대한안과학회지 2018년 제 59 권 제 7 호
J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(7):622-628
ISSN 0378-6471 (Print) · ISSN 2092-9374 (Online)
https://doi.org/10.3341/jkos.2018.59.7.622

Original Article

서로 다른 세 가지 조명에서 중등도 핵경화 백내장 환자가 가지는 대비감도 및 색각 비교

Comparison of Contrast Sensitivity and Color Vision according to the Different Illumination in Patients with Cataract

윤요셉[1] · 이창규[1] · 강상욱[2] · 김상우[1]

Yo Sep Yoon, MD[1], Chang Kyu Lee, MD[1], Sang Ook Kang, DSc[2], Sang Woo Kim, MD, PhD[1]

울산대학교 의과대학 울산대학교병원 안과학교실[1], 고려대학교 신소재화학과학교실[2]

Department of Ophthalmology, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine[1], Ulsan, Korea
Department of Materials Chemistry, Korea University College of Science and Technology[2], Sejong, Korea

Purpose: To compare the difference of contrast sensitivity and color vision in patients with cataracts under three illuminations (fluorescent light, three-wavelength light emitting diode [LED], and quantum dot LED).
Methods: Thirty eyes with normal intraocular pressure and normal fundus of patients who visited the outpatient clinic for the treatment of cataract were included. In patients with cataracts with grade 2 of nucleus color/opalescence according to the Lens Opacities Classification System, version III (LOCS III) and without cataracts in the cortex or posterior pole of the slit lamp examination, contrast sensitivity and color vision test were performed under fluorescent light, three-wavelength LED, and quantum dot LED.
Results: The error scores of quantum dot LED were significantly lower than those of fluorescent light and three-wavelength LED ($p < 0.05$), and the error scores of blue spectrum was relatively higher than those of other colors.
Conclusions: In cataract patients, the difference of color sensation occurs due to illumination in color vision test, and it is considered that the degree of color sensitivity is more severe in insufficient illumination and low color rendering index in color vision test. If we replace the indoor lighting with the light source distribution similar to the sunlight and replace it with the illumination with high color rendering index, we can render higher quality of life to cataract patients through psychophysical advantage and high color perception.
J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(7):622-628

Keywords: Cataract, Color vision, Contrast sensitivity, Illumination

■ **Received:** 2018. 3. 29. ■ **Revised:** 2018. 5. 14.
■ **Accepted:** 2018. 6. 26.

■ Address reprint requests to **Sang Woo Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Ulsan University Hospital, #877 Bangeojinsunhwando-ro, Dong-gu, Ulsan 44033, Korea
Tel: 82-52-250-7177, Fax: 82-52-250-7174
E-mail: ophdrkim@uuh.ulsan.kr

* This study was conducted by the Ministry of Environment, Environmental Health Center.

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

노령 인구의 증가와 의료의 발달은 유엔(Unided Nations, UN)에서 '청년'의 연령대를 65세까지 늘려 지정하게 만들었다. 이처럼 증가하는 노인층 인구에서 백내장은 단순한 시력저하라는 불편보다 훨씬 많은 삶의 질의 저하를 야기하게 된다. 기능적인 시력을 의미하기도 하는 대비감도의 감소는 일상 생활과 직결되어 저대비 감도를 가지는 백내장 환자의 경우 작업 시 별도의 조명을 필요로 하여, 눈의 피로감을 더 많이 느끼게 된다. 또한 백내장의 진행은 청색계열의 빛의 투과를 줄임으로써 단파장 계열 광선 투과에

ⓒ *2018 The Korean Ophthalmological Society*
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의한 망막 손상을 줄이기도 하지만, 신체리듬(circadian rhythms) 장애나 우울증 및 의욕 저하 등의 정신생리학적인 문제를 야기할 수도 있다는 연관 또한 제기되고 있다.[1,2] 이처럼 백내장 환자에서의 빛 환경은 건강에 매우 중요한 요소로 대두되고 있다. 백내장이 있는 노인들은 활동력의 저하로 실내에서 많은 시간을 보내게 되므로, 실제적으로 실내 조명에 의해 많은 영향을 받는다고 할 수 있다. 일상 생활 속 실내 조명은 여러 세대를 거쳐 형광등 혹은 발광 다이오드(light emitting diode, LED) 조명으로 대체되어 왔다. 특히 LED 조명의 경우 빛 효율이 높고 전력 소모도 적으며 광원의 수명이 길어 친환경 조명으로도 선호되고 있다. 최근에는 smart lighting system이 적용되어 신체 리듬에 맞게 조명의 색온도와 파장 등을 변화시켜 정신생리학적인 건강을 도모하기도 한다.[3] 하지만 이러한 LED 조명을 포함한 일상 속에서 사용되는 대부분의 조명들은 그 파장들이 통상 특정 파장에 국한되어 있는 경우가 많고, 그로 말미암아 연색 지수(color rendering index, CRI)가 평균 80 정도로 높지 않은 편이다.[4] 대비감도뿐 아니라 전반적인 색각 저하를 야기하는 백내장의 특성을 고려한다면, 상대적으로 보다 높은 연색 지수를 가지는 조명은 환자들의 생활에 도움이 될 수 있을 것이다.[5-9]

