

## 뇌파분석을 통한 색상의 선호도 분석 가능성

### The potentiality of color preference analysis by EEG

김민경\* · 류희욱\*†

Min Kyung Kim\* · Hee Wook Ryu\*†

송실대학교 공과대학 화학공학과 뷰티공학 전공\*

Beauty Science and Technology, Department of Chemical Engineering, Soongsil University\*

#### Abstract

To quantitatively analyze the effects of color stimulation which is one of the major affecting factors on human emotion, we studied the relationship between color preference and the Electroencephalography (EEG) to 3 color stimuli; bright yellow red (BYR), deep green yellow (DGY), and vivid blue (VB). Physiological signal measured by EEG on the color stimulation was closely related with their well-known colorful images. The brain become more activated with decreasing the color temperature ( $BYR \geq DGY > VB$ ), and the right brain is more sensitive than the left. On the whole, the EEG values of the frequency bands are in order to  $\beta \geq \theta$  and  $\alpha > \gamma$ . As decreasing the color temperature,  $\beta$  wave increased ( $BYR \geq DGY > VB$ ), and  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  waves increased with increasing the color temperature ( $BYR \geq DGY > VB$ ). The relationship between the color preference and EEG values showed EEG gets more activated at some frequency bands when the color preference becomes higher. In conclusion, the specific frequency band could be activating by a color stimuli which had showed higher the preference. It means that these color stimuli can apply for various industries such as beauty industry, interior design, fashion design, color therapy, and etc.

**Keywords:** Color, EEG, Preference, Emotion, Color image.

#### 요약

인간의 감성에 직접적인 영향과 자극을 주는 색상자극에 대한 생체반응을 정량적으로 분석하기 위하여 3가지 색상 자극(Bright Yellow Red (BYR), Deep Green Yellow (DGY), Vivid Blue (VB))에 대한 뇌파 생리신호(Electroencephalography, EEG)와 선호도와와의 상관관계를 연구하였다. 뇌파 분석을 통해 얻은 생체신호는 일반적인 색상의 이미지와 밀접한 상관관계가 있었다. 색온도가 낮을수록 뇌가 활성화 되었고( $BYR \geq DGY > VB$ ), 좌뇌보다 우뇌가 더 큰 생체반응을 보였다. 전체적으로 주파수 별 뇌파값은 베타파 $\geq$ 세타파, 알파파 $>$ 감마파의 순이었다. 색온도가 낮을수록 Beta파의 뇌파 power 증가( $BYR \geq DGY > VB$ )하였고, 그리고 나머지 파(세타파, 베타파, 감마파)의 경우에는 색온도가 낮을수록 이들 주파수의 뇌파 power가 증가( $BYR \geq DGY > VB$ )하였다. 색상별 선호도와 뇌의 활성화의 상관관계는 색상에 대한 선호도가 높을수록 특정 주파수대의 뇌파가 활성화되었다. 선호도에 따른 뇌파반응은 좌·우뇌간에 유사한 생리적 반응을 보였으나, 후두부 보다는 전두부에서 뚜렷한 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 선호도가 높은 색상자극을 통해 특정 주파수 영역의

† 교신저자 : 류희욱 (송실대학교 화학공학과)

E-mail : hwryu@ssu.ac.kr

TEL : (02) 820-0611

FAX : (02) 812-5378

뇌파를 활성화가 가능하며, 색을 이용하는 다양한 분야(뷰티산업, 인테리어, 색채치료, 의상 등)에 적용가능성이 높다는 것을 의미한다.

주제어: 색상, 뇌파, 선호도, 감성, 색 이미지

## 1. 서론

### 1.1. 연구 목적 및 배경

색이 사람의 감성에 미치는 영향을 다루는 색채심리학은 심리학의 한 분야로서 색 자극이 뇌 감각기관에 미치는 영향과 기능분석에 관한 연구 등을 비롯하여 다양한 연구들이 진행되고 있다(권영걸과 박지은, 2004; 김민경, 2004). 색채 심리학을 이용하여 심리치료 등의 의료분야 뿐만 아니라 색의 감성을 실내 인테리어 디자인, 의류, 메이크업 등의 뷰티산업, 쇼핑, 조명, 광고, 산업디자인, 컴퓨터 게임, 교육(업무 및 학습능력 증진) 등 다양한 분야와 일상생활에서 널리 활용되고 있다(권영걸, 2001).

색채치료 및 미술치료(art therapy)는 색채심리학을 기초의학분야에 적용한 대표적인 응용예로 국내외적으로 활발히 활용되고 있다(Metzl, 2008; Kim, 2009; 홍근주 등, 2009). 또한 컴퓨터 게임이나 TV 광고 효과에서도 색채 심리가 적용된다. Wolfson과 Case(2000)에 의하면 모니터의 스크린 색상이 게이머의 득점력에 영향을 미친다고 한다.

인테리어 분야에서의 색채 심리의 이용연구는 실내의 색채와 배경 음악의 조화에 따른 감정반응(조미나, 2011), 인테리어 색상에 의한 감성언어와 반응(Kim, 2004), 인테리어 색상 자극에 의한 뇌파반응의 분석(Küller et al., 2009; 김주연과 이현수, 2009), 조명 색상에 의한 인간 기억력과 생체반응(Küller, 1986, 2002; 정민영 등, 2004; 정우석 등, 2004; Kobayashi & Sato, 1992; Noguchi & Sakaguchi, 1999) 등 색상의 생리적 영향에 대하여 활발하게 연구가 진행되고 있다. 예를 들면, 실내인테리어에서 벽이나 빛의 색 변화는 자연 빛과 인공 빛 모두 사람의 생체시계(Küller, 2002)에 영향을 미칠 뿐만 아니라 색온도가 혈압에 영향을 미치며(Kobayashi & Sato, 1992), 낮은 색온도의 빛은 뇌전도 주파수대(EEG bandwidth)에서 평균 주파수와 알파파 감쇄계수가 낮아지므로 침실은 높은 색온도를 사용하여야 한다(Noguchi & Sakaguchi,

1999)고 한다.

