



The Effect of Blue-Light Blocking Lens on Legibility and Subjective Symptoms during Near Work with Different Background Colors Using a Smart Device

Jihye Kim¹, Ha Yeon Eom¹, Eun Ji Jo¹, So Ra Kim², and Mijung Park^{2,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received February 19, 2019; Revised March 5, 2019; Accepted March 8, 2019)

Purpose: In this study, the effect of blue light blocking lenses on changes in legibility and subjective symptoms during near work with white and blue backgrounds having different ratios of blue light was investigated when the study subjects were wearing lenses with different blocking ranges and rates against blue light. **Methods:** Thirty subjects were chosen for inclusion in the study, and their refractive error was fully corrected using a trial frame. The subjects were asked to read the letters on a smart device with white and blue backgrounds for 10 minutes after overlaying a regular lens and two types of blue light-blocking lenses on the trial frame, respectively. Reading speed, total pages read, and subjective symptoms were measured, and the lens preferences were analyzed. **Results:** There was no significant difference in legibility between the background colors and lens types; however, the number of subjects showing improved legibility increased when the blue background was used compared with the white background by blocking the blue light. There was some exacerbation of general and ocular symptoms during work on the white background having a low ratio of blue light due to wear of blue light-blocking lens; however, no preference regarding the lenses was reported. When wearing a blue light-blocking lens, ocular symptoms did not change during work on the blue background with a high ratio of blue light, and more than half of the participants preferred to wear the blue light-blocking lens. The preference for blue light-blocking lens was not correlated with the blue light-blocking rate. **Conclusions:** The results revealed that wearing a blue light-blocking lens might not exacerbate the subjective symptoms under conditions with a high ratio of blue light on the display. However, lens preference could vary according to the range of blue light blocked and blocking rate.

Key words: Blue light, Blue light-blocking lenses, Legibility, Subjective symptoms, Lens preference

서 론

2015년 한국정보화진흥원의 인터넷 과의존 실태조사에 따르면 하루 평균 스마트폰의 이용시간은 유아(만 3~9세)는 1.7시간, 청소년(만 10~19세)은 4.8시간, 성인(만 20~59세)은 4.6시간으로 하루 중 수면시간을 제외한 활동시간의 ¼을 스마트폰을 이용하고 있다고 보고되었다.^[1] 이러한 결과는 유아기부터 성장기를 거쳐 성인이 될 때까지 스마트 기기 디스플레이의 광원에 지속적으로 노출이 된다는 것을 의미한다.

스마트 기기 디스플레이 광원인 LED (light emitting diode)의 백색광은 청색 파장의 비율이 높은 것이 특징인데,^[2] 다수의 연구에 의해 가시광선 중 단파장인 청광이

각막, 망막의 손상 및 안구건조증을 유발하며 노인성 황반변성의 발병을 촉진시키는 것으로 밝혀지면서 스마트기기를 사용할 때 청광 노출에 대한 주의가 요구되고 있다.^[3-7] 디지털 기기 사용의 증가는 청광 노출 시간의 증가와 수정체 조절력 감소로 인해 안구 및 시각 증상인 DES (digital eye strain) 증상이 발생하게 되었고^[8,9] 그러한 이유로 청광의 차단과 자각 증상과의 관계에 대한 연구가 다수 진행되었지만,^[10-13] 청광 차단으로 인한 증상 완화에 대한 결과는 의견이 분분하다.

우리 눈이 빛에 노출 되었을 때, 각막과 수정체에서 400 nm 미만 자외선과 800 nm를 초과하는 파장은 거의 흡수가 되기 때문에 실제 망막에 도달하는 파장의 영역은 가시광선 영역이지만, 가시광선 영역 중 망막에 도달하는

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2017년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

과장의 비율은 제한적이다.^[2] 청광 파장대는 수정체에서 일부가 흡수되어 어린이들의 경우 청광의 약 65% 정도가 망막까지 도달하고 젊은 성인의 경우 다소 감소하여 50% 정도가 된다.^[2] 연령이 증가함에 따라 청광의 망막 도달률은 감소하지만 청광 노출로 인한 인체 유해성은 누적되기 때문에 청광 파장대의 적절한 차단은 중요하다. 청광 파장 중 400~470 nm 영역은 유해하지만 470~500 nm에서는 수면 장애 및 우울증 치료에 도움이 된다고 보고되고 있어 이를 고려한 청광 차단 필름도 개발되었고,^[14] 청광 차단 영역이 다른 다양한 종류의 청광차단렌즈가 제조되어 판매되고 있다.

청광차단렌즈는 청광의 차단 방식과 제조 방식에 따라 청광 차단율과 청광 차단 영역에 차이가 존재하게 되는데 본 연구진에 의해 선행된 연구에서는 청광만 있는 디스플레이 환경에서 근거리 작업을 실시하였을 때 청광차단렌즈의 사용 유무에 따라 조절기능의 차이가 있어 시기능 변화가 발생함을 제시하였지만 청광차단렌즈의 종류에 의한 시기능 변화의 차이가 드러나지는 않았다.^[15] 하지만 스마트 기기를 이용한 다른 연구에서 알 수 있듯이 개인별로 느끼는 자각 증상의 역치가 다를 수 있기 때문에 시기능의 뚜렷한 변화가 없다하더라도 자각 증상에 대해 연구가 같이 진행되어야 하지만 아직까지 디스플레이의 청광 비율이 다른 환경에서 청광 차단 방식이 다른 청광차단렌즈를 사용하였을 때 피검자가 느끼는 실제 자각 증상과 작업 효율의 차이에 대한 연구가 진행된 바는 없다.

