

색채 조명 자극에 대한 인체 반응에 관한 연구*

A Study on Human Response to Color Light Stimulation

정우석** · 홍철운*** · 김남균****†

Woo-Suk Chong** · Chul-Un Hong*** · Nam-Gyun Kim****†

전북대학교 대학원 의용생체공학과**

Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School, Chonbuk National University

실버공학 연구센터***

Research Center of Silver Engineering

전북대학교 공과대학 생체정보공학부****

Div. of Bionics & Bioinformatics, College of Engineering, Chonbuk National University

Abstract : This study was to estimate human response to different color light stimulation by measuring physiological parameters of human behavior. For both stimulations we used color lights with 6 color filters such as red, yellow, green, blue, violet, and white. The experiment was performed in a soundproof chamber. 30 young male and female subjects participated in the experiment. For physiological parameters, we measured electroencephalogram (EEG), electrocardiogram (ECG). The result of EEG analysis showed that the relative power of α wave ratio increased in blue and green. In case of HRV spectrum analysis, HF/LF ratio increased in green and blue. From these results, we knew that the physical response was affected by color environment and it might be an indicator in the design of a color environment.

Key word : Color, EEG, ECG, HRV

요약 : 본 연구의 목적은 각각의 색채 자극 하에서의 생리신호를 측정하고자 하였다. 실험에 사용된 색채는 빨강, 노랑, 녹색, 파랑, 보라, 그리고 백색을 사용하였다. 실험은 방음 암실에서 이루어졌으며, 건강한 성인 남,여 30명을 대상으로 하였다. 생리신호의 측정은 뇌파와 심전도를 측정하였다. 뇌파의 실험결과는 차가운 색 계통의 색채에서 α 파의 상대 전력비가 증가한 것을 볼 수 있었다. 또한 심전도의 HRV 분석 결과도 차가운 색 계통에서 HF/LF의 비가 증가한 것을 볼 수 있었으며, 이 결과로서 색채 조명이 인체의 감성변화에 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 이 결과를 활용하여 색채 환경 설계에 도움을 줄 수 있으리라 사료된다.

주제어 : 색채, 뇌전도, 심전도

* 본 연구는 과학기술부 특정 연구개발 과제에 연구비를 지원을 받아 수행되었음(과제번호 M10427020001-04L2702-00110).

† 교신저자 : 김남균(전북대학교 공과대학 생체정보공학부)

E-mail : ngkim@chonbuk.ac.kr

TEL : 063-270-4063

1. 서론

우리 주변에는 항상 다양한 색채들이 존재하고 있으며, 이 색채 안에서 살아가고 있다. 또한 생체는 늘 빛을 요구하는데 빛의 강약이나 색채에 의하여 나타나는 감성 변화를 객관적으로 나타내고자 하는 연구가 오래전부터 있어 왔다.

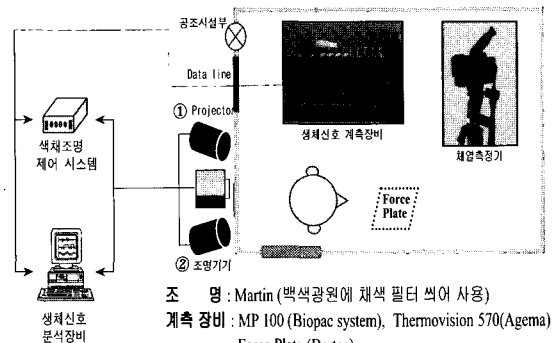
다양한 색채가 인체에 미치는 영향에 대해서는 심리학분야에서 잘 보여지고 있으며, 색채심리학의 한 분야로서 감각기관의 기능분석에 관한 연구들이 일부 진행되었고 기초의학분야에서도 그 치료효과는 검증이 안 되었으나 점차로 진단에 응용하고 있는 실정이다[2][7]. Fabio[6]는 수백 명의 대학생들을 대상으로 하여 색광을 받았을 때의 반응을 측정하면서 그때그때 일어나는 근육의 활동을 검사해보았다. 그는 그 실험에서 빨간색 색광을 받았을 때의 반응은 평상시보다 12% 더 빨라지지만 초록색 색광을 받았을 때의 반응은 더 지연된다는 것을 발견하였다. 또한 소뇌(小腦)에 이상이 있는 것과 관련하여 ‘신경증 환자와 정신병 환자들에게는 색채의 영향이 증가한다’고 기술했다. 그 환자는 걸핏하면 넘어지는 경향이 있었고 걸음걸이가 불안정했으며, 빨간색 옷을 입었을 경우에는 그런 증세가 더 심화되었지만, 초록색 옷을 입었을 경우에는 정반대되는 효과가 생겨서 거의 정상인에 가까울 정도로 몸의 균형이 회복되었다고 한다. 그러므로 색채는 몸의 균형을 유지하는 능력에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 또 캐나다의 생리학자인 Rowan[12]는 인공적인 색채 빛이 동물에 영향을 미친다고 주장하였으며, 스위스의 Ludwig[9]의 발표에 의하면 색채를 가진 빛이 물의 성분 변화에도 영향을 미친다고 하였다. 그러나 색채가 인체에 미치는 영향에 관한 연구는 심리적인 방법에 의한 결과가 주를 이루었을 뿐 색채 자극에 대한 생리적 신호의 분석은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이는 정확한 감성평가와 자극에 대한 해석방법이 개발되지 않고 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 방음 암실을 제작하고 방음 암실 안에서 피험자에게 색채 자극을 부여하였을 때 EEG와 ECG의 생리신호를 측정하여 색채 자극이 생리신호와 감성 변화에 미치는 영향을 검토하고, 나아가 색채 환경 설계에 도움을 주고자 한다.

