



Color Perception under Standard Illuminants D65, TL84, and A with Farnsworth-Munsell 100 Hue Test

Gyeong Sun Lee¹, Chang Jin Kim¹, Yong Gwon Kim², and Eun Jung Choi^{1,*}

¹Dept. of Optometry, Konyang University, Daejeon 35365, Korea

²Dept. of Radiological Science, Konyang University, Daejeon 35365, Korea

(Received February 4, 2017; Revised March 14, 2017; Accepted March 18, 2017)

Purpose: The study aimed to investigate color perception and normal range for normal color vision under three standard illuminants D65, TL84, and A with the Farnsworth-Munsell 100 hue test. **Methods:** Color vision was tested for a total of 42 participants with normal color vision (mean age 25.24±3.15 years) using a Farnsworth-Munsell 100 hue test. The color perception ability was analyzed with the total error scores (TES) and error diagrams from the Farnsworth-Munsell 100 hue test. **Results:** The mean of the TES was the highest under illuminant A, and was the lowest under illuminant D65. Comprehensive comparisons of Verriest's and our results suggested that the changes in the illuminant might decrease the color perception ability to the level of older age group. The results of the error diagrams showed that participants had a difficulty in distinguishing adjacent hues because the colors in the regions of caps green-series colored caps are relatively more closely spaced. The normal ranges of error scores were calculated from the range included statistically 90% of participants. **Conclusions:** As the color perception is changed by types of illuminant, it is important to use a right illuminant when selecting a color of tinted spectacles lenses or cosmetic color contact lenses. And drivers have to consider the reduction to the color perception ability when night driving. Great care is needed when analyzing a error diagram because the difficulty of distinguishing between adjacent hues are not equal to a around the hue circle in the Farnsworth-Munsell 100 hue test.

Key words: Color perception, Standard illuminant, Farnsworth-Munsell 100 hue test, Total error score, Error diagram, Normal range

서 론

색채지각(color perception)은 광원·물체·관찰자라는 세 요소의 상호작용으로 나타나는 결과이다.^[1] 실내외에서 모자의 색상이 다르게 보이는 것, 주차간 교통표지판의 색상이 다르게 느껴지는 것, 두 물체의 색이 광원에 따라 같아 보이기도 하고 달라 보이기도 하는 조건등색(metamerism) 현상이 일어나는 것 등은 모두 광원의 변화에 기인하는 것이다.^[2,3] 하나의 광원 아래에 놓여있는 어떤 물체의 색이 관찰자마다 다르게 느껴지는 것은 망막에 있는 원추세포(cone cell)의 분포나 민감도 등의 차로 인한 관찰자의 시기능 차에 기인하는 것이다.^[4] 시기능에 문제가 생기면 특정한 색을 지각하지 못한다거나 다른 색과 구별을 하지 못하는 색각이상 현상이 나타나는데, 이는 색각검사를 통해 그 분류와 수준 등을 판별할 수 있다.^[5] 색채지각은 환경에 영향을 받기 때문에 ISO 3664:2009에서는 측정과 분

석에 관한 표준안을 마련하여 여러 가지 변인들이 최적으로 통제된 상태에서 색판정이 이루어질 수 있도록 하고 있다.^[6]

색채지각과 관련되어 흔히 발생하는 문제로 실내외에서 보이는 선글라스의 색상변화를 들 수 있다. 소비자는 실내에서 기호에 맞는 색상의 선글라스를 선택했지만, 야외에서 착용하면 실내에서 느꼈던 색상과 많은 차이가 나는 것을 알고서 불만족을 호소하는 경우가 발생하기도 한다. 야간운전용 혹은 사격용으로 사용되는 황색렌즈의 경우는 색의 혼동을 유발시킬 수 있어 착용 시 주의해야 하며, 일반적인 선글라스에 널리 사용되는 진한 회색과 갈색의 렌즈는 색채지각에 변화를 일으키므로 처방 시 고려되어야 할 것으로 지목되고 있다.^[7] 모바일이나 TV 업체에서는 정상시각자 뿐만 아니라 색약자 등 다양한 색각을 지닌 사람들의 색채지각 특성을 파악하고, 이를 통해 보다 수월하게 색채를 구별을 할 수 있도록 해주는 디스플레이를

*Corresponding author: Eun Jung Choi, TEL: +82-42-600-6331, E-mail: ejchoi@konyang.ac.kr

