

The Effect of Blue-light Blocking Ophthalmic Lenses on Legibility and Fatigue during Near work with a Smartpad

Hyun Jin Kim, Hyeon-ung Kong, Mijung Park, and So Ra Kim*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
(Received February 12, 2017; Revised March 11, 2017; Accepted March 17, 2017)

Purpose: This study aimed to investigate the effect of blue-light blocking ophthalmic lenses on legibility and fatigue during near work with a smartpad. **Methods:** Twenty-two subjects, who had a binocular vision of 0.8 or greater and no ocular disease, were asked to use a smartpad for 10 minutes after overlaying two kinds of blue-light blocking lenses (BRC and BB lens) and a plano lens on a trial lens frame. Before and after reading, non-invasive tear break up time (NIBUT) and their fatigue were respectively measured, and the clinical effect of blue-light blocking lenses were analyzed by estimating reading speed and recovery time of tear film after reading. **Results:** Under the dark light, relatively lower NIBUT was shown in the case of blue-light blocking lenses compared to it with a plano lens during a display work with a smartpad. As a result of recovery time of tear film after reading, the rate showed a tendency to be faster in the order of the BB > plano > BRC lens under the bright condition however, the rate was shown to be faster in the order of the BRC > plano > BB lens under the dark condition. In the subjective symptoms questionnaire, general symptoms showed a tendency to be higher with wearing the blue-light blocking lenses than plano lens however, ocular symptoms were lower under bright illumination when using a BRC lens. **Conclusions:** From the results of this study, blue-light blocking lenses show the effect on the recovery rate of tear film and the reduction of subjective ocular symptoms after a display work; however, the degree varies depending on the illumination conditions. Therefore, it is suggested to select an appropriate blue-light blocking lens according to the working conditions in order to reduce the eye fatigue during the display work.

Key words: Blue-light blocking ophthalmic lenses, Smartpad, Legibility, Reading speed, NIBUT, Recovery time of tear film, Fatigue

서 론

한국인터넷진흥원에서 실시한 ‘2015년 인터넷 이용 실태 조사’에 따르면 6세 이상 인구의 82.6%가 스마트폰, 스마트패드 및 웨어러블 기기를 통칭하는 스마트기기를 보유하는 것으로 조사되었는데, 이 중 50대 이상 연령층의 스마트기기 보유율을 2013년도의 조사결과와 비교하여 보면 50대는 63.2%에서 89.9%로, 60대는 24.1%에서 57.6%, 70대는 4.2%에서 16.0%로 크게 증가하였음을 확인할 수 있다.^[1] 스마트기기의 사용이 늘어나면서 이로 인한 피로, 불편증 등의 불편함을 호소하는 경우 또한 증가하게 되었다. 스마트기기의 이용 시에는 다른 근거리 작업 시와는 달리 디스플레이에서 나오는 청광에 안구가 노출되는데 이의 위험성에 대한 기사가 최근 인터넷, 신문 및 방송매체를 통해 보도되면서 청광차단이 주목받게 되었다.

망막의 시세포에 도달하는 380 nm~780 nm의 파장 범위의 가시광선 중 460 nm 파장 대의 광선인 청광은 자외선 파장에 근접해 있어서 눈 건강을 해치는 요인이 될 가능성이 있다. 실제로 청광에 장시간 노출되면 시력저하, 눈부심 등과 함께 안구 피로를 느끼게 되며,^[2] 수면이 방해되고 집중력 저하가 유발되기도 한다.^[3] 또한 청광은 백색광이나 녹색광과 비교 시 더 많은 활성산소를 발생시켜 산화스트레스로 인한 세포손상을 야기하는데,^[4] 특히 망막의 광수용체 세포 중 명세포와 색각세포의 기능을 담당하는 원뿔세포의 손상이 더 큰 것으로 밝혀졌다.^[5] 이외에도 광수용체 세포의 외핵층 두께를 감소시키는 등,^[6] 안세포에 여러 악영향을 가져오는 것으로 보고되고 있으며 이로 인해 여러 국가에서 문제시되고 있는 노인성 황반변성의 발병을 촉진하는 것으로 여겨지고 있다.^[7] 안과학적 위험도를 고려한 미국, 유럽 등의 표준에 따르면 청광과 같은 단

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2016년도 한국안광학회 동계학술대회에서 발표되었음.

파장 가시광선의 안과학적 위험도는 435~440 nm에서 가장 크며 500~550 nm에서도 어느 정도의 위험성이 있는 것으로 나타났다.^[8-10]

이에 스마트기기 또는 디스플레이 관련 업체에서는 청광을 기기에서 자체적으로 조절할 수 있는 기능을 채택하거나, 청광차단 어플리케이션의 작동이 구현되도록 하는 등 이러한 추세에 대응하고 있다. 반면, 안경업계에서는 컴퓨터 작업을 많이 하는 직장인이나 스마트폰을 많이 사용하는 사람들을 대상으로 청광으로 인한 부작용 예방과 작업피로 경감효과의 목적으로 청광차단 안경렌즈(이하 청광차단렌즈)의 사용을 추천하고 있다. 청광과 관련된 최근 연구동향을 살펴보면 유해성에 관한 연구^[4]는 많은 편이나 청광차단렌즈의 임상효과에 대한 연구는 미비한 실정으로 김 등은 청광차단렌즈의 성능평가와 임상평가가 미비한 상태에서 사용되고 있다고 지적한 바 있다.^[11]

