

에너지절감에 의해 감소되는 뉴로에너지의 증강에 관한 연구

김명호^{1*}, 강동식²

¹가천대학교 설비소방공학과, ²코오롱글로벌(주) 건축본부 기전팀

The Study about Improvement of Neuro Energy Decreased by Energy Saving

Myung-Ho Kim^{*}, Dong-Sik Kang²

¹Department of Building Equipment System & Fire Protection Engineering, Gachon University

²Mechanical & Electric Team, Architecture & Housing, Kolon Global CORP.

요 약 청각 및 후각의 다감각 자극을 통하여 에너지를 절감하기 위하여 불쾌해진 촉각을 보상함으로써 에너지는 절감하면서 근무자의 뉴로에너지(쾌적성, 집중력, 신체적 및 심리적 안정 등)는 증강시키는 연구를 하였다. 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 향온·향습실에서 1/f의 변동리듬으로 청각을 자극하고 아로마 향기로 후각을 자극하여 실험을 진행하였으며, 집속식으로 인체의 심리상태를 측정하는 뇌파, 학습능력 및 심박동변이도와 비집속식으로 심리상태를 측정하는 진동이미지 방법을 사용하였다. 피험자는 신체적으로 활동하는데 지장이 없고, 심신의 안정과 집중력의 최대 상태를 가져오는 상대 α 파(8~13[Hz])의 활성도가 후두엽에서 높은 유형인 20대 대학생 8명(남성 4명, 여성 4명)으로 선정하였다. 측정자세는 쾌적한 열적 환경에서 의자에 착석해 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로써 1met로 하였으며, 착의량 상태는 약 0.7clo로 통일하였다. 측정결과 자스민 향기와 변동리듬 $a=1.106$ 음원의 다감각자극에서 감성 및 심신안정과 집중력이 가장 높아졌으며, 상대Ma파와 상대M β 파가 각각 70.49[%], 89.72[%] 증가하였고, HRT는 38.09[%] 감소하였으며, 피로도와 긴장·불안은 각각 36.85[%], 15.54[%] 감소하였다.

Abstract This study examined energy saving and elevating the worker's neuro energy (comfort, concentration, physical, and psychological stability) by compensating for the unpleasant tactile sensation to stimulate auditory and olfactory senses and reduce energy consumption. The experiment was conducted in an environment test room under the test conditions of temperature 25[°C], relative humidity 50[RH%], illumination 1,000[lux] and air current speed 0.02[m/sec] by stimulating the auditory senses with a 1/f change in rhythm and the olfactory senses with an aroma scent. The experiment utilized the method of EEG, which evaluates human body's psychological status via tactile means, and the method of the vibra image, which evaluates the learning abilities, HRV and human body's psychological status via non-tactile means. The subjects were selected as eight university students (four males and four females) in their 20s, the type that have high relative α (8~13[Hz]) activation in occipital lobe, which brings the highest level of mind stability and concentration, who had no difficulty in physical activities. The subjects' posture and physical activity was fixed to 1met - when the subjects are seated and relaxing in a comfortable environment - and their clothes condition was standardized as 0.7clo. As a result, the sentimental and psychological stability and concentration were the highest in the multisensory stimulation of jasmine scent and change rhythm of an $a=1.106$ sound source. In addition, under this condition, the relative Ma and relative M β increased by 70.49[%] and 89.72[%], respectively; the HRT decreased by 39.09[%]; and the fatigue and tension/anxiety decreased by 36.85[%] and 15.54[%], respectively.

