

Effect of Blue Light-Blocking Lens on Accommodative Function during Near Work with Different Background Colors using a Smart Device

Jihye Kim¹, Min A Kang¹, Ju Hee Kim¹, Jang Cheol Shin², So Ra Kim¹, and Mijung Park^{1,*}

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

²Dept. of Optometry, Busan Institute of Science and Technology, Busan 46639, Korea

(Received November 9, 2018; Revised November 28, 2018; Accepted December 7, 2018)

Purpose: In this study, we investigated the effect of blue light-blocking lenses on accommodative functional changes caused by chromatic aberration, with respect to near work, when participants operated smart devices with white or blue backgrounds. **Methods:** The subjects were asked to set the iPad's background to either white and blue and conduct near work for 10 minutes while wearing either non-blue light-blocking or blue light-blocking lenses (Perfect UV, BB). Accommodative function before and after near work was evaluated and analyzed. **Results:** Changes in accommodative function was not different when subjects wore either non-blue light-blocking or blue light-blocking lenses and performed near work using the iPad with the white background. The accommodative lag was unchanged for subjects with non-blue light-blocking lenses when they used the iPad with the blue background to perform near work; accommodative amplitude and accommodative lag were reduced in this group. However, wearing blue light-blocking lenses while operating the iPad with the blue background increased the accommodative lag and maintenance of accommodative amplitude and facility. Although there is a slight difference in the blocking rate of a certain wavelength range between two blue light blocking lenses, their effect on the accommodative function was not significantly different. **Conclusions:** Our study revealed that blue light, which has a shorter wavelength than white light with mixed wavelength, induced greater changes in accommodative function and that blue light-blocking lenses are effective in accommodative functional changes. This study provides visual functional evidence for changes in subjective symptoms related to blue light-blocking lens.

Key words: Chromatic aberration, Blue light-blocking lens, Accommodative amplitude, Accommodative facility, Accommodative lag

서 론

청광은 380~780 nm의 가시광선 영역 중에서도 약 380~500 nm의 단파장 영역으로 큰 분산성을 지니고 있어 망막의 앞쪽에 상이 맺혀 장파장의 빨간색에 비해 색수차를 크게 느끼고 강한 에너지를 가지고 있기 때문에 시신경을 자극하여 피로를 느끼게 하는 주된 광원이다.^[1] 청광의 높은 에너지에 장기간 노출되면 망막의 시세포가 광화학적 손상을 입어 시각기능의 저하가 유발되고 생체리듬, 수면시간 등 비시각적인 부분에도 상당한 영향을 줄 수 있어 청광의 유해성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.^[2,4] 그리고 스마트 기기의 광원인 LED(light emitting diode)에서 나오는 백색광은 R(red), G(green), B(blue) 세 종류의

파장이 혼합하여 만들어지며 LED 광원을 이용한 백색광은 청색 파장의 비율이 높은 것이 특징이다.^[5] 따라서 청광으로 인한 눈의 불편함을 해소하기 위해 스마트 기기의 청광을 차단하는 기능이 추가되었고, 청광의 유해성으로부터 눈을 보호하기 위한 목적으로 청광 차단 렌즈가 출시되었다. 청광 차단 렌즈를 장입한 상태에서 디스플레이 작업 후에 자각적 안증상이나 눈물막 안정성에 효과가 있었고, 청광 차단 렌즈가 눈의 피로를 줄여 줄 수 있다는 연구결과가 보고되어 청광 차단 렌즈의 효과를 확인할 수 있었다.^[6,7] 하지만 일부 연구에서는 청광 차단 정도에 따라 일반 렌즈와 차이가 없는 결과가 나타난 바 있어 청광 차단 렌즈의 효과에 대한 임상연구가 지속적으로 필요한 것으로 보인다.^[8,9]

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

본 논문의 일부내용은 2017년도 한국안광학회 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

색 파장에 의한 조절 자극은 가시광선이 혼합되어 나오는 백색광이 안구 내에 상을 맺는 초점의 위치에 따라 다르다. 약 440~680 nm 파장의 영역은 안구 내에서 약 1.75 D 간격으로 분산되어 망막 외에 비초점을 형성하게 되고^[10-13] 일반적으로 550~570 nm 파장이 망막에 초점을 맺는다.^[14] 이 때 앞쪽에 맺히는 단파장 청색광이 망막에 가깝게 초점을 맺을 경우 원시성 비초점이 형성되고, 뒤쪽에 맺히는 장파장 적색광이 망막에 가깝게 초점을 맺으면 근시성 비초점을 형성하게 되어^[13,15] 색수차의 초점 형성 위치에 따라 조절 반응이 다르게 나타난다.^[14,16,17] 이는 실제 일상생활에서 노출되는 빛의 파장대에 따라 색수차로 인한 조절반응이 달라질 수 있음을 의미하고 특히 청색 파장의 비율이 높은 환경에서는 조절 반응으로 인한 눈 피로의 원인이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 청광 차단 렌즈의 실제 임상 효과에 관련된 연구가 주로 자각증상과 관련되어 이루어져 왔고 실제 임상 효과에 대한 의견도 다양하기 때문에 청광 노출 환경의 변화를 주어 조절 기능 변화 분석을 통해 청광 차단 효과에 대한 시기능적 근거를 마련하고자 하였다. 따라서 가시광선이 혼합된 흰색 바탕의 근거리 작업과 파란색 단파장만 있는 파란색 바탕의 근거리 작업환경을 설정하여 노출 파장대가 다른 색자극이 안구 내 조절 반응에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고 청광 차단 렌즈를 장입한 상태에서 청광투과율의 감소로 인한 조절 기능 변화 양상을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 실험대상

안질환과 전신질환이 없고 안과적인 수술을 하지 않은 남녀 30명(남자 13명, 여자 17명, 19~28세)을 대상으로 하였고, 비정시안인 경우 굴절이상을 완전교정한 후 검사를 실시하였다. 대상자들의 굴절이상도는 Table 1과 같았다.