이에 본 연구에서는 청광차단렌즈를 사용하고 스마트기기를 이용한 작업을 할 경우 가독성 및 피로도 변화에 대해 알아봄으로써 실제 생활에서의 임상효과에 대한 평가를 시행하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구에 동의하며 안질환 및 안과적 수술경험이 없고 사시, 약시가 없으며 양안시가 가능한 단안 및 양안 교정시력 0.8 이상인 만 19세에서 32세(평균 만 23.2±3.1세)의 성인남녀 22명(남 16명, 여 6명)을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 평균 굴절이상도는 -4.11 ± 2.06 D이었으며, 교정도수는 양안개방형 자동굴절계(NVision-K 5001, Shin-Nippon, Japan)와 포토퍼(PDR-7000, POTEC, Korea)를 이용하여 검사한 후 결정하였다.

2. 연구조건

본 연구에 사용된 스마트패드는 LED 백라이트 방식의 TFT-LCD 디스플레이를 채택한 iPad mini 2(iPad mini 2, Apple Inc, USA)로 디스플레이의 크기는 7.9인치, 해상도는 2048×1536, 최대 밝기에서의 휘도는 500 cd/m²이었다. 가독성(legibility) 측정을 위해 사용된 텍스트는 소설 어린왕자로부터 추출하여 특수기호를 제거하고(. ? ! “ 등) Microsoft Excel 프로그램의 rand 함수를 사용하여 문장 순서를 무작위로 배열하였으며, 용지크기 1193×1593 mm², 행간 150%, 굴림체, 글자 크기 2.8 mm, 페이지 당 글자수는 650자가 되도록 구성하였다.^[12,13] 이상의 조건으로 생성된 텍스트 파일을 PDF로 저장한 후 디스플레이 작업 시에는 ibooks 어플리케이션을 이용하여 독서하게 하였다.

디스플레이 화면의 휘도는 글씨 없는 흰 바탕을 기준으로 289.5 cd/m²이 되도록 설정하였다.^[14] 실험실 환경의 경우, 조도는 밝은 조건일 때 550 lux, 어두운 조건일 때 10 lux로 설정하였으며, 항온항습기(SVU-30M, Bumyang Air Conditioning, Korea)를 이용하여 실내온도는 21±1°C, 습도는 50±10%로 유지되도록 하였다. 스마트패드의 화면각도는 105°로 설정하였으며, 연구대상자가 텍스트를 보는 거리는 50 cm가 유지되도록 하였다.

3. 연구방법

시험테에 연구대상자의 교정도수를 장입하고 plano 렌즈, BRC 렌즈(CHEMI BRC, CHEMIGLAS, Korea) 또는 BB 렌즈(CHEMI BB, CHEMIGLAS, Korea)를 덧댄하였다. 실험 시작 전 대상자에게 각각의 연구환경 조건에 10분 동안 적응하도록 하였으며, 눈물막과피시간(NIBUT) 측정 및 자각증상 설문은 한 후, 10분 동안 텍스트를 소리 내어 읽게 하였다. 읽기작업 후에는 NIBUT와 설문조사를 실시하고 읽은 글자 수를 기록하였고 이후 눈물막 회복정도를 평가하기 위해 NIBUT를 10분 단위로 측정하였다. 독서 시 사용한 텍스트 파일은 조도 환경과 렌즈 종류의 조합에 달라질 때마다 무작위로 선택하였으며, 각각의 조건에 따라 대상자가 텍스트에 적응하고 집중도를 유지하도록 하기 위해 1/4페이지 분량의 텍스트를 한번 읽은 후 실험을 시작하도록 하였다.^[15] 한 연구조건의 실험이 종료된 후 대상자가 최소 30분 이상 휴식을 취하도록 하였으며, 피로도 누적을 피하기 위해 하루 최대 2회까지만 실험을 진행하였다.

1) 청광차단렌즈

실험에 이용한 청광차단렌즈는 AR 코팅방식에 발산방식을 더해 일부는 방지, 일부는 발산시키는 렌즈인 BB 렌즈와,^[16] AR 코팅방식만을 통해 단파장 영역의 빛의 반사시켜 청광을 차단하는 BRC 렌즈이었다.^[17] 각각 렌즈의

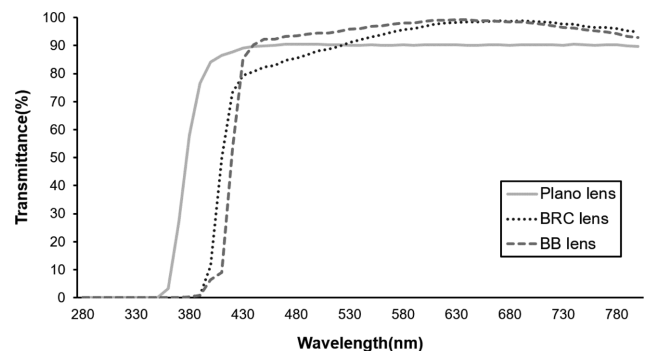


Fig. 1. The comparison of spectral transmittance curves of three ophthalmic lenses.