Keywords : EEG, HRV, Vibra image, Neuro-energy, Energy saving

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

Tel: +82-10-8713-8643 email:ibs@gachon.ac.kr

Received March 23, 2018

Accepted June 1, 2018

Revised (1st April 12, 2018, 2nd April 18, 2018, 3rd April 23, 2018)

Published June 30, 2018

1. 서론

현재 국내의 공공기관들은 에너지 절감과 온실가스 감축을 위하여 실내온도를 여름에는 28[°C]이상, 겨울에는 18[°C]이하로 유지하고 있다. 이 때문에 실내 근무자의 생산성이 저감되고 있는 실정이다. 더움과 추움의 온냉감과 따뜻함과 차가움의 심리적요인이 함께 복합적으로 결정되어 쾌적이라고 하는 양이 결정되는데, 온냉감은 촉각(온도와 습도)의 단일감각으로 결정이 되고, 따뜻함과 차가움의 심리적요인은 밝기, 색채 및 소리(시각, 청각 및 후각)등의 다양한 감각(이하 다감각)으로 결정된다. [1]

따라서 본 논문에서는 청각 및 후각의 다감각을 자극하여 에너지를 절감하기 위하여 불쾌해진 촉각을 보상함으로써 에너지는 절감하면서 근무자의 뉴로에너지(쾌적성, 집중력, 신체적 및 심리적 안정 등)는 증강시키는 연구를 하고자 한다.[2]

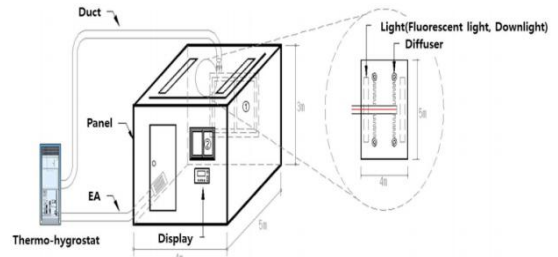
본 논문에서는 미국 공기조화냉동공학회(ASHRAE)의 쾌적 범위를 만족하는 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건의 향온·향습실에서 1/f의 변동리듬[3]으로 청각을 자극하고 아로마 향기로 후각을 자극하여 실험을 진행하였으며, 집측식으로 인체의 심리상태를 측정하는 뇌파(Electroencephalogram, 이하 EEG)[4], 학습능력(Learning Ability) 및 심박동변이도(Heart Rate Variability, 이하 HRV)와 비접촉식으로 심리상태를 측정하는 진동이미지(Vibra image)[5] 방법을 사용하여 연구를 진행하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

2.1.1 측정실의 조건

본 논문에서 사용한 측정실인 향온·향습실의 구조는 Fig. 1.의 (a)와 같이 4,000 x 5,000 x 3,000[mm]이고, 내부 모습은 Fig 1.의 (b)와 같으며, 향온·향습실의 제원은 Table 1.과 같다.



(a) Specification



(b) Interior

Fig. 1. Structure of Environmental Test Room

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]

2.1.2 피험자 조건

본 실험의 피험자는 신체적으로 활동하는데 지장이 없는 20대 대학생 8명(남성 4명, 여성 4명)으로 신체조건은 Table 2.와 같이 선정하였다. 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[6].

Table 2. Physique Condition of Subject

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

2.2 감각자극 선정조건

2.2.1 변동리듬 a지수에 의한 청각자극

변동리듬이란 음원이 갖는 고유의 주파수를 말하고, $\frac{1}{f}$ 변동리듬이란 에너지 스펙트럼이 주파수 f 에 반비례하는 것을 말한다. 산세 소리, 계곡의 물소리와 같은 자연의 소리들은 $\frac{1}{f}$ 의 변동리듬을 포함하고 있어서 스트레스를 줄여주며, 인위적으로 제작한 $\frac{1}{f}$ 변동리듬 음악 또한 신체적 이완에 효과적이며, $\frac{1}{f}$ 변동리듬 a지수가 “1”에 가까울수록 정신의 안정 상태를 유발한다[7]. 본 연구에서는 a=1.106의 변동리듬 a지수를 갖는 재즈의 Bellavia 음원을 선정하였고, 재즈 음악은 스트레스 감소 및 심신의 이완상태를 유도하는 특징이 있다는 것을 선행연구를 통하여 알 수 있었다[8]. 변동리듬 측정은 본 연구실에서 자체 기획 및 개발한 변동리듬 판정 프로그램을 이용하였다.

