

## LED 면조명을 이용한 감성조명시스템의 인체 생리학적 반응에 관한 연구

Study on Human Physiological Responses to Emotional Lighting System using LED Flat  
Lighting

김경태\* · 오승용\* · 유미\*\* · 유창호\*\*\* · 권대규\*\*\*\*†

Kyung-Tae Kim\* · Seung-Yong Oh\* · Mi Yu\*\* · Chang-Ho Yu\*\*\* · Tae-Kyu Kwon\*\*\*\*†

\*전북대학교 헬스케어공학과

\*Department of Healthcare Engineering, Chonbuk National University

\*\*전북대학교 산학협력단 R&D 전략센터

\*\*Center for R & D Strategy, Chonbuk National University

\*\*\*전북대학교 바이오메디컬공학부

\*\*\*Division of Biomedical Engineering, Chonbuk National University

### Abstract

The purpose of this study was to verify human physiological responses to emotional lighting system using LED (light emitting diode) flat lighting. Subjects were ten males in their twenties without medical history to eyes. Colors of LED lighting are red, orange, yellow, green, blue, purple and colorless (white). They were stimulated by LED lighting for 5 minutes. We measured body temperature, heart rate variability (HRV) and electroencephalogram (EEG) before and after color stimulus. In case of EEG analysis, relative power  $\alpha$  wave ratio decreased in the groups of colorless, red and orange color light. Also, sympathetic nerve was more activated than parasympathetic nerve and the body temperature was increased in the groups of colorless, red, orange, yellow color light. On the other hand, relative power  $\alpha$  wave ratio increased and parasympathetic nerve was more activated than sympathetic nerve and the body temperature was decreased in the groups of green, blue and purple color light. The results imply that the LED color lighting system in the realistic experiment environment. In the future, studies with compounded both colors and modes according to situation or auditory as nature sound or olfactory as aroma will be required.

**Key words:** Emotional Lighting System, Light Emitting Diode, Color Therapy, EEG, HRV

### 요약

본 연구에서는 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템의 인체 생리학적 반응을 검증하였다. 실험은 시각 질환

---

※ 이 논문은 중소기업청의 융·복합기술개발사업(과제번호:S2177266)의 지원을 받아 수행된 연구임.

† 교신저자: 권대규 (전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부)

E-mail: kwon10@jbnu.ac.kr

TEL: 063-270-4066

FAX: 063-270-2247

이 없는 건강한 20대 남성 10명을 대상으로 LED 면조명의 색상에 따른 인체의 반응을 평가하였다. LED 조명은 빨간색, 주황색, 노란색, 초록색, 파란색, 보라색, 무채색(하얀색)을 사용하여 5분간 조명 자극을 주었다. 평가 방법으로 심리적 상태를 분석하기 위하여 뇌파와 심박변이도를 평가하였고 피부의 온도 변화를 살펴보기 위해 체열을 평가하였다. 분석 결과 뇌파의 경우 무채색, 빨간색, 주황색 LED 면조명 자극 시  $\alpha$ 파 비율이 감소하였다. 또한 무채색, 빨간색, 주황색, 노란색 LED 면조명 자극을 받을 때 부교감신경에 비하여 교감신경이 활성화되고, 체열이 증가하였다. 이에 비해 초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명 자극을 받을 때에는  $\alpha$ 파 비율의 증가와 교감신경에 비하여 부교감신경의 활성화가 발생하였고 체열이 감소하였다. 향후 각 색상을 조합하여 상황별 모드를 구성한 실험과 시각적 자극 외에 아로마와 같은 후각 자극, 음악과 자연의 소리를 이용한 청각 자극 등을 이용한 복합한 시너지 효과에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

**주제어:** 감성조명시스템, 발광다이오드, 컬러테라피, 뇌파, 심박변이도

## 1. 서론

최근 환경 및 에너지 문제가 크게 대두되면서 청정 광원으로 평가받는 LED(light emitting diode)에 관심이 모아지고 있다(Plitnick et al., 2010; Nishiba et al., 2001). LED는 양전극 단자에 전압을 걸면 한 방향으로만 전류가 주입되고 전자와 정공이 재결합하여 그 일부의 에너지를 자외선, 가시광선, 적외선 등의 빛으로 전환시키는 반도체 소자를 말한다(Chang et al., 2007). 기존의 백열등과 형광등에 비하여 수은이 포함되지 않고 온실가스 배출량이 줄어들어 친환경적이다(Choi et al., 2011; Bergh & Dean, 1972). 또한 단파장 발광으로 고순도의 색상을 표현 할 수 있으며 빨강, 초록, 파랑 LED 조명등을 사용하여 다양한 색상을 간단하게 변화시킬 수 있는 특징을 가지고 있다. 이에 따라 중소기업 및 대기업에서 차세대 광원으로 LED 조명을 이용한 감성조명에 관심을 가지고 있다(Lee & Suk, 2012; Gaffroy et al., 2006; Delbeke et al., 2002; Goins et al., 1997).

현재 Philips, GE, Luxnoba, HAREX 등 국내·외 주요 LED 조명 업체들이 다양한 제품을 출시하고 있다. 네덜란드 Philips는 RGB LED를 이용하여 256컬러 구현 및 원형의 터치 컬러 버튼으로 원하는 조명의 색상을 선택 할 수 있는 제품을 만들었고, 미국 GE는 다층 판막설계 기술과 광학설계 기술을 청색인광재료 기술에 적용하여 약 10,000시간의 고효율, 장수명을 갖는 실용적인 광수준의 OLED를 개발하였다. LED가 차세대 조명으로 주목 받으면서 한국기업들도 LED

조명기구 생산에 돌입하였다(Heo & Yoo, 2012). Luxnoba의 LED 감성조명 (emotion lighting)은 계절이나 시간에 따라 실시간으로 태양의 색온도와 LED 조명 제품의 색온도를 일치시키는 제어기술을 통해 쾌적한 조명 환경을 구현하였다. 또한 HAREX의 HAREX - WL100은 햇빛에 가장 근접한 전체 스펙트럼 (full spectrum)의 자연광 LED 스탠드로 음이온을 발생시킨다. 이로 인해 공기정화 작용 및 장시간 학습, 업무로 피로해진 인체의 대사촉진에 기여하는 기능을 보유하고 있다(Cho et al., 2009).

