

무채색 무늬가 포함된 배경색의 파스텔색상에 따른 뇌파반응

이희란 · 김소영 · 김기성¹⁾ · 홍경희[†]

충남대학교 의류학과

¹⁾카이스트 바이오 및 뇌공학과

Brain Waves Evoked by the Changes of Background Pastel Colors with a Pattern of Achromatic Color

Heeran Lee, Soyoung Kim, Kiseong Kim,¹⁾ and Kyunghi Hong[†]

Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University; Daejeon, Korea

¹⁾Dept. of Bio and Brain Engineering, KAIST; Daejeon, Korea

Abstract : Recently, consumers' evaluation and purchase of online design has been increasing due to the popularization of designing through personal computers, but there has not been enough studies on consumers' brain wave responses depending on the change of PC monitor's color. Therefore, this study investigated how brain waves changed when different background colors with gray patterns were presented through PC monitors. Six background colors with same tone of slightly low saturation were selected, including ivory, yellow, pink, green, blue and pure white as a base color. The brightness and characteristics of color used were analyzed using the luminance meter and color scales. Brain wave was measured by EEG measurement equipment. Brain wave measurement was carried out with 9 subjects at 6 points: F3, F4, T3, T4, O1, and O2. Stimuli were shown for 15 seconds each and black screens were displayed for 15 seconds between each stimulus. As results, the brain waves at O1 responded sensitively by different background colors, followed by F4 and T4. Brain index such as 'RT', 'RA', 'RG', 'RSA', and 'RAHB' showed significant differences depending on the background color at O1, whereas 'RST' differed at F4. Yellow and blue backgrounds pair was the only stimuli that showed significant differences in six brain indices mentioned. Yellow background had higher value of 'RG' at O1 and higher 'RST' at F4, indicating yellow background enhanced concentration. Blue background activated 'RT', 'RA', 'RSA', 'RAHB' at O1, meaning blue background induced calm and stable state.

Key words : background color (배경색채), brain wave (뇌파), stimuli by PC monitor (컴퓨터 모니터 자극)

1. 서 론

색채는 고유한 파장을 가지고 있고 이 파장의 차이는 시신경을 통하여 인간의 뇌 안에서 여러 가지 파장 정보로 복합적으로 정산이 되어(Hong et al., 2009) 뇌파의 신호로 나타나고 심리적인 반응도 일으키는 것으로 알려져 왔다. 색자극과 인체 반응에 대해서는 일찍이 조명이나 인테리어, 광고, 컬러 테라피, 뷰티 산업, 학습효과 등의 분야에서 꾸준히 연구되고 있으나, 아직까지는 감성 언어를 사용한 연구가 대부분이다. 뇌파에 대

한 연구는 자극의 방법이나 환경 및 대상이 무한하고 분석 방법도 정립이 되어 있지 않은 실정으로서 기본적인 결과를 제외하고는 실험 설정과 분석 지표에 따라 다양한 분석결과가 보고되고 있는 실정이다. 그러나, 뇌파의 측정이나 분석도구가 지속적으로 개발되고 있으므로 다양한 피험자를 대상으로 실제 현장을 고려한 색채자극과 뇌파 반응을 포함한 인체 생리 반응에 대해 활발한 분석 연구가 필요하다.

색자극은 환경에 따라 같은 자극이라도 뇌파에는 다른 반응이 나타나기도 한다. 선행연구의 예를 보면, 흰색, 초록, 파란색을 칠한 방에서 D65 표준 광원을 사용하여 조도를 달리하면서 페인트 색에 따른 뇌파를 측정 한 연구(Ryu et al., 2013)결과, 방안의 조도가 밝을 때는(100 lx) 초록색 방이 알파파의 활성 빈도가 가장 높아 이완이 잘 되었고 그 다음은 파란색 방이었다. 흰색은 SEF50(Spectral edge frequency)이 가장 낮아서 이완의 깊이가 가장 낮은 것으로 나타났다. 반면에 조도가 낮을 때(10 lx)는 흰색 페인트를 칠한 방이 가장 이완이 활성화되었고 그 다음은 파란색 페인트를 칠한 방으로서 조도에

[†]Corresponding author; Kyunghi Hong

Tel. +82-42-821-6828, Fax. +82-42-821-8887

E-mail: khhong@cnu.ac.kr

© 2017 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

따라 뇌파가 다르게 나타났다.

공간의 크기에 따라서도 뇌파 반응이 다른 결과(Lee et al., 2014)가 있는데 여기서는 실내 벽면의 색채를 파랑, 녹색, 빨강, 흰색, 노랑 등으로 바꾸면서 자극을 제시하였는데, 거주 공간의 면적이 커질수록 색채에 대한 수용력이 커지는 것을 알 수 있었다. 즉, 거실에서는 푸른색, 녹색, 붉은색, 노랑색의 변화에 따르는 생리반응의 영향이 작았고, 공부방, 침실, 주방에서는 흰색보다 다른 네 가지 색으로 각성, 흥분, 불안이 커지는 것으로 나타났다.