최근 자연광에 가장 가까운 파장을 내도록 개발된 양자점(quantum dot) LED 조명의 경우 연색 지수가 95로 색 발현에 큰 장점을 보이는 것으로 알려져 있다.[5,10] 전기적으로 또는 광학적으로 야기되고 발광할 수 있는 콜로이드 양자점은 높은 색순도, 발광효율, 넓은 색 재현을 가지고 사이즈에 따라 에너지 밴드갭과 컬러를 제어할 수 있는 이점 등이 있어 차세대 LED의 발광물질로 많은 연구가 진행되고 있다.[11,12]

일반적으로 백내장은 Lens Opacities Classification system, version III (LOCS III)에 따라 분류되며 그 정도에 따라 각 주파수 대역별로 대비감도가 감소되고, 전반적인 색각 저하를 동반하는 것으로 알려져 있다.[5-8] 그런데 이러한 백내장 환자들이 가지는 대비감도 및 색각 정도에 대한 기존의 연구들은 실험실적인 조건에서 진행되었기 때문에 실생활 조명 아래에서의 결과와는 다소 거리가 있다.[7] 이에 백내장을 지니는 환자들을 대상으로 실생활 영역에서 흔히 사용되는 2가지 조명(형광등, 삼파장 LED)과 최근 자연광과 가장 가깝도록 개발된 양자점(quantum dot) LED 조명을 사용하여 각 조명들 간에 백내장 환자가 가지는 실생활에서의 대비감도 및 색각 정도를 비교하고 그 차이를 분석하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구의 모든 과정들은 헬싱키 선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다. 본 연구는 울산대학교병원 임상 연구 심의위원회의 심의를 거쳐 검증을 받았으며(IRB No. UUH 2017-12-032), 모든 대상자들로부터 연구 전에 동의서를 획득한 뒤 참여하도록 하였다. 본 연구에 참여한 연구자들 중 누구도 금전적 이익에 연관되어 있지 않다. 본 연구는 2017년 3월부터 11월까지 백내장 진료를 위해 본 병원 안과 외래로 내원한 환자를 대상으로 진행되었으며, 사전에 백내장이 없는 정상인들을 대상으로 예비 연구가 선행되었다. 병원 방문 시 시행한 세극등현미경검사상 LOCS III에 따른 분류에 의거, 피질부 혹은 후극부 백내장은 없이 순수하게 grade 2 정도의 핵경화를 가지는 백내장 환자들 중 안압, 안저 검사상 모두 정상 소견을 보이는 환자들만을 선별하여 진행하였다. 시력은 early treatment diabetic retinopathy study (ETDRS) 시표로 측정하였고, 최대교정시력(logMAR)이 0.3보다 양호한 경우만 포함하였으며, 각막이상, 안과적 수술 혹은 외상이 있었던 환자들이나 당뇨 및 선천적 혹은 후천적 색각 이상을 가지는 환자들은 대상에서 제외되었다.[13]

각 검사들은 반대안을 가린 채 3종류의 조명에서 단안으로만 시행하였고, 검사 피로도에 의한 오류를 최소화하기 위해 검사 간 최소 10분 이상의 시간 차이를 두었다. 대상자 중 평소 안경을 사용하던 대상자들은 기존 안경으로도 시력 교정이 충분하여 본인 안경을 착용하여 검사를 진행하였다.

본 연구에서 비교하고자 사용한 조명들은 3종류로 형광등, 삼파장 LED, 양자점 LED이다. 형광등의 경우 일반 주거 공간이나 사무 공간에서 가장 많이 사용되고 있는 조명으로 주광색을 띠며 색온도가 6,500 K이고, 연색 지수 혹은 연색 평가지수가 85이다. 삼파장 LED는 형광등에 비해 전력 소비가 낮아 선호되고 있는 벌브형 전구로 주백색을 띠며, 색온도가 5,000 K, 연색지수가 80이다. 마지막으로 양자점(quatum dot) LED는 색온도가 5,000 K, 연색지수가 95로써 태양광에 가장 근접한 분광 분포를 특징으로 한다.