감성조명 분야 외에도 LED 조명을 이용하여 농작물 재배에 관한 연구도 진행 중에 있다. Lee(2011) 등은 LED 조명을 이용한 식물 배양 시 성장 시간을 단축시킬 수 있다는 특징을 이용하여 각 식물에 따른 고유 파장의 특성을 검증하였다. 또한 Choi(2012)의 연구에서는 LED 광원을 이용하여 식물의 생리 활성화합물의 특성을 분석하였다. 이러한 LED 조명은 다양한 산업에 이용 가능하며 관련 기술은 더욱 진보할 것으로 예상된다. 현재 진행된 기존의 연구를 살펴보면 LED의 단점을 개선 할 수 있는 시스템에 관한 연구나 농작물의 성장 속도 증진 및 화합물 함량에 관한 연구가 주로 진행되었다. 또한 조명을 이용한 인체 생리학적 평가는 LED 조명이 아닌 백색 할로겐에 채색 필터를 사용하여 색채 자극을 제시하거나(Chong et al., 2004), 실험을 진행하는 환경에 페인트를 칠하고 백색의 조명을 제시하여 생리적 신호 변화를 분석하였다(Ryu et al., 2013).

따라서 본 연구에서는 LED 면조명을 이용한 감성

조명시스템을 개발하고, 이를 이용하여 체열, 심박변이도 및 뇌파를 측정하여, LED 면조명의 색상 별 인체 생리학적 반응을 분석하고자 한다.

## 2. 시스템 구성

그림 1은 본 연구팀에서 개발한 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템이다. LED 면조명은 기존의 형광등 및 백열등에 비하여 두께가 얇으면서 넓은 범위에 조명을 비출 수 있고 원하는 색상 및 밝기를 균일하게 제시 할 수 있다. 또한 확산판(diffusion plate)이 설치되어 눈부심을 최소화 시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다.

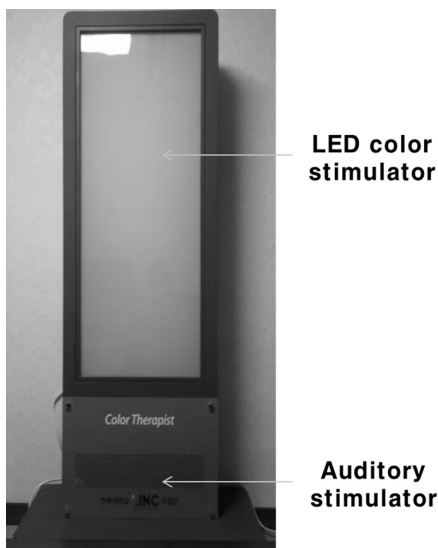


Figure 1. Emotional Lighting System using LED Flat Lighting

본 감성조명시스템은 LED 면조명을 이용하여 자연의 빛을 재현함으로써 기존 조명의 단순함을 개선하고 인간의 생체리듬에 맞추어진 면조명을 구현하였다. 이를 이용하여 사용자의 요구와 신체 변화에 따라 주거 공간 내 면조명의 색상, 색온도 및 밝기를 변화시켜 감성을 충족시켜 줄 수 있는 조명을 개발하였다. 디자인은 범용적 디자인(universal design)을 고려하여 제작하였다.

600×1200mm(W×H) 크기의 LED 조명부를 설치하였고 LED는 40×32mm (W×H) 크기의 GLM-BIT -4P (Good I-Tech, KOREA)를 이용하여 가로는 45mm 간

격으로 5개, 세로는 15mm 간격으로 20개 총 100개를 배열하였다. 이는 SMPS (switching mode power supply)를 이용하여 전원을 공급받아 Main controller인 GMC-BIT-000 (Good I-Tech, KOREA)을 구동시켜 다양한 LED 면조명의 색상을 구현 할 수 있다.

## 3. 연구방법

### 3.1. 피험자

표 1은 피험자의 신체정보를 나타낸다. 본 연구에서는 20대 남성 10명을 대상으로 실험을 진행하였고 모든 피험자는 색약 및 색맹 등의 시각적 질환이 없는 신체 건강한 자로 선정하였다.

Table 1. Subject information

	Test group
Age	23.4 ± 2.1 yr
Height	175.7 ± 4.7 cm
Weight	65.6 ± 5.4 kg

### 3.2. 실험 절차 및 측정 장치

본 연구에서는 개발된 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템을 이용하여 자극 전과 후의 체열, 심박변이도 및 뇌파의 인체 생리학적 평가를 측정하였다. 인체의 생리 신호는 감정의 변화 뿐 만 아니라 다양한 외적 요소의 영향을 받을 수 있기 때문에 외부 외란(noise)에 의한 영향을 최소화하기 위해 암막 커튼을 이용하여 외부의 빛을 차단하고 소음이 유발되는 요소(휴대폰, 음향시스템 등)를 제거하여 실험 환경을 구성하였다.