2. 연구방법

인체의 생리신호는 감정 변화뿐 아니라 여러 가지 외적 요인에도 영향을 받을 수 있기 때문에 외부 노이즈에 의한 영향을 최소화할 수 있는 실험 환경이 구성되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 외부 노이즈를 최소화하기 위하여 외부와 차단된 400×300×250cm의 방음암실을 제작하였다. 제작된 방음암실에서 6가지 칼라의 색채 자극을 제시하였으며, 제시된 색채 자극은 백색 할로겐 등에 채색 필터를 사용하였다. 그림 1.은 색채 자극 시스템의 전체구성도이다. 실험에 사용된 색채는 빨간색, 노란색, 초록색, 파랑색, 보라색, 백색의 6가지 색을 제시하였다. 제시된 색채는 CHROMA METER(Minolta)를 사용하여 정량화하였다. 그림 2.는 색채 자극 제시원의 CIE (x,y) Chromaticity Diagram 이고 표 1은 실험에 사용된 색채 조명의 주파장과 채도를 도시하였다.

실험에 참가한 피험자들은 색맹을 가지고 있지 않고 인지기능에 장애가 없는 남, 여 대학생 30명



조 명 : Martin (백색광원에 채색 필터 씌어 사용)
 계측 장비 : MP 100 (Biopac system), Thermovision 570(Agema)
 Force Plate (Bertec)
 Chroma Meter CL-100(Minolta)

그림 1. 색채 자극 환경 시스템

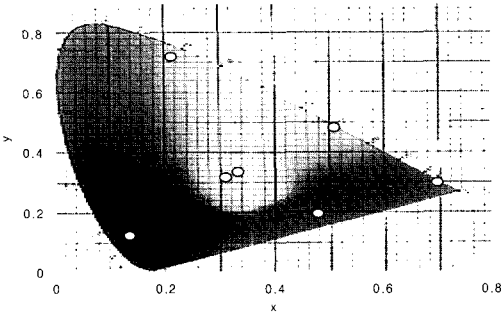


그림 2. 색채 자극 제시원 CIE(x,y) Chromaticity Diagram

표 1. 색채 조명의 주파장과 채도

	X-value	Y-value	Wave len.	Purity
Red	0.668	0.322	630nm	0.96
Yellow	0.44	0.51	580nm	0.95
Green	0.243	0.631	538nm	0.86
Blue	0.137	0.113	476nm	0.84
Violet	0.342	0.168	430nm	0.83
White	0.296	0.337	585nm	0.85

을 선정하였다. 뇌전도의 측정은 Biopac사의 MP100WS와 Acqknowledge III 소프트웨어를 사용하였으며, Electrode는 Genuine Grass사의 홀 컵을 사용하였고, 측정 방법은 International 10-20 방법에 의하여 측정하였으며, 측정 포인트는 Frontal, Temporal, Central, Occipital 총 네 곳에서 측정하였다. 획득한 데이터는 전 처리 과정으로 EOG를 제거하고 0.5Hz 고역통과 필터와 60Hz notch 필터를 통과 시켰다. 그런 다음, 데이터를 512개씩 분할하여 FFT(fast fourier transform)를 행하였으며, 정상인의 각성 안정상태의 뇌파인 알파파의 파워와 각성 활동상태의 뇌파인 베타파의 파워를 각각 구하여, 식 1.1과 같은 알파파와 베타파의 상대적인 파워(RP, relative power)를 분석 변수로 하였다.