개발하고 있다.^[8] 고령화 시대로 인해 많은 노인들이 신체적, 정신적, 사회적 문제와 직면하게 되는데, 색채심리치료 분야에서는 이를 완화시켜줄 수 있는 방안의 하나로 색을 활용하여 정서적 안정화를 꾀할 수 있는 노인전문 색채프로그램 개발을 추진하고 있다.^[9] 색채지각은 색채정보의 수집과 인지능력을 평가하는 색채시인성(color visibility)의 기본이 된다.^[10] 한 예로 색온도변환 스마트전조등을 들 수 있다. 색온도변환 스마트전조등이란 안개·황사·미세먼지·강우·강설 등과 같은 악천후 기상조건에서 운전자가 더 나은 시인성을 확보할 수 있도록 전조등의 색온도가 선택적으로 교체되는 차세대 지능형전조등을 말한다. 여기서 안개·황사·미세먼지·강우·강설 등과 같은 기상조건은 광원과 관찰자, 혹은 물체와 관찰자 사이에 위치하면서 관찰자의 색채시인성을 방해하는 요소로 작용하는데, 기상 변화에 맞추어 황색을 띠는 약 3,000 K와 백색을 띠는 약 6,000 K 광원이 선택적으로 교체되면서 운전자의 색채시인성 향상에 도움을 준다. 이외에도 색채지각은 운전자 적성검사에 포함된 색각검사,^[8] 오류 수정작업의 정확성과 읽기작업과 같은 시지각의 정확도,^[11] 조절력, 사위도, 근거리 입체시의 변화,^[12,13] 기존의 치아 색상과 조화를 이루는 레진의 선택,^[14] 부분을 조합하여 하나의 완제품을 완성하는 조립 등 전 분야에 걸쳐서 중요한 영향을 미친다.^[15,15-17]

본 연구에서는 세 가지 표준광원 D65, TL84, A에서 시각 정상자의 색채지각과 관련된 문제를 기존의 정성적 방법이나 설문조사가 아닌 FM 100 색상검사(Farnsworth-Munsell 100 hue test)를 통한 정량적 방법으로 다루고자 한다. 이와 더불어 FM 100 색상검사에서의 각 색상캡에 대한 오류값(error score, ES)의 정상범위(normal range) 또한 도출하고자 한다. 본 연구의 결과가 선글라스에서와 같은 광원에 따른 색상의 변화, 색각이상의 유무 및 분류나 수준의 판별과 관련된 색각검사는 물론, 색온도변환 스마트전조등의 광원 교체에 따른 관찰자의 색채시인성 분석 및 해석 등과 관련된 연구에 유용하게 활용될 수 있기를 기대한다.

대상 및 방법

1. 대상

실험에 참가한 대상자는 총 42명으로 평균연령은 25.24±3.15세이고, 안질환이나 병리적 문제, 색각이상인 자들이다. 연구는 본교의 생명윤리위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받아 진행되었다.

2. 방법

1) 광원

조명연출은 색채분야에서 널리 이용되고 있는 조명부스

인 Color Viewing Light (Just Normlicht, Germany)를 이용하였다. 외형의 크기는 70(W)×51(H)×43(D) cm이고, 내부는 ISO 3664:2009에 따라 무반사 코팅이 되어있다.^[18] 사용된 광원은 D65, TL84, A인데, TL84 광원은 F11이라고도 불리며 슈퍼마켓, 사무실, 전시장 등에서 널리 사용되는 대표적인 형광등 광원이다.^[18] D65, TL84, A 광원은 각각 태양광, 형광등, 백열등을 대표하는 광원으로 볼 수 있으며, D65 광원은 주간운전, A 광원은 할로겐 전조등을 켜 야간운전 상황에 비유할 수도 있고, D65 광원은 백색광, A 광원은 황색광을 방출하는 광원으로도 간주할 수 있다.

2) FM 100 색상검사

색채판별검사(chromatic discrimination test)를 위해 색상 배열검사(hue arrangement test)의 한 종류로 정량적 측정이 가능한 FM 100 색상검사(Farnsworth-Munsell 100 hue test)를 이용하였다.^[19,20] FM 100 색상검사에서 제시되는 색상캡(colored cap)은 총 85개로 네 상자(box) 안에 나뉘어 들어있다. 네 상자를 각각 I, II, III, IV라 하고 각 상자에 속하는 색상캡의 번호와 색상을 Table 1에 제시하였다. 상자 I에는 총 22개의 색상캡이 들어있고, 나머지 세 상자에는 21개가 들어있다.

대상자는 각 색상캡 상자에 들어있는 색상캡들을 주어진 시간동안 색상 순서대로 배열한다. 총 네 상자의 색상캡에 대한 배열이 완료되면 FM 100 색상검사의 ES 계산법에 따라 각 색상캡에서의 ES를 계산한다. 대상자가 색상을 혼동해서 색상배열에 오류가 생기면 ES가 증가한다. 검사가 완료되면 다음과 같은 최종결과를 얻을 수 있다.

