

청광차단렌즈의 청광차단성능과 처방에 관한 고찰

유영국, 최은정*

건양대학교 안경광학과, 대전 302-718

투고일(2013년 7월 27일), 수정일(2013년 9월 1일), 게재확정일(2013년 9월 14일)

목적: 광원에 따른 청광차단렌즈의 청광차단율과 청광비율을 조사하고, 이를 활용한 청광차단렌즈의 처방에 대하여 고찰하였다. **방법:** 광원에 따른 청광차단렌즈의 청광차단율과 청광비율의 조사를 위해 UV-VIS 분광광도계를, 청광차단렌즈와 관련된 처방을 평가하는 기준으로 태양광에 대한 청광비율을 이용하였다. **결과:** 렌즈의 청광차단율과 청광비율은 광원에 따라 다르게 나타났다. 모든 BLU 광원의 청광비율은 태양광(D₆₅ 광원)의 청광비율보다 큰 것으로 확인되었다. 태양광의 청광비율과 렌즈 투과광의 청광비율을 통해 각 광원에 적합한 청광차단렌즈들을 선별할 수 있었다. **결론:** 청광차단렌즈 처방에 있어서 렌즈의 청광차단율과 청광비율이 광원에 의존하므로 사용자의 광원에 대한 문진이 선행되어야 한다. 태양광의 청광비율에 기준한 렌즈 투과광의 청광비율은 청광차단렌즈의 처방과 관련된 하나의 평가 방법으로 유용하게 활용될 수 있다.

주제어: 청광차단렌즈, 청광차단율, 청광비율, 디스플레이, 백라이트

서 론

가시광선이란 파장 380~780 nm 대역의 눈에 감지되는 전자기파를 말한다. 눈은 가시광선을 파장에 따라 다음과 같은 색상 즉, Violet(400 nm), Blue(460 nm), Blue-Green(507 nm), Green(530 nm), Yellow-Green(555 nm), Yellow(590 nm), Orange(600 nm), Red(650 nm)로 느낀다고 알려져 있다.^[1] 청광(blue light, 청색광)이란 가시광선 중 단파장에 속하는 460 nm를 중심으로 한 청색 대역의 가시광선을 말한다. 본 연구에서는 청광을 380~500 nm 대역의 산란성과 굴절성이 큰 단파장의 가시광선을 대표하는 용어로서 사용하겠다.

청광은 산란성이 크기 때문에 공기입자나 인매체(ocular medium)에 의해 산란되어 떠돌이 빛(stray light, 迷光)이 된다. 이러한 떠돌이 빛은 망막 전체를 비추는 배경노이즈(background noise)를 발생시켜 망막에 맺히는 상의 질을 저하시키는 원인이 된다. 청광은 또한 굴절률이 크기 때문에 눈에 민감한 황록색광이 망막에 결상될 때 망막의 앞쪽에 결상되며, 이로 인해 색수차가 발생된다. 이 역시 망막에 맺히는 상의 질을 저하시킨다. 그러나 일상생활 중 이러한 현상들을 거의 느끼지 못하는 것은 눈의 적절한 광학적 구조와 우리가 접하는 광선 내에 포함된 청광비율이 그리 크지 않기 때문이다.

하지만 눈으로 입사되는 빛의 청광비율이 커지면 그 결과는 달라질 수 있다. 즉, 배경노이즈나 색수차 현상과 같은 청광으로 인한 효과가 감지될 수 있다는 것이다. 실제로 우리 주변 곳곳에는 청광비율이 높은 광원이 산재해 있는데, 이들이 바로 최근 많이 접하고 있는 스마트폰, 컴퓨터, TV 등에 사용되는 디스플레이와 관련된 광원이다. 디스플레이를 구성하는 LCD는 스스로 빛을 내지 못하기 때문에 후면에서 빛을 비추줘야 하는데, 이 때 LCD 후면에 장착되는 광원을 백라이트 유닛(back light unit, BLU)이라고 한다.^[2-5] 이러한 BLU에는 태양광이나 형광등, 백열등에 비해 높은 비율의 청광이 포함되어 있다. 따라서 이러한 기기들을 많이 접하는 사용자들은 시력저하나 눈부심 등으로 인한 불쾌감이나 피로감, 두통 등을 호소하게 된다.

현재, 시중에는 청광으로 인한 증상을 완화시키는데 효과가 있다고 하는 청광차단렌즈(blue light blocking lens)라 불리는 시력보호용 기능성렌즈가 널리 유통되고 있다.^[7] 그러나 이에 대한 성능평가나 임상평가에 대한 연구가 발표된 바 없으며, 제조업체 또한 제품은 만들어내고 있지만 상품의 제조와 마케팅에 한계를 느끼고 있고, 현장의 안경사들 또한 제품 설명이나 상담, 처방 등에 애로를 겪고 있는 것이 현실이다. 자외선이 눈에 미치는 영향, 자외선 차단 안경렌즈 및 콘택트렌즈와 관련된 연구는 활발히 연구되고^[8-11] 있지만, 기능성렌즈의 하나로서 국민의 시건강을

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

보호하는데 기여할 수 있는 청광차단렌즈에 대한 연구는 전무한 상태이다.

이에 본 연구에서는 청광차단렌즈와 관련된 여러 연구 중, 청광차단렌즈에서의 광원의 중요성, 청광차단렌즈의 성능을 나타내는 청광차단율 및 청광비율, 그리고 이와 연계된 청광차단렌즈의 처방에 관한 고찰을 하고자 한다. 본 연구의 결과가 청광차단렌즈의 제조, 신제품 개발, 표기, 홍보, 설명, 상담, 처방 등에 도움이 되기를 기대한다.