대비감도검사는 벽걸이용 CST-1000E (Vector Vision, Dayton, OH, USA) 시표를 사용하였으며, 각 공간 주파수 대역별 결과 수치를 log 값으로 변환하여 나타내었다. 일반적인 주간 실내 환경과 유사한 조건으로 만들기 위해 조도계를 이용하여 대비감도 시표 위에서 각 조명의 밝기가 공히 250 lux가 되게 한 뒤 시표로부터 2.5 m 거리에 떨어져 시행하였다.

색각 검사는 Farnsworth-Munsell Hue 100 test (VeriVide, Enderby, United Kingdom) 색각 검사계를 이용하였으며, 검사를 시행하는 탁자 위 조도가 마찬가지로 250 lux가 되도록 각 조명 밝기를 조절한 뒤 환자가 앉아서 단안 검사를 시행하도록 하였다. 색각 검사는 전체 오점수와 4개의 색상 계열

(85–21; 오렌지색/적자색 orange/magenta, 22–42; 노란색/연두색 yellow/green, 43–63; 청색/자주색 blue/purple, 64–84; 자주색/적자색 purple/magenta)에서의 개별 오점수로 각각 나누어 분석하고자 하였다. Farnsworth-Munsell Hue 100 색각 검사 전체 오점수(total error score)및 개별 오점수(error score)는 Torok B에 의해 설계된 인터넷 기반 색각 검사 점수 계산 프로그램(2014년판)을 이용하여 계산하였다.[14] 본 연구와 관련된 상기 모든 검사는 한 사람의 검사자에 의해 실시되었다.

이상의 과정을 통해 얻은 자료를 바탕으로 통계학적인 분석은 SPSS/PC 24 for Window (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였으며, 그룹 간 및 각각의 계열 간 비교는 one-way analysis of variance (ANOVA)로 분석하였다. p값이 0.05 미만일 경우 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

본 연구에 앞서 백내장이 없는 정상인(평균 나이 30.2세, 26–34세) 15명 30안을 대상으로 진행된 선행 연구에서는 대비감도 검사 및 색각 검사 결과 모두에서 조명들 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1, Fig 1.).

본 연구에서의 대상자들은 평균 57.4세로 48세부터 65세 사이로 분포하였다. 남녀 비율은 14:16이었고, 대상자들의 최대교정시력(log MAR) 평균은 0.23이었다(Table 2).

각각의 조명에서 시행된 대비감도 검사상 4가지 공간 주파수 대역별(3, 6, 12, 18 cycles per degree) 대비감도 수치는 형광등의 경우 각각 1.84 ± 0.11, 1.80 ± 0.20, 1.34 ± 0.39, 0.94 ± 0.46이었고, 삼파장 LED의 경우 각각 1.82 ± 0.11, 1.76 ± 0.31, 1.25 ± 0.36, 0.90 ± 0.49였으며, 양자점 LED의 경우 각각 1.76 ± 0.19, 1.77 ± 0.25, 1.25 ± 0.36, 0.88 ± 0.47이었다. 정상 범주보다 전반적으로 수치가 저하된 양상을 보였으나, 각 군들 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지

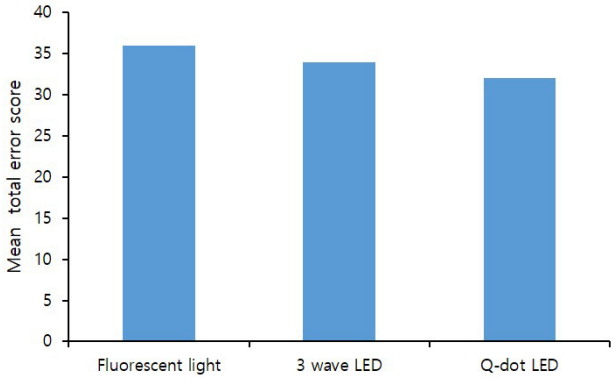

Figure 1. This graph shows Error score of Farnsworth-Munsell (FM) 100 hue test in control group with different illumination light. $p > 0.05$. LED = light emitting diode. Based on one-way analysis of variance (ANOVA) test.