그림 2는 LED 면조명을 이용한 생리 특성 분석 실험의 구성도를 나타낸다. 실험실 환경은 실내 온도 21~23.5℃, 습도 50%를 유지하였다. 또한 감성조명시스템은 피험자의 정면 위치에서 2.5m의 거리 앞에 두었고, 피험자의 시야각은 좌우 60°, 상하 30°로 유지하여 실험을 진행하였다. 인체 생리 특성 분석을 위해서는 체열과 심박변이도(heart rate variability, HRV), 뇌파(electroencephalogram, EEG)를 분석하였다. 체열은 T-1000HD (MESH, KOREA)를 이용하였으며 심박변이

도와 뇌파는 BIOPAC System MP150 (Biopac System Inc., USA)과 Acqknowledge III를 사용하였다.

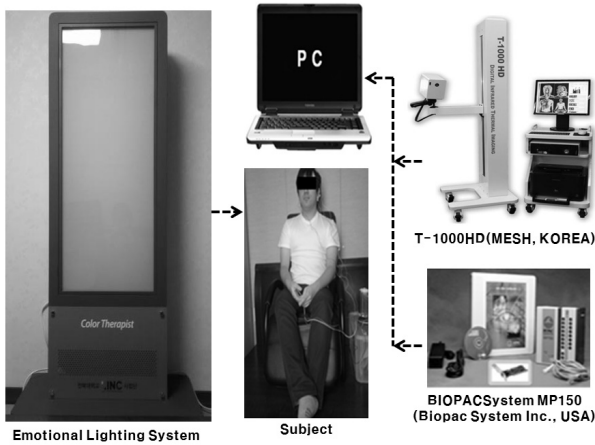


Figure 2. Experimental configuration

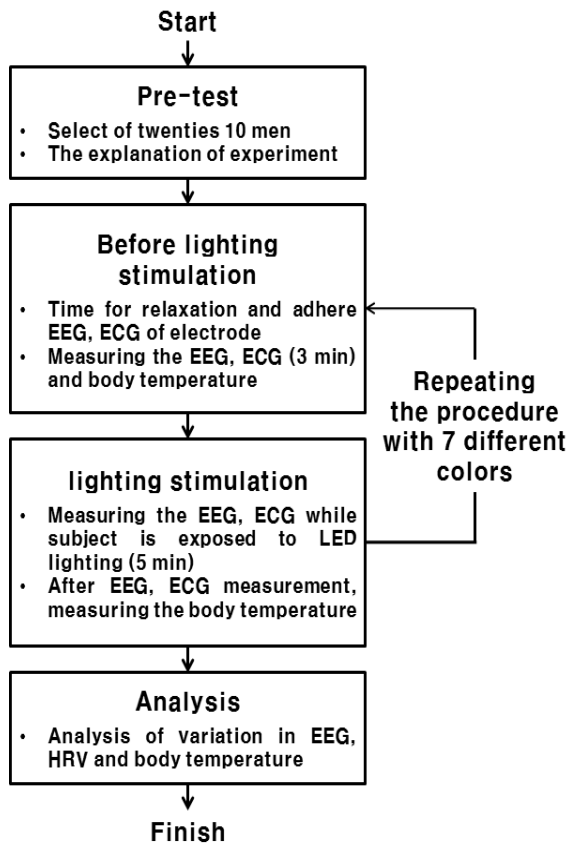


Figure 3. Block diagram of the experimental procedure

그림 3은 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템의 감성조명 자극 변화에 따른 인체 생리학적 반응을 검증하기 위한 실험 블록선도를 나타내고 있다. 실험 전 심박변이도와 뇌파는 무자극 상태에서 3분간 측정하

였고 LED 조명 자극을 주어 5분간 측정을 진행하였다. 또한 체열 사진 측정은 실험 전과 후에 측정하였다. 심박변이도는 심전도(electrocardiogram, ECG) 신호를 측정하여 분석하였다.

측정방법은 Lead 1을 선택하여 샘플주파수 1000Hz로 측정하였다. 획득된 신호는 R-R 간격을 등간격으로 유지했을 때의 분당 비트의 수를 나타내는 심박율을 구하였다. 이후 이 파형을 시간축 상의 등간격으로 샘플링하여 심박 변동률을 구하였다. 그로부터 부교감신경에 대한 교감신경의 우세 정도, 즉 고주파 성분과 저주파 성분의 비를 나타내는 변수 HF/LF를 계산하였다. 이를 이용하여 자극 전과 후의 자율신경계의 영향을 분석하였다. 부교감신경을 반영해주는 HF 영역은 0.15~0.5Hz로 잡았으며, 교감신경을 반영하는 LF 영역은 0.04~0.15Hz의 구간으로 한정하였다(Saul et al., 1991).

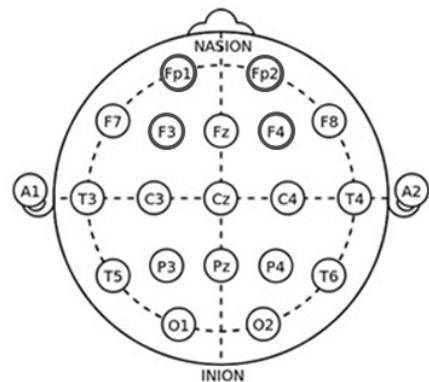


Figure 4. Position of the electrode for EEG

그림 4는 뇌파의 측정을 위한 전극 부착 부위를 나타낸다. 뇌파는 머리 표면에 단극자 방식으로 측정하였으며 International 10-20 방법에 의하여 측정 포인트를 Fp1(좌뇌 전전두엽), Fp2(우뇌 전전두엽), F3(좌뇌 전두엽), F4(우뇌 전두엽) 총 4개의 위치에 측정 전극을 부착하였다. 본 위치는 기본적인 인체의 반응과 스트레스를 살펴 볼 수 있는 영역으로 판단되어 선택하였다(Lee et al, 2011). 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극을 사용하였다. 피부와의 접촉 저항을 최소화하기 위해 알코올 솜을 이용하여 머리 표면의 이물질들을 닦아낸 후 접시 전극에 뇌파 전극용 젤을 도포하여 부착하였다. 또한 부착된 전극 위에 거즈를 부착하여 전극용 젤이 빨리 굳지 않고 머리 표면에 잘 고정되도록 하였다. 샘플주파수 1000Hz로 측정하였으