2.2.2 아로마에 의한 후각자극

뇌의 베타파를 활성화시켜 스트레스와 우울증을 완화시키는 데에 효과적인 자스민 에센셜 오일을 이용하였다.[9]뜨거운 물에 에센셜 오일을 떨어뜨려 수증기와 함께 흡입하는 증기흡입법(Steam Inhalation)을 이용하여 실험을 진행하였다.[10]

2.3 생체반응측정 및 분석

2.3.1 생체반응측정조건

본 연구는 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 항온항습실에서 감각자극에 노출되기 전, 단일감각자극(자스민 향기만의 자극 또는 변동리듬 a=1.106 음원만의 자극) 그리고 다감각자극(자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 동시 자극)으로 변화를 주어 생체반응 실험을 각각 총 10회씩 실험하였다. 생체반응측정은 눈을 감은 상태에서 피험자 1명당 EEG, HRV 및 진동이미지를 5분간 측정하였고, 눈을 뜬 상태에서 학습능력을 5분간 측정하였다.

2.3.2 인지측정

사람에게는 자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등의 조절에 영향을 미치고, 감정반사(Vestibular Emotional Reflex)의 미세한 진동을 표현하는 전정계의 전정기관이 있다.

진동이미지(Vibra image)는 이러한 전정기관의 미세한 진동(사람의 머리와목의 미세 움직임)을 초당 12~15프레임의 입력 주파수를 가진 카메라로 측정하여, 스트레스(Stress)와 긴장불안(Tension/Anxiety)의 2가지 파라미터를 Vibra image7 S/W로 분석하는 프로그램이다.[11]

2.3.3 HRV측정

HRV는 EEG측정과 동시에 진행하였고, 좌측과 우측의 손목 및 좌측 발목에 전극을 착용한 상태에서 5분간 측정하였다. 2등급 의료기기로서 자율신경 기능과 심박동변이를 검사하는 SA-3000P(Medicore Co. Ltd., Korea)를 활용하여 측정하였으며, 장비제원은 Table 3.과 같다.

Table 3. Specification of SA-3000P

Item	Range
Heart Rate measurement range	30~200BPM
Accuracy	±2 BPM
Input Signal Range	±0.05~5mV peak

2.4 실험결과

2.4.1 아로마와 변동리듬 자극에 의한 EEG의

쾌적성 변화

자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원 자극에 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 노출되었을 경우에 따른 상대 S_{α} 파(8~10[Hz])와 상대 M_{α} 파(10~12[Hz])를 측정된 결과는 Fig. 2.와 같다. 상대 S_{α} 파는 잠들기 전이나 안정된 휴식상태에서 활성화되며[12], 상대 M_{α} 파는 안정된 상태에서 집중력이 높아질 때 활성화된다[13]. 따라서 상대 S_{α} 파와 상대 M_{α} 파가 활성화된다는 것은 피험자 심신의 안정도가 높아진다는 것을 의미한다. Fig. 2.와 같이 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 비하여 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 상대 S_{α} 파와 상대 M_{α} 파가 각각 1.4699[%]와 1.9572[%]로 가장 활성화되므로 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 심신과 감성 안정에 가장 효과적이라 판단된다. 상대 S_{α} 파와 상대 M_{α} 파의 ANOVA 통계검증 결과는 Table 4.와 같이 유의확률(P) 값이 각각 0.003**과 0.005**로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

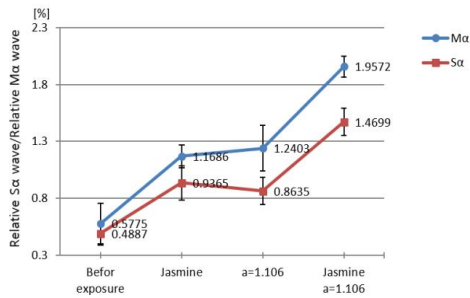


Fig. 2. Relative $S\alpha$ wave and Relative $M\alpha$ wave due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

Table 4. Statistical Analysis of Relative $S\alpha$ wave Relative $M\alpha$ wave

	Relative $S\alpha$ wave	Relative $M\alpha$ wave
Sum of Suares	0.138	0.235
DF	31	31
Mean Suare	0.024	0.036
F Value	11.569	9.167
Pr > F	0.003**	0.005**