색채심리를 이용한 광범위한 응용분야 중 하나가 메이크업과 의류산업이다. 메이크업은 계절색을 이용하여 아이 섀도우와 립 색상을 이용하는데, 일반적으로 알려진 계절색상인 봄은 분홍색(Pale Red Purple), 연두색(Yellow Green), 오렌지색(Bright Yellow Red), 여름은 흰색(white), 파랑(Blue) 등을 많이 사용하고 가을은 카키(Deep Green Yellow Red), 브라운(Dull Yellow Red)가 있고 겨울은 검정색(Black), 보라(Dull Red Purple) 등을 아이 섀도우(Eye shadow)로 많이 활용하며 계절 색상을 사용하여 계절감을 더욱 돋보이게 한다(김민경, 2005). 봄, 여름은 밝고 밝은 색을 사용하고 가을과 겨울은 무겁고 탁한 느낌의 색을 사용한다.

계절색을 이용하여 다양한 분위기의 제품들이 계절별로 출시되어 사용되고 있지만, 계절색을 적용한 제품들에 대한 소비자의 심리반응에 대한 정성적 평가법들이 적용되고 있다. 이처럼 색채를 이용한 응용분야가 광범위할 뿐만 아니라 그와 관련된 다양한 연구들이 진행되어 왔지만, 색채별 고유의 생체반응을 정량적으로 평가하려는 연구는 아직 미흡한 상태이다. 최근 들어 색, 빛, 냄새, 소리 등의 외부자극에 대한 심리적 반응을 생체신호를 이용하여 정량화 하려는 연구들이 활발히 진행되고 있다(Zion-Goumbic et al. 2008; Ergenoglu et al., 2004; Lang et al., 2010; Schneider et al., 2009; Chebat & Michon, 2003; Martin, 1998).

감성생리 신호측정은 인간의 오감(시각, 후각, 청각, 촉각, 미각)을 통하여 심리·생리적 반응을 측정하는 것으로 뇌파(EEG), 근전도(EMG), 피부전기활동(EDA), 심박수 등을 통하여 심리적·화학적·생리적·행동 신호등을 분석하는 것이다. 색상이나 빛의 변화 같은 시각 자극은 자발뇌파(EEG), 유발뇌파(ERP), 심전도(ECG) 등의 분석을 통하여 생리신호로 나타낼 수 있다. 또한, 인간의 지적활동을 뇌 활동에 국한하지 않고 감성 진단칩(EOC)을 사용하여 인간지성의 해석이 가능하게 되었으나 아직 활성화되지는 않고

있다(정효일 등, 2011). 이러한 생체신호를 이용하여 다양한 분야에서 활용하고 있지만, 집중력과 기억력 분석 등에 주로 연구가 진행되었고, 색채와 같은 시각자극에 대한 심리반응에 대한 연구는 소수에 불과하다. 시각에 대한 연구는 풍경이나 인물에 대한 선호도(Zion-Goumbic et al., 2007; Ergenoglu et al., 2004) 관련 연구와 TV 광고에 대한 감성유발 뇌파반응(김용호, 2006; 김은희, 2010; 편홍국, 2000)에 관한 연구가 진행된 정도이다. 본 연구에서는 인간의 감성에 직접적인 영향과 자극을 주는 색상자극에 대한 생체반응을 정량적으로 해석하기 위해 뇌파 생리신호(EEG)와 선호도와 의 상관관계를 연구하고자 하였다.

20~40대 미용업종에 종사하는 여성들을 대상으로 3가지 색상 자극(Bright Yellow Red (BYR), Deep Green Yellow (DGY), Vivid Blue (VB))에 대한 뇌파 측정과 선호도를 조사하였다. 색상자극에 대한 4가지 주파수대 영역 (세타파, 베타파, 알파파, 감마파)에 대해 선호도와 의 상관관계를 해석하여 선호도가 높은 색상자극을 통해 특정 주파수 영역의 뇌파를 활성화 가능성을 확인하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상 및 재료

색채 자극에 대한 뇌파분석조사에 참여한 연구대상은 20~40대의 미용업계에 종사하는 여성 26명을 대상으로 선정하였다. 이들은 신경학 또는 정신질환 병력이나 색맹이 아닌 인지장애 없는 정기적 EEG 연구 참여진으로 부터 선발하였다. 색채의 한색, 난색, 중성색중 미용업계 종사하는 여성들이 메이크업 할 때 주로 사용하는 색인 Vivid Blue(R0 G160 B202, C100 M0 Y20 K0), Bright Yellow Red(R243 G153 B79, C0 M50 Y70 K0), Deep Green Yellow(R85 G125 B50, C50 M0 Y80 K50)를 색채 자극물로 선택하여 사용하였다. 색채실습을 위한 전문가용 색종이 시스템인 컬러칩(18cm × 6cm)으로 측정하였다.

### 2.2. 연구방법 및 범위

색채자극에 대한 피시험자들의 뇌파 반응은 조용하고 채광이 잘 드는 향온/향습 공간에서 수행하였다.

인체의 생리신호는 감정 변화뿐만 아니라 여러 가지 외적 요인에 따른 영향을 최소화하기 위하여 실내 조도와 온도를 각각 150 lux와 23-24℃로 일정하게 유지하였다.

뇌파 생리신호(EEG)는 PolyG-I system (Laxtha Inc., Korea)을 사용하여 측정하였다. 뇌의 구조 중 인지영역은 전두부이고 시각영역 부위는 후두부이므로 International 10-20 electrode system의 기준에 따라 전두부의 좌우지점인 F<sub>3</sub>과 F<sub>4</sub>, 후두부의 좌우지점인 O<sub>1</sub>과 O<sub>2</sub> 지점을 뇌파 측정부위를 선정하였다(그림 1). 뇌파의 측정은 단극 유도법으로 측정하였다.

