

Performance Evaluation of Blue Light Meters in the Market

Gu Hwa Seo^{1,a}, Myoung-Hoon Jung^{2,b}, Chang-Jin Kim^{3,c}, and Eun Jung Choi^{4,d,*}

¹Dept. of Optometry, Graduate School of Konyang University, Student, Daejeon 35365, Korea

²Dept. of Optical Science, Daejeon Institute of Science and Technology, Lecturer, Daejeon 35408, Korea

³Dept. of Optometry, Konyang University, Lecturer, Daejeon 35365, Korea

⁴Dept. of Optometry, Konyang university, Professor, Daejeon 35365, Korea

(Received October 24, 2021: Revised November 13, 2021: Accepted November 20, 2021)

Purpose: To investigate whether the blue light meters in the market are suitable for evaluating the blue light blocking performance of lenses. **Methods:** The blue light blocking performance of the blue light meters was evaluated by quantifying the spectral distribution of the light sources of the blue light meters, blue light blocking rate of the lenses, and the spectral transmittance of the lenses. **Results:** The light sources used in the blue light meters emitted visible light with a narrow line width centered at 400 nm. Owing to these characteristics, the measured values of the blue light blocking rate measured with the blue light meters greatly deviated from the values measured by the international standard ISO 12312-1:2013. **Conclusions:** It was confirmed that the light sources used in blue light meters in the market were insufficient to evaluate the blue light blocking performance. It is necessary to develop light sources required for a blue light meter that can be demonstrated to the consumers in optical shops without significantly departing from the results measured by the international standard and research on the blue light measurement method.

Key words: Blue light meter, LED light source, Blue light blocking lens, Blue light hazard, Blue light blocking ratio

서 론

청색광 측정기(blue light meter)란 렌즈의 청색광 차단 성능을 평가할 수 있는 기기로 안경원 등에서 소비자를 대상으로 간편하게 렌즈의 청색광 차단성능을 시연할 때 사용된다. 광원부, 거치부, 평가부 등의 3부분으로 구성되어 있다. 광원부에 청색광을 방출하는 광원이 있고, 거치부에 렌즈를 거치시킬 수 있으며, 평가부에서 렌즈의 청색광 차단성능을 평가할 수 있다. 평가방식에 따라 직접측정 방식과 육안확인 방식이 있다. 전자의 경우는 평가부에 광검출기가 장착되어 있어서 광량을 측정함으로써 렌즈의 청색광 차단율을 정량적으로 측정할 수 있다. 청색광 차단율은 거치부에 렌즈를 거치시키기 전과 후에 측정되는 광량의 비로 구한다. 후자의 경우는 렌즈에 의해 청색광의 세기가 감소되는 것을 단지 육안으로만 관측할 수 있을 뿐이다.

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기는 안경사나 소비자들을 위한 시연용으로 제작된 것이기 때문에 정확한 결과를 기대할 수는 없다. 하지만 시장에서 유통되고 있는

측정기들이 제조사마다 평가방식이 다르고 광원이나 광검출기가 표준화되어 있지 않다는 점은 제품에 대한 불신과 혼란을 가져올 수 있기 때문에 문제가 아니할 수 없다. 그럼에도 아직까지 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기에 대한 실태조사나 관련된 연구 등이 진행된 바가 없다.

본 연구에서는 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기들이 렌즈의 청색광 차단성능을 평가하는데 적합한지 알아보았다. 청색광 측정기들에 사용된 광원의 분광분포, 렌즈의 청색광 차단율 및 분광투과율 등을 조사하고 표준적 방식에 따라 측정된 결과와 비교하면서 문제점에 대하여 알아보았다.

청색광 및 청색광 차단과 관련된 기본적인 이해가 요구되므로 필요한 내용을 알아보았다.

파장 435~440 nm를 중심으로 한 선폭 60 nm 대역의 가시광선에 광생물학적 노출한계(photobiological exposure limit)이상의 시간동안 노출되면 광화학적 망막손상(photochemical retinal injury)으로 인한 광망막염(photoretinitis)이 유발되어 시력이 손상될 수 있다.^[1-8] 이 대역의 가시광선은 색상의 관점에서 자색광(400 nm)과 청색광(460 nm)

*Corresponding author: Eun Jung Choi, TEL: +82-42-600-8425, E-mail: ejchoi@konyang.ac.kr

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0003-4339-089X>, ^b<https://orcid.org/0000-0002-5431-3454>, ^c<https://orcid.org/0000-0002-9440-4721>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-5020-3055>

사이에 있기 때문에 보라빛이 감도는 푸른빛을 띠지만 통상적으로 청색광(blue light)이라 하며, 이로 인한 광화학적 망막손상의 위험을 청색광 위험(blue light hazard)이라 한다.^[9-14] 색상 관점에서의 청색광(460 nm를 중심으로 한 선폭 30 nm 대역의 가시광선)과 광화학적 망막손상 관점에서의 청색광(파장 435~440 nm를 중심으로 한 선폭 60 nm 대역의 가시광선)을 명확히 구분하는 것은 중요한 일이다. 본 연구에서 언급되는 청색광이란 모두 후자의 경우를 말한다.

