

## 색채 감성에 대한 심혈관 변수 관계성에 대한 연구

A Study on the Relationship between Color and Cardiovascular Parameters

조아영\* · 우진철\* · 이현우\* · 조영호\*\* · 황민철\*\*\*†

Ayoung Cho\* · Jincheol Woo\* · Hyunwoo Lee\* · Youngho Jo\*\* · Mincheol Whang\*\*\*†

\*상명대학교 감성공학과

\*Department of Emotion Engineering, Sangmyung University

\*\*감성과학연구센터

\*\*Emotion Science Center

\*\*\*상명대학교 휴먼지능정보공학과

\*\*\*Department of Intelligence Information Engineering, Sangmyung University

### Abstract

Color is a significant factor for evoking human emotion. Therefore, the effects of color have been analyzed to predict and evaluate human emotion. The purpose of this study was to measure the cardiovascular responses depending on color stimuli in order to observe differences in color-emotions. Images consisting of six colors (red, green, blue, cyan, magenta, yellow) were used as visual stimuli. 26 college or graduate students (13 males) watched the color stimuli on the monitor and scored their subjective emotion while electrocardiogram (ECG) was measured. The effects of the color on emotion were tested using Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test. The coherence ratio showed significant differences between green and magenta ( $p = .004$ ), green and red ( $p = .006$ ), and green and yellow ( $p = .004$ ). The significant differences of cardiovascular and emotions were relevant to emotional valence. This study shows significance as an empirical study by indicating that green induces pleasant and red induces unpleasant.

**Key words:** Color Emotion, Color, Cardiovascular Response, Color Stimuli

### 요약

시각 정보 중 색채는 인간의 감성을 일으키는 중요한 요소이다. 그러므로 감성을 유발하거나 예측하기 위해서 색의 효과를 확인하는 것은 중요하다. 본 연구는 색채에 따른 감성의 차이를 확인하고자 색채 자극에 따른 심혈관 반응을 측정하였다. 색채 자극은 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow의 6가지 색상으로 구성된 이미지들을 사용하였다. 실험에 참여한 대학생 26명(남자 13명)은 Electrocardiogram (ECG) 센서를 착용하고 모니터에 제시된 각 자극을 본 후 주관감성을 평가하였다. 색채 자극에 따른 심혈관 반응 데이터는 Kruskal-wallis 검정과 Mann-Whitney 검정을 수행하여 분석하였다. 그 결과 Coherence ratio가 Green과 Magenta ( $p=.004$ ), Red ( $p=.006$ ), Yellow ( $p=.004$ )

※ 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2015-0-00312, 융·복합 콘텐츠 Social 감성인지와 Social Intelligence 모델 활용 Life Logging 기반 기술 개발).

† 교신저자 : 황민철 (상명대학교 휴먼지능정보공학과)

E-mail : whang@smu.ac.kr

TEL : 02-2287-5293

FAX : 02-2287-0072

색상에서 유의한 차이가 있었다. 본 연구는 색상에 따른 유효한 심혈관 반응 변수와 감성의 차이를 확인하였으며 이러한 차이는 쾌-불쾌의 감성과 관련이 있었다. 본 연구는 녹색이 쾌의 감성을 유발하고 적색이 불쾌의 감성을 유발할 수 있음을 보인 실증적인 연구로써 의의가 있다.

**주제어:** 색채 감성, 색채, 심혈관 반응, 색채 자극

## 1. 서론

인간은 물리적 속성을 지각하기 위해서 오감을 사용한다. 또한 물리적 속성을 지각하는데 있어 시각에 가장 의존한다(Bynum & Porter, 1993; Hultén et al., 2009). 시각 정보는 사물의 색과 형태를 포함하며 특히 색채는 감성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 다양한 시각 정보에서 색채 요소의 유무만으로도 유발되는 감성이 달라질 수 있으며(Park et al., 2004), 색채가 달라짐에 따라서도 다른 감성이 유발될 수 있다. 이에 따라 특정 색채와 특정 감성을 연관 지으려는 시도가 꾸준히 시도되어지고 있으나(D'Andrade & Egan, 1974; Hemphil, 1996; Manav, 2007; Naz & Helen, 2004; Odom, 2004; Palmer & Schloss, 2010; Plutchick, 2004; Sokolova et al., 2015; Terwogt & Hoeksma, 1995) 사람마다 선호하는 색에 따라 감성 변화가 민감하기 때문에 모든 사람들에게 동일한 색 감성을 적용하기란 쉽지 않다.