Table 1. The spectral transmittance of three ophthalmic lenses according to the characteristics of wavelength

Lens type	Transmittance(%)		
	Visible light (380~780 nm)	Blue range (380~500 nm)	Visible light except blue range (500~780 nm)
Plano	88.7	85.6	90.2
BRC	85.4	62.9	95.9
BB	86.0	61.9	97.2

Table 2. Colorimetric and photometric characteristics of TFT-LCD display overlaid with three ophthalmic lenses

Lens type	CIE x	CIE y	Luminance (cd/m ²)
TFT-LCD display	0.2987	0.3161	289.5
Plano	0.2993	0.3170	268.7
BRC	0.3110	0.3298	270.3
BB	0.3039	0.3215	280.4

광투과율은 UV-VIS 분광광도계(Mega Array, SCINCO, Korea)를 사용하여 측정하였다(Fig. 1), (Table 1). 색 좌표는 색이 없는 흰색 배경을 기준으로 스마트패드의 휘도가 289.5 cd/m²일 때 plano 렌즈 및 청광차단렌즈를 대고 Display Color Analyzer(CA-310, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다(Table 2).

2) 눈물막파괴시간(NIBUT, Non-invasive break-up time) 측정

수동 각막곡률계(OM-4, Topcon, Japan)를 사용하여 NIBUT를 측정함으로 눈 피로를 유발하는 안구건조증상의 객관적 지표^[18]로 활용하였다. NIBUT 측정 전 대상자에게 3번 완전순목하게 한 후 각막형상에 반사된 마이어상이 찌그러질 때 또는 피검자가 순목할 때까지의 시간을 각각 5번씩 측정한 후 평균값을 사용하였다.^[19]

3) 독서속도

연구대상자에게 주어진 텍스트를 각각의 실험 조건에 따라 10분간 소리 내어 읽게 한 후 한 장당 걸린 독서 시간을 측정하여 가독성(legibility)을 평가하였다. 단, 독서 종료 시 마지막 장을 완료하지 못하였을 경우 그 장은 분석에서 제외하였다.

4) 자각증상 평가

자각증상 설문지로는 전신 피로 증상 8가지, 안 피로 증상 5가지로 총 13가지 항목으로 구성되어 있는 VRSQ

Table 3. Virtual reality symptom questionnaire

General subjective symptoms	Ocular subjective symptoms
General discomfort	Tired eyes
Fatigue	Sore/aching eyes
Boredom	Eyestrain
Drowsiness	Blurred vision
Headache	Difficulty focusing
Dizziness	
Difficulty concentrating	
Nausea	

(virtual reality symptom questionnaire)를 사용하였다(Table 3).^[20] 각 설문항목 당 0점은 증상 없음, 1~2점은 약한 증상, 3~4점은 보통의 증상, 5~6점은 심한 증상으로 답변하게 하여 대상자의 피로도를 평가하였다.

5) 눈물막 회복시간

텍스트를 읽고 난 후 NIBUT 측정이 끝난 상황으로부터 10분 후의 눈물막 회복시간을 측정하고 실험 전 NIBUT 값 대비 9/10 이상의 수치가 나올 경우를 눈물막 회복으로 간주하였다.^[19,21] 만약 회복이 되지 않았을 경우 매 10분 간격으로 실험 종료 후 30분까지의 NIBUT를 측정하고, 이 때 회복된 안 수를 기록하였다. 만약 30분이 지나도 NIBUT 값이 9/10 이상 회복되지 않을 경우는 30분 이상 소요로 표시하였다.

6) 통계처리

본 연구결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, SPSS version 18.0을 사용하여 분석하였다. 렌즈 간의 차이 및 조도환경 및 작업 전후 결과의 통계적 유의성은 반복측정 분산분석, paired-t test를 이용하여 분석하였으며 p-value가 p<0.05일 때 유의한 차이를 나타내는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 눈물막파괴시간

스마트패드의 디스플레이를 사용한 근거리 작업 전후 대상자의 NIBUT 변화는 작업 전과 후의 각각 조도별과 렌즈간의 비교에서는 통계적으로 유의하지 않은 차이를 나타내었다(Table 4). 그러나 동일 대상자의 작업 전후 NIBUT를 비교한 결과 모든 렌즈에서 작업 전 대비 작업 후의 NIBUT가 전체적으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 10 lux의 조건 하에서 BRC 렌즈 및 BB 렌즈 덧댐 후 디스플레이 작업 시에는 오히려 NIBUT가 유의하게 감소

Table 4. Change of NIBUTs according to lens type and illuminance condition

Illuminance	Lens type	NIBUT(s)	
		Before	After
Bright	Plano	9.73±4.74	9.14±4.23
	BRC	10.33±6.41	9.38±6.19
	BB	9.55±4.21	9.20±4.76
Dark	Plano	10.66±6.81	9.76±5.31
	BRC	10.07±5.14	8.34±3.92*
	BB	10.40±4.47	9.34±4.22*

Values are expressed as Mean±SD.

