

자연광 재현 조명의 단파장 비율에 따른 수면 효과 분석

김경미*, 유미애*, 김영원**, 임재현*

*공주대학교 컴퓨터공학과

**공주대학교 스마트자연공간연구센터

e-mail:{km93, yumiea, forever, defacto}@kongju.ac.kr

The Analysis of Sleep Effect according to Shortwave Length of Natural Light LED

Kyeong-Mi Kim*, Mi-Ae Yu*, Young-Won Kim**, Jae-Hyun Lim*

*Dept of Computer Science & Engineering, Kongju National University

**Smart Natural Space Research Center, Kongju National University

요 약

자연광은 시시각각 변화하며 광 특성의 변화는 계절별 시간별 일주기리듬을 갖는다. 이러한 자연광의 리듬은 인간의 감성 또는 수면-각성 패턴과 같은 생체리듬에 영향을 미친다. 인간의 생체리듬은 멜라토닌에 의해 조절되며 특히, 수면-각성주기를 일정한 수면패턴으로 유지하게 한다. 이에 본 논문에서는 자연광의 하루 주기변화에 따라 조명의 단파장 영역 중 446nm~477nm의 비율을 제어하여 심부 체온의 변화를 통해 수면패턴을 분석한다. 분석결과, 자연광의 일몰시간과 유사한 시점에서 446nm~477nm의 비율을 최소로 제어 하였을 때 수면에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Keyword: 단파장비율, 자연광재현조명, 수면 효과, 자연광

1. 서론

자연광의 광 특성 요소는 시간의 흐름에 따라 변화하며 인간의 생체리듬에 관여한다[1]. 자연광은 하루 24시간 주기의 리듬을 갖으며 이는 인간의 생체리듬과 밀접한 관계가 있다. 생체 리듬 중 수면-각성 및 심부 체온은 자연광의 분광분포 변화에 따른 단파장 영역의 비율에 따라 체내 멜라토닌이 분비 및 억제되어 조절 된다[2]. 멜라토닌의 분비 변화는 빛의 파장과 세기에 영향을 받으며, 빛의 단파장 영역 중 446nm~477 nm 대역의 파장에 민감하게 반응한다. 멜라토닌은 자연광의 하루 주기에 따라 인간의 수면리듬을 조절하는 호르몬으로 밝은 낮에는 적게 분비되어 각성상태를 유지하고, 밤에는 많이 분비되어 수면상태를 유지하는 일정한 패턴을 나타낸다[3].

반면 최근 현대인들은 가변적인 자연광이 아닌 항시 고정된 실내 빛 환경에서 오랜 시간 생활함에 따라 작업능률 저하, 생체리듬 불균형 등이 초래 될 수 있다. 따라서 인간에게 편안함을 제공하고 건강을 증진할 수 있도록 자연광과 유사한 환경으로 실내 조명을 서비스 할 수 있는 자연광 재현 조명이 개발되고 있다.

이에 본 논문에서는 심부 체온의 변화를 통해 수면패턴을 분석하여 자연광 재현 조명의 단파장 비율이 수면에 미치는 효과를 분석한다.

2. 체온변화실험

본 논문에서는 단파장 비율에 따른 수면 효과를 분석하기 위해, LED 조명의 단파장영역 중 446nm~477nm 대역의 비율을 조절하여 심부 체온 변화를 통해 수면 패턴을 분석하였다.

<표 1> 실험환경

항목	내용
실험기간	2017년1월16일~2017년1월20일 2017년1월23일~2017년1월27일
실험장소	K 대학교 9공학관 405호
피험자	총4명 남자2명(M1:29세,M2:25세), 여자2명(W1:27세,W2:25세)
실험조명	H 사 WC 조명
체온측정기	X 사 전자 체온계

실험은 표 1과 같이 4명의 피험자들을 대상으로, 조명은 warm white, cool white 광원으로 구성된 WC조명을 사용하였다. WC조명의 제어범위는 warm, cool 각각 48에서 255까지 54단계로 총 2,916가지의 제어단계로 구분한 후, 분광조도계(CAS-140CT)를 이용하여 조도 및 분광분포를 측정하였다. 심부 체온은 전자 체온계를 겨드랑이에 부착하여 30초 단위로 체온 데이터를 수집하였다.

실험장소는 20m(W)×3m(D)×25m(H) 크기의 실험실로 피험자는 광원으로부터 1.68m 아래 위치하였다. 또한 실험 조명 이외의 외부 빛을 차단하기 위해 일반형광등은 꺼둔 상태로 창문은 암막커튼을 사용하여 자연광을 차단하였다.

실험 조명 특성은 실내 조도 기준 400lux를 유지하며 자연광의 특성과 유사하도록 446nm~477nm대역의 단파장 비율이 최대인 Cool 조명과 최소인 Warm 조명으로 설정하였다. 표 2는 제어비를 따른 실험 조명의 특성이다.

