

실내환경지수가 생산성에 미치는 영향

김명호*, 이예진
가천대학교 설비소방공학과

The Effect of The Index of Indoor Environment on The Productivity

Myung-Ho Kim*, Ye-Jin Lee

Department of Equipment & Fire Protection Engineering, Gachon University

요약 본 연구에서는 에너지절감과 실내쾌적성을 높이기 위하여 색온도, 아로마 및 소리 변동리듬의 자극을 가하여 비교분석하였다. 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 기류속도 0.02[m/s] 및 조도 1000[lux]가 유지되는 향온향습실에서 뇌파, 심박동 변이 및 바이브라이미지가 측정되었다.

자극 종류는 자극을 가하기 전, 소리 변동리듬 a=1.106 재즈 음원으로 이루어지는 단일자극 그리고 붉은 조명, 아로마향기 및 소리 변동리듬 a=1.106 재즈 음원으로 이루어지는 다감각자극의 세종류로 측정이 이루어졌다. 변동리듬 a=1.106의 재즈 음원, 붉은 조명 및 아로마향기의 다감각자극에서 생산성과 집중력이 향상되었고, 스트레스지수와 피로도가 감소되었다. 또한 변동리듬 a=1.106의 재즈음원, 붉은 조명 및 아로마향기의 다감각자극에서 심박동이 안정되게 유지되었으며, 바이브라이미지의 긴장도와 스트레스 역시 감소되었다.

변동리듬 a=1.106 음원, RED조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 쾌적성과 집중력 향상에 효과적이라는 것을 알 수 있었으며, 단일감각에 노출되기 전보다 뉴로에너지가 증가한다는 것을 알 수 있었다. 변동리듬 a=1.106 음원, RED조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 자극을 가하기 전보다 또한 단일감각자극을 가했을 때 보다 뉴로에너지가 증가된다는 것을 알 수 있었다.

Abstract To enhance the energy saving and comfort of indoors, this study performed a stimulation of sound fluctuation, color temperature, and aroma. The experiment with EEG, HRV, and Vibra images was conducted in an environmental test room with a temperature of 25[°C], relative humidity of 50[RH%], air current speed of 0.02[m/s], and illuminance of 1000[lux]. The stimulation experiment set up different sensory stimulation conditions, such as before exposure, single-sensory stimulation of fluctuation a=1.106 jazz music, single-sensory stimulation of RED color lighting, single-sensory stimulation of scent aroma, and multi-sensory stimulation of fluctuation a=1.106 jazz music, RED color lighting, and scent aroma.

After the multi-sensory stimulation of fluctuation a=1.106 jazz music, RED color lighting and scent aroma, the capacity for work and attention were increased, and the stress index and fatigue degree were decreased. In addition, multi-sensory stimulation of fluctuation a=1.106 jazz music, RED color lighting, and scent aroma were effective in maintaining a stable heart and health. In addition, the Vibra image appeared to decrease tension/anxiety and stress. The multi-sensory stimulation of fluctuation a=1.106 jazz music, RED color lighting, and scent aroma help increase the Neuro-energy more than that by no exposure and single-sensory stimulation.

Keywords : EEG, HRV, image, Neuro-energy, Productivity, Vibra

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

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

Received December 6, 2017

Revised January 2, 2018

Accepted January 5, 2018

Published January 31, 2018

1. 서 론

과도한 비재생에너지 소비에 따른 지구 온난화 현상으로 인해 과도한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 신재생에너지를 개발하려는 노력이 계속되고 있다[1]. 국내에서도 친환경 건축물 인증제도를 실시하고 있으며 제2롯데월드에는 이에 ‘최우수 등급’을 획득하였으나 실질적으로 효율적이지 못한 측면도 있기 때문에 신재생에너지는 크게 활용되지 못하고 있다.

또한 에너지이용합리화법에 의해 냉방 시에 평균 28[°C] 이상, 난방 시에 평균 18[°C] 이하로 실내 온도를 규정하여 비재생에너지 소비를 줄이고 있으나, 이 정책은 뉴로에너지는 고려하지 않고 비재생에너지 소비 감소만을 고려한 정책이다. 뉴로에너지란 인간의 인지 및 감각을 이용한 심리적에너지와 근육을 이용한 물리적에너지를 말하며, 온도나 습도 등의 실내 환경인자들은 인간의 집중력, 생산성 및 쾌적감 등의 뉴로에너지를 변화시킨다[2].