대상 및 방법

연구에 사용된 청광차단렌즈는 4개사 10종으로 A사 3종, B사 3종, C사 2종, D사 2종이며, 본 연구에서는 각각 A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, D1, D2 라고 명명하였다. A, B, C사의 제품은 시중에서 유통되고 있는 제품이며, D사의 제품은 출시 예정 중인 제품이다. 렌즈의 분광투과율 및 색좌표 측정에는 Shimadzu사의 UV-VIS 분광광도계(UV-2450)가 이용되었다.^[12] 측정은 가시광선 영역에서 실시하였고, D₆₅ 광원과 10° 시야가 이용되었으며, 색좌표는 CIE L*a*b* 표색계를 이용하였다. 청광차단렌즈의 성능을 나타내는 청광차단율과 청광비율의 비교를 위해 사용된 광원은 총 9가지이다. Table 1에 연구에 사용된 10종의 청광차단렌즈에 대한 색좌표 및 투과율을 제시하였다.

Table 1. CIE color coordinates and transmittances for various blue light blocking lenses

Lens	CIE color coordinate (L*, a*, b*)	Transmittance (%)
A1	(88.58, -8.35, 2.23)	73.24
A2	(81.81, -4.76, 3.21)	63.48
A3	(86.65, 2.85, 12.95)	70.77
B1	(92.52, 0.71, 16.86)	75.21
B2	(89.28, -8.16, 22.78)	68.91
B3	(92.37, -0.87, 35.81)	71.23
C1	(88.74, 8.21, 60.12)	68.29
C2	(80.66, 22.16, 103.7)	58.14
D1	(90.65, 2.28, 30.45)	69.33
D2	(97.29, 0.40, 8.88)	85.89

안경업계에서는 아직 표준화된 색좌표(color coordinate)를 이용하고 있지 않다.

결 과

Fig. 1(a)~(d)은 가시광선 대역에서 측정된 각 청광차단렌즈의 렌즈분광분포곡선을 나타낸다. 각 그림에서

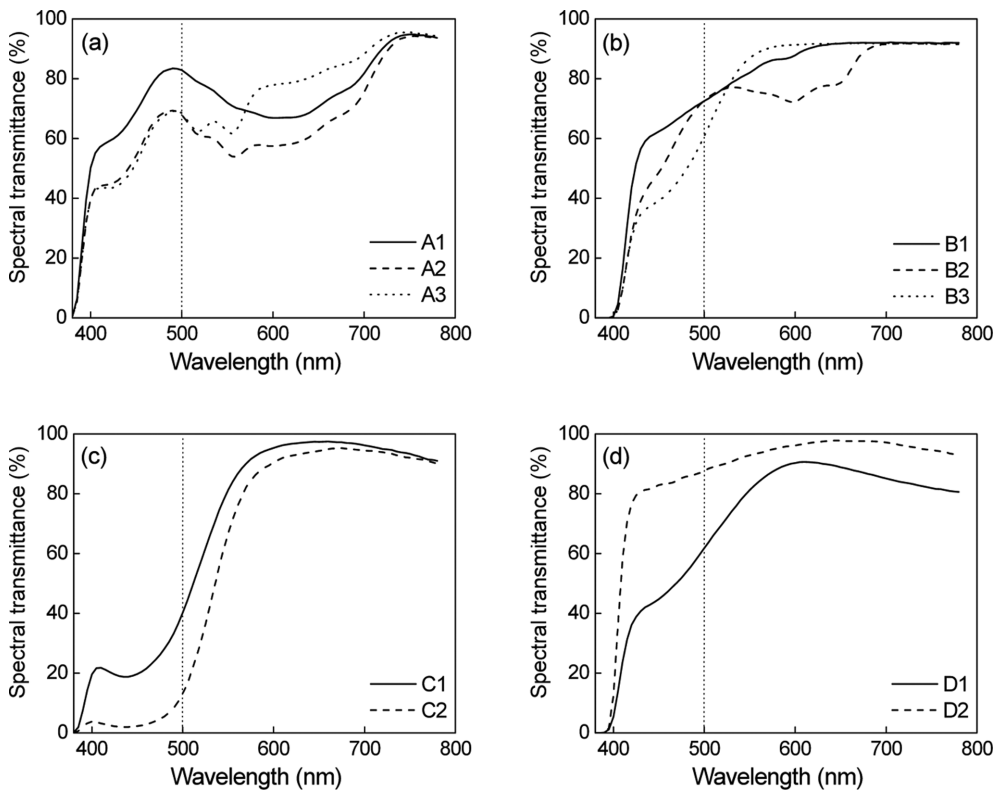


Fig. 1. Spectral distributions for various blue light blocking lenses.

500 nm에 수직으로 그어져 있는 점선은 청광 대역 380~500 nm에 대한 장파장 경계를 나타낸다. 네 방향의 선 즉, 분광분포곡선, 500 nm에서의 점선, 분광투과율 0%를 나타내는 수평축, 그리고 380 nm에서의 수직축으로 둘러싸인 면적은 렌즈의 청광투과율과 관련이 있다. 이 면적과 관련된 입사청광량에 대한 투과청광량의 비가 청광투과율(blue light transmittance) T_{BL} 이다. 청광투과율 T_{BL} 을 정량적으로 나타내면 다음과 같다.

$$T_{BL} = \frac{\int_{380}^{500} \alpha(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{500} S(\lambda)d\lambda} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서 $\alpha(\lambda)$ 는 렌즈분광분포이고, $S(\lambda)$ 는 광원분광분포이다. 그러면 렌즈로 입사되는 입사청광 중 청광이 차단되는 비 즉, 청광차단율(blue light rejection ratio) R_{BL} 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{BL} = 100 - T_{BL}(\%) \quad (2)$$

만일, 가시광선 전 파장에 대하여 광원이 일정한 세기의 분광분포를 갖는다면 R_{BL} 은 Fig. 1에서의 청광분광분포곡선(380~500 nm 대역의 분광분포곡선)의 아래 면적에 직접 비례하게 된다. 식 (2)를 이용하여 계산한 일정한 세기의 분광분포를 갖는 광원에 대한 각 청광차단렌즈의 청광차단율 R_{BL} 을 Table 2의 2열에 Const 라는 광원으로 표기하여 나타내었다.

