 2와 같다.

구형성 검증 결과, phase 조건과 base/task 구간의 상호작용[Mauchly's  $W=0.191, Approx. Chi Square=8.954, df=9, p=.463$ ], 그리고 phase 조건[Mauchly's  $W=0.067, Approx. Chi Square=14.644, df=9, p=.116$ ] 모두 유의도가 .05보다 큰 것으로 나타났다. 이는 투입된 독립변수들의 등분산 가정이 위배되지 않은 것을 의미하고, 혼합 분산분석 결과에서 교정값이 아닌 구형성 가

정이 충족된 통계치를 사용해도 됨을 의미한다(Min & Kim, 2011).

Table 2. Descriptive statistics of the facial skin temperatures

Phase	Base/Task	Comfort Condition	Uncomfort Condition
		M(SD)	M(SD)
Phase 1	Base	36.340(.796)	34.698(1.087)
	Task	36.478(.872)	34.080(1.644)
Phase 2	Base	36.476(.749)	34.235(1.351)
	Task	36.580(.744)	34.115(1.404)
Phase 3	Base	36.442(.909)	34.283(1.456)
	Task	36.186(1.010)	34.065(1.971)
Phase 4	Base	36.584(.782)	34.340(1.629)
	Task	36.482(1.016)	34.108(1.535)
Phase 5	Base	36.456(.629)	34.183(1.663)
	Task	36.230(.414)	33.880(1.910)
Sub Total	Base	36.460(.457)	34.348(.511)
	Task	36.391(.542)	34.050(.606)
Total		36.425(.496)	34.198(.555)

이에 따라 혼합 분산분석의 결과를 살펴본 결과, 쾌적/불쾌 실내 환경 조건, base/task 구간, 그리고 phase 조건의 3원 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다 [ $F_{(4,28)}=0.630, MSe=0.673, n.s.$ ]. 또한 각각의 2원 상호작용 효과와 base/task 구간 및 phase 조건의 주효과 역시 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다. 다만, 쾌적/불쾌 실내 환경 조건의 주효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다 [ $F_{(1,7)}=8.953, MSe=12.309, p < .05$ ]. 즉 PMV 지표 값에 따라 구분된 쾌적 실내 환경 조건과 불쾌 실내 환경 조건 간의 안면 피부온도 차이가 존재하는 것으로 나타났다(Figure 3).

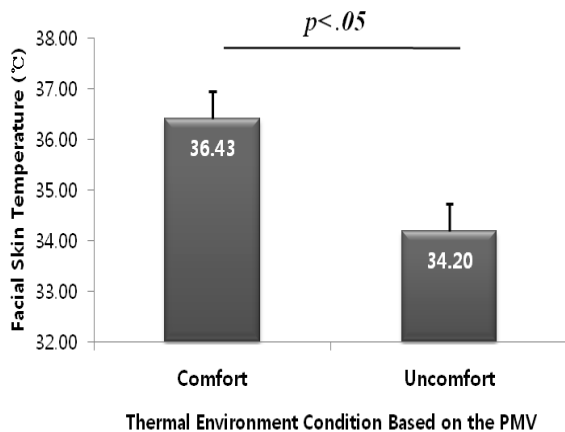


Figure 3. The result of facial skin temperature according to thermal environment conditions

#### 4. 결론 및 논의

본 연구에서는 PMV 지표 값에 근거한 쾌적 및 불쾌 실내 환경 구분에 있어 재실자의 안면 피부온도가 재실자 중심의 PMV 지표 보완 방법으로 활용 가능성이 있는지를 살펴보았다. 이를 위해 PMV 지표의 쾌적 범위를 고려하여 각각 쾌적한 실내 환경과 불쾌한 실내 환경을 조성하고, 각각에 실험 참가자들을 무선적으로 할당하여 이들의 안면 피부온도를 측정하였다. 그 결과, 쾌적한 실내 환경과 불쾌한 실내 환경 간의 실험 참가자들의 안면 피부온도가 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 PMV 지표 값에 근거하여 쾌적한 환경을 조성할 때, 재실자 중심의 PMV 지표 보완 방법으로 안면 피부온도를 활용할 수 있음을 시사하는 것이다.

일반적으로 인간에게 있어 쾌적하다고 지각할 때보다 불쾌하다고 지각할 때, 스트레스 또는 각성 상태에 도달했다고 볼 수 있다. 이러한 경우, 자율신경계 반응의 관점에서 교감 신경계의 활성화로 인해 피부전기활동의 증가를 관찰할 수 있다(Kim, Lee, Kim, Min, Min, 2009; Yi et al., 2010). 또한 교감 신경계의 활성화는 심혈관계 활동을 증가시켜 혈류량 증가에 따른 피부온도를 상승시킬 수 있다(Eum et al., 2012). 그러나 본 연구의 결과에서는 PMV 지표 값에 기반하여 불쾌한 실내 환경으로 조성된 공간에서 그에 속한 재실자들의 안면 피부온도는 오히려 쾌적한 실내 환경보다 낮아지는 결과가 나타났다. 이는 인간의 자율신경계 반응들의 관점과는 정반대의 결과를 보여주는 것이다.

