

계절의 변화에 따른 온열감에 대응하는 손목피부온의 변화 -웨어러블 디바이스기반 개인 맞춤형 냉난방 제어를 위한 기초 연구

김지우* 전정윤*
*연세대학교 실내건축학과

The seasonal change of wrist skin temperature according to thermal sensation - Basic study for Personal Comfort System using wearable device

Kim, Ji-Woo* Chun, Chung-Yoon*

*Department of Interior Architecture & Built Environment, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract

The purpose of this study is to clarify the seasonal change of wrist skin temperature as a basic study on thermal comfort, and to examine the applicability of wrist skin temperature in the field of personal comfort system. In a recent study on thermal comfort prediction to comfortably support individual occupants, skin temperature is considered as one of important factors. However, research on seasonal changes in skin temperature is insufficient. In this study, wrist skin temperature significantly rises in the month when the average outdoor temperature rises, and seems to be also affected by sweating.

주요어 : 피부온, 피부전도도, 생리 신호, 온열 쾌적, 웨어러블 디바이스, 외기온

Keywords : Skin temperature, Physiological signal, Thermal comfort, Wearable Device, Outdoor temperature

1. 서론

온열쾌적한 환경을 제공하는 것은 재실자의 만족감 뿐만 아니라 에너지 측면에서도 중요하다. 따라서 재실자를 쾌적하게 지원하기 위한 연구가 다수 진행되었다. Personal Comfort System(PCS) 모델은 기존 PMV나 적응 모델과 같이 대규모 모집단의 평균 열적 쾌적성 예측을 기반으로 계산된 최적 온도를 제공하는 것이 아닌 개인 맞춤형 공조 시스템을 목표로 한다. 최근 PCS관련 연구에서는 재실자의 생리 신호를 이용하려는 연구들이 활발히 이루어지고 있으며 이중 피부온은 개인의 온열쾌적 상태의 변화에 따른 재실자의 신체적 변화를 생리학적인 반응으로 반영할 수 있다. 피부온과 심박을 중심으로 개인의 열적 편안함 수준을 예측가능할 것이라는 연구가 다수 발표되었다. 또한 웨어러블 디바이스의 발달로 생리신호를 실시간으로 수집할 수 있게 되며 현장 연구가 보다 용이해졌다. 최근 생리신호를 기반으로 한 온열 쾌적 예측 연구에서는 손목피부온이 중요한 인자로 고려된

다. 따라서 본 연구는 계절에 따른 손목 피부온의 변화를 관찰하여 관계성을 밝히고 추후 웨어러블 디바이스를 이용한 개인 공조에서 온열 쾌적 예측 인자로서 피부온의 활용가능성을 알아보기 위한 기초 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1 데이터 수집

본 실험은 2022년 3월, 5월, 7월에 진행되었다. 피험자는 실험당 8명~10명으로 웨어러블 디바이스를 통해 24시간 동안의 생리신호를 수집하고 15분 간격으로 7점 척도의 온열 주관 응답을 요청하였다. 이를 통해 총 1949개의 데이터 세트가 수집되었다.

본 연구에서 사용된 E4 wristband (Empatica Inc. USA)에는 적외선 thermopile 센서, PPG 센서, 3축 가

Corresponding Author

성명 : 전정윤, 연세대학교 정교수
전화 : +82-2-2123-3138
E-mail : chun@yonsei.ac.kr

속도계, EDA 센서가 내장되어 있어 피부온, 심박, 3축 가속도 데이터, 피부전도도 등을 파악할 수 있다.

2.2 데이터 분석 및 전처리

웨어러블 디바이스의 데이터는 피부온, 피부전도도에 대해 이상치를 제외하고 정리하였으며 주관응답은 응답 수가 10개 미만이었다는 “매우 덥다”, “매우 춥다”의 항목에 대한 응답을 제외하고 분석에 사용하였다. 통계검증에는 SPSS 26을 사용하였다.