렌즈의 광학적 특성을 나타내는 렌즈분광분포는 조사하는 광원의 종류와는 관계없이 고유한 광학적 특성을 갖는다. 그러나 렌즈분광분포가 고유한 특성을 갖는다 하더라도 식 (1)에서 알 수 있듯이 렌즈의 청광투과율 T_{BL} 은 광원에 관계없이 일정한 값을 갖는 것이 아니라 광원에 의존한다. 따라서 렌즈의 청광차단율 R_{BL} 역시 광원에 따라 그

값이 달라진다.

다양한 광원에 따라 청광차단렌즈 A1~D2의 청광차단율 R_{BL} 이 어떻게 달라지는가를 알아보기 위하여 국제표준 광원으로서 백열전등과 유사한 광원분광분포를 갖는 CIE 표준광원 A, 태양광과 유사한 광원분광분포를 갖는 CIE 표준광원 D_{65} 광원, 형광등에 사용되고 있는 3 파장(6000 K) 및 4 파장 LED, 노트북 Compaq TFT-LCD, 디스플레이 BLU에 사용되는 삼성 LED의 TS731A와 TT732SA, 모바일 BLU에 사용되는 삼성 LED의 FH411A 및 MS081F 등의 총 9가지의 광원을 대상으로 조사하였다. Fig. 2(a)~(d)에 이들 9가지 광원의 광원분광분포를 나타내었고, 식 (2)를 이용하여 구한 각 광원에 대한 각 청광차단렌즈의 청광차단율 R_{BL} 을 Table 2의 3~11열에 제시하였다.

Fig. 2(a)~(d)에 따르면 색온도 2,854 K의 텅스텐 전구로서 백열전등과 유사한 A 광원에서 방출되는 가시광선 중에서 청광이 차지하는 비율 즉, 청광비율(the percentage of blue light in the visible light, P_{BL})은 작은 반면, 색온도 6,500 K인 주광(晝光)을 방출하는 D_{65} 광원에 대한 청광비율 P_{BL} 은 A 광원에서보다 크고, Compaq TFT-LCD나 삼성 LED의 BLU 경우에는 더 크다는 것을 알 수 있다. 각 광원의 청광비율 혹은, 입사광의 청광비율 P_{BL} 은 식 (3)을 이용하면 정량적으로 구할 수 있으며, 그 결과를 Table 3의 2행에 P_{BL} 로 나타내었다. 이에 따르면 광원의 청광비율 P_{BL} 은 광원의 세기가 일정한 분포를 갖는 이상적인 광원(Const)의 경우에는 30.00%이었으며, 청광비율이 가장 낮은 광원은 A 광원으로 7.83%이었고, 청광비율이 가장 높은 광원은 삼성 LED의 BLU TT732A 광원으로 48.30%에 이르렀다. 렌즈를 투과한 투과광의 청광비율 P_{BL}^* 은 식 (4)로부터 구할 수 있고 그 결과를 각 렌즈에 대하여 Table 3의 제3~12행에 나타내었다. 다른 모든 렌즈에 대하여 투

Table 2. Blue light rejected R_{BL} of blue light blocking lenses for various light sources

R_{BL} (%)	Const	A	D_{65}	3-W	4-W	Compaq	TS731A	TT732A	FH411A	MS081F
A1	37.93	29.45	33.83	23.47	27.07	25.58	31.67	29.67	34.76	30.13
A2	51.43	44.11	48.15	39.12	43.40	41.36	48.63	46.42	50.96	46.93
A3	50.35	42.98	46.96	37.27	41.88	39.93	46.46	44.27	49.40	44.79
B1	54.57	43.37	49.61	34.94	34.81	35.56	38.49	37.52	44.10	37.66
B2	62.11	50.61	57.58	43.73	44.43	44.28	52.13	50.04	57.54	50.39
B3	69.25	60.51	65.76	56.85	54.66	55.61	60.98	59.96	63.84	60.04
C1	78.88	75.59	77.59	77.30	74.44	75.06	79.72	79.23	78.50	79.21
C2	96.28	95.31	96.05	96.73	94.73	95.43	97.45	97.30	96.81	97.26
D1	63.92	55.56	60.27	51.48	50.40	50.83	55.40	54.44	57.67	54.56
D2	35.32	24.07	29.48	16.26	15.94	16.24	17.61	17.20	20.24	17.26

