

색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향에 관한 연구

정우석*, 유 미*, 권대규**, 김남균#

Study on the Effect of Cognitive Function by Color Light Stimulation

Woo Suk Chong*, Mi Yu*, Tae Kyu Kwon** and Nam Gyun Kim#

ABSTRACT

In this paper, we estimated the effects of different color stimulation on the cognitive function of human quantitatively. For the 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. 50 young male and female subjects were participated in the experiment. To find the appropriate color cognitive function, the endogenous visuospatial attention task(EVAT) and one back working memory task(OWMT) were performed. The reaction time and accuracy degree were measured. The results showed that the reaction time of EVAT was the fastest and the accuracy degree of attention task was the highest in green environment. The reaction time of OWMT was the fastest in yellow and the accuracy degree of memory task was the highest in blue. For physiological parameters, we measured electrocardiogram(ECG) and HRV spectrum analysis, HF/LF color environment. These results can be used as an indicator in the design of color environment and clinical applications.

Key Words : Color environment (색채환경), Endogenous visuospatial attention task (EVAT; 주의력테스트), One back working memory task (OWMT; 기억력테스트) electrocardiogram (ECG; 심전도)

1. 서론

우리 주변에는 항상 다양한 색채들이 존재하고 있으며 이 색채 안에서 살아가고 있고, 또한 빛의 강약이나 색채에 의하여 나타나는 감성 변화를 객관적으로 나타내고자 하는 많은 연구가 수행되어져 왔다. 다양한 색채가 인체에 미치는 영향에 대해서는 색채심리학의 한 분야로써 감각기관의 기능분석에 관한 연구들이 일부 진행되었고 기초의학분야에서도 그 치료효과는 검증이 안 되었으나 점차로 진

단에 응용하고 있는 실정이다.^{1,3} Gilbert Brighthouse는 수백 명의 대학생들을 대상으로 색광을 받았을 때의 반응을 측정하면서 일어나는 근육의 활동을 검사하였다. 그 실험에서 빨간색 색광을 받았을 때의 반응은 평상시보다 12% 더 빨라지지만 초록색 색광을 받았을 때의 반응은 더 지연된다는 것을 발견하였다. 그리고 Kurt Goldstein은 소뇌(小腦)에 이상이 있는 것과 관련하여 '신경증 환자와 정신병환자들에게는 색채의 영향이 증가 한다'고 기술하였다.⁴

* 접수일: 2006년 12월 14일; 게재승인일: 2007년 6월 27일

* 전북대학교 대학원 의용생체공학과

** 전북대학교 생체정보공학부

교신저자: 전북대학교 생체정보공학부

E-mail: ngkim@chonbuk.ac.kr Tel. (063) 270-4061

그 환자는 걸핏하면 넘어지는 경향이 있었고 걸음걸이가 불안정했으며 빨간 옷을 입었을 경우에는 그런 증세가 더 심화되었지만, 초록색 옷을 입었을 경우에는 정반대되는 효과가 생겨서 거의 정상인에 가까울 정도로 몸의 균형이 회복되었다고 한다. 그러므로 색채는 몸이 균형을 유지하는 능력을 미칠 수 있다고 하였다. 캐나다의 생리학자인 Rowan, W. 등은 인공적인 색채 빛이 동물에 영향을 미친다고 주장하였으며⁵, 스위스의 Fritz Ludwig 와 Julius von Ries⁶의 발표에 의하면 색채를 가진 빛이 물의 성분 변화에도 영향을 미친다고 하였다.

Mari Yokoi⁷는 깊은 수면상태에서 정신적인 활동에 밝은 빛 노출이 미치는 영향을 HRV분석을 통해서 인체에 미치는 영향을 고찰하였으나 다양한 색깔에 대한 HRV 분석은 고려하지 않았다. 이와 같이 색채가 인체에 미치는 영향에 관한 연구는 심리적인 방법에 의한 결과가 주를 이루어 왔을 뿐 색채 자극에 대한 생리적 신호 분석은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.⁸⁻¹² 이는 정확한 감성평가와 자극에 대한 해석방법이 개발되지 않고 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 방음압실을 제작하고 피험자에게 색채 자극을 부여하였을 때 주의력 테스트와 집중력 테스트를 실시하고 이를 측정하여 색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향을 검토하고, 나아가 색채 환경 설계에 도움을 주고자 한다. 피검자는 색맹을 가지고 있지 않고 인지기능에 장애가 없는 정상 성인 남, 여 50명을 대상으로 하였으며 색채 환경의 제시는 압실에서 백색 광원에 채색 필터를 사용하여 제시하였다. 피검자는 6가지의 색채 안에서 주의력 테스트(endogenous visuospatial attention task)와 작업 기억력 테스트(one back working memory task)를 실시하고 과제 수행시의 반응시간과 정확도를 측정하였다.