*Significantly different from the baseline value at p<0.05 by paired t-test.

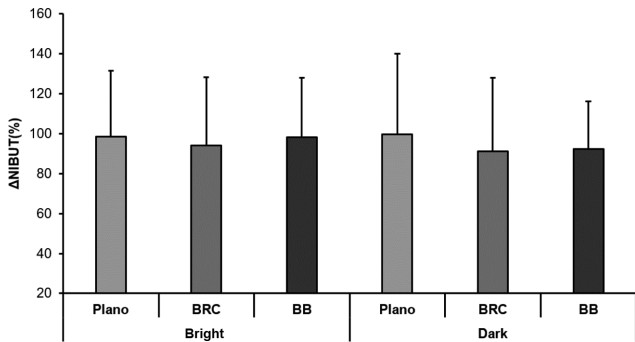


Fig. 2. Difference of relative NIBUTs according to lens type and illuminance condition.

하는 것으로 나타났다(BRC 렌즈, p=0.013; BB 렌즈, p=0.022 by paired t-test).

청광차단렌즈 사용에 따른 NIBUT의 증감률을 분석하기 위하여 작업 전 NIBUT를 100%로 하고 작업 후 NIBUT의 상대적인 변화를 백분율로 나타내어 비교하였다(Fig. 2). 밝은 조도 조건인 550 lux에서는 plano 렌즈 덧댐 시의 NIBUT는 작업 전 값의 98.4±33.2%를 나타내었으며, BRC 렌즈 덧댐 시에는 94.0±34.3%, BB 렌즈 덧댐 시에는 98.4±29.6%를 나타내었다. 어두운 조도인 10 lux에서는 plano 렌즈 덧댐 시에는 작업 전 NIBUT 값의 99.7±40.5%를, BRC 렌즈 덧댐 시에 91.3±36.7%를, BB 렌즈 덧댐 시에는 92.36±23.7%로 나타났다. 밝은 조도에 비해 어두운 조도에서 근거리 작업 후 청광차단렌즈 덧댐 시의 NIBUT가 감소 경향이 크게 나타났으며, 특히 어두운 조도에서의 청광차단렌즈의 착용은 근거리 작업 직후의 눈물막 안정성을 유지시키기 어려운 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 청광차단렌즈의 사용은 눈으로 들어오는 청광을 감소시키므로 스마트기기 작업 시의 피로도를 경감시켜줄 것이라 예상하였으나 피로도의 객관적 지표로

측정한 눈물막과피시간의 유지에는 별다른 효과를 나타내지 않았다. 이는 청광차단렌즈가 일반 안경렌즈에 비해 필요 이상의 조절 반응을 유발시켜 오히려 눈의 피로를 증가시킬 수 있다고 하는 김 등의 선행연구결과^[22]와 유사하였다.

2. 눈물막 회복시간

안구건조는 눈의 피로를 유발하는 대표적인 증상 중 하나이므로 독서 후 눈물막이 독서 전의 상태로 회복되는 정도를 알아보기 위해 실험종료 10분 후의 NIBUT를 측정하여 실험 전의 NIBUT 값과 비교하였다(Fig. 3).^[19,21] 실험종료 10분 후의 NIBUT는 밝은 조도일 때 plano 렌즈를 덧댄한 조건에서 9.82±4.90초, BRC 렌즈를 덧댄한 조건에서 9.62±3.81초, BB 렌즈를 덧댄한 조건에서 10.81±5.40초로 변화하였으며, BB 렌즈의 경우는 실험종료 10분 후의 NIBUT가 실험 전에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다(p=0.014 by paired t-test). 조도가 어두울 때 실험종료 10분 후의 NIBUT는 plano 렌즈를 덧댄한 조건에서 10.79±5.99초, BRC 렌즈를 덧댄한 조건에서 10.40±6.06초, BB 렌즈를 덧댄한 조건에서 9.73±4.96초로 변화하였으나, 실험 전 NIBUT와의 비교에서는 통계적인 유의성은 나타나지 않았다.

눈물막이 회복되는데 걸리는 시간을 알아보기 위하여 10분 간격으로 대상자의 눈물막과피시간을 측정하여 이를 독서 전의 수치와 비교하여 9/10 수준의 값을 보이는 경우의 안 수를 기록하였다(Table 5). Plano 렌즈 장입의 경우는 조도 조건에 따른 30분 이내 눈물막 회복안 수의 변화는 크지 않았다. 그러나 BB 렌즈를 덧댄하고 디스플레이 작업 후의 눈물막 회복시간은 550 lux의 조도에서 가장 빠른 것으로 나타났으며, 10 lux의 조도에서 가장 느린 것으로 나타났다. 반면, 550 lux의 조도에서는 BRC 렌즈를 덧댄하고 디스플레이 작업 후에는 30분 이내의 회복안 수가 적어 눈물막 회복시간이 느린 것으로 나타났고, 10 lux의 조도에서는 30분 이내의 회복안 수가 가장 많아 눈