따라서 본 연구에서는 청광만 있는 디스플레이 조건과 청광 외에 다른 색상의 광선이 혼합되어 대비가 분명한 조건에서 청광 차단 파장대와 차단율이 다른 청광차단렌즈를 착용 후 근거리 작업 시 가독성 및 자각 증상과 청광차단렌즈 선호도의 차이가 있는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 실험대상

안질환 및 시력교정술 경험이 없고 사시, 약시가 없으며 양안시가 가능한 만 18세 이상의 30명(남자 13명, 여자 17명)의 성인들을 대상으로 실시하였다. 대상자들의 평균연령은 만 22.27±2.46세였다. 연구대상자의 평균 굴절 이상은 -3.19±2.93 D이었으며, 교정도수는 검안용 굴절력 측정기(HRK-8000A, Huvitz, Korea)와 포롭터(PDR-7000, POTEC, Korea)를 이용하여 결정하였고 시험렌즈 테(PL232, Lianyungang Tiannuo Optical Instrument, China)를 이용하여 대상자의 시력을 완전 교정하였다.

2. 실험조건

본 연구에 사용된 안경렌즈는 청광 차단 기능이 없는 일반렌즈(CHEMI HI HM, Chemiglas, Korea) 한 종류와 청광차단렌즈 두 종류였다. 청광차단렌즈는 청광을 흡수하는 방식으로 제조된 perfect UV 렌즈(CHEMI PERFECT-UV, CHEMIGLAS, Korea)와 청광 발산제를 혼합하여 청색광을 분산 및 확산시키는 BB 렌즈(CHEMI BB, CHEMIGLAS, Korea)이었다. 세 렌즈의 굴절률은 1.60으로 동일하였다.^[16,17]

실험에 사용한 스마트패드는 iPad mini 2(iPad mini 2, Apple Inc, USA)를 사용하였고 화면 크기 7.9 inch, 해상도 2048×1536, 화면 최대 밝기 휘도 500 cd/m²이었다.^[18] 가독작업 시 스마트패드의 화면 각도는 105°, 스마트패드와 연구대상자의 눈 사이 거리는 50 cm로 유지하였고, 항상 동일한 위치에서 동일한 높이의 의자에 앉아 독서하게 하였다. 실험실의 조도는 566.5±6.08 lux이었다.

가독작업은 ibooks 어플리케이션을 이용하였고, 흰색(R:255, G:255, B:255) 바탕에 검정색(R:0, G:0, B:0) 텍스트와 파란색(R:0, G:0, B:255) 바탕에 검정색(R:0, G:0, B:0) 텍스트로 지정하였다. 텍스트의 기본 설정은 용지 크기 1193×1593 mm², 행간 150%, 굴림체, 글자 크기 2.8 mm, 한 장 당 글자 수는 650자가 되도록 구성하였다. 텍스트의 내용은 소설 어린왕자로부터 추출하여 특수기호를 제거하고(. . ? ! “등) Microsoft Excel 프로그램의 rand 함수를 사용하여 문장 순서를 무작위로 배열하였다.^[12] 또한 자각 증상 평가지를 사용하여 가독작업으로 인한 자각 증상의 변화를 평가하였다. 한 연구조건의 실험이 끝난 후, 다음 연구를 위해서 실행하기 전까지 근거리 작업을 하지 않는 상태로 최소 30분간의 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였고 하루에 3번 이하로 실험을 제한하였다.

3. 실험 방법

1) 렌즈 광투과율 측정

실험에 사용된 렌즈의 광투과율은 UV-VIS 분광광도계(Mega Array, SCINCO, Korea)로 측정하였다.

2) 가독성

디스플레이의 청광 비율과 청광 차단율에 따른 읽기 속도의 변화를 확인하기 위해 장 당 읽은 속도를 초 단위(sec/page)로 측정하였고, 총 읽은 페이지 수를 기록하였다. 총 읽은 페이지는 다 읽기 못하고 마무리된 부분은 제외하였다.^[18] 읽기 속도는 한 장을 다 읽지 못하고 10분이 마무리된 페이지와 집중도가 불안정한 첫 페이지를 분석에서 제외하고, 연구대상자 각각의 총 평균 독서 속도를 측정하였다.

Table 1. Virtual reality symptom questionnaire

General subjective symptoms	Ocular subjective symptoms
Fatigue	Tired eyes
Boredom	Sore/Aching eyes
Drowsiness	Blurred vision
Headache	Eye strain
Dizziness	Difficulty focusing
Difficulty concentrating	Watering or runny eyes
Nausea	Dry eyes
	Hot or burning eyes

3) 자각 증상

전신 증상과 눈 관련 증상을 포함하고 있는 VRSQ (virtual reality symptom questionnaire) 평가지를 이용하여 7가지 전신 증상과 8가지 안 증상을 텍스트를 읽기 전과 후에 각각 동일한 내용을 작성하게 하였다.^[19] VRSQ 평가지는 6점 척도를 이용하였으며 0점은 없음, 1~2점은 약간 있음, 3~4점은 보통 있음, 5~6점은 많이 있음으로 나누어 연구대상자의 증상 정도를 알아보았다(Table 1).

4) 렌즈 선호도

흰색과 파란색 바탕의 읽기 작업 후 읽기 불편한 정도를 5점 척도로 하여 그 정도를 표시하도록 하였다. 1점에서 5점으로 갈수록 가독성이 좋지 않음을 의미하였고, 세 렌즈를 비교하여 불편한 점수가 가장 낮은 렌즈를 선호도가 높은 것으로 분류하였다. 세 렌즈의 점수가 동일한 경우 선호도에 차이 없으므로 분류하고 나머지 경우는 일반렌즈 혹은 청광차단렌즈의 선호도가 높음으로 분류하였다.

4. 통계분석

본 연구결과는 SPSS version 23.0을 사용하였고, 분석결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 색상들 간의 차이, 색상 별 렌즈간의 차이, 자각 증상 전후 차이 결과의 통계적 유의성은 대응표본 검정, 반복측정 분산분석을 이용하여 분석하였으며 읽기속도 변화 양상과 렌즈 선호도의 차이는 카이제곱 검정을 실시하였다. 모든 검정 결과는 p-value가 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 차이를 나타내는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 렌즈 광투과율 비교

두 청광차단렌즈 모두 400 nm 이하의 파장은 거의 차단이 되어 나머지 청광 영역인 400~500 nm 영역의 광투

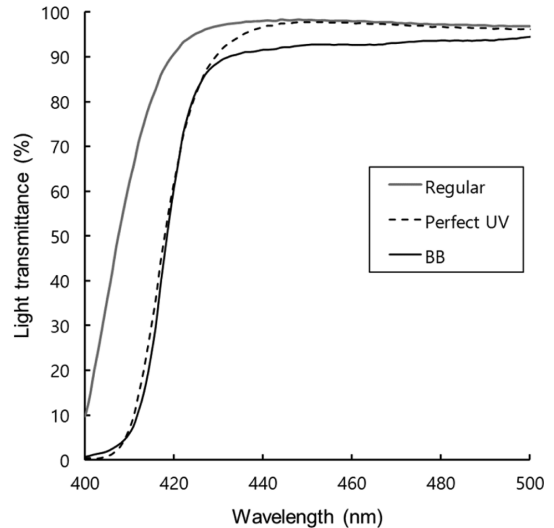


Fig. 1. Blue light transmittance of the three ophthalmic lenses used in the study.