2. 시스템 구성

2.1 색채자극 시스템

인체의 생리 신호는 감정 변화뿐만 아니라 여러 가지 외적 요인에도 영향을 받을 수 있기 때문에 외부 노이즈에 의한 영향을 최소화 할 수 있는 실험 환경이 구성되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 외부 노이즈를 최소화하기 위하여 외부와 차단된 400×300×250cm의 방음압실을 제작하였다.

Fig. 1은 방음압실의 전체구성도이다. 제작된 방음압실에서 6가지 칼라의 색채 자극을 제시하였으며 색채 자극은 백색 할로겐 등에 채색 필터를 사용하였다. 실험에 사용된 색채는 빨강, 노랑, 초록, 파랑, 보라, 백색의 6가지 색을 제시하였다. 제시된 색채는 CHROMAMETER(Minolta, JP)를 사용하여 정량화하였다. Fig. 2는 색채 자극 제시원의 CIE(x, y) chromaticity diagram이고, Table 1은 실험에 사용된 색채 조명의 주파장과 채도를 도시하였다.

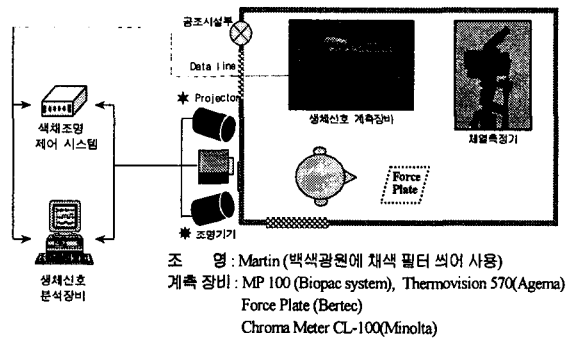


Fig. 1 Configuration of displayed color environment system

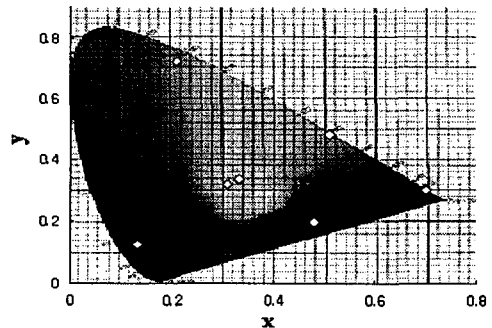


Fig. 2 CIE(x, y) chromaticity diagram

임의의 광원이 가지는 스펙트럼은 무수히 많은 단색광의 합으로 볼 수 있으며 이러한 단색광의 상대적 세기의 가중치를 고려하면 특정광원의 색이 갖는 3극치 x' , y' , z' 를 얻을 수 있고 이로부터 아래의 식 (1)에 의하여 이것의 CIE 색좌표(color coordinate) x , y , z 를 구할 수 있다.

$$x = x' / (x' + y' + z')$$

$$y = y' / (x' + y' + z')$$

$$z = z' / (x' + y' + z')$$

$$z = 1 - x - y \quad (1)$$

Table 1 Wave length and purity of color light

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

3. 실험방법

3.1 테스트 방법

피검자는 색맹을 가지고 있지 않고 인지기능에 장애가 없는 건강한 성인 남, 녀 각 50명을 선정하였다. 색채환경이 정상인의 인지기능에 미치는 영향을 평가하기 위해서 주의력 테스트(endogenous visuospatial attention task, EVAT) 방법과 모양과 글자에 대한 기억력 검사(one back working memory task, OWMT)를 실시하였다.

Fig. 3은 내인적 시/지각적 주의력 검사과제의 예를 표시하고 있다. 주의력 테스트는 Superlab Program을 이용하여 Fig. 3과같이 피험자 실험을 수행하였다. Baseline 화면에서는 중앙에 마름모꼴의 도형이 있어 피검자의 안구를 고정할 수 있게 하였으며 양측으로 약 7도의 시각 부위에 사각형이 나타나게 구성하였다. 먼저 중앙의 마름모의 좌측 또는 우측으로 방향을 표시하는 화살표가 나타나며 cue가 주어진 후 약 200~400 msec 후에 좌측 또는 우측에서 X표 (target) 또는 +표 (foil)가 나타난다. 이때 X표가 나타나면 피검자가 Spacebar를 누르게 하였다.