3. 결과

3.1 온열감(Thermal Sensation Vote)과 손목 피부온

그림 1은 월별 피험자의 온열감 응답(TSV)과 손목 피부온 사이의 관계를 회귀선을 이용해 나타낸 그래프이다. 3월과 7월간에 같은 온열감에 대응하는 피부온의 값이 약 1°C 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

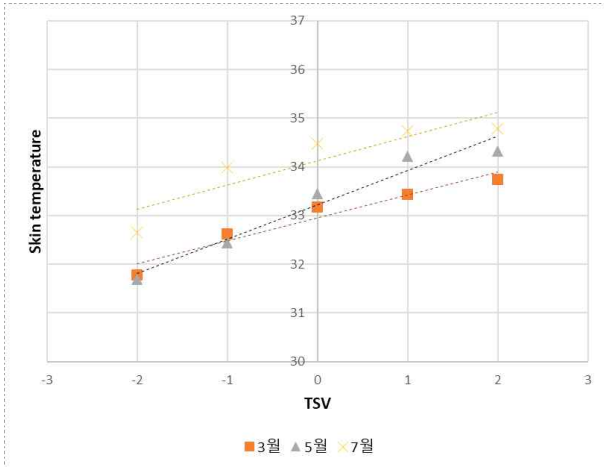


Fig. 1. Relationship between thermal sensation vote and skin temperature.

중간기인 5월의 경우는 추운쪽의 온열감의 경우는 3월과 비슷한 피부온을, 더운쪽의 온열감의 경우는 3월과 7월 사이의 온도를 나타냈다.

3.2 발한과 피부온, 피부전도도(Electrodermal activity)

응답수 10개 미만으로 상기의 분석에는 사용되지 않았으나, 7월 실험에서 온열감의 증가에 따라 피부온의 증가가 나타나다가 +3(매우덥다)의 온열감에서 피부온이 하락하는 현상이 나타났다. (Fig.2) 이러한 현상의 원인을 살펴보기 위하여 7월의 피험자의 온열감 응답에 대한 피부전도도(EDA)의 관계를 Fig. 3에 나타내었다. 피험자들이 “매우 덥다”에 응답했을 때 EDA가 급격하게 증가한 것을 볼 수 있다. EDA는 SCR(skin conductance response)로도 불리우는 생리적 지표로 피부표면에 수분이 있을 때에 증가하는 경향이 있다. 따라서 땀이 증발하며 피부온이 하락한 것으로 해석할 수 있다.

4. 결론

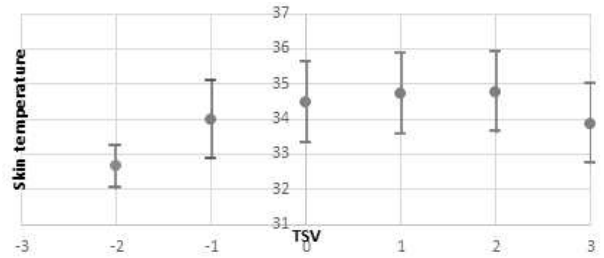


Fig. 2. Thermal sensation and skin temperature in July

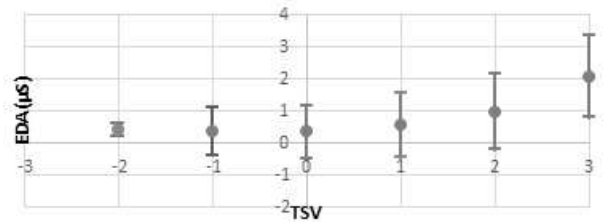


Fig. 3. Thermal sensation and electrodermal activity in July.

본 연구는 미래에 웨어러블 디바이스를 이용한 개인 공조에서 온열 쾌적 예측 인자로서 손목 피부온의 활용가능성을 알아보기 위하여 계절의 변화에 따른 온열감에 대응하는 손목 피부온의 변화를 살펴보았다. 계절이 초봄에서 여름으로 바뀌면서 각 온열감에 대응하는 손목피부온은 1°C 이상 상승하였다. 그러나 여름철에 발한량이 증가하면서 피부온이 하락하는 현상이 나타나, 피부전도도와 피부온을 함께 고려하여 온열감을 예측하는 방법이 바람직하다.

후기

이 논문은 2022년도 중견연구지원사업과 BK21사업의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임

참고 문헌

- Zhang, H., Arens, E., Huizenga, C., & Han, T. (2010). Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments, part III: Whole-body sensation and comfort. *Building and Environment*, 45(2), 399-410.
- Liu, S., Schiavon, S., Das, H. P., Jin, M., & Spanos, C. J. (2019). Personal thermal comfort models with wearable sensors. *Building and Environment*, 162, 106281.
- Wang, H., & Hu, S. (2016). Experimental study on thermal sensation of people in moderate activities. *Building and Environment*, 100, 127-134.