(i) 총오류값(total error score, TES) : 85개 색상캡에 대한 ES의 합

(ii) 오류값 도표(error score diagram, ES 도표) : 85개 색상캡에 대한 ES를 색상번호에 따라 나타낸 도표

TES는 인접한 색상을 구별하는 색채지각과 관련된 과제에서 범하는 ES의 총합이다. 따라서 TES가 크다는 것은 색상구분에 어려움이 많다는 뜻이 된다. 광원과 색상캡 상자의 순서는 무작위로 제시하였다. 한 광원에서 검사가 끝나고 다른 광원으로 교체할 때는 눈의 피로를 고려하여 약 3분 정도의 휴식시간을 두었다. 검사 시 외부조명의 영향을 최소화하기 위하여 암실에서 진행하였으며 검사거리는 50 cm로 하였다.

결과 및 고찰

1. TES 비교

세 표준광원 D65, TL84, A에서 참가자 42명을 대상으

로 실시한 FM 100 색상검사에서 얻은 TES의 평균은 다음과 같다: (D65, 29.62±19.17), (TL84, 54.95±15.25), (A, 81.43±29.76). 세 표준광원에 대한 TES의 평균 사이에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 및 사후검정을 시행하였고, 그 결과 유의수준 5%에서 세 표준광원 D65, TL84, A에 대한 TES의 평균 사이에는 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p=0.01<0.05$). 이때 분산의 동질성(homogeneity of variance)은 성립되지 않았으며($p=0.01<0.05$), 사후검정은 Tamhane 법으로 하였다.

TES가 인접한 색상을 구별하는 색채지각과 관련된 과제를 수행하는데 있어서의 오류라는 점을 고려하면 위의 세 표준광원 D65, TL84, A에 대한 TES의 평균으로부터 A 광원에서 오류가 가장 많고, D65 광원에서 오류가 가장 적음을 알 수 있다. 이는 색채지각의 능력이 광원에 영향을 받는다는 사실과 색채지각과 관련된 업무 시에는 세 표준광원 중 D65 광원이 가장 적절하다는 사실을 말해주는 것이다.

Verriest^[21]는 C 광원을 이용한 FM 100 색상검사 연구에서 연령에 따른 TES의 분포를 제시하였다. 그에 따르면 (연령대, TES)의 분포는 (10대 전반, 94.28), (10대 후반, 58.06), (20대, 41.86), (30대, 56.25), (40대, 86.12), (50대, 107.33), (60대, 119.46), (70대, 180.90)으로 20대에서 최소 값을 갖는 U자형을 띤다. Verriest에 대한 20대에서의 TES와 본 연구에서 얻는 평균연령 25.24±3.15세에 대한 세 표준광원에서의 TES를 비교하면, 통계적 유의성 여부를 확인할 수는 없지만, 아래와 같은 크기의 순서로 배열될 것이 예상된다.

$$(D65, 29.62) < (C, 41.86) < (TL84, 54.95) < (A, 81.43) \quad (1)$$

관계 (1)에서 D65 광원의 TES를 기준으로 하면 C, TL84, A 광원의 TES는 각각 1.42배, 1.86배, 2.75배 높은 수준이고, C 광원의 TES를 기준으로 하면 TL84, A 광원의 TES는 각각 1.31배, 1.94배 높은 수준이며, TL84 광원의 TES를 기준으로 하면 A 광원의 TES는 1.48배 높은 수준이다. 이러한 수치는 인접한 색상을 구별하는 색채지각과 관련된 과제를 수행할 때 광원의 변화로 인해 범해될 수 있는 오류를 추측하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

관계 (1)은 광원의 선택이 얼마나 중요한지를 말해주는 관계이다. 이를 20대의 피검자 관점에서 다음과 같이 알아보았다. 본 연구에서 도출된 TL84 및 A 광원에 대한 TES 결과와 C 광원에서 실시한 Verriest의 (연령대, TES) 분포를 비교하면, TL84 광원의 TES는 C 광원의 30대, A 광원의 TES는 C 광원의 40대에 해당하는 수준임을 알 수

있다. 이는 20대가 TL84 광원에서 색채관련 작업을 한다면 그때의 색채지각 능력은 C 광원에서의 30대가 갖는 수준으로 저하되며, A 광원에서라면 40대가 갖는 수준으로 저하됨을 뜻하는 것이다. 결론적으로 이러한 사실은 적합하지 않은 광원을 선택하면 색채지각의 능력이 더 높은 연령대의 수준으로 저하될 수 있음을 잘 나타내주는 것이다. 따라서 색채관련 업무 시에는 신중한 광원의 선택이 요구된다.

D65 광원은 주간, A 광원은 야간의 할로젠 전조등 상황에 비유할 수도 있다. 이때 D65 광원에서의 TES가 C 광원에서의 TES보다 낮은 것으로 나타난 위의 관계 (1)의 결과에 비추어보면, 야간의 할로젠 전조등 상황은 D65 광원에서 50대 혹은, 그 이상의 연령대가 느끼는 색채지각 능력의 수준으로 저하될 수도 있을 것으로 사료된다.

