

자동차 실내 열쾌적성 개선을 위한 통풍시트의 쾌적온도 분석

Analysis of Ventilating Seat Comfort Temperature for Improving the Thermal Comfort inside Vehicles

인충교¹ · 곽승현² · 김창훈³ · 김규범⁴ · 조형석⁵ · 서상혁⁶ · 명태식⁷ · 민병찬^{8†}

Chung-Kyo In¹ · Seung-Hyun Kwak² · Chang-Hoon Kim³ · Kyu-Beom Kim⁴ · Hyung-Seok Jo⁵ · Sang-hyeok Seo⁶ · Tae-Sik Myung⁷ · Byung-Chan Min^{8†}

Abstract

As the number of automobile registrations increases and luxury expectations grow, consumers are increasingly interested in indoor environment of vehicles. Therefore, manufacturers have an increasing interest in improving the indoor comfort as well as automobile performance. Research on indoor automobile comfort can help manufacturers increase driver satisfaction and reduce driver stress and discomfort, thereby reducing the risk of traffic accidents. Using electroencephalogram (EEG) measurements, we investigated the change in comfort and comfortable temperature according to the ventilating seat temperature change for both men and women. Results showed that the sensation of comfort was statistically significantly higher at 25°C than at 28°C. Secondly, there was no statistically significant difference in temperature-based comfort feeling between male and female subjects. In the future, if the correlation between the driver's comfort feeling and the change in ventilating seat temperature is analyzed, it is possible to reduce traffic accidents caused by human error and reduce the electric energy consumption of the automobile.

Key words: EEG, Thermal Comfort, Vehicle, Indoor Temperature, Ventilation Seat

요약

자동차 고급화 추세에 따라 소비자의 차량 실내 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 자동차의 기본적 성능뿐만 아니라 실내 쾌적성 향상에 관심이 증대되고 있다. 또한 자동차 실내 쾌적성에 대한 연구는 운전자에게 만족을 제공하는데 그치지 않고, 운전자의 불쾌지수 및 스트레스를 낮추어서 교통사고의 위험을 줄이는데 기여할 수 있기 때문에 매우 중요한 연구 주제이다. 따라서 본 연구에서는 운전자의 뇌파측정을 통해 통풍시트의 온도변화에 따른 쾌적감 변화와 쾌적온도를 알아보고, 온도변화에 따른 남녀간 쾌적감에 대한 차이를 탐색하고자 하였다. 연구결과 첫째 통풍시트의 온도가 22°C, 25°C, 28°C에서 각각의 실험군을 비교한 결과 28°C보다 25°C에서 통계적으로 유의하게 쾌적감이 더 높게 나타났다. 둘째 통풍시트 온도 변화에 따른 남녀간 쾌적감에 대한 실험결과 남성과 여성이 온도에 따라 느끼는 쾌적감은 통계적으로 유의한 차가 없는 것으로 나타났다. 향후 자동차의 실내온도와 통풍시트의 온도 변화에 따른 운전자의 쾌적감 변화를 파악하여 상관관계를 분석한다면, 운전자의 쾌적성을 확보하여 휴먼에어로 인한 교통사고를 낮출수 있을 뿐만 아니라 자동차의 전기에너지의 사용량을 줄일 수 있을 것이다.

주제어: EEG, 온열쾌적감, 자동차, 실내온도, 통풍시트

¹ 인충교: 한밭대학교 산업경영공학과 박사과정

² 곽승현: 한밭대학교 산업경영공학과 박사과정

³ 김창훈: 한밭대학교 스마트생산경영공학과 석사과정

⁴ 김규범: 한밭대학교 산업경영공학과 석사

⁵ 조형석: 한밭대학교 산업경영공학과 석사과정

⁶ 서상혁: 한밭대학교 산학협력단

⁷ 명태식: 한밭대학교 기계공학과 교수

^{8†} (교신저자) 민병찬: 한밭대학교 산업경영공학과 교수 / E-mail : bmin@hanbat.ac.kr / TEL : 042-821-1227