Table 1. Contrast sensitivity test results for according to the each illumination in control group (log unit)

	3 cpd	6 cpd	12 cpd	18 cpd
Fluorescent light	1.90 ± 0.11	2.05 ± 0.20	1.71 ± 0.39	1.25 ± 0.46
3 wave LED	1.88 ± 0.11	1.98 ± 0.31	1.69 ± 0.36	1.33 ± 0.49
Q dot LED	1.87 ± 0.19	2.00 ± 0.25	1.77 ± 0.36	1.31 ± 0.47
p-value*	0.975	0.966	0.924	0.915

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.
cpd = cycles per degree; LED = light emitting diode.
*Analysis of variance (ANOVA) test.

Table 2. Demographic data

Total number of eyes	Sex (male:female)	Age (years)	BSCVA logMAR
30	14:16	57.4 (48–65)	0.23 (0.1–0.3)

Values are presented as mean and median range unless otherwise indicated.
BSCVA = best spectacle corrected visual acuity.

Table 3. Contrast sensitivity test results for according to the each illumination

	3 cpd	6 cpd	12 cpd	18 cpd
Fluorescent light	1.84 ± 0.11	1.80 ± 0.20	1.34 ± 0.39	0.94 ± 0.46
3 wave LED	1.82 ± 0.11	1.76 ± 0.31	1.25 ± 0.36	0.90 ± 0.49
Q dot LED	1.76 ± 0.19	1.77 ± 0.25	1.25 ± 0.36	0.88 ± 0.47
p-value*	0.875	0.961	0.864	0.921

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.
cpd = cycles per degree; LED = light emitting diode.
*Analysis of variance (ANOVA) test.

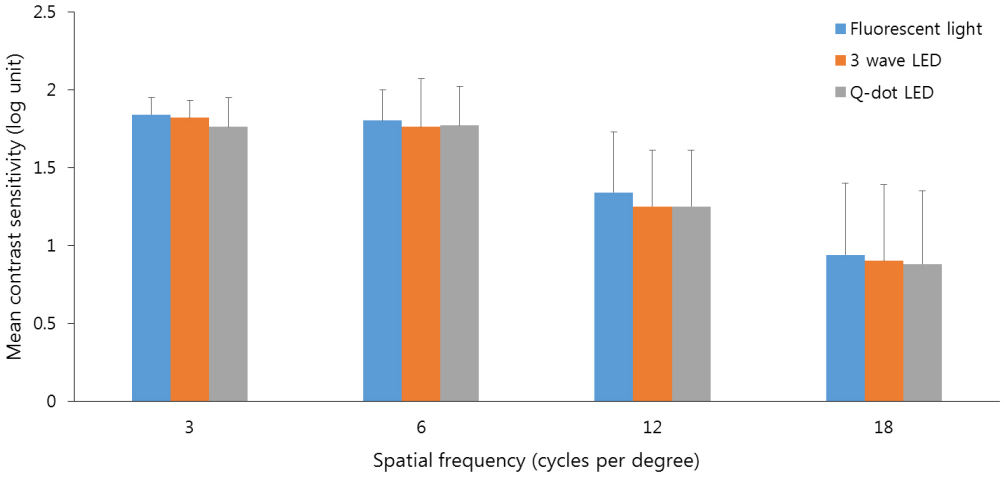

Figure 2. Contrast sensitivity scores in log unit of three groups at four different spatial frequencies. Vertical bar means ± standard deviation. No statistical difference was found between three lighting source groups at all spatial frequencies (p-value was 0.875, 0.961, 0.864 and 0.921 at 3, 6, 12 and 18 cycles per degree). Based on one-way analysis of variance (ANOVA) test. LED = light emitting diode.