주어진 실험에서 Target은 80%에서 cue와 동측(valid target)이 나타나며 20%에서 반대측(invalid target)에 나타나고 있다. 피검자의 반응 시간과 정확도는 상용프로그램에 자동적으로 저장된다.

기억력 테스트도 Fig. 4와 같이 처음 단어가 나온 다음 1초의 시간이 지난 후 다음 단어가 나오게

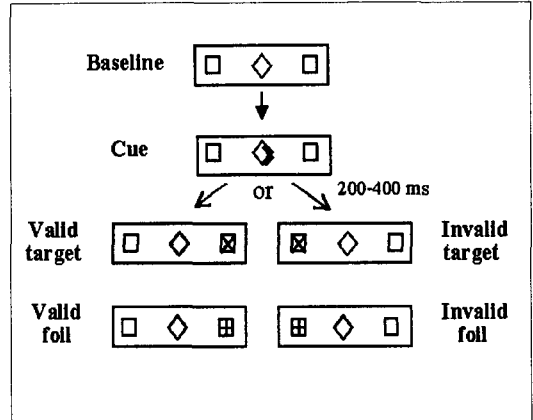


Fig. 3 Endogenous visuospatial attention task(EVAT)

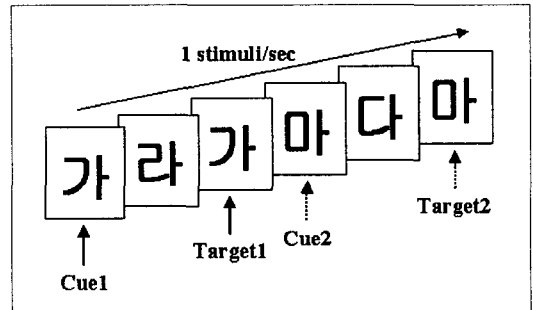


Fig. 4 One back working memory task(OWMT)

된다. 이에 피험자는 3가지의 단어를 기억하여 처음 단어와 세 번째 나온 단어가 같으면 이를 Target으로 인정하여 Spacebar를 누르게 하였다. 이 검사 또한 반응시간과 정확도가 자동적으로 저장된다. 피검자들은 빨강, 노랑, 녹색, 파랑, 보라, 백색과 같은 6가지의 색채 안에서 위의 두 가지 테스트를 실시하였다. 방음암실의 색채와 컴퓨터 모니터 배경의 색은 일치시켰다.

심박 변이도의 측정에는 각각의 색 자극 하에서의 심전도 신호를 이용하여 Heart Rate Variability(HRV)를 추출하였다. 심전도의 추출은 MP100WS(Biopac System)과 ECG100A module을 사용하였으며, Electrode는 EL503을 사용하였다. 또한 측정 방법은 lead I을 채택하여 측정하였다. 주파수는 256Hz로 고정하였으며, 데이터의 획득은 색 자극전 1분과 색 자극중 3분 색 자극 후 1분 총 5분간의 데이터를 획득하였다. 또한 자극이 바뀔 때마다 전 자극의 영향을 배제하기 위하여 10분간의 휴식기를 취하여

심박동을 원상태로 유지한 후 다음 실험에 임하였다. 획득된 신호는 ECG의 R-R 간격을 등간 격으로 유지했을 때의 분당 비트의 수를 나타내는 심박율을 구한 후, 이 파형을 시간축 상의 등간 격으로 샘플링 하여 이것의 FFT를 취하여 심박 변동률을 구하였다. 그로부터 부교감신경에 대한 교감신경의 우세 정도, 즉 저주파 성분과 고주파 성분의 비를 나타내는 변수 MH를 식(2)처럼 정하고 다시 이를 식(3) 와 같이 값을 갖도록 표준화 시켰다. 여기서 NMH는 표준화된 MH, stimulus MH는 자극에 대한 MH, resetting MH는 무자극 휴식상태의 MH를 각각 나타낸다.

$$MH = \frac{HF}{LF} \quad (2)$$

$$NMH = stimulusMH - restingMH \quad (3)$$

4. 결과 및 고찰

4.1 주의력 테스트

Fig. 5는 주의력 테스트 시의 응답시간을 Fig. 6은 정확도를 나타내고 있다. 시공간 주의력 테스트 과제에서의 반응시간은 백색(364 ms)과 초록색(366 ms)이 보라색(375 ms)에 비하여 빠르게 나타났으며, 정확도는 초록색(94 %)이 빨간색(89 %)에 비해 높게 나타나고 있다(p<0.05).