청색광 위험(blue light hazard)이 알려진 것은 오래 전 일이지만 백열등이나 형광등에 비해 청색광 비율이 월등히 높은 LED 광원이 실내의 조명, 모니터, 스마트폰, 전조등, 가로등 등에 사용되면서 일반인들에게도 널리 알려지게 되었다.^[15-18] 청색광 차단렌즈(blue light blocking lens)는 이들 광원에서 방출되는 청색광으로부터 시력을 보호하고자 개발된 렌즈이다.^[10]

청색광으로 인한 광화학적 망막손상의 위험도를 파장에 따라 나타낸 분포를 청색광 위험함수(blue light hazard function) $B(\lambda)$ 라 한다. Fig. 1에 파선(dash line)으로 나타내었다.^[11,12] 일그러진 종(bell) 모양을 띠며 위험도는 435~440 nm에서 1.0으로 가장 높다. 청색광 차단렌즈는 이 대역의 광선을 효과적으로 차단하도록 설계되어야 하겠지만 실제의 경우에 있어서는 광원의 분광특성도 고려해야 한다. 이를 고려하면 광원에서 방출되는 실질적인 청색광 분포 $S_B(\lambda)$ 는 식 (1)에서와 같이 광원의 분광분포 $S(\lambda)$ 에 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 를 가중한 것과 같다. 청색광 차단설계 시에는 이러한 청색광 분포 $S_B(\lambda)$ 의 특성이 반영되어야 한다.

$$S_B(\lambda) = B(\lambda) \times S(\lambda) \quad (1)$$

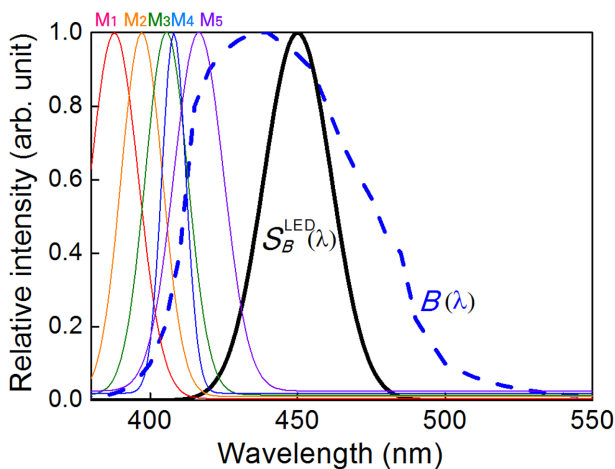


Fig. 1. Blue light hazard function $B(\lambda)$, blue light distribution of everyday LED light sources $S_B^{LED}(\lambda)$ and relative spectral power distributions of 5 kinds of blue light meters in the market (M1, M2, M3, M4, and M5).

일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광에 대한 연구가 모니터, 스마트폰, 노트북, 실내외 조명 등을 대상으로 수행된 바 있다.^[11] 이에 따르면 일상의 LED 광원에 대한 청색광 분포 $S_B^{LED}(\lambda)$ 는 파장 450 nm를 중심으로 한 선폭 27 nm의 가우스 분포를 띤다. Fig. 1에 실선으로 나타내었다. 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 와 비교하면 피크파장은 10~15 nm 정도 장파장 방향으로 이동되어 있고, 선폭은 절반 정도이다. 청색광 차단렌즈는 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 가 아닌 일상의 LED 광원의 청색광 분포 $S_B^{LED}(\lambda)$ 를 기준으로 하여 설계되어야 하며, 최근 실질적인 결과가 도출되었다.^[11,19,20]

실험 및 방법

청색광 측정기의 청색광 차단성능 평가를 위해 시중에서 유통되고 있는 5종의 청색광 측정기와 4종의 청색광 차단렌즈를 이용하였다. 5종의 청색광 측정기 중, 2종은 청색광 차단율을 정량적으로 측정할 수 있는 직접측정 방식이고, 3종은 청색광이 차단되는 것을 육안으로만 관측할 수 있는 육안확인 방식이다. 4종의 청색광 차단렌즈 중, 1종은 광흡수체가 이용되어 제조된 제품이고, 3종은 코팅 방식으로 제조된 제품이다.