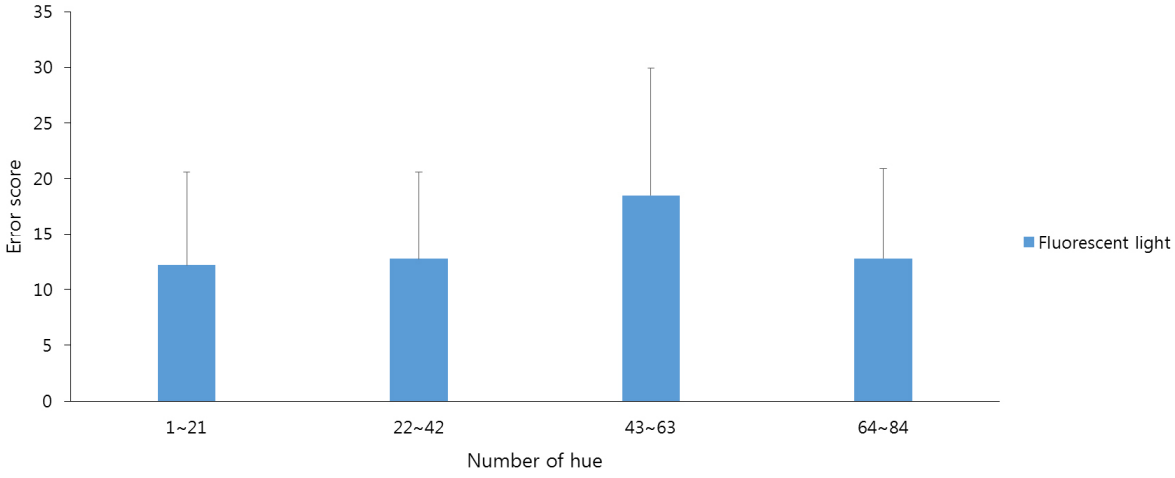

Figure 3. This graph shows Error score of 4 rows of Farnsworth-Munsell (FM) 100 hue test with fluorescent light. $p = 0.024$. Based on one-way analysis of variance (ANOVA) test.

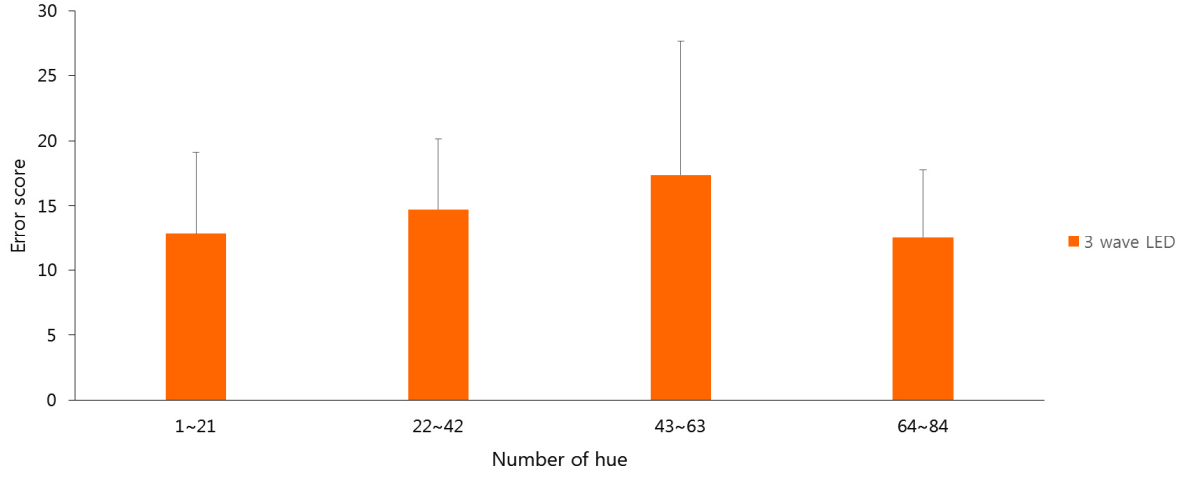

Figure 4. This graph shows Error score of 4 rows of Farnsworth-Munsell (FM) 100 hue test with 3 wave light emitting diode (LED). $p = 0.036$. Based on one-way analysis of variance (ANOVA) test.