** $P < 0.05$

2.4.2 아로마와 변동리듬 자극에 의한 EEG의 집중력 변화

자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각 자극에 노출되었을 경우에 따른 SEF50(4~50[Hz])과 상대Mβ파(15~20[Hz])를 측정된 결과는 Fig 3.과 같다. SEF50은 인지부하도를 측정하는 지표로서 수치가 높을 수록 인지능력이 높아지며, 상대Mβ파는 의식적인 행동 및 일반적인 작업을 수행할 시에 활발히 발생하는 파형이다[14]. Fig 3.과 같이 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 비하여 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 SEF50과 상대Mβ파가 각각 111.2016[%]와 1.8198[%]로 가장 활성화되므로 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 작업수행 능력과 주의력 향상에 가장 효과적이라 판단된다. SEF50과 상대Mβ파의 ANOVA 통계검증 결과는 Table 5.와 같이 유의확률(P) 값이 각각 0.084*, 0.086*으로써 0.1보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

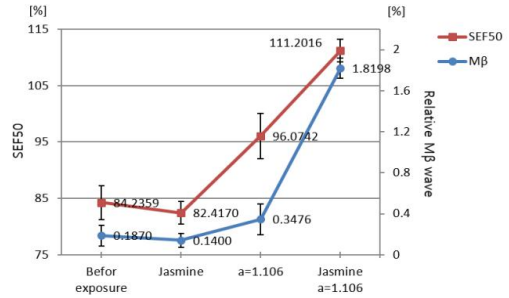


Fig. 3. Variation of SEF50 and Relative $M\beta$ wave due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

Table 5. Statistical Analysis of SEF50 and Relative $M\beta$ wave

	SEF50	Relative $M\beta$ wave
Sum of Suares	1464.556	0.043
DF	31	31
Mean Suare	90.452	0.004
F Value	3.286	10.498
Pr > F	0.084*	0.086*

* $P < 0.1$

2.4.3 아로마와 변동리듬 자극에 의한 신체적 안정 변화

자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각 자극에 노출되었을 경우에 따른 스트레스와 피로도를 측정된 결과는 Fig 4.와 같다. 스트레스지수는 육체적, 정신적인 긴장, 불안 및 흥분 상태를 이겨낼 수 있는 저항 지수로써 수치가 높을수록 피로감이 증가하고, 스트레스 저항도는 신체의 스트레스 대처능력으로써 그 수치가 높을수록 스트레스 대처능력이 향상되며, 피로도는 수치가 높을수록 과도한 스트레스를 받는 것으로써 스트레스 지수 및 스트레스 저항도와 서로 상관관계를 갖는다. Fig 4.와 같이 감각자극에 노출되기 전과 자스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 비하여 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 스트레스지수와 피로도가 각각 78.4와 83.3으로 가장 감소하며, 스트레스저항도는 102.4로 가장 증가되므로 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 스트레스와 피로도 저감에 가장 효과적이라 판단된다.

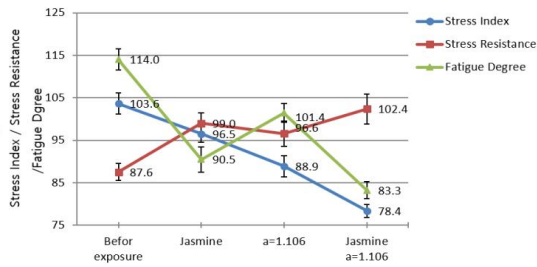


Fig. 4. Variation of Stress Index, Stress Resistance, and Fatigue Degree due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

2.4.4 아로마와 변동리듬 자극에 의한 심리적 안정변화

차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 차스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 노출되었을 경우에 따른 심박변이도 표준편차 (standard deviation of all the normal RR intervals, 이하 SDNN)와 심장의 평균심박동수(Mean Heart rate, 이하 HRT)를 측정된 결과는 Fig. 5.와 같다.