청색광 측정기에 사용된 광원들의 분석을 위해 분광조도 측정계(spectral irradiance colorimeter, SPIC-200, EVERFINE, China)로 분광복사조도(spectral irradiance, $W/m^2 \cdot nm$)를 측정 후 회귀분석을 하여 광원의 분광분포를 구하였다. 렌즈의 분광투과율은 UV-VIS 분광광도계(UV-2450, Shimadzu, Japan)를 이용하여 가시광선 범위(380~780 nm)에서 측정하였고, 청색광 차단율에 대한 표준값은 국제표준 ISO 12312-1:2013(Clause 5.3.1-Uniformity of luminous transmittance and Clause 5.3.5.2.3-Blue-light transmittance) 및 ANSI Z80.3: 2010(Clause 4.6.1-Luminous transmittance and Clause 4.5.6-Blue light transmittance)등을 통하여 구하였다.^[11] 청색광 측정기를 이용한 청색광 차단율 측정은 청색광 측정기 검출부에서 측정되는 광량을 기준으로 하여 구하였다.

결과 및 고찰

1. 광원분석

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기들에 사용된 광원을 분석하기 위하여 분광복사조도(spectral irradiance, $W/m^2 \cdot nm$)를 측정한 후, 상대적 크기로 환산하여 Fig. 2(a)~(e)에 ●로 나타내었다. 5종의 청색광 측정기는 각각 M1, M2, M3, M4, M5로 나타내었다. 측정값들의 분포는 파장 400 nm 전후를 중심으로 선폭이 좁은 피크(peak) 모양을 하고 있다. 가우스 분포를 맞춤곡선(fitting curve)