과율을 분석해 보았다. 일반렌즈는 400 nm 투과율이 9.8%에서 410 nm 투과율이 62.2%로 급격히 청광 투과율이 증가하였지만 perfect UV렌즈와 BB 렌즈는 410 nm 파장의 투과율이 7%, 5.9%로 낮은 투과율을 보였고 420 nm 파장 이후부터 60%를 초과하는 투과율을 나타내었다(Fig. 1). 그 중 BB 렌즈의 투과율이 가장 낮아 청광 차단율이 높음을 확인하였다. Perfect UV 렌즈는 400~408 nm 영역의 청광 투과율이 BB 렌즈에 비해 미세하게 낮았고, 나머지 청광 파장 영역에서는 BB 렌즈가 perfect UV 렌즈에 비해 낮은 청광 투과율을 보였다(Fig. 1). 약 430 nm 파장의 투과율은 perfect UV와 BB 렌즈가 비슷한 투과율을 나타내었지만 430 nm 이후의 투과율은 perfect UV 렌즈가 BB 렌즈에 비해 높아 청광 차단율이 낮은 것으로 확인되었다. 근자외선 영역을 흡수하는 perfect UV 렌즈에 비해 더 넓은 청광 파장대의 영역을 흡수해 발산시키는 BB 렌즈가 더 넓은 청광 파장 영역을 차단함을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 사용한 청광차단렌즈는 모두 시판되어 사용되고 있는 렌즈이며 일정 파장대의 청광을 차단하는 효과가 있으나 차단하는 파장대와 차단정도에 있어서는 차이가 있었다. 이는 청광차단렌즈가 가져야 하는 차단 파장대 및 차단율에 대한 기준이나 학술적인 결론이 정비되어 있지 않은 것이 현재의 상황이며, 이에 대한 여러 가지 관점에서의 학술적인 뒷받침이 필요함을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

2. 가독성

디스플레이의 청광 비율이 다른 흰색 바탕과 파란색 바탕에서 청광 차단율이 다른 세 종류의 렌즈를 착용한 상태로 10분 동안 근거리 작업을 하였을 때 가독성의 차이

를 알아보기 위해 장당 읽기 속도와 총 읽은 페이지 수를 측정하였다. 흰색 바탕에서 일반렌즈는 평균 116.28±9.75 초로 읽기 속도가 가장 빨랐고, perfect UV 렌즈는 평균 117.82±15.78 초, BB 렌즈는 평균 119.15±13.77 초로, BB 렌즈 착용 시 읽기 속도가 가장 느리게 나타났다(Fig. 2). 하지만 세 렌즈간의 읽기 속도는 통계적으로 유의한 차이는 없어 청광 차단이 읽기 속도에 미치는 영향은 크지 않음을 알 수 있었다. 디스플레이의 청광 비율이 100%인 파란색 바탕에서는 흰색 바탕과 달리 일반렌즈의 읽기 속도가 평균 132.07±21.56 초로 가장 느리게 나타났고, BB 렌즈가 평균 131.65±31.85 초, perfect UV 렌즈가 평균 130.76±21.95 초로 청광차단렌즈 착용 시 읽기 속도가 일반렌즈에 비해 빠른 경향을 보이긴 하였지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2).

10분간 총 읽은 페이지 수는 흰색 바탕에서 일반렌즈 착용 시 평균 4.70±0.60 장, perfect UV 렌즈 착용 시 평균 4.70±0.70 장, BB 렌즈 착용 시 평균 4.63±0.61 장으로 차이가 없었다(Fig. 3). 파란색 바탕에서도 일반렌즈 착용 시 평균 4.17±0.70 장, perfect UV 렌즈 착용 시 평균 4.20±0.66 장, BB 렌즈 착용 시 평균 4.27±0.74 장으로 측정되어 렌즈 종류에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

흰색과 파란색 바탕 모두 독서 속도, 총 읽은 페이지 수

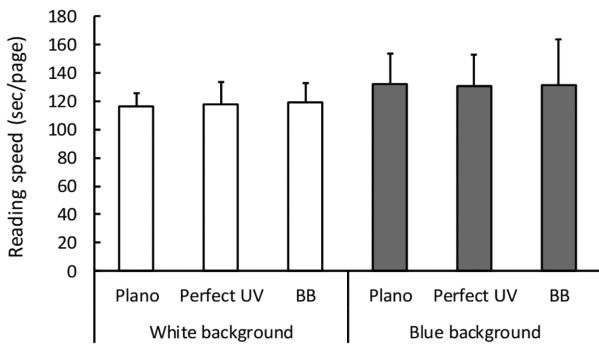


Fig. 2. Comparison of reading speed according to background color and lens type.

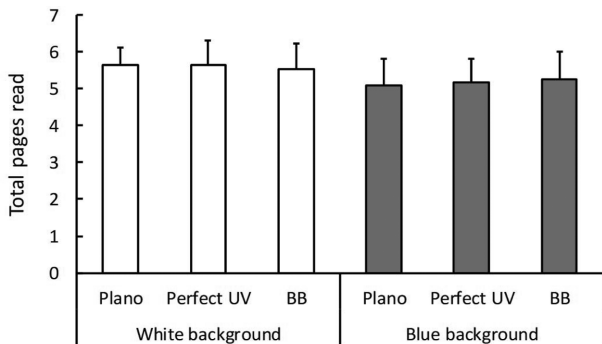


Fig. 3. Comparison of total pages read according to background color and lens type.

