

실내 온도가 뉴로에너지에 미치는 영향에 관한 연구

김정민¹, 김명호^{1*}
¹가천대학교 건축설비공학과

A Study on the Indoor Temperature effects on Neuro-energy

Jung-Min Kim¹ and Myung-Ho Kim^{1*}

¹Department of Building Equipment & System Engineering, Gachon University

요약 본 연구는 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[Lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건의 향온·향습실에서 온도를 18, 23, 25, 28 및 31[°C]로 변화를 주어 EEG, HRV 및 바이브라이미지를 비교·분석하였다.

실험 결과, 온도 25[°C]에서 상대 $M\alpha$ 파, 상대 $M\beta$ 파, $\frac{SMR}{\theta}$ 및 SDNN은 활성화되었으며, α 파의 비대칭지수 A_2 , HRT, 스트레시지수 및 피로도는 감소하였다. 따라서, 온도 25[°C]가 쾌적성, 생산성 및 집중력 등과 같은 뉴로에너지 향상에 효과적인 것을 알 수 있었다.

Abstract In this study, EEG, HRV, and Vibra image were compared and analyzed in the environmental test room due to variation of temperature. The condition of the environmental test room was in relative humidity 50[RH%], air current speed 0.02[m/s] and illuminance 1000[lux] with setting up different temperatures from 18[°C] to 31[°C].

At temperature 25[°C], relative $M\alpha$ wave, relative $M\beta$ wave, $\frac{SMR}{\theta}$, and SDNN were revitalized, and both sides α wave asymmetry index A_2 , HRT, stress index, and fatigue degree were decreased. Therefore, it was found that temperature 25[°C] effects to increase the Neuro-energy like amenity, productivity, and concentration.

Key Words : EEG, HRV, Vibra image, Neuro-energy

1. 서론

에너지는 태양열, 태양광, 바이오매스, 풍력, 수력, 지열 및 폐열 등과 같은 신재생에너지와 석유, 석탄 및 가스 등과 같은 화석연료에너지, 그리고 근육을 이용한 물리적에너지와 인지·감각을 이용한 심리적에너지를 나타내는 뉴로에너지(Neuro-energy)가 있다[1]. 온도, 습도 및 공기질과 같은 실내 환경인자들은 신체, 감성 및 지성의 생체리듬 시스템(Circadian system)을 변화시키기 때문에 재실자의 쾌적성, 생산성 및 작업능력 등의 뉴로에너지를 변화시킨다. 그러나 현재는 과도한 화석연료에너지 소비에 따른 지구 온난화 현상으로 인하여 건축물의

밀폐화가 주안점이 됨에 따라 실내 환경은 2차적인 문제로 그다지 주목을 받고 있지 못하고 있는 실정에서 하루의 80% 이상을 실내에서 생활하는 거주자는 각종의 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)에 노출되어 있다.

현재 우리나라의 에너지이용합리화법에 따르면 냉방 시에 평균 28[°C] 이상, 난방 시에 평균 18[°C] 이하(각 오차범위 ± 0.5 [°C])로 실내 온도가 규정되어있지만 이는 화석연료에너지 절약을 위한 하나의 정책으로써 인체의 쾌적감, 작업능력 및 생산성 등의 뉴로에너지를 고려하지 않고 있다. 미국 환경 보호국(EPA)은 실내 환경에 의해 거주자의 건강, 쾌적감 및 수행능력이 변화된다고 발표하였고 실내 온도는 쾌적감과 정신생리 상태를 좌우하는

본 연구는 산업통상자원부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과임.(10044828, 서비스 효과 증강을 위한 다감각 서비스 공통기술개발)

*Corresponding Author : Myung-Ho Kim(Gachon Univ.)