그럼에도 불구하고 실증적인 연구들에서 대부분의 사람들이 어느 정도 비슷한 감성 반응을 보이는 색상들이 존재한다. 빨간색은 상징적으로 붉은 피를 연상시켜 공격적인, 공포, 분노, 강렬한, 열정적인과 같은 감성의 감성을 유발하는 것으로 보고되어 왔다(Lichtenfeld et al., 2012; Hill & Barton, 2005; Allen & Jones, 2013; Elliot & Maier, 2014; Stevens & Ruxton, 2012). 녹색은 주로 식물과 같은 자연에서 많이 볼 수 있는 색으로 평온한, 신선한, 긍정적인과 같은 긍정과 이완의 감성을 유발하는 것으로 보고되어 왔다(Lichtenfeld et al., 2012; Akers et al., 2012; Clarke & Costall, 2008; Moller et al., 2009). 또한 파란색은 자연의 물이나 하늘 등에서 많이 볼 수 있는 색으로 신뢰, 깨끗한, 긍정적인, 개방적인과 같은 긍정적인 감성과 관련이 있는 것으로 보고되어 왔다(Mehta & Zhu, 2009; Alberts & vander Geest, 2011; Lee & Rao, 2010;

Yüksel, 2009; Labrecque & Milne, 2012; Bottomley & Doyle, 2006; Hanss et al., 2012; Ngo et al., 2012).

이처럼 색이 감성에 미치는 영향의 중요성이 부각되면서 다양한 분야에서 색채와 감성의 관계를 밝히려는 시도가 이루어져 왔는데, 특히 색에 대한 많은 연구들에서 색 자극이 주어졌을 때 생리적 반응을 측정하여 정량화하려는 시도들이 있어왔다(Litscher et al., 2013; Sroykham et al., 2014; Yuda et al., 2016; Kim et al., 2016; Moharreri et al., 2014; Singh, 2006; Kim, et al., 2014; Kim & Ryu, 2011; Park, et al., 2011). 색상과 감성에 대한 여러 연구 결과들을 볼 때, 사용된 색상은 주로 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow이었다. 또한 Red나 Yellow와 같은 난색계열은 교감신경의 활성을 초래하고 Green이나 Blue와 같은 한색계열은 부교감신경의 활성을 초래하였다. 따라서 본 연구에서는 색 자극에 따른 심혈관 반응을 측정하여 색상 간 유의한 차이를 확인하고 기존의 연구 결과들과 본 연구 결과를 비교하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 색채 자극 및 심혈관 반응의 측정

본 실험에 사용된 색채 자극은 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow의 6가지 색상으로 구성되었다. 이미지의 색이 아닌 형태에 의한 영향을 최소화하기 위해 각 색에 대한 이미지들을 Fig. 1과 같이 다양한 공간주파수가 포함되도록 구성하였다. 따라서 동일한 색에 대해 공간주파수가 높고 낮은 레벨을 3단계로 구별하여 3단계의 공간주파수 이미지들을 균일하게 포함한 144장의 이미지를 자극으로 사용하였고, 27인치 모니터를 사용하여 자극을 제시하였다. 각 색상 별 이미지의 색상(Hue), 명도(Intensity), 채도(Saturation),