백색 할로겐 광원에 파랑, 녹색, 빨강, 노랑 등의 채색 필터를 사용하여 뇌파를 측정된 연구(Chong et al., 2004)에서 보듯이 일반적으로는 파랑, 녹색의 차가운 계통의 색채에서 알파파의 활성화도가 높고 빨강, 노랑의 따뜻한 색계통의 조명에서는 베타파가 활성화되는 것으로 알려져 있다(Zhang & Tang, 2011). Yoto et al.(2007)도 다양한 색상의 종이 자극을 이용하여 뇌활성도를 분석하였는데 적색과 청색에서 차이를 보였으며 특히 적색은 불안상태를 유발하여 청색보다 인지 및 주의 영역에서 뇌의 중심 피질의 활성화도가 높았다. 색상 자극에 의하여 유의한 차이를 보인 지표는 알파감쇠계수(Alpha attenuation coefficient)이었으며 뇌의 활성 부위는 Fp1, F7, F8, Cz이었다. 컬러테라피의 측면에서 연구한 예로는 한색 계열인 청색과 녹색에서 알파파가 상승하여 스트레스 완화에 효과적이라고 한 보고(Hong et al., 2009)도 있다.

그러나, 선행 연구들에서 항상 한색이 알파파가 높고 스트레스 완화가 유의하게 높게 나오지는 않았다. 빨강, 노랑, 파랑, 녹색, 보라, 흰색, 검정색을 실내 벽면의 색으로 하고 컴퓨터 모니터를 이용하여 자극을 준 경우에는 상대 알파파(알파/알파+베타)와 상대 베타파(베타/알파+베타)에서 색상 간에 유의한 차이가 없어서(Kim & Lee, 2009) 저자들은 색이 다른 종이 자극을 사용한 경우에는 알파파, 베타파 등을 나누지 않고 전두부와 후두부에서 나오는 뇌파를 모두 합하여 분석하기도 하였다. 그 결과 따뜻한 색상은 높은 뇌활성도를 나타내어 상대적으로 안정감이 있고 차가운 이미지일수록 뇌파의 활성화도가 낮았다고 보고하였다.

Hwang et al.(2013)도 실내 이미지 자극을 제시하여 선호도를 조사하였는데, 감성 어휘의 선호도와 시각 이미지에 따른 뇌파의 반응이 일치하지 않게 나타나 시각적 감성을 측정하는 것이 보다 효과적이라고 한 것에서 보듯이 아직까지는 자극 제시 방법이나 환경에 따라 뇌파 반응이 다양하며, 분석 방법과 결과도 상이한 실정이다.

최근, 뇌파의 분석에 있어서도 전통적으로 α 파, β 파의 상대적인 값을 분석하는 것에서 나아가 정량뇌파(Quantitative Electroencephalography, QEEG)를 분석하여 보다 다양한 분석지표를 도입하거나 제안하는 연구들이 있다. 일례로, 후각자극이 뇌활성도에 대한 연구(Kang et al., 2013)에서 저자는 심리적인 안정을 주는 알파파에 대한 분석뿐 아니라 정량뇌파를 사용하여 다양한 뇌파특징이 필요함을 언급하였고 후각 연구에서

도 자극물의 종류와 자극방법, 해석에 따라 뇌활성도에 미치는 영향이 다를 수 있음을 지적하였다. Lee et al.(2016)도 조명의 색채에 따른 뇌파반응을 연구할 때에는 α 파, β 파와 같이 한정된 분석지표가 아니고 세분화된 분석지표를 다양한 행위와 상황별로, 다양한 색채와 피험자를 대상으로 연구하는 것이 바람직하다고 제안하였다.

단일한 색이 아니고 배경색과 다른 색이 혼합된 경우의 연구로 Lee and Suk(2011)은 배경색과 문자색 대비에 대한 LED 조명의 감성적 효과를 발표하였다. 여기에서 생리지표로 알파파의 비율(7.5-13Hz)/(0.5-50Hz)을 분석하였고 심리적으로는 편안함과 가독성 등을 분석하였다. 그 결과, 무늬와 바탕색의 명도 대비가 명백한 흑백보다는 60-80%의 명도차가 있을 때 편안함을 느꼈고, 가독성은 50-60%의 비율일 때 더 높았다. 또한, 생리적반응인 알파파의 비율에서는 색도보다는 명도차이에서 야기되었고 색상의 차이는 심리적인 차이를 유도한다고 하였다.

최근에는 컴퓨터 게임이나 영상 산업, 온라인 환경이 활성화되면서 디자인 및 색채의 제시방법도 개인용 컴퓨터나 핸드폰의 활용이 확대되고 있는데, 컴퓨터 게임도 스크린색에 따라 게이머의 득점력에 달라진다는 보고가 있다. 모니터의 스크린이 청색이면 게임이 시간이 지남에 따라 향상되는데 빨강색 배경에서는 중간 단계의 게임에서 최고조에 달하지만 시간이 지남에 따라 급격하게 감소하는 것을 발견하기도 하였다(Wolfson & Case, 2000). 이와 같이 같은 이미지라도 바탕색이 달라질 경우에 인체의 감성이나 뇌파에 미치는 영향이 달라진다는 연구결과가 있지만 아직까지는 기본 이미지와 바탕색의 변화가 뇌파에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 일부 애니메이션에서 바탕색과 유발하고자 하는 감성, 강조 인물, 상징색들을 분석 연구한 예가 있지만 형용사를 측정 도구로 썼고 뇌파까지 연구되지는 않았다(Li, 2017). 또한 많은 연구가 빨강(53%), 파랑(30%), 흰색(25%), 녹색(19%)을 대상으로 분석하여왔기 때문에 좀 더 다양한 색에 대한 뇌파 반응 연구가 필요함도 제안되었다(Jalil et al., 2012).