1. 서론

국토교통부에 따르면 2016년 말 현재 우리나라의 등록된 자동차는 2,180만대로 이는 자동차 1대당 인구수가 2.37명인 것으로 조사되었다. 향후 2020년에는 자동차 등록대수가 2,500만대로 증가할 것으로 예측되고 있다. 이와 같은 자동차 등록대수 증가 및 자동차 고급화 추세에 따라 소비자의 차량 실내 환경에 대한 관심이 증가되고 있기 때문에 자동차 메이커들도 자동차의 기본적 성능뿐만 아니라 실내 쾌적성 향상에 높은 관심을 가지고 있다.

실내쾌적성에 영향을 미치는 요인으로 가장 대표적인 것은 온열쾌적감으로, 현재 실내 및 차량 내부 온열쾌적감에 대한 연구는 매우 활발하게 진행되고 있다(Croituru et al., 2015). 이러한 온열쾌적감에 대한 환경인자로는 공기온도, 바람세기, 복사열 및 상대습도와 같이 측정 가능한 요소 및 사람 개개인의 편차에 따라 경향이 다르게 나타나는 감성적 요인 같이 객관적 측정이 어려운 요소로 구성되어 있다.

특히 자동차 실내 쾌적성의 경우, 온도, 습도 및 바람의 세기 등이 온열 쾌적감에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Simion et al., 2016), 이러한 자동차 실내 쾌적성에 대한 연구는 운전자에게 만족을 제공하는데 그치지 않고, 운전자의 불쾌지수 및 스트레스를 낮추어서 교통사고의 위험을 줄이는데 기여할 수 있기 때문에 매우 중요한 연구 주제로 다루어지고 있다(Danca et al., 2016).

Lee et al.(1999)는 자동차 내부의 온도, 습도, CO₂ 가스농도 및 C₄H₁₀ 가스농도의 변화를 통해서 운전자의 감성변화를 연구하였으며, EEG 스펙트럼 분석과 주관적 감성 평가에 대한 상관도 분석을 통하여 EEG 스펙트럼 분석이 운전자의 감성변화를 평가도구로 적절함을 주장하였다.

열적쾌적성 평가 방법은 국제표준화기구의 ISO 7730 (Ergonomics of the thermal environment) 및 미국 냉난방 및 공조 기술자협회의 ASHRAE Standard 55(Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)에 표준화가 되어 있으며, 2006년부터 수송기내 열환경 평가에 대한 국제규격은 ISO/TS 14505 시리즈로 표준화

었다(Hong et al., 2006). 열적쾌적성 표준은 Fanger에 의해 개발되었으며 후에 국제표준으로 채택되었는데, Fanger's model은 PMV (Predicted Mean Vote) index와 PPD (Predicted Percent of Dissatisfaction) index를 활용하여 실내 열적쾌적성을 측정하는 모델로 많은 실내 온열쾌적성 연구에서 활용되고 있다(Croituru et al., 2015).

Sassa et al.(2000)는 실험을 통해서 인체의 체지방량, 근육량, 대사량과 같은 다양한 신체적 특성에 따라서 동일한 환경에서도 쾌적감에 대한 차가 발생한다는 것을 실험을 통해서 확인하였으며, 또한 Lan et al.(2008)은 남녀 간의 온열 쾌적감 연구에서 성별에 따라서 온열 쾌적감에 차이가 있다고 주장하였다. 이러한 선행연구는 동일 실내 온열환경에서도 사람에 따라서 체감하는 온열쾌적감이 다르게 나타날 수 있다는 것을 의미한다.