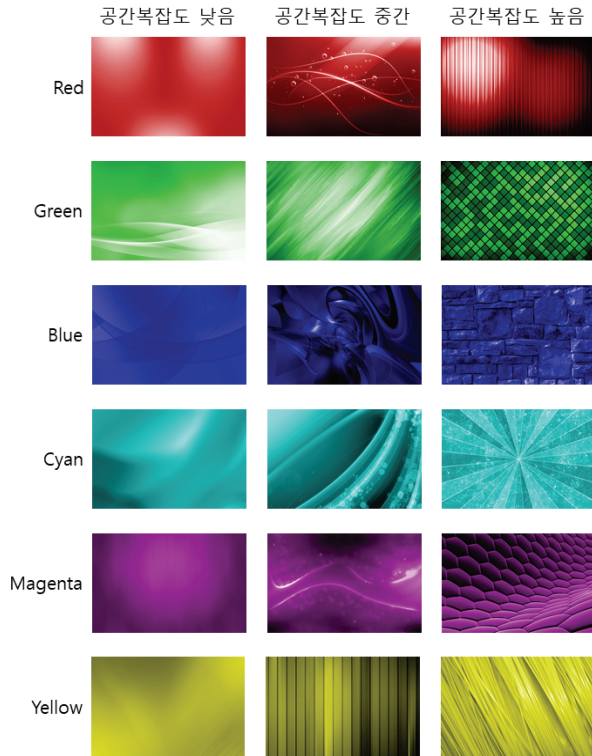


Fig. 1. Examples of color stimuli

색차(Chrominance), 공간 주파수(Spatial frequency)는 이미지 픽셀의 평균값으로 계산하여 Table 1에 제시하였다. 색상은 색상환에서 파장이 가장 긴 빨강을 0

도로 하였을 때 상대적인 배치 각도로 0도에서 360도 사이의 범위를 갖는다. 명도, 채도의 범위는 0에서 255 사이로 숫자가 클수록 명도의 경우 밝음을, 채도의 경우 가장 선명한 순색임을 의미한다. 색차는 각각의 색신호(R,G,B) 성분에서 화상의 밝기를 나타내는 휘도신호(Y) 성분을 뺀 신호를 의미한다. 즉 Cb, Cr은 다음과 같이 계산된다.  $Cb=(B-Y)$ ,  $Cr=(R-Y)$ .

색채 자극에 따른 심혈관 반응은 ECG (Electrocardiogram) 증폭기와 MP 150 데이터 수집기로 구성된 ECG 측정 시스템(BIOPAC Systems Inc., USA)을 사용하여 측정하였다. HRV (Heart rate variability) 분석을 통해 시간 도메인 변수들(i.e. SDNN, pNN50)과 주파수 도메인 변수들(i.e. Total Power, Peak Power, HF, LF, VLF, Coherence Ratio)로 분석되었다(Table 2).

## 2.2. 실험참가자

본 연구에서는 색상 자극에 따른 심혈관 반응을 측정하기 위한 실험을 수행하였다. 심혈관계 질환이 없는 26명의 대학생 및 대학원생(남 13명, 여 13명)이 실험에 참여하였으며, 이들의 평균 연령은 27.03세였다. 모든 실험참가자로부터 실험참가 동의서를 얻은 후에

Table 1. Averaged values of color component

Color	Spatial Frequency			Hue	Saturation	Intensity	Cb	Cr
	high	medium	low					
Red	140.929	44.430	11.316	3.536	210.147	176.328	116.865	196.787
Green	153.370	55.574	14.593	75.644	230.012	140.966	179.587	168.819
Blue	81.826	33.515	29.842	170.428	220.939	132.106	182.287	109.741
Cyan	127.535	56.938	15.636	126.332	236.335	113.057	86.389	95.100
Magenta	142.694	49.360	6.757	192.924	236.223	77.766	134.210	89.838
Yellow	192.998	62.228	27.034	29.377	216.316	168.930	60.272	150.891

Table 2. Variables of cardiovascular

Variable		Description
Time domain	SDNN (ms)	Standard deviation of all NN intervals
	pNN50 (%)	NN50 count divided by the total number of all NN intervals
Frequency domain	Total Power ( $ms^2$ )	Variance of all NN intervals (0.0033~0.4 Hz)
	Peak Power ( $ms^2$ )	Integral of the window 0.015 Hz above and below the highest peak (0.015 Hz)
	HF ( $ms^2$ )	Power in the high frequency range (0.15~0.4 Hz)
	LF ( $ms^2$ )	Power in the low frequency range (0.04~0.15 Hz)
	VLF ( $ms^2$ )	Power in the very low frequency range (0.0033~0.04 Hz)
	Coherence Ratio	$(PeakPower / (TotalPower - PeakPower))^2$ High coherence ratio means mental clarity and emotional stability

실험이 진행되었으며 실험 참여도를 높이기 위하여 소정의 실험 참여 비용을 제공하였다.

