

냉방시 온도 및 기류에 따른 심리 및 생리반응에 관한 연구

이재권 · 김동규* · 김종수†
우석대학교(교수) · *†부경대학교(교수)

Research on Psychological and Physiological Reaction Evaluation According to Temperature and Airflow of Air Conditioning

Jae-Kyun LEE · Dong-Gyu KIM* · Jong-Soo KUM†
Woosuk University(professor) · *†Pukyong National University(professor)

Abstract

The air conditioning generally increases the efficiency of worked and offers a pleasant environment but it causes side-effects. These side-effects or pains appear from the air conditioning is due to lowering body temperature as the temperature and flow drop too low. When the body temperature drops too low, it causes vasoconstriction and congestion of blood flow which will lead to the partial or entire body feeling cold or even causes the pain. Hence the following study evaluates and analyzing how temperature and airflow affecting on a comfortable temperature in the summertime. The research results are as follows. (1) In the case of subjective psychological reaction, it was found that over time, the high-temperature region showed an effect of improving the sense of comfort due to the presence of air current, and it was found to worsen in the low-temperature region. (2) In order to increase the maintenance time of comfortable average skin temperature, it was found that a low airflow speed is more advantageous than a strong airflow speed. (3) When using an air conditioner, the increase in airflow speed affects the activation of the sympathetic nerves of the human body and changes into a physiologically tense state.

Key words : Thermal Sensation Vote, Comfort Sensation Vote, Mean Skin Temperature, ECG, LF/HF

I. 서론

인체는 자연적으로 외부온도의 변화에 따라 적절히 체온을 유지할 수 있게 되어 있다. 여름철의 경우 외기의 온도가 26℃이상으로 상승하게 되면 인체의 피부온도가 상승하여 전도, 대류, 복사 등을 통해 열을 발산하여 체온을 조절하게 되며, 30℃ 이상이면 발한(發汗)현상이 나타나 증발을 통해 체온조절을 하게 된다. 반대로 외부의 온도가 내려가게 되면 인체는 체온을 유지하기

위해 떨림, 혈관수축 등의 방법을 통해 신체 외부로의 열 발산을 방지하게 된다(Chung, 2003, Kim, 1998). 여름철 무덥고 습한 환경속에서 인간은 보다 나은 쾌적한 환경과 생활을 위하여 냉방을 요구하게 되었으며 이에 따라 인공적인 냉방방법이 보급되기 시작하여 가정으로부터 건물 전체까지 냉방할 수 있는 냉방기가 보급되었다. 냉방은 여름철 작업능률을 증진시켜주고 쾌적한 환경을 제공하여 주지만 여러 가지 신체적으로 부작용을 초래하기도 한다(Kim et al., 2011). 인

† Corresponding author: 051-629-6178, jskum@pknu.ac.kr

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2019년)에 의해 연구되었으며, 제1저자 이재권과 산학협력 공동연구 내용을 일부 수정·보완하였음

공적인 냉방으로 인한 고통이나 부작용은 실내 설정온도의 낮음과 저온기류에 의하여 신체가 지나치게 냉각됨으로써 나타난다. 신체가 과도하게 냉각되면 혈관수축 및 혈류저해로 인하여 전신이나 손과 발의 냉각 및 통증이 발생하게 된다(Kim et al., 2006).

따라서 본 연구에서는 여름철 냉방시 실내설정 온도 및 취출 기류속도가 온열쾌적감에 미치는 영향에 대한 체감실험을 수행하고 결과를 분석하여 설정온도 및 취출 기류속도 차이가 인체의 심리 및 생리반응에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 에어컨 제어 알고리즘 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 측정요소 및 측정장비

인공 환경실험실 환경요소로서 온도 및 기류의 균일성을 파악하기 위해 온도는 바닥으로부터 0.1m, 0.6m, 1.1m의 높이에서 C-C열전대를 사용하여 측정하였으며, 기류속도는 피험자 정면 0.3m지점에서 열선 풍속계를 사용하여 측정하였다. 인체측 측정요소로서 피험자의 피부온도는 인체용 C-C열전대를 의료용 통기 테이프(Beisesdorf AG)를 이용하여 피부표면에 부착하였

으며, 이마, 상박, 손등, 복부, 대퇴부, 하퇴부, 발 등에서 측정하여 평균피부온도를 산출하였다.