색채 자극은 피시험자가 20초간 눈을 감으며 편안한 상태에서 휴식을 취한 후 눈을 뜨게 하여 한 개의 컬러칩에 노출시켜 20초 동안 응시하도록 하였다(편홍국, 2000). 한 종류의 컬러칩을 본 후에는 다음 컬러칩을 보기 전 20초간 눈 감고 휴식을 취하여 먼저 본 컬러의 잔상이 남지 않도록 하였다. 각 컬러칩은 색에 대한 즉각적인 반응을 알아보도록 하기 위하여 피험자에게 한 번만 보여주고 측정하도록 하여 총 실험시간은 100초 동안 실험을 하였다. 피시험자에게 컬러칩의 노출순서는 무작위로 하였다. 색상(컬러칩)에 대한 선호도와 뇌파신호와의 상관관계를 규명하기 위하여 뇌파와 선호도조사를 병행하였다. 색상에 대한 선호도는 5등급(1 등급: 아주 싫어함, 2등급: 싫어함, 3등급: 보통, 4등급: 좋아함, 5등급: 아주 좋아함)으로 분류하여 조사하였다. 선호도에 대한 설문 조사는 색채자극에 대한 뇌파정보를 수집한 후에 수행하였다.

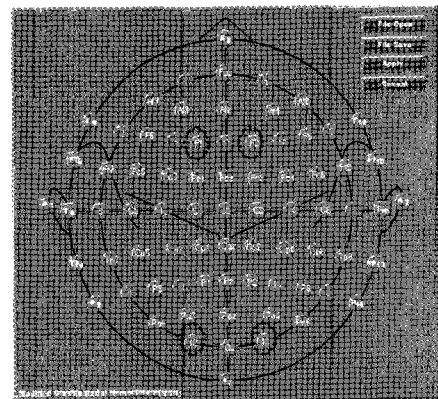


그림 1. 뇌파전극배치 위치 (측정부위 F3, F4, O1, O2)

2.3. 분석 방법

뇌파 data 수집을 위한 표본화주파수(sampling frequency)는 256Hz로 하여 연속적으로 측정하였고, 0.06에서 50Hz의 주파수 영역에서 필터링하였으며, resolution은 16 bit로 하였다. 수집한 뇌파의 분석은 Laxtha 사의 뇌파 분석 software인 Telescan ver. 2.9를 사용하여 수행하여 델타파를 제거 후 색상을 보고 생체반응인 뇌파를 스펙트럼 분석을 하여 뇌파가 특정 주파수로 진동하는 단순 진동들의 선형적 결합으로 보고 각각의 주파수 성분을 분해하며 크기(power)로 표시한다.

총 뇌파 및 각 뇌파 발생량과 컬러칩에 대한 선호도와 상관관계 정규성 검토는 Kolmogorov Smirnov 검정을 사용하였고, 선호도와 뇌파분석지표간의 상관

관계검토는 Pearson 상관(모수검정)을 하였다. 사용한 통계 패키지 PASW statistics 18 (SPSS 18)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3가지 색상 자극에 대한 20~40대 미용업종에 종사하는 여성들을 대상으로 인지 영역부위라고 알려진 뇌의 영역 중 전두부(Frontal Lobe), 시각영역부위인 후두부(Occipital Lobe)에서 색상 자극에 대한 반응을 수집한 EEG data를 사용하여 각 색상에 대한 피시험자들의 선호도와 뇌파와의 상관관계를 도출하였다 (그림 2~그림 7).

DGY 색상에 대한 선호도와 전두부의 좌·우뇌의 뇌

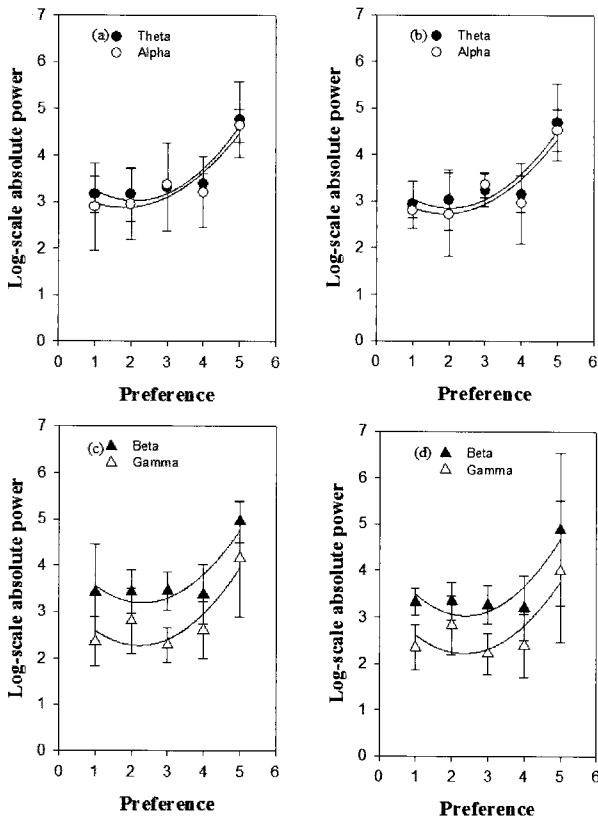


그림 2. DGY색상의 선호도와 전두부(F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>)의 뇌파값과의 상관관계. (a) 좌뇌: ● theta파 (R<sup>2</sup>=0.91, p=0.000), ○ alpha파 (R<sup>2</sup>=0.86, p=0.032); (b) 우뇌: ● theta파 (R<sup>2</sup>=0.85, p=0.003), ○ alpha파 (R<sup>2</sup>=0.78, p=0.081); (c) 좌뇌: ▲ Beta파 (R<sup>2</sup>=0.83, p=0.118), △ Gamma (R<sup>2</sup>=0.78, p=0.182); (d) 우뇌: ▲ Beta파 (R<sup>2</sup>=0.81, p=0.221), △ Gamma (R<sup>2</sup>=0.69, p=0.193).