### 2.3. 실험절차

실험 절차는 Fig. 2와 같으며 약 5분간 장비 착용을 마친 뒤 실험참가자들에게 의자에 앉아 약 110cm 떨어진 정면 모니터를 응시하도록 하였다. 실험참가자들은 이미지가 제시되기 이전에 레퍼런스 측정을 위해 12초간 회색의 빈 화면을 응시하였다.

레퍼런스 측정이 완료된 후 실험참가자의 주의를 모으기 위하여 1초간 십자 표시가 화면에 제시되었다. 십자 표시가 사라지면 같은 색상에 대해 동일한 공간주파수를 지닌 8장의 이미지가 연속으로 제시되었으며 한 장당 10초씩 총 80초 동안 이미지가 제시되었다. 실험참가자들은 이미지를 본 후 9초간 휴식을 취하는 동안 각성-이완, 쾌-불쾌에 대한 주관감성을 7점 척도로 평가하였다. 레퍼런스 측정부터 휴식까지를 한 번의 주기로 하여 102초가 소요되었다. 위의 주기를 18회 반복하였으며 이는 6개의 각 색상마다 공간복잡도 레벨에 따른 3개의 세트를 반복한 횟수이다. 18개 세트의 순서는 랜덤하게 제시되었으며 실험에 소요된 총 시간은 약 35분이었다.

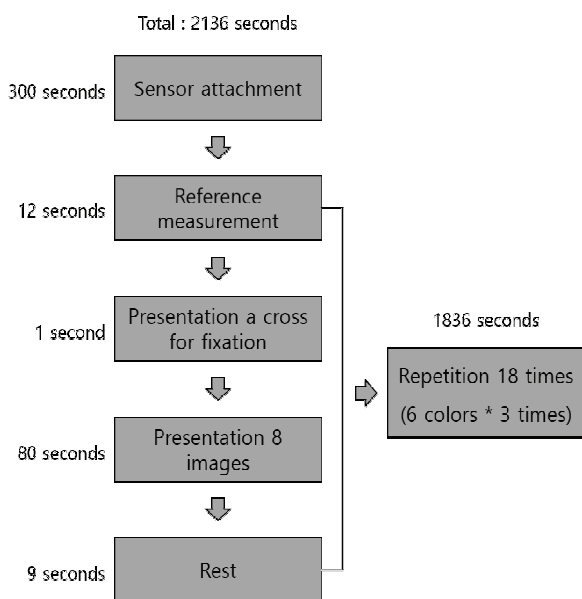


Fig. 2. Experiment protocol

## 3. 분석 및 연구결과

### 3.1. 공간주파수에 따른 심혈관 반응

본 연구에서 제시한 자극의 6가지 색상별로 공간주파수를 높음, 중간, 낮음의 3가지 그룹 간에 심혈관 반응 변수들이 차이가 있는지를 확인하고자 하였다. 정규성 검정 결과 심혈관 반응 변수들이 정규성을 만족하지 않아 일원배치분산분석의 비모수 검정인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 그 결과 6개 색상 모두 공간주파수 그룹 간 차이가 유의하지 않았으므로( $p>.05$ ) 색채 자극의 공간주파수에 따른 심혈관 반응에 차이가 없음을 확인하였다(Table 3).