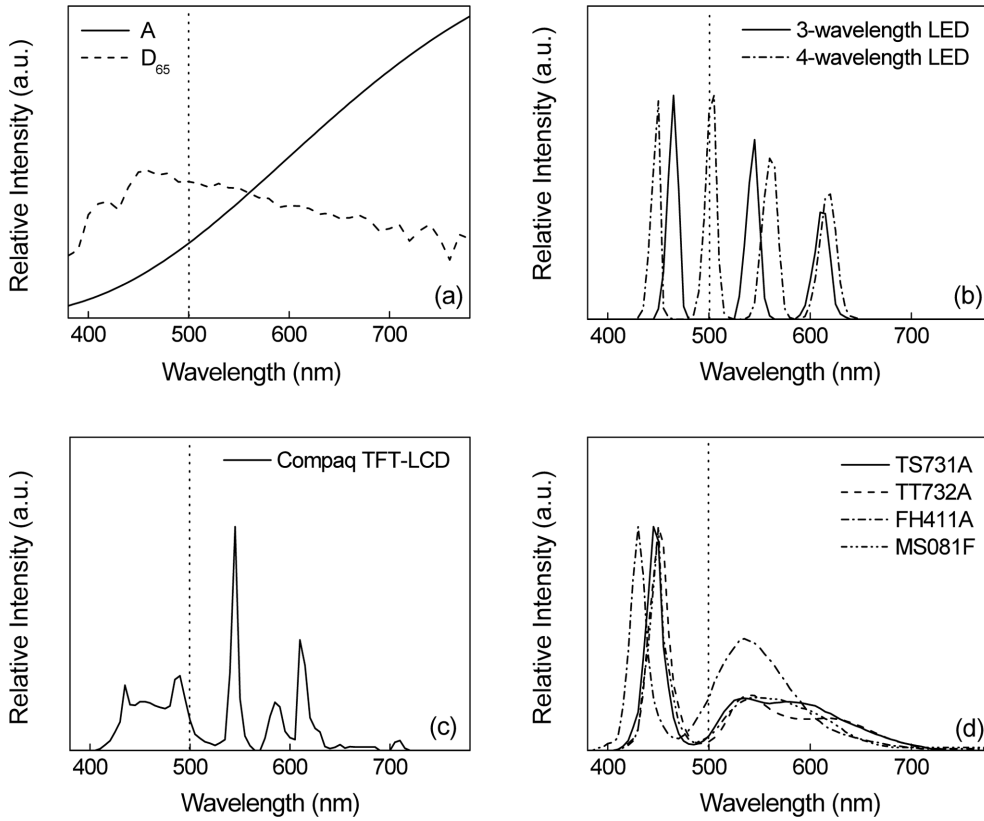


Fig. 2. The spectral distributions for various light sources.

Table 3. The percentage of blue light in the visible light of blue light blocking lenses for various light sources. P_{BL} and P_{BL}^* are the percentage of blue light in the visible light for incident light and transmitted light, respectively

Light Source	Const	A	D ₆₅	3-W	4-W	Compaq	TS731A	TT732A	FH411A	MS081F	
P_{BL} (%)	30.00	7.83	33.20	37.15	31.39	43.85	42.21	48.30	37.26	43.35	
P_{BL}^* (%)	A1	25.42	6.94	29.96	38.99	31.61	44.92	41.01	47.74	34.55	42.53
	A2	20.58	5.34	24.76	33.82	27.05	38.94	34.13	40.86	29.76	36.16
	A3	23.46	6.17	28.14	39.15	31.13	44.40	39.67	46.60	33.63	41.45
	B1	18.12	5.09	22.33	31.22	26.35	37.21	34.54	40.61	28.70	36.04
	B2	16.49	4.72	20.65	30.52	25.29	36.40	31.34	37.73	24.89	33.20
	B3	12.95	3.58	16.24	22.53	19.94	28.41	24.70	30.03	20.39	26.07
	C1	9.28	2.21	11.37	13.62	12.92	18.62	14.88	18.56	14.09	15.93
	C2	1.92	0.45	2.44	2.57	3.53	4.59	2.46	3.28	2.92	2.80
	D1	15.61	4.28	19.19	25.45	21.90	31.40	28.05	33.73	23.90	29.49
	D2	22.59	6.32	27.00	34.44	29.17	40.95	38.93	45.02	33.76	40.23

과광의 청광비율 P_{BL}^* 은 입사광의 청광비율 P_{BL} 이 큰 TT732A에 대하여 가장 컸지만, C1 및 C2 렌즈의 경우에는 Compaq TFT-LCD에 대하여 가장 큰 것으로 나타났다. 입사광의 청광비율 P_{BL} 은 광원이 방출하는 빛의 색상을, 투과광의 청광비율 P_{BL}^* 은 렌즈를 투과한 빛의 색상을 좌우한다. 청광비율이 높으면 푸른 계열의 색을, 청광비율이 낮으면 노랗거나 붉은 계열의 색을 띠게 된다.

$$P_{BL} = \frac{\int_{380}^{500} S(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} S(\lambda)d\lambda} \times 100(\%) \quad (3)$$

$$P_{BL}^* = \frac{\int_{380}^{500} \tau(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} \tau(\lambda)S(\lambda)d\lambda} \times 100(\%) \quad (4)$$

고찰

Table 2에는 여러 광원에 대한 각 렌즈의 청광차단율 R_{BL} 이 제시되어 있다. 렌즈의 청광차단율은 광원에 따라 그 값이 다르다는 것을 알 수 있다. 일정한 세기의 분포를 갖는 이상적인 광원인 Const를 제외한 9가지의 실제광원에 대한 각 렌즈의 청광차단율을 가장 큰 경우에는 굵은 체로, 가장 작은 경우에는 기울어진 굵은체로 나타내었다. 이에 따르면 9가지 광원 중, A1 렌즈는 FH411A 광원에 대한 청광을 가장 잘 차단(34.76%)시키는 반면, 3파장 LED 광원에 대한 청광은 상대적으로 잘 차단시키지 못하고(23.47%) 있다. 이는 A2, A3 렌즈에 대해서도 마찬가지이다. 그러나 B1, B2, B3 렌즈는 D_{65} 광원에 대한 청광은 잘 차단시키는 반면, B1, B3 렌즈는 4파장 LED 광원, B2 렌즈는 3파장 LED 광원에 대해서는 청광을 잘 차단시키지 못하고 있다. C1, C2 렌즈는 TS731A에 대한 청광은 잘 차단시키지만, 4파장 LED 광원에 대한 청광은 잘 차단시키지 못한다. D1, D2 렌즈는 D_{65} 광원에 대한 청광은 잘 차단시키지만, 4파장 LED 광원에 대한 청광은 잘 차단시키지 못한다.