이에, 본 연구에서는 동일한 회색 무늬의 배경색으로서 툰이 동일한 파스텔 계열 5가지 색과 흰색을 선정하여 이들 자극을 컴퓨터 모니터를 이용하여 제시할 때 뇌파에 어떠한 변화가 있는가를 알아보고자 하였다. 이를 통하여 추후 마케팅 전략을 수립할 때 유발하고자하는 감성에 따라 바탕색을 선택하는 데에 도움을 주고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상자 및 배경자극

본 연구에 참여한 연구대상자는 총 9명(남: 4명, 여: 5명)으로 색맹이나 색약 등 색채 인지에 대한 질환이 없으며, 뇌 혹은 인지기능 관련 질병이 없고 과거병력이 없는 사람을 대상으로 연구를 진행하였다.

뇌파측정을 위한 자극은 일차적으로 알파벳 4종, 기하무늬



Fig. 1. Six stimuli with different background colors for EEG measurement.

Table 1. Color characteristics of pattern and its background

	Background color						Pattern color mean (N=18)
	White	Pink	Green	Ivory	Yellow	Blue	
Color(E)	160	219	60	24	37	136	160
Saturation(S)	0	90	57	199	165	185	0
Brightness(L)	240	189	130	218	165	95	179
L	100	78	65	94	88	47	81
a	0	18	-17	3	-7	-9	0
b	0	-5	25	13	51	-47	0
Red (R)	255	221	139	251	230	23	190
Green (G)	255	180	166	235	222	117	190
Blue (B)	255	202	111	212	120	179	190
HTML color names	FFFFFF	DDB4CA	8BA66F	FBEBD4	E6DE78	1775B3	CACACA

세모, 원 4종을 가로와 세로로 4×4 형태로 규칙적으로 배치하여 단위무늬를 만들었으며, 이를 가로로 3번 반복하고 세로로 2번 반복하여 제작하였다(Fig. 1). 자극별로 무늬의 형태와 색상, 배치 등이 동일하도록 통제하였다. 무늬의 배경색은 모두 6종이었으며 이들 중 5종은 파스텔 톤(분홍색, 연두색, 아이보리색, 노란색, 파란색)을 배치하여 자극물을 완성하였다.

자극제시에 사용된 모니터는 HDTV 27인치(T27B550, Samsung)로 화면의 실제 크기는 60.0×33.5cm(W×H)이었다. 화면의 해상도는 약 8.18 PPI(1920×1080픽셀)로 32비트의 트루컬러를 갖는 Full High Definition(FHD)을 사용하였으며, 화면의 재생 빈도는 60Hz로 모니터의 가장자리는 광택이 있는 검은색이었다. 자극은 모니터 화면 크기에 딱 차도록 확대하여 제시하였으며, 연구에 사용된 자극의 색상정보는 Table 1에서 보는 바와 같다. 먼저 바탕색의 색 정보를 윈도우 7 그림판에서 모두 찾아서 색상, 채도, 명도를 제시하였고 포토샵에서 Lab 스케

일과 RGB로 각각의 배경색과 무늬색을 분석하였다. 또한 선정한 색의 고유번호를 포토샵에서 찾아 Table 1에 제시하였다.

실험 측정 시 다른 변인들을 자극을 최소화하기 위해 불을 끈 암막실에서 실험을 진행하였으며, 이때 사용된 자극의 광도는 디지털 광도 측정기(Konika Minolta luminance meter LS-100, Japan)로 측정하였다(Table 2). 평균 광도를 보면 파랑이 64.78cd/m²로 가장 어두웠으며, 연두, 분홍, 노랑, 아이보리, 흰색 순이었다. 여기서 검정은 자극과 자극사이에 모니터가 끼져 있는 상태에서의 광도로서 평균 0.53cd/m²이었다.

2.2. 평가방법

2.2.1. 실험 절차

뇌파측정을 위해 실험실에 입실 후 30분 정도 충분한 휴식을 취하였으며, 휴식 후 뇌파전극을 측정위치에 부착하였다. 이때 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극이며,

Table 2. Luminous intensity of background stimuli (unit: cd/m²)

	Black	White	Pink	Green	Ivory	Yellow	Blue
Luminous intensity	0.53 (±0.08)	206.33 (±19.60)	144.98 (±5.22)	111.48 (±8.44)	198.57 (±8.14)	173.75 (±6.90)	64.78 (±9.82)

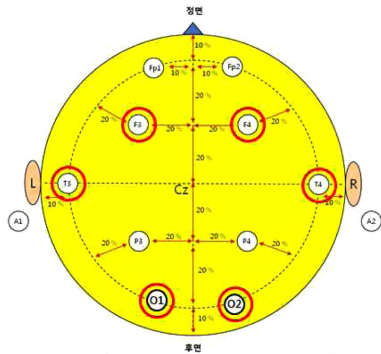


Fig. 2. Sensor positions for EEG measurement.