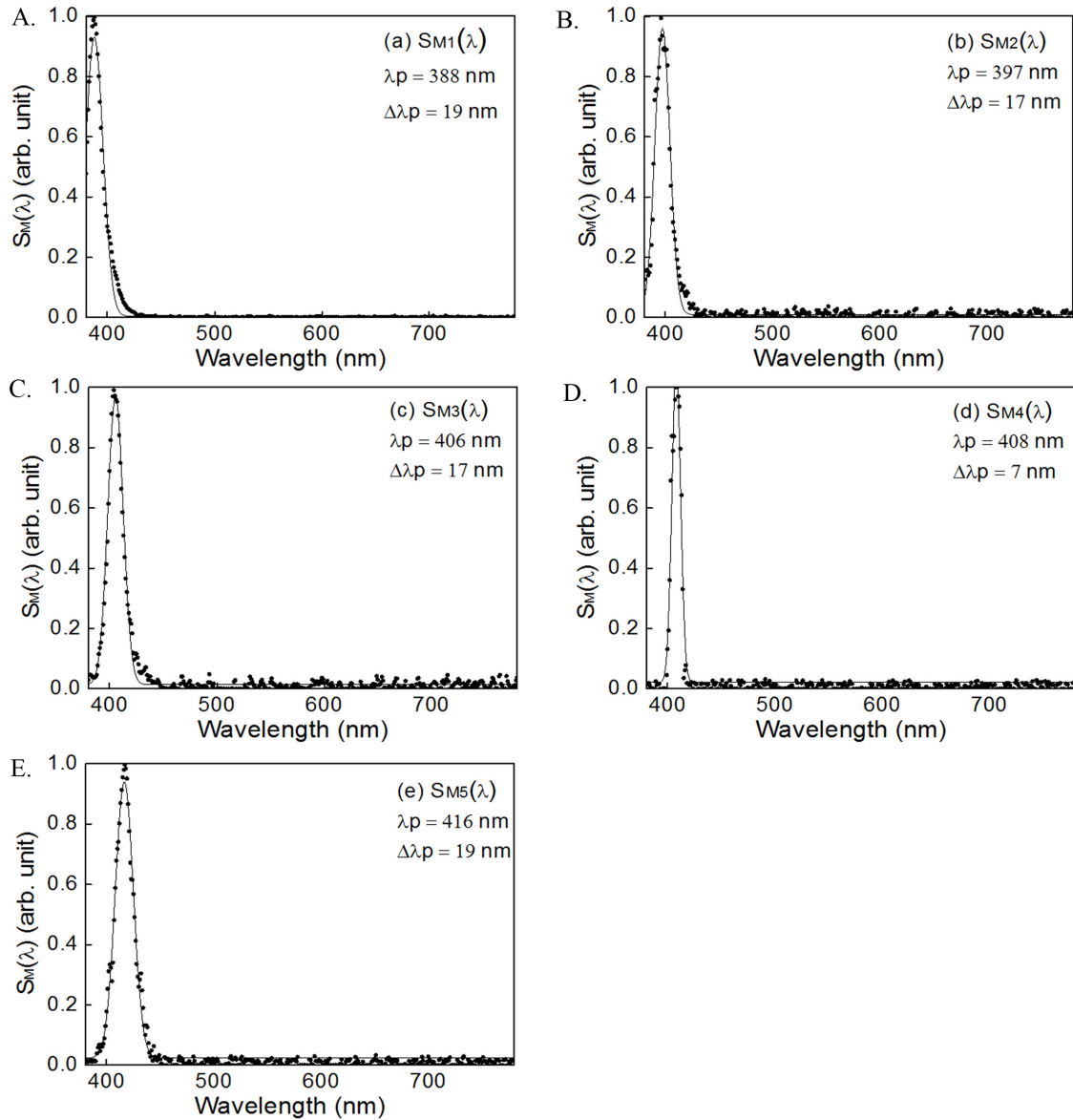


Fig. 2. Spectral power distributions of 5 kinds of blue light meters in the market.

으로 회귀분석 하여 각 광원의 분광분포 $S_{M_i}(\lambda)$ ($i=1,2,3,4,5$)를 구한 후, 그림에 실선으로 나타내었다. 피크파장 (peak wavelength)과 선폭(full width at half maximum, FWHM)을 각각 λ_p 과 $\Delta\lambda_p$ 로 표기하여 그림의 우측상단에 제시하였다. 5종의 측정기 광원에서 방출되는 가시광선에 대한 피크파장 λ_p 은 388~416 nm 범위에 분포되어 있었고, 선폭 $\Delta\lambda_p$ 은 M4에서 7 nm로 가장 협소하였다.

각 청색광 측정기에 사용된 광원의 분광분포 $S_{M_i}(\lambda)$ 를 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 및 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광 분포 $S_b^{LED}(\lambda)$ 와 비교하기 위하여 Fig. 1과 Table 1에 함께 나타내었다.

(i) 광원의 색상: 눈은 가시광선을 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)의 색상으로 느낀다.^[11] 이에 따르면 Table 1에 제시된 5종의 측정기 광원에서 방출되는 가시광선은 사실상 청색(blue) 계열이 아닌 자색(violet) 계열에 속한다는 것을 알 수 있다.

(ii) $S_{M_i}(\lambda)$ vs $B(\lambda)$: $B(\lambda)$ 에 따르면 청색광 위험도는 파장 435~440 nm에서 1.0으로 최대이고 이 파장대를 벗어나면 현저히 줄어든다.^[1] Table 1에 제시된 각 청색광 측정기 광원들의 피크파장 λ_p 은 청색광 위험도가 가장 높은 435~440 nm 파장대에서 상당히 벗어나 있다. 특히, M1, M2의 피크파장 λ_p 에 해당하는 388 nm, 397 nm에서의 위험도는 435~440 nm에서의 위험도 대비 1.0% 수준 밖에 되지 않을 정도로 미미하다. 게다가 파장 388 nm, 397 nm인 광선은 일상의 LED 광원에서는 거의 방출되지 않는다.^[1]

Table 1. Peak wavelengths λ_p and full width at half maximums $\Delta\lambda_p$ for blue light distributions of 5 kinds of blue light meters $S_{Mi}(i=1,2,3,4,5)$, blue light function and blue light distribution of everyday LED light sources $S_B^{LED}(\lambda)$

Distribution	$S_{M1}(\lambda)$	$S_{M2}(\lambda)$	$S_{M3}(\lambda)$	$S_{M4}(\lambda)$	$S_{M5}(\lambda)$	$B(\lambda)$	$S_B^{LED}(\lambda)$
Peak wavelength λ_p (nm)	388	397	407	408	416	435~440	450
FWHM $\Delta\lambda_p$ (nm)	19	17	17	7	19	60	27

(iii) $S_{Mi}(\lambda)$ vs $S_B^{LED}(\lambda)$: 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광 $S_B^{LED}(\lambda)$ 은 파장 450 nm에서 위험도가 가장 높다. 이를 기준으로 5종의 청색광 측정기 광원들에 대한 피크파장 위치에서의 청색광 위험도를 살펴보면 M1($\lambda_p=388$ nm): 4.47×10^{-7} , M2($\lambda_p=397$ nm): 2.29×10^{-5} , M3($\lambda_p=407$ nm): 8.83×10^{-7} , M4($\lambda_p=408$ nm): 1.22×10^{-3} , M5($\lambda_p=416$ nm): 1.23×10^{-2} 으로 매우 낮다.