Tel: +82-31-750-5882 email: ibs@gachon.ac.kr

Received February 25, 2014

Revised March 21, 2014

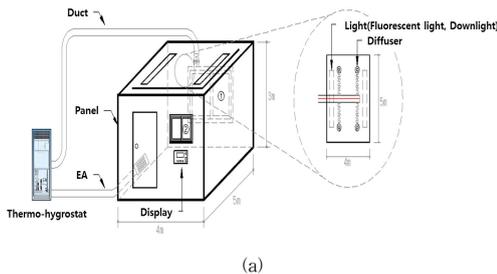
Accepted April 10, 2014

주요 요소로써 인체의 감성에 가장 많은 영향을 줄 뿐만 아니라[2,3] 여성과 남성은 동일한 중립온도에서 느끼는 체감온도가 서로 다르다[4]는 연구결과들을 미루어볼 때 쾌적성, 생산성 및 업무효율 등과 같은 뉴로에너지를 향상시킬 수 있는 최적의 온도가 다르다고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 미국 공기조화냉동공학회(ASHRAE)의 쾌적 범위를 만족하는 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건의 향온·향습실에서 온도를 18, 23, 25, 28 및 31[°C]로 변화를 주어 실험을 진행하였으며, 인체의 심리적 및 생리적 변화 추이를 관찰하기 위하여 내연적 심리상태를 측정하는 방법인 뇌파(Electroencephalogram, EEG), 학습능력(Learning Ability) 및 심박동변이도(Heart Rate Variability, HRV)와 외연적 심리상태를 측정하는 방법인 진동이미지(Vibra image)를 측정 및 분석함으로써 재실자의 쾌적성 및 집중력 향상과 신체적 및 심리적 안정 등과 같은 뉴로에너지 향상을 위한 최적의 온도를 찾고자 한다.

2. 실험방법

2.1 측정실의 조건

본 연구에서 사용한 측정실인 향온·향습실의 구조는 Fig. 1의 (a)와 같이 4×5×3[m]이고, 내부 모습은 Fig. 1의 (b)와 같으며, 향온·향습실의 제원은 Table 1과 같다.



[Fig. 1] Structure of Environmental Test Room
(a)Schematic Diagram (b)Interior Photograph

[Table 1] Specification of Environmental Test Room

Measuring Condition	Range of Adjustment and Error
Temperature	-10~40[°C] ± 0.5[°C]
Humidity	20~90[RH%] ± 3[RH%]
Illuminance	0~2000[lux] ± 3[lux]

2.2 피험자 조건

본 실험의 피험자는 건강 상태를 점검하여 신체적으로 활동하는데 지장이 없는 20대 대학생 7명(남성 3명, 여성 4명)으로 선정하였으며, 피험자의 신체조건은 Table 2와 같다. 피험자의 활동량은 쾌적한 열적 상태에서 의자에 착석해 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로써 1met(metabolic rate: 1met=58.2 W/m²)로 하였으며, 착의량 상태는 약 0.7clo(긴 양말 0.10, 팬티 0.05, 와이셔츠 0.25, 하절기용 긴 바지 0.28)로 통일하였다[5].

[Table 2] Physique Condition of Subject

	Age	Height[cm]	Weight[kg]
Range	20~28	155~177	44~80
Average	23	165	62

2.3 생체반응측정 및 분석

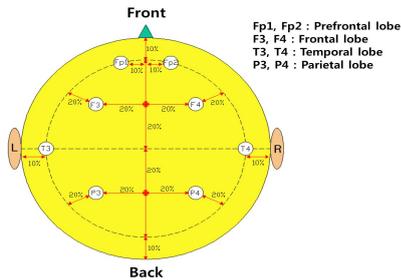
2.3.1 생체반응측정조건

우리나라의 에너지이용합리화법에 따른 냉방 시에 평균 28[°C] 이상, 난방 시에 평균 18[°C] 이하(각 오차범위 ±0.5[°C])의 실내 온도 규정에 따라서 실내 온도 설정 범위를 18[°C]에서 31[°C] 사이로 고르게 분포되도록 설정하였다. 따라서 본 연구는 미국 공기조화냉동공학회의 쾌적 범위[6]를 만족하는 상대습도 50[RH%], 조도 1,000 [lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건의 향온·향습실에서 온도를 18, 23, 25, 28 및 31[°C]로 변화를 주어 생체반응 실험을 총 7회 반복 실험하였다. 생체반응측정은 피험자 1명당 눈을 감은 상태에서 EEG, HRV 및 진동 이미지를 5분간 측정하였고, 눈을 뜬 상태에서 학습능력을 5분간 측정하였다.