Table 3. *p*-value of Kruskal-Wallis test

	blue	cyan	green	magenta	red	yellow
SDNN	.515	.991	.658	.869	.967	.844
pNN50	.459	.753	.644	.714	.998	.859
Total Power	.597	.997	.598	.898	.940	.966
Peak Power	.766	.779	.487	.913	.645	.470
HF	.776	.856	.649	.898	.441	.876
LF	.874	.880	.969	.914	.827	.862
VLF	.266	.935	.414	.887	.966	.908
Coherence Ratio	.844	.489	.596	.721	.439	.095

### 3.2. 색채에 따른 심혈관 반응

3.1에서와 마찬가지로 색상에 따른 심혈관 반응 변수들에 대하여 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 그 결과 Coherence ratio 데이터가 색상 별 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=.18$ ). 어떤 색상에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 Mann-Whitney U 검정으로 사후분석을 실시한 결과 Green과 Magenta ( $p=.004$ ), Green과 Red ( $p=.006$ ), Green과 Yellow ( $p=.004$ ) 사이에서 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3). 각 색상을 비교할 때 다중 비교에서 생길 수 있는 오류를 보정하기 위하여 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 사용하여 유의확률을 색상 그룹 수로 나누어 계산하였다. 유의확률 0.05를 기준으로 예를 들면 유의확률 0.05를 6으로 나눈 값인 0.008 이하인 경우 유의하다고 판단하였다.

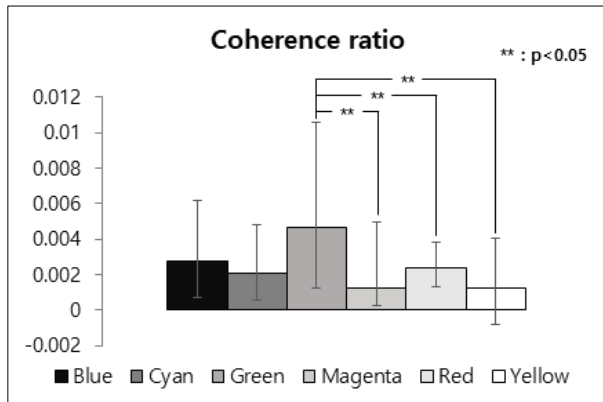


Fig. 3. Coherence ratio data Mann-Whitney test for color

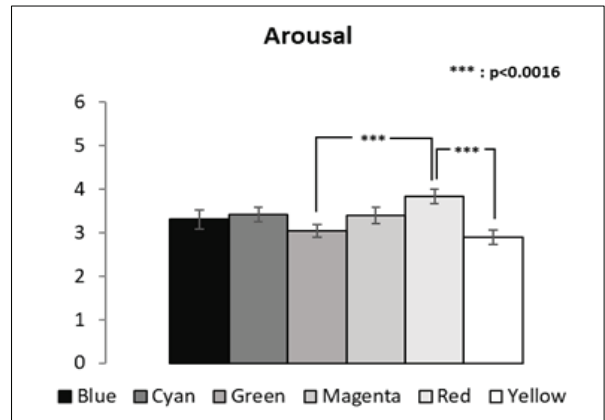


Fig. 4. The result of Mann-Whitney test for colors in arousal dimension

### 3.3. 주관감성 평가

각 색상 자극에 대하여 어떤 감성이 느껴지는지 주관 평가를 실시하였다. 각 색상별로 피험자의 주관평가 평균을 계산하여 색상별 주관감성 평가 결과에 차이가 있는지를 Kruskal-Wallis로 검정하였다.

각성-이완 감성에 대한 Kruskal-Wallis 검정 결과 유의한 그룹간 차이가 있는 것으로 확인되었으며 ( $p < .05$ ), 실제로 어떠한 색상 간에 차이가 있는지 확인하기 위하여 Mann-Whitney 검정으로 사후분석을 실시하였다(Fig. 4). 본페로니 교정을 실시하여 유의한 차이가 있는 색상은 Green과 Red, 그리고 Red와 Yellow였다( $p < 0.0016$ ). 따라서 Red 색상은 Green 색상과 Yellow 색상에 비해 유의하게 평균값이 높았으며 평균 값은 0~6점 중에 3.8점으로 각성의 감성으로 보고되었다.