본 논문에서는 뉴로에너지의 증강과 비재생에너지 소비의 절약을 위해 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 향온향습실에서 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 에센셜 오일 향기의 감각자극에 노출되기 전, 단일감각자극, 여러 자극에 동시에 노출시킨 다감각자극으로 변화를 주어 실험을 진행하였으며, 감각자극을 주면서 뇌파(Electroencephalogram, 이하 EEG), 학습능력(Learning Ability) 및 심박동변이도(Heart Rate Variability, 이하 HRV)의 방법으로 인체의 내연적 심리상태, 진동이미지(Vibra image)로 인체의 외연적 심리상태를 측정 및 분석함으로써 뉴로에너지 증강에 단일감각자극과 다감각자극이 미치는 영향에 대한 연구를 하였다.

2. 실험방법

2.1 측정실의 조건

본 논문에서 사용한 측정실인 향온향습실의 규격은 4×5×3[m]이고, 온도는 -10~40[°C] ±0.5[°C], 습도는 20~90[RH%] ±3[RH%] 그리고 조도는 0~2000[lux] ±3[lux] 이다.

2.2 피험자 조건

본 실험은 건강에 이상이 없는 20대 대학생 남성 4명, 여성 4명으로서 신장 155~177(cm), 체중 44~80(kg)의 신체조건을 가진 대상을 피험자로 선정하였다. 피험자의 활동량은 쾌적한 환경에서 의자에 앉아 안정을 취할 때의 활동량으로써 1met(metabolic rate: 1met=58.2 W/m²)으로 하였으며, 외투를 입지 않은 가벼운 옷차림(양말, 팬티, 티셔츠, 긴바지)으로 착의상태를 통일하였다.

2.3 감각자극 선정조건

2.3.1 변동리듬 a지수에 따른 청각자극

변동리듬이란 음원이 갖는 고유의 주파수를 말하고, $\frac{1}{f^n}$ 변동리듬이란 에너지 스펙트럼이 주파수 f에 반비례하는 것을 말한다[3]. 산새 소리, 계곡의 물 소리와 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 안정상태를 유발한다[4]. 본 연구에서는 a=1.106의 변동리듬 a=1.106 재즈의 Bellavia 음원을 선정하였다. 변동리듬 측정은 본 연구실에서 자체 개발한 변동리듬 판정 프로그램을 이용하였다.

2.3.2 색온도에 따른 시각자극

2000~3000[°K]의 낮은 색온도인 RED조명을 이용하여 실험하였다. 조명의 색온도 및 색도좌표 측정 장비인 CL-200A (KONICA MINOLTA Inc.)를 활용하여 색도좌표를 측정된 결과는 표 1와 같다.

Table 1. Chromaticity Diagram of RED Lighting

	x	y
RED	0.6975	0.3021

2.3.3 아로마에 따른 후각자극

스트레스와 우울증을 완화 시키는 데에 효과적인 자스민 에센셜 오일을 이용하였다. 정량적인 측정을 위해 뜨거운 물에 에센셜 오일을 떨어뜨려 수증기와 함께 흡입하여 단시간에 강력하게 흡입되고 호흡기 및 순환기계

를 촉진시켜주는 증기흡입법(Steam Inhalation)을 이용하여 실험을 진행하였다[5].

2.4 생체반응측정 및 분석

2.4.1 생체반응측정조건

본 연구는 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 향온향습실에서 변동리듬 $a=1.106$ 제즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 감각자극에 노출되기 전, 단일감각자극 그리고 다감각자극으로 변화를 주어 생체반응 실험을 총 7회 반복 실험하였다. 생체반응측정은 눈을 감은 상태에서 피험자 1명당 EEG, HRV 및 진동이미지를 5분간 측정하였고, 눈을 뜬 상태에서 학습능력을 5분간 측정하였다.

2.4.2 인지 측정

인지측정을 위해서는 EEG측정과 진동이미지측정이 필요하다. EEG측정은 전문 생체신호계측장비인 PolyG-I(Laxtha Inc.)를 활용하였고, 국제전극배치법인 International 10-20 System에 의해 오른쪽 컷볼과 뒷목(목덜미)의 기준 전극을 제외하고, 전전두엽, 전두엽, 측두엽, 후두엽의 두뇌 총 8부위에 전극을 부착하고, 정량적 EEG분석을 위해 1회당 5분간 측정하여 8채널의 EEG를 비교 및 분석하였다[6].

객관적 검증을 위해 두 개 이상 집단들의 평균 간 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하는 방법인 분산분석(Analysis of Variance, 이하 ANOVA)방법을 이용하여 통계검증을 하였다.