결과적으로 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기에는 청색광 위험도가 매우 낮고 선풍이 좁은 자색(violet) 계열의 가시광선을 방출하는 광원이 사용되었다는 점을 알 수 있다. 이러한 가시광선은 국제표준 ISO 12312-1:2013에 규정된 표준광원에서 크게 벗어난 것이며 일상의 LED 광원에서도 거의 방출되지 않는 가시광선이다.

2. 렌즈의 청색광 차단율 분석

청색광 측정기에 사용된 광원들의 특성이 청색광 측정에 요구되는 표준광원의 특성에서 크게 벗어나 있다는 점은 렌즈의 청색광 차단율 측정값에 큰 영향을 미칠 것으로 보인다. 시중에서 유통되고 있는 측정기와 국제표준 ISO 12312-1:2013으로 측정된 청색광 차단율 값을 통해 이를 확인하고자 한다. 청색광 차단율은 R_{BL} 으로 나타내기 위해 한다. 광원분석 시에는 5종의 청색광 측정기를 대상으로 하였지만, R_{BL} 을 정량적으로 측정할 수 있는 기기는 M2, M5 뿐이므로 이들만을 대상으로 진행하였다. R_{BL} 의 측정을 위한 대상렌즈로는 시중에서 널리 유통되고 있는 4종의 청색광 차단렌즈를 이용하였다. 각 렌즈는 L1, L2, L3, L4로 나타내었다.

Table 2에 청색광 측정기 M2, M5, 국제표준 ISO 12312-1:2013으로 측정된 4종의 렌즈에 대한 R_{BL} 을 나타내었다. 1열의 M2로 측정된 결과를 보면 청색광 차단성능이 가장

Table 2. Blue light blocking ratios measured using blue light meters(M2 and M5), and international standard ISO 12312-1:2013

Lens	Blue light blocking ratio (%)		
	M2 ($\lambda_p=397$ nm)	M5 ($\lambda_p=416$ nm)	ISO 12312-1:2013
L1	100	54	13.7
L2	87	32	14.2
L3	92	31	14.4
L4	82	39	19.3

우수한 렌즈는 $R_{BL}=100\%$ 인 L1 렌즈로 입사되는 가시광선을 완벽히 차단한다. 청색광 차단성능이 가장 낮은 렌즈는 L4 렌즈로 $R_{BL}=82\%$ 이다. 2열의 M5로 측정된 결과를 보면 역시 L1 렌즈가 $R_{BL}=54\%$ 로 가장 우수하고 L3 렌즈는 $R_{BL}=31\%$ 로 성능이 가장 낮다. 그러나 3열의 국제표준 ISO 12312-1:2013으로 측정된 결과값을 보면 청색광 차단성능이 가장 우수한 렌즈는 L4 렌즈로 $R_{BL}=19.3\%$ 이고, 가장 낮은 렌즈는 L1 렌즈로 $R_{BL}=13.7\%$ 라는 전혀 다른 결과가 나온다.

결과적으로 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기로 측정된 결과와 ISO 12312-1:2013로 측정된 결과는 서로 크게 다르다는 것을 확인할 수 있다.

3. 렌즈의 분광투과율 분석

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기로 측정된 렌즈들의 R_{BL} 이 ISO 12312-1:2013로 측정된 결과값과 크게 다르게 나타난 점을 렌즈의 분광투과율을 통해 알아보았다. 가시광선 범위(380~780 nm)에서 측정된 각 렌즈의 파장에 따른 투과율(transmittance, %)의 일부(380~500 nm)를 Fig. 3과 Table 3에 나타내었다. Fig. 3의 상단에 파장 397 nm, 400 nm, 405 nm, 416 nm, 435 nm, 450 nm의 위치를 표시하였다. Fig 3 혹은 Table 3에서 파장 397 nm, 416 nm는 각각 측정기 M2, M5에서 방출되는 가시광선의 피크파장 λ_p 에 해당한다. 400 nm, 405 nm는 안경업계에서 청색광 차단 렌즈의 성능을 언급할 때 흔히 사용하는 파장이다. 435 nm,