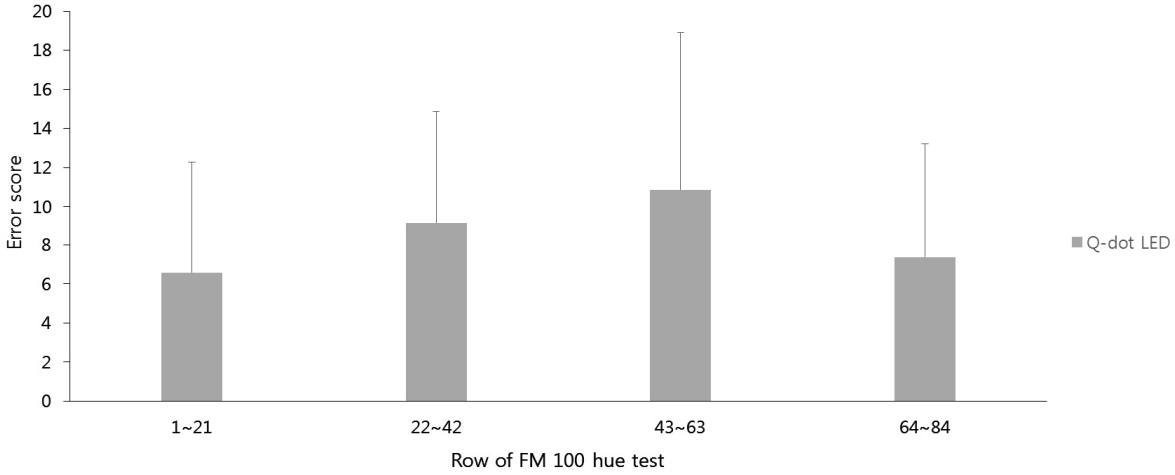

Figure 5. This graph shows Error score of 4 rows of Farnsworth-Munsell (FM) 100 hue test with Q-dot light emitting diode (LED). $p = 0.048$. Based on one-way analysis of variance (ANOVA) test.

Table 4. Total error scores and each error score at four rows of FM 100 hue test under lighting sources

Light source	Error score				
	Total	85–21	22–42	43–63	64–84
Fluorescent light	56.17 ± 32.39	12.17 ± 8.40	12.73 ± 7.85	18.50 ± 11.40	12.77 ± 8.15
3 wave LED	57.20 ± 24.02	12.87 ± 6.27	14.73 ± 5.42	17.37 ± 10.26	12.50 ± 5.25
Q dot LED	33.97 ± 22.54	6.57 ± 5.69	9.17 ± 5.71	10.87 ± 8.02	7.37 ± 5.85
p-value*	0.001	0.001	0.004	0.008	0.002

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.
FM = Farnsworth-Munsell; LED = light emitting diode.
*$p < 0.05$, based on one-way analysis of variance (ANOVA) test.

않았다($p>0.05$) (Table 3, Fig. 2).

색각 검사에서는 형광등과 삼파장 LED 조명군에 비해 양자점 LED 조명군에서 전체 오점수와 각각의 계열 오점수가 모두 통계적으로 유의하게 낮았으며($p<0.05$), 형광등과 삼파장 LED 조명군은 타 계열 색상보다 청색 계열(43–63)의 오점수가 상대적으로 높았다(Table 4). 양자점 LED 조명 역시 타 계열보다 상대적으로 높은 오점수가 청색 계열에서 나타났으나, 다른 2개 조명들의 청색 외 색상의 오점수 평균보다는 낮은 결과를 보여 주었다(Fig. 3-5).

고 찰

최근 각종 디스플레이를 포함한 다양한 광원들로부터 야기되는 안구피로감, 빛 번짐, 눈부심 등의 빛 공해 혹은 광 공해가 사회적 문제로 대두되고 있다. 국제조명위원회(Commission Internationale de l'Eclairage, CIE)뿐 아니라 우리나라도 2013년 2월에 '인공조명에 의한 빛 공해 방지법'을 시행하여 빛의 세기를 제한하고 있지만, 이러한 법의 테두리를 벗어난 스마트폰의 경우 가장 어둡게 조정해도 80 칸델라(cd, 광도의 international system of units [SI] 단위) 수준이며 최대 밝기에 놓으면 500 cd를 훌쩍 넘기게 되는 실정이다. 이러한 디스플레이 분야는 우리가 일상에서 접하게 되는 television (TV), 컴퓨터, 스마트폰은 물론 카메라, 시계, 전기밥솥, 냉장고, 심지어는 작은 장난감에도 적용되어 있어 눈 건강과 연관하여 많은 연구가 필요한 시점에 있다. 이런 배경들 속에서 차세대 디스플레이 기술로 주목 받으며, 자연광원의 파장에 가장 근접하여 만들어진 양자점 LED가 타 광원에 비해 가지는 장점들은 주목해 볼 필요가 있다. 광원의 색 특징에 관한 가장 완벽한 설명은 스펙트럼 상의 각기 다른 파장에서 방출되는 상대적인 힘을 그래프로 그려 분광분포를 보여 주는 것이다. 태양광은 가시광선 영역에서 거의 모든 분광분포를 보이고 있지만 이와 비교하여 주광색 LED 또는 형광등의 경우, 가시광선 영역에서 많은 부분이 부족하다. 인간이 태양광에 익숙해져 있기 때문에 가능한 한 태양광과 같은 분광분포를 갖는 조명을 구현할 수 있다면 최고의 조명을 실현할 수 있을 것이다. 그런 맥락에서 양자점 LED의 분광분포는 상대적으로 태양광에 매우 근접해 있다.[15] 이러한 분광분포는 높은 연색 지수를 가질 수 있도록 한다. 기술적인 측면에서 연색 지수(CRI)는 서로 같은 색온도를 지닌 광원들 사이에서만 비교가 가능