<표 2> 실험 조명 특성

조명조건	제어비율		조도	446nm~477nm 비율
	w	c		
Cool 조명	44	220	397lux	18.64%
Warm 조명	220	44	398lux	4.19%

그림 1은 피험자의 심부 체온 변화에 따른 수면 패턴을 분석하기 위한 실험 스케줄이다.



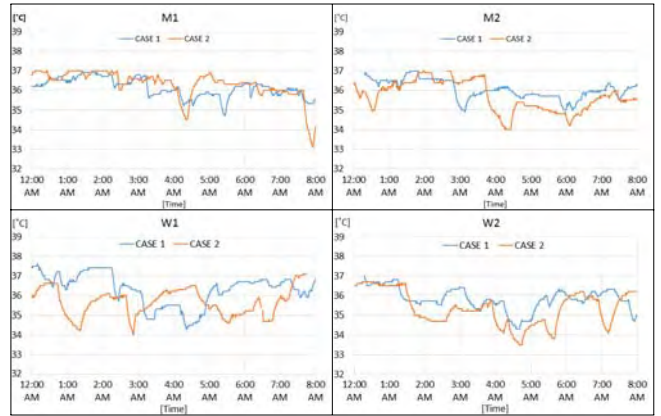
(그림 1) 실험 스케줄

CASE 1은 오전 9시부터 오후 11시까지 Cool 조명만 조사한다. CASE 2는 자연광과 유사한 환경이 되도록 오전 9시부터 오후 6시까지 Cool 조명으로 조사하였고, 오후 6시 이후부터 오후 11시까지 Warm 조명을 조사하였다. CASE 1, CASE 2 실험 모두 중식과 석식은 각각 오후 12시 ~ 1시, 오후 6시~ 7시에 하였고, 10분씩 총 4번 (10:20~30, 15:00~10, 16:30~40, 21:00~10)의 휴식시간을 가졌으며 오전 0시부터 8시까지 수면을 취하였다. 피험자들은 실험 스케줄에 따라 CASE 1, CASE 2 실험을 각 4일 동안 진행하였다.

3. 분석 결과

그림 2는 피험자들의 CASE 1과 CASE 2의 4일차 수면 시간 동안의 심부 체온 데이터이다.

모든 피험자들의 수면 중 최저 심부 체온은 CASE 1보다 CASE 2에서 더 낮게 나타났다. 또한 심부 체온이 낮은 구간의 횟수 또한 CASE 2에서 증가한 것으로 확인하였다. 수면 중 심부 체온의 감소는 비렘수면상태를 의미하므로 자연광의 일몰 시간과 유사한 시점에서 단파장 영역 중 446nm~477nm 대역의 비율을 최소로 제어한 CASE 2에서 피험자들의 멜라토닌 분비량이 증가하여 수면에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.



(그림 2) 수면 중 체온변화

4. 결론

인간의 일주기들은 멜라토닌과 밀접한 관련이 있으며 멜라토닌은 단파장 영역 중 446nm~477nm의 대역에서 가장 큰 영향을 받는다. 또한, 멜라토닌 분비량은 수면-각성 주기를 조절하고, 심부체온의 변화를 나타내며 수면 중 멜라토닌이 최대로 분비 될 때 심부 체온은 최저를 보인다.

이에 본 논문에서는 조명의 단파장 영역 중 446nm~477nm 대역의 비율을 제어하여 심부 체온의 변화를 통해 수면 패턴을 분석하였다. 실험 스케줄은 단파장 영역 중 446nm~477nm 대역의 비율이 최대인 Cool 조명으로만 제어한 CASE 1과 자연광의 일몰시간과 유사한 시점에서 446nm~477nm 대역의 비율이 최소인 Warm 조명을 제어한 CASE 2로 각 4일 동안 진행하였다.

실험 4일차 수면 시간동안 심부 체온 데이터를 분석한 결과, CASE 1보다 CASE 2에서 최저 심부 체온이 더 낮게 나타났으며 심부 체온이 감소하는 구간의 횟수가 증가하였다. 따라서 자연광 재현 조명의 단파장 비율은 수면에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인하였다.

향후에는 자연광과 유사한 조명 환경에서 심부 체온의 변화뿐만 아니라 멜라토닌 분비와 연관성이 있는 혈압, 심박수 등의 변화를 확인하고, 실내 공간에 오랜 시간 상주하는 근무자를 위해, 자연광의 단파장 비율을 제어지표로 활용한 자연광 조명 재현 시스템을 개발하고자 한다.

※ 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2014R1A2A1A11054509)
 ※ 본 논문은 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2016K000298)

참고문헌

[1] Sook-Youn Kwon, "Design of Natural Light Reproduction System using a Matching Algorithm based on Chromaticity Coordinates", PhD dissertation, Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University, December 2013.

- [2] Hyunah Lee, Chul-Hyun Cho, Leen Kim, "Human Circadian Rhythms", Sleep Medicine and Psychophysiology. Vol. 21, No. 2, pp. 54-60. 2014.
- [3] Kyoung-Sil Kim, An-Seop Choi, "Study of Relationship between Light and Melatonin", The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 7-8, November 2011.