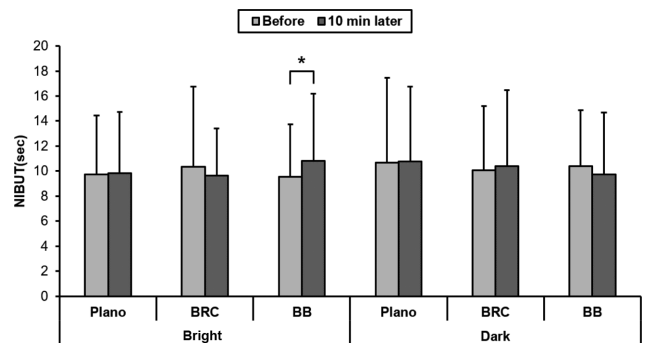


Fig. 3. Comparison of NIBUTs between before and 10 minutes later of the experiment according to lens type and illuminance condition.

Table 5. Recovery rate of tear film stability after reading with a smartpad according to lens type and illuminance condition

Illuminance	Lens type	No. of eye			
		10 min	20 min	30 min	> 30 min
Bright	Plano	30	9	2	3
	BRC	31	3	2	8
	BB	37	5	1	1
Dark	Plano	31	8	0	5
	BRC	33	7	4	0
	BB	27	8	4	5

물막 회복시간이 가장 빠른 것으로 나타났다. 실험에 사용된 BRC 렌즈와 BB 렌즈는 파장영역에 따른 광투과율은 비슷하지만 차단방식으로 인해 색 좌표의 차이가 있고, 이러한 차이가 조도에 따른 눈물막 회복에 다른 경향을 나타낸 것으로 보인다. 따라서 청광차단방식이 다른 렌즈가 디스플레이 작업 후 대상자의 눈물막 회복시간에 미치는 영향은 작업 시의 조도 조건에 따라 달라지는 것으로 판단할 수 있었다.

3. 독서속도

청광차단렌즈 사용이 가독성에 미치는 영향은 10분 동안의 독서 시 페이지 당 소요되는 시간을 측정함으로써 알아보았다(Fig. 4). 가독성은 텍스트를 얼마나 쉽고 빠르

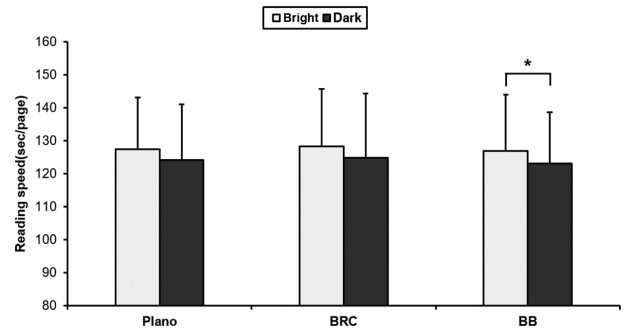


Fig. 4. The comparison of reading speed according to lens type and illuminance condition.

게 읽는지에 대한 척도로 문장 디자인적 측면에서의 가독성을 의미하는 ‘readability’와 글자 한 자 한 자에 대한 가독성을 뜻하는 ‘legibility’ 2가지로 나눌 수 있는데 본 연구에서는 텍스트에 대한 이해보다는 낱자의 형태를 얼마나 쉽고 빠르게 인지하는지 평가하기 위하여 ‘legibility’를 선택하였다.^[23] 다양한 가독성 평가법 중 신뢰성과 타당성이 가장 높은 것으로 알려져 있으며, 소리내어 읽기, 소리 없이 읽기, 교정하며 읽기 등 연구자가 목적에 맞게 부가적으로 측정이 가능한 것으로 알려진^[24-27] 독서속도 측정법을 선택하여 가독성을 평가하였다.

밝은 조도인 550 lux에서 장당 독서속도는 plano 렌즈 덧댐 시에는 127.44±15.69초로 측정되었으며, BRC 렌즈 덧댐 시에는 128.36±17.43초, BB 렌즈 덧댐 시에 126.89±17.17초로 각각 측정되었다. 어두운 조도인 10 lux에서의 장당 독서속도는 plano 렌즈 덧댐 시에는 124.26±16.77초, BRC

Table 6. Change of general and ocular subjective symptoms score according to lens type and illuminance condition

Illuminance	Subjective symptoms	Lens type	Score		P-value
			Before	After	
Bright	General	Plano	4.55±4.75	6.05±5.02*	0.005*
		BRC	3.36±3.85	5.23±5.59*	0.018*
		BB	2.86±3.04	4.50±4.77*	0.041*
	Ocular	Plano	2.50±2.87	4.55±4.08*	0.001*
		BRC	2.36±3.17	3.95±5.10	0.050
		BB	1.50±2.44	3.27±3.35*	0.000*
Dark	General	Plano	4.50±5.68	5.59±5.33	0.059
		BRC	2.86±3.06	4.41±4.20*	0.002*
		BB	4.27±6.72	6.64±7.49*	0.008*
	Ocular	Plano	2.00±2.16	4.41±4.41*	0.010*
		BRC	1.91±2.04	3.32±3.64*	0.013*
		BB	2.36±3.80	4.50±4.44*	0.000*

Values are expressed as Mean±SD.