하다.[16] 하지만 대체적으로 높은 연색 지수(CRI) 90–100값을 지닌 광원들은 낮은 연색 지수를 지닌 광원들에 비해 사람과 사물을 더욱 선명하게 보이게 한다.[17] 본 연구의 결과상에서도 백내장 환자를 대상으로 한 색각 검사상, 연색 지수가 높은 양자점 LED 군이 다른 2가지 조명군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 전체 오점수 및 개별 오점수를 보여 주었다.

백내장을 가지는 환자들은 백내장 자체로 인한 일차적인 시력저하뿐 아니라, 이차적인 대비감도 및 색각저하로 말미암아 생활에 큰 불편이 많다.[6-9] 실내 생활의 경우 조도를 높임으로 어느 정도 해결이 가능하겠지만, 더불어 발생하는 눈의 피로감이나 과도한 야간 조명으로 인한 신체리듬의 방해는 건강에 장애 요소가 될 수도 있다. 물론 시력저하 및 대비감도의 감소가 실생활에 불편을 줄 정도로 진행할 경우 요즘은 의료 기술의 발달로 대부분 수술로 해결하게 된다. 그런데 경도의 앞피질 혹은 중등도 핵경화 백내장의 경우 일상 생활에서 큰 불편을 못 느끼는 경우가 많아 일반적으로 그냥 지내게 되는 경우도 많다. 따라서 본 연구 결과에서처럼 중등도 핵경화 백내장의 경우, 조명에 따라 색감 인지의 차이가 발생하게 되고, 충분하지 못한 조도와 낮은 연색 지수의 조명 속에서는 그 정도가 더욱 심할 수도 있을 것으로 사료된다.[18] 특히 결과에서 나타난 바와 같이 청색계열의 색각 저하가 두드러지게 되면 앞에서 언급했던 청색 부족에 의한 여러 정신생리학적 변화가 예상되기도 한다. 청색 계열의 빛은 실제로 건강한 삶을 위해 필수적인 요소인 것으로 알려져 있다. 연구에 의하면, 청색 빛은 정신적 각성을 야기하고, 기억력과 인지기능을 도우며, 신체리듬의 조절에 관여하고 있는 것으로 알려져 있다.[1,2,19] 그리고 실제로 정신과적으로 불면증과 우울증을 치료할 때 빛 치료 혹은 광선치료의 일환으로 청색계열의 빛을 포함하는 밝은 백색광을 조사하도록 하고 있다.[20] 본 연구는 검사에 포함된 환자 수가 비교적 적었고, 일반적인 실내 환경에서의 밝은 조도에서만 국한되어 진행되었다는 점 등에서 한계점이 있다. 향후 백내장수술 전후 및 서로 다른 조도 아래서의 색각 변화 비교 연구도 고려하고 있다.

이상의 결과로 보아 핵경화 백내장을 가지는 노인층의 실내 조명을 태양광과 흡사한 광원분포를 가지고, 높은 연색 지수를 가지는 조명으로 대체한다면, 정신생리학적인 이점과 상대적으로 높은 청색계열 지각으로 삶의 질이 향상될 수 있을 것으로 사료되는 바이다.