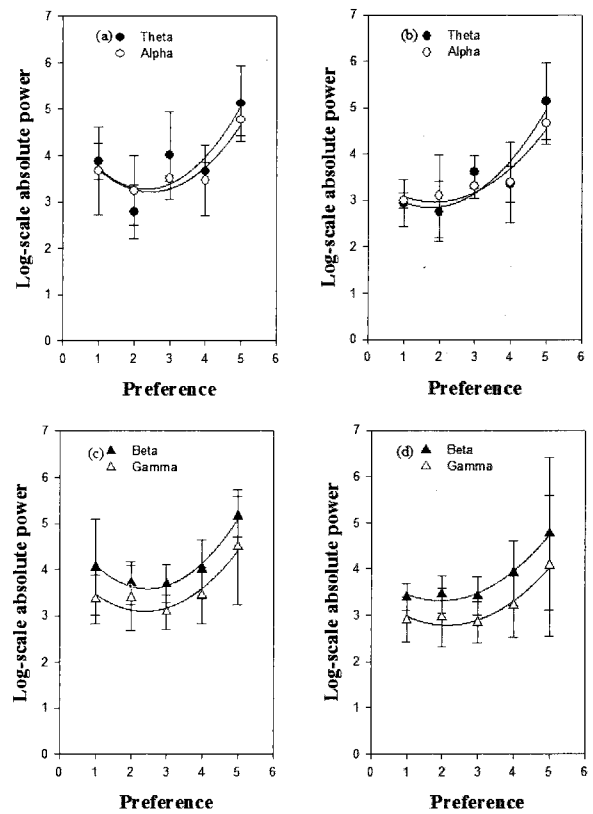


그림 3. DGY색상의 선호도와 후두부(O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>)의 뇌파값의 상관관계. (a) 좌뇌: ● theta파 (R<sup>2</sup>=0.72, p=0.055), ○ alpha파 (R<sup>2</sup>=0.90, p=0.068); (b) 우뇌: ● theta파 (R<sup>2</sup>=0.86, p=0.015), ○ alpha파 (R<sup>2</sup>=0.86, p=0.024); (c) 좌뇌: ▲ Beta파 (R<sup>2</sup>=0.98, p=0.125), △ Gamma (R<sup>2</sup>=0.98, p=0.056); (d) 우뇌: ▲ Beta파 (R<sup>2</sup>=0.98, p=0.029), △ Gamma (R<sup>2</sup>=0.95, p=0.043).

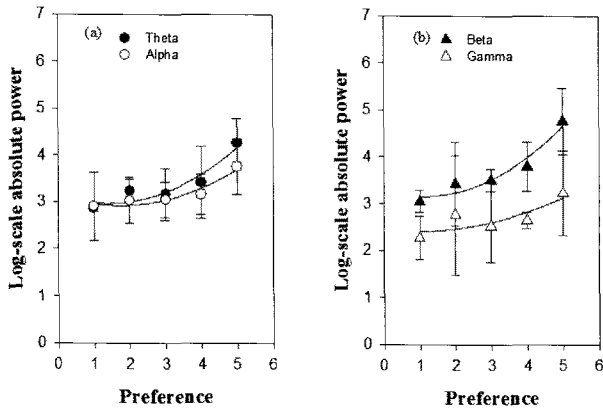


그림 4. BYR색상의 선호도와 전두부(F<sub>4</sub>)의 뇌파값과의 상관관계. (a) ● theta파 ( $R^2=0.90$ ,  $p=0.020$ ), ○ alpha파 ( $R^2=0.91$ ,  $p=0.032$ ); (b) ▲ Beta파 ( $R^2=0.96$ ,  $p=0.133$ ), △ Gamma ( $R^2=0.69$ ,  $p=0.140$ ).

파 power의 상관관계를 모든 주파수(세타파, 알파파, 베타파, 감마파)에서 강한 상관관계(상관계수 0.69~0.91)를 보였다(그림 2). 모든 주파수에서 선호도 2(싫어함)에서 가장 낮은 뇌파 power들을 보였고, 선호도 1(아주 싫어 함)에서 오히려 뇌파값이 증가하는 경향이 있었고, 선호도가 2 이상으로 증가함에 따라 각 뇌파 power는 거의 선형적으로 증가하였다. 주파수별 뇌파 power는 좌뇌와 우뇌 모두 베타파 ≥ 세타파, 알파파 > 감마파 순이었고, 우뇌의 뇌파 power가 좌뇌 보다 다소 높았다.

전두부와 마찬가지로 후두부에서도 DGY 색상에 대한 선호도와 뇌파 power간에는 모든 주파수(세타파, 알파파, 베타파, 감마파)에서 강한 상관관계(상관계수 0.72~0.98)를 보였다(그림 3). 전두부와 후두부의 뇌파 power의 경향은 비슷하게 나타났으며, 선호도와 상관성은 후두부 보다 전두부가 상관성이 다소 높은 것을 알 수 있었다. 한편, 두 부위(전두부와 후두부)에서 선호도와 뇌파 power와의 상관관계가 좌뇌보다 우뇌에서 약간 두드러지게 나타나지만 전반적으로 유사한 경향을 보였다.

BYR 색상에 대한 선호도와 전두부의 뇌파 power(우뇌)의 상관관계에서는 베타파와 선호도와 뇌파 power와의 강한 상관관계(상관계수( $R^2$ ) 0.96), 세타파와 선호도의 상관관계는 0.90, 알파파와 선호도와 상관관계도 0.91로 높았다(그림 4). 반대로 감마파(0.69)는 다소 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 주파수별 뇌파 power는 베타파 ≥ 세타파, 알파파 > 감마파 순

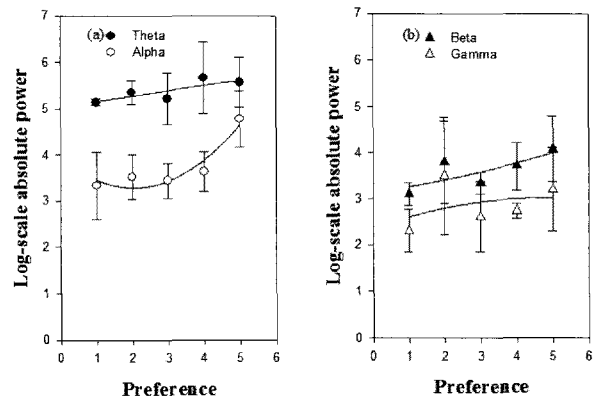


그림 5. BYR색상의 선호도와 후두부(O<sub>2</sub>)의 뇌파값(우뇌)과의 상관관계. (a) ● theta파 ( $R^2=0.32$ ,  $p=0.015$ ), ○ alpha파 ( $R^2=0.17$ ,  $p=0.078$ ); (b) ▲ Beta파 ( $R^2=0.59$ ,  $p=0.018$ ), △ Gamma ( $R^2=0.13$ ,  $p=0.036$ ).