한편, Fig. 2(a)-(d)을 보면 Compaq TFT-LCD나 삼성 LED BLU 광원은 다른 광원에 비하여 청광비율 P_{BL} 이 높다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 최근 시건강에 문제를 일으키는 것으로 알려져 있는 청광 대역의 분광분포곡선의 모양도 기존에 우리가 많이 접하던 백열전등(A 광원)이나 태양광(D_{65} 광원)과 크게 다른 모습을 하고 있음을 알 수 있다. 디스플레이 광원으로 사용되는 삼성 LED의 BLU 광원에서 방출되는 청광분광분포곡선은 3파장이나 4파장 LED 광원과 비슷한 모습을 하고 있다. 일정한 세기분포를 갖는 이상적인 광원과 9가지 광원에 대한 광원의 청광비율 P_{BL} 을 Table 3의 제2행에 제시하였다. 일정한 세기분포를 갖는 이상적인 광원(Const)에는 $P_{BL}=30.00\%$ 의 청광이, 백열전등과 유사한 광원분광분포를 갖는 A 광원에는 $P_{BL}=7.83\%$ 의 청광이, 그리고 태양광과 유사한 광원분광분포를 갖는 D_{65} 광원에는 $P_{BL}=33.20\%$ 의 청광이 포함되어 있다. 그러나 디스플레이에 사용되는 삼성 LED BLU TT732A 광원에는 무려 $P_{BL}=48.30\%$ 나 되는 청광이, 그리고 Compaq TFT-LCD 광원에는 $P_{BL}=43.85\%$ 의 청광이 포함되어 있어 BLU 광원에는 우리에게 익숙한 태양광에 포함되어 있는 청광비율인 $P_{BL}=33.20\%$ 보다 높은 40%이상의 청광이 포함되어 있다는 사실을 알 수 있다. Table 3의 2행에 태양광의 청광비율인 $P_{BL}=33.20\%$ 보다 높은 청광비율을 갖는 3파장, Compaq, 삼성 LED의 BLU에 대한 청광비율을 기울어진 굵은체로 나타내었다.

Table 3의 제3~12행에는 각 렌즈를 통과한 투과광의 청

광비율 P_{BL}^* 도 제시되어 있다. 이에 따르면 Const 광원에서 방출되는 빛이 B3 렌즈를 통과하면 청광비율은 $P_{BL}=30.00\%$ 에서 $P_{BL}^*=12.95\%$ 로 감소되며, A 광원에서 방출되는 빛은 7.83%에서 3.58%로, D_{65} 광원에서 방출되는 빛은 33.20%에서 16.24%로, 그리고 삼성 LED의 BLU TT732A 광원에서 방출되는 빛이라면 48.30%에서 30.03%로 감소된다.

지금까지 광원에 따른 청광차단렌즈의 성능의 변화 즉, 청광차단율과 청광비율의 변화에 대하여 논하였다. 그러나 이제 더 나아가 이러한 결과를 실무와 연계시키도록 하겠다. 실무에서 중요한 것은 소비자에게 어떠한 렌즈를 권할 것인가 즉, 어떠한 렌즈를 처방하여 줄 것인가 하는 문제이다. 그러나 현재 청광차단렌즈의 제품 포장지나 카탈로그 등에는 표준화되어 있지 않은 제조사 자체의 방식으로 색상이나 색농도, 투과율 범위 등이 표기되어 있으나 이마저도 명확하지 않을 뿐더러, 청광차단렌즈에서의 중요한 성능을 나타내는 렌즈의 청광차단율이나 투과광의 청광비율 등에 대한 정보는 찾아보기 힘들다. 이는 청광차단렌즈의 처방과 관련된 기준이나 규정이 없을 뿐 아니라, 이와 관련되어 참조할만한 전문적 교육자료나 연구결과가 없기 때문이다.

이에 본 고찰에서는 앞서 논의한 연구결과들을 실무적인 측면으로 확장시켜 현장에서 유용하게 활용할 수 있는 청광차단렌즈의 처방과 관련된 평가를 아래와 같이 시도하였다.

어떤 소비자가 시력저하나 눈부심을 호소하면서 청광차단안경을 착용할 목적으로 안경원을 내원한 경우를 고찰한다. 안경사는 적절한 청광차단렌즈를 처방해주어야 한다. 이때 최우선적으로 고려해야 할 사항은 사용자가 어떤 디스플레이를 사용하고 있는지를 파악해야 한다는 것이다. (그러나 아직 현장에서는 디스플레이에 대한 문진이 이루어지지 않고 있다.) 이는 Table 2에서 알 수 있듯이 어떤 하나의 렌즈일지라도 광원이 어떤 것이냐에 따라 청광차단율이 달라지기 때문이다. 즉, A1 렌즈의 경우, 사용자가 Compaq TFT-LCD($R_{BL}=25.58\%$)를 사용하고 있느냐, 혹은 삼성 LED의 FH411A($R_{BL}=34.76\%$)를 사용하고 있느냐에 따라 청광차단율이 달라지기 때문이다. 따라서 청광차단렌즈의 처방에 있어서 가장 우선적으로 고려해야 할 사항은 소비자가 어떤 사양의 디스플레이 광원을 사용하고 있는가에 대한 문진이다.