REFERENCES

1) Erichsen JH, Brøndsted AE, Kessel L. Effect of cataract surgery on regulation of circadian rhythms. J Cataract Refract Surg 2015;41:1997-2009.
2) Mamalis N. Effect of cataract surgery on circadian rhythms. J Cataract Refract Surg 2015;41:1799-800.
3) Yoon HC, Oh JH, Lee S, et al. Circadian-tunable perovskite quantum dot-based down-converted multi-package white LED with a color fidelity index over 90. Sci Rep 2017;7:2808.
4) Yoon CG, Choi HK. A study on the various light source radiation conditions and use of LED illumination for plant factory. J Korean Inst Illum Electr Install Eng 2011;25:14-22.
5) Qasim K, Lei W, Li Q. Quantum dots for light emitting diodes. J Nanosci Nanotechnol 2013;13:3173-85.
6) Moss ID, Wild JM, Whitaker DJ. The influence of age-related cataract on blue-on-yellow perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci 1995;36:764-73.
7) Rouhiainen P, Rouhiainen H, Salonen JT. Contrast sensitivity in different types of early lens opacities. Acta Ophthalmol Scand 1996;74:379-83.
8) Friström B, Lundh BL. Colour contrast sensitivity in cataract and pseudophakia. Acta Ophthalmol Scand 2000;78:506-11.
9) Shandiz JH, Dearakhshan A, Daneshyar A, et al. Effect of cataract type and severity on visual acuity and contrast sensitivity. J Ophtalmic Vis Res 2011;6:26-31.
10) Todescato F, Fortunati I, Minotto A, et al. Engineering of semiconductor nanocrystals for light emitting applications. Materials (Basel) 2016;9. pii:E672. doi:10.3390/ma9080672.
11) Erdem T, Nizamoglu S, Sun XW, Demir HV. A photometric investigation of ultra-efficient LEDs with high color rendering index and high luminous efficacy employing nanocrystal quantum dot luminophores. Opt Express 2010;18:340-7.
12) Wood V, Bulović V. Colloidal quantum dot light-emitting devices. Nano Rev 2010;1. doi: 10.3402/nano.v1i0.5202. Epub 2010 Jul 7.
13) Lim KO, Kim TJ, Lee JH. Sensitivity and color vision comparison between clear and yellow-tinted intraocular lens in diabetic retinopathy. J Korean Ophthalmol Soc 2012;53:238-45.
14) Kinnear PR, Sahraie A. New Farnsworth-Munsell 100 hue test norms of normal observers for each year of age 5-22 and for age decades 30-70. Br J Ophthalmol 2002;86:1408-11.
15) Erdem T, Demir HV. Color science of nanocrystal quantum dots for lighting and displays. Nanophotonics 2013;2:57-81.
16) Judd DB, MacAdam DL, Wyszecki G, et al. Spectral distribution of typical daylight as a function of correlated color temperature. J Opt Soc Am 1964;54:1031-40.
17) Zahiruddin K, Banu S, Dharmarajan 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;24:159-62.
18) Buhren J, Terzi E, Bach M, et al. Measuring contrast sensitivity under different lighting coditions: comparision of three tests. Optom Vis Sci 2006;83:290-8.
19) Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. Mol Vis 2016;22:61-72. eCollection 2016.
20) Zhao X, Ma J, Wu S, et al. Light therapy for older patients with non-seasonal depression: a systematic review and meta-analysis. J Affect Disord 2018;232:291-9.

= 국문초록 =

서로 다른 세 가지 조명에서 중등도 핵경화 백내장 환자가 가지는 대비감도 및 색각 비교

목적: 실생활 영역에서 흔히 사용되는 2가지 조명(형광등, 삼파장 light emitting diode [LED])과 최근 자연광과 가장 가깝도록 개발된 양자점(quantum dot) LED 조명 아래에서 백내장 환자가 가지는 대비감도 및 색각 정도를 비교하고 그 차이를 분석하고자 하였다.
대상과 방법: 백내장 진료를 위해 안과 외래로 내원한 환자 중 안압과 안저 검사상 정상 소견을 보이는 30안을 대상으로 시행하였다. 세극등현미경검사상 피질부 혹은 후극부에 백내장 없이 순수하게 Lens Opacities Classification System, version III (LOCS III)에 따른 nucleus color/opalescence (NO) grade 2에 해당하는 백내장 환자들만을 대상으로 하여 삼파장 형광등, 삼파장 LED, 양자점 LED 조명 아래에서 대비감도 및 색각 검사를 시행하였다.
결과: 삼파장 형광등과 삼파장 LED에 비해 양자점 LED 조명에서의 전체 오차 점수가 통계적으로 유의하게 낮았으며(p<0.05), 3가지 조명에서 모두 타 계열 색상보다 청색 계열의 오차 점수가 상대적으로 높았다.
결론: 백내장 환자의 경우 색각 검사에서 조명에 따라 색감 인지의 차이가 발생하게 되고, 충분하지 못한 조도와 낮은 연색 지수의 조명 속에서는 그 차이가 더욱 심할 것으로 사료된다. 실내 조명을 태양광과 흡사한 광원분포를 가지고, 높은 연색 지수를 가지는 조명으로 대체한다면, 정신생리학적인 이점과 높은 색각 지각으로 보다 나은 삶의 질을 영위할 수 있을 것으로 생각된다.
〈대한안과학회지 2018;59(7):622–628〉