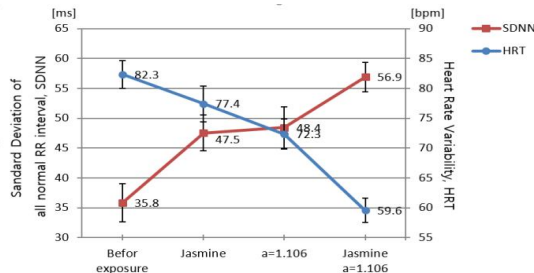


Fig. 5. Variation of SDNN and HRT due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

SDNN은 심장 1회 박동의 R-R 간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차로써 그 수치가 클수록 건강하고 안정된 상태이며, HRT는 분당 평균심박동수로써 심장이 안정적일수록 그 수치가 낮다. Fig. 5.와 같이 감각자극에 노출되기 전과 차스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 비하여 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 SDNN이 56.9[ms]로 가장 높아지고, HRT가 59.6[bpm]으로 가장 낮아지게 되므로 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 심장안정과 건강한 상태

유지에 가장 효과적이라 판단된다.

2.4.5 아로마와 변동리듬 자극에 의한 진동이미지 변화

차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 차스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 노출되었을 경우에 따른 스트레스(Stress), 긴장·불안(Tension/Anxiety) 및 밸런스(Balance)의 4가지 진동이미지를 측정된 결과는 Fig. 6.과 같다. Fig. 6.과 같이 감각자극에 노출되기 전과 차스민 향기 및 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극에 비하여 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 스트레스와 긴장·불안이 각각 29.83과 28.83으로 가장 감소되며, 밸런스는 73.30으로 가장 증가되므로 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 스트레스 및 긴장·불안 저감과 밸런스 향상에 가장 효과적이라고 판단된다.

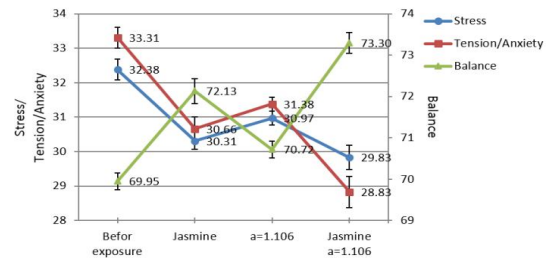


Fig. 6. Variation of Stress, Tension/Anxiety, and Balance due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

2.4.6 아로마와 변동리듬 자극에 의한 뉴로에너지 분석

쾌적성, 집중력, 신체적 안정, 심리적 안정 및 진동이미지(긴장·불안, 스트레스)에 가장 효과적인 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전의 뉴로에너지를 비교한 결과는 Fig. 7.과 같다. Fig. 7.과 같이 감각자극에 노출되기 전에 비하여 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 상대Mα파와 상대Mβ파가 각각 70.49[%], 89.72[%] 증가하였고, HRT는 38.09[%]감소하였으며, 피로도와 긴장·불안은 각각 36.85[%], 15.54[%]감소한 것을 알 수 있다. 따라서 차스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극이 쾌적성 및 집중력 향상과 신체적 및 심리적 안정에 가장 효과적이라고 판단된다.