2. 실험조건

실험 전 피검자들에게 충분한 사전교육을 실시한 후 실험을 진행하였다. 피검자들의 원거리 굴절이상은 포뮬터(PDR-7000, Potec, Korea)를 사용해 완전 교정하였고, 본

Table 1. Classification of the participants

	Age (year)	23.5±2.42
Spherical (D)	Dominant eye	-2.89±2.93
	Non-dominant eye	-2.79±3.21
Cylindrical (D)	Dominant eye	-0.65±0.62
	Non-dominant eye	-0.75±0.91

실험에서는 시험렌즈 테에 교정 도수를 장입한 후 실시하였다. 본 연구에 사용된 렌즈들은 모두 1.60 고굴절 렌즈인 일반 투명 렌즈 한 종류(CHEMI HI HM, Chemiglas, Korea)와 청광 차단 렌즈 두 종류를 사용하였다. 사용된 두 종류의 청광 차단 렌즈는 400 nm의 파장을 99.9% 이상 차단하며 청광 영역인 단파장 영역을 약 30% 차단하는 Perfect UV 렌즈(CHEMI PERFECT-UV, Chemiglas, Korea)와 380~500 nm의 단파장 영역에서 일부는 방지시키고 일부는 발산시키는 BB 렌즈(CHEMI BB, Chemiglas, Korea)이었다(Fig. 1).^[18,19]

각 렌즈를 착용시킨 후 글자색이 검은색으로 동일하나 바탕색이 흰색과 파란색으로 다른 2가지 텍스트를 10분 동안 소리 내어 읽게 하였으며, 한 피검자 당 총 6번의 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 스마트 기기는 iPad mini 2(iPad mini 2, Apple Inc., USA)로 해상도 1,536×2,048, 디스플레이 크기는 7.9 인치로 최대 밝기에서의 휘도는 500 cd/m²이었다. 독서시의 어플리케이션은 ibooks를 사용하였다. 실험 조건은 김 등^[6]의 연구와 동일하게 설정하였으며 소설 어린왕자 속 문장을 발췌하여 무작위로 배열하였다. 실험 전 같은 형식의 짧은 pre-test를 읽게 하여 피검자가 적응하게 하였다. 스마트 기기에서 글자가 없는 흰 바탕의 휘도는 315.30 cd/m², 파란 바탕의 휘도는 22.09 cd/m²이었다(Fig. 2). 실험실의 조도는 566.50±6.08 lux, 테이블릿의 각도는 105°, 눈과의 거리는 50 cm로 설정하였다. 연속하여 실험할 때는 피검자의 근거리 작업을 제한하면서 30분간 휴식하게 하였고, 피검자의 피로도를 감안하여 하루에 3번 이하의 실험을 실시하였다. 소리 내어 읽기 전과 후에 조절 기능 평가를 위해 최대조절력, 조절용이성, 상대조절력, 조절래그 검사를 동일하게 반복하여 실시하였으며 독서 후 10분 내에 모든 검사를 마쳤다.

3. 검사 방법

1) 최대조절력 측정

시험렌즈 테에 원거리 굴절이상을 완전교정 한 후 Donder's push-up method를 사용하여 조절근점을 측정한다

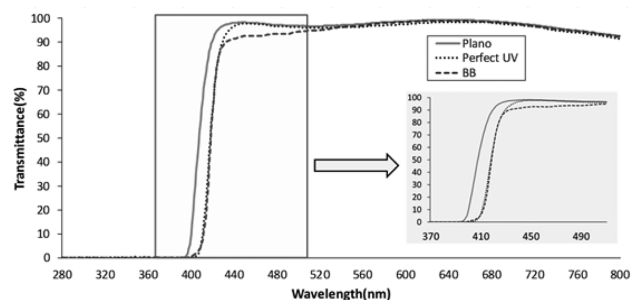


Fig. 1. Spectral transmittance curve of the three ophthalmic lenses.

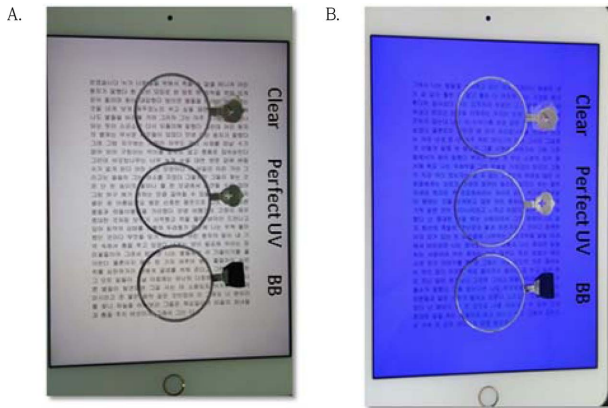


Fig. 2. Experimental condition of ebooks.
A. White background B. Blue background

후 디옵터(D)로 환산하였다.^[20] 단안과 양안을 총 3회 실시한 평균을 사용하였고, 단안은 우위안과 비우위안으로 분류하였다.

2) 조절용이성 측정

원거리 굴절이상을 완전 교정 한 후 40 cm의 거리에 근거리 0.7 시표를 주시하면서 ± 2.00 D의 플리퍼를 사용하여 +2.00 D 렌즈에서 시작하여 반대 방향의 -2.00 D로 렌즈를 뒤집어 다시 선명해질 때까지를 1 cpm으로 하여 1분 동안 시표를 선명하게 본 횟수를 측정하였다. 단안과 양안을 측정하였고 단안은 우위안과 비우위안으로 분류하였다.

3) 상대조절력 측정

포토퍼(PDR-7000, Potec, Korea)에 근거리 PD를 맞춘 뒤 0.7 시표를 주시하게 하여 처음 흐림이 나타난 지점까지 부가된 (+) 구면 굴절력은 음성상대조절력(NRA, negative relative accommodation), 처음 흐림이 나타날 때까지 부가된 (-) 구면 굴절력은 양성상대조절력(PRA, positive relative accommodation)으로 측정하였고 총 3회 실시한 평균을 사용하였다.

4) 조절래그 측정

포토퍼에 근거리 PD를 맞춘 상태에서 40 cm 거리에 MEM(monocular estimation method) card(WA18250, Welchallyn, USA)가 부착된 선조 검영기(REF18245, Welchallyn, USA)를 위치시키고 MEM 동적 검영법을 사용해 조절래그를 측정하였다.^[21] 구면렌즈를 부가하여 중화가 관찰되었을 때 부가된 양을 조절래그로 하였다.

4. 통계분석

실험 전후 렌즈 종류에 따른 조절 기능의 변화는

repeated measure ANOVA를 하였고, 실험 전과 각 렌즈별 차이는 paired-t test를 실시하였다. 조절 기능의 변화 양상 분포의 차이는 카이제곱 검정을 실시하였고, 모든 검정은 유의확률 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 최대조절력의 변화

실험 전 대상자들의 최대조절력은 우위안 13.84 ± 4.42 D, 비우위안 13.32 ± 4.51 D, 양안 15.44 ± 5.21 D로 나타났다 (Table 2, 3). 흰색 바탕의 조건에서 청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈와 청광 차단 렌즈인 perfect UV, BB 렌즈를 장입한 후 근거리 작업을 실시한 결과 세 종류의 렌즈 모두에서 우위안, 비우위안, 양안의 최대조절력은 실험 전과 유의한 차이가 없어 최대조절력의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다 (Table 2). 하지만 파란색 바탕의 조건에서는 청광 차단 유무에 따라 최대조절력 변화에 차이가 있었다 (Table 3). 청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈 장입 시 우위안은 약 1.36 D, 비우위안은 약 1.07 D, 양안은 약 1.33 D 감소한 것으로 나타났고 장입 전과 비교하여 우위안($p=0.000$), 비우위안($p=0.000$), 양안($p=0.003$) 모두 통계적으로 유의하게 감소하였다. 반면 파란색 바탕에서 청광 차단이 되는 perfect UV와 BB 렌즈 장입 시에는 실험 전에 비해 최대조절력이 감소하는 경향을 보이긴 하였지만 모두 통계적으로 유의한 변화는 아니었다 (Table 3).