국내의 자동차 실내 열환경 및 온열쾌적성에 대한 연구의 경우 Fanger's model과 수치해석기법을 병행하여 진행하고 있으며(Yang, 2017), 자동차 실내열적 환경분석을 위한 통풍시트에 대한 연구는 자동차 통풍시트의 재질 및 토출구 구조 및 위치 등과 같이 통풍시트의 성능을 위주로 연구가 이루어 졌다(Jung et al., 2009). 때문에 실제 운전자가 느끼는 온열 쾌적감 또는 통풍시트의 쾌적온도 범위에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 운전자의 뇌파측정을 통해 통풍시트의 온도변화에 따른 쾌적감 변화와 쾌적온도를 알아보고, 온도변화에 따른 남녀간 쾌적감에 대한 차이를 탐색하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 실험 참가자

피험자는 만18세~29세인 신체적, 정신적으로 건강한 성인 남녀 46명을 대상으로 실시하였으며 뇌 외상, 간질과 같은 신경정신계 질환 병력이 없는지 설문을 통하여 확인하였다. 또한 실험 당일 피험자의 건강, 피로도 및 복장상태를 확인하였다(Table 1).

Table 1. Age of subjects

Gender	Male	Female
Average(sd)	24.3(3.3)	24.5(3.1)

2.2. 실험실 환경

뇌파 측정 시 전위가 미세하기 때문에 여러 잡파들과 혼합되어 측정되기 쉽다. 이러한 점을 고려하여 전자기적 간섭을 최소화 하면서 실내 온도를 제어하기 위하여, 본 연구실에 설치된 5.5m × 3.5m 규격의 흡기와 배기를 동시에 할 수 있는 시설이 갖추어진 구리로 차폐된 챔버에서 수행되었다. 챔버내 온도는 28℃±1℃를 유지하였다.

2.3. 통풍시트 시스템

통풍시스템을 구현하기 위하여 공조시스템이 적용된 의자(Fig. 1)를 사용하였다. 해당 의자는 외부 공조시스템과 지름이 20cm인 플렉시블 호스로 연결되어 의자의 등받이와 좌석을 통하여 공기가 흐를 수 있도록 특수 제작하였으며 온도 조절은 외부 위치한 공조시스템에서 제어할 수 있다.



Fig. 1. Ventilation Seat applied air conditioning systems

2.4. 실험 설계

피험자의 복장은 흰색 반팔 면티와 긴 면바지를 착용하도록 하였으며 신발은 슬리퍼를 착용시켰다.

뇌파(Electroencephalogram, EEG)측정을 위하여 전극 부착 방법으로 국제적으로 많이 사용되는 10-20 전극 배치법을 적용하여 16 Channel(A1, Fp1, Fp2, Fz,

F3, F4, T3, T4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, O1, O2)에 대하여 sampling rate는 1000Hz로 측정하였다(Hur et al., 2016).

본 실험은 3단계로 이루어 졌으며 피험자 한 명당 Fig. 2의 과정을 온도의 변화에 따라 3번 반복하였다. 제시된 온도에 따라 생체신호의 변화를 보기 위해 다른 변수(운전영상, 피험자의 상태)로 인한 영향을 줄이고자 하였다. 먼저, 영상 시청 전에 피험자의 상태를 동일하게 하기 위해 안정기를 추가하였으며, 선행 작업의 영향이 후행 작업에 미치지 않도록 영상 시청 후 안정기를 가지도록 설계하였다. 영상의 경우 Gridspace Co.(Korea)사의 GDS-3000S모델의 주행시뮬레이터 주행영상을 녹화하여 제시하였다. 차량에 탑승한 상황을 제시하기 위해 모든 피험자에게 동일한 영상을 제시하여 영상으로 인한 효과를 배제하였다(Fig. 3). 또한, 온도 제시는 순서효과를 배제하기 위해 남녀 각각 Table 2와 같이 제시하였다.