2. ES 도표 비교

TES는 85개의 색상캡에 대한 ES의 합이므로 TES만으로는 구체적인 색상오류에 대한 판단을 할 수 없다. ES 도표(error score diagram)를 이용하면 개별적인 색상캡에서의 ES를 상대적으로 비교할 수 있으므로 오류의 원인을 찾는데 유용하다.^[22] Fig. 1에 세 표준광원 D65, TL84, A에 대한 ES 도표를 나타내었다.

참가자들에게서는 색각이상 없이 있었으므로 전체 색상에 걸쳐 비슷한 정도의 ES가 예상된다. 하지만 Fig. 1에서 알 수 있듯이 세 표준광원 모두에 대하여 중심부에서 ES가 높은 경향이 있다. 대략적으로 Green을 중심으로 Yellow-Green, Green-Blue 색상의 계열이다(Table 1 참조). 이러한 현상은 Dain^[20]에 의해 일부 설명되었는데, 그는 FM 100 색상검사에 사용되는 색상캡 사이의 색차가 균일하지 않은데서 기인하는 것이라고 하였다. 즉, Dain은 85개의 색상캡에 대한 색좌표를 측정 후, Green 계열 부근에 있

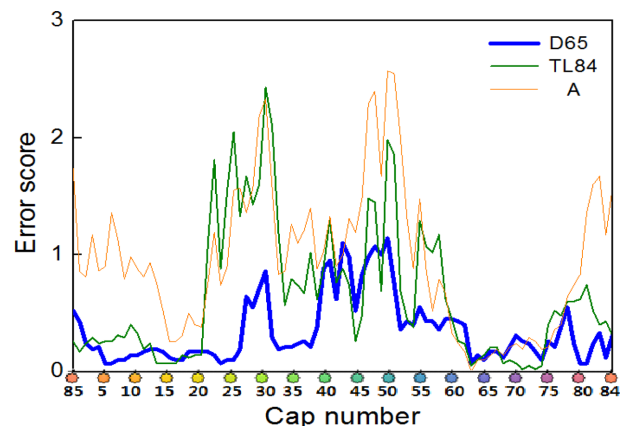


Fig. 1. Error score diagram according to the colored cap measured under illuminant D65, TL84 and A.

Table 1. Composition of Farnsworth-Munsell 100 hue test

Box	Cap number	Hue
Box I	85, 1~21	R (Red)~GY (Green-Yellow)
Box II	22~42	GY (Green-Yellow)~BG (Blue-Green)
Box III	43~63	BG (Blue-Green)~PB (Purple-Blue)
Box IV	64~84	PB (Purple-Blue)~RP (Red-Purple)