며 주파수 파워 스펙트럼 밀도를 이용하여 안정감을 얻을 때 발생하는  $\alpha$ 파(8-13Hz)와 약간의 긴장, 흥분, 불안상태에서 발생하는  $\beta$ 파(13-30Hz)를 이용하여  $\alpha$ 파 / ( $\alpha$ 파+ $\beta$ 파)로 계산하여 분석하였다(Kim & Kim, 2004).

체열은 얼굴의 안면 얼굴 부위와 손바닥 부위의 자극 전 후 변화를 살펴보았다. 일반적으로 혈액순환을 통해 유지되는 체열은 심부온도에 의하여 유지된다. 만약 심부의 온도가 떨어지면 피부 내부의 혈관을 수축시켜 체열 발산을 줄이고 반대의 경우 피부 혈관을 확장하여 체열 발산을 늘린다. 따라서 체열의 변화는 심부 온도변화의 지표가 되며 이를 이용하여 자율신경계의 변화를 관별할 수 있다(Sim, 1998).

### 3.3. 실험에 이용한 LED 면조명의 색상

표 2는 피험자가 실험 의자에 착석 후 피험자의 눈 위치에서 측정 한 LED 면조명의 X-value, Y-value 및 조도를 나타내고 있다. 실험에는 피험자의 주관에 따라 대조군으로 이용 할 무채색(하얀색)과 사람들에게 인지율이 높은 무지개 색상 중 남색을 제외 한 6가지 색상을 대상으로 실험을 진행하였다(Kim & Kim, 2004; Yoto et al., 2007). 그에 따른 LED 면조명의 X-value, Y-value 및 조도는 Minolta의 CL-200A를 이용하여 측정하였다. 남색의 경우 어두운 파란색에 해당되는 색상으로 다른 색상에 비해서 파란색과 조도 차이만 존재하여 실험에서 배제하였다.

### 3.4. 자료 분석

본 연구의 통계처리는 PASW Statics 18(SPSS Inc.,

USA) 통계 프로그램을 사용하였다. 또한, LED 면조명을 이용한 감성조명시스템의 색상 자극 전과 후의 유의성을 검증하기 위하여 대응표본 T검정을 이용하였다. 통계학적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1. LED 면조명 색상에 따른 체열 분석

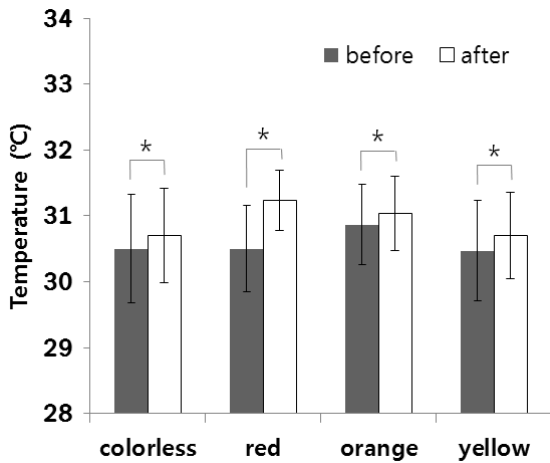
그림 5는 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템 적용 전·후의 피험자 안면 얼굴 부위 피부 온도를 비교한 결과이다. 그림에서 X축은 면조명의 색상을, Y축은 피부 체 표면의 온도를 나타낸다.

실험 결과 무채색과 빨간색, 주황색, 노란색 LED 면조명 자극 시 통계적으로 유의하게 피부 표면 온도가 증가하였다(무채색 :  $0.2 \pm 0.10^\circ\text{C}$ , 빨간색 :  $0.7 \pm 0.20^\circ\text{C}$ , 주황색 :  $0.2 \pm 0.04^\circ\text{C}$ , 노란색 :  $0.2 \pm 0.04^\circ\text{C}$ 의 증가). 이는 장파장의 조명을 이용 시 심부 온도 증가 및 피부 혈관이 확장되어 체열 발산을 늘려 피부 표면 온도가 증가 한 것으로 사료된다(Refinetti & Menaker, 1992).

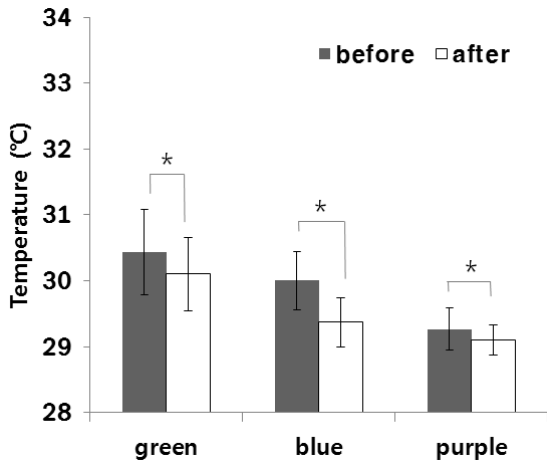
초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명 자극을 제시 시 통계적으로 유의하게 피부 표면 온도가 감소하였다(초록색 :  $0.3 \pm 0.09^\circ\text{C}$ , 파란색 :  $0.6 \pm 0.06^\circ\text{C}$ , 보라색 :  $0.2 \pm 0.07^\circ\text{C}$ 의 감소). 이러한 결과는 단파장에 가까운 조명에 의하여 혈액순환에 의해 유지되는 심부온도를 감소시키고 그로 인해 피부 혈관이 수축하여 체열 발산이 감소한 것으로 사료된다(Yun & Choi, 1994; Åkerstedt et al., 1997).