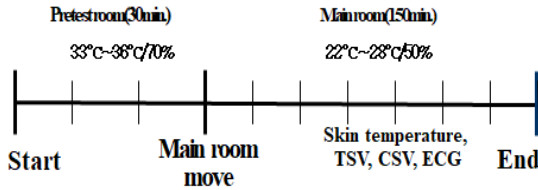
생리신호 분석을 위하여 심전도(ECG)를 측정하였고, 심전도는 512Hz의 샘플링 주파수로 하여 국제 표준인 6분간 매 10분 단위로 측정하였다, 심전도 측정을 위한 전극위치는 착의 및 착석한 상태이므로 팔목, 발목에만 전극을 부착하는 표준사지유도를 사용하였다(Kim et al., 2007). 실험에서 측정된 모든 데이터는 데이터 기록계를 통해 PC로 저장되는 시스템을 구성하여 저장하였다. 실험 중 피험자의 심리상태를 파악하기 위하여 본실험 입실 후 매 10분 간격으로 쾌적감(CSV)과 온냉감(TSV) 신호를 받아 분석하였다. <Table 1, 2>에 측정요소별 측정장비와 측정위치, 심리반응 척도를 나타냈다.

<Table 2> TSV and CSV Scales

	TSV	CSV
-3	cold	very discomfortable
-2	cool	discomfortable
-1	slightly cool	slightly discomfortable
0	neutral	neutral
1	slightly warm	slightly comfortable
2	warm	comfortable
3	hot	very comfortable

<Table 1> Measurement Factor and Measurement Position

	Measurement Factor	Measurement Position	Measurement Equipment
Human body	Psychological signal(ECG)	Wrist, Ankle	LAXTHA QECG-3
	Skin temperature	Forehead, Forearm, Back of the hand, Abdomen, Upper things, Lower things, Foot	Thermocouple (T-type)
Environment	Indoor temperature Measurement	Upside human's head (0.3m)	Thermocouple (T-type)
	Indoor temperature record	From floor 0.1m, 0.6m, 1.1m	YOKOGAWA MV200
	Air velocity	Upside human's head (0.3m)	TSI 6511



[Fig 1] Experiment sequence and items.

2. 실험순서

[Fig. 1]은 실험순서와 측정 데이터 종류를 나타낸 것이다. 실험환경은 여름철 무더운 외부기상환경의 영향을 반영하기 위하여 전실은 건구온도 33°C~36°C, 상대습도 60%~70%로 유지하였고 실험에 앞서 1시간 정도의 예비운전을 하여 전실을 균일한 상태로 조성한 후 실험을 수행하였다. 본실은 28°C, 26°C, 24°C, 22°C의 설정조건으로 운전하였으며, 기류속도와 방향은 실제의 에어컨 운전상황과 동일하도록 패키지 에어컨을 사용하여 기류속도와 방향을 조절하였다. 기류속도는 강풍(1.03m/s)과 약풍(0.75m/s)으로 제어하였으며, 기류 방향은 피험자가 의자에 착석 시 정면풍이 되도록 조절하였다. 환경실험실의 온습도 조건은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Experiment setting conditions

Item	Temp.[°C]	RH[%]	Air Velocity[m/s]
Pretest Room	34.5±1.5°C	60±10%	-
Main Room	22±0.5°C	50±5%	0.75/1.03
	24±0.5°C		
	26±0.5°C		
	28±0.5°C		

3. 실험방법

실험 설정조건에 부합되는 온습도 및 기류를 조성하여 체감실험을 수행하기 위해서 향온향습

실을 사용하였고, 향온향습시스템의 성능을 <Table 4>에 나타내었다. 향온향습실의 전실과 본실은 실별로 개별제어가 가능하게 설계되어 있어 전실은 여름철 외기조건으로 설정하였으며, 본실은 냉방시 설정온도를 유지하도록 제어하면서 실험을 수행하였다. 실험 참가자는 건강한 청년층(대학생) 4명을 피험자로 실험 전 체온, 혈압, 맥박을 측정하여 건강상태를 확인한 후 실험을 실시하였다. 피험자의 착의 상태에 따른 착의량은 중량법으로 산출한 결과 0.35clo로 계산되었다. 참가한 피험자 모두에게 실험에 대한 개요를 설명하고 실험에 대한 동의를 받고 난 후 실험을 수행하였다.