개인별 최대조절력의 변화 양상을 분석하기 위해 근거리 작업 후 최대조절력이 ± 0.50 D 이내로 변화한 경우를 유지, +0.50 D를 초과하여 변한 경우를 증가, -0.50 D를 초과하여 변한 경우를 감소로 분류하여 최대조절력 변화 분포율을 카이제곱 검정을 실시하여 분석하였다 (Table 4). 흰색 바탕의 경우 plano 렌즈 장입 시 우위안에서는 감소가 약 43%로 가장 많이 분포하는 것으로 보였지만 카이제곱 검정결과 최대조절력의 증가, 감소, 유지 분포 정도에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 비우위안에서는 plano 렌즈 장입 시 감소 약 50%, 유지 약 37%, 증가 약 13%로 분포하였고 유의확률 0.045로 최대조절력 감소·유지 비율이 유의하게 높았다. 청광 차단 렌즈인 Perfect UV 렌즈와 BB 렌즈 장입 시에는 우위안 뿐만 아니라 비우위안에서도 변화 양상 분포에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 청광 차단 렌즈인 Perfect UV와 BB 렌즈 모두가 흰색 바탕의 비우위안에서의 최대조절력 변화 분포도에 plano 렌즈와는 다른 영향을 미치는 것으로 보아 청광 차단 렌즈가 최대조절력의 유지 혹은 증가의 영향을 준 것으로 판단된다. 양안의 최대조절력 변화는

Table 2. Changes in accommodative function after smart device work with the white background

Accommodative function		Before	Plano	Perfect UV	BB	p-value
Accommodative amplitude (D)	D	13.84±4.42	13.64±4.90	13.81±5.13	13.70±4.73	0.864
	ND	13.32±4.51	12.97±4.37	13.54±5.15	13.30±4.74	0.543
	OU	15.44±5.21	15.10±5.27	15.43±5.73	15.44±5.69	0.819
Accommodative facility (cpm)	D	18.60±8.09	17.27±8.21	18.63±8.72	18.68±8.85	0.354
	ND	18.48±8.53	17.38±8.37	19.20±8.99	18.82±8.52	0.246
	OU	15.05±6.22	13.98±5.64	15.65±7.48	16.15±7.44 ⁺	0.034 [*]
Relative accommodation (D)	NRA	2.43±0.55	2.46±0.66	2.46±0.54	2.55±0.58	0.264
	PRA	-2.68±1.61	-2.38±1.66 ⁺	-2.77±1.99	-2.77±2.19	0.153
Accommodative lag (D)	D	0.72±0.31	0.76±0.55	0.80±0.56	0.93±0.53 ⁺	0.186
	ND	0.83±0.34	0.87±0.78	0.96±0.50	0.87±0.55	0.119

*p<0.05, significant differences between lens types were analyzed by repeated measure ANOVA

⁺p<0.05, significant differences from the baseline were calculated by the paired t-test

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye, OU: Oculus uterque

Table 3. Changes in accommodative function after smart device work with the blue background

Accommodative function		Before	Plano	Perfect UV	BB	p-value
Accommodative amplitude (D)	D	13.84±4.42	12.48±4.38 ⁺	13.67±4.36	13.44±4.12	0.011 [*]
	ND	13.32±4.51	12.25±4.33 ⁺	13.12±4.22	13.17±4.19	0.027 [*]
	OU	15.44±5.21	14.11±4.73 ⁺	15.15±5.66	14.98±5.00	0.046 [*]
Accommodative facility (cpm)	D	18.60±8.09	17.55±8.12	18.15±8.79	19.25±10.28	0.301
	ND	18.48±8.53	16.83±8.24 ⁺	18.15±10.21	18.57±9.94	0.272
	OU	15.05±6.22	14.37±6.13	15.28±7.00	15.02±7.53	0.490
Relative accommodation (D)	NRA	2.43±0.55	2.45±0.66	2.47±0.73	2.55±0.65	0.503
	PRA	-2.68±1.61	-2.48±1.88	-2.57±2.11	-2.90±2.11	0.168
Accommodative lag (D)	D	0.72±0.31	0.84±0.56	0.96±0.41 ⁺	0.85±0.53	0.586
	ND	0.83±0.34	0.82±0.52	0.89±0.54	0.98±0.56 ⁺	0.212

*p<0.05, significant differences between lens types were analyzed by repeated measure ANOVA

⁺p<0.05, significantly differences from the baseline were calculated by the paired t-test

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye, OU: Oculus uterque, NRA: Negative relative accommodation, PRA: Positive relative accommodation

plano, perfect UV, BB 렌즈 모두 증가하는 피검자 비율이 통계적으로 유의하게 많게 나타나 청광 차단 유무에 따른 차이가 없음을 알 수 있었다(Table 4).

파란색 바탕에서는 plano 렌즈 장입 시 우위안에서 최대 조절력이 감소하는 피검자 수는 약 77%로 통계적으로 유의하게 높았다. 청광 차단 렌즈인 Perfect UV와 BB 렌즈 장입 시에 plano 렌즈에 비해 최대조절력의 유지 혹은 증가 비율이 상대적으로 높았다. 비우위안에서는 plano 렌즈 약 73%, BB 렌즈 약 57% 순으로 최대조절력이 감소한 비율이 통계적으로 유의하게 높았지만 Perfect UV 렌즈의 경우 상대적으로 감소 비율이 적게 나타나는 것으로 보아 plano와 BB 렌즈에 비해 최대조절력의 유지 혹은 증가시키는 것으로 나타났다. 파란색 바탕에서 근거리 작업시의

양안 최대조절력은 세 렌즈 모두 비슷한 양상을 보여 청광 차단 유무에 따른 차이가 없었다(Table 4).