*Significantly different from the baseline value at p<0.05 by paired t-test.

렌즈 덧댐 시에 124.96 ± 19.39 초, BB 렌즈 덧댐 시에 123.15 ± 15.48 초로 나타났다. 밝은 조도 및 어두운 조도에서 렌즈 간의 독서속도는 통계적으로 유의하지 않은 차이를 나타내었으나, BB 렌즈 덧댐 시의 조도에 따른 장당 독서속도에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으므로 밝은 조도에 비해 어두운 조도에서 가독성에 유의한 효과를 나타내는 것으로 판단되었다($p=0.037$ by paired t-test). 이는 청광차단 인공수정체가 그렇지 않은 인공수정체에 비해 눈부심을 유의하게 감소시켜 준다는 선행연구결과와 비교하여 볼 때 본 연구에서도 어두운 조도 조건 하에서 청광차단렌즈 덧댐이 스마트패드의 디스플레이에서 나오는 빛에 의한 눈부심을 감소시켜 장당 독서속도가 약간 향상된 것으로 생각할 수 있겠다.^[28]

4. 자각증상 점수

스마트패드의 디스플레이를 이용한 근거리 작업 전후 자각증상 설문지를 시행하고 전신증상과 안증상을 분류하여 실제로 대상자가 느끼는 자각증상의 차이를 분석하고자 하였다(Table 6). 작업 전후의 조도별과 렌즈 간 자각증상의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 작업 전후 자각증상의 점수의 변화를 분석하여 보면, 전신증상의 경우는 어두운 조도 조건에서 plano 렌즈 덧댐 시, 안증상의 경우는 밝은 조도 조건에서 BRC 렌즈 덧댐 시에는 디스플레이 작업에 따른 자각증상의 변화가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 어두운 조도 조건에서의 청광차단렌즈의 사용은 전신증상에는 오히려 부정적으로 작용함을 의미하며, 밝은 조도 조건에서의 BRC 렌즈 덧댐은 안증상의 증가를 억제함을 의미한다.

각 실험조건에서 실험 전후의 전신 및 안증상의 상대적인 변화를 비교하기 위해 전신 및 안증상의 전후차이 값을 설문항목 수로 나누어 분석하였다(Fig. 5). 밝은 조도 조건 하에서 plano 렌즈를 덧댄 경우는 전신 및 안증상의 실험 전후 평균점수 차이가 각각 0.19 ± 0.28 점 및

0.41 ± 0.49 점으로 나타난 반면, BRC 렌즈의 경우는 순서대로 각각 0.22 ± 0.39 점 및 0.19 ± 0.63 점으로 나타났으며, BB 렌즈의 덧댐 시에는 순서대로 각각 0.20 ± 0.44 점 및 0.35 ± 0.39 점으로 나타났다. 즉, 밝은 조도 조건에서는 plano 렌즈 덧댐 시에는 작업 후 안증상의 점수가 전신증상의 점수보다 통계적으로 유의하게 높게 변화한 반면($p=0.020$ by paired t-test), 청광차단렌즈 덧댐 시에는 작업 후 안증상의 점수 차이가 plano 렌즈보다 적게 나타났을 뿐만 아니라 실험 전후 값의 차이 또한 통계적으로 유의하지 않았으므로 청광차단렌즈의 사용이 전신증상보다 자각적인 안증상의 증가를 억제하는 것으로 판단할 수 있다. 어두운 조도 조건 하에서는 plano 렌즈 덧댐 시에는 전신 및 안증상의 실험 전후 평균점수 차이가 각각 0.14 ± 0.32 점 및 0.48 ± 0.79 점으로 통계적으로 유의($p=0.018$ by paired t-test)하게 나타났던 반면, BRC 렌즈 덧댐의 경우는 순서대로 각각 0.19 ± 0.26 점 및 0.28 ± 0.48 점으로, BB 렌즈 덧댐의 경우는 각각 0.30 ± 0.47 점 및 0.43 ± 0.43 점으로 나타났다. 즉, 어두운 조도 조건 하에서도 밝은 조도 조건 하에서와 마찬가지로 청광차단렌즈의 사용은 디스플레이 작업으로 인한 전신증상의 증가 대비 자각적인 안증상의 증가억제에 긍정적인 효과가 있는 것으로 판단되었다. 이는 20-30 대에게 청광차단렌즈를 착용시키고 컴퓨터 게임을 시킨 후 시각적인 피로도에 대해 설문한 결과 청광차단렌즈의 사용은 눈의 피로를 감소시켜 줄 수 있다는 선행연구결과와 일치하는 결과이다.^[29] 또한 청광차단렌즈의 사용이 불면증의 치료에 도움을 준다는 보고^[30]가 있으므로 본 연구에서는 근거리 작업 직후 객관적인 피로도의 개선 효과는 미미하게 나타났으나 장기 사용의 경우에는 객관적인 피로도 개선에도 긍정적인 효과를 가져올 가능성을 배제할 수 없다.