$$RP(\alpha) = \frac{P(\alpha)}{P(\alpha) + P(\beta)}$$

$$RP(\beta) = \frac{P(\beta)}{P(\alpha) + P(\beta)} \quad (1.1)$$

심전도의 측정은 MP100(Biopac system)과 ECG100A Module를 사용하였으며, Electrode는 EL503 Electrode를 사용하였다. 측정방법은 Lead I 방법을 사용하였다. sampling 주파수는 256Hz로 하였다. 획득한 데이터는 ECG의 R-R 간격을 등 간격으로 유지했을 때의 분당 비트의 수를 나타내는 심박률을 구한 후, 이 파형을 시간축 상의 등 간격으로 리샘플링 하여 이것의 FFT를 취하여 심박 변동률을 구하였다. 그로부터 부교감 신경에 대한 교감신경의 우세 정도, 즉 저주파 성분과 고주파 성분의 비를 나타내는 변수 MH를 식 1.2처럼 정하고 다시 이를 식 1.3과 같이 값을 갖도록 표준화시켰다.

$$MH = \frac{HF}{LF} \quad (1.2)$$

$$NMH = stimulus\ MH - resting\ MH \quad (1.3)$$

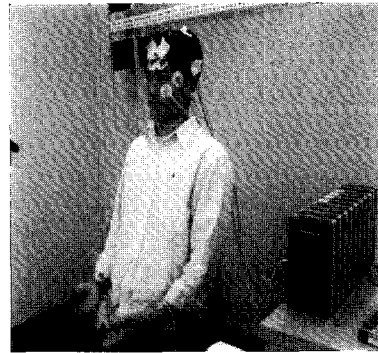


그림 3. 색채 조명 환경 하에서의 생리신호 측정

뇌전도와 심전도의 측정은 색채 자극 전 1분과 색채 자극 중 3분 색채 자극 후 1분을 측정하였다. 각 색채 자극 간의 휴식 기간은 10분으로 하여, 전 실험의 색채 자극의 영향을 최소화하였다. 그림 3. 은 본 연구의 생리신호 측정 장면이다.

3. 결과

건강한 성인 남, 여 30명에 대하여 6가지 색채 자극 시 EEG의 분석결과를 그림 4-A, B, C, D에 영역별

로 나타내었다. 그림에서 X축은 각각의 색을 나타내고 있으며, Y축은 α 파와 β 파의 합에서 α 파의 성분을 %로 나타낸 것이다. 뇌전도에서는 α 파와 β 파의 상대전력비를 가지고 쾌감과 불쾌감의 정도를 알아보려고 하였다.