쾌-불쾌 감성에 대한 Kruskal-Wallis 검정 결과도 유의한 그룹간 차이가 있는 것으로 확인되어( $p < .05$ ) Fig. 5와 같이 Mann-Whitney 검정을 실시한 결과 Blue와 Green, Cyan과 Magenta, 그리고 Magenta와 Yellow 사이에 유의한 차이를 확인하였으며( $p < 0.0083$ ), 특히 Green과 Magenta, 그리고 Green과 Red는 매우 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.0016$ ). 따라서 Green 색상은 Blue, Magenta, Red 색상보다 유의하게 평균값이 높았으며 평균값은 0~6점 중에 3.5점으로 쾌의 감성으로 보고되었다. 또한 Blue, Magenta, Yellow는 각각 평균 값이 2.7점, 2.4점, 2.6점으로 불쾌의 감성으로 보고되었으며, 특히 Magenta는 Blue, Green, Yellow의 색상보다 유의하게 평균값이 낮았다.

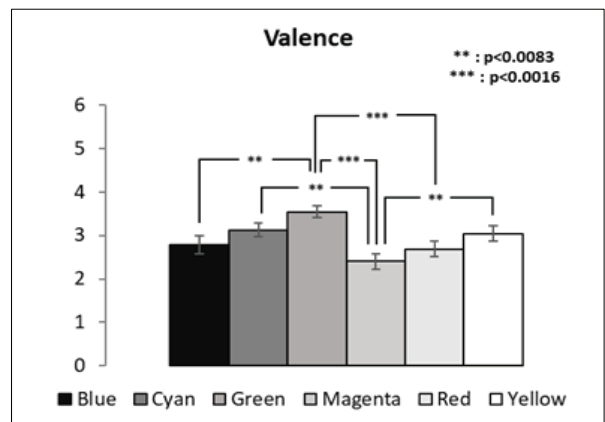


Fig. 5. The result of Mann-Whitney test for colors in valence dimension

## 4. 결론 및 논의

본 연구는 색상과 심혈관 반응 사이의 유효한 관계를 확인하고자 하였다. 이를 위해 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow의 6가지 색상 자극을 제시하여 심혈관 반응을 측정하는 실험을 하고 이를 일원배치분산분석으로 색상 별 차이를 확인하였다. 그 결과 Coherence Ratio 값이 Green 색상 자극일 때 Magenta, Red, Yellow 색상 자극일 때 보다 유의하게 높았다. Coherence ratio는 생리적인 일관성을 나타내는 지표로 Green 색상 자극이 심혈관 안정과 관련이 있는 것으로 사료된다. 또한 Coherence Ratio는 쾌의 감성과도 관련이 있는 것으로 보고되어지고 있으며(McCraty at al., 2009) Green 색상 자극에서 Coherence Ratio 값이 유의하게 높다는 것은 Green 색상 자극이 쾌한 감

성을 유발하였다고 사료된다.

감성에 대한 주관 설문 결과는 Green 색상 자극을 볼 때 평균적으로 쾌하다고 응답하였으며 Magenta의 색상 자극을 볼 때는 평균적으로 불쾌하다고 응답하였다. 각성과 이완의 감성에서는 Red 색상일 때 각성되며 Green 색상일 때 이완되었다고 응답하였다. 따라서 본 연구결과를 종합하여 볼 때, Green 색상이 쾌와 이완의 감성을 유발하고, Magenta나 Red 색상은 불쾌와 각성의 감성을 유발하는 것으로 나타났다. 이는 기존의 다른 연구들과 비교하여 볼 때 녹색은 이완되고 긍정적인 감성을 유발하고 적색은 주로 불쾌 혹은 각성의 감성을 유발한다는 점에서 서론에 제시한 기존 연구들과 일치하였다.