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 머리와 목의 미세 움직임)을 초당 12~15 프레임의 입력 주파수를 가진 카메라로 그림 1과 같이 측정하여, 스트레스(Stress)와 긴장불안(Tension/Anxiety)의 2가지 파라미터를 Vibra image7 S/W로 분석하는 프로그램이다.[7,8].

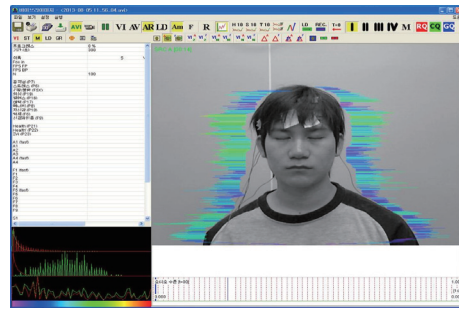


Fig. 1. Vibraimage measurement monitor

2.4.3 HRV 측정

HRV는 EEG측정과 동시에 진행하였고, 좌측과 우측의 손목 및 좌측 발목에 전극을 착용한 상태에서 5분간 측정하였다. 전문 자율신경계 균형 검사기인 SA-3000P(Medicore Co. Ltd., Korea)을 활용하여 측정하였다.

3. 실험결과

3.1 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 EEG의 쾌적성 변화

변동리듬 $a=1.106$ 제즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전과 변동리듬 $a=1.106$ 제즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각자극에 노출되었을 경우에 따른 비대칭지수 A_2 와 상대 $M\alpha$ 파(10~12[Hz])를 측정할 결과는 그림 2와 같다. 비대칭지수 A_2 는 좌우뇌의 상대 α 파 활성도 차이를 이용하여 나타난 것으로써 긍정의 감성에서는 좌뇌의 상대 α 파가 활성화되고 부정의 감성에서는 우뇌의 상대 α 파가 활성화되는데[9], 긍정과 부정의 감성이 균형을 이루게 되면 그 비대칭지수 A_2 가 “0”에 가까워져서 감성적으로 안정되며[10], 상대 $M\alpha$ 파는 깊은 명상, 정신 통일 및 심신이 안정된 상태에서 활성화된다[11]. 그림 4와 같이 감각자극에 노출되기 전과 변동리듬 $a=1.106$ 제즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각자극에 비하여 변동리듬 $a=1.106$ 제즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 비대칭지수 A_2 가 -0.0127로 “0”에 가장

근접하며, 상대 $M\alpha$ 파는 1.4353[%]로 가장 활성화되므로 변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 심신과 감성 안정에 가장 효과적이라 판단된다. 상대 $S\alpha$ 파의 ANOVA 통계검증 결과는 표 2과 같이 유의확률(P) 값이 0.009^{**} 로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

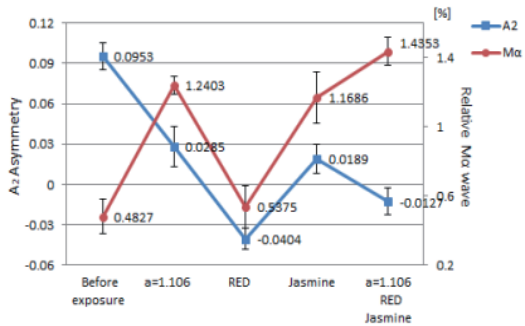


Fig. 2. Variation of A_2 Asymmetry and Relative $M\alpha$ wave due to Multi-sensory Stimulation

Table 2. Statistical Analysis of Relative $M\alpha$ wave

	Relative $M\alpha$ wave
Sum of Suares	0.171
DF	39
Mean Suare	0.016
F Value	7.338
Pr > F	0.0008 ***

*** $P < 0.001$

3.2 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 EEG의 집중력 변화

변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 에센셜 오일 향기의 감각자극에 노출되기 전, 단일감각자극에 노출되었을 경우 그리고 다감각자극에 노출되었을 경우에 따른 상대 $M\beta$ 파(15~20[Hz])와 $SEF50$ (4~50[Hz])을 측정된 결과는 그림 3과 같다. 상대 $M\beta$ 파는 의식적인 행동 및 일반적인 작업을 수행할 시에 활발히 발생하는 파형이며, $SEF50$ 은 인지부하도를 측정하는 지표로서 수치가 높을수록 인지능력이 높아진다[12]. 그림 3과 같이 감각자극에 노출되기 전과 변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및