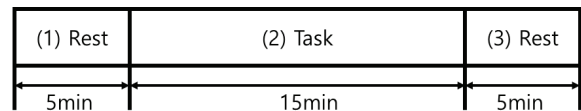


Fig. 2. Test Procedure

- (1) 본 실험 Rest : 생체신호를 위한 base 구간 측정 (5min)
- (2) 본 실험 Task : 운전 영상 시청 (15min)
- (3) 본 실험 Rest : 생체신호를 위한 base 구간 측정 (5min)

실험 온도 조건은 실내온도를 28±1℃를 유지하면서 개별 좌석 공조시스템 온도를 22℃, 25℃ 및 통제조건(28℃)으로 제시하였으며 시트의 온도가 각각 제시된 온도에 도달하였을 때 피험자에 대한 뇌파를 측정하였다. 제시된 3가지 수준의 온도는 인체가 현관조절로 체온을 유지할 수 있는 환경온도 범위로 설정하였다(Kang et al., 2001). 뇌파의 분석은 인간의 쾌적감성에 관계가 있다고 밝혀진 전두엽 4채널(Fp1, Fp2, F3, F4)을 활용하였다(Choi et al., 1998; Heller, 1997).



Fig. 3. Driving situation

Table 2. The order of temperature presentation

Subjects	Presentation order	1st	2nd	3rd
1		22℃	25℃	28℃
2		22℃	28℃	25℃
3		25℃	22℃	28℃
4		25℃	28℃	22℃
5		28℃	22℃	25℃
6		28℃	25℃	22℃
⋮		⋮		
22		25℃	28℃	22℃
23		28℃	22℃	25℃

2.5. 데이터 분석

뇌파는 주파수에 따라 델타파(0.5~3Hz), 세타파(4~7Hz), 알파파(8~13Hz), 베타파(14~30Hz) 및 감마파(30Hz)로 분류되고 각 주파수 대역에 따라 생리적 특성이 다르다. 따라서 본 연구에서는 측정된 뇌파 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transform)에 의해서 주파수 별로 분석하는 파워 스펙트럼 분석법을 이용하였다. 측정하는 온도 조건에 따라 쾌적감에 대한 정도를 명확하게 분석하기 위하여 알파파와 베타파 주파수 대역만을 이용하여 상대 파워 스펙트럼분석을 하였다 (Min et al., 1999; Kim et al., 2002). 이후 4개 채널의 평균을 산출하여 통계분석을 실시하였다.

$$\text{상대 알파 값(\%)} = \text{알파 POWER} / \text{베타 POWER}$$

통계분석 방법으로는 실험결과를 SPSS통계패키지를 활용하였다. 남녀의 쾌적감 비교를 위해 대응표본 t-test를 실시하였으며 온도에 따른 쾌적감을 비교하기 위해서는 반복측정분산분석을 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 온도에 따른 상대 알파 값 변화와 쾌적온도

본 실험에서 측정된 뇌파 데이터를 Fig. 2의 (2)번 영상 자극 시작 후 0min ~ 2min, 7min ~ 9min, 13min ~ 15min 구간별 데이터를 추출하였다. 이는 시간의 흐름에 따른 변화를 관찰하기 위함이다. 또한, 뇌파 측정 중 노이즈로 인한 부분을 제외하였다. 노이즈의 경우 실험 자극으로 인한 반응이 아닌 주변 환경에 의해 발생되어 분석 시 오차를 증가시키는 원인이 될 수 있기 때문이다(Kim et al., 2002).

Fig. 4는 전체 피험자에 대한 자극 시간 변화와 온도에 따라 알파베타비의 변화를 나타내고 있다. 22℃와 28℃에서는 자극시간에 따라 상대 알파 값이 감소하는 것으로 나타나고 25℃에서는 시간 변화에 따라 상대 알파 값이 증가하고 있다. Fig. 5는 남성 피험자에 대한 변화를 나타내고 있다. 남성 피험자의 경우 22℃, 25℃에서는 자극 시작 후 중간 부분에서 조금 감소하다가 자극 마지막 부분에서 증가하는 형태를 보이고 있으나 28℃에서는 자극시간에 따라서 상대 알파 값이 감소하는 것으로 나타났다.