서로 DGY의 색상 결과와 유사한 경향을 보였다. BYR 색상에 대한 좌뇌의 상관관계를 제시하지는 않았지만 DGY와 마찬가지로 우뇌와 유사한 결과를 확인하였다.

BYR 색상에 대한 선호도와 후두부의 뇌파 power의 상관관계를 그림 5에 도시하였다. 후두부에서도 BYR 색상에 대한 선호도와 뇌파 power는 주파수간에 상관관계를 보였다. 베타파가 선호도와 뇌파값과의 상관관계(상관계수 0.59), 세타파는 상관계수가 0.32, 알파파는 0.17를 보였고, 감마파 주파수에 대해서는 상관관계가 아주 약하게 나타났다. 주파수별 뇌파값은 세타파 ≫ 베타파, 알파파 > 감마파 순이었다. 전두부에 비하여 후두부에서 선호도와 뇌파 power간의 상관관계가 약한 것을 알 수 있다.

VB 색상에 대한 선호도와 전두부 뇌파 power의 상관관계는 베타파가 선호도와 상관관계(상관계수 0.97)가 높은 것으로 나타났지만, 그 외의 다른 파는 다른 색상에 비하여 뇌파값과 선호도의 상관관계(0.15~0.43)가 상대적으로 미약하였다(그림 6). 후두부의 경우에도 베타파만이 선호도와 상관관계가 높은 것을 알 수 있었고 나머지 파는 상관성이 적게 나타났다(그림 7).

뇌의 구조는 전두엽(Frontal lobe), 두정엽(Parietal lobe), 측두엽(Temporal lobe), 후두엽(Occipital lobe)로 되어 있고 전두엽은 고도의 인지와 정신적 기능을 나타내고 두정엽은 체성의 감각의 영역을 나타내고 있으며 측두엽은 청각, 후두엽은 시각영역을 나타내고

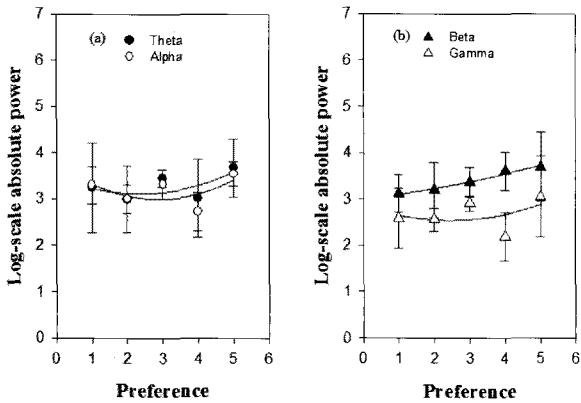


그림 6. VB색상의 선호도와 전두부(F<sub>4</sub>)의 뇌파값의 상관관계. (a) ● theta파 ( $R^2=0.40$ ,  $p=0.103$ ), ○ alpha파 ( $R^2=0.31$ ,  $0.080$ ); (b) ▲ Beta파 ( $R^2=0.97$ ,  $p=0.280$ ), △ Gamma ( $R^2=0.15$ ,  $p=0.162$ ).

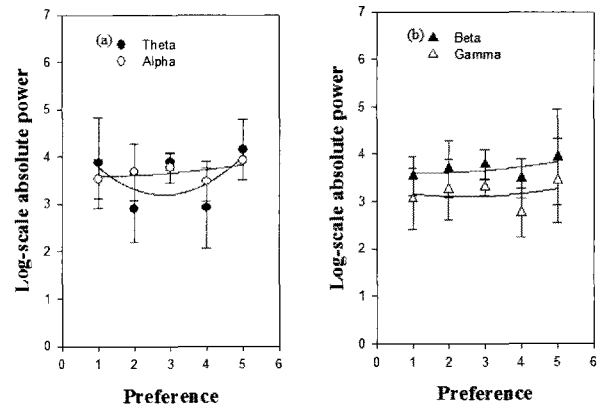


그림 7. VB색상의 선호도와 후두부(O<sub>2</sub>)의 뇌파값의 상관관계. (a) ● theta파 ( $R^2=0.32$ ,  $p=0.073$ ), ○alpha파 ( $R^2=0.17$ ,  $0.092$ ); (b) ▲ Beta파 ( $R^2=0.59$ ,  $p=0.086$ ), △ Gamma ( $R^2=0.13$ ,  $p=0.081$ ).

있다. 본 연구에서는 인지영역을 전두엽의 뇌파를 측정하는 것으로, 뇌파는 두피에서 자발적으로 발생하는 전기포텐셜로 전극에서 포착된 두피뇌파(Scalp EEG)로 두뇌가 발산하는 전기적 유형으로 델타파, 세타파, 알파파, 베타파, 감마파 등이다. 이들 5가지 주파수의 뇌파 중 세타파는 기쁨을 느낄 때 발생하는 뇌파라고 한다. 주파수별 각 뇌파의 특징은 (i) 델타( $\delta$ )파는 0~4 Hz 영역의 주파수로 깊은 수면 상태에 많이 발생하며, 정상적 각성 시 나타나면 뇌종양, 뇌염 등의 병적 요인의 판단 근거로 활용하는 뇌파, (ii) 세타( $\theta$ )파 4~8Hz 영역의 주파수로 기억력, 초능력, 창의력, 집중력, 불안해소(정서안정), 스트레스 등 다양한 상태와 관련이 있는 뇌파이고, (iii) 알파파( $\alpha$ )는 8~13Hz의 영역으로 긴장이완과 같은 편안한 상태(명상)에서 두정부와 후두부에서 많이 출현하는 뇌파이고, (iv) 베타파( $\beta$ )는 13~30Hz 영역의 주파수로 각성상태, 의식적인 행동, 복잡한 계산처리, 및 불안과 긴장 시 우세하게 나타나거나 일반적인 작업이나 언어적 설명을 듣거나 말 할 때 잘 나타나는 뇌파이고, (v) 감마( $\gamma$ )파는 30~50Hz 영역의 주파수로 고도의 인지작용을 할 때 활성화되는 뇌파이다.