<Table 4> Environmental chamber specification

Item	Specification
Air temperature	5°C~ 45°C(DB)
Relative humidity	20% ~ 95%
Cooling capacity	9.41 kW
Heating capacity	13.9 kW
Humidifying capacity	8 ℓ/h
Dehumidifying capacity	1.8 ℓ/h

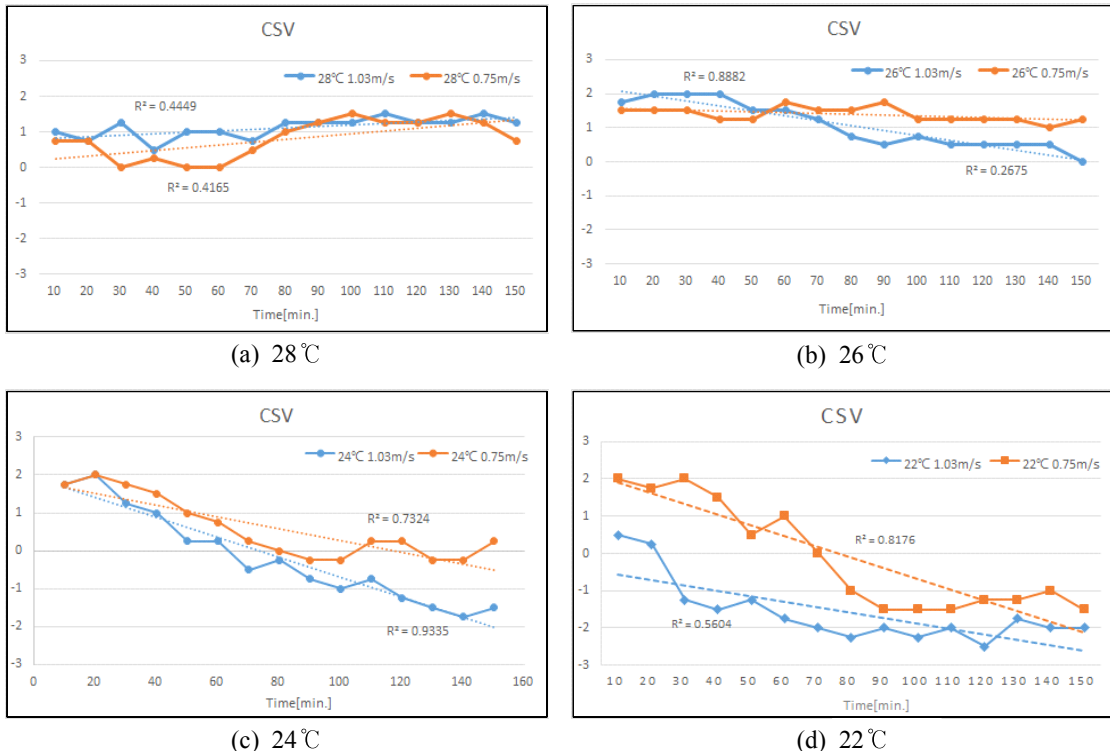
Ⅲ. 연구 결과

1. 주관심리반응

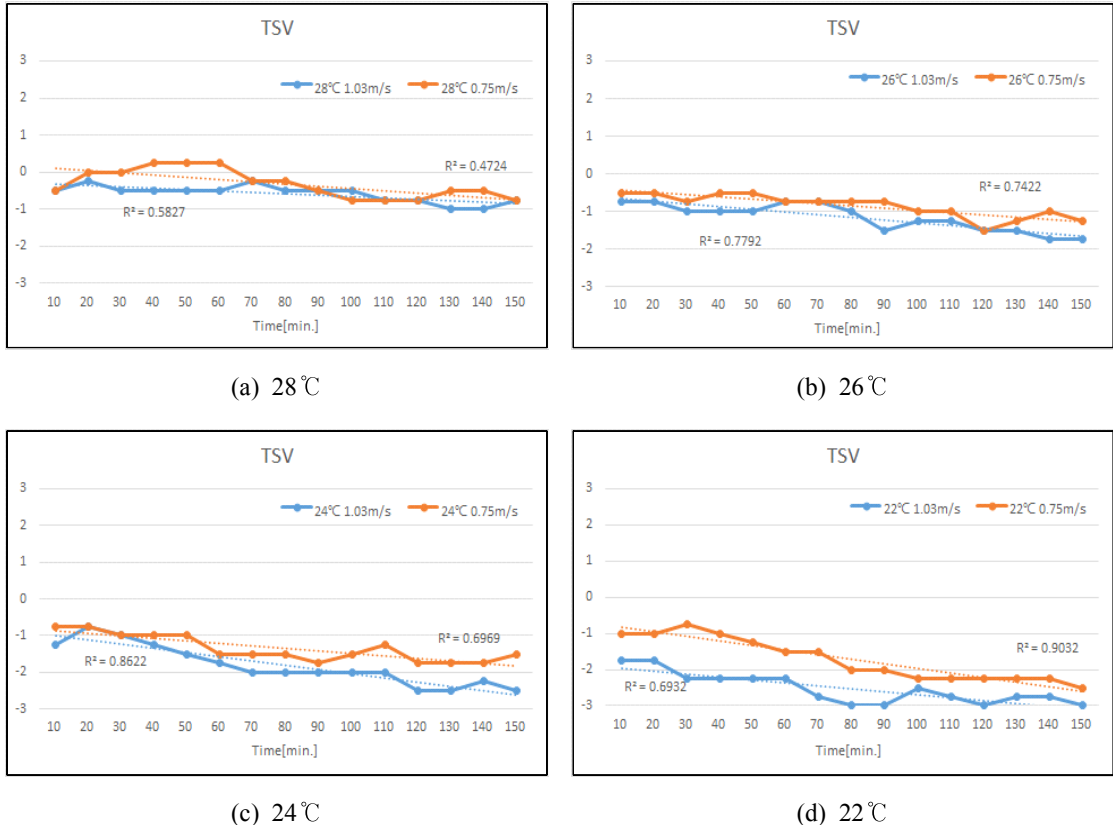
설정 온도별 기류속도 조건에 따른 쾌적감(CSV)과 온냉감(TSV)의 경시변화와 회귀식을 [Fig. 2, 3]에 나타냈다. 설정온도가 26°C보다 낮은 경우에는 입실 초기 온도와 기류속도 강약 조건에 따라 ‘쾌적하다’ 또는 ‘중립’의 응답에서 시간 경과에 따라 ‘불쾌하다’로 변화하는 것으로 나타났다. 특히 22°C조건과 24°C(1.03m/s)조건은 기류에 의해 쾌적감의 변화폭(‘쾌적’에서 ‘불쾌’)이 크게 나타났으며, 28°C조건은 쾌적감 신고값이 상승 및 유지함으로써, 입실 초기의 ‘약간 쾌적하다’의 신고값을 전반적으로 유지하는 경향을 나

타났다. 또한 약 1시간 경과 후에는 기류속도 0.75m/s와 1.03m/s의 쾌적감 신고값이 거의 일치하는 경향을 보였다. 26℃조건은 입실초기 ‘쾌적하다’에서 ‘중립’쪽으로 변화하는 경향을 나타냈고, 기류속도 1.03m/s쪽이 0.75m/s보다 하강폭이 크게 나타났다. 실험설정조건에서 고온영역인 28℃조건은 기류 속도에 관계없이 시간경과에 따라 쾌적감은 회귀식에서 양의 기울기로서 증가하는 경향을 보였지만, 22℃, 24℃, 26℃조건은 음의 기울기로서 시간경과에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 다만, 26℃, 0.75m/s조건은 상대적으로 음의 기울기가 완만하여 쾌적감은 중립이상으로 유지되고 있는 경향을 나타냈다. 본 연구에서 실험 설정 온도 및 기류속도 조건이 시간경과에 따라 쾌적감에 미치는 영향은 24℃ 이하에서는 기류속도 세기와 관계없이 기류의 존재가 쾌적감을 악화시키는 것으로 나타났고, 28℃에서는 기