Table 2. Chromaticity coordinates and illumination of the light

	X-value	Y-value	illumination (lx)
colorless	$0.35 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.01$	$72.42 \pm 1.43$
red	$0.68 \pm 0.02$	$0.29 \pm 0.01$	$20.91 \pm 1.71$
orange	$0.53 \pm 0.01$	$0.41 \pm 0.01$	$43.60 \pm 1.42$
yellow	$0.45 \pm 0.01$	$0.48 \pm 0.01$	$64.56 \pm 2.01$
green	$0.14 \pm 0.01$	$0.72 \pm 0.01$	$42.92 \pm 0.74$
blue	$0.17 \pm 0.01$	$0.04 \pm 0.01$	$8.83 \pm 0.28$
purple	$0.33 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	$24.44 \pm 0.90$



(a)



(b)

Figure 5. Body temperature changes according to LED lighting stimulus: (a) colorless, red, orange, yellow, (b) green, blue, violet (\* $p < 0.05$ )

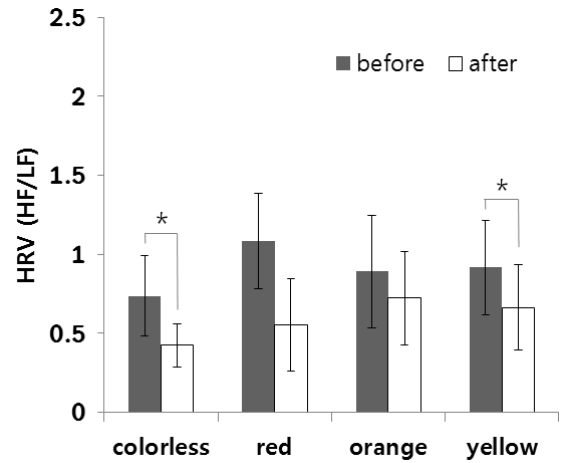
#### 4.2. LED 면조명 색상에 따른 심박변이도 분석

그림 6은 LED 면조명 자극 전·후의 심박변이도 결과를 분석한 것이다. 그림에서 X축은 면조명의 색상을, Y축은 심박변이도(부교감신경/교감신경)를 나타낸다.

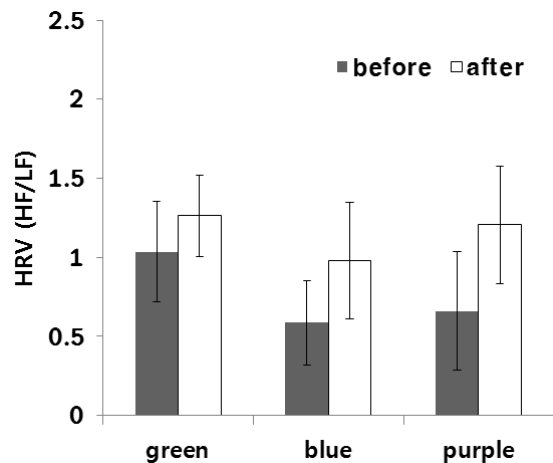
심박변이도 분석 결과 피험자에게 무채색, 빨간색, 주황색, 노란색 LED 면조명 자극을 제시 시 HF/LF 비율이 감소하여 교감신경의 활성화되었다. 특히 빨간색 LED 면조명 자극에서 49%의 감소를 하였는데 이는 다른 면조명 색상에 비해 교감신경의 활성화가 크게 나타나 긴장 및 불안감을 증가시키는 것으로 사료

된다. 반면 초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명 자극에서 HF/LF 비율이 증가하였다. 다른 면조명에 비하여 보라색 LED 면조명 자극 시 가장 크게 증가하였다. 또한 초록색, 보라색 LED 면조명 자극 시 HF/LF 비율이 1보다 크게 나타나 교감신경보다 부교감신경이 더 활성화되었다. 이는 감성변화에 있어 안정감을 유발한다는 것을 알 수 있다(Chong et al., 2004).

무채색과 노란색 외에 통계적 유의성은 볼 수 없었는데 이는 LED 면조명의 색상에 따른 피험자 개인의 감성 변화 차이에 의한 것으로 사료된다.



(a)



(b)

Figure 6. HRV changes according to LED lighting stimulus: (a) colorless, red, orange, yellow, (b) green, blue, violet (\* $p < 0.05$ )