피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리 표면의 이물질을 닦아낸 후, 접시전극에 EEG Paste를 묻혀 전극을 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 거즈를 덮어줌으로써 전극끝이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되도록 하였다. 부착 후 실내용을 끈 후 눈이 적응될 때까지 다시 5분의 휴식을 취하였다. 휴식 후 6개의 자극을 각각 15초간 제시하였으며, 자극과 자극 사이에 검정색 화면을 15초간 제시하였다. 중간에 검정색 화면을 삽입한 것은 검사하고자 하는 항목 간의 영향을 최소화하기 위한 것으로(Lee et al., 2014), 자극제시 역시 순서효과를 최소화하기 위해 변형된 라틴스퀘어방법을 사용하여 제시하였다.

Table 3. Frequency range of brain indexes analyzed in this study

Abbreviation	Full terminology	Frequency range
AT	Absolute Theta Power Spectrum	(4~8Hz)
AA	Absolute Alpha Power Spectrum	(8~13Hz)
AB	Absolute Beta Power Spectrum	(13~30Hz)
AG	Absolute Gamma Power Spectrum	(30~50Hz)
AFA	Absolute Fast Alpha Power Spectrum	(11~13Hz)
ASA	Absolute Slow Alpha Power Spectrum	(8~11Hz)
ALB	Absolute Low Beta Power Spectrum	(12~15Hz)
AMB	Absolute Mid Beta Power Spectrum	(15~20Hz)
AHB	Absolute High Beta Power Spectrum	(20~30Hz)
RT	Relative Theta Power Spectrum	(4~8Hz) / (4~50Hz)
RA	Relative Alpha Power Spectrum	(8~13Hz) / (4~50Hz)
RB	Relative Beta Power Spectrum	(13~30Hz) / (4~50Hz)
RG	Relative Gamma Power Spectrum	(30~50Hz) / (4~50Hz)
RFA	Relative Fast Alpha Power Spectrum	(11~13Hz) / (4~50Hz)
RSA	Relative Slow Alpha Power Spectrum	(8~11Hz) / (4~50Hz)
RLB	Relative Low Beta Power Spectrum	(12~15Hz) / (4~50Hz)
RMB	Relative Mid Beta Power Spectrum	(15~20Hz) / (4~50Hz)
RHB	Relative High Beta Power Spectrum	(20~30Hz) / (4~50Hz)
RST	Ratio of SMR to Theta	(12~15Hz) / (4~8Hz)
RMT	Ratio of Mid Beta to Theta	(15~20Hz) / (4~8Hz)
RSMT	Ratio of (SMR~Mid Beta) to Theta	(12~20Hz) / (4~8Hz)
RAHB	Ratio of Alpha to High Beta	(8~13Hz) / (20~30Hz)
SEF50	Spectral Edge Frequency 50 % = Median Frequency	(4~50Hz)
SEF90	Spectral Edge Frequency 90 %	(4~50Hz)
ASEF	Spectral Edge Frequency 50 % of Alpha Spectrum Band	(8~13Hz)
A1_Fp2Fp1	A1 Asymmetry Index between Fp2 and Fp1	$\text{Ln}(\text{sqrt}(\text{R})) - \text{Ln}(\text{sqrt}(\text{L}))$
A1_F4F3	A1 Asymmetry Index between F4 and F3	$\text{Ln}(\text{sqrt}(\text{R})) - \text{Ln}(\text{sqrt}(\text{L}))$
A1_T4T3	A1 Asymmetry Index between T4 and T3	$\text{Ln}(\text{sqrt}(\text{R})) - \text{Ln}(\text{sqrt}(\text{L}))$
A1_P4P3	A1 Asymmetry Index between P3 and P2	$\text{Ln}(\text{sqrt}(\text{R})) - \text{Ln}(\text{sqrt}(\text{L}))$
A2_Fp2Fp1	A2 Asymmetry Index between Fp2 and Fp1	$(\text{R}-\text{L})/(\text{R}+\text{L})$
A2_F4F3	A2 Asymmetry Index between F4 and F3	$(\text{R}-\text{L})/(\text{R}+\text{L})$
A2_T4T3	A2 Asymmetry Index between T4 and T3	$(\text{R}-\text{L})/(\text{R}+\text{L})$
A2_P4P3	A2 Asymmetry Index between P3 and P2	$(\text{R}-\text{L})/(\text{R}+\text{L})$

Table 4. Brain indexes of significant difference depending on stimuli

Abbreviation (Index)	Frequency range	State
RT	(4-8)Hz/(4-50)Hz	meditation, being sleepy, hallucinations
RA	(8-13)Hz/(4-50)Hz	relation, calm state, light hypnotic, depressed
RG	(30-50)Hz/(4-50)Hz	memory, concentration, learning, reminiscence, selective
RSA	(8-11)Hz/(4-50)Hz	relaxation, rest, predormition
RST	(12-15)Hz/(4-8)Hz	concentrate
RSMT	(12-20)Hz/(4-8)Hz	slow β/θ , attention
RAHB	(8-13)Hz/(20-30)Hz	calm, relaxation