2.3.2 뇌파측정

뇌파 측정은 전문 생체신호계측장비인 PolyG-I(Laxtha Inc.)를 활용하였고, 정량적 뇌파분석을 위하여 분석단위 기반 1회당 5분간 측정하였으며, Fig. 2와 같이 국제전극배치법인 Inter- national 10-20 System(Fig.

2)에 의해 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 측두엽(T3, T4), 후두엽(P3, P4)에 뇌파 측정 전극을 부착하였다. 오른쪽 귓볼과 뒷목(목덜미)의 기준 전극을 제외하고, 두뇌의 총 8 부위에 전극을 부착하여 8채널의 뇌파를 비교·분석하였다[7]. 사용된 전극은 금박막 원반형 전극이며, 전극과 두피의 접촉력을 높이기 위하여 알코올로 두피의 이물질을 닦아 낸 후 전극풀을 사용하여 두피에 고정하였으며, 실험 중에 전극젤이 굳지 않고 두피에 잘 붙어 있도록 거즈를 전극의 상부에 덮었다[8].



[Fig. 2] International 10-20 System

뇌파신호 획득은 아날로그필터(0.6~46[Hz])를 통과한 아날로그신호를 표본화주파수(샘플링주파수) 256 [Hz], 분해능 16Bit로 디지털 변환(AD변환)하여 이루어졌다. 신호획득과정에서의 장비의 제어와 획득후의 데이터분석은 본 연구실에서 자체 기획하여 프로그래밍언어 C++로 개발한 소프트웨어 "Neurometric HMI" 를 이용하여 수행하였으며, 객관적 검증을 위하여 두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산 또는 집단 간의 분산을 비교하여 가설검정을 하는 방법인 분산분석(Analysis of Variance, 이하 ANOVA)방법을 이용하여 통계검증을 하였다.

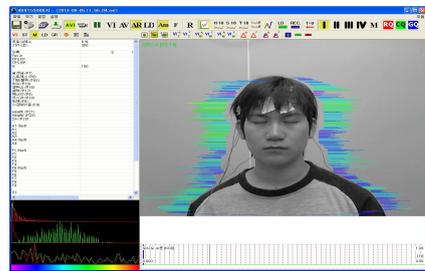
2.3.3 스트레스 및 HRV 측정

스트레스 및 HRV (Heart Rate Variability, 이하 HRV)는 전문 자율신경계 균형 검사기기인 SA-6000 (Medicore Co. Ltd., Korea)을 활용하여 측정하였고, 뇌파 측정과 동시에 진행하였으며, 좌측과 우측의 손목 및 좌측 발목에 전극을 착용한 상태에서 5분간 측정하였다.

2.3.4 진동이미지 측정

자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등의 조절에 영향을 미

치는 전정계의 전정기관은 감정반사(Vestibular Emotional Reflex)의 미세한 진동을 표현하는데, 진동이미지(Vibraimage)는 초당 12~15프레임의 입력 주파수를 가진 카메라로 Fig. 3과 같이 이러한 전정기관의 미세한 진동으로부터 비롯되는 사람의 머리와 목의 미세 움직임을 측정하여 주파수와 진폭의 주기적인 진동움직임에 따라 스트레스(Stress), 밸런스(Balance), 긴장/불안(Tension/Anxiety) 및 공격성(Aggression)의 4 가지 파라미터를 Vibraimage7 S/W로 분석하는 프로그램으로써 민간항공에서 테러리스트를 인지하거나 의심자의 거짓말 탐지를 확인 하는데 사용되는 방법이다[9,10].