2. 조절용이성의 변화

실험 전 조절용이성은 우위안 18.60±8.09 cpm, 비우위안 18.48±8.53 cpm, 양안 15.05±6.22 cpm 이었다(Table 2, 3). 청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈를 장입한 상태로 흰색 바탕의 근거리 작업 후 우위안, 비우위안은 실험 전에 비해 조절용이성이 감소하는 경향을 보이긴 하였지만 통계적으로 유의한 감소는 아니었다(Table 2). 파란색 바탕의 근거리 작업 후에도 우위안, 비우위안 및 양안 모두 조절용이성이 감소하는 경향을 보였고, 그 중 비우위안에서 plano 렌즈 장입 시 조절용이성이 유의하게 감소하였다

Table 4. Variations in accommodative amplitude based on smart device background color

Variation	White background			Blue background			
	Plano	Perfect UV	BB	Plano	Perfect UV	BB	
D	Decrease	13 (43.3)	10 (33.3)	15 (50.0)	23 (76.7)	14 (46.7)	10 (33.3)
	No change	9 (30.0)	11 (36.7)	5 (16.7)	5 (16.7)	8 (26.7)	13 (43.3)
	Increase	8 (26.7)	9 (30.0)	10 (33.3)	2 (6.7)	8 (26.7)	7 (23.3)
	χ^2	1.40	0.20	5.00	25.80	2.40	1.80
	P-value	0.497	0.905	0.082	0.000*	0.301	0.407
ND	Decrease	15 (50.0)	14 (47.7)	16 (53.3)	22 (73.3)	14 (46.7)	17 (56.7)
	No change	11 (37.7)	8 (26.7)	8 (26.7)	5 (16.7)	12 (40.0)	6 (20.0)
	Increase	4 (13.3)	8 (26.7)	6 (20.0)	3 (10.0)	4 (13.3)	7 (23.3)
	χ^2	6.20	2.40	5.60	21.80	5.60	7.40
	P-value	0.045*	0.301	0.061	0.000*	0.061	0.025*
OU	Decrease	5 (16.7)	4 (13.3)	6 (20.0)	9 (30.3)	6 (20.0)	6 (20.0)
	No change	5 (16.7)	7 (23.3)	5 (16.7)	7 (23.3)	10 (33.3)	9 (30.0)
	Increase	20 (66.7)	19 (63.3)	19 (63.3)	14 (46.7)	14 (46.7)	15 (50.0)
	χ^2	15.00	12.60	12.20	2.60	3.20	4.20
	P-value	0.001*	0.002*	0.002*	0.273	0.202	0.122

*p<0.05, significant differences were calculated by using the chi-square test
 D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye, OU: Oculus uterque

(p=0.045, Table 3). 청광 차단 렌즈인 BB 렌즈 장입 후 흰색 바탕에서의 근거리 작업 후에는 양안 조절용이성이 유의하게 증가하였고(p=0.045), 파란색 바탕에서는 실험 전과 차이가 없는 것으로 나타나 청광 차단 여부에 따라 조절용이성에 차이가 있음을 알 수 있었다.

개인별 조절용이성의 변화 양상을 분석하기 위해 조절용이성이 ±0.50 cpm 이내로 변화한 경우를 조절용이성 유지, +0.50 cpm을 초과하여 변화한 경우를 증가, -0.50 cpm을 초과하여 변화한 경우를 감소로 분류하여 분포율을 카이제곱 검정을 통해 분석하였다(Table 5). 실험 전 후 조절용이성의 차이가 없었던 plano 렌즈를 장입한 흰색 바탕 근거리 작업에서 우위안은 조절용이성의 감소, 유지, 증가가 통계적으로 유의한 차이가 없이 비슷한 분포를 보였으며 이는 우위안의 조절용이성 변화 양상이 다양함을 의미하였다. 비우위안은 감소 약 53%, 유지 약 10%로 통계적으로 유의하게 감소되는 비율이 많았다. 양안의 조절용이성 또한 감소 비율이 약 60%로 통계적으로 유의하게 감소 비율이 높았다. 조절용이성 평균값 분석에서는 차이가 나타나지 않았지만 실제 plano 렌즈 장입 시 조절용이성이 감소하는 피검자의 비율이 높음을 알 수 있었다. 청광 차단 렌즈인 Perfect UV 렌즈 장입 시에는 우위안, 비우위안, 양안 모두 조절용이성의 증가, 감소, 유지 분포도에 차이

가 없었으나, BB 렌즈 장입 시에는 조절용이성 증가 비율이 우위안 57%, 양안 63%로 통계적으로 유의하게 높은 분포율을 보여 청광 차단 렌즈인 BB 렌즈 장입 시에는 조절용이성이 증가하는 양상이 많은 것을 알 수 있었다(Table 5).

청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈가 장입된 상태로 파란색 바탕에서의 근거리 작업 후 조절용이성이 우위안에서는 감소 약 63%, 유지 약 7%, 비우위안에서는 감소 약 53%, 유지 약 10%로 감소하는 경우가 절대적으로 높았으며 통계적으로 유의미한 분포율의 차이였다. Perfect UV 렌즈를 장입한 경우에는 우위안, 비우위안, 양안 모두 감소 비율이 다소 높았지만 통계적으로 감소, 유지, 증가 비율의 차이는 없었다. BB 렌즈 장입 후의 조절용이성은 우위안에서 유지가 약 13%로 유의하게 낮았고 비우위안과 양안은 통계적으로 유의하지 않은 감소, 유지, 증가 분포였다. 파란색 바탕에서의 근거리 작업 시 청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈가 장입된 경우에는 조절용이성이 감소하는 비율이 높았으나, Perfect UV 렌즈가 장입된 경우에는 조절용이성의 감소, 유지, 증가 분포가 비슷하였으며 BB 렌즈 장입 후에는 증가가 많은 것으로 나타나 청광 차단 렌즈가 조절용이성을 증가시키는 방향으로 영향을 미쳤음을 알 수 있었다(Table 5).

Table 5. Variations in accommodative facility based on smart device background color

Variation	White background			Blue background			
	Plano	Perfect UV	BB	Plano	Perfect UV	BB	
D	Decrease	13 (43.3)	13 (43.3)	10 (33.3)	19 (63.3)	16 (53.3)	13 (43.3)
	No change	8 (26.7)	4 (13.3)	3 (10.0)	2 (6.7)	6 (20.0)	4 (13.3)
	Increase	9 (30.0)	13 (43.3)	17 (56.7)	9 (30.0)	8 (26.7)	14 (46.7)
	χ^2	1.40	5.40	9.80	14.60	5.60	7.40
	P-value	0.497	0.067	0.007*	0.001*	0.061	0.025*
ND	Decrease	16 (53.3)	10 (33.3)	12 (40.0)	16 (53.3)	16 (53.3)	11 (36.7)
	No change	3 (10.0)	5 (16.7)	4 (13.3)	3 (10.0)	6 (20.0)	5 (16.7)
	Increase	11 (36.7)	15 (50.0)	14 (46.7)	11 (36.7)	8 (26.7)	14 (46.7)
	χ^2	8.60	5.00	5.60	8.60	5.60	4.20
	P-value	0.014*	0.082	0.061	0.014*	0.061	0.122
OU	Decrease	18 (60.0)	10 (33.3)	8 (26.7)	15 (50.0)	13 (43.3)	12 (40.0)
	No change	6 (20.0)	7 (23.3)	3 (10.0)	5 (16.7)	8 (26.7)	5 (16.7)
	Increase	6 (20.0)	13 (43.3)	19 (63.3)	10 (33.3)	9 (30.0)	13 (43.3)
	χ^2	9.60	1.80	13.40	5.00	1.40	3.80
	P-value	0.008*	0.407	0.001*	0.082	0.497	0.150