자스민 향기의 단일감각자극에 비하여 변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 상대 $M\beta$ 파가 1.7426[%]로 가장 활성화되며, $SEF50$ 은 106.6081[%]로 가장 활성화되므로 변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED (0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 작업수행 능력과 주의력 향상에 가장 효과적이라 판단된다. 상대 $M\beta$ 파와 $SEF50$ 의 ANOVA 통계검증 결과는 표 3과 같이 유의확률(P) 값이 각각 0.074^* , 0.007^{**} 로써 0.1과 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

그림 4와 같이 (a)Before exposure에 비하여 (b)변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 후두엽의 α 파 패턴이 활성화되는 것을 알 수 있으며, 집중도 패턴 또한 (a)Before exposure에서 평균 46.4[%]에 비하여 (b)변동리듬 $a=1.106$ 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 평균 70[%]를 유지하는 것을 알 수 있다.

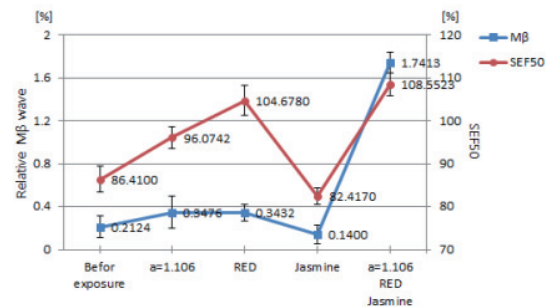


Fig. 3. Variation of Relative $M\beta$ wave and $SEF50$ due to Multi-sensory Stimulation

Table 3. Statistical Analysis of Relative $M\beta$ wave and $SEF50$

	Relative $M\beta$ wave	$SEF50$
Sum of Suares	0.065	1982.724
DF	39	39
Mean Suare	0.004	127.330
F Value	3.355	3.948
Pr > F	0.096^*	0.081^*

* $P < 0.1$

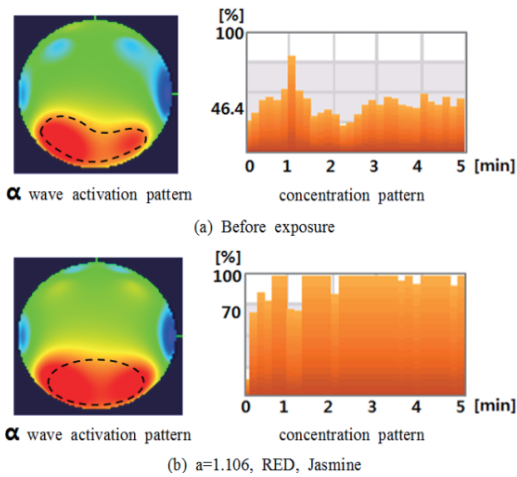


Fig. 4. Variation of Brain Mapping and Concentration pattern due to Stimulation of Fluctuation, Color Temperature and fragrance

3.3 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 신체적 안정변화

감각자극에 노출되기 전, 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각 자극 그리고 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극에 따른 ST지수, ST저항도 및 피로도를 측정하는 결과는 그림 5와 같다.

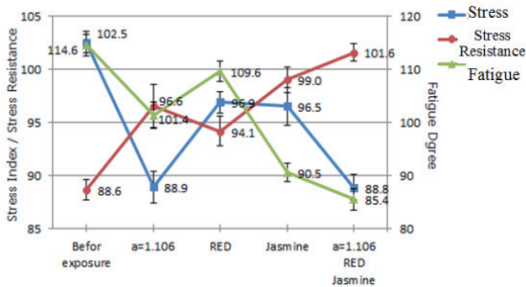


Fig. 5. Variation of Stress Index and Fatigue Degree due to Multi-sensory Stimulation

스트레스지수는 육체적, 정신적인 긴장불안 및 흥분 상태를 이겨낼 수 있는 저항지수로서 수치가 높을수록 피로감이 증가하고, 스트레스저항도는 신체의 스트레스 대처능력으로써 그 수치가 높을수록 스트레스 대처능력이 향상되며, 피로도는 수치가 높을수록 과도한 스트레스를 받는 것으로써 스트레스 지수 및 스트레스 저항도

와 서로 상관관계를 갖는다[13,14]. 그림 5와 같이 감각 자극에 노출되기 전과 변동리듬 a=1.106 음원, RED (0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각자극에 비하여 변동리듬 a=1.106 음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 스트레스지수가 86.4로 가장 감소하며, 피로도는 89.3으로 가장 감소되므로 변동리듬 a=1.106 음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 스트레스와 피로도 저감에 가장 효과적이라 판단된다.