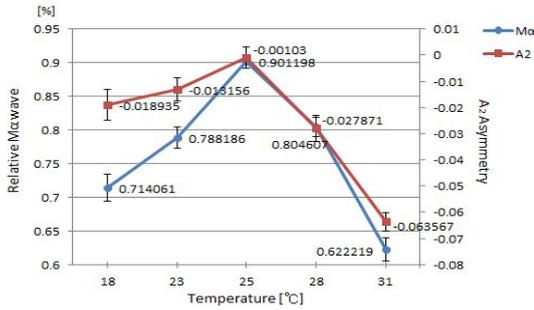
[Fig. 3] Vibraimage measurement monitor

3. 실험결과

3.1 온도 변화에 따른 뇌파의 쾌적성 변화

온도가 변화됨에 따라 비대칭지수 A_2 와 상대 $M\alpha$ 파(10~11.99[Hz])를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 비대칭지수 A_2 는 좌·우뇌의 상대 $M\alpha$ 파 활성도 차이를 이용하여 나타낸 것으로써 긍정의 감성에서는 좌뇌의 상대 α 파가 활성화되고 부정의 감성에서는 우뇌의 상대 α 파가 활성화되는데[11], 긍정과 부정의 감성이 균형을 이루게 되면 그 비대칭지수 A_2 가 "0"에 가까워져서 감성적으로 안정되며[12], 상대 $M\alpha$ 파는 깊은 명상, 정신 통일 및 심신이 안정된 상태에서 활성화된다[13].

Fig. 4와 같이 온도가 변화됨에 따라 온도 25[°C]에서 비대칭지수 A_2 가 -0.00103으로 "0"에 가장 근접하며, 상대 $M\alpha$ 파는 0.901198[%]로 가장 활성화되므로 온도 25[°C]가 심신과 감성 안정에 가장 효과적이라 판단된다. 상대 $M\alpha$ 파의 ANOVA 통계검증 결과는 Table 3과 같이 유의확률(P) 값이 0.0175** 로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.



[Fig. 4] Variation of A_2 Asymmetry and Relative $M\alpha$ wave due to Temperature variance

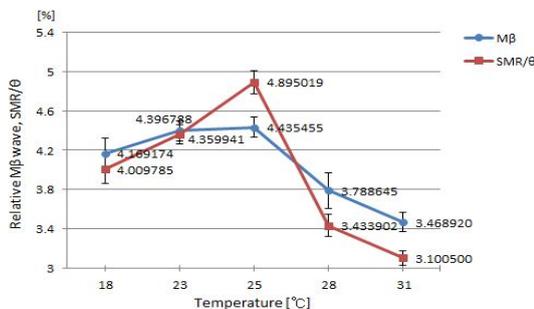
[Table 3] Statistical Analysis of Relative $M\alpha$ wave

	Relative $M\alpha$ wave
Sum of Suares	0.231
DF	34
Mean Suare	0.0345
F Value	7.938
Pr > F	0.0175**

** $P < 0.05$

3.2 온도 변화에 따른 뇌파의 집중력 변화

온도가 변화됨에 따라 상대 $M\beta$ 파(15~19.99 [Hz])와 $\frac{SMR}{\theta}$ (12~14.99 [Hz])을 측정 한 결과는 Fig. 5와 같다. 상대 $M\beta$ 파는 의식적인 행동 및 일반적인 작업을 수행할 시에 활발히 발생하는 파형이며[14], $\frac{SMR}{\theta}$ 은 뇌의 감각 운동피질에서 관찰되는 SMR파(Sensory Motor Cortex Rhythm, 12~15[Hz])에 대한 θ 파의 비율을 통하여 주의 지수를 측정하는 지표로서 수치가 높을수록 주의력이 높아진다[15].