*p<0.05, significant differences were calculated by using the chi-square test

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye, OU: Oculus uterque

3. 상대조절력의 변화

근거리 작업 전 음성상대조절력은 $+2.43 \pm 0.55$ D, 양성상대조절력은 -2.68 ± 1.61 D였으며, 음성상대조절력의 경우 바탕색과 착용 렌즈의 종류에 관계없이 근거리 작업에 의한 변화가 통계적으로 유의하지 않았다. 양성상대조절력의 경우 청광 차단 렌즈 장입 후에는 양성상대조절력의 변화가 없었으나 plano 렌즈 장입 후 흰색 바탕에서 근거리 작업 후에 조절력이 약 0.30 D 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타나 청광 차단 렌즈와 차이를 보였다. 파란색 바탕의 경우에는 장입 렌즈의 종류에 관계없이 양성상대조절력의 차이가 없었다(Table 2, 3).

상대조절력이 ± 0.25 D 이내의 변화를 한 경우를 상대조절력 유지, ± 0.25 D를 초과하여 변화한 경우를 증가 혹은 감소로 분류하여 개인별 상대조절력의 변화 양상을 분석하였다(Table 6). 흰색 바탕에서의 근거리 작업 시 plano, Perfect UV, BB 렌즈 모두 음성상대조절력이 유지되는 비율이 가장 높았고, 감소하는 비율이 가장 낮았고 세 렌즈 모두 통계적으로 유의하게 분포율의 차이가 있었다. 특히, BB 렌즈 장입 시 음성상대조절력이 증가하는 비율이 약 40%로 plano 렌즈 약 13%, Perfect UV 렌즈 약 23%에 비해 높았다. 양성상대조절력의 경우 세 렌즈 모두 증가, 유지, 감소 비율이 통계적으로 유의한 차이가 없어 변화 양

상이 다양하게 나타나는 것으로 확인되었다. 파란색 바탕에서의 음성상대조절력은 Perfect UV 렌즈 착용 시에 유지, 감소, 증가 비율 간 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 하지만 청광 차단이 되지 않는 plano 렌즈는 유지가 약 60%로 통계적으로 유의하게 높았고 BB 렌즈도 약 60%가 유지로 나타나 파란색 바탕에서는 청광 차단 유무에 의해 음성상대조절력이 변화되지 않는 것으로 나타났다. 양성상대조절력도 청광 차단 유무에 의한 음성상대조절력의 변화가 초래되지 않는 것으로 나타났다(Table 6).

4. 조절래그의 변화

근거리 작업 전 우위안의 조절래그는 0.72 ± 0.31 D, 비우위안의 조절래그는 0.83 ± 0.34 D였으며, 흰색 바탕에서 근거리 작업 시 plano 렌즈와 Perfect UV 렌즈가 장입된 경우에는 조절래그가 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 반면 청광 차단 렌즈인 BB 렌즈는 우위안에서 조절래그가 약 0.21 D 증가하여(p=0.008) 조절 반응량이 감소한 것으로 나타났다(Table 2). 파란색 바탕에서는 plano 렌즈 장입 시 통계적으로 유의한 조절래그의 변화가 없었지만 perfect UV 렌즈는 우위안에서 조절래그가 약 0.24 D 증가하였고, BB 렌즈는 비우위안의 조절래그가 약 0.15 D 증가하여 청광 차단 렌즈 착용으로 인

Table 6. Variations in relative accommodation based on smart device background color

Variation	White background			Blue background			
	Plano	Perfect UV	BB	Plano	Perfect UV	BB	
NRA	Decrease	6 (20.0)	5 (16.7)	5 (16.7)	8 (26.7)	4 (13.3)	
	No change	20 (66.7)	18 (60.0)	13 (43.3)	13 (43.3)	18 (60.0)	
	Increase	4 (13.3)	7 (23.3)	12 (40.0)	7 (23.3)	9 (30.0)	8 (26.7)
	χ^2	15.20	9.80	3.80	9.80	1.40	10.40
	P-value	0.001*	0.007*	0.150	0.007*	0.497	0.006*
PRA	Decrease	6 (20.0)	6 (20.0)	8 (26.7)	5 (16.7)	9(30.0)	12 (40.0)
	No change	12 (40.0)	15 (50.0)	12 (40.0)	9 (30.0)	5 (16.7)	12 (40.0)
	Increase	12 (40.0)	9 (30.0)	10 (33.3)	16 (53.3)	16 (53.3)	6 (20.0)
	χ^2	2.40	4.20	0.80	6.20	6.20	2.40
	P-value	0.301	0.122	0.670	0.045*	0.045*	0.301

*p<0.05, significant differences were calculated by using the chi-square test

NRA: Negative relative accommodation, PRA: positive relative accommodation

하여 조절래그가 증가한 것으로 나타났다(Table 3).

개인별 조절래그의 변화 양상을 ± 0.25 D 이내의 변화는 변화 없음, ± 0.25 D를 초과한 경우는 증가 혹은 감소로 분류하여 분석하였다(Table 7). 흰색 바탕에서는 BB 렌즈 장입 시 우위안의 조절래그가 감소하는 비율이 약 10%로 통계적으로 유의하게 적어 plano 렌즈와 Perfect UV 렌즈에 비해 유지 혹은 증가 비율이 상대적으로 높았다. Plano 렌즈와 Perfect UV 렌즈 장입 시 조절래그가 유지되는 비율이 높긴 하였으나 감소 및 증가 비율과 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 비우위안에서도 청광 차단 유무에 의한 조절래그의 변화가 초래되지 않았다(Table 7). 파란색 바탕에서는 우위안의 조절래그 변화가 plano 렌즈 약 13%, Perfect UV 렌즈 약 3%, BB 렌즈 약 13%로 세 렌즈 모두 감소 비율이 통계적으로 유의하게 낮았고 유지 비율이 약 50% 이상으로 가장 높아 유지 혹은 증가 비율이 더 높았다. 세 렌즈 중 Perfect UV 렌즈 장입 시 조절래그 증가 비율이 가장 높았다. 비우위안에서도 조절래그가 감소하기 보다는 유지되거나 증가하는 경우가 많았다. 흰색 바탕에서 보다 파란색 바탕에서 조절래그가 유지되거나 증가하는 경우가 많은 것으로 나타나 바탕색에 따른 조절래그 변화 양상의 차이를 확인할 수 있었다(Table 7).