### 4.3. LED 면조명 색상에 따른 뇌파 분석

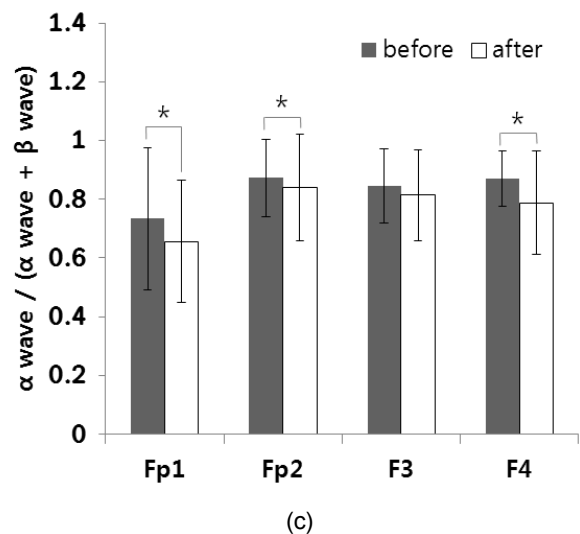
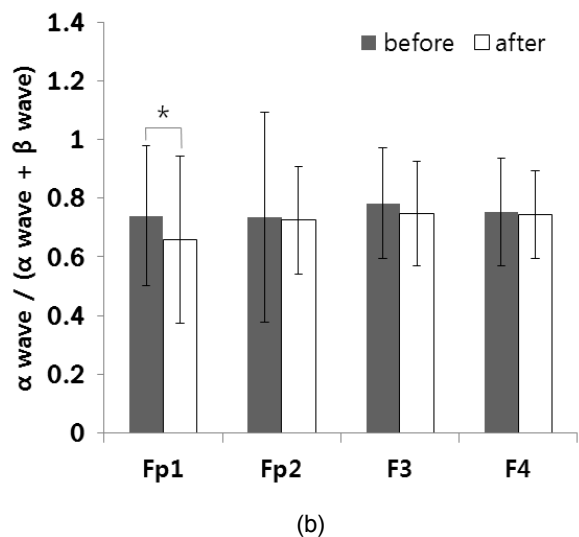
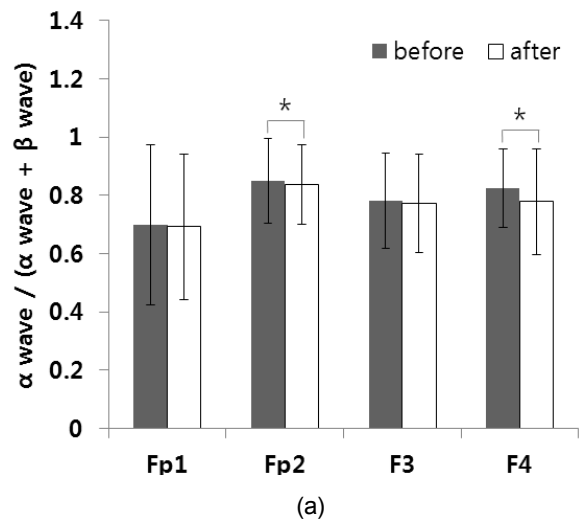
그림 7, 8은 LED 감성조명시스템을 이용하여 난색, 한색계열의 색상 자극 전·후 피험자의 뇌파 변화를 나타내고 있다. 그림에서 그래프의 X축은 측정 부위를 나타내고 있으며, Y축은 ( $\alpha$ 파/ $(\alpha$ 파+ $\beta$ 파))을 나타낸 것이다.

그림 7의 실험 결과 무채색 LED 면조명을 이용 시 Fp2에서 1.60%, F4에서 5.90%로  $\alpha$ 파 비율이 유의하게 감소하였다.  $\alpha$ 파 감소는 활동 시 주로 발생하는데 각성 효과가 일어난 것으로 사료된다.

빨간색 LED 면조명을 이용한 실험에서는 전체적으로 감소하였는데 특히 Fp1에서 10.59%로 유의한  $\alpha$ 파 비율의 감소를 보였다. 이는 피험자의 피드백으로 유추 해 본 결과 어두운 상태에서 빨간색 LED 면조명 자극을 받을 시 심리적으로 긴장 및 공포심을 느낀다는 평에 의하여 인지적 각성이 더 증가 했을 것으로 사료된다.

주황색 LED 면조명을 이용 시 Fp1, Fp2, F4에서 유의하게  $\alpha$ 파 비율의 감소를 보였다. 이는 빨간색 LED 면조명 자극 시 와 같은 원인으로 사료된다. 이러한 결과는 빨간색, 주황색 LED 면조명 자극의 인지적 각성 효과는 긴장이 필요하거나 기분이 우울할 때 이용이 가능 할 것으로 사료된다.

노란색 LED 면조명을 이용한 실험에서는 유의한 결과를 보이지 않았다. 그러나  $\alpha$ 파 비율이 Fp1, Fp2, F4에서는 감소하였고 F3에서는 증가하였는데 Lee(2009)의 연구 결과와 대조적인 결과를 보였다. 이는 같은 노란색이지만 LED를 이용하여 광원으로 자극 시 노란색이 빛에 의해 분산되면서 색채자극에 비해 상대적으로 색감이 많이 희석되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 색상을 사용할 때 자극 방법에 따라 색상의 농담과 느낌이 다를 수 있기 때문에 다른 결과가 나올 수도 있을 거라 판단된다.



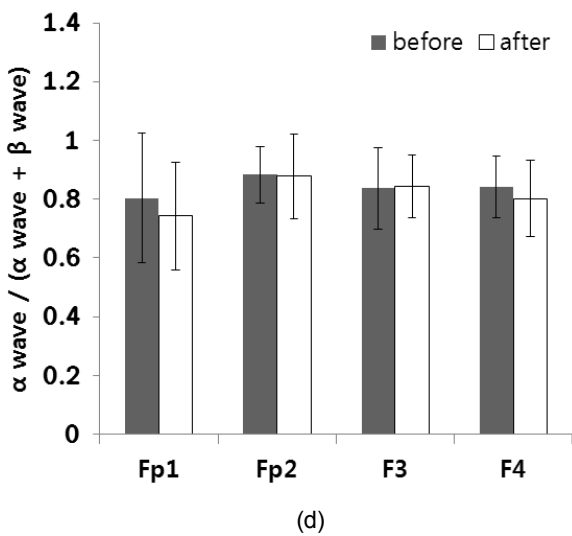


Figure 7. EEG changes according to LED lighting stimulus: (a) colorless, (b) red, (c) orange, (d) yellow (\*p<0.05)

그림 8의 뇌파 분석 결과 초록색을 이용한 실험에서 유의한 결과를 보이지 않았으나  $\alpha$ 파 비율이 증가하였다. 이는 숲과 자연의 이미지를 보유하고 있는 초록색의 이미지로 각성 감소 및 정서적 안정을 유발한 것으로 사료된다.