3.4 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 심리적 안정변화

감각자극에 노출되기 전, 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각 자극 그리고 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극에 노출되었을 경우에 따른 심장의 평균심박동수(Mean Heart rate, 이하 HRT)와 심박변이도 표준편차(standard deviation of all the normal RR intervals, 이하 SDNN)를 측정하는 결과는 그림 6과 같다.

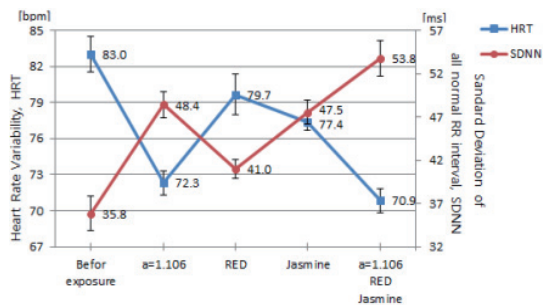


Fig. 6. Variation of HRT and SDNN due to Multi-sensory Stimulation

HRT는 분당 평균심박동수로서 심장이 안정적일수록 그 수치가 낮으며, SDNN은 심장 1회 박동의 R-R 간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차로서 그 수치가 클수록 건강하고 안정된 상태이다 [15]. 그림 6과 같이 감각자극에 노출되기 전과 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각자극에 비하여 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 HRT가 71.8[bpm]으로 가장 낮아지며,

SDNN은 49.0[ms]로 가장 높아지게 되므로 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 심장안정과 건강한 상태 유지에 가장 효과적이라 판단된다.

3.5 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 진동 이미지 변화

감각자극에 노출되기 전, 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각 자극 그리고 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기 자극을 동시에 노출시켰을 경우의 다감각자극에 노출되었을 경우에 따른 긴장불안(Tension/ Anxiety)과 스트레스(Stress)의 3가지 진동 이미지를 측정 한 결과는 그림 7과 같다. 그림 7과 같이 감각자극에 노출되기 전과 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 단일감각 자극에 비하여 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 긴장불안과 스트레스가 각각 31.2와 31.53으로 가장 감소되므로 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 긴장불안 및 스트레스 저감에 가장 효과적이라고 판단된다.

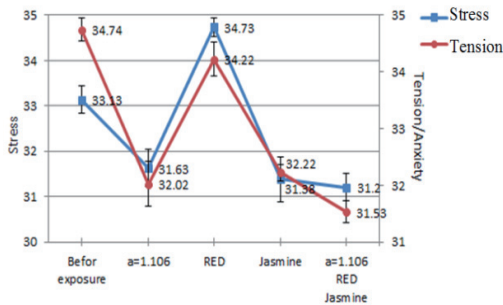


Fig. 7. Variation of Stress and Tension/Anxiety due to Multi-sensory Stimulation

3.6 변동리듬, 색온도 및 자스민 향기 자극에 따른 뉴로에너지 분석

쾌적성, 집중력, 신체적 안정, 심리적 안정 및 진동 이미지(긴장불안, 스트레스)에 가장 효과적인 변동리듬 a=1.106 음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극과 감각자극에 노출되기 전의 뉴로에너지를 비교한 결과는 그림 8과 같다. 그림 8과 같이 감각

자극에 노출되기 전에 비하여 변동리듬 a=1.106 음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극에서 상대 S_{α} 과와 SEF_{50} 이 각각 56.80[%], 14.90[%] 증가하였고, SDNN은 20.61[%] 증가하였으며, 스트레스지수와 긴장불안은 각각 13.19[%], 18.88[%] 감소한 것을 알 수 있다. 따라서 변동리듬 a=1.106 음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극이 쾌적성과 집중력 향상에 효과적이며 신체적 및 심리적 안정에 가장 효과적이라고 판단된다.