바탕색이 다른 상태에서의 스마트 기기로 근거리 작업을 하였을 때 청광 차단 렌즈의 장입 유무 및 바탕색상에 따라 조절 기능에 차이가 나타남을 확인하였다. Plano 렌즈 장입 시 파란색 바탕에서만 우위안, 비우위안, 양안 모두 최대조절력이 유의하게 감소하였고 청광 차단 렌즈 장입 후에는 최대조절력이 실험 전과 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 흰색 바탕에서는 비우위안에서만 plano 렌즈에

비해 청광 차단 렌즈에 의한 조절력 변화 양상에 차이가 있었고 파란색 바탕에서는 우위안과 비우위안에서 청광 차단 유무에 의한 차이를 확인할 수 있었다. 최대조절력의 경우 흰색 바탕보다는 파란색 바탕에서 감소하는 경우가 많았지만 청광 차단 렌즈에 의해 우위안과 비우위안이 영향을 받아 조절력이 유지되거나 증가하는 비율이 많았다. 흰색 바탕에서 근거리 작업 시 조절력의 변화가 없었지만 최대조절력 변화 양상에 차이가 나타난 결과는 e-book 읽기 후 조절 기능의 변화를 분석한 선행연구 결과와 일치하는 결과였다.^[22] 또한 모든 가시광선 파장대가 혼합되어 나오는 흰색 바탕에서 청색 파장대 일부가 차단된 것이 10분간의 근거리 작업 후 조절 기능 변화에 미칠 정도는 아니었던 것으로 생각된다. 하지만 청색 파장대만 나오는 조건인 청색 바탕에서 plano 렌즈 장입 후 최대조절력의 감소는 청광 차단 렌즈 착용으로 인해 최대조절력의 유지, 증가 비율이 높았던 결과를 통해 청광 차단 효과가 흰색 배경보다 두드러지게 나타남을 확인할 수 있었다.

단파장인 청색 파장의 경우 안구 내에서 망막 앞에 맺히게 되는데, 안구 내에 청색 파장만 맺힐 경우 종색수차로 인한 근시화가 발생하게 된다.^[13] 약 480~655 nm 사이의 단파장의 자극은 단파장에서 장파장으로 갈수록 조절 반응량이 증가하지만 417~433 nm의 단파장이 안구 내에 맺힐 경우에는 낮은 휘도 자극으로 인해 오히려 파장에 대한 조절 반응 이상의 과조절이 유발되는데,^[14,16,17] 본 연구에서 사용한 파란색 배경은 배경색의 파장이 440 nm^[23]로 흰색 바탕에 비해 휘도가 낮고 과조절을 유발하는 파장이었기 때문에 plano 렌즈 장입 시 과조절 상태로 근거리 작업이 지속되어 최대조절력이 감소한 것으로 생각된

Table 7. Variations in accommodative lag based on smart device background

Variation	White background			Blue background			
	Plano	Perfect UV	BB	Plano	Perfect UV	BB	
D	Decrease	9 (30.0)	6 (20.0)	3 (10.0)	4 (13.3)	1 (3.3)	4 (13.3)
	No change	12 (40.0)	15 (50.0)	16 (53.3)	16 (53.3)	16 (53.3)	15 (50.0)
	Increase	9 (30.0)	9 (30.0)	11 (36.7)	10 (33.3)	13 (43.3)	11 (36.7)
	χ^2	0.60	4.20	8.60	7.20	12.60	6.20
	P-value	0.741	0.122	0.014*	0.027*	0.002*	0.045*
ND	Decrease	6 (20.0)	5 (16.7)	8 (26.7)	5 (16.7)	7 (23.3)	2 (6.7)
	No change	15 (50.0)	14 (46.7)	14 (46.7)	18 (60.0)	15 (50.0)	20 (66.7)
	Increase	9 (30.0)	11 (36.7)	8 (26.7)	7 (23.3)	8 (26.7)	8 (26.7)
	χ^2	4.20	4.20	2.40	9.80	3.80	16.80
	P-value	0.122	0.122	0.301	0.007*	0.150	0.000*

*p<0.05, significant differences were calculated by using the chi-square test

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye

다. 또한 화면의 낮은 휘도와 글자와 배경의 낮은 대비감도로 인해 안구의 피로가 발생하여 최대조절력의 감소가 발생한 것도 배제할 수는 없다.^[24] 과조절이 유발되는 바탕색의 환경에도 불구하고 청광 차단 렌즈로 인한 청색 과장 투과율의 감소가 plano 렌즈에 비해 최대조절력의 변화가 적어지고 변화 양상이 다양해진 것으로 보아 청광 차단 렌즈로 인한 최대조절력의 유지나 증가에 영향을 준 것으로 생각된다. 또한 청광 차단 렌즈의 특성상 렌즈의 색깔이 노란색을 띄게 되는데 청색 과장과 노란색 과장이 같이 중첩될 경우 과조절이 아닌 조절 이완을 유발하게 되어^[17] 청광 차단으로 인한 조절 반응이 유지된 것으로 보인다.

조절용이성의 변화는 청광 차단 렌즈가 아닌 경우 흰색 바탕보다는 파란색 바탕에서 변화가 크고 특히 비우위안의 감소 비율이 높게 나타나지만 청광 차단 렌즈 장입으로 인해 유지 혹은 증가 비율이 높아지는 영향을 많이 받는 것을 알 수 있었다. 하지만 흰색 바탕에서 비우위안의 변화는 청광 차단 렌즈에 의한 영향을 가장 적게 받아 바탕색에 따라 다른 변화 양상을 보였다. Plano 렌즈 장입 시 두 바탕색에서 비우위안의 조절용이성이 감소하는 경우가 많았던 결과는 우위안과 양안의 조절용이성 감소가 컸던 선행연구와는 차이가 있는 결과였다.^[25] 하지만 우위안에 비해 비우위안이 상대적으로 적은 조절 상태를 유지하게 된다는 Tsuneyoshi 등^[26]의 연구결과를 근거로 하였을 때, 본 연구에서도 최대조절력, 조절용이성에서 비우위안의 조절 기능이 우위안에 비해 낮았고, 조절 반응량 또한 비우위안이 낮게 측정된 것은 근거리 작업 시 비우위안의 낮은 조절 상태의 유지가 빠른 조절 기능의 변화를 측정하는 조절용이성의 감소를 유발한 것이라고 생각된다.