[Fig. 5] Variation of Relative $M\beta$ wave and $\frac{SMR}{\theta}$ due to Temperature variance

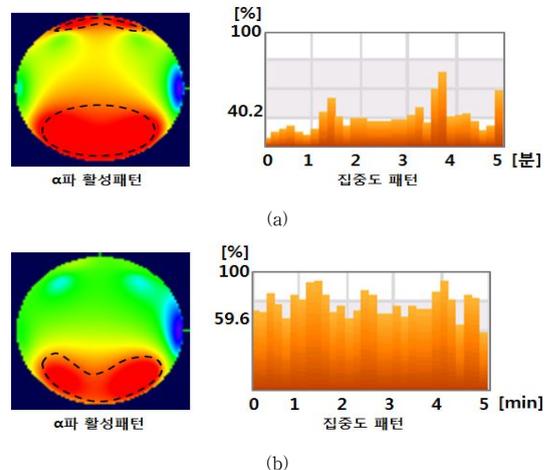
[Table 4] Statistical Analysis of Relative $M\beta$ wave and $\frac{SMR}{\theta}$

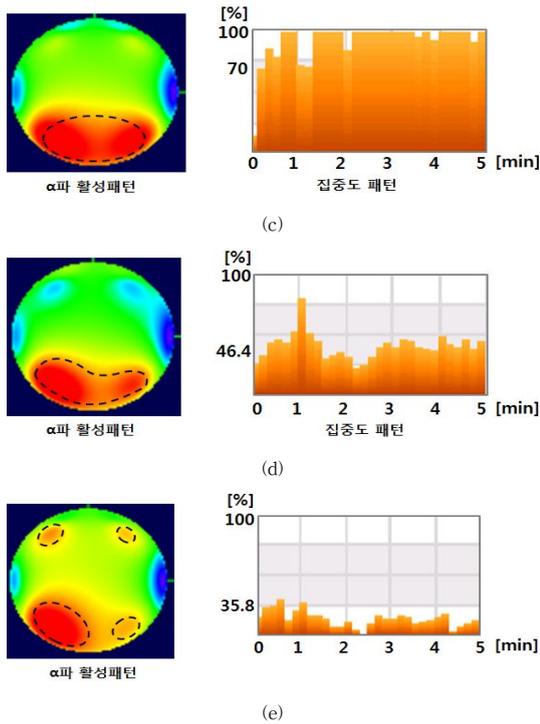
	Relative $M\beta$ wave	$\frac{SMR}{\theta}$
Sum of Suares	47.665	0.0105
DF	34	34
Mean Suare	6.536	0.0015
F Value	4.576	7.3915
Pr > F	0.049**	0.0045**

** $P < 0.05$

Fig. 5와 같이 온도가 변화됨에 따라 온도 25[°C]에서 상대 $M\beta$ 파가 4.435455[%]로 가장 활성화되며, $\frac{SMR}{\theta}$ 는 4.895019[%]로 가장 활성화되므로 온도 25[°C]가 작업 수행 능력과 주의력 향상에 가장 효과적이라 판단된다. 상대 $M\beta$ 파와 $\frac{SMR}{\theta}$ 의 ANOVA 통계검증 결과는 Table 4 과 같이 유의확률(P) 값이 각각 0.049**, 0.0045** 로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

눈을 감은 폐안시 심신의 안정과 집중력이 향상되면 후두엽에서 α 파(8~13[Hz])가 활성화 된다[16]. Fig. 6과 같이 (a)온도 18[°C], (b)온도 23[°C], (d)온도 28[°C] 및 (e)온도 31[°C]에 비하여 (c)온도 25[°C]에서 후두엽의 α 파 패턴이 활성화되는 것을 알 수 있으며, 집중도 패턴 또한 (a)온도 18[°C]에서 평균 40.2[%], (b)온도 23[°C]에서 평균 59.6[%], (d)온도 28[°C]에서 평균 46.4[%] 및 (e) 온도 31[°C]에서 평균 32.8[%] 비하여 (c)온도 25[°C]에서 평균 70[%]를 유지하는 것을 알 수 있다.