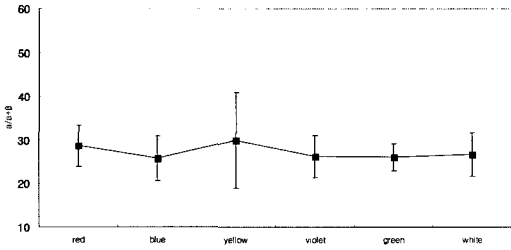


그림 4-A. Frontal 영역의 α 파의 상대전력비

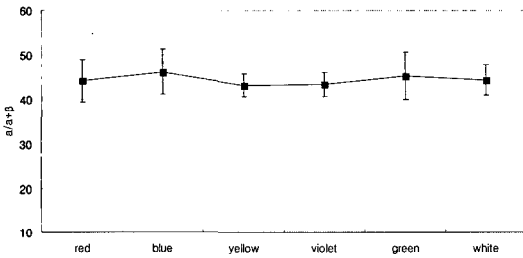


그림 4-B. Central 영역의 α 파의 상대전력비

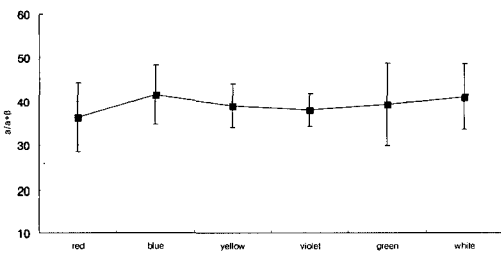


그림 4-C. Temporal 영역의 α 파의 상대전력비

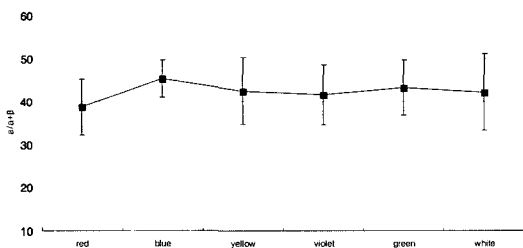


그림 4-D. Occipital 영역의 α 파의 상대전력비

본 연구에서는 Temporal 영역에서 α 파의 상대전력비가 파랑색(28.97), 녹색(27.46)이 빨강색(27.24), 노랑색(27.09)보다 높게 나타났으며, Central 영역에서도 녹색(23.39)이 빨강색(31.33), 노랑색(31.08)에 비하여 α 파의 상대전력비가 높게 나타났다. 이는 차가운 색 계열의 색에서 α 파가 난색 계열의 색에 비해 상대적으로 상승하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 통계적 유의성은 볼 수 없었는데 이는 피검자 각 개개인의 상대전력비에서 큰 차이를 보이기 때문이라고 사료된다. 심전도 신호에서의 분석은 크게 교감 신경계를 반영하는 LF영역(0.01-0.15Hz)과 부교감 신경계를 반영하는 HF영역(0.15-0.5Hz)으로 잡았다. 그림 5-A.는 남자의 ECG 신호를 HRV분석한 결과이다. 파랑색에서 HF/LF의 비가 자극 전에 비해 36% 상승하였고, 녹색의 경우 50.8%($p < 0.05$) 상승하였다. 즉 파랑색과 녹색에서 부교감 신경계가 활성화되었다는 것을 알 수 있었으며, 차가운 색 계열의 색이 감성 변화에 있어 안정감을 유발하였으리라 생각된다. 빨강색에서는 HF/LF의 비가 자극 전보다 56%($p < 0.05$) 떨어졌고, 보라색에서는 18% 떨어졌다. 이는 따뜻한 색 계열의 색채는 부교감 신경계보다는 교감 신경계의 활성화에 도움이 된다고 생각된다. 노랑색 (3%)과 백색 (11%)에서는 자극 전에 비해 HF/LF의 비가 떨어지는 경향이 있었지만 통계적 유의성은 없었다. 그림 5-B.는 여자의 ECG 신호를 HRV 분석한 결과이다. 파랑색에서 HF/LF의 비가 67% 상승하였고 녹색에서 30% 상승하였다. 여기서도 차가운 색 계열의 색이 부교감 신경계의 활성화에 도움이 되는 것을 알 수 있다. 빨강색에서는 HF/LF의 비가 10% ($p < 0.05$) 떨어졌으며, 보라색의 경우도 11% 떨어지는 것을 볼 수 있었고, 노랑색의 경우도 15% 떨어지는 것을 볼 수 있다. 남자의 경우와 마찬가지로 따뜻한 색 계열의 색채는 교감신경계의 활성화에 도움을 주고 있는 것을 알 수 있다. 백색에서는 자극 전에 비해 HF/LF의 비가 5% 벌어졌지만 통계적 유의성은 없었다.

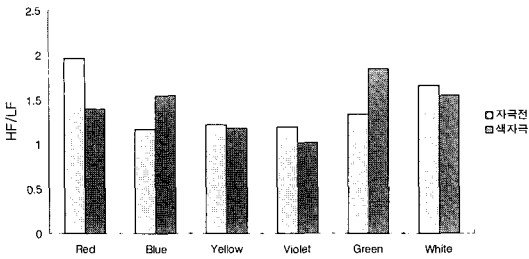


그림 5-A. 색자극 전, 후의 HRV 분석(male)

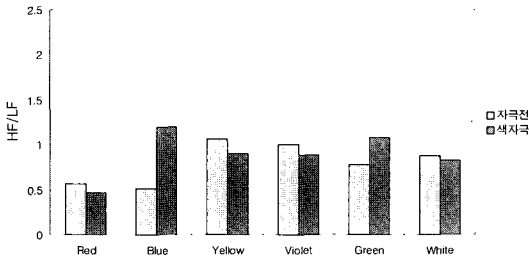


그림 5-B. 색자극 전, 후의 HRV 분석(female)

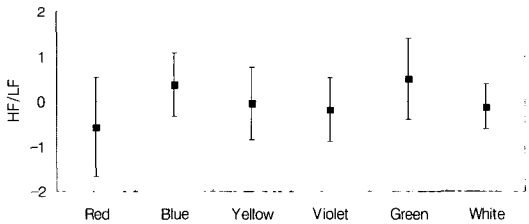


그림 5-C. HRV분석, 자극 전, 후의 차(male)