류의 존재가 쾌적감을 증대시키는 것으로 나타났다. 온냉감(TSV)의 변화는 일정한 기류 속도에서 온도 설정이 낮을수록, 체재 시간이 경과할수록 온냉감은 낮아지는 것으로 나타났다. 또한 설정 온도가 낮을수록 온냉감은 급격하게 ‘춥다’라는 신고가 많아지는 것으로 나타났다. 28℃조건에서 기류속도 차이에 의한 온냉감의 변화는 0.75m/s와 1.03m/s에서 큰 차이가 없었고, 전반적으로 ‘약간 서늘하다’에서 ‘중립’사이로 나타났다. 26℃ 조건은 기류속도에 따라 차이가 보였고, 0.75m/s는 ‘중립’에서 ‘약간 서늘하다’의 범위였지만, 1.03m/s조건은 ‘약간 서늘하다’에서 ‘서늘하다’로 변화하는 경향을 나타냈다. 24℃, 22℃ 조건은 기류속도에 관계없이 쾌적범위를 벗어났고, 기류속도가 빠른쪽이 쾌적범위를 더 많이 벗어남을 알 수 있다. 온냉감 경시변화에 대한 회귀식의 기울기는 쾌적감 경시변화 회귀식과 달리 모든 온도



[Fig. 2] Variation of CSV.



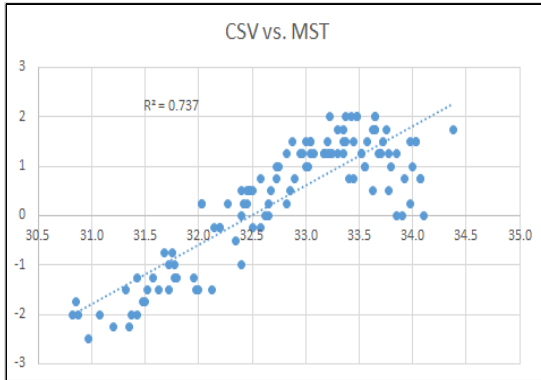
[Fig. 3] Variation of TSV.

설정조건에서 음의 기울기를 나타내어 전체적으로 시간의 경과와 더불어 온냉감은 하락하는 것으로 나타났고, 기류속도에 따른 차이가 나타났다

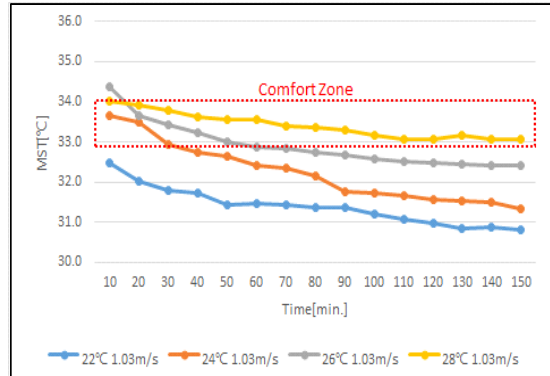
본 연구에서 제시된 온도 및 기류속도 범위에서 주관심리반응인 쾌적감과 온냉감은 고온조건인 28°C에서는 기류속도의 차이보다 존재로 인하여 쾌적감을 증진시키는 효과를 가져오는 것으로 판단되지만, 22°C 및 24°C조건과 같이 상대적으로 저온영역에서 기류의 존재는 반대로 온냉감 및 쾌적감을 악화시키는 경향을 나타냈다. 반면에 26°C조건은 기류속도가 약한 경우에는 쾌적감을 증진시키지만, 강한 경우에는 쾌적감을 악화시키는 것으로 나타났다.