2.2.2. 측정 장비 및 분석지표

시계열 뇌전도 데이터 측정을 위해 다원생체신호 계측용 8 채널 폴리그래프 시스템인 BIOS-S8(BioBrain Inc., Daejeon, Korea)을 사용하였으며, 전극부착 위치는 10-20 시스템(Jasper, 1958)을 참고하여 선정하였다. 본 연구에서는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 좌우반구의 전두엽, 측두엽, 후두엽을 대표하는 F3, F4, T3, T4, O1, O2 총 6개의 위치를 선정하여 측정하였으며, 기준전극(reference electrode) A1은 우측 컷볼 뒤, 접지전극(ground electrode)은 이마에 부착하였다.

측정된 뇌전도 아날로그 신호는 샘플링 주파수 250Hz로 표본화한 후 24비트의 디지털 신호로 변환하여 USB 시리얼 통신으로 개인용 컴퓨터에 전송하였다. 전송된 신호는 시계열 생체신호 데이터 분석 프로그램인 BioScan(BioBrain Inc. Daejeon, Korea)을 이용하여 관심 주파수 대역을 필터링하였고 각 주파수 영역별로 뇌파리듬 데이터를 작성하였다. 뇌파리듬의 정량적인 양을 반영하는 스펙트럼 수치를 산출하였다. 뇌파 분석 지표는 파장별로 정의(Kim, 2016)되어 있는 AT, AA, AB, AG, AFA, ASA, ALB, AMB, AHB, RT, RA, RB, RG, RFA, RSA, RLB, RMB, RHB, RST, RMT, RSMT, RAHB 등의 지표들을 분석프로그램을 활용하여 일괄 분석하였으며, 각 지표별 주파범위는 Table 3에서 보는 바와 같다.

2.3. 통계분석

분석된 자극별 데이터는 SPSS 21.0 Statistics를 이용하여 통

Table 5. EEG index value depending on background colors on O1 position

Index	Type III sum of squares	df	F	p-value
RT	0.140	5	2.440	0.05*
RA	0.014	5	2.658	0.04**
RG	0.248	5	2.468	0.05*
RSA	0.009	5	2.939	0.02**
RST	0.464	5	1.044	0.41
RSMT	5.848	5	0.810	0.55
RAHB	6.740	5	2.691	0.03**

* $p < .1$, ** $p < .05$

계 처리하였으며, 모니터 배경색에 따라 부위별 지표 값에 차이가 있는지를 알아보기 위해 6개 자극물에 대한 뇌파 지표의 차이를 분산분석(ANOVA: Analysis of variance) 및 Duncan 사후검증으로 분석하였다.

3. 결과 및 논의

뇌파 측정 결과 배경색에 따라 예민한 차이를 보인 부위는 좌측 후두엽 부분(O1)이었으며, 우측 전두엽 부분(F4)과 측두엽 부분(T4)에서도 일부 차이를 발견할 수 있었다. 유의차이가 나타난 뇌파분석지표가 의미하는 바는 Table 4와 같다.

3.1. O1부위에서의 뇌파 측정 결과

좌측 후두부(O1)에서 배경색에 따른 뇌파측정 값을 지표별로 ANOVA(Analysis of variance)분석한 결과 Table 5에서 보는바와 같이 ‘RA’, ‘RSA’, ‘RAHB’ 지표에서는 $p < .05$ 에서 유의미한 차이를 보였으며, ‘RT’와 ‘RG’ 지표에서는 $p = .05$ 에서 유의미한 차이를 보였다.

지표별로 배경색에 따른 차이를 Duncan post-hoc test로 비교한 결과(Fig. 3), ‘RT’, ‘RA’, ‘RG’, ‘RSA’, ‘RAHB’ 지표에서 모두 차이를 보인 자극(배경색)은 노랑(Yellow)과 파랑(Blue) 배경색이었다. 파란색 배경의 경우 명상, 졸음, 환각을 의미하는 ‘RT’지표, 차분한 상태, 최면과 우울을 의미하는 ‘RA’ 지표, 이완과 휴식을 의미하는 ‘RSA’지표, 진정과 휴식을 의미하는 ‘RAHB’지표 값이 노란색 배경보다 유의미하게 높게 활성화 되었다($p = .05$, $p < .05$). 반면 노란색 배경의 경우 기억, 집중력, 학습 등을 나타내는 ‘RG’지표가 파란색 배경보다 유의미하게 높게 활성화되었다($p = .05$). 즉, RAHB, RA, RSA의 경우 파란색 배경이 노란색 배경에 비하여 유의하게 높다는 것 ($p < .05$)은 좀 더 차분하고 안정적, 편안하다는 의미이며, RG의 경우 노란색 배경이 파란색 배경에 비해 유의하게 높다는 것 ($p = .05$)은 노란색이 다른 배경색에 비해 좀 더 집중(concentration)을 하도록 유도한다는 것으로 해석할 수 있다.