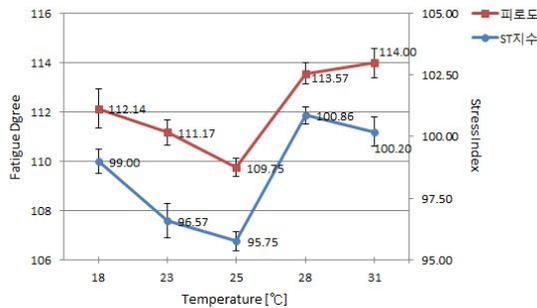




[Fig. 6] Variation of Brain Mapping and Concentration pattern due to Temperature variance (a)18[°C] (b)23[°C] (c)25[°C] (d)28[°C] (e)31[°C]

3.3 온도 변화에 따른 신체적 안정변화

온도가 변화됨에 따라 스트레스와 피로도를 측정할 결과는 Fig. 7과 같다. 스트레스 지수는 육체적, 정신적인 긴장, 불안 및 흥분 상태를 이겨낼 수 있는 저항지수로써 수치가 높을수록 피로감이 증가하며[17], 피로도는 수치가 높을수록 과도한 스트레스를 받는 것으로서 서로 상관관계를 갖는다[18]. Fig. 7과 같이 온도가 변화됨에 따라 온도 25[°C]에서 스트레스지수가 95.75로 가장 감소하

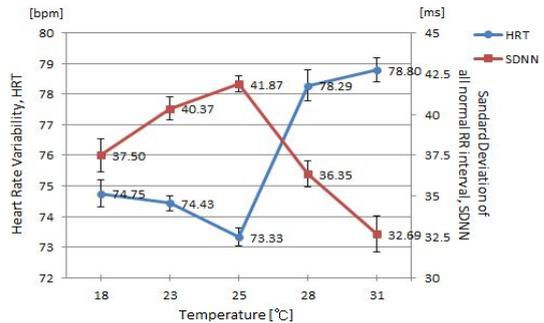


[Fig. 7] Variation of Stress Index and Fatigue Degree due to Temperature variance

며, 피로도는 109.75로 가장 감소되므로 온도 25[°C]가 스트레스와 피로도 저감에 가장 효과적이라 판단된다.

3.4 온도 변화에 따른 심리적 안정변화

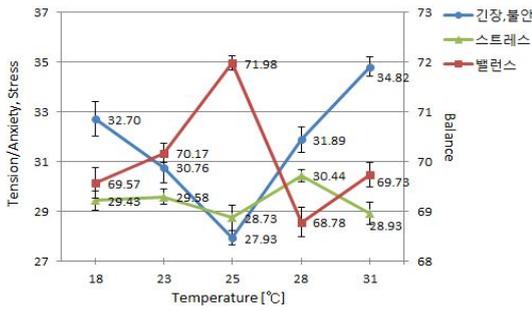
온도가 변화됨에 따라 심장의 평균심박동수(Mean Heart rate, 이하 HRT)와 심박변이도 표준편차(standard deviation of all the normal RR intervals, 이하 SDNN)를 측정할 결과는 Fig. 8과 같다. HRT는 분당 평균심박동수로써 심장이 안정적일수록 그 수치가 낮으며, SDNN은 심장 1회 박동의 R-R 간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차로써 그 수치가 클수록 건강하고 안정된 상태이다[19]. Fig. 8과 같이 온도가 변화됨에 따라 온도 25[°C]에서 HRT가 73.33[bpm]으로 가장 낮아지며, SDNN은 41.87[ms]로 가장 높아지게 되므로 온도 25[°C]가 심장안정과 건강한 상태 유지에 가장 효과적이라 판단된다.