이러한 뇌파의 특성을 바탕으로 세 가지 색상에 대해 얻은 뇌파 데이터를 근거로 다양한 분석이 가능하다(김은희, 2010).

그림 2-그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 색상에 따라 뇌파 power가 다르게 나타났다. 세 가지 색상에 대한 생체반응을 뇌파 power의 크기의 관점에서 볼

때 그림 2-그림 7로 부터 얻은 네 가지 주파수 뇌파 power를 합한 총 뇌파값(total brain wave power)의 크기는 BYR (13.9-18.8)  $\geq$  DGY (14.2-18.6) > VB (13.4-17.0) 순이었다. 강렬하고 따뜻한 색상인 BYR이 높은 뇌파 power를 보이고, 상대적으로 침착하고 정서적으로 안정감 있고 차가운 이미지 색상인 DGY와 VB으로 갈수록 뇌파 power가 낮았다. 강렬한 색상의 패턴과 붉은 색상의 경우 뇌를 자극시켜 흥분시킨다고 한다(Küller et al., 2009). 이는 붉은 계열의 색상의 이미지는 자극적인 이미지를 주는 색상으로 뉴런의 활동이 왕성하고 명소시 노랑색 계열에서 가장 민감하다는 것을 알 수 있었다(문은배, 2011). 또한 좌뇌보다 우뇌가 더 큰 생체반응을 보였고, 색상별 어느 정도의 차이는 있지만 전체적으로 주파수 별 뇌파 power는 베타파  $\geq$  세타파, 알파파 > 감마파의 크기이다. 일반적인 학설에는 좌뇌는 수리적 능력을 나타내고 우뇌는 감성적이고 예술적인 부분의 능력을 발휘 할 때 활발하다고 한다(조은희, 2007).

본 연구 결과에서도 좌뇌보다 우뇌의 뇌파반응이 높은 것으로 보아 색에 대한 감성이 좌뇌보다 우뇌가 조금 더 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다. 색상의 이미지가 정서적으로 안정감이 있고 침착한 이미지의 색상일 경우 생체신호도 역시 비슷한 경향을 갖게 되므로 색상에 대한 감성반응을 생체 신호로부터 확인할 수 있음을 의미한다.

세 가지 색상에 대한 뇌파의 특성을 각 주파수별 특성을 상대적으로 색상에 대해 좀 더 활성화된 우뇌

를 기준으로 살펴보면, 베타파의 경우 BYR이 상대적으로 가장 크고 그 다음이 DGY, VB 순이다. 즉, 베타파의 경우 색온도가 낮을수록 뇌파 power가 크게 반응하였다. 나머지 파(세타파, 알파파, 감마파)도 역시  $BYR \geq DGY > VB$  순이었다. 이러한 결과는 베타파가 각성상태와 의식적인 행동을 할 때 잘 나타나는 것으로 선호하는 의식적인 반응일 때 베타파가 증가하는 것을 알 수 있었다.

알파파가 긴장이완과 같은 편안한 상태를 나타내므로 3가지 주파수의 뇌파값이 큰 DGY와 VB가 BYR 보다 편안함과 집중력에 용이한 색상임을 의미한다. 색이미지에서 Green 계열과 Blue 계열의 이미지는 집중, 안정이 잘되는 색(Küller, 1986)으로 한색은 알파파가 상승한다(정우석 등, 2004)는 연구결과와 일치한다. 또한, Noguchi와 Sakaguchi(1999)의 연구에 따르면 낮은 색온도의 빛은 뇌전도 주파수대에서 평균주파수와 알파파 감쇄계수가 낮아진다고 한다. 자극물이 다르므로 이들의 결과를 본 연구 결과와 직접 비교하기는 어렵다.

본 연구의 결과는  $BYR \geq DGY > VB$  순으로 알파파의 반응이 나타나 김주연과 이현수(2009)의 연구에서  $White > Yellow > Green > Blue$ 의 순으로 알파파의 반응이 나타나는 것과 비슷한 경향이 나타났다. 본 연구에서는 수면상태에서 관찰되는 델타파를 제외하고, 전반적으로 선호도가 증가할수록 4가지 주파수의 뇌파 power가 커지고, 색상별 선호도와 뇌파 power의 상관관계도 색에 따라 다르게 나타남을 알 수 있었다(그림 2-그림 7). 선호도에 따라 가장 뚜렷한 상관관계를 보인 색상은 DGY이고, 그 다음이 BYR이다. 반면 VB는 선호도와 생체반응(뇌파 power)과의 상관관계가 약했다. Blue의 경우 뇌파 power 자체가 다른 색상에 비해 적은 편이고, 색이미지는 안정적인 색상이기 때문에 뇌파 power와 선호도와 상관성이 나타나지 않는 것으로 보인다. 즉, Blue의 경우 다른 색상에 비해 선호도에 따른 뇌파 power의 변동 폭이 미미하다고 할 수 있다.

반면 상대적으로 자극적인 Red 계열과 Yellow 계열의 경우 선호도에 따라 특정 주파수의 뇌파가 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다. DGY의 경우 모든 주파수에서 선호도에 따라 뇌파 power가 모두 민감하게 반응하였고, 좌·우뇌 사이에 선호도에 대한 뇌파의 반응이 비슷한 경향으로 나타났다. BYR의 경우 선호도에 대한 뇌파 power의 변화는 베타파가 가장

민감하게 반응하였고, 세타파도 민감하게 반응을 하였다. 그리고 알파파와 감마파가 덜 민감하게 반응하였으며, 감마파의 반응은 미미하였다. 전반적으로 색상별로 가장 낮은 뇌파 power는 1-3 정도의 선호도에서 관찰되었고, 선호도가 낮을 때 오히려 뇌파 power가 어느 정도 증가하였지만, 절대적인 뇌파 power는 선호도가 높은 경우와 비교하여 상대적으로 미미한 값이었다. 반면 가장 낮은 뇌파 power를 보인 선호도가 증가할수록 뇌파 power가 증가하는 경향을 보였다.