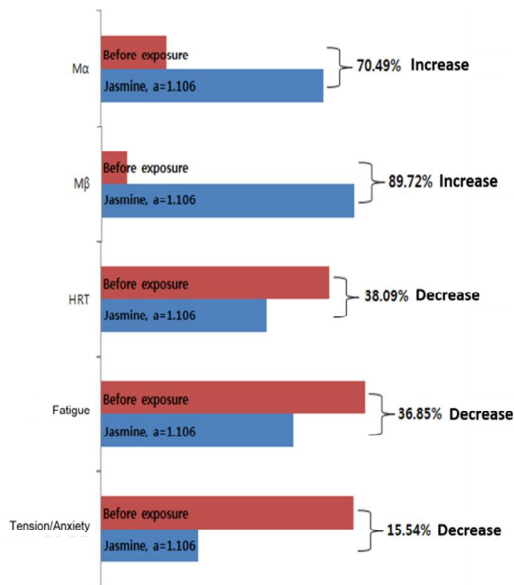


Fig. 7. Variation of Neuro-energy due to Stimulation of Aroma and Fluctuation

3. 결론

온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 향온·향습실에서 감각자극에 노출되기 전, 자스민 향기 또는 변동리듬 a=1.106 음원의 단일감각자극, 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원에 동시에 노출시킨 다감각자극에 의한 EEG, 학습능력, HRV 및 진동이미지를 측정하여 쾌적성, 집중력, 신체적 및 심리적 안정의 변화를 분석하였다. 측정결과 자스민 향기와 변동리듬 a=1.106 음원의 다감각자극에서 감성 및 심신안정과 집중력이 가장 높아지고, 스트레스 및 피로도가 가장 감소하였으며, 심장이 안정적으로 건강한 상태를 나타내었다. ASHRAE가 제안하는 쾌적 조건에서 다감각으로 자극받았을 때 평균 약 24.88[%]의 뉴로 에너지가 향상된 결과를 바탕으로 향후에는 쾌적 조건을 벗어나는 범위에서도 다감각 자극 실험을 할 계획이다. 다양한 다감각 자극의 조합으로 넓혀서 자극을 한다면 불쾌적인 조건에서도 뉴로에너지가 증강될 것이라고 사료된다.

References

- [1] J.M. Kim, "A study on the Indoor Temperature- effects on Neuro-energy", *Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 15, no. 4, pp. 2436-2442, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.4.2436>
- [2] J.M. Kim, "A study about Multi Sensory Stimulation of Fluctuation and Color Temperature Effects on Neuro-energy", *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 11, no. 2, pp. 1247-1250, 2016.
- [3] H.J. Park, S.J. Park, C.J. Kim, "A Study on Effects of Sleep Efficiency Depending on 1/f Fluctuation of Sound", *Ergonomics Society of Korea*, vol. 24, no. 2, pp. 79-83, 2005. DOI: <https://doi.org/10.5143/JESK.2005.24.2.079>
- [4] H.W. Kim, "A study of the quantitative evaluation of whole body vibration by EEG frequency-fluctuation", Hanbat National University, pp. 18-20, 2006.
- [5] 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", *Biomedical Engineering*, vol. 42, no. 4, pp. 196-200, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9>
- [6] Y. J. Baek, "Quantification of Thermal Insulation by Clothing Items and Analysis of Influencing Factors", *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, vol. 42, no. 1, pp. 172-182, 2018.
- [7] J.H. Shon, I.G. Yi, j.E. Kim, S.S. Choi, "The Effects of 1/f music on the Psycho physiological Responses Induced by Stressful Visual Stimulation", *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, vol. 1, no. 1, pp. 135-143, 1998
- [8] Y. J. Yoo, M. H. Kim, "A Study on the 'a' index of Sound source for Productivity improvement", *The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 15, no. 1, pp. 547-554, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.1.547>
- [9] A.R. Ha, "Effects of Aromatherapy on Health Promotion by Using Electroencephalogram Spectra and the User's Behavior", Kosin University, pp. 9, 2006.
- [10] S.W. Choi, H.K. Hong, "Essential Aromatherapy", Cheong Moon Gak, pp. 57-63, 2009.
- [11] V.A. Minkin, "psycho-physiological state detection and non-contact long distance scanning system build", Elsys research report, pp. 14-20, 2006.
- [12] I.S. Seo, "A Study of Stability Evaluation method Using EEG", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 1, no. 1, pp. 47-48, 2006
- [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://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.

김 명 호(Myung-Ho Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 광운대학교 공과대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1995년 2월 ~ 1996년 2월 : 동경공업대학 Post Doctor
- 2008년 2월 : Carnegie Mellon University Visiting Scholar
- 1992년 9월 ~ 현재 : 가천대학교 설비·소방공학과 교수

<관심분야>

BEMS, BIM, 에너지절감

강 동 식(Dong-Sik Kang)

[정회원]



- 2017년 2월 : 가천대학교 일반대학원 건축설비공학과 (공학석사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 코오롱글로벌(주) 건축본부 기전팀 대리

<관심분야>

BIM, CFD, 건축설비, 에너지절감