3.2. T4부위에서의 뇌파 측정 결과

우측 측두부(T4)에서는 배경색에 따른 뇌파 지표 값을

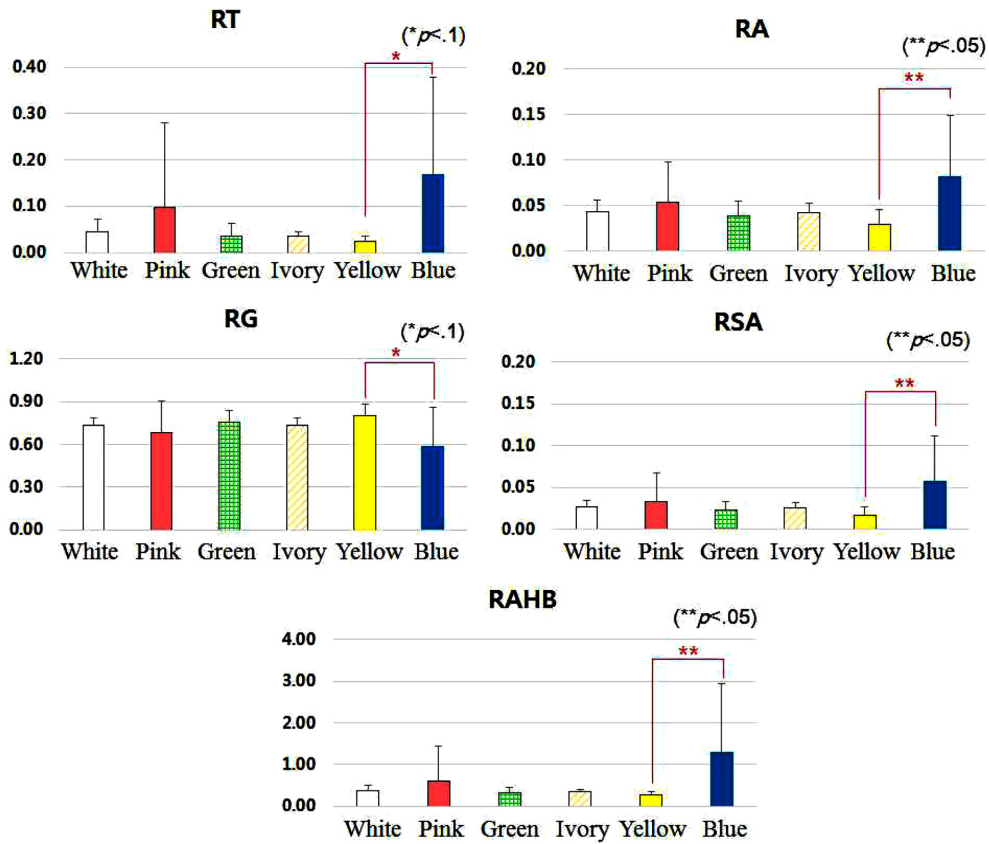


Fig. 3. EEG index value depending on background colors on O1 position (Duncan post-hoc test).

Table 6. EEG index value depending on background colors on T4 position

Index	Type III sum of squares	df	F	p-value
RT	0.077	5	1.900	0.12
RA	0.010	5	1.930	0.11
RG	0.156	5	1.836	0.13
RSA	0.006	5	2.054	0.09*
RST	0.465	5	1.880	0.12
RSMT	4.787	5	1.596	0.18
RAHB	4.414	5	1.903	0.12

* p<.1

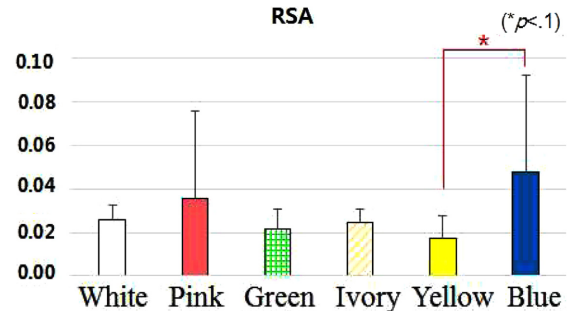


Fig. 4. EEG index value depending on background colors on T4 position (Duncan post-hoc test).

ANOVA(Analysis of variance)분석한 결과(Table 6), 이완과 휴식을 나타내주는 RSA 지표에서만 배경색에 따라 뇌파 반응이 다른 경향을 보여주었다($p<.1$).

우측 측두부(T4)에서 측정된 배경색에 따른 RSA 지표 값을 Duncan post-hoc test로 비교한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 파란 배경색을 사용한 경우가 노란 배경색을 사용한 경우보다 RSA 지표가 더 활성화 되는 경향이 있었다($p<.1$). 즉, 좌측 후두부(O1)에서 나온 결과와 유사하게 파란색 배경을 사용했을 경우 좀 더 편안한 느낌을 줄 수 있는 것을 알 수 있었다.