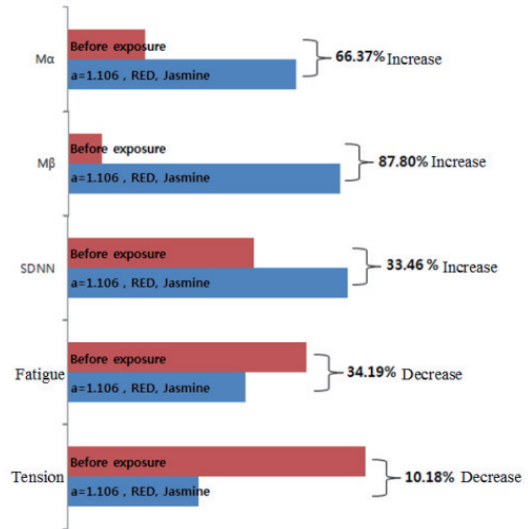


Fig. 8. Variation of Neuro-energy due to Multi-sensory Stimulation

4. 결론

본 연구는 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 에센셜 오일 향기의 감각자극에 노출되기 전, 단일감각자극 그리고 여러 자극에 동시에 노출시킨 다감각자극으로 변화를 주어 실험하였다. 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 향온향습실에서 실험을 진행하였고, 뇌파(EEG), 학습능력(Learning Ability), 심박동변이도(HRV) 및 진동이미지(Vibra image)로 측정하여 인간의 집중력과 쾌적감 등을 분석하였다. 측정 결과 변동리듬 a=1.106 재즈음원, RED(0.6975, 0.3021) 조명 및 자스민 향기의 다감각자극을 주었을 때, 작업수행 능력 및 주의력이 향상되었고, 스트레스와 피로도 저감에도 효과적

이었으며, 심장안정과 건강한 상태 유지에도 효과적이었다. 또한 진동이미지 측정 결과 다감각자극을 주었을 때 긴장불안 및 스트레스 저감에 효과적이라고 판단되었다. 본 연구 결과를 미루어 보아 다감각자극을 주었을 때 다감각자극에 노출되기 전 또는 단일감각자극을 주었을 때에 비해 뉴로에너지 증강에 효과적인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 한정된 감각자극으로 실험하였으므로 향후 보완하여 뉴로에너지 증강에 더욱 효과적인 다감각자극 조건과 함께 채실자의 집중력, 생산성 및 쾌적감 등을 고려한 설계 시공이 이루어져야 한다.

Reference

[1] The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, "Air-Conditioning and Refrigerating Engineers Handbook vol. 2", pp. 6.4-1, 2011.

[2] A.S. Choi, J.E.Lee, B.C.Park, "Development and Application of Health Lighting Plan in Residential Areas", *Architectural Institute of Korea*, vol. 20, no. 10, pp. 287-294, 2004.

[3] H.W. Kim, "A study of the quantitative evaluation of whole body vibration by EEG frequency fluctuation", Hanbat National University, pp. 18-20, 2006.

[4] J.H. Shon, I.G.Yi, J.E.Kim, S.S.Choi, "The Effects of $\frac{1}{f}$ Music on the Psychophysiological Responses Induced by Stressful Visual Stimulation", *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, vol. 1, no. 1, pp. 135-143, 1998.

[5] S.W. Choi, H.K.Hong, "Essential Aromatherapy", Cheong Moon Gak, pp. 57-63, 2009.

[6] 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: <https://doi.org/10.5370/KIEEP.2012.61.1.055>

[7] V.A. Minkin, N. N. Nikolaenko, "Application of Vibrimage 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: <https://doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9>

[8] V.A. Minkin "psycho-physiological state detection and non-contact long distance scanning system build", Elsys research report, pp. 14-20, 2006.

[9] I.S. Seo, "A Study of Stability Evaluation Method Using EEG", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 1, no. 1, pp. 47-48, 2006

[10] R.J. Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", *Brain and Cognition*, vol. 20, pp. 125-151, 1992.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90065-T](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90065-T)

[11] 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: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.1.418>

[12] J.S. Tak, "EEG Differences between Gifted Students and Average Ones in Information Science", Korea National University of Education, pp. 19, 2010.

[13] 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.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.10.2952>

[14] C.H. Chung, "Relationships between Stress and Fatigue of the Nurses in the Operating Room", Chon-nam National University, pp. 18, 2009.

[15] 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 명 호(Myung Ho Kim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 광운대학교 공과대학 원 전기공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 광운대학교 공과대학 원 전기공학과 (공학박사)
- 1995년 2월~1996년 2월 : 동경공업대학 Post Doctor
- 2008년 2월~2009년 2월 : Carnegie Mellon University visiting scholar
- 1992년 9월 ~ 현재 : 가천대학교 설비소방공학과 교수

<관심분야>

BEMS, BIM

이 예 진(Ye-Jin Lee)

[준회원]



- 2016년 2월 : 가천대학교 건축설비공학과 (건축설비공학학사)
- 2017년 2월 : 가천대학교 가천대학 원 설비소방공학과 (설비공학석사)

<관심분야>

건축, 건축설비