파란색 LED 면조명을 이용 시 Fp2, F4의 위치에서 유의하게  $\alpha$ 파 비율이 증가하였다. 이는 파란색 LED 면조명 자극 시 정서적 안정 유발과 집중력을 높여 준다고 판단된다. 이는 학생들의 학습 및 교육과 관련된 공간에 도움이 될 수 있을 거라 사료된다.

보라색 LED 면조명을 이용한 실험에서는 전체적인  $\alpha$ 파 비율이 증가하였는데 F3, F4에서 유의하게 증가하였다. 빨간색과 파란색의 혼합색인 보라의 효과는 빨간색의 각성 효과와 파란색의 이완 효과를 모두 가지고 있다(Lee & Lee, 2012). 실험 결과 LED 면조명을 이용 시 이완에 가까운 효과를 가지고 있음을 알 수 있다.

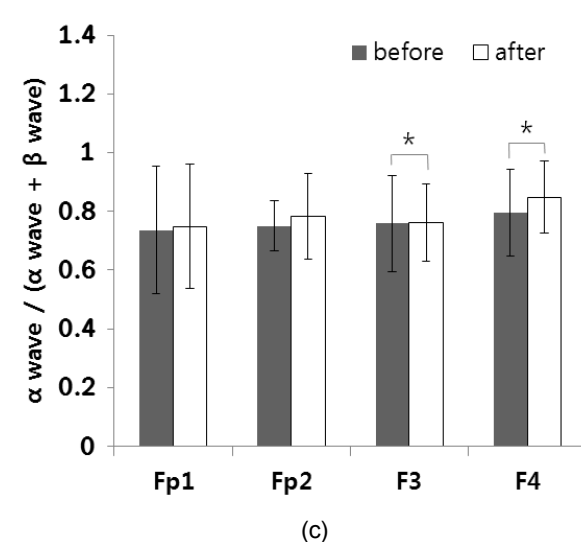
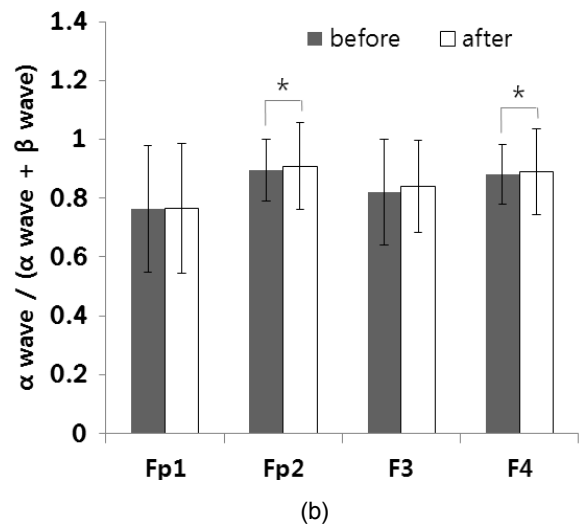
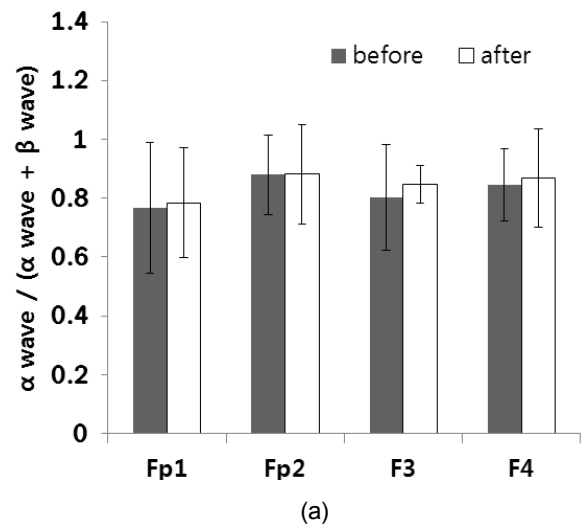


Figure 8. EEG changes according to LED lighting stimulus: (a) green, (b) blue, (c) purple (\*p<0.05)



## 5. 결론

본 연구에서는 LED 면조명을 이용한 감성조명시스템을 개발하였고, 이를 이용하여 20대 남성을 대상으로 인체 생리학적 반응을 분석하였다.

먼저 체열 분석 결과 무채색, 빨간색, 주황색, 노란색 LED 면조명 자극 시 체열이 증가하였고 초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명 자극 시 피부의 온도가 감소하였다. LED 색상 별 면조명 자극에 따른 심박변이도 분석 결과 무채색, 빨간색, 주황색, 노란색 LED 면조명을 이용한 실험에서 HF/LF 비율이 감소하였다. 또한 초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명을 이용하여 실험 진행 시 HF/LF 비율이 증가하였다. 마지막으로 뇌파의 분석 결과 무채색, 빨간색, 주황색 LED 면조명을 이용한 실험에서  $\alpha$ 파의 비율이 감소하였다. 또한 초록색, 파란색, 보라색 LED 면조명을 이용하여 실험 진행 시  $\alpha$ 파의 비율이 증가하였다.

향후 LED 면조명 자극 시 인체 생리학적인 변화에 대한 연구가 과학적이고 다양한 요소를 통하여 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이러한 연구는 컬러디자인, 컬러 환경 및 컬러치료 분야 뿐 만 아니라 레이키(reiki), 오라(aura)와 차크라(chakra) 등의 영적인 영역까지 컬러에 관한 연구의 폭을 열어 줄 수 있을 거라 사료된다.