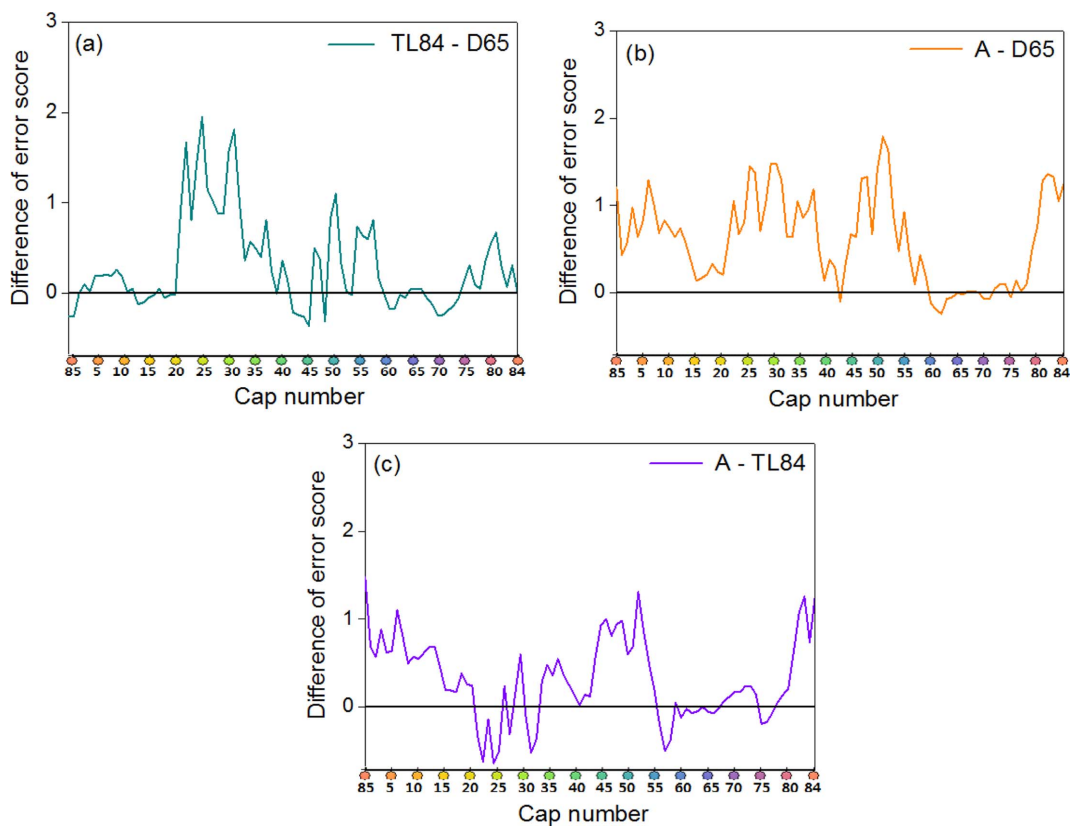


Fig. 2. Difference of error score according to the colored cap (a) between TL84 and D65, (b) between A and D65, and (c) between A and TL84.

는 색상캡 간의 색차가 다른 색상을 띠는 색상캡 간의 색차보다 작다는 사실 발견하였고, 이 때문에 인접한 색상을 구별하는 것이 어려워 ES가 높은 것이라 설명하였다. 이러한 사실은 FM 100 색상검사의 결과를 해석하는데 반드시 고려해야 할 사항이다.

본 연구에서는 보다 편리한 분석을 위해 ES의 차(difference of error score)를 도표화하여 광원과 색상캡에 따른 ES를 비교해보았다. Fig. 2(a)에 TL84 광원의 ES에서 D65의 ES를 뺀 ES의 차(difference of error score)를 도

표로 나타내었다. 여기서 ES의 차를 나타내는 축인 y축의 값이 (+)라는 것은 D65 광원의 ES가 작다는 뜻이다. 이 그림을 보면 대부분 (+) 값이라는 것을 알 수 있지만, 일부의 몇몇 영역에서는 (-) 값을 갖는다. (-) 값 영역에서는 TL84 광원의 ES가 작은 값을 갖기 때문에 인접한 색상을 구별하는데 있어서 TL84를 사용하는 것이 유리할 것이다. 이러한 영역을 색상캡 번호로 나타내면 0번(혹은 85번), 13번, 44번, 48번, 60번, 70번 근처 영역이다(색상캡과 관련된 색상은 Table 1 참조). Fig. 2(b)에는 A 광원의 ES에