3.3. F4부위에서의 뇌파 측정 결과

우측 전두엽인 F4부위에서 측정된 뇌파 지표값이 배경색에 따라 차이가 있는지를 알아보기 위해 ANOVA(Analysis of variance)분석한 결과(Table 7), ‘RST’ 지표에서는 배경색에 따라 $p<.05$ 에서 유의미한 차이를 보였으며, ‘RSMT’ 지표에서는 차이가 있을 경향성을 보였다($p<.1$).

지표별로 각각의 배경색에 따른 차이를 Duncan post-hoc test로 비교한 결과(Fig. 5), ‘RST’와 ‘RSMT’ 지표에서 차이를 보인 자극(배경색)은 노랑(Yellow)과 파랑(Blue) 배경색이었다.

Table 7. Differences in EEG index value depending on background colors on F4 position

Index	Type III sum of squares	df	F	p-value
RT	0.067	5	1.631	0.17
RA	0.007	5	1.326	0.27
RG	0.125	5	1.287	0.29
RSA	0.005	5	1.632	0.17
RST	0.726	5	2.739	0.03**
RSMT	6.860	5	2.256	0.07*
RAHB	2.600	5	1.501	0.21

* $p < .1$, ** $p < .05$

우측 전두부(F4)에서도 노란색 배경을 사용한 경우 파란색 배경을 사용한 경우보다 집중도를 의미하는 ‘RST’와 ‘RSMT’ 지표 값이 유의미하게 높게 나타났다. 즉, 좌측 후두부(O1)의 ‘RG’ 지표 결과와 유사하게 회색 글씨에 노랑 배경색을 사용했을 경우가 다른 색들에 비해 더 주의집중을 하게 하여 주의도가 높아짐을 알 수 있었다.

본 연구 결과 좌측 후두부(O1), 우측 전두부(F4)와 측두부(T4)에서 유의차가 있는 뇌파 지수 ‘RT’, ‘RA’, ‘RG’, ‘RSA’, ‘RST’, ‘RAHB’에서 모두 노란 바탕색과 파란 바탕색에서 유의미한 차이를 보였다. 즉, 파란색 배경의 경우 명상, 졸음, 차분한 상태, 이완과 휴식 등을 의미하는 지표가 높게 나타났으며, 노란색 배경의 경우에는 기억, 집중력, 학습 등을 나타내는 지표가 유의미하게 높게 활성화되었다. 또한 좌측 후두부(O1)에서는 집중을 의미하는 ‘RG’ 지표를 제외하고 대부분 휴식과 이완, 차분함을 의미하는 ‘RT’, ‘RA’, ‘RSA’, ‘RAHB’ 지표가 활성화된 반면, 전두부(F4)에서는 집중을 의미하는 ‘RST’ 지표가 활성화되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 최근 디자인 작업에 많이 사용하는 개인용 컴퓨터 모니터를 통해 동일한 무늬일 경우 배경색채가 다른 자극들을 피험자에게 제시하였을 때 뇌파에 어떠한 변화가 있는가를 알아보고자 하였다.

양쪽 전두부(O1, O2), 측두부(T3, T4), 후두부(F3, F4)에서 뇌파를 측정할 결과, 색채자극에 따른 차이는 우측 전두부(F4)와 측두부(T4), 좌측 후두부(O1)에서만 유의미한 차이를 보였으며, 특히 좌측 후두부(O1)에서 배경색에 대하여 예민하게 반응하였다. 즉, 좌측 후두부(O1)에서는 ‘RT’, ‘RA’, ‘RG’, ‘RSA’, ‘RAHB’ 지표에서 모두 차이를 보인 반면, 우측 전두부(F4)에서는 ‘RST’, ‘RSMT’ 지표에서 우측 측두부(T4)에서는 ‘RSA’ 지표에서만 차이를 보였다.

통계적 차이를 보인 파스텔 배경색을 살펴보면, 노란 배경색과 파란 배경색에서만 차이를 보였으며, 지표별 결과는 다음과 같다.

좌측 후두부(O1)에서 나타난 대부분의 지표는 휴식과 이완,

차분함을 의미하는 ‘RT’, ‘RA’, ‘RSA’, ‘RAHB’로 파스텔톤 파란색 배경의 지표 값이 노란색 배경의 지표 값보다 유의미하게 높게 활성화되었다($p = .05$, $p < .05$). 또한 집중을 의미하는 ‘RG’ 지표에서도 유의미한 차이가 나타났는데, 이는 노란색 배경의 지표 값이 파란색 배경보다 높게 활성화되었다($p = .05$).

우측 전두부(F4)에서는 집중을 나타내는 ‘RST’ 지표 값에서 통계적 차이를 보였는데, 좌측 후두부와 동일하게 노란색 배경의 지표 값이 파란색 배경보다 높게 활성화되었다($p < .05$). 또한 주의력을 나타내는 ‘RSMT’ 지표에서도 노란색 배경이 더 활성화 되는 경향을 보였다. 우측 측두부(T4)에서도 좌측 후두부와 동일하게 휴식, 안정을 의미하는 ‘RSA’ 지표에서 파란색 배경이 노란색 배경보다 더 활성화되는 경향이 나타났다.