로 확인한 가독성 평가에서 일반, perfect UV, BB 렌즈 간의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 밝은 조도보다 어두운 조도에서 청광차단렌즈 착용 시 읽기 속도가 증가하였던 Kim 등^[12]의 연구결과로 미루어 볼 때 밝은 조도인 본 연구에서는 유의미한 가독성의 변화가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 그러나 스마트기기를 사용하는 사람들의 시기능이나 자각 증상 평가에서 알 수 있듯이 개인적인 차이로 인해 평균 검사값에서는 차이가 없으나 개별 차이가 크게 나타나 시기능 변화나 자각 증상을 느끼는 정도의 차이가 달라질 수 있음이 보고된 바 있어,^[20,21] 청광차단렌즈 착용 시 일반렌즈에 비해 읽기 속도가 5% 이상 변화한 피검사 비율을 분석해 보았다.

흰색 바탕과 파란색 바탕 모두 변화하는 경우가 많았지만, 흰색 바탕의 경우는 통계적으로 유의하게 변화없음이 많았다. 흰색 바탕을 기준으로 파란색 바탕을 비교하였을 때 파란색 바탕에서는 읽기 속도가 증가한 피검자가 증가한 것으로 나타났다(Table 2). 즉, 흰색 바탕보다 파란색 바탕에서 작업 시에 청광 차단으로 인해 가독성이 증가하는 피검자가 있으며, 이러한 청광 차단 효과는 perfect UV와 BB 렌즈 모두에서 나타남을 확인할 수 있었다.

3. 자각 증상

실험 전후 자각 증상 점수의 총점은 실험 전 9.18±8.60 점이었고, 흰색 바탕에서 작업 후에는 일반렌즈 착용 시 14.00±10.61 점, perfect UV 렌즈는 14.60±12.92 점, BB 렌즈는 14.43±12.68 점으로 실험 전에 비해 자각 증상이 증가한 것으로 나타났고 반복측정 분산분석에서 유의확률 0.000로 자각 증상 변화에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 하지만 모든 렌즈에서 착용 전 자각 증상 평가 점수와의 차이만 존재하였고 착용한 렌즈 종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 파란색 바탕에서 근거리 작업 후 자각 증상 평가 점수는 일반렌즈 19.97±15.30 점, perfect UV 렌즈 16.97±12.65 점, BB 렌즈 17.43±14.27 점으로 반복측정 분산분석에서 유의확률 0.000으로 실험 전

Table 2. Variation in the participants' reading speed according to lens type

Variation	White background		Blue background	
	Perfect UV	BB	Perfect UV	BB
Decrease	8 (26.67)	8 (26.67)	8 (26.67)	9 (30.00)
No change	17 (56.67)	17 (56.67)	13 (43.33)	11 (36.67)
Increase	5 (16.67)	5 (16.67)	9 (30.00)	10 (33.33)
χ^2	7.80	7.80	1.40	0.20
P-value	0.02*	0.02*	0.50	0.90

*p<0.05, significantly different by chi-square test

Table 3. Changes in the subjective symptoms score by lens type and background color

Background color	Subjective symptoms	Baseline	After near work			P-value
			Regular	Perfect UV	BB	
White background	General	5.01±4.05	7.93±6.09 ⁺	7.70±6.39 ⁺	8.03±6.40 ⁺	0.001 [*]
	Ocular	4.18±4.92	6.07±5.86 ⁺	6.90±7.26 ⁺	6.40±7.35 ⁺	0.005 [*]
	Total	9.18±8.60	14.00±10.61 ⁺	14.60±12.92 ⁺	14.43±12.68 ⁺	0.000 [*]
Blue background	General	5.01±4.05	9.87±7.78 ⁺	9.03±6.49 ⁺	9.97±7.60 ⁺	0.000 [*]
	Ocular	4.18±4.92	10.10±8.18 ⁺	7.93±6.94 ⁺	7.47±7.66 ⁺	0.000 [*]
	Total	9.18±8.60	19.97±15.30 ⁺	16.97±12.65 ⁺	17.43±14.27 ⁺	0.000 [*]

*p<0.05, significantly different according to lens type by repeated measures ANOVA

⁺p<0.05, significantly different from the baseline score by paired-t test

에 비해 자각 증상이 통계적으로 유의하게 증가하였으나 흰색 바탕과 마찬가지로 착용 전과의 차이만 존재하였고 착용한 렌즈 사이에 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다 (Table 3). 전신 증상 총점과 안 증상 총점을 분류하여 분석한 결과에서도 착용 전과의 차이만 있었고 청광 차단 정도에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다 (Table 3).

평가 항목별 점수 변화를 분석한 결과에서 전신 증상과 안 증상 모두 착용 후에 증상이 증가하는 경향을 나타내었다 (Fig. 4, 5). 흰색 바탕의 경우 전신 증상 중 피곤함,

지루함, 집중 저하 항목이 착용 전에 비해 착용 후 통계적으로 유의하게 자각 증상 점수가 증가하였다 (Fig. 4A). 피곤함과 집중 저하 항목의 경우, 착용 전과의 차이만 존재하였고 렌즈 종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났지만 지루함 항목이 착용 전 1.19±1.10 점에서 perfect UV 렌즈 착용 후 1.83±1.66 점 (p=0.003), BB 렌즈 착용 후 1.73±1.66 점 (p=0.006)으로 통계적으로 유의하게 증가하는 결과를 보여 흰색 바탕에서 청광차단렌즈 착용 시 지루함 항목이 증가하는 것을 알 수 있었다 (Fig. 4A). 파란색 바탕으로 작