[Fig. 8] Variation of HRT and SDNN due to Temperature variance

3.5 온도 변화에 따른 진동이미지 변화

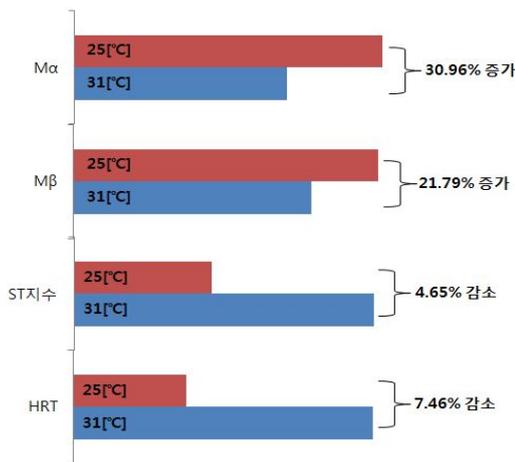
온도가 변화됨에 따라 긴장·불안(Tension/ Anxiety), 스트레스(Stress) 및 밸런스(Balance)의 4가지 진동이미지를 측정할 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9와 같이 온도가 변화됨에 따라 온도 25[°C]에서 긴장·불안과 스트레스가 각각 27.93과 27.93으로 가장 감소하며, 밸런스 역시 71.98로 가장 높아지게 되므로 온도 25[°C]가 긴장·불안 및 스트레스 저감과 밸런스 향상에 가장 효과적이라고 판단된다.



[Fig. 9] Variation of Tension/Anxiety, Stress, and Balance due to Temperature variance

3.6 온도 변화에 따른 뉴로에너지 분석

온도가 변화됨에 따라 쾌적성, 집중력, 신체적 안정, 심리적 안정 및 진동이미지(긴장·불안, 스트레스, 밸런스)에 가장 효과적인 온도 25[°C]와 상대적으로 불쾌적인 온도 31[°C]의 뉴로에너지를 비교한 결과는 Fig. 10과 같다. Fig. 10과 같이 온도 31[°C]에 비하여 온도 25[°C]에서 상대 $M\alpha$ 와 상대 $M\beta$ 가 각각 30.96[%], 21.79[%] 증가하였고, 스트레스지수와 HRT가 각각 4.65[%], 7.46[%] 감소한 것을 알 수 있다. 따라서 온도 25[°C]가 쾌적성 및 집중력 향상과 신체적 및 심리적 안정에 가장 효과적이라고 판단된다.



[Fig. 10] Variation of Neuro-energy due to Temperature variance

4. 결론

상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건의 향온·향습실에서 온도를 18, 23, 25, 28 및 31[°C]로 변화되는 조건에서 EEG, 학습능력, HRV 및 진동이미지를 측정하여 쾌적성, 집중력, 신체적 및 심리적 안정의 변화를 분석하였다. 측정결과 온도 25[°C]에서 감성 및 심신안정과 집중력이 가장 높아지고, 스트레스 및 피로도가 가장 감소하였으며, 심장이 안정적으로 건강한 상태를 나타내었다. 또한 상대적으로 불쾌적인 온도인 31[°C]에 노출되었을 경우에 비하여 평균 16.22%의 뉴로에너지가 증가한 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 20대 대학생을 대상으로 실험 및 분석한 결과 25[°C]의 온도가 가장 효과적이었으나, 실내 온도를 더욱 다양하게 설정하고, 성별과 연령별로 분류하여 실험을 진행한다면 최적의 온도 역시 바뀔 것이라 예상되므로, 향후에 이와 같은 연구를 통하여 쾌적성, 생산성 및 작업능률 등의 뉴로에너지를 향상시킬 수 있는 맞춤형 설계·시공이 이루어져야 한다고 생각된다.