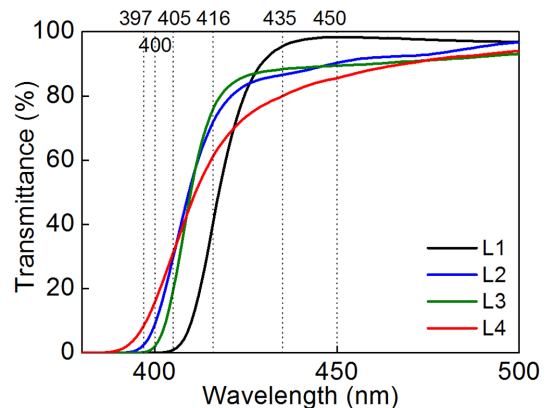


Fig. 3. Transmittance as a function of wavelength for 4 kinds of blue light blocking lenses.

Table 3. Transmittance of 4 kinds of blue light blocking lenses at various wavelengths

Wavelength (nm)	Transmittance (%)			
	L1	L2	L3	L4
397	0.0	2.5	0.2	8.6
400	0.0	8.8	2.0	15.8
405	0.9	30.0	19.3	31.1
416	40.6	72.0	76.0	61.3
435	95.5	86.6	88.3	80.0
450	98.3	90.3	89.4	85.5

450 nm는 각각 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 와 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광 $S_B^{LED}(\lambda)$ 에 대한 피크파장이다.

L1 렌즈와 3중 렌즈(L2, L3, L4)들 사이에 두 가지 큰 차이점이 있다. 하나는 제조방식에서의 차이로 L1 렌즈는 반사코팅 방식이 아닌 자외선 및 단파장 가시광선 광흡수제가 첨가되어 제조된 렌즈이다. 이 때문에 반사코팅 방식에서 필연적으로 나타나는 고스트 이미지(ghost image)가 발생되지 않는다. 3중 렌즈(L2, L3, L4)는 반사코팅 방식으로 제조된 제품으로 고스트 이미지가 발생된다. 다음으로 투과율 곡선에서의 차이를 들 수 있다. Fig. 3을 보면 대략적으로 파장 425 nm 근처 이하에서는 3중 렌즈(L2, L3, L4)들의 투과율이 높지만, 이 파장대 근처 이상에서는 L1 렌즈의 투과율이 높다. 특히, L1 렌즈는 450 nm 부근에서 투과율이 매우 높다. 여러 파장에서의 투과율과 관련하여 다음과 같이 고찰하였다.

(i) 397 nm, 416 nm: Fig. 3과 Table 3에서 측정기 M2 광원의 피크파장에 해당하는 397 nm에서의 투과율을 보면 L1 렌즈는 0.0%, L4 렌즈는 8.6%이다. 측정기 M5 광원의 피크파장에 해당하는 416 nm에서의 투과율을 보면 L1 렌즈는 40.6%이고, 다른 3중의 렌즈는 60~70% 수준이다. M2에서는 397 nm를 피크파장으로 하는 선폭 17 nm의 광선만 방출되므로 렌즈의 397 nm 대역에 해당하는 투과율만이 측정된다. 마찬가지로 M5에서는 416 nm를 피크파장으로 하는 선폭 19 nm의 광선만 방출되므로 렌즈의 416 nm 대역에 해당하는 투과율만이 측정된다.

결국, 두 측정기 M2, M5에 사용된 광원은 자신이 방출하는 광선과 관련된 국한된 범위에서의 투과율만을 측정할 수 있는 광원으로 렌즈의 실질적인 청색광 차단성능을 평가하는 데는 미흡하다.

(ii) 400 nm, 405 nm: 400 nm에서 L1의 투과율은 0.0%이지만 3중은 2~15% 범위에 있다. 405 nm에서 L1 렌즈의 투과율은 0.9%이지만 L3, L4는 30%에 도달한다. 이에 따르면 L1 렌즈는 400 nm, 405 nm 파장대를 거의 완벽히 차단한다고 할 수 있다. Fig 1의 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광 분포 $S_B^{LED}(\lambda)$ 와 비교해보면 400 nm, 405 nm

파장대의 가시광선은 일상의 LED 광원에서는 거의 방출되지 않을뿐더러 청색광 위험도 7.42×10^{-7} 및 1.08×10^{-7} 으로 극히 낮다. 따라서 파장 400 nm, 405 nm에 대한 청색광 차단을 평가한다는 것은 의미가 없는 일이라 하겠다. 그럼에도 Table 1에 따르면 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기에 대부분 400 nm 내지는 405 nm 대역 근처의 가시광선을 방출하는 광원이 사용되고 있다는 점은 문제가 아니라 할 수 없다.