본 연구는 녹색과 적색에서의 유효한 심혈관 반응 변수와 감성의 차이를 확인하였으며 이는 색이 감성에 미치는 영향에 대한 실증적 연구로써 그 의의가 있을 것으로 사료된다. 다만 단일 색상 자극에 따른 감성의 차이가 극명하게 드러나지 않으므로 본 연구를 바탕으로 색상 별 감성 차이를 인식하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 추 후 연구에서는 복잡한 변수 사이의 관계를 함께 고려할 수 있는 구조방정식 등의 방법을 사용하여 단일 색상 자극 뿐 아니라 배색이 줄 수 있는 효과 및 형의 영향 등 다양하고 복잡한 변수 사이의 관계를 복합적으로 고려하였을 때 감성에 미치는 영향 관계를 분석한다면 보다 의미 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Akers, A., Barton, J., Cossey, R., Gainsford, P., Griffin, M., & Micklewright, D. (2012). Visual color perception in green exercise: Positive effects on mood and perceived exertion. *Environmental Science & Technology*, 46(16), 8661-8666. DOI: 10.1021/es301685g
- Alberts, W. A., & van der Geest, T. M. (2011). Color matters: Color as trustworthiness cue in web sites. *Technical Communication*, 58(2), 149-160.
- Allen, M. S., & Jones, M. V. (2014). The home advantage over the first 20 seasons of the English Premier League: Effects of shirt colour, team ability and time trends. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 10-18. DOI: 10.1080/1612197X.2012.756230
- Bottomley, P. A., & Doyle, J. R. (2006). The interactive effects of colors and products on perceptions of brand logo appropriateness. *Marketing Theory*, 6(1), 63-83. DOI: 10.1177/1470593106061263
- Bynum, W. F., & Porter, R. (1993). *Medicine and the five senses*, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Clarke, T., & Costall, A. (2008). The emotional connotations of color: A qualitative investigation. *Color Research & Application*, 33(5), 406-410. DOI: 10.1002/col.20435
- D'ANDRADE, R., & Egan, M. (1974). The colors of emotion. *American Ethnologist*, 1(1), 49-63. DOI: 10.1525/ae.1974.1.1.02a00030
- Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2014). Color psychology: Effects of perceiving color on psychological functioning in humans. *Annual Review of Psychology*, 65, 95-120. DOI: 10.1146/annurev-psych-010213-115035
- Hanss, D., Böhm, G., & Pfister, H. R. (2012). Active red sports car and relaxed purple-blue van: affective qualities predict color appropriateness for car types. *Journal of Consumer Behaviour*, 11(5), 368-380. DOI: 10.1002/cb.1380
- Hemphill, M. (1996). A note on adults' color-emotion associations. *The Journal of Genetic Psychology*, 157(3), 275-280. DOI: 10.1080/00221325.1996.9914865
- Hill, R. A., & Barton, R. A. (2005). Psychology: red enhances human performance in contests. *Nature*, 435(7040), 293-293. DOI: 10.1038/435293a
- Hultén, B., Broweus, N., & van Dijk, M. (2009). The Sight Sense. In *Sensory Marketing* (pp. 87-111). Palgrave Macmillan UK. DOI: 10.1057/9780230237
- Kim, J. E., No, S. H., Jeong, C. W., & Joo, S. C. (2016). Development of human body reaction information measurement system based on color environments. In *Platform Technology and Service (PlatCon), 2016 International Conference on* (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/PlatCon.2016.7456791
- Kim, K. T., Oh, S. Y., Yu, M., Yu, C. H., & Kwon,