그렇다면 이러한 결과는 어떻게 해석될 수 있을 것인가? Lee 등(2013)은 본 연구와 유사하게 PMV 지표를 기준으로 쾌적한 실내 환경 조건과 불쾌한 실내 환경 조건에서의 자율신경계와 중추신경계의 반응을 살펴보았다. 이들에 따르면 두 환경 조건에서 자율신경계와 중추신경계의 반응이 일관된 결과를 보여주지 못하고 있음을 제시하면서, 쾌적한 실내 환경 조성에 있어 PMV 지표 값에 근거하는 것이 적절하지 않을 수 있음을 제기하였다. 이는 인간이 쾌적하다고 지각할 때의 환경상태와 PMV 지표 값에 근거한 쾌적한 환경상태가 서로 다를 수 있음을 시사하는 것이다. Kim, Min과 Kim(2012)은 PMV 지표 값에 근거한 쾌적 실내 환경과 재실자가 쾌적하다고 지각하는 실내 환경간의 물리적 환경 요소들의 차이를 살펴보으로써 앞선 시사점을 확인해 보고자 하였다. 그 결과, 본 연구에서처럼 공조시스템을 활용한 실내 환경에서 조차도 온도, 상대습도, 기류속도의 차이가 존재함을 확인하였다. 이러한 연구 결과들에 비추어 볼 때, 안면 피부온도가 PMV 지표 값에 기반하여 구분된 실내 환경에서 쾌적한 환경보다 불쾌한 환경에서 낮게 나타나는 이유는 PMV 지표 값에 근거한 쾌적/불쾌의 구분이 타당하지 않기 때문일 수 있다.

그러나 본 연구는 각 환경에 할당된 참여자의 수가 적고, 불쾌한 실내 환경 조건으로 PMV 지표 값이 -0.5 이하의 값, 즉 'Slightly Cool'인 상태로 명명(ASHRAE, 2005)되는 조건만을 비교했다는 제한점이 존재한다. 이로 인해 PMV 지표 값에 근거한 쾌적/불쾌 실내 환경의 구분이 타당하지 않음을 명확하게 제기할 수는 없다. 그렇지만 한 가지 확실한 것은 PMV 지표 값에 기반하여 구분되는 쾌적/불쾌 실내 환경에서 안면 피부온도의 차이가 존재하므로, PMV 지표 기반의 쾌적환경 조성에 있어 안면 피부온도가 활용될 수 있다는 것이다. 따라서 보다 명확한 해석을 위해서는 PMV 지표에 기반하여 구분된 쾌적 및 불쾌 실내 환경 각각에 할당되는 인원을 증가시키고 동시에, PMV 지표 값으로 +0.5 이상의 값을 갖는 불쾌한 실내 환경도 추가적으로 조성하여 비교하는 추후 연구의 결과를 살펴볼 필요가 있다.

## REFERENCES

- ASHRAE. (2005). *ASHRAE handbook of fundamentals: Thermal comfort*, Atlanta: ASHRAE.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc. Publishers.
- Eum, Y. J., Eom, J. S., & Sohn, J. H. (2012). Difference of facial skin temperature responses between fear and joy, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 15(1), 1-8.
- Fanger, P. O. (1970). *Analysis and application in environmental engineering: Thermal comfort*, Copenhagen: Danish Technical Press.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A-G. (2009). Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160.
- 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. (2013). The characteristics of the learning performance according to the indoor temperature of the learning environment and the color of the learning materials, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 14(2), 681-687.
- 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(5B), 2513-2522.
- Kim, B., Min, Y. K., & Kim, J. H. (2012). The physical thermal environment for a learner-centered comfort learning environment in summer: The comparison of PMV- and CSV-based thermal comfort conditions, *Communications in Computer and Information Science (CCIS)*, 342, 347-353.
- Kim, B., Min, Y. K., Min, B. C., & Kim, J. H. (2011a). The changes of psychological and physiological emotional responses according to change of the index of predicted mean vote (PMV) due to air conditioning types, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 14(4), 647-654.
- Kim, B., Min, Y. K., Min, B. C., & Kim, J. H. (2011b). Effects of thermal environmental factors on behavioral responses of the selective attention mechanism, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 13(5B), 2523-2533.
- Kim, H. W., Lee, Y. C., Kim, B., Min, B. C., & Min, Y. K. (2009). Difference of driving performance and physiological arousal due to the intersection types and age, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 11(6B), 3057-3069.
- Kim, J. H., Min, Y. K., & Kim, B. (2013). Is the PMV index an indicator of human thermal comfort sensation?, *International Journal of Smart Home*, 7(1), 27-34.
- Lee, J. H. & Lee, J. H. (2011). The effect of cognitive load on facial skin temperature changes: Using infrared thermal imaging, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 13(1B), 173-182.
- Lee, J. Y. & Lee, K. H. (1986). A study on the model setting of thermal comfort zone in the elementary school classroom, *Proceedings of the Architectural Institute of Korea*, 6(1), 279-282.
- Lee, Y. C., Lee, H. J., Hwang, E. J., Bae, J. W., Min, Y. K., & Kim, B. (2013). ANS and CNS responses according to thermal comfort based on the PMV, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 15(1B), 349-358.
- Min, Y. K. & Kim, B. (2011). *The basis of scientific data analysis*, Daejeon: CNU Press.
- Mizukami, K., Kobayashi, N., Iwata, H., & Ishii, T. (1987). Telethermography in infant's emotional behavioral research, *Lancet*, 11, 38-39.
- Nakanishi, R. & Imai-Matsumura, K. (2008). Facial skin temperature decreases in infant with joyful expression, *Infant Behavior and Development*, 31, 137-144.
- Tsiamyrtzis, P., Dowdall, J., Shastri, D., Pavlidis, I., Frank, M. G., & Ekman, P. (2007). Imaging facial physiology for the detection of deceit, *International*

*Journal of Computer Vision*, 72, 197-214.

Yi, Y. C., Kim, B., Lim, D. H., Kim, H. W., Ji, D. H., Min, B. C., & Min, Y. K. (2010). Autonomic nervous system responses in yellow interval dilemma situation, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 12(1B), 185-194.

원고접수: 2013.07.27

수정접수: 2013.08.06

게재확정: 2013.08.08