(iii) 435 nm, 450 nm: 각각 청색광 위험함수 $B(\lambda)$ 와 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광 $S_B^{LED}(\lambda)$ 에서 위험도가 가장 높은 파장에 해당한다. 특히, 대부분의 청색광은 일상의 LED 광원에서 방출되므로 청색광 측정기에는 450 nm 대역의 가시광선을 집중적으로 분석할 수 있는 광원이 사용되어야 할 것이다. 이와 더불어 청색광 차단렌즈는 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광을 차단하는 것이 목적이므로 450 nm 대역의 광선을 효과적으로 차단할 수 있도록 설계되어야 한다. 이러한 관점에서 4중 렌즈에 대한 450 nm에서의 투과율을 비교해보면 L1 렌즈의 투과율은 98.3%로 다른 렌즈의 투과율에 비해 월등히 높다.

결국, 400 nm, 405 nm 파장대는 일상의 LED 광원에서는 거의 방출되지도 않고 청색광 위험도 매우 적기 때문에 차단설계에 있어서 크게 고려하지 않아도 되는 파장대이며 450 nm 파장대는 일상의 LED 광원에서 청색광 위험도가 가장 높은 대역이기 때문에 초점을 두고 차단설계를 하여야 함에도 불구하고, L1 렌즈의 경우는 오히려 400 nm, 405 nm 대역의 광선은 완벽히 차단하고 오히려 가장 중요한 450 nm 대역은 거의 다 투과시킨다는 문제점을 보이고 있다.

안경원 등에서는 소비자를 대상으로 저렴하고 간편하게 사용하고자 하는 청색광 측정기를 국제표준 ISO 12312-1:2013으로 측정된 결과와 잘 일치하는 수준까지 성능을 높여 제작하는 것은 무리라 할 수 있다. 하지만 현재 유통되고 있는 청색광 측정기로 측정된 결과는 렌즈의 청색광 차단성능을 지나치게 왜곡시켜 렌즈의 성능에 대한 불신과 혼란을 불러일으킬 수 있는 만큼, 국제표준으로 측정된 결과에서 크게 벗어나지 않을 수준의 청색광 측정기용 광원의 개발과 청색광 측정방식에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결 론

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기들이 렌즈의 청색광 차단성능을 평가하는 데 적합한지 알아보기 위하여 5종의 청색광 측정기와 4종의 청색광 차단렌즈를 대상으로 하여 광원의 분광분포와 렌즈의 청색광 차단을 및 분

광투과율 등을 조사하였다.

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기들에 사용된 광원은 청색광 위험도가 낮고 선폭이 좁은 자색 계열의 가시광선을 방출하는 광원이었고, 이러한 특성은 국제표준 ISO 12312-1:2013에 규정된 표준광원이나 일상의 LED 광원에서 방출되는 청색광의 특성과는 크게 차이나는 것이었다. 청색광 차단율 측정으로부터 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기로 측정된 결과와 ISO 12312-1:2013로 측정된 결과가 크게 다르다는 것, 렌즈의 분광투과율 측정으로부터 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기에 사용된 광원들은 자신이 방출하는 광선과 관련된 국한된 범위에서만 투과율을 측정할 수 있는 광원이라는 것을 알 수 있었다.

국제표준으로 측정된 결과에서 크게 벗어나지 않으면서 안경원 등에서 소비자를 대상으로 시연할 정도의 청색광 측정기에 요구되는 광원의 개발과 청색광 측정방식에 대한 연구가 필요한 시점이다.