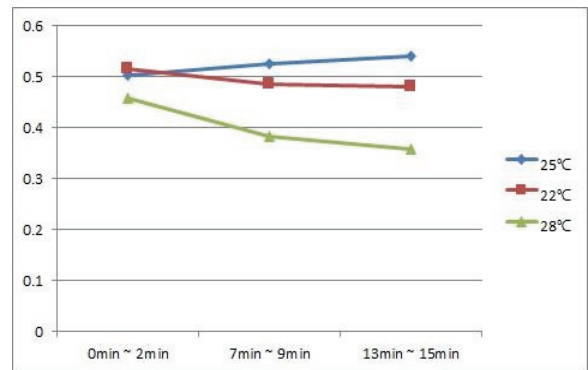


Fig. 4. α's relative power value

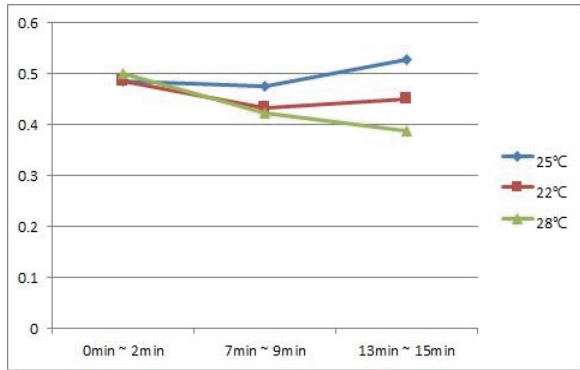


Fig. 5. α's relative power value for male

Fig. 6는 여성 피험자에 대한 상대 알파 값 변화를 나타내고 있다. 여성 피험자의 경우 남자 피험자에 비하여 22°C, 25°C에서 모두 상대 알파 값이 높은 것으로 나타났으나, 28°C에서는 남성 피험자에 비하여 급격하게 상대 알파 값이 낮아지고 있는 것으로 나타났다.

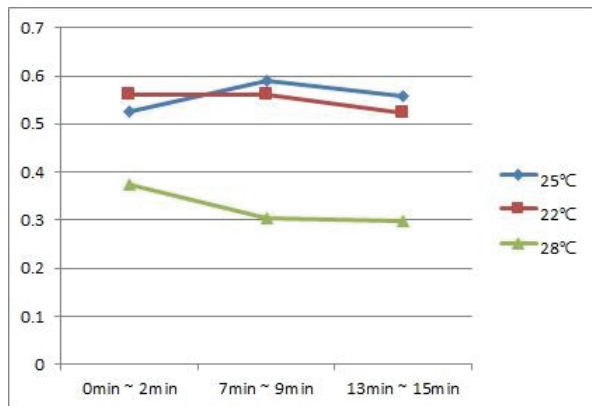


Fig. 6. α's relative power value for female

Table 3. The result of comparison of α's relative power value according to temperature of chair air conditioning systems

Temp.(°C)	Avg.	Std.	F(p)	Scheffe
Control(a)	0.358	0.190	4.502 (0.023*)	c>a
22°C(b)	0.479	0.118		
25°C(c)	0.528	0.113		

*p<0.05

온도에 따른 쾌적감에 대한 유의차를 확인하기 위하여 반복측정분산분석을 실시하였다. 분석결과 상대 알파 값의 유의확률은 0.023(p<0.05)를 나타냈으며(Table 3) 통풍시트 온도가 25°C일 때 상대 알파 값이 가장 높았다. 집단간의 유의차 확인을 위해 사후검정인

Scheffe 분석을 실시한 결과 25°C와 Control 상태에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Fig. 7).