문진 결과, 소비자가 TT732A 광원을 사용하고 있는 경우를 고찰한다. 여기에서는 연구에 사용된 10종의 렌즈에 대하여 한정해서 논한다. 소비자를 위해 처방할 수 있는 렌즈는 Table 2의 10종 가운데서 선택된다. 소비자가 사용하는 광원은 TT732A이므로 Table 2에 의거하여 A1 렌즈

를 처방한다면 $R_{BL} = 29.67\%$, B3 렌즈를 처방한다면 $R_{BL} = 59.96\%$ 그리고 C2 렌즈를 처방한다면 $R_{BL} = 97.30\%$ 의 청광을 차단시킬 수 있다. 안경사는 이 10종의 렌즈 중에서 어떠한 렌즈를 처방할 것인지 숙고하겠지만 현재, 청광차단렌즈의 처방과 관련해서는 어떠한 기준이나 규정, 혹은 참고할 만한 임상결과나 학계의 연구결과가 없기 때문에 안경사는 합리적인 처방을 내리기가 곤란하다는 것이 현실이다.

그러나 본 연구의 결과인 Table 3에 따르면 이 시점에서 고려해야 하는 사항은 청광비율이어야 한다는 것이다. 이는 청광으로 유발되는 유해한 효과는 눈으로 입사되는 빛에 청광이 얼마나 많이 포함되어 있는지 즉, 청광비율이 좌우하기 때문이다. Table 3에 따르면 TT732A에는 $P_{BL} = 48.30\%$ 의 청광이 포함되어 있다. 안경사가 A1 렌즈를 처방한다면, 청광차단율은 $R_{BL} = 29.67\%$ 이고 렌즈를 통과하여 소비자의 눈으로 입사되는 빛에는 $P_{BL}^* = 47.74\%$ 의 청광이 포함될 것이다. 그리고 C2 렌즈를 처방한다면 $R_{BL} = 97.30\%$ 이고 렌즈를 통과한 투과광에는 $P_{BL} = 3.28\%$ 의 청광이 포함되어 있을 것이다. Table 2의 10가지 렌즈 중, 어떠한 렌즈가 가장 「적절한」 처방이 될 것인지를 생각할 문제이다.

다시, A1 렌즈의 경우를 보면 청광이 $R_{BL} = 29.67\%$ 차

단되기는 하였지만 투과광의 청광비율이 $P_{BL}^* = 47.74\%$ 로 입사광의 청광비율 $P_{BL} = 48.30\%$ 에 비해 불과 0.56% 밖에 감소하지 않았다. 따라서 여전히 눈으로 입사되는 청광비율이 높은 편이라 평가할 수 있다. C2 렌즈의 경우에는 대부분의 청광이 차단($R_{BL} = 97.30\%$)된다. 이 때문에 투과광에 포함된 청광의 비율이 너무 낮아 오히려 렌즈의 색상은 소비자의 기호도가 낮은 붉은 계통의 색상을 띠며, 게다가 착용 시 색상인지나 대비, 시력저하에 문제를 일으킬 수 있는 우려가 있어 너무 지나치게 차단($P_{BL}^* = 3.28\%$)된 것이라 평가할 수 있다.^[13-15]

적절한 처방을 내리고 싶지만 기준이나 규정이 없다. 그러나 여기서 한 가지 고려해볼만한 고찰로는 우리의 일상 생활이 태양광 하에서 이루어진다는 점이다. Table 3에 제시되어 있는 국제 CIE 표준광원 D₆₅ 광원은 태양광과 유사한 광원분광분포를 한다. 이 광원에는 $P_{BL} = 33.20\%$ 의 청광이 포함되어 있는데, 이 값에 준하여 투과광의 청광비율 P_{BL}^* 을 맞춘다면 A1 렌즈보다는 효율적으로 청광비율을 낮출 수 있어 청광으로 인한 유해한 효과를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, C2 렌즈에서와 같이 지나치게 청광이 차단된 렌즈의 선택은 막을 수 있을 것으로 평가된다.