그림 2-그림 7 뇌파 power가 log값 인 것을 고려한다면 선호도와 뇌파 power 간의 상관관계가 미미한 Blue를 포함하여 색상과 관계없이 선호도 5일 때 대부분의 주파수에서 뇌파 power는 다른 선호도에 비해 매우 높은 값을 보였다.

이러한 결과들로부터 선호도와 뇌파 반응과의 상관관계는 색상에 따라 다르지만, 가장 낮은 뇌파 power를 보인 선호도 이상으로 선호도가 증가함에 따라 뇌파 power가 증가하는 경향이 뚜렷하며 몇몇 경우를 제외하고는 전체적으로 좌·우뇌 간에 유사한 생리적 반응을 보임을 알 수 있다. 컴퓨터 게임에 미치는 색과 소리의 영향을 규명한 Wolfson와 Case(2000)의 연구에 의하면 모니터의 바탕색으로 청색스 크린을 사용한 게이머는 게임이 진행됨에 따라 점진적으로 향상된데 반해, 빨강색 배경을 사용한 게이머는 중간단계의 게임에서 점수가 최고조에 도달했지만 시간이 지남에 따라 급격하게 감소하였다고 한다. 마찬가지로 본 연구에서도 색상과 선호도에 따라 사람의 생체반응이 달라지므로 이를 활용한 색채심리의 이용이 가능할 것이다. 예를 들면, 베타파는 각성상태와 의식적인 행동, 긴장할 때 잘 나타나는 뇌파로 색의 선호도가 높음에 따라 뇌파의 반응과 비례하므로 선호할 경우 베타파가 증가한다는 것을 이용하여 색을 이용한다면 효과적인 색채관리를 통하여 생활의 변화를 줄 수 있을 것이다.

세타파는 기억력, 초능력, 창의력과 관련되어 있으므로 세타파가 증가되도록 좋아하는 색을 사용하여 뇌파를 자극하면서 기분전환에 도움을 줄 수 있도록 하고, 따뜻함과 화려함을 지닌 색 BYR을 좋아하는 사람에게 메이크업과 의상에 활용하면 뇌파자극이 높아져 기분 개선과 창의력 등을 증진 시킬 수 있을 것이다. 반대로 집중력과 학습능력을 향상시키거나 긴장과 흥분을 가라앉히고 신체를 이완하여 스트레

스를 완화하기 위해서는 이와 밀접한 관련이 있는 알파파를 향상시킬 수 있는 색상인 청색과 녹색계열을 사용할 수 있을 것이다. 이와 같이 뇌의 반응에 영향을 미치는 색을 뷰티산업, 인테리어 색채치료, 의상 등 다양한 대상을 위한 색을 적용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 지각 영역에 해당하는 전두엽에서만 뇌파 power를 측정하여 분석하였으나, 지각, 감각, 청각, 시각영역에 해당하는 부위 모두를 측정한다면 색상별 선호도와 뇌의 활성화의 상관관계를 보다 체계적으로 규명할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

3가지 색상 자극(DGY, BYR, VB)에 대한 뇌파신호와 선호도와 상관관계 규명을 위하여 20~40대 미용업종에 종사하는 여성들을 대상으로 인지 영역부위인 뇌의 전두부(Frontal Lobe), 후두부(Occipital lobe)로부터 뇌의 생체신호정보인 뇌파를 측정하고, 각 색상에 대한 피시험자들의 선호도를 조사하였다. 이러한 연구를 통해 얻은 주요 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 전두부와 후두부는 색상 자극에 대한 총 뇌파 power의 크기는  $BYR \geq DYG > VB$  순으로 강렬하고 따뜻한 색상인 BYR이 높은 뇌파 power를 보였고, 상대적으로 정서적으로 안정감 있고 차가운 이미지 색상일수록 뇌파 power가 낮았다.
- 2) 색상 자극에 대해 좌뇌보다 우뇌가 더 큰 생체 반응을 보였고, 색상별 어느 정도의 차이는 있지만 전체적으로 주파수 별 뇌파값은 전두부와 후두부는 베타파  $\geq$  세타파, 알파파  $>$  감마파의 크기이다.
- 3) 색상 자극에 대한 생체반응은 뇌파의 각 주파수 별 특성의 관점에서 살펴보면, 뇌파의 경우  $BYR \geq DYG > VB$ 의 순으로 뇌파 power가 증가하였다. DGY와 BYR의 뇌파 값은 큰 차이가 있지 않았다.
- 4) 색상별 선호도와 뇌파 power의 상관관계가 색에 따라 다르게 나타남을 알 수 있었다. 즉, 선호도와 뇌파간의 가장 뚜렷한 상관관계를 보인 색상은 DGY이고, 그 다음이 BYR이었다. 반면에 VB는 선호도와 생체반응(뇌파 power)과의 상관관계가 미미 하였다.

- 5) 선호도와 뇌파 반응과의 상관관계는 색상에 따라 다르지만, 전체적으로 좌·우뇌간에 유사한 반응을 보였다.
- 6) 측정부위에 따른 상관관계는 후두부 보다는 인지영역인 전두부에서 보다 뚜렷한 상관관계를 나타냈다.
- 7) 선호도와 뇌파 반응과의 상관관계는 색상에 따라 다르긴 하지만 전체적으로 베타파와 세타파가 가장 뚜렷한 상관관계를 보였다.