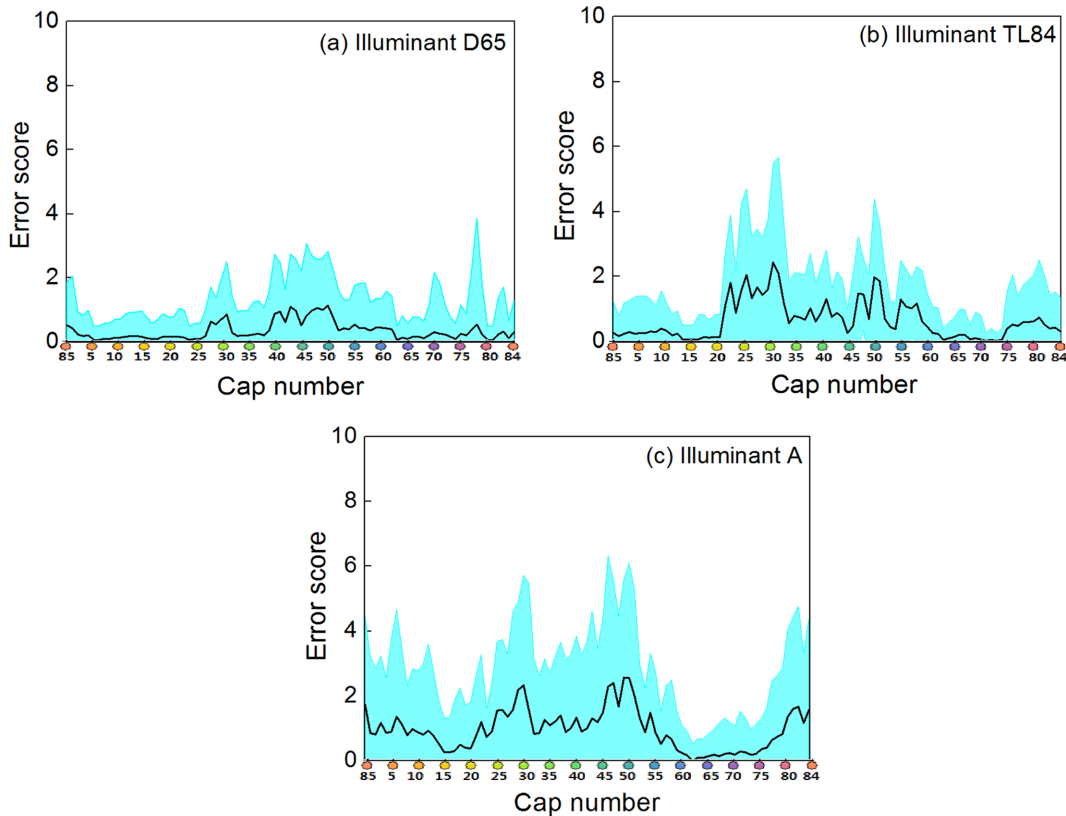


Fig. 3. Normal range according to the colored cap measured under illuminant D65, TL84, and A.

서 D65의 ES를 뺀 ES의 차를, Fig. 2(c)에는 A 광원의 ES에서 TL84의 ES를 뺀 ES의 차를 각각 제시하였다. Fig. 2(b)에 따르면 61번 근처의 색상일 때를 제외하고는 거의 모든 영역에서 D65 광원의 ES가 작았고, Fig. 2(c)에 따르면 21-34번, 56-65번, 75번 등의 근처에서는 TL84 광원에 대한 ES가 작았다.

이러한 비교를 통해 D65 광원이 TL84나 A 광원보다 TES가 낮기 때문에 언제나 색채지각에 적합한 광원이라고 생각하는 것은 잘못된 일이라는 것을 알 수 있다. 비록 좁은 영역이지만 TL84이 D65 광원보다 색채지각에 유리할 수도 있고, A 광원이 TL84나 D65 광원보다 색채지각에 유리할 수도 있는 영역이 존재한다는 점을 인식할 필요가 있을 것으로 사료된다.

3. ES의 정상범위

대비감도(contrast sensitivity)에서는 정상시각자에 대한 대비감도의 평균을 공간주파수(spatial frequency)에 따라 나타낸 후, 각 공간주파수별로 90%의 대상자가 속하는 영역을 구하고 이를 대비감도 도표에 함께 나타내어 사용하고 있는데, 이를 대비감도의 정상범위(normal range)라 한다. 어떤 사람을 대상으로 측정된 공간주파수에 따른 대비감도가 이 정상범위에 속하는지 속하지 않는지를 확인하면 그 사람의 대비감도가 정상인지 아닌지를 간단히 판정

할 수 있다. 안과에서는 이러한 정상범위를 각종 질환 등의 진단을 위한 선별검사(screening test)에 널리 활용하고 있다.^[23]

대비감도에서와 마찬가지로 정상범위의 개념을 FM 100 색상검사에도 도입하고자 42명에 대한 각 색상캡에서의 ES를 바탕으로 각 광원별 정상범위를 구하였고, 그 결과를 Fig. 3(a), (b), (c)에 음영으로 나타내었다. 여기서 정상범위는 각 색상캡에서의 ES의 평균과 표준편차를 이용하여 참가자의 90%가 포함되는 통계적 범위를 구한 후, 이를 모든 색상캡에 적용시켰다.

FM 100 색상검사에 대한 정상범위의 개념은 다음과 같이 활용할 수 있다. 예를 들어, 어떤 피검자의 ES 도표를 구한 후, 이를 Fig. 3의 정상범위와 비교하면 피검자의 색채지각 능력이 정상인의 90%에 속하는지 아닌지를 판정할 수 있다. 만일, 특정한 색상의 계열에서만 정상범위를 벗어난다면, 그 색상을 구별하는데 어려움이 있다고 판정할 수 있을 것이다. 또 다른 예로 선글라스 등 선택과 관련된 문제에 적용시킬 수 있다. 선글라스와 같은 색상렌즈는 사물의 색상을 어느 정도 왜곡시키는 것으로 알려져 있는데,^[7] 그 정도가 지나치면 색채지각에 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 색상렌즈를 착용하고 FM 100 색상검사를 실시한 다음, 정상범위 내에 속하는지 속하지 않는지를 판정하면 색채지각을 심각하게 손상시키지 않는

색상렌즈를 선택하는데 도움이 될 것이다. 색온도변환 스마트전조등과 같은 경우에는 광원과 관찰자, 혹은 물체와 관찰자 사이에 위치하는 안개나 황사의 농도가 색채시인성에 미치는 영향을 고려할 때, 어느 정도의 안개나 황사의 상태에서 색채시인성이 정상범위를 벗어나는지 판정의 기준을 제공해줄 수 있을 것이다.