감사의 글

이 논문은 2020학년도 건양대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

REFERENCES

- [1] Son Y, Yang SJ, Kim CJ, et al. Performance optimization of blue-light blocking lens through analysis of blue light emitted from LED light sources. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(4):393-400. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.4.393>
- [2] The international commission on non-ionizing radiation protection. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys.* 2004;87(2):171-186. DOI: <http://doi.org/10.1097/00004032-200408000-00006>
- [3] Algrever PV, Marshall J, Seregard S. Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard. *Acta Ophthalmol Scand.* 2006;84(1):4-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2005.00627.x>
- [4] Sasseville A, Paquet N, Sevigny J, et al. Blue blocker glasses impede the capacity of bright light to suppress melatonin production. *J Pineal Res.* 2006;41(1):73-78. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-079x.2006.00332.x>
- [5] Taylor HR, Munoz B, West S, et al. Visible light and risk of age-related macular degeneration. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1990;88:163-173.
- [6] Hattar S, Lucas RJ, Mrosovsky N, et al. Melanopsin and rod-cone photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. *Nature.* 2003;424(6944):75-81. DOI: <http://doi.org/10.1038/nature01761>
- [7] Sliney DH, Freasier BC. Evaluation of optical radiation hazards. *Applied Optics.* 1973;12(1):1-24. DOI: <http://doi.org/10.1364/AO.12.000001>
- [8] Cajochen C, Frey S, Anders D, et al. Evening exposure to a light-emitting diodes(LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol.* 2011;110(5):1432-1438. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00165.2011>
- [9] Fletcher AE, Bentham GC, Agnew M, et al. Sunlight exposure, antioxidants, and age-related macular degeneration. *Arch Ophthalmol.* 2008;126(10):1396-1403. DOI: <http://doi.org/10.1001/archophth.126.10.1396>
- [10] Jung MH, Yang SJ, Yuk JS, et al. Evaluation of blue light hazards in LED lightings. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(3):293-300. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.293>
- [11] Kim CJ, Choi SW, Yang SJ, et al. 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. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.135>
- [12] Jung MS, Choi EJ. A study on methods of analysis and evaluation of blue light blocking tinted lens using yellow-tinted lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(1):57-63. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.1.57>
- [13] Kang S, Hong JE, Choi EJ, et al. Blue-light induces the selective cell death of photoreceptors in mouse retina. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(1):69-76. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.1.69>
- [14] 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. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.12406>
- [15] Van der Lely S, Frey S, Garbazza C, et al. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *J Adolesc Health.* 2015;56(1):113-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>
- [16] Noell WK. Possible mechanisms of photoreceptor damage by light in mammalian eyes. *Vis Res.* 1980;20(12):1163-1171. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(80\)90055-3](https://doi.org/10.1016/0042-6989(80)90055-3)
- [17] Marshall J. Radiation and the ageing eye. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1985;5(3):241-263. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1475-1313.1985.tb00666.x>
- [18] Leccese F, Vandelanotte V, Salvadori G, et al. Blue light hazard and risk group classification of 8W LED tubes, replacing fluorescent tubes, through optical radiation measurements. *Sustainability.* 2015;7(10):13454-13468. DOI: <http://doi.org/10.3390/su71013454>
- [19] Park M. Design of a coated blue-light blocking lens and study of its optical characteristics according to the blue-light blocking rate. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2019;24(3):301-307. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.3.301>
- [20] Park M. Fabrication and characterization of coated blue-light blocking lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2020;25(3):307-314. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.3.307>

시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기 성능평가

서구화¹, 정명훈², 김창진³, 최은정^{4,*}

¹건양대학교 일반대학원 안경광학과, 학생, 대전 35365

²대전과학기술대학교 안경광학과, 강사, 대전 35408

³건양대학교 안경광학과, 강사, 대전 35365

⁴건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365

투고일(2021년 10월 24일), 수정일(2021년 11월 13일), 게재확정일(2021년 11월 20일)

목적: 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기들이 렌즈의 청색광 차단성능을 평가하는데 적절한지 알아보았다. **방법:** 청색광 측정기들의 청색광 차단성능의 평가는 청색광 측정기 광원들의 분광분포와 렌즈의 청색광 차단율 및 분광투과율을 통해 조사하였다. **결과:** 청색광 측정기에 사용된 광원들은 400 nm를 중심으로 한 선폭이 좁은 가시광 선을 방출하고 있었다. 이러한 특성들로 인해 청색광 측정기들로 측정된 청색광 차단율의 측정값들은 국제표준 ISO 12312-1:2013로 측정된 값들에서 크게 벗어났다. **결론:** 시중에서 유통되고 있는 청색광 측정기에 사용된 광원들은 청색광 차단성능을 평가하는데 미흡하다는 것을 확인할 수 있었다. 국제표준으로 측정된 결과에서 크게 벗어나지 않으면서 안경원 등에서 소비자를 대상으로 시연할 정도의 청색광 측정기에 요구되는 광원의 개발과 청색광 측정 방식에 대한 연구가 필요한 시점이다.

주제어: 청색광 측정기, LED 광원, 청색광 차단렌즈, 청색광 위험, 청색광 차단율