또한 청광 차단 렌즈를 장입한 상태로 흰색 바탕에서 근거리 작업 시 조절용이성의 변화가 적었던 이유도 최대조절력의 변화와 같이 짧은 시간의 근거리 작업 후 조절 기능에 영향을 미칠 만큼은 아니었던 것으로 보인다. 또한 파란색 바탕에서는 plano 렌즈 장입 시 비우위안의 낮은 조절 상태에 청색 과장에 의해 유발된^[4,16,17] 과조절의 지속으로 인해 조절용이성의 감소가 유발된 것으로 생각된다. 하지만 파란색 바탕에서는 청광 차단 렌즈 장입 후 비우위안의 조절용이성이 증가되는 비율이 증가한 것으로 미루어 볼 때 청광 차단으로 인해 조절 기능 유지에 도움이 된 것으로 보인다. 청광 차단 렌즈 중 BB 렌즈 장입 시 더 증가 비율이 높았는데 이는 파란색 바탕의 파장인 440 nm의 투과율이 perfect UV 렌즈의 경우 약 96.7%, BB 렌즈 약 91.5%로 BB 렌즈가 약 5.7% 차단율이 더 높은 이유로 생각해 볼 수 있지만 차단율의 차이가 작기 때문에 차단율에 따른 비교는 추후 연구가 필요하리라 생각된다(Fig. 1).

상대조절력의 경우 plano 렌즈 장입 후 흰색 바탕에서 양성상대조절력의 감소가 나타났지만 청광 차단 렌즈 장입 후에는 실험 전과 차이가 없어 청광 차단 렌즈에 의한 영향을 받았다고 생각되었지만 변화 양상 비율을 분석하였을 때 렌즈 종류에 관계없이 변화 양상이 다양하게 분포하여 흰색 바탕에서 상대조절력의 변화는 청광 차단 유무에 관계가 없는 것으로 생각되었다. 파란색 바탕에서도 렌즈 종류에 관계없이 음성상대조절력 및 양성상대조절력의 변화에 차이가 없는 것으로 나타났고 청광 차단 렌즈 장입 시 청광 차단 렌즈에 비해 plano 렌즈 장입 시 상대조절력이 유지 혹은 증가되는 비율이 높은 것으로 나타나

파란 바탕에서도 청광 차단에 의한 상대조절력의 변화는 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 상대조절력의 변화는 e-book 독서 후 상대조절력이 유지되는 비율이 높았던 선행 연구와 달리 변화 양상이 다양하게 분포하는 것으로 보아 연속적으로 조절력의 변화를 주면서 검사하는 상대조절력에서는 두드러지는 특징을 보이지 않은 것으로 생각된다.

조절래그의 변화에서도 흰색 바탕과 파란색 바탕 모두 plano 렌즈 장입 시 조절래그의 변화가 없는 것으로 나타났지만 청광 차단 렌즈 장입 시 오히려 조절래그가 증가하는 것으로 나타나 청광 차단으로 인해 조절 반응의 변화가 나타남을 알 수 있었다. 선행 연구에서 e-book 작업 후 측정된 조절래그의 변화에서도 조절래그의 차이 없이 유지되는 경우가 많이 분포하였고 본 연구에서도 비슷한 결과를 나타내었다.^[22] 우위안에서 BB 렌즈 장입 시 우위안의 조절래그 증가 비율이 많았고, 파란색 바탕에서는 우위안은 Perfect UV, 비우위안은 BB 렌즈 장입 시 조절래그 증가 비율이 많이 분포하여 흰색 바탕과 파란색 바탕 모두 청광 차단으로 인해 조절 반응량의 변화가 생기며 파란색 바탕에서 상대적으로 높은 변화가 나타나고 우위안과 비우위안 모두 변화가 생기는 것으로 확인되었다.

Seidemann 등^[4]의 연구에서 파장별로 조절 반응을 측정한 결과 430 nm 파장대에서 480 nm에 비해 과조절이 발생하고, 430 nm 파장에서 480 nm 파장으로 이동할수록 조절 이완이 일어나며, 다시 480 nm 이상의 장파장으로 갈수록 조절 반응이 나타난 것으로 볼 때, 청광 차단 렌즈 착용으로 인해 본 실험 바탕색인 440 nm 파장대의 투과율이 감소하면서 조절 이완이 유발되었고 그로 인하여 조절래그가 증가한 것으로 생각된다. Graef 등^[27]의 연구에서는 436 nm 파장을 기준으로 다시 조절 반응이 증가하는 결과도 있었지만 이는 실험 조건의 오차로 생각되어지고 본 연구에 사용된 440 nm 바탕색에서 조절래그가 증가될 수 있는 조건이라고 예상할 수 있다. 이러한 결과는 파란색 바탕뿐만 아니라 흰색 바탕에서도 나타난 결과로서 청광 차단 효과로 장파장 영역의 투과율이 상대적으로 증가함으로 인해 조절래그의 증가 비율 또한 같이 증가함을 확인할 수 있는 결과라고 생각된다.

결 론

본 연구에서는 스마트 기기 작업 시 노출되는 파장대의 환경을 달리하여 가시광선 파장이 혼합된 백색광이 나오는 흰색 바탕, 청광 파장만 나오는 파란색 바탕 두 조건을 설정하여 색수차에 의한 조절 반응 및 조절 기능의 변화를 확인하였고, 청광 차단 렌즈를 장입하여 청광 차단으로 인한 조절 기능의 변화와 변화 양상의 분포를 분석하였다.

일반 렌즈를 장입한 후 흰색 바탕에서는 단파장의 아닌 가시광선이 혼합된 파장의 자극으로 인해 조절 기능의 변화가 크게 관찰되지 않았지만 파란색 바탕의 단파장 조건에서는 조절 기능의 변화가 관찰되었다. 특히 최대조절력과 조절용이성의 기능 저하가 나타났고, 우위안보다 비우위안에서 조절 기능의 변화가 많았다. 최대조절력과 조절용이성이 감소하는 비율이 높게 분포하는 것으로 보아 단파장의 조절 자극이 조절 반응의 증가를 유발한 것으로 보인다. 청광 차단 렌즈 장입 시에는 일반 렌즈와 달리 실험 전과 조절 기능의 차이가 없었고 조절 기능이 유지되거나 증가하는 비율이 높게 분포하여 청색 단파장 비율의 감소가 조절 반응을 감소시킨 것으로 판단하였고, 청광 차단 렌즈 장입 후 조절래그가 향상된 것으로 확인할 수 있었다. 이는 청광 차단 렌즈가 차단하는 파장대인 400 nm 초반의 파장대의 투과율 감소가 조절 반응에 영향을 주었음을 의미한다. Perfect UV 렌즈보다 BB 렌즈에서 조절 기능이 유지된 경우가 더 많았지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