References

- [1] J.M.Kim, "Design of the Multi-sensory Compensation Service Space to improve the Neuro-energy", Gachon University, pp.1, 2014.
- [2] Y.G.Shin, S.K.Park, S.W.Kang, B.C.Min, J.H.Jeon, C.Kook, "EEG Influenced by the Indoor Thermal Environmental Change", Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.6, No.2, pp.119, 2006.
- [3] H.H.Kim, D.J.Kim, "A Study on the Comfortableness Evaluation using 4-Channel EEGs", The Korea Institute of Electrical Engineers, pp.10, 2002.
- [4] S.H.Kim, S.Lee, D.G.Kim, "A Study of Thermal Comfort by Winter Temperature Humidity Change", The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol.19, No.2, pp.803, 808, 2007.
- [5] J.H.Choi, H.H.Lee, "The Relationship between Weight of Single Garments and Thermal Insulation with a Thermal Manikin", The Korea Society of Clothing and Textiles, Vol.33, No.2, pp.173-186, 2009.
- [6] ASHRAE Handbook Fundamentals, pp.8,12-8,20, 2001 SI Edition.

- [7] M.H.Kim, "The Study about Variation of Physiology Signal based on EEG due to Variation of Illumination", The Korean Institute of Electrical Engineering, Vol.61P, No.1, pp.55-58, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2012.61.1.055>
- [8] S.K.Park, G.S.Jang, K.Chan, et al., "The Auditor and Visual Information Impacts on the Traffic Noise Perception by the using Electroencephalogram", The Korea Society for Noise and Vibration Engineering, No.2, pp.41-47, 2006.
- [9] V.A.Minkin, N. N. Nikolaenko, "Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body", Vol. 42, No.4, Biomedical Engineering, pp.196-200, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9>
- [10] V.A.Minkin "psycho-physiological state detection and non-contact long distance scanning system build", Elsys research report, pp.14-20, 2006.
- [11] I.S.Seo, "A Study of Stability Evaluation Method Using EEG", Journal of Digital Contents Society, Vol.1, No.1, pp.47-48, 2006.
- [12] R.J.Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", Brain and Cognition, Vol.20, pp.125-151, 1992.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90065-T](http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626(92)90065-T)
- [13] M.H.Kim, "Comparison of Psychological and Physiological Differences of Human due to the EEG Type Scent", Journal of the Korea Academia-Industrial, Vol.14, No.1, pp.418-425, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.1.418>
- [14] J.S.Tak, "EEG Differences between Gifted Students and Average Ones in Information Science", Korea National University of Education, pp.19, 2010.
- [15] K.J.Baek, C.S.Ryu, B.W.Park, "Analysis of the EEG differences between normal person group and obesity person group and the EEG differences of specific-group", The Korean Society of Jungshin Science, Vol.25, pp.233-246, 2006.
- [16] Y.J.Ahn, J.H.Yoen, K.S.Yoo, W.H.Lee, "Spontaneous Potential analysis of the Psychophysiology effects of Color", Korea Society for Internet Information, Vo.7, No.2, pp.565-569, 2006.
- [17] S.K.Ahn, K.J.Bak, "The Effect of Brainwave Traing on Students' Academic Achievement and Ability of Resisting Stress - for the Primary Student", The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.10, No.10, pp.2953, 2009.

- [18] C.H.Chung, "Relationships between Stress and Fatigue of the Nurses in the Operating Room", Chon-nam National University, pp.18, 2009.
- [19] J.S.Park, "Study on the Effect of Acupuncture at Jeonjung(CV17) on the Heart Rate Variability in Healthy Adults", Wonkwang University, pp.22-23, 2010.

김 정 민(Jung-Min Kim)

[준회원]



- 2014년 2월 : 가천대학교 대학원 건축설비공학과 (공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 대학원 건축설비공학과 (박사과정)

<관심분야>

건축설비, 뇌파 기반 생체신호

김 명 호(Myung-Ho Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 광운대 대학원 전기 공학과 (공학박사)
- 1996년 2월 : 동경공업대학 전자 물리학과 Post Doctor
- 2008년 2월 : CarnegieMellon 대학 건축과 Visiting Scholar
- 2009년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 건축설비공학과 정교수

<관심분야>

뇌파 기반 생체신호