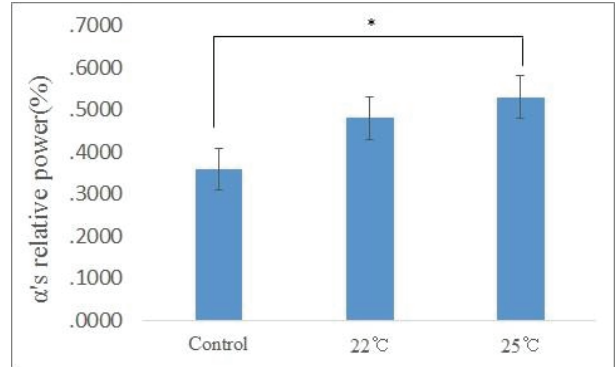


Fig. 7. Change in α's relative power value(%) according to temperature of chair air conditioning systems

3.2. 온도에 따른 남녀간 상대 알파 값 비교

온도에 따른 남성과 여성의 상대 알파 값의 유의차를 확인하기 위하여 각 온도조건에서 0min ~ 2min, 7min ~ 9min, 13min ~ 15min 구간별 남성, 여성의 상대 알파 값에 대하여 대응표본 T-검정을 실시하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. Table 4는 25°C에서 시간에 따른 남녀 쾌적감 변화를 나타내고 있다.

Table 4. The result of comparison of α's relative power value according to temperature between male and female at 25°C

	Subject	Avg.	T	P
0~2min	male	0.486	-0.692	0.511
	female	0.5246		
7~9min	male	0.475	-1.345	0.221
	female	0.590		
13~15min	male	0.529	-0.377	0.717
	female	0.556		

4. 결론 및 논의

자동차가 생활의 일부로 자리매김하면서, 자동차의 본원적인 성능뿐만 아니라 감성적인 특성에 대한 소비자의 니즈가 증가되고 있다. 글로벌 자동차 시장의 치열한 경쟁구도 속에서 자동차 메이커들은 변화하는 소

비자의 감성적 니즈에 적극적으로 대응하기 위하여 자동차의 감성적인 기능에 대한 연구개발에 관심이 높다. 특히 여름철 및 겨울철 자동차 실내 온열쾌적성이 소비자의 감성 만족도에 미치는 영향은 매우 크다. 여름철 장시간 운전시 자동차 착좌감은 땀으로 인하여 매우 불편할 수 밖에 없는데 통풍시트의 개발은 이러한 문제를 획기적으로 해결해준 발명품이다. 그러나 아직까지는 바람의 세기정도를 제어할 수 밖에 없는 한계가 있다. 실내 온도를 높게 유지하면서도 통풍시트의 바람은 차갑게 한다면 동승객의 열환경 특성과 별도로 운전자의 쾌적감을 개선할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 통풍시트의 온도에 따른 쾌적성 차이 및 남녀간 쾌적성 차이를 뇌파 측정을 통해서 알아보고자 하였다.

그 결과 첫째 통풍시트의 온도가 22°C, 25°C, 28°C에서 각각의 실험군을 비교한 결과 28°C보다 25°C에서 통계적으로 유의하게 쾌적감이 더 높게 나타났다. 이는 통풍시트가 운전자의 쾌적감에 영향을 미친다는 사실과 초여름 자동차 실내온도가 28°C일 경우, 에어컨을 사용하지 않고 통풍시트만을 활용해도 운전자의 쾌적성을 유지할 수 있다는 것을 의미한다.

자동차 시트 온열 쾌적감에 대한 연구는 열선시트를 활용한 연구가 주류를 이루고 있으며, Deng et al.(2016)은 실내온도가 18°C면서 열선시트가 가동되지 않는 조건과 실내온도가 16°C면서 열선시트가 가동되는 조건에서 피부온도 측정을 통해 온열쾌적감을 비교하였는데 열선시트를 작동할 경우 실내온도가 2°C가 더 낮아도 더 높은 온열쾌적감을 나타내었다고 하였다. 또한 Oi et al(2011)은 5°C ~ 20°C까지 5°C도씩 실내 온도를 변경하면서 시간에 따른 온열쾌적성에 대한 연구결과 초기 자동차 시동 워밍업 과정에서 열선시트가 효과적이며, 특히 온열쾌적성은 바닥쿠션보다는 등받이 부분의 영향을 더 받는다고 주장하였다.