## REFERENCES

- Åkerstedt, T., Fröberg, J. E., Friberg, Y., & Wetterberg, L. (1979). Melatonin excretion, body temperature and subjective arousal during 64 hours of sleep deprivation, *Psychoneuroendocrinology*, 4(3), 219-225.
- Bergh, A. A., & Dean, P. J. (1972). Light-emitting diodes, *Proceedings of the IEEE*, 60(2), 156-223.
- Chang, J. H., Park, B. C., & Choi, A. S. (2007). A Study on the Preferences and Associated Images in Changes of Colors and Patterns of LED(R,G,B) Luminaires, *The Architectural Institute of Korea*, 23(6), 255-262.
- Cho, M. R., Jeon, S. K., & Yang, S. Y. (2009). Trend of the National and International Standards for LED Lightings, *The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 2009(5), 141-144.
- Choi, G. H., Kwon, J. K., Park, K. S., Lee, S. Y., Rho, I. R., Jeong, H. J., Choi, M. W., & Kang, N. J. (2012). Characteristics of Bioactive Compounds Contents of Strawberry under LED Light in Plant Factory, *Korean journal of horticultural science & technology*, 30(S1), 204-205.
- Choi, S. H., Song, S. M., & Kim, D. N. (2011). The Feasibility of LED Lighting as the Street Light's Lighting, *The Architectural Institute of Korea*, 27(9), 65-72.
- Chong, W. S., Hong, C. U. & Kim, N. G. (2004). A Study on Human Response to Color Light Stimulation, *Korean Journal of the science of Emotion & sensibility*, 7(4), 51-56.
- Delbeke, D., Bockstaele, R., Bienstman, P., Baets, R., & Benisty, H. (2002). High-efficiency semiconductor resonant-cavity light-emitting diodes: a review, *Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of*, 8(2), 189-206.
- Geffroy, B., Le Roy, P., & Prat, C. (2006). Organic light emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies, *Polymer International*, 55(6), 572-582.
- Goins, G. D., Yorio, N. C., Sanwo, M. M., & Brown, C. S. (1997). Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting, *Journal of experimental botany*, 48(7), 1407-1413.
- Heo, M. I. & Yoo, W. J. (2012). A Study on the activation of fusion technology through LED lighting industry, *The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 26(4), 1~5.
- Kim, D. J. & Kim, H. H. (2004). Comfortableness Evaluation Method using EEGs of the Frontopolar and the Parietal Lobes, *The transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 53(5), 374-379.
- Kim, J. E. & Kim, Y. I. (2004). A Study on the

- Characteristics and Images of Rainbow Colors For Fashion Design, *Journal of the Korean Society of Costume*, 54(5), 125-138.
- Lee, A. Y. & Lee, S. H. (2012). The Effect of Color on Human Physiological and Emotional Responses - Focusing on brain wave analysis according to color stimulation type -, *The Korean journal of counseling*, 13(2), 779-798
- Lee, E. S. & Suk, H. J. (2012). The Emotional Response to Lighting Hue Focusing on Relaxation and Attention, *Journal of korean society of design science*, 25(2), 27-39.
- Lee, J. J., Choi, S. R., Kwon, M. H., Kim, J. R., Min, Y. J., & Jeon, B. J. (2011). The Effect of Sensory Integration Intervention through EEG in Preschool Child with Attentional Problems : Single Case Study, *The korean academy of neural rehabilitation*, 1(1), 5-12.
- Lee, J. S., Song, H. M., Jeon, B. J., Jeong, J. H., Kim, J. H., Lee, K. J., & Lee, J. Y. (2009). The Effects of Implementation of Tinted Eyeglasses on Concentration Through EEG Examination, *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 17(2), 91-104.
- Lee, J. W., Lim, J. W., & Roh, J. Y. (2011). A Study on Comparative of Plant Growth due to Changes in Color and Wavelength of the LED Grow Light, *The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 2011(11), 45-48.
- Nishida, T., Saito, H., & Kobayashi, N. (2001). Efficient and high-power AlGaIn-based ultraviolet light-emitting diode grown on bulk GaN, *Applied Physics Letters*, 79(6), 711-712.
- Refinetti, R., & Menaker, M. (1992). The circadian rhythm of body temperature, *Physiology & behavior*, 51(3), 613-637.
- Plitnick, B., Figueiro, M. G., Wood, B., & Rea, M. S. (2010). The effects of red and blue light on alertness and mood at night, *Lighting Research and Technology*, 42(4), 449-458.
- Ryu, J. S., Kim, H. n., Seo, E. J. & Lee, J. S. (2013). A Study on Evaluation of Human Physiological and Psychological Responses Due to Changes in Illumination - Short wavelength region, *Korea society of color studies*, 2013(1), 23-26.
- Saul, J. P., Berger, R. D., & Albrecht, P. (1991). Transfer function analysis of the circulation : unique insights into cardiovascular regulation, *Journal of American Physiological Society*, 261, 1231-1245.
- Sim, J. H. (1998). Diagnostic significance of digital infrared thermographic imaging after cerebrovascular stroke, *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 27(7), 890-897.
- Yoto, A., Katsuura, T., Iwanaga, K., & Shimomura, Y. (2007). Effects of object color stimulation human brain in perception and attention referred to EEG alpha band response, *Journal of physiological anthropology*, 26(3), 373-379.
- Yun, S. Y. & Choi, J. H. (1994). Effect of hot bathing on the human thermoregulatory responses, *Journal of the Korean society of living environmental system*, 1(1), 11-22.

원고접수: 2013.08.28

수정접수: 2013.10.07

게재확정: 2014.07.22