- T. K. (2014). Study on Human Physiological Responses to Emotional Lighting System using LED Flat Lighting. *Science of Emotion & Sensibility*, 17(3), 29-38. DOI: 10.14695/KJSOS.2014.17.3.29
- Kim, M. K., & Ryu, H. W. (2011). The potentiality of color preference analysis by EEG. *Science of Emotion & Sensibility*, 14(2), 311-320.
- Labrecque, L. I., & Milne, G. R. (2012). Exciting red and competent blue: the importance of color in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40(5), 711-727.  
DOI: 10.1007/s11747-010-0245-y
- Lee, S., & Rao, V. S. C. (2010). Color and store choice in electronic commerce: the explanatory role of trust. *Journal of Electronic Commerce Research*, 11(2), 110.
- Lichtenfeld, S., Elliot, A. J., Maier, M. A., & Pekrun, R. (2012). Fertile green green facilitates creative performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38(6), 784-797.  
DOI: 10.1177/0146167212436611
- Litscher, D., Wang, L., Gaischek, I., & Litscher, G. (2013). The influence of new colored light stimulation methods on heart rate variability, temperature, and well-being: results of a pilot study in humans. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. Article ID 674183, p. 7.  
DOI: 10.1155/2013/674183
- Manav, B. (2007). Color-emotion associations and color preferences: A case study for residences. *Color Research & Application*, 32(2), 144-150.  
DOI: 10.1002/col.20294
- McCraty, R., Atkinson, M., Tomasino, D., & Bradley, R. T. (2009). The coherent heart: Heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integral Review*, 5(2), 10-115.
- Mehta, R., & Zhu, R. J. (2009). Blue or red? Exploring the effect of color on cognitive task performances. *Science*, 323(5918), 1226-1229.  
DOI: 10.1126/science.1169144
- Moharreri, S., Rezaei, S., Dabanloo, N. J., & Parvaneh, S. (2014). Study of induced emotion by color stimuli: Power spectrum analysis of heart rate variability. *In Computing in Cardiology Conference (CinC)*, 2014 (pp. 977-980). IEEE.
- Moller, A. C., Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2009). Basic hue-meaning associations. *Emotion*, 9(6), 898.  
DOI: 10.1037/a0017811
- Naz, K. A. Y. A., & Helen, H. (2004). Color-emotion associations: Past experience and personal preference. In AIC 2004 Color and Paints, *Interim Meeting of the International Color Association, Proceedings*, 5, 31. Jose Luis Caivano.
- Ngo, M. K., Piqueras-Fiszman, B., & Spence, C. (2012). On the colour and shape of still and sparkling water: Insights from online and laboratory-based testing. *Food Quality and Preference*, 24(2), 260-268.  
DOI: j.foodqual.2011.11.004
- Odom, A. S. (2004). The reds, whites, and blues of emotion: examining color hue effects on mood tones. *National Undergraduate Research Clearinghouse*, 3. from <http://www.webclearinghouse.net/volume/3/ODOM-TheRedsWhi.php>
- Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8877-8882. DOI: 10.1073/pnas.0906172107
- Park, H. S., Lee, C. S., & Jang, J. S. (2011). The effect of LED lighting hues on the rating and recognition of affective stimulus. *Science of Emotion & Sensibility*, 14(3), 371-384.  
DOI: 10.17135/jdhs.2014.14.3.371
- Park, S. J., Jung, W. H., Han, J. H., & Shin, S. J. (2004). Analysis of affective words on photographic images and the effects of color on the images. *Science of Emotion & Sensibility*, 7(1), 41-49.
- Plutchik, R. (2003). *Emotions and life*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Singh, S. (2006). Impact of color on marketing. *Management Decision*, 44(6), 783-789.  
DOI: 10.1108/00251740610673332
- Sokolova, M. V., Fernández-Caballero, A., Ros, L., Latorre, J. M., & Serrano, J. P. (2015, June). Evaluation of color preference for emotion regulation. In *International Work-Conference on the Interplay*

*Between Natural and Artificial Computation* (pp. 479-487). Springer International Publishing.

DOI: 10.1007/978-3-319-18914-7\_50

Sroykham, W., Promraksa, T., Wongsathikun, J., & Wongsawat, Y. (2014, November). The red and blue rooms affect to brain activity, cardiovascular activity, emotion and saliva hormone in women. In *Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 2014 7th* (pp. 1-5). IEEE.

DOI: 10.1109/BMEiCON.2014.7017432

Stevens, M., & Ruxton, G. D. (2012, February). Linking the evolution and form of warning coloration in nature. In *Proceedings Biological Sciences*, 279(1728), 417-426. The Royal Society.

DOI: 10.1098/rspb.2011.1932

Terwogt, M. M., & Hoeksma, J. B. (1995). Colors and emotions: Preferences and combinations. *The Journal of General Psychology*, 122(1), 5-17.

DOI: 10.1080/00221309.1995.9921217

Yuda, E., Ogasawara, H., Yoshida, Y., & Hayano, J. (2016). Suppression of vagal cardiac modulation by blue light in healthy subjects. *Journal of Physiological Anthropology*, 35(1), 24.

DOI: 10.1186/s40101-016-0110-x

Yüksel, A. (2009). Exterior color and perceived retail crowding: Effects on tourists' shopping quality inferences and approach behaviors. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 10(4), 233-254. DOI: 10.1080/15280080903183383

원고접수: 2016.09.05

수정접수: 2017.12.22

게재확정: 2017.12.27