본 연구를 통하여 광원에 따른 색채지각의 오류를 정량적으로 알아볼 수 있었다. 안경원이라면 색상렌즈나 칼라 콘택트렌즈 등의 색을 선택할 때, 소비자가 올바른 색상 선택을 할 수 있도록 색채지각의 오류가 나지 않는 조명을 선택하는 것이 필요할 것이라 사료된다. 그 밖에 본 연구의 결과가 치과용 레진의 선택, 색온도변환 스마트전조등, 색채 관련 완성품 조립 등 색채와 관련된 모든 산업 및 연구에도 적용될 수 있는 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

결 론

세 표준광원 D65, TL84, A에서 정상시각자에 대한 색채지각의 능력을 FM 100 색상검사의 ES를 통해 정량적으로 알아보았고, 그에 따른 ES의 정상범위를 도출하였다. 대상자의 평균연령은 25.24±3.15세이었다. 분석을 위해 FM 100 색상검사의 TES과 ES 도표를 이용하였고, 정상범위는 참가자의 90%가 속하는 통계적 범위를 기준으로 하여 구하였다. 이로부터 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

(1) FM 100 색상검사의 TES 분석을 통해 광원에 따라 변하는 색채지각의 능력을 정량적으로 나타낼 수 있었고, Verriest 연구와의 비교를 통해 부적절한 광원의 선택은 색채지각의 능력을 높은 연령대의 수준으로 저하시킬 수 있다는 사실을 알아낼 수 있었다.

(2) ES 도표분석을 통해 TES가 낮은 광원이 언제나 모든 색상을 판별하는데 유리한 것은 아니며, 비록 좁은 영역이지만 TES가 높은 광원이라 할지라도 TES가 낮은 광원보다 색상을 판별하는데 유리한 영역도 존재한다는 사실을 알아낼 수 있었다.

(3) FM 100 색상검사에 대한 정상범위를 도출하였고, 이를 통해 피검자에 대한 색채지각 능력의 정상여부나 색채왜곡으로 인한 문제의 판정 등에 활용할 수 있는 기초 자료를 마련할 수 있었다.

안경원이라면 색상렌즈나 미용칼라 콘택트렌즈의 상담 시에는 언제나 광원의 변화에 따른 색채지각의 중요성을 설명하는 것이 필요하며, 운전자라면 야간이나 안개, 황사, 미세먼지, 강우, 강설 등과 같은 기상 조건에서는 색채시인성이 저하된다는 점을 언제나 염두에 두고 방어운전을 할 필요가 있겠다. 본 연구는 20대의 42명을 대상으로 수

행된 것이다. 보다 정확하고 신뢰성 있는 결과가 얻어질 수 있도록 보다 많은 대상자와 다양한 연령층을 대상으로 한 연구가 진행되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음. [10053045, 기후 환경 변화 대응 운전자 시인성 향상을 위한 색온도변환 스마트 LED 전조등 제품화/표준화 기술 개발]

REFERENCES

- [1] Berns RS. Principles of color technology, 3rd Ed. Seoul: Sigmappress, 2003;2-21.
- [2] Thomson G. The museum environment, 2nd Ed. Butterworth-Heinemann, 2013;53.
- [3] Bäuml KH. Simultaneous color constancy: how surface color perception varies with the illuminant. Vision Res. 1999;39(8):1531-1550.
- [4] Overheim RD, Wagner DL. Light and color, 1st Ed. New York: Wiley, 1982;96-109.
- [5] Lee HJ, Um JH, Doo HY, Kim HS, Baek SS, Sung DY et al. The examination of eye, 1st Ed. Seoul: Daehakseorim, 2009;41-42.
- [6] International Organization for Standardization. ISO 3664: Viewing Conditions for Graphic Technology and Photography, 2009. <https://www.iso.org/standard/43234.html>(19 March 2017).
- [7] Lee JH, Chu BS. Effect of different tinted ophthalmic lenses on color vision perception. Korean J Vis Sci. 2015; 17(4):443-452.
- [8] Kim HN, Park YS. A comparison of the LCD and OLED TV's color reproduction in terms of color-universal. Korean society of basic design and art. 2015;16(3):193-204.
- [9] Chung HS, Kim YW. The characteristics of the changes in color perception of the elderly in the aging population. Korean society of basic design and art. 2015;16(5):619-628.
- [10] Park HS, Yang SJ, Park SW, Lee CS. Effect of background colors on color visibility in artificial weather conditions. Autumn Annual Conference of KIIEE 2016. 2016;11:34.
- [11] Kim YY. Influence of various color temperature of lighting on occupant's perception. Master thesis. Hanyang university, Seoul. 2008;66-67.
- [12] Lee CW, Jeong KI, Cho NR, Song WJ, Kim SY, Jeong KS et al. Research on the influence of the accommodative power and the phoria from correlated color temperature and illuminance of LED lighting. Korean J Vis Sci. 2012; 14(4):363-371.
- [13] Lee CW, Park KH, Ryu GC. Research on the influence of the near stereopsis from correlated color temperature and