즉, 회색의 무늬에 파스텔 톤 파란색 배경이 모니터 화면을 통해 제시될 경우 좀 더 차분하고 안정적, 편안하게 느끼고 있음을 알 수 있었으며, 동일한 회색 무늬에 파스텔 톤 노란색 배경이 사용될 경우 좀 더 집중(Concentration)을 하도록 유도하는 것을 알 수 있었다. 또한 배경색에 대하여 예민하게 반응한 뇌 부위는 특히 좌측 후두부(O1)였으며 우측 전두부(F4)와 측두부(T4)에서도 일부 차이를 발견할 수 있었다.

본 연구 결과는 최근 개인용 컴퓨터를 활용하여 디자인 작업을 하고 컴퓨터 모니터 화면을 통해 다양한 정보를 주거나 광고 등 다양한 마케팅 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한 회색 무늬에 여러 바탕색들을 조합하였을 때의 뇌파 변화를 분석한 연구로 텍스타일 디자인이나 의복 디자인에 있어 보다 안정감이나 집중력을 주는 의복 등의 개발에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구는 무채색인 회색과 흰색을 조합한 무늬에 기본 흰색 및 다섯 종류의 파스텔 톤 배경색 자극에 대한 전반적인 뇌파 반응을 연구한 것으로 명도와 채도가 복합적으로 조합되었을 때의 배경색 변화에 따른 차이를 알아보기 위해 배경색의 톤을 일치시킨 상태에서 연구를 수행하였다. 따라서 다른 요인을 통제한 상태에서 명도차이나 채도차이에 따른 뇌파 반응에 대한 연구, 즉 무늬 특성과 바탕 색상의 명암변화에 따른 뇌파나 채도 변화에 따른 뇌파, 그리고 무늬와 바탕색상의 명도나 채도 차이에 대한 심층 연구가 후속 연구로 이루어져야 할 것이다. 특히 산업체에서의 활용성을 좀 더 높이기 위해서는 좀 더 다양한 무늬와 색, 바탕색의 조합 시 뇌파연구도 추후 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 BK21플러스 사업의 지원을 받아 수행된 연구 결과임 (과제 번호: F16HR38T1102).

References

Chong, W. S., Hong, C. U., & Kim, N. G. (2004). A study on human

- responses to color light stimulation. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 7(4), 51-56.
- Hong, G. Kim, S., Lee, B. Yi, D., & An, S. (2009). The effect of color therapy on stress and electroencephalogram variation. *The Korean Society of Aesthetics and Cosmetology*, 7(1), 51-58.
- Hwang, Y. S., Kim, S. Y., & Kim, J. Y. (2013). An analysis of youth EEG based on the emotional color scheme images by different space of community facilities. *Korean Institute of Interior Design Journal*, 22(5), 171-178. doi:10.14774/JKIID.2013.22.5.171
- Jalil, N. A., Yunus, R. M., & Said, N. S. (2012). Environmental colour impact upon human behaviour: A Review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 54-62. doi:10.1016/j.sbspro.2012.02.062
- Jasper, H. (1958). Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 10, 370-375. doi:10.1016/0013-4694(58)90053-1
- Kang, S. Y., Kim, M. K., & Ryu, H. W. (2013). Influence of the concentration of lavender oil on brain activity. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 11(11), 1099-1107.
- Kim, J. Y., & Lee, H. S. (2009). A study on interior wall color based on measurement of emotional responses. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 12(2), 205-214.
- Kim, K. (2016, March 17). The abbreviated word of EEG analysis index and its definition. *Biobraininc*. Retrieved June 19, 2017, from <http://biobraininc.blogspot.kr/>.
- Lee, E., & Suk, H. (2011). The effect of color contrast between text and background on human comfort—Psychological and physiological investigations. In *Midterm Meeting of the International Colour Association (AIC 2011)*.
- Lee, J., Ryu, J., & Lee, H. (2016). An analysis of previous literature on the effect of lighting colors on the brain wave response. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 30(2), 111-120.
- Lee, J., Ryu, J., Kim, H., & Lee, H. (2014). An analysis of human physiological responses to apply color to the indoor living space. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 28(1), 96-105.
- Li, M. (2017). Perfect interpretation of the influence of color background on animation art in my neighbor Totoro directed by Miyazaki Hayao. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science*, (icsste). doi:10.12783/dtssehs/icsste2017/9392
- Ryu, J., Kim, H., Seo, E., & Lee J. (2013). A study on evaluation of human physiological and psychological responses due to changes in illumination. *Proceedings of Korean Society of Color Studies*, pp. 23-26.
- Wolfson, S., & Case, G. (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with Computers*, 13(2), 183-192. doi:10.1016/S0953-5438(00)00037-0
- Yoto, A., Katsuura, T., Iwanaga, K., & Shimomura, Y. (2007). Effects of object color stimuli on human brain activities in perception and attention referred to EEG alpha band response. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(3), 373-379. doi:10.2114/jpa2.26.373
- Zhang, H., & Tang, Z. (2011). To judge what color the subject watched by color effect on brain activity. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 11(2), 80-83.

(Received 6 September 2017; 1st Revised 19 September 2017; 2nd Revised 26 September 2017; Accepted 28 September 2017)