결론

본 연구에서는 특수코팅이 되어있지 않은 plano 렌즈 및 청광차단렌즈를 착용하고 스마트패드를 이용하여 10분간의 독서 작업 전후의 눈물막 파괴시간, 주관적 피로도 변화, 독서속도 및 독서 후의 눈물막 회복시간을 분석하여 청광차단렌즈의 효과를 임상적으로 분석하고자 하였다. 스마트패드의 디스플레이 작업 시 청광차단렌즈의 경우는 어두운 조도에서 plano 렌즈에 비해 다소 낮은 NIBUT를 나타내어 안구피로도의 주원인이 되는 건조감에는 별다른 효과가 없음을 알 수 있었다. 그러나 독서 후 눈물막 회복시간의 경우는 밝은 조도에서는 $BB > plano > BRC$ 렌즈의 순으로 빠른 회복속도를 나타내었고, 어두운 조도에서는 $BRC > plano > BB$ 렌즈 순의 회복속도를 나타내어 청

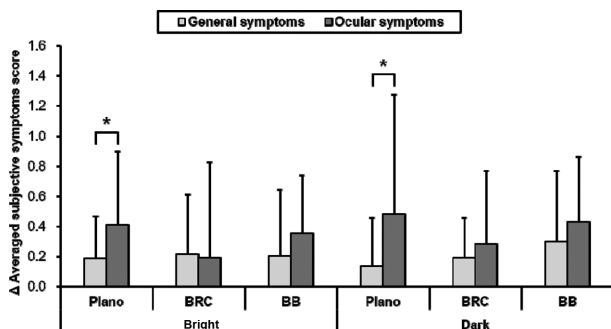


Fig. 5. Differences in averaged subjective symptoms score between before and after readings according to lens type and illuminance condition.

광차단렌즈가 안구피로의 회복에는 효과가 있는 것으로 판단되었다. 자각증상 설문에서는 청광차단렌즈의 사용 시 plano 렌즈에 비해 전신 증상은 높았으나, 안증상은 BRC 렌즈 사용 시 밝은 조도에서 낮게 나타났다. 따라서 본 연구 결과 청광차단렌즈는 디스플레이 작업 후 눈물막 회복속도나 자각적 안증상 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 조도 조건에 따라 그 정도는 달라지는 것으로 나타났다. 디스플레이 작업 시 나타나는 안구피로도의 경감을 위해서는 작업 환경에 따라 적절한 청광차단렌즈를 선택하여 사용할 것을 제안할 수 있겠다.

그러나 본 연구는 짧은 근거리 작업 시간과 상대적으로 높은 휘도의 디스플레이 조건에서 수행되어 얻은 제한적인 결과이므로 청광차단렌즈의 임상적 효능에 대한 결론을 도출하기 위하여서는 작업의 종류 및 시간과 디스플레이의 조건을 달리한 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 서울과학기술대학교 교내 학술연구비로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] KISA(Korea Internet & Security Agency). Announcement of Internet Usage Survey, 2015. <http://isis.kisa.or.kr/board/?pageId=070200&bbsId=3&itemId=886>(28 July 2016).
- [2] 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.
- [3] Lehl S, Gerstmeyer K, Jacob JH, Frieling H, Henkel AW, Meyrer R et al. Blue light improves cognitive performance. *J Neural Transm (Vienna).* 2007;114(4):457-460.
- [4] Kuse Y, Ogawa K, Tsuruma K, Shimazawa M, Hara H. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light. *Sci Rep.* 2014; 4:5223.
- [5] Kang S, Hong JE, Choi E, Lyu J. Blue-light induces the selective cell death of photoreceptors in mouse retina. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(1):69-76.
- [6] Wu J, Seregard S, Spångberg B, Oskarsson M, Chen E. Blue light induced apoptosis in rat retina. *Eye(Lond).* 1999;13:577-583.
- [7] Youssef PN, Sheibani N, Albert DM. Retinal light toxicity. *Eye(Lond).* 2011;25(1):1-14.
- [8] Tanito M, Okuno T, Ishiba Y, Ohira A. Transmission spectrums and retinal blue-light irradiance values of untinted and yellow-tinted intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(2):299-307.
- [9] Mainster MA, Turner PL. Blue-blocking IOLs decrease photoreception without providing significant photoprotection. *Surv Ophthalmol.* 2010;55(3):272-289.
- [10] Landers JA, Tamblyn D, Perriam D. Effect of a blue-light-blocking intraocular lens on the quality of sleep. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(1):83-88.
- [11] Kim CJ, Choi SW, Yang SJ, Oh SY, Choi EJ. Evaluation of blue-light blocking ratio and luminous transmittance of blue-light blocking lens based on international standard. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):135-143.
- [12] Wilkins AJ, Jeanes RJ, Pumfrey PD, Laskier M. Rate of Reading Test: its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1996;16(6):491-497.
- [13] Park KS, Ann SH, Kim CH, Park M, Lee SS. Computational science and its applications-ICCSA 2008: the effects of hangul font and character size on the readability in PDA. *Springer Berlin Heidelberg,* 2008;601-614.
- [14] Park JJ, Li HC, Kim SW. The effects of pixel density, sub-pixel structure, luminance, and illumination on legibility of smartphone. *Sci Emot Sensib.* 2014;17(3):3-14.
- [15] Wilkins AJ. Reading through colour: how coloured filters can reduce reading difficulty, eye strain, and headaches, 1st Ed. *John Wiley & Sons,* 2003;70.
- [16] CHEMIGLAS. CHEMI BRC, 2014. <http://www.chemilens.co.kr/product/sub14.asp>(03 December 2016).
- [17] CHEMIGLAS. CHEMI BB, 2014. <http://www.chemilens.co.kr/product/sub21.asp>(03 December 2016).
- [18] Suh YW, Kim KH, Kang SY, Kim SW, Oh JR, Kim HM et al. The objective methods to evaluate ocular fatigue associated with computer work. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2010;51(10):1327-1332.
- [19] Madden RK, Paugh JR, Wang C. Comparative study of two non-invasive tear film stability techniques. *Curr Eye Res.* 1994;13(4):263-269.
- [20] Ames SL, Wolffsohn JS, McBrien NA. The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display. *Optom Vis Sci.* 2005;82(3):168-176.
- [21] Kim MJ. Tear stability analysis system for assessment of soft contact lens and cosmetic soft contact lens. Master Thesis. Daebul University, Youngam. 2009;36-39.
- [22] Kim SA. The effect on accommodation and contrast sensitivity by cutting of blue light with short wavelength. Master Thesis. Kangwon National University, Chunchon. 2015;19-26.
- [23] Lee J. The legibility of hangul and the typography of ko.TEX. *The Asian Journal of TEX.* 2008;2(2):69-113.
- [24] Lee I, Mo SM, Kong YK, Song YW, Jung MC. Evaluation of main factors affecting on the legibility of one-syllable Korean characters and numbers. *J Ergon Soc Korea.* 2009;28(4):1-7.
- [25] Ahn YS, Kim YH, Moon CM. The comparison of the readability by web-text presentation patterns. *Korean Association for Educational Information and Broadcast-*