본 연구결과는 스마트 기기의 청광 노출 환경에 따라 청광 비율이 높은 환경에서 조절 반응이 증가함을 파란색 바탕 조건에서 확인하였고, 청광 차단 렌즈를 이용한 청광 투과율의 감소가 조절 반응 및 조절 기능 유지에 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 이는 청광 차단 렌즈와 관련된 자각증상 변화에 대한 연구결과를 뒷받침할 수 있는 시기능적 근거라고 볼 수 있다. 따라서 청광 노출 스마트기기 작업 시 청광 차단 렌즈를 이용한 청광 투과율의 감소는 조절 기능뿐만 아니라 자각증상 개선에도 도움이 될 수 있을 것이라 제안하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 서울과학기술대학교 교내학술연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Sparrow JR, Nakanishi K, Parish CA. The lipofuscin fluorophore A2E mediates blue light-induced damage to retinal pigmented epithelial cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000;41(7):1981-1989.
- [2] Heo JY, Kim K, Fava M, Mischoulon D, Papakostas GI, Kim MJ et al. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *J Psychiatr Res.* 2017;87:61-70.
- [3] Rosenfield M. Computer vision syndrome (aka digital eye strain). *Optometry.* 2016;17(1):1-10.

- [4] Lawrenson JG, Hull CC, Downie LE. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the literature. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017; 37(6):644-654.
- [5] Displaymate. Light spectra for the LCD tablets, 2011. http://www.displaymate.com/Spectra_4.html(08 November 2018).
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Leung TW, Li RW, Kee CS. Blue-light filtering spectacle lenses: optical and clinical performances. *PLoS One.* 2017;12(1):e0169114.
- [9] Lawrenson JG, Hull CC, Downie LE. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the literature. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017; 37(6):644-654.
- [10] Mandelman T, Sivak JG. Longitudinal chromatic aberration of the vertebrate eye. *Vision Res.* 1983;23(12):1555-1559.
- [11] Bedford RE, Wyszecki G. Axial chromatic aberration of the human eye. *J Opt Soc Am.* 1957;47(6):564-565.
- [12] Marcos S, Burns SA, Moreno-Barriusop E, Navarro R. A new approach to the study of ocular chromatic aberrations. *Vision Res.* 1999;39(26):4309-4323.
- [13] Rucker FJ. The role of luminance and chromatic cues in emmetropisation. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2013;33(3): 196-214.
- [14] Seidemann A, Schaeffel F. Effects of longitudinal chromatic aberration on accommodation and emmetropization. *Vision Res.* 2002;42(21):2409-2417.
- [15] Rucker FJ, Wallman J. Chick eyes compensate for chromatic simulations of hyperopic and myopic defocus: evidence that the eye uses longitudinal chromatic aberration to guide eye-growth. *Vision Res.* 2009;49(14):1775-1783.
- [16] Rucker FJ, Kruger PB. Isolated short-wavelength sensitive cones can mediate a reflex accommodation response. *Vision Res.* 2001;41(7):911-922.
- [17] Rucker FJ, Kruger PB. The role of short-wavelength sensitive cones and chromatic aberration in the response to stationary and step accommodation stimuli. *Vision Res.* 2004;44(2):197-208.
- [18] Park JG. Functional glasses lens having function of blocking UV light and blue light. Korea Patent 10-1612940, 2016.
- [19] Park JG. Blue-light blocking lens and its manufacturing method. Korea Patent 10-1540114, 2015.
- [20] Kim S, Park M, Kim SR. Change of binocular vision induced by longitudinal chromatic aberration during near work. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(2):219-228.
- [21] Ryu DK. Comparison of clinical techniques to assess objectively accommodative response. *J Korea Acad Industr Coop Soc.* 2010;11(9):3406-3411.
- [22] Kim J, Um JY, Sung HA, Kim SR, Park M. Changes in accommodative function after reading with paper book and e-book on tablet pc. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(2):183-190.
- [23] Academo. Wavelength to colour relationship, 2013. <https://academo.org/demos/wavelength-to-colour-relationship>(08 November 2018).
- [24] Lee HS. A study on the performance of blue light blocking lens. MS thesis. Eulji university, Daejeon. 2016;22-26.
- [25] Park M, Ahn YJ, Kim SJ, You J, Park KE, Kim SR. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):253-260.
- [26] Tsuneyoshi Y, Negishi K, Tsubota K. Importance of accommodation and eye dominance for measuring objective refractions. *Am J Ophthalmol.* 2017;177:69-76.
- [27] Graef K, Schaeffel F. Control of accommodation by longitudinal chromatic aberration and blue cones. *J Vis.* 2012;12(1):14.

스마트 기기로 바탕색이 다른 근거리 작업 시 청광 차단 렌즈가 조절 기능에 미치는 영향

김지혜¹, 강민아¹, 김주희¹, 신장철², 김소라¹, 박미정^{1,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

²부산과학기술대학교 안경광학과, 부산 46639

투고일(2018년 11월 9일), 수정일(2018년 11월 28일), 게재확정일(2018년 12월 7일)

목적: 본 연구에서는 흰색 및 파란색 바탕 환경의 스마트 기기를 이용하여 근거리 작업을 할 때, 청광 차단 렌즈가 색수차로 인한 조절 기능 변화 양상에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 아이패드TM의 바탕색을 흰색과 파란색으로 설정한 후 청광 차단이 되지 않는 일반 렌즈와 청광 차단 렌즈 2종(Perfect UV, BB)을 장입한 상태로 10분간 근거리 작업을 실시하였다. 실험 전후에 조절 기능을 평가하여 분석하였다. **결과:** 흰색 바탕에서는 근거리 작업 시의 조절 기능 변화 양상에 렌즈에 따른 차이가 나타나지 않았다. 파란색 바탕에서는 일반 렌즈 착용 시 조절래그는 변하지 않았고, 최대조절력과 조절용이성은 저하되었다. 그러나 청광 차단 렌즈 착용으로 인해 조절래그의 증가, 최대조절력 및 조절용이성의 유지 효과가 나타났다. 청광 차단 렌즈 간에 일정 파장 영역의 차단율에 다소 차이가 있더라도 조절 기능에 미치는 영향은 크지 않았다. **결론:** 본 연구를 통해 혼합된 빛에서 보다 짧은 파장대의 청광이 조절 기능에 더 큰 변화를 유발시키며, 청광 차단 렌즈는 이러한 조절 기능 변화에 효과적임을 밝혔다. 본 연구에서는 청광 차단 렌즈와 관련된 자각증상 변화에 대한 시기능적 근거를 제시하였다.

주제어: 색수차, 청광 차단 렌즈, 최대조절력, 조절용이성, 조절래그