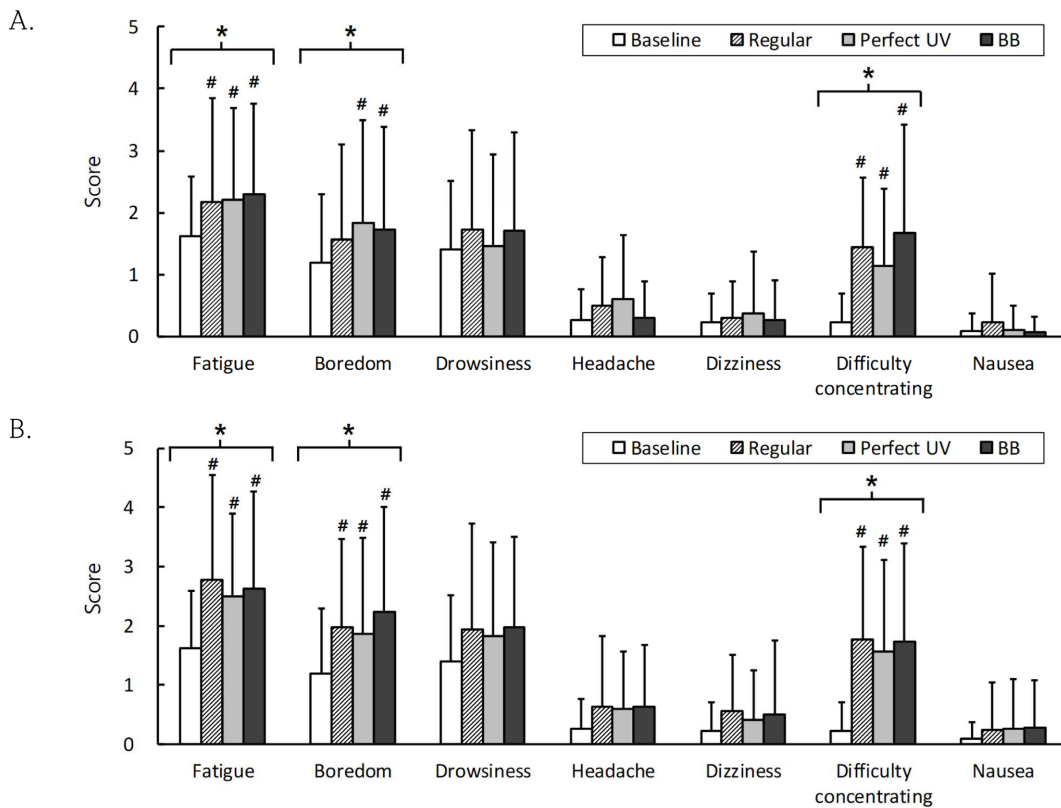


Fig. 4. Variation in the general subjective symptoms score according to lens type.

A. White background B. Blue background

*p<0.05, significantly different according to the lens type by repeated measures ANOVA

[#]p<0.05, significantly different from the baseline score by the paired t-test

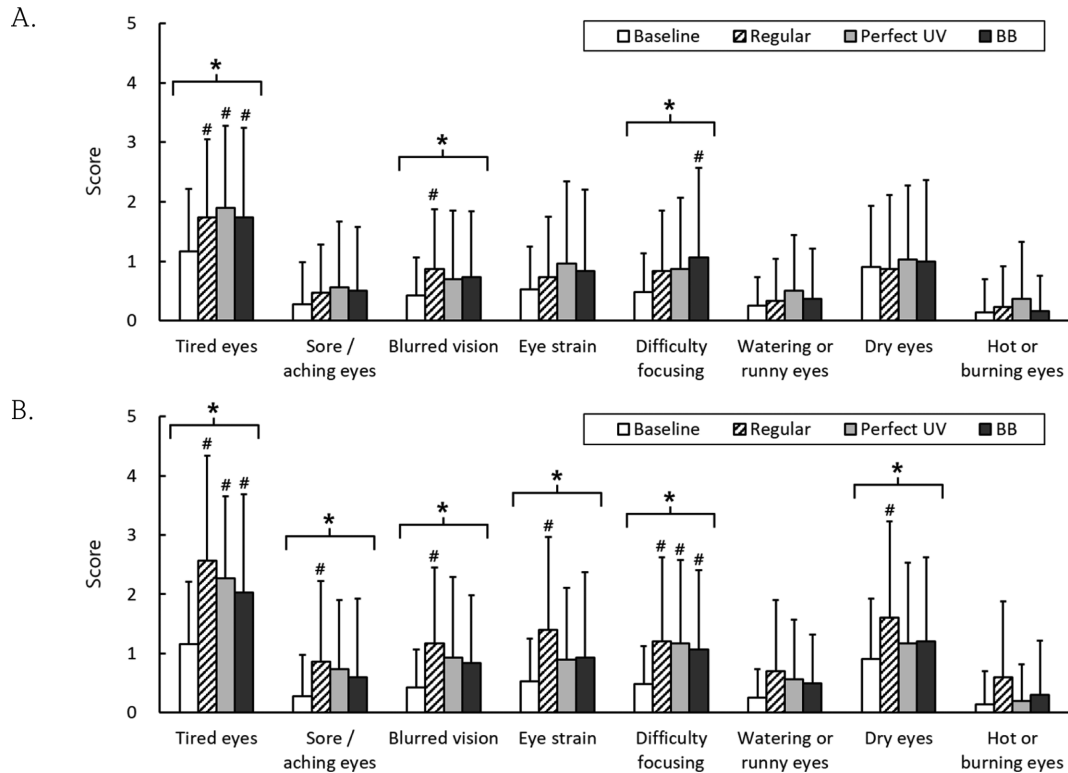


Fig. 5. Variation in the ocular subjective symptoms score by lens type.

A. White background B. Blue background

* $p < 0.05$, significantly different according to the lens type by repeated measures ANOVA

$p < 0.05$, significantly different from the baseline score by the paired t-test

업 후 전신 증상 항목 중 통계적으로 유의하게 증가한 항목은 흰색 바탕과 마찬가지로 피곤함, 지루함, 집중 저하 항목이었고 실험 전에 비해 통계적으로 유의하게 자각 증상이 증가하였지만 렌즈 종류에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 4B).