2. 평균피부온도

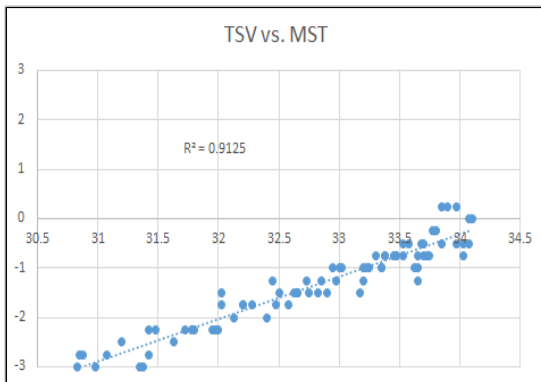
평균피부온도(MST)와 주관심리반응과의 상관관계를 [Fig.4, 5]에 나타냈다. 중립기준의 평균피부온도는 쾌적감과 온냉감 사이에 약 1.9°C의 차이가 있어, 온냉감 측면에서는 고온, 쾌적감 측면에서는 저온의 평균피부온도를 유지하는 것이 중립감을 유지하는 것으로 나타났다. 쾌적감의 경우 평균피부온도 약 33.5°C를 기준으로 ‘불쾌하다’에서 선형적으로 증가하여 ‘쾌적하다’라고 신고하였지만, 33.5°C를 초과하는 경우 ‘중립’으로 쾌적감이 떨어지는 경향을 나타냈다. 반면에 온냉감은 쾌적감과 달리 평균피부온도와 선형적인 관계를 나타내어 신고값이 평균피부온도와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.



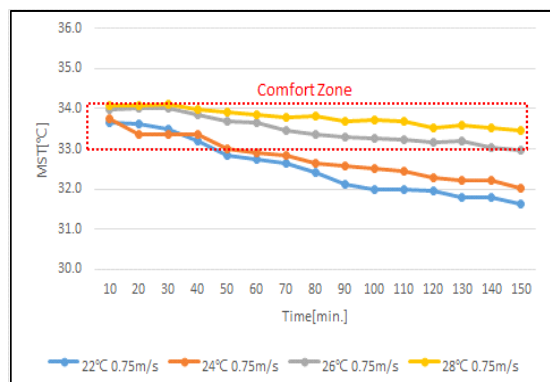
[Fig. 4] Correlation of CSV and MST



(a) Air velocity 1.03m/s



[Fig. 5] Correlation of TSV and MST.



(b) Air velocity 0.75m/s

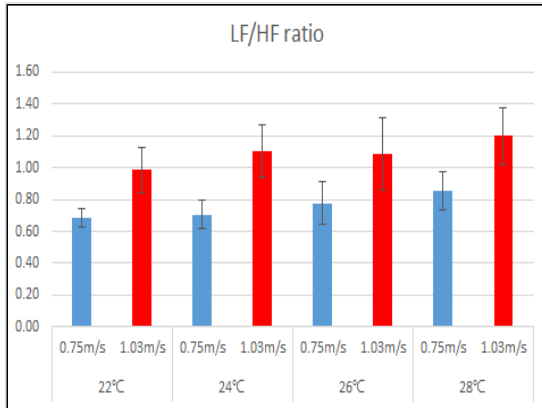
[Fig. 6] Variation of MST according to air velocity.

[Fig. 6]은 기류속도 차이에 따른 쾌적평균피부 온도 범위를 비교한 결과 기류속도 1.03m/s 조건인 28°C는 실험시간 150분 모두 쾌적범위에 있었지만, 26°C는 약 50분, 24°C는 약 30분 정도만 쾌적범위에 있는 것으로 나타났다(Kim, 1998). 반면에 기류속도 0.75m/s에서는 26°C, 28°C는 150분, 24°C는 약 70분, 22°C는 약 50분 정도로 나타났다. 따라서 에어컨을 사용해서 냉방을 하는 경우 쾌적평균피부온도를 유지하기 위해서는 강한 기류속도보다 저속의 기류속도가 유리하고, 고온영역보다 저온영역에서 지속시간의 차이가 크게 나타났다(Kim et al., 2006).