- illuminance of LED lighting. Korean J Vis Sci. 2014; 16(3):329-336.
- [14] Choi EJ, Kim MJ, Kim MJ, Park MJ, Shim SY, Oh SJ, Lee AM, Yang SJ, Kang KH. Color and surface change of teeth restoration result of treatment of fruit extracts. J Digital Convergence. 2016;14(11):449-457.
- [15] Park KJ, Hwang YC, Kim SH, Oh WM, Hwang IN. Metamerism in composite resins under five standard illuminants-D65, A, C, FCW and TL84. J Korean Acad Conserv Dent. 2003;28(5):402-408.
- [16] Leow ME, Ng WK, Pereira BP, Kour AK, Pho RW. Metamerism in aesthetic prostheses under three standard illuminants TL84, D65 and F. Prosthet Orthot Int. 1999; 23(2):174-180.
- [17] Dain SJ. Illuminant and observer metamerism and the Hardy-Rand-Rittler color vision test editions. Vis Neurosci. 2006;23(3-4):685-694.
- [18] Hunter lab. Equivalent white light sources and CIE illuminants. Applications note. 2008;17(5):1-5.
- [19] Zahiruddin K, Banu S, Dharmarajan R, Kulothungan V, Vijayan, D, Raman R et al. Effect of illumination on colour vision testing with Farnsworth-Munsell 100 hue test: customized colour vision booth versus room illumination. Korean J Ophthalmol. 2010;24(3):159-162.
- [20] Farnsworth D. The Farnsworth-Munsell 100-hue test: for the examination of color discrimination, 1st Ed. New York: Macbeth, 1957;2-7.
- [21] Verriest G, Van Laethem J, Uvijls A. A new assessment of the normal ranges of the Farnsworth-munsell 100-hue test scores. Am J Ophthalmol. 1982;93(5):635-642.
- [22] Colblindor. Farnsworth-Munsell 100 Hue Color Vision Test, 2012. [http://www.color-blindness.com/farnsworth-munsell-100-hue-color-vision-test/#prettyPhoto/1/\(27 February 2017\)](http://www.color-blindness.com/farnsworth-munsell-100-hue-color-vision-test/#prettyPhoto/1/(27 February 2017)).
- [23] Lee EJ, Yoon MJ, Kim SH, Yang GT, Jeong JH, Kim HJ et al. Changes of contrast sensitivity with decreasing luminance in photopic conditions. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(4):411-417.

FM 100 색상검사를 이용한 표준광원 D65, TL84, A에서의 색채지각

이경선¹, 김창진¹, 김용권², 최은정^{1,*}

¹건양대학교 안경광학과, 대전 35365

²건양대학교 방사선학과, 대전 35365

투고일(2017년 02월 04일), 수정일(2017년 03월 14일), 게재확정일(2017년 03월 18일)

목적: 세 표준광원 D65, TL84, A에서 정상시각자에 대한 색채지각의 능력을 FM 100 색상검사(Farnsworth-Munsell 100 hue test)의 ES를 통해 정량적으로 알아보았고, 그에 따른 정상범위를 도출하였다. **방법:** 색각이상 없이 42명(평균연령 25.2±3.2세)을 대상으로 FM 100 색상검사를 실시하였다. 색채지각의 능력은 FM 100 색상검사에서의 TES와 ES 도표를 이용하여 분석하였다. **결과:** TES는 A 광원에서 가장 높았고, D65 광원에서 가장 낮았다. Verriest와 본 연구의 비교 결과는 광원의 변화로 인해 색채지각의 능력이 더 높은 연령대의 수준으로 저하될 수 있음을 보여주었다. ES 도표에 따르면 녹색계열 색상캡에서의 색채가 상대적으로 가까워서 인접한 색상을 구별하는데 어려움이 있는 것으로 나타났다. 참가자의 90%가 속하는 통계적 범위를 기준으로 ES의 정상범위를 도출하였다. **결론:** 광원의 종류에 따라 색채지각에 변화가 나타나므로 색상렌즈나 미용칼라 콘택트렌즈의 선택과 같은 색채관련 업무를 할 때는 색채지각 오류가 나타나지 않는 적절한 광원을 선택하는 것이 중요하며, 야간운전 시에는 색채지각의 능력이 감소되는 현상을 염두에 두어야 할 것이다. FM 100 색상검사에서는 색상환을 따라 인접한 색상 사이에 구분의 어려운 정도가 다르기 때문에 ES 도표의 분석에 주의를 기울여야 한다.

주제어: 색채지각, 표준광원, FM 100 색상검사, 총오류값, 오류값 도표, 정상범위