4.2 기억력 테스트

작업 기억력 실험에서의 반응시간은 노란색(639 ms)이 보라색(675 ms)과 초록색(674 ms)에 비해 짧게 나타났다(p<0.05). 작업 기억력에서의 정확도는 파란색(85 %)이 빨간색(79 %)과 보라색(79 %)에 비해 정확하게 나타났다. Fig. 7은 작업 기억력 테스트의 반응시간을 도시한 것이고 Fig. 8은 정확도를 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 반응시간은 명시도가 높은 색에서 반응시간이 빨라진 것을 알 수 있으며, 정확성은 한색계열(파랑색, 녹색)이 난색 계열(빨강색, 보라색)보다 높게 나타난다는 사실을 알 수 있었다.

4.3 색채 환경의 HRV분석

ECG의 신호 분석은 자율 신경계의 변화를 잘 나타내주는 HRV 분석을 실시하였다. 여기서 부교

감 신경계를 반영해주는 HF 영역은 0.15~0.5Hz 로 잡았으며, 교감 신경계를 반영하는 LF 영역은 0.04~0.15Hz 까지의 구간으로 한정하였다. Fig. 9, Fig. 10은 HRV 분석한 데이터이다.

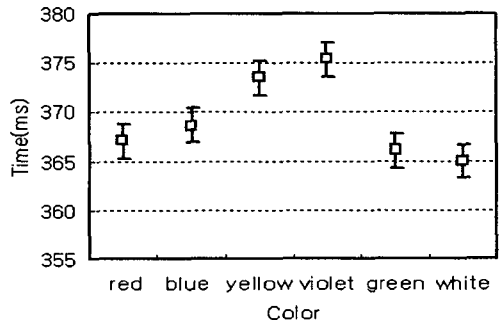


Fig. 5 Reaction time of attention task

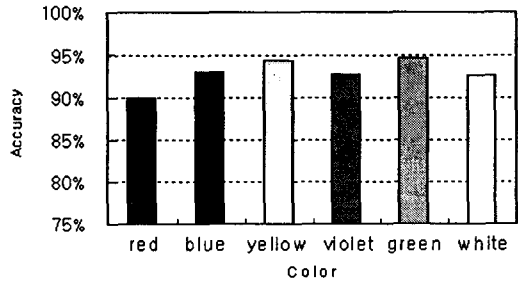


Fig. 6 Accuracy of attention task

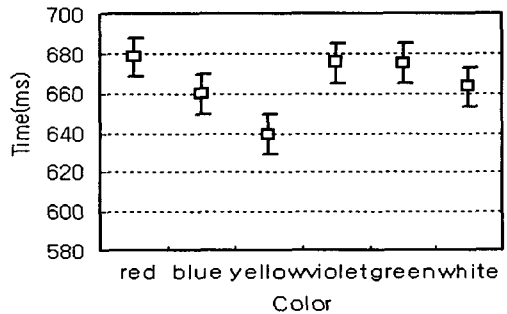


Fig. 7 Reaction time of memory task

남자와 여자 공통적으로 차가운 색 계열의 색채에서 부교감 신경계가 활성화되고, 따뜻한 색 계열의 색채에서는 교감 신경계가 활성화 되는 것으로 사료된다. Fig. 9, Fig. 10은 색채 자극 후 HF/LF비에서 자극전의 HF/LF의 비를 뺀 것이다. 즉 식(3)의 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 활성화 된다는 것을 의미 하며, 여자의 경우는 파랑색에서 부교감 신경계의 활성화가 가장 크게 일어난다는 것 의미한다.

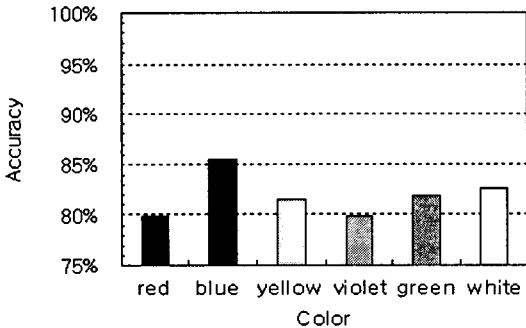


Fig. 8 Accuracy of memory task

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 결과 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.