안 증상 항목에서는 흰색 바탕의 경우 안구 피로, 흐림, 초점 조절 어려움 항목에서 실험 전에 비해 통계적으로 유의하게 증상이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5A). 안구 피로의 경우 일반, perfect UV, BB 렌즈 모두 실험 전에 비해 증상이 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났지만 렌즈 종류에 의한 점수 변화의 차이는 없는 것으로 나타났다. 흐림 항목에서는 모든 렌즈에서 증상이 증가하였으나 일반렌즈 착용 시에만 통계적으로 유의한 증상의 변화를 보여 청광차단렌즈와 차이가 있었다. 반면 초점 조절 어려움 항목에서는 청광차단렌즈인 BB 렌즈 착용 시에만 유의확률 0.040으로 통계적으로 유의하게 증상이 증가하는 것으로 나타나 흐림 항목과 상반되는 결과를 보였다.

파란색 바탕으로 작업 후에는 안 증상의 모든 항목에서 일반렌즈 착용 시 자각 증상이 가장 많이 변하는 것으로 나타났다. 그 중 안구 피로, 안구 통증, 흐림, 안정피로, 초점 조절 어려움 및 건조감 항목에서 통계적으로 유의한

자각 증상의 변화가 있었다(Fig. 5B). 안구 피로와 초점 조절 어려움 항목의 경우 착용 전에 비해 세 렌즈 모두 통계적으로 유의하게 증상이 증가하였지만 렌즈 종류에 의한 차이는 없었다. 하지만 안구 통증, 흐림, 안정피로, 건조감 항목은 일반렌즈 착용 시에만 자각 증상이 통계적으로 유의하게 증가하여 청광의 비율이 많은 조건에서 근거리 작업 시 일반렌즈는 안 증상이 유발되고 청광차단렌즈는 안 증상 완화에 도움이 됨을 확인하였다.

흰색 바탕과 파란색 바탕에서 근거리 작업 시 전신 증상 중 피곤함, 지루함, 집중 저하 항목이 렌즈 착용 전에 비해 유의하게 증가하였지만 렌즈 종류에 의한 차이는 청광차단렌즈 착용 시 흰색 바탕의 지루함 항목에서만 나타났다. Dai 등^[22]의 연구에 의하면 고강도의 blue LED의 자극이 있을 때 집중력이 증가한다고 하였고, 멜라토닌 분비를 억제하여 사람을 각성 시키는 청광^[21]의 특성상 청광이 일부 차단된 상태로 흰색 바탕의 근거리 작업은 파란색 바탕에 비해 지루하게 느낄 수 있었던 것으로 사료된다.

안 증상 중 안구 피로는 바탕색과 착용 렌즈의 종류에 관계없이 모두 유의하게 증가하는 결과를 보였다. 청광 차단 정도에 따라 2시간의 컴퓨터 작업 후 안구 피로도에 차이가 있다고 보고된 Lin 등^[11]의 연구에 따르면 청광 차단율이 높은 렌즈가 안구 피로도에 도움이 된다고 하였다.

특히 500 nm 파장 이후에 60% 이상의 투과율을 보였던 렌즈에서만 나타난 결과였고, 청광 차단율이 낮은 렌즈에서는 피로도와 관계가 없는 것으로 보고되어 그에 비해 청광 차단율이 낮았던 본 연구에서는 착용 렌즈 종류에 의한 차이는 없었던 것으로 보인다. Ide 등^[10]의 연구에서도 청광 차단율이 높은 렌즈가 자각 증상에 도움이 된다고 하여 청광 차단율에 의해 자각 증상 변화가 다를 수 있다고 사료된다.

파란색 바탕에서의 근거리 작업 후 안 증상의 변화가 두드러졌었는데 안구 통증, 흐림, 안정피로, 건조감 항목이 일반렌즈 착용 시에만 유의하게 증가하여 청광차단렌즈 착용으로 자각 증상 유지에 영향을 준 것으로 보인다. 이 결과는 청광의 비율이 높은 환경에서 청광차단렌즈로 인한 청광 투과율의 감소가 조절기능 유지에 도움이 된다고 보고한 본 연구진의 선행 연구 결과^[15]와 일치하는 결과였다. 일반적인 흰색 바탕에서의 근거리 작업은 청광 차단 정도에 의해 영향을 받지만 청광 비율이 높은 환경에서는 청광 차단율이 낮아도 어느 정도 효과가 있음을 의미하는 결과이기도 하다. 하지만 한 달간 하루 최소 2시간 이상 청광 차단렌즈, 착색 렌즈, 일반 렌즈를 착용 한 후의 자각 증상을 살펴 본 Leung 등^[22]의 연구에서는 본 연구에서와 비슷한 청광 투과율이었던 청광차단렌즈 착용 시에 눈부심 방지, 컴퓨터와 모바일 기기 화면을 볼 때 증상이 개선되거나 변화가 없는 경우가 유의하게 많았기 때문에 장기간 착용 시에는 흰색 바탕에서도 유의한 결과가 나올 수 있을 거라고 추측해 볼 수 있다. 따라서 장기간 착용할 경우에는 시각적인 측면을 고려하여 청광 차단율이 높은 렌즈가 유용하다고 결론내리기 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 흰색 바탕에서 청광차단렌즈 착용 시 지루함과, 초점 조절 어려움 항목에서 증상이 유의하게 증가하였던 결과로 미루어 볼 때 청광 차단으로 인한 부정적인 측면이 발생할 수도 있음도 배제할 수 없을 것으로 생각된다.

4. 렌즈 선호도

세 종류의 렌즈를 착용한 상태로 10분간의 근거리 작업을 마친 후 불편함 정도를 5점 척도로 하여 평가하였다. 세 종류의 렌즈 착용 후 불편함 점수를 이용하여 가장 낮은 점수를 나타낸 렌즈가 선호도가 높은 것으로 분류하여 렌즈 선호도 비율을 분석하였다.

분석 결과 흰색 바탕으로 세 종류의 렌즈를 착용한 상태로 근거리 작업을 하였을 때 불편함의 정도에 차이가 없이 동일하게 느낀 피검자는 총 30명 중 70%인 21명으로 가장 많이 분포하여 선호도에 차이가 없는 경우가 가장 많았고, 카이제곱 검정 결과 유의확률 0.000으로 통계

적으로도 유의한 결과였다. 불편함 점수가 가장 낮았던 렌즈가 청광차단렌즈인 피검자는 5명으로 전체 피검자 중 16.67%, 일반렌즈였던 피검자는 4명으로 전체 피검자 중 13.33%으로 적게 분포하여 선호도가 낮았다. 따라서 흰색 바탕으로 작업 시 청광차단렌즈 착용 여부가 근거리 작업 시 불편함에 미치는 영향이 적음을 알 수 있었다.