3. 생리반응

[Fig. 7]은 LF/HF비율로 통계적 유의차가 있었다. 산출된 LF/HF값은 모두 임상적으로 자율신경계의 균형상태라고 할 수 있는 0.5-2.0 범위로 나타났다지만, 동일한 온도대에서 기류속도가 증가함에 따라 LF/HF값은 증가하였다(Kim and Kang., 2017). 이는 신체의 교감신경계의 활성이 기류속도 증가(0.75→1.03m/s)에 의해 영향을 받아 증가된 것으로 판단된다. 즉 교감신경계 활성화의 의미는 심장박동이 빨라지고 긴장상태가 되는 것으로, 교감신경이 과도하게 활성화되면 불안, 주의산만, 두근거림, 격노 등의 증상이 나타난다(Lee et al., 2006). 따라서 본 연구결과에서 나타난 변

화 양상에서 기류속도의 증가가 인체의 교감신경 활성화에 영향을 주어 생리적으로 긴장상태로 변화시킨다고 판단할 수 있지만, 각 온도대별 변화폭에 따라 어느 정도 영향을 미치는 지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.



[Fig. 7] LF/HF ratio according to set temperature and air velocity.

IV. 결론

(1) 주관심리반응인 쾌적감과 온냉감은 시간 경과에 따라 고온영역인 28°C에서는 기류속도의 차이보다 존재로 인하여 쾌적감을 증진시키는 효과를 나타냈지만, 22°C 및 24°C 조건과 같은 저온영역에서 기류의 존재는 온냉감 및 쾌적감을 악화시키는 것으로 나타났다.

(2) 평균피부온도와 주관심리반응의 관계에서 쾌적감은 평균피부온도 약 33.5°C를 초과하는 경우 ‘쾌적하다’에서 ‘중립’으로 쾌적감이 떨어지는 경향을 나타냈다. 반면에 온냉감은 쾌적감과 달리 평균피부온도와 선형적인 관계를 나타내어 신고값이 평균피부온도와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

(3) 기류속도 차이에 따른 쾌적평균피부온도 유지시간을 비교한 결과 일반적으로 사용하는 에어컨 온도영역인 26°C 이하에서 유지시간의 차이가 크게 나타나므로, 쾌적평균피부온도 유지시간

을 확대하기 위해서는 강한 기류속도보다 저속의 기류속도가 유리함을 알 수 있다.

(4) 생리신호 분석결과 인위적인 냉방환경에서 기류속도의 증가가 인체의 교감신경 활성화에 영향을 주어 생리적으로 긴장상태로 변화시키는 것으로 나타났고, 각 온도대별 변화폭에 따라 어느 정도 영향을 미치는 지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

References

Chung MH(2003), Clothing and Health - Focused on the Body Thermo-physiological, J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys. 10(4), 222~228.

Kim DG, Park JI and Kim SH(2007). The Analysis for Thermal Comfort Evaluation during long time operating Air Conditioner. KIEAE Journal, 7(5), 59~64.

Kim DG(1998). Studies on thermal comfort evaluation and corrections of comfort indices for Koreans. Ph.D, thesis. Pukyong National University.

Kim HC, Kum JS, Kim DG and Chung YH(2006), Research on Thermal Comfort by Increasing Air Conditioner Temperature. The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education 18(2), 77~84.

Kim HC, Kum JS, Shin BH and Chung YH(2006). Research in Physiology Signal Change of Thermal-Comfort Evaluation by Air Conditioner Temperature Change. The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education 18(1), 11~18.

Kim DG, Ha BY, Kum JS and Chung YH(2011). Basic Study on Creating Ecological Residence Space - A thermal environment study of the aged. The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education 23(2), 153~161.

Kim H.C(2006). A Study on Variable Conditions of Air-velocity and Temperature for Acquiring the Thermal-Comfort in the Air Conditioning System. Ph.D. Pukyong National University.

Kim JA and Kang SW(2017). Relationship among Sleep Quality, Heart Rate Variability, Fatigue,

- Depression, and Anxiety in Adults. Korean Society of Adult Nursing, 29(1), 87~97.
<https://doi.org/10.7475/kjan.2017.29.1.87>.
- Kum JS, Kim DG and Kim HC(2007). A Study of Physiology Signal Change by Air Conditioner Temperature Change. The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education 19(3), 502~509.
- Lee SD, Kim JY, Kim KT, Byun MK, Kim SH and Park DI(2006). The Study on the Activity of Autonomic Nerve System by Using HRV on Neurosis. The Journal of Internal Korean Medicine, 1~6.
-
- Received : 27 January, 2021
 - Revised : 24 February, 2021
 - Accepted : 03 March, 2021