이러한 연구결과로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다. 뇌파의 분석을 통해 얻은 생체신호가 일반적인 색상의 이미지와 밀접한 상관관계가 있으며, 색상별 선호도와 뇌의 활성화의 상관관계는 색상에 따라 다른 경향을 보이고, 색상에 대한 선호도가 높을수록 특정 주파수대의 뇌파가 활성화된다. 이러한 결과를 활용하여 선호도가 높은 색상자극을 통해 특정 주파수 영역의 뇌파를 활성화시킬 수 있는 가능성이 높음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 권영걸 (2001). *색색가지 세상*. 서울: 국제.
- 권영걸, 박지은 (2004). 색채치료에 기초한 주거공간의 녹색에 관한 연구. *한국색채학회*, 18(2), 1-11.
- 김공주 (1989). *색채과학*. 서울: 대광.
- 김대식, 최장욱 (2001). *뇌파검사학*. 서울: 고려의학.
- 김민경 (2004). 색이 인간에게 미치는 영향과 색채 요법의 적용분야에 관한 연구 분석. *한국뷰티아트학회지*, 2(1), 5-66.
- 김민경 (2005). *김민경의 실용색채 활용*. 서울: 예림.
- 김용호 (2006). 뇌파측정기술(EEG)을 이용한 TV 영상 감성반응의 실험 연구. *한국방송학보*, 20(1), 7-49.
- 김은희 (2010). 뇌파측정(EEG)을 통한 텔레비전 광고 모델의 광고효과에 관한 연구. *커뮤니케이션학연구지*, 18(1), 273-299.
- 김주미 (2002). *색색가지 세상*. 서울: 국제.
- 김주연, 이현수 (2009). 감성측정에 따른 실내 벽면 색채에 관한 연구. *한국감성과학회지*, 12(2), 205-214.
- 문은배 (2011). *색채 디자인 교과서*. 서울: 안그라픽스.
- 스나에나가 타미오 저, 박필임 역 (2008). *색채심리*. 서울: 예경.
- 신향선 (2009). *Color Combination Planning*. 서울: 디지



- 털복스.
- 장석우 (2011). 성격유형과 유발전위 연구. *한국감성학회지*, 14(1), 137-146.
- 정소라, 지식준, 이오걸, 박레혜, 이준탁 (2006). Wavelet transform을 이용한 시청각 학습의 전두부 뇌파 활성도에 관한 연구. 2006 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 7(12), 2177-217.
- 정여주 (2010). 만다라와 미술치료. 서울: 학지사.
- 정우석, 홍철운, 김남균 (2004). 색채 조명 자극에 대한 인체 반응에 관한 연구. *한국감성과학회지*, 7(4), 51-56.
- 정효일, 길태숙, 황유선 (2011). 감성 진단칩(Emotion-a-chip, EOC): 인간 감성측정을 위한 바이오칩 기술의 진화. *한국감성과학회지*, 14(1), 157-164.
- 조미나 (2011). 레스토랑 실내의 색채와 배경 음악의 조화가 고객의 감정적 반응 및 행동 의도에 미치는 영향. *한국감성과학회지*, 14(1), 27-38.
- 조은희 (2007). 오감을 활용한 아동미술 교육 방안 연구. 숙명여대 교육대학원 석사논문.
- 파버비렌, 김화중 역 (1996). 색채심리. 서울: 동국.
- 편홍국 (2000). 뇌파를 이용한 TV광고 효과의 정량적 평가. 한양대학교 석사논문.
- 홍근주, 김수미, 이범천, 이동희, 안성관 (2009). 컬러테라피가 스트레스와 뇌파변화에 미치는 영향. *대한피부미용학회지*, 7(1), 51-59.
- 황철민, 류은경, 변은희, 김철중 (1997). 감성과 뇌파와의 상관성에 대한 연구. 1997 한국감성과학회 학술대회논문집, 한국감성과학회, 80-89.
- Chebat, J. C., and Michon, R. (2003). Impact of ambient odors on mall shoppers' emotions, cognition, and spending: A test of competitive causal theories. *Journal of Business Research*, 56, 529- 539.
- Hugdahl, K. (1995). *Psychophysiology: the mind-body perspective*. The President and Fellows of Harvard College.
- Lang, P.J., Bradley, M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84, 437-450.
- Kim, J. Y. (2004). *Interior Color Design Using Psychophysiological Responses Towards User Oriented Smart Environments*. Doctoral Dissertation, Yonsei University.
- Kim, S. H. (2009). The Arts in Psychotherapy. *The Arts in Psychotherapy*, 36, 1-4.
- Kobayashi, H., Sato, M. (1992). Physiological responses to illuminance and color temperature of lighting. *The Annals of Physiological Anthropology* 1992, 11(1), 45-49.
- Küller, R. (1986). Physiological and psychological effects of illumination and color in the interior environment. *Journal of Light and Visual Environment*, 10(2), 33-37.
- Küller R. (2002). The influence of light on circarhythms in humans. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 21(2), 87-91.
- Küller, R., Mikellides, B., Janssens, J. (2009). Color, Aroral, and Performance-A Comparison of Three Experiments. *Wiley Periodicals, Incorporated*, 34(2), 141-152.
- Martin, G. N. (1998). Human electroencephalographic EEG. response to olfactory stimulation: Two experiments using the aroma of food. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 287-302.
- Metzl, E. S. (2008). Systematic analysis of art therapy research published in *Art Therapy: Journal of Psychophysiology*, 30, 211-236.2.
- Noguchi H, Sakaguchi T. (1999). Effect of illuminance and color temperature on lowering of physiological activity. *Applied Human Science*, 18(4), 117-123.
- Schneider, S., Brümmer, V., Abel, T., Askew, C D., Strüder, H.K. (2009). Changes in brain cortical activity measured by EEG are related to individual exercise preferences. *Physiology & Behavior*, 98, 447-452.
- Stone, N J. (2003). Environmental view and color for a simulated telemarketing task. *J Environ Psychology*, 23, 63-78.
- Ergenoglu, T., Tamer, D., Zubeyir B., Mehmet E., Huseyin B., Yagiz U. (2004). Alpha rhythm of EEG modulates visual detection performance in humans. *Cognitive Brain Research*, 20, 376-383.
- Wolfson, S., Case, G. (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with computers*, 13, 183-192.
- Zion-Golumbic, E., Golan, T., Anaki, D., Bentin, S. (2008). Human face preference in gamma-frequency EEG activity. *Neuro Image*, 39, 1980-1987.

원고접수 : 11.05.30

수정접수 : 11.06.10

게재확정 : 11.06.15