반면 청광만 있는 파란색 바탕의 근거리 작업 시에는 청광차단렌즈 착용 시 불편함 점수가 가장 낮았던 피검자가 30명 중 16명으로 53.33%를 차지하여 절반 이상의 피검자들이 청광차단렌즈 착용 시 일반렌즈에 비해 불편함이 감소하여 선호도가 높은 것으로 나타났다. 다음으로 렌즈 종류에 차이가 없이 불편함 점수가 동일하였던 피검자는 13명으로 43.44%이었고, 일반렌즈 착용 시 불편함이 가장 적었던 피검자는 1명으로 가장 적게 분포하였다. 렌즈 선호도 비율을 분석한 결과 청광차단렌즈를 선호하거나 차이가 없는 경우의 비율이 유의확률 0.002로 높게 분포하였다. 청광차단렌즈를 선호한 16명 중 청광차단렌즈 종류에 관계없이 점수가 동일하였던 2명을 제외하고는 perfect UV 렌즈 7명, BB 렌즈 7명으로 동일한 비율로 나뉘어 청광차단렌즈 종류에 따라 개인의 선호도가 다를 수 있었다.

Leung 등^[22]의 연구에 의하면 한 달 간 청광차단렌즈 착용 후에 젊은 성인에서는 일반 렌즈와 청광차단렌즈에 대한 선호도가 비슷하였지만 중년 연령대에서는 청광차단렌즈에 대한 선호도가 유의하게 높은 것으로 나타나 착용 연령대에 대한 차이가 있었다. 본 연구는 젊은 성인들을 대상으로 실험을 실시하였으나 흰색 바탕과 파란색 바탕에서 렌즈 선호도의 차이가 발생하였다. 흰색 바탕의 경우 Leung 등^[22]의 연구 결과와 같았지만 파란색 바탕에서는 청광차단렌즈에 대한 선호도가 높은 것으로 나타나 중년 연령대가 아닌 젊은 성인에서도 청광 비율이 높은 환경에서는 청광차단렌즈의 선호도가 높아짐을 의미하는 결과로 볼 수 있다. 또한 유 등^[23]의 연구에서 광원의 청광 비율에 따라 동일한 청광차단렌즈를 사용하더라도 청광 차단율에 차이가 있다고 하였기 때문에 청광의 비율이 많았던

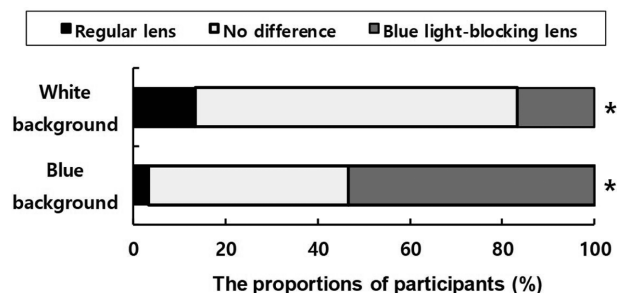


Fig. 6. Proportion of participants with different lens preferences. *p<0.05, significantly different by chi-square test

파란색 바탕에서 자각 증상 및 렌즈 선호도에서 청광차단 렌즈가 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 보인다. 하지만 청광차단렌즈를 선호한 피검자가 청광 차단율이 높은 렌즈를 모두 선호한 것이 아니었기 때문에 청광 비율이 높다고 청광 차단율도 높은 렌즈를 착용해야 하는 것은 아닌 것으로 판단되고 청광 차단율 외에도 개인이 느끼는 청광 차단 파장대에 대한 차이를 고려할 필요가 있음을 뒷받침하는 결과로 보인다.

결 론

본 연구에서는 디스플레이의 청광 비율을 달리한 흰색과 파란색 바탕에서 청광 차단 파장대와 차단율이 다른 세 종류의 렌즈를 착용하고 근거리 작업을 실시한 후 가독성 및 자각 증상의 변화를 통해 청광차단렌즈의 효과를 알아보고자 하였다.

가독성을 평균값으로 분석하였을 때에는 렌즈 종류에 의한 차이가 없었지만 개별 증감 정도를 분석하였을 때에는 파란색 바탕에서 작업 시에 청광 차단으로 인해 가독성이 증가하는 피검자가 흰색 바탕에 비해 증가하였다. 흰색 바탕에서는 청광차단렌즈 착용 시 자각 증상이 유발된 항목이 있었지만 렌즈 선호도 결과에서 일반렌즈와 청광차단렌즈의 차이가 없었던 경우가 유의하게 많아 청광 차단으로 인한 차이는 거의 없었다. 반면 청광 비율이 높은 파란색 바탕에서는 청광차단렌즈 착용 시에 자각 증상 변화가 작았고 청광차단렌즈 선호도도 높음을 확인하였다. 본 연구에서 사용된 청광차단렌즈는 근자외선 영역을 차단하는 perfect UV 렌즈보다 청광 영역 전체를 일부 차단하는 렌즈 BB 렌즈가 청광 차단율이 더 높았지만 청광 비율이 높은 작업 환경에서 청광차단렌즈를 선호했던 피검자들은 렌즈 선호도가 절반으로 나뉘었기 때문에 높은 비율의 청광 작업 환경과 청광차단렌즈의 차단율이 단순 비례관계에 있지는 않았다.

따라서 본 연구 결과를 통해 청광의 비율이 높은 작업 환경에서 청광차단렌즈의 사용이 자각 증상 유지에 도움이 되지만 렌즈 선호도가 작업 환경의 청광 비율과 청광차단렌즈의 청광 차단율에 비례하지는 않았기 때문에 청광 차단 파장대에 의한 영향도 있음을 예상해 볼 수 있었다. 개인에게 적절한 청광차단렌즈 처방을 위해서는 추후 착용자의 청광에 대한 민감도와 렌즈의 청광 차단 파장대 및 차단율의 관계에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

[1] NIA (National Information Society Agency, Korea). The

survey on internet overdependence, 2016. <https://www.seogwipo.go.kr/group/selfgoverning/infomation/archives.htm?act=view&seq=84005680>(17 February 2019).