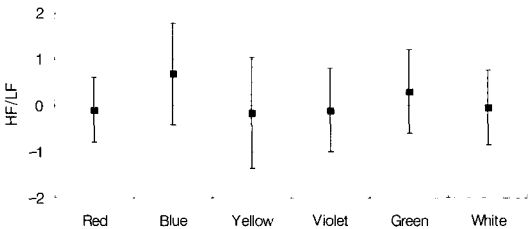


그림 5-D. HRV분석, 자극 전, 후의 차(female)

남자와 여자 공통적으로 차가운 색 계통의 색채에서 부교감 신경계가 활성화되고, 따뜻한 색계통의 색채에서는 교감 신경계가 활성화되는 것으로 사료된다. 그림 5-C, D.는 색채 자극 후 HF/LF의 비에서 자극전의 HF/LF의 비를 뺀 것이다. 즉 식 1.3의 NMH를 나타낸 것이다. 남자는 녹색에서

50.8% ($p > 0.05$)로 HF/LF비가 가장 크게 나타났으며, 여자는 파랑색에서 67%로 가장 크게 나타났다. 이는 남자는 녹색에서 부교감 신경계가 가장 활성화된다는 것을 의미하며, 여자의 경우는 파랑색에서 부교감 신경계의 활성화가 가장 크게 일어난다는 것을 의미한다.

4. 고찰

뇌전도의 분석으로 차가운 색(파랑, 녹색) 계통에서는 α 파의 활성화를 따듯한 색(빨강, 노랑) 계통에서는 β 파의 활성화를 볼 수 있었고, 또한 심전도의 분석에서는 남자와 여자의 결과가 다르게 나타났다. HF/LF의 비가 남자는 녹색에서 여자는 파랑색에서 HF/LF의 비가 높게 나타난 것이다. 이유는 첫 번째로 실험에 앞서 실시한 색채 선호도를 조사한 결과 남자는 약 60%가 녹색을 더 선호하였으며, 여자는 65%가 파랑색을 더 선호하는 결로 나타났다. 즉 피험자의 심리적인 요인과 선호도 역시 자율신경계의 변화에 영향을 미칠 수 있으리라 사료된다. 두 번째로 색채, 즉 파장의 영향이 남자와 여자의 자율신경계에 각각 다르게 작용될 수도 있으리라 생각된다. 본 연구에서 색채 조명이 인체의 생리 신호와 감성변화에 영향을 미치는 사실을 정량화된 색채 자극에 의하여 알 수 있었다. 본 연구에서 알 수 있었듯이 효율적인 색채 환경의 고안과 임상에서의 치료 효과를 위해서는 더 많은 피검자의 실험과 환자를 대상으로 한 지속적인 실험과 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 고한우 외 11인 공저 (1997). 디지털 생체신호처리. 여문각
- [2] 김공주 (1989). 색채과학. 대광서림
- [3] 박상희 편저 (1999). 생체신호처리 및 응용. 에드텍
- [4] Amber, R. B. (1983). Color Therapy. Aurora

Press

- [5] Enaine N. M. (1999). 인체 구조와 기능. 계축문
회사
- [6] Fabio, R. P. Badke MB (1990). Relationship of
sensory organization to balance function in
patients with hemiplegia. *Physical Therapy*,
vol. 70, 542-548
- [7] Faver, B. (1996). 색채의 영향(Color & Human
Response). 시공사
- [8] Glenn A., Myers G., Martin J., et (1986). Power
Spectral Analysis of Heart Rate Variability in
Sudden Cardiac Death-Comparison to Other
Methods. *IEEE Transaction biomedical
engineering*, vol. BME-33, No. 12, December,
1149-1156
- [9] Ludwig, F, and Von R.J Hormon, V. and
Karziom, S. (1932). *med. Wchnschr* 64:141
- [10] Patricia V. and Albert M. (1994). Effect of
Color on Emotions *Journal. of Experimental
Psychology*, Vol. 123, No. 4, 394-409
- [11] Patricia V. (1993). *Emotion response to color*,
UCLA
- [12] Rowan, W. (1925). *Nature*, Vol. 115, 494
- [13] Roy S. B. *PRINCIPLES OF COLOR TECHNOLOGY*,
A Wiley-Interscience
- [14] Wester et al., (1994). *AcqKnowledge III for the
MP100WS BIOPAC System, Inc.*
- [15] Yeragani V. K, Pohl R, Berger R, et al. (1993).
Decreased HRV in panic disorder patients a
study of power spectral analysis of heart
rate. *Psychiat Res*, No. 46, 89-13