TT732A에 대하여 이러한 경우가 B3 렌즈라 할 수 있다. 즉, B3 렌즈를 처방한다면 입사청광 중의 $R_{BL} = 59.96\%$

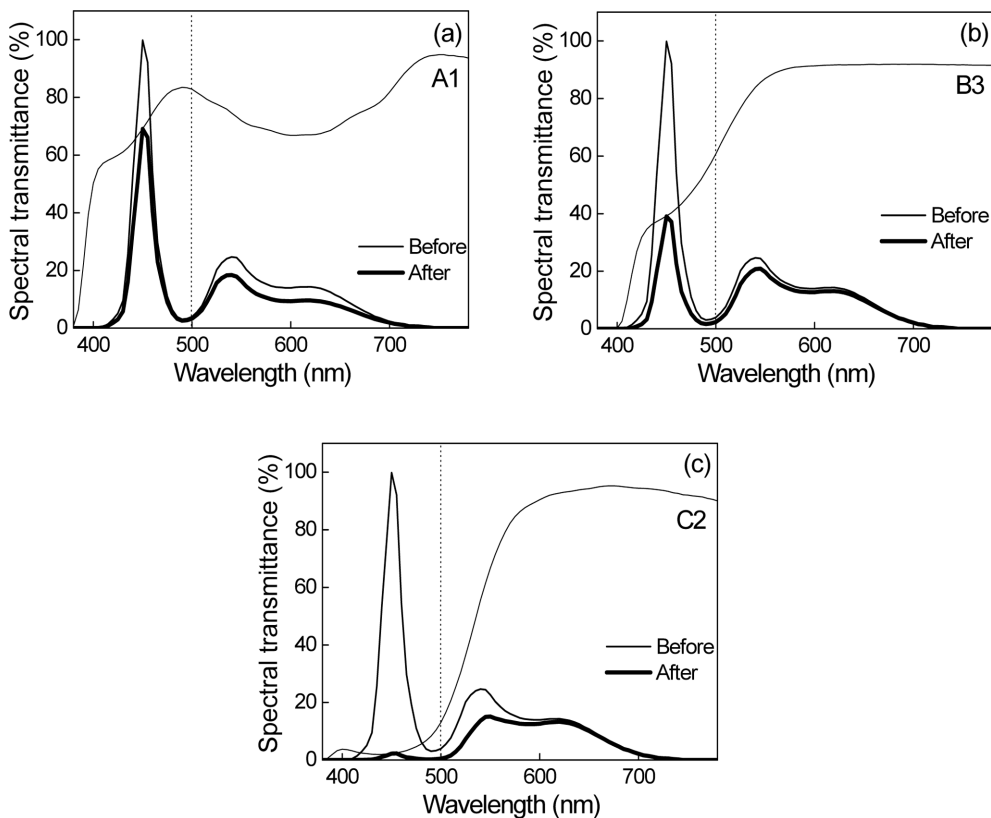


Fig. 3. The spectral distributions before and after passing A1, B3, and C1 lenses for TT732A.

를 차단시킬 수 있으며, 투과광의 청광비율은 $P_{BL}^* = 30.03\%$ 가 되어 A1 렌즈처럼 청광이 너무 적게 차단되어 유해한 효과가 남아있다거나, 혹은 C2 렌즈처럼 청광이 너무 지나치게 차단되어 오히려 부효과가 나타나는 선택은 피할 수 있게 된다. 즉, 투과광의 청광비율이 태양광의 청광비율에 준하는 정도로 맞추면 최소한 청광비율이 지나치게 낮거나 지나치게 과다하게 차단되는 경우는 피할 수 있는 렌즈의 범위를 선택할 수 있다는 것이다. Fig. 3(a)~(c)에 A1, B3, C2 렌즈분광분포, 이들 렌즈 통과 전의 TT732A 광원분광분포(Before), 그리고 각 렌즈를 통과한 후의 투과광분광분포(After)를 나타내었다. 이 그림을 보면 각 렌즈를 통과한 투과광의 청광차단율과 청광비율을 효과적으로 파악할 수 있고, 어떠한 렌즈가 처방에 적합한 렌즈인지 알아낼 수 있다.

이와 같은 고찰 하에서 각 광원에 대하여 처방 가능한 렌즈를 Table 3에 음영으로 나타내었다. 3파장 LED에는 A2, B1, B2, D2, Compaq TFT-LCD에는 D1, TS731A에는 A2, B1, B2, TT732A에는 B3, D1, FH411A에는 A1, A3, D2, 그리고 MS081F에는 B2가 적합한 것으로 평가되었다. 여러 가지 렌즈가 선택된 경우에는 Table 1의 색좌표와 투과율을 통해 기호에 맞는 색상과 투과율의 렌즈를 소비자 스스로가 선택하도록 하면 될 것이다.

지금까지의 청광차단렌즈의 선택과 관련된 본 고찰에서의 방법을 정리하면 다음과 같다. 청광차단렌즈의 선택에는 반드시 사용자 디스플레이에 대한 문진이 선행되어야 한다. 본 고찰에서는 Table 2와 Table 3이 사용되었지만, 실질적인 적용 측면에서는 제조업체와 협력하여 렌즈분광분포와 광원분광분포를 데이터베이스화시켜 식 (1)~(4)를 적용한 프로그램을 사용할 수 있다. 이러한 프로세스에서는 문진 결과로부터 알려진 디스플레이 모델을 입력하면 사용자에게 적합한 수준의 다양한 색상과 투과율의 청광차단렌즈가 출력된다. 이를 바탕으로 소비자는 안경사의 설명에 따라 자신의 기호에 맞는 색상의 렌즈를 선택하면 된다. 이와 같은 데이터베이스화와 프로그램을 만드는 것은 어려운 작업이 아니다.

이상의 고찰은 임상평가를 통해 수행된 결과는 아니다. 하지만, 본 고찰은 현재와 같은 청광차단렌즈의 처방과 관련된 기준이나 규정이 없는 상황에서 안경사들이 청광차단렌즈를 처방해야 하는 상황에 직면하였을 때, 청광을 제대로 차단시키지 못하여 청광으로 인한 효과를 효율적으로 막지 못하는 처방을 내린다거나, 혹은 부효과가 나타날 수 있는 지나친 청광차단 처방은 최소한도로 피하면서 처방을 내릴 수 있는 가이드나 지표의 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 청광차단렌즈의 개발이나 표기, 교육, 상담 등에도 활용되고, 여러 연구자들의 논의를 불러

일으켜 보다 개선된 그리고 타당한 방법이 고찰되고 평가되기를 기대한다. 실질적으로는 임상평가를 통해 최적의 청광차단렌즈를 처방하여야 하지만, 이는 상당한 시간과 노력이 요구되는 연구이므로 차후의 연구과제로 삼기로 한다.

결 론

스마트폰, 컴퓨터, TV 등의 디스플레이를 많이 접할 때 나타나는 시력 저하나 눈부심 등으로 인한 불편감, 피로감, 두통 등을 완화시키는 것으로 알려져 있는 청광차단렌즈 성능에 대한 광원 의존성 및 처방에 대한 고찰하였다.

연구를 위한 청광차단렌즈로는 4개사 10종이, 광원으로는 CIE 표준광원 A, D₆₅, 3파장 및 4파장 LED, 그리고 Compaq TFT-LCD와 삼성 LED의 BLU가 사용되었다. 각 광원에 대한 각 청광차단렌즈의 청광차단율과 청광비율을 구한 결과, 청광차단율과 청광비율은 모두 광원에 따라 다르게 나타났다. 특히, 디스플레이에 사용되는 BLU 광원의 청광비율은 모두 태양광의 청광비율보다 높았고, 대부분이 40%가 넘는 많은 청광을 포함하고 있었다.