- [2] Behar-Cohen F, Martinsons C, Viénot F, Zissis G, Barlier-Salsi A, Cesarini JP et al. Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risks for the eye? *Prog Retin Eye Res.* 2011;30(4):239-257.
- [3] Noell WK, Walker VS, Kang BS, Berman S. Retinal damage by light in rats. *Invest Ophthalmol.* 1996;5(5):450-473.
- [4] Wenzel A, Grimm C, Samardzija M, Remé CE. Molecular mechanisms of light-induced photoreceptor apoptosis and neuroprotection for retinal degeneration. *Prog Retin Eye Res.* 2005;24(2):275-306.
- [5] Wu J, Seregard S, Alverge PV. Photochemical damage of the retina. *Surv Ophthalmol.* 2006;51(5):461-481.
- [6] Taylor HR, Muñoz B, West S, Bressler NM, Bressler SB, Rosenthal FS. Visible light and risk of age-related macular degeneration. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1990;88:163-178.
- [7] Lee HS, Cui L, Li Y, Choi JS, Choi JH, Li Z et al. Influence of light emitting diode-derived blue light overexposure on mouse ocular surface. *PLoS One.* 2016;11(8):e0161041.
- [8] Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(5):502-515.
- [9] Rosenfield M. Computer vision syndrome (a.k.a. digital eye strain). *Optometry in Practice.* 2016;17(1):1-10.
- [10] Ide T, Toda I, Miki E, Tsubota K. Effect of blue light-reducing eye glasses on critical flicker frequency. *Asia Pac J Ophthalmol.* 2015;4(2):80-85.
- [11] Lin JB, Gerratt BW, Bassi CJ, Apte RS. Short-wavelength light-blocking eyeglasses attenuate symptoms of eye fatigue. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58(1):442-447.
- [12] Kim HJ, Gong H, Park M, Kim SR. The effect of blue-light blocking ophthalmic lenses on legibility and fatigue during near work with a smartpad. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):81-88.
- [13] Palavets T, Rosenfield M. Blue-blocking filters and digital eyestrain. *Optom Vis Sci.* 2019;96(1):48-54.
- [14] Dongjin semichem. A film absorbing blue light. Korea Patent 1020170029396, 2017.
- [15] Kim J, Kang MA, Kim JH, Shin JC, Kim SR, Park M. Effect of blue light-blocking lens on accommodative function during near work with different background colors using a smart device. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018; 23(4):441-451.
- [16] Chemiglas. Functional glasses lens having fuction of blocking UV light and blue light. Korea Patent 1016129400000, 2016.
- [17] Chemiglas. Blue-light blocking lens and its manufacturing method. Korea Patent 1015401140000, 2015.
- [18] Kim J, Song SH, Kim JM, Kim SR, Park M. Correlation of subjective symptom and reading speed after reading paper book and e-book using tablet PC. *J Korean Oph-*

- thalmic Opt Soc. 2018;23(2):151-161.
- [19] Sheppard AL, Wolffsohn JS. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol.* 2018;3(1):e000146.
- [20] Dai Q, Uchiyama Y, Lee S, Shimomura Y, Katsuura T. Effect of quantity and intensity of pulsed light on human non-visual physiological responses. *J Physiol Anthropol.* 2017;36(1):22.
- [21] Viola AU, James LM, Schlangen LJ, Dijk DJ. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Environ Health.* 2008;34(4):297-306.
- [22] Leung TW, Li RW, Kee C. Blue-light filtering spectacle lenses: optical and clinical performances. *PLoS One.* 2017;12(1):e0169114.
- [23] Yu YG, Choi EJ. A study on blue light blocking performance and prescription for blue light blocking lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(3):297-304.

스마트 기기로 바탕색이 다른 근거리작업 시 청광차단렌즈가 가독성 및 자각 증상에 미치는 영향

김지혜¹, 엄하연¹, 조은지¹, 김소라², 박미정^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2019년 2월 19일), 수정일(2019년 3월 5일), 게재확정일(2019년 3월 8일)

목적: 본 연구에서는 청광 비율이 다른 흰색과 파란색 바탕에서 근거리 작업 시 청광 차단 파장대와 차단율이 다른 종류의 렌즈를 착용하였을 때 가독성 및 자각 증상 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 남녀 30명을 대상으로 굴절 이상을 시험렌즈 테로 교정하였다. 일반렌즈와 청광차단렌즈 2종을 장입한 후 10분 동안 흰색과 파란색 배경의 디스플레이로 읽기 작업을 실시하였다. 읽기 속도, 읽은 페이지 수, 자각 증상을 측정하였고, 착용한 렌즈의 선호도를 분석하였다. **결과:** 배경색과 착용 렌즈에 의한 가독성의 차이가 크지 않았지만 청광 차단으로 인해 가독성이 증가하는 피검자 수가 흰색 바탕에 비해 파란색 바탕에서 증가하였다. 청광 비율이 낮은 흰색 배경은 청광 차단렌즈 착용으로 인해 전신 증상과 안 증상에서 증상이 악화되는 경우가 있었지만 렌즈에 대한 선호도에 차이가 없었다. 청광 비율이 높은 파란색 배경은 청광차단렌즈 착용 시 안 증상의 유지 효과가 있었고, 절반 이상이 청광차단렌즈를 선호하였다. 선호하는 청광차단렌즈의 종류는 청광 차단율과 비례하지 않았다. **결론:** 본 연구결과, 디스플레이의 청광 비율이 높은 조건에서 청광차단렌즈 착용은 자각 증상의 유지에 도움이 되었지만 청광 차단 파장대와 차단율에 따른 렌즈 선호도의 차이가 있었다.

주제어: 청광, 청광차단렌즈, 가독성, 자각 증상, 렌즈 선호도