- ing. 2003;9(3):177-201.
- [26] Shin JH, Park MY. The influences of reading type, line length, and interlinear spacing on the legibility of Korean web documents. *J Korean Inst Ind Eng*. 2003;29(3):197-205.
- [27] Tai YC, Sheedy J, Hayes J. Effect of letter spacing on legibility, eye movements, and reading speed. *J Vis*. 2006; 6(6):994.
- [28] Gray R, Perkins SA, Suryakumar R, Neuman B, Maxwell WA. Reduced effect of glare disability on driving performance in patients with blue light-filtering intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(1):38-44.
- [29] Ide T, Toda I, Miki E, Tsubota K. Effect of Blue light-reducing eye glasses on critical flicker frequency. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2015;4(2):80-85.
- [30] Burkhart K, Phelps JR. Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial. *Chronobiol Int*. 2009;26(8):1602-1612.

청광차단 안경렌즈가 스마트패드를 이용한 근거리 작업 시 가독성 및 피로도에 미치는 영향

김현진, 공현웅, 박미정, 김소라*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2017년 02월 12일), 수정일(2017년 03월 11일), 게재확정일(2017년 03월 17일)

목적: 본 연구에서는 청광차단 안경렌즈가 스마트패드의 디스플레이를 이용한 근거리 작업 시 피로도와 가독성에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다. **방법:** 안질환이 없고 양안 시력이 0.8 이상인 남녀 22명을 대상으로 2종류의 청광차단 안경렌즈(BRC 및 BB 렌즈)와 plano 렌즈를 각각 실험테에 덧댄 후 10분 동안 스마트기기를 이용하여 독서하게 하였다. 독서 전후 대상자의 눈물막파괴시간(NIBUT) 및 피로도를 각각 측정하였으며, 독서속도 및 독서 후 눈물막 회복시간을 측정하여 청광차단렌즈 사용의 임상적인 효과를 분석하였다. **결과:** 스마트패드의 디스플레이 작업 시 청광차단렌즈의 경우는 어두운 조도에서 plano 렌즈에 비해 다소 낮은 NIBUT를 나타내었다. 독서 후 눈물막 회복시간의 경우는 밝은 조도에서는 BB > plano > BRC 렌즈의 순으로 빠른 회복속도를 나타내었던 반면, 어두운 조도에서는 BRC > plano > BB 렌즈 순의 회복속도를 나타내었다. 자각증상 설문에서는 청광차단렌즈의 사용 시 plano 렌즈에 비해 진신 증상은 높게 나타났으나, 안증상은 BRC 렌즈 사용 시 밝은 조도에서 낮게 나타났다. **결론:** 본 연구 결과 청광차단렌즈는 디스플레이 작업 후 눈물막 회복속도나 자각적 안증상 감소에 효과가 있는 것으로 나타났으나 조도 조건에 따라 그 정도는 달라지는 것으로 나타났다. 따라서 디스플레이 작업 시 나타나는 안구피로도의 경감을 위하여서는 작업 환경에 따라 적절한 청광차단렌즈를 선택하여 사용할 것을 제안한다.

주제어: 청광차단렌즈, 스마트패드, 가독성, 독서속도, 눈물막파괴시간, 눈물막 회복시간, 피로도