이러한 결과들을 청광차단렌즈의 처방과 관련된 평가에 활용하였다. 청광차단렌즈의 처방을 위해서는 소비자가 사용하는 광원에 대한 문진이 반드시 선행되어야 한다. 청광차단렌즈 처방 시 청광차단율과 더불어 렌즈를 통과한 투과광의 청광비율을 태양광(D₆₅ 광원)의 청광비율에 준하여 처방하면, 청광차단율이 너무 낮아 청광으로 인해 나타나는 유해한 영향을 효과적으로 줄이지 못하거나, 혹은 청광이 지나치게 차단되어 나타나는 부효과는 최소한도로 피할 수 있는 처방을 할 수 있다.

본 연구에서의 고찰은 청광차단렌즈의 처방과 관련된 어떠한 기준이나 규정이 없었더라도 이와 관련하여 참조할만한 전문적 자료나 연구결과가 없는 현재와 같은 상황에서 안경사들이 청광차단렌즈에 대한 제품설명이나 상담, 처방 혹은, 제조사가 제품개발이나 홍보, 마케팅을 할 때, 도움이 될 수 있는 가이드나 지표 역할을 할 수 있으리라 사료된다. 또한 본 연구의 고찰이 여러 연구자들의 논의를 불러 일으켜 보다 개선된 그리고 타당한 방안들이 고찰되고 개발되기를 기대한다.

REFERENCES

- [1] Benjamin WJ. Clinical Refraction, 1st Ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998;Chap11.
- [2] Goo GU, Ryu SH, Lee SE. Optical characteristic of flexible back-light unit with plasma discharge clusters. Trans Electri Electron Mater. 2011;12(5):189-192.

- [3] Cho BG. Study on lighted frame using LED backlight system operated by sensing of light. *J Korean Soc Imaging Sic & Tech.* 2011;17(3):1-6.
- [4] Kim, YC, Kang HS, Cho E, Kim DY, Chung DS, Kim IH, et al. Building a backlight unit with lateral gate structure based on carbon nanotube field emitters. *Nanotechnology.* 2009;20(9):594-605
- [5] Kim HJ, Kim DW, Kim SW. Improvement of optical and thermo-mechanical properties of polycarbonate-based diffusers for LED backlight unit by incorporation of porous silica particles. *Polymer.* 2012;36(6):761-767.
- [6] Lee SJ, Lee JC. Design and evaluation of LCD backlight unit by LED array modules. *Trans Electrical and Electronics Materials.* 2008;9(3):110-115.
- [7] Elecom. Blue light cut glasses for protecting your eyes in a stylish design, made with clear lenses for natural visibility, 2013. <http://www.elecom.co.jp/global/release/201301/og-ablc05/index.html>(22 January 2013).
- [8] Park SI. The effect of brown tinted or UV-A blocking ophthalmic lens against the photooxidation of A2E a lipofuscin in retina. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(1):91-97.
- [9] Lee CW, Jeong KI, Hwang KH, Lee SJ, Yoo GC. A study of Sterilization effect of long-wavelength UVA-LED irradiation on bacteria causing eye diseases. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(1):99-105.
- [10] Park, MJ, Kim SH, Ku BK, Kim SR. Comparisons of the change in soft contact lenses parameters and the cleaning efficiency after eyeliner deposition. *J Korean Oph Opt Soc.* 2013;18(2):107-115.
- [11] Kim SR, Choi JH, Lee KG, Park MJ. Changes in the covering of pupil and the visual acuity by the illuminance when wearing circle soft contact lens. *J Korean Oph Opt Soc.* 2013;18(1):19-25.
- [12] Choi EJ, Lee SU, Lee EJ, Yoon MJ, Jeong JH, Kim CJ, et al. Empirical fitting curve for luminous transmittance in tinted lenses using superposition of exponential decay curves. *J Korean Oph Opt Soc.* 2011;16(3):283-291.
- [13] Lee SH, Lee YJ, Cho HG. Changes of contrast sensitivity according to light transmittance of color lenses. *Korea Academia-Industrial Cooper Soc.* 2009;10(11):3427-3433.
- [14] Song YY, Lee HJ. Studies in changes in color sensation of traffic lights when wearing sunglasses. *Korean J Vis Sci.* 2003;5(2):45-61.
- [15] Park SA, Kim YG. The confusing color line of the color deficiency in panel D-15 using CIELab color space. *J Korean Oph Opt Soc.* 2001;6(1):139-144.

A Study on Blue Light Blocking Performance and Prescription for Blue Light Blocking Lens

Young Guk Yu and Eun Jung Choi*

Dept. of Optometry, Konyang University, Daejeon 302-718, Korea

(Received July 27, 2013; Revised September 1, 2013; Accepted September 14, 2013)

Purpose: To investigate blue light rejection and the percentage of blue light in the visible light of blue light blocking lens according to light source, and to study prescriptions for blue light blocking lens **Methods:** UV-VIS spectrophotometer was used for blue light rejection and the percentage of blue light in the visible light according to light source, and the percentage of blue light in solar light was used to evaluate the prescription for blue light blocking lens. **Results:** The blue light rejection and the percentage of blue light in the visible light of each lens were depending on light sources. Through the way to compare the percentages of blue light in the visible light passing through the lens with that in solar light, blue light blocking lenses suitable to each light source could be selected. **Conclusions:** In the prescription for blue light blocking lens, inquiry for user's display must be preceded. And then the percentages of blue light in the visible light passing through the lens based on that in solar light may be useful as a method of evaluating the prescription for blue light blocking lens.

Key words: Blue light blocking lens, Blue light rejection, Percentage of blue light, Display, Back light