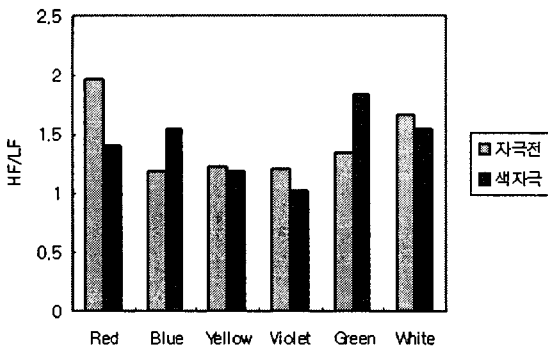


Fig. 9 HRV analysis before and after color stimulation of male subjects

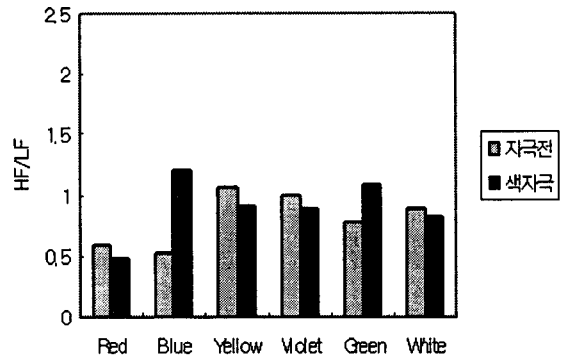


Fig. 10 HRV analysis before and after color stimulation of female subjects

5. 결론

본 연구에서는 색채 조명이 시공간 주의력과 기억력, 그리고 감성변화에 어떠한 영향을 미치는가를 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주의력과 기억력 모두 한색 계열의 색에서 정확성이 높게 나타났다.
2. 반응시간은 난색 계열의 색이 한색 계열의 색 짙어 보다는 반응 시간이 빠름을 알 수 있었다. 이는 명도가 높은 색 짙어 보다는 반응 시간이 빠름을 알 수 있었으며 그것에 반해 정확성은 떨어진다라는 것을 알 수 있었다.
3. HRV 분석에서 난색계열에서 교감신경에 대한 부교감 신경의 활성화 정도가 작게 나타났으며, 한색계열에서 교감신경에 대한 부교감 신경의 활성화가 상대적으로 크게 나타난 것을 알 수 있었다.

연구 결과를 활용하여 색채 환경 설계에 유용한 자료로 활용 할 수 있을 것이라 기대되며, 좀 더 많은 연구를 추가하여 심리 치료의 환경 조성에도 활용될 수 있으리라 사료된다.

후 기

“이 논문 또는 저서는 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.”(지방연구중심대학육성사업/헬스케어기술개발사업단)

참고문헌

1. Chiazzari, S., "Color," Jeon-won Publishing Co., pp. 190-245, 2002.
2. Mahnke, F. H., "Color, Environment, and Human Response," Kukje Publishing House, pp. 27-48, 2002.
3. Di-Fabio, R. P. and Badke, M. B., "Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia," *Physical Therapy*, Vol. 70, No. 9, pp. 542-548, 1990.
4. Goldstein, K., "Some experimental observations concerning the influence of color on the function of the organism," *Occupational Therapy and Rehabilitation*, pp. 147-151, 1942.
5. Rowan, W., "Relation of light to bird migration and developmental changes," *Nature*, Vol. 115, pp. 494, 1925.
6. Ludwig, F, and von Ries, J., "Hormon, Vitamin, Zellwachstum und Karziom, Schweiz," *Med. Wchnschr*, Vol. 64, pp. 141, 1932.
7. Mari, Y., Ken, A., Yoshihiro, S., Koichi, I. and Tetsuo, K., "Exposure to bright light modifies HRV responses to mental tasks during nocturnal sleep deprivation," *Journal of Physiological Anthropology*, Vol. 25, No. 2, pp. 153-161, 2006.
8. Amber, R. B., "Color Therapy," Aurora Press, pp. 120-135, 1983.
9. Valdez, P. and Mehrabian, A., "Effect of Color on Emotions," *Journal of Experimental Psychology, General*, Vol. 123, No. 4, pp. 394-409, 1994.
10. Myers, G. A., Martin, G. J., Magid, N. M., Barnett, P. S., Schaad, J. W., Weiss, J. S., Lesch, M. and Singer, D. H., "Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Sudden Cardiac Death Comparison to Other Methods," *IEEE Transaction Biomedical Engineering*, Vol. 33, No. 12, pp. 1149-1156, 1986.
11. Yeragani, V. K., Pohl, R., Berger, R., Balon, R., Ramesh, C., Glitz, D., Srinivasan, K. and Weinberg, P., "Decreased HRV in panic disorder patients : a study of power spectral analysis of heart rate," *Psychiat. Res.*, Vol. 46, No. 1, pp. 89-113, 1993.
12. Chung, S. C., Sohn, J. H., Oh, C. H., Tack, G. R., Yi, J. H. and Lee, S. Y., "Correlation between Cognitive Performance Ability, Neural Activation Area and Neural Activation Intensity in FMRI," *J. KSPE*, Vol. 22, No. 7, pp. 200-207, 2005.