통풍시트 온도에 따른 쾌적감에 대한 연구는 통풍시트의 토출구의 위치와 시트재질에 따른 효율성에 대하여 연구(Jung et al., 2009)와 같이 물리적 기능성 특성에 초점이 맞추어져서 실행되었다. 이는 기존의 자동차 실내환경에 대한 연구들이 운전자의 생리적 특성 및 감성적 요소를 고려하지 않고 기계적 수치해석 위주로

이루어졌기 때문이다(Pokorny et al., 2014; Marcos et al., 2014; Hong et al., 2006).

둘째 통풍시트 온도 변화에 따른 남녀간 쾌적감에 대한 실험결과 남성과 여성이 온도에 따라 느끼는 쾌적감은 통계적으로 유의한 차가 없는 것으로 나타났다.

이러한 사실은, Lan et al.(2008)은 남녀간의 온열 쾌적감 연구에서 여성이 남성보다 온도에는 더 민감하고 습도는 덜 민감하다고 했으며, 남자보다 약간 따뜻한 상태를 선호한다고 하였다. Shim and Jeong(2013)은 체성분 구성에 따른 대학생의 여름철 실내 쾌적온도 연구에서 여름철 실내 환경조건에서의 온열 생리적 반응을 조사하여 여름철 실내 쾌적온도를 제시하였다. 남자는 24.9°C, 여자는 25.7°C로서 남자보다 여자가 더 높은 온도를 선호한다고 주장하였다. 이는 남녀의 체성분 구성의 차와 연관이 있다는 선행연구와는 반대되는 경향으로, 통풍시트의 온도와 같은 신체의 국부적인 부분에 한정적인 영향을 미치는 경우 남녀간 온열쾌적감에 대한 연구는 향후 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

자동차 온열쾌적성에 대한 연구는 운전자에게 쾌적한 서비스를 제공하기 위한 목적도 중요하지만, 운전자의 스트레스 및 피로와 같이 교통사고를 유발하는 휴먼팩터의 영향을 낮추어 사고를 예방할 수 있는 해법을 제시할 뿐만 아니라 향후 전기자동차 보급에 따른 차량의 전기에너지를 동력쪽에 보다 효과적으로 활용하기 위하여 냉난방용 전기에너지의 사용량을 최소화하기 위한 지표로 활용될 수 있기 때문에 매우 중요한 연구이다(Velt and Daanen, 2017). 따라서 향후 자동차의 실내온도와 통풍시트의 온도 변화에 따른 운전자의 쾌적감 변화를 파악하여 상관관계를 분석한다면, 운전자의 쾌적성을 확보하여 휴먼에어로 인한 교통사고를 낮출수 있을 뿐만 아니라 자동차의 전기에너지의 사용량을 줄일 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Choi, J. M., Whang, M. C., Bae, B. H., Yu, E. K., Oh, S. H., Kim, S. Y., & Kim, C. J. (1998). Quantification of Positive and Negative Emotions by Single-Channel Brain Wave. *Science of Emotion &*

- Sensibility*, 1(1), 59-67.
- Croitoru, C., Nastase, I., Bode, F., Meslem, A., & Dogeanu, A. (2015). Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 304-318.
- Danca, P., Vartires, A., & Dogeanu, A. (2016). An overview of current methods for thermal comfort assessment in vehicle cabin. *Energy Procedia*, 85, 162-169.
- Deng, Q., Wang, R., Li, Y., Miao, Y., & Zhao, J. (2017). Human thermal sensation and comfort in a non-uniform environment with personalized heating. *Science of the Total Environment*, 578, 242-248.
- Heller, W., Nitschke, J. B., Etienne, M. A., & Miller, G. A. (1997). Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(3), 376-385.
- Hong, S. H., Kim, M. Y., & Kim, M. H. (2006). Thermal environment analysis and thermal comfort assessment in Automobile.(자동차 실내의 열환경 해석 및 열적 쾌적성 평가). *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 35(10), 34-45.
- Hur, M. R., & Lee, A. R. (2016). Study on the relationship between EEG of brain laterality and personality traits. *Science of Emotion & Sensibility*, 19(1), 83-94.
- Jung, J. H., Kim, S. C., Won, J. P., Noh, S. H., & Cho, Y. S. (2009). A experimental study on the performance of climate control seats using the discharge port of the shape of nozzle. *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 17(3), 110-116.
- Kang, C. S., Kum, J. S., Im, J. J., Jo, K. S., Choi, K. H., Kim, D. K., Kim, K. C., Lee, G. S., & Kim, H. C. (2001). A study on the thermal comfort sensation in the variation of temperature and air-velocity in packaged air conditioner. In *Proceeding of the Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea*, 2001, 914-918.
- Kim, E. S., & Shin, D. S. (2002). Nonlinear and independent component analysis of EEG with artifacts. *Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 12(5), 442-450.
- Kim, H. H., & Kim, D. J. (2002). A study on the comfort-ability evaluation using 4-channel EEGs. In *Proceeding of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 2002, 7-10.
- Lan, L., Lian, Z., & Liu, W. (2008). Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 471-480.
- Lee, D. D., Baek, U. E., Lim, J. O., Heo, J. S., Choi, N. J., Seo, J. Y... & Hwang, T. J. (1999). Drivers' emotional change according to environmental change in the automobile. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 18(2), 25-34.
- Marcos, D., Pino, F. J., Bordons, C., & Guerra, J. J. (2014). The development and validation of a thermal model for the cabin of a vehicle. *Applied Thermal Engineering*, 66(1), 646-656.
- Min, B. C., Chung, S. C., Kim, S. G., Oh, J. Y., Kim, H. J., Kim, S. J., Kim, Y. N., Shin, J. S., Min, B. W., Kim, C. J., & Park, S. J. (1999). The assessment of odors using EEG and autonomic responses. *Science of Emotion & Sensibility*, 2(2), 1-10.
- Oi, H., Tabata, K., Naka, Y., Takeda, A., & Tochihara, Y. (2012). Effects of heated seats in vehicles on thermal comfort during the initial warm-up period. *Applied Ergonomics*, 43(2), 360-367.
- Pokorny, J., Fiser, J., & Jicha, M. (2014). Virtual testing stand for evaluation of car cabin indoor environment. *Advances in Engineering Software*, 76, 48-55.
- Sassa, N., Kubo, H., Isoda, N., & Yanase, T. (2000). Experimental study on individual variation of preferred air temperature in summer. *Journal of Architecture Planning and Environmental Engineering*, 65(531), 31-35. DOI: 10.3130/aija.65.31_3
- Shim, H. S., & Jeong, W. S. (2011). Preferred indoor temperature of college students in summer by body composition. *The Korean Journal of Community Living Science*, 22(1), 155-161.

DOI: 10.7856/kjcls.2011.22.1.155

Simion, M., Socaciu, L., & Unguresan, P. (2016). Factors which influence the thermal comfort inside of vehicles. *Energy Procedia*, 85, 472-480.

DOI: 10.1016/j.egypro.2015.12.229

Velt, K. B., & Daanen, H. A. M. (2017). Optimal bus temperature for thermal comfort during a cool day. *Applied Ergonomics*, 62, 72-76.

Yang, W, Y. (2017). Effects of noise on indoor thermal sensation and comfort. *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 17(1), 83-89.

원고접수: 2020.04.22

수정접수: 1차 2020.06.05

2차 2020.06.17

게재확정: 2020.06.22