

Change of Contrast Sensitivity Induced by Tinted Spectacle Lens

Jae-Myoung Seo*

Dept. of Optometry, Gwangyang Health Sciences University, Gwangyang 57764, Korea
(Received February 2, 2016; Revised February 25, 2016; Accepted March 8, 2016)

Purpose: The purpose of this study was to investigate the change of contrast sensitivity by prescribing tinted lenses and to provide the clinical manual. **Methods:** Contrast sensitivity was measured for twenty adults with normal vision while they wore yellow, orange and green tinted lenses. To measure contrast sensitivity, the 5 spatial frequencies (2, 4, 6, 8 and 10 cpd) were used for 33 ms and 233 ms, respectively. **Results:** The contrast sensitivity was overall higher with 233 ms than 33 ms ($p < 0.05$). The peaks of contrast sensitivity with 33 ms and 233 ms were 1.75 log unit with the yellow lens and 1.85 log unit without the color respectively. However, there was no significance between the yellow and orange tinted lens ($p > 0.64$). **Conclusions:** Yellowish tinted lens that reduces chromatic aberration and the scattering is prescribed for the various purposes to improve visual functions. Before prescribing tinted lens, identifying characteristic of user and tinted lens for cut off wavelengths is recommended.

Key words: Tinted lens, Color vision, Cut off wavelengths, Spatial frequency, Contrast sensitivity, Improvement of visual function

서 론

색조 신호와 흑백 신호는 이미 망막에서부터 각각 다른 경로로 시각피질에 이른다.^[1-2] 색조 신호는 두 개의 채널 즉, 적색과 녹색을 구분하는 채널과 청색과 황색(적색과 녹색의 조합)을 구분하는 채널에 의해 지배된다. 적색과 녹색의 채널은 강한 조도의 고주파대역의 시간주파수 (higher temporal frequency, Hz)에서 탐지와 구별을 할 수 있지만^[3] 흑백 신호의 경우 적색 추체와 녹색 추체의 조합인 황색 신호에 반응하여 주로 전달된다. 이렇게 색각에 관여하는 신경의 막대한 영향력에도 불구하고 색각 검사할 때를 제외하면 색각이상자가 색각이상을 자각하기란 어려운 일이다.^[4] 사물을 인식하기 위해서는 빛과 색상이 필요하다고 알려져 있지만 색상에 의해 구별되는 윤곽에 대한 정보가 빛(음영)에 의해 발생하는 형태에 대한 정보보다 더 정확한 사물의 정보를 제공한다고 볼 수 있다.^[5] Ostergaard와 Davidoff^[6]는 사물이 흑백보다 색조로 구성 되어 있을 때 사물에 대한 반응속도가 더 빨라지며 사물의 형태가 불분명 할수록 그 효과는 더 크다고 보고했다. 즉, 윤곽이 분명한 물체의 경우에는 색상의 유무가 반응의 속도에 영향을 주지 않지만 시력이 불량하여 사물의 형태가 불분명 할 때에는 색각이 사물의 반응속도를 높일 수

있다^[7]고 유추할 수 있다. 교정시력이 불량한 약시환자나 저시력환자의 시재활치료의 여러 가지 대안 중 하나로 필터렌즈를 처방하는 것은 바로 이러한 이유 때문이라고 볼 수 있다.^[8-9]

시과학 영역에서 많이 사용되어지는 대비감도 검사는 중심와의 분해능만을 측정하는 Snellen 시력보다 좀 더 섬세하고 정교하게 시각을 측정할 수 있다. 하루에도 수시로 변하는 조도와 그에 따른 사물의 음영에 의한 시각적 노이즈(noise)까지 모두 포괄할 수 있다는 데에 대비감도 검사의 장점이 있다고 볼 수 있다. 대비감도는 실제 생활에서 공간주파수(cycle per degree, 이하 cpd) 대역에 따라 다양하게 적용할 수 있다. 고주파대역의 공간주파수는 독서나 안면인식에 중요한 단서를 제공해 줄 수 있으며, 중대역은 운동성과 방향성을, 저대역은 감정변화로 인한 안면의 표정변화와 연관시킬 수 있으며 고대역과 복합적으로 상호 작용을 한다.^[10]

최근 기술력 발달로 고위수차에 관심이 부쩍 높아지면서 관련된 광학장비나 광학렌즈가 출시되고 있다. 본 연구에서는 고위수차를 제거하기 위한 기능성 렌즈 처방뿐만 아니라 저시력 환자의 시기능을 증진시키기 위하여 처방되는 필터렌즈를 세 가지 cut off 파장대로 구분하여 공간주파수에 따른 대비감도의 변화를 알아보고자 하였다. 또

*Corresponding author: Jae-Myoung Seo, TEL: +82-61-760-1467, E-mail: jaemyoung.seo@gy.ac.kr

한 표적의 노출시간은 대비감도에 어떤 영향을 미치며 색상과 어떤 연관성을 지니는지 살펴보고자 한다. 이 결과를 토대로 필터렌즈 처방에 필요한 임상 매뉴얼을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구의 취지에 동의한 사람 가운데 전신질환이나 안 질환이 없으며 교정시력이 0.8 이상인 성인 남녀 20명의 단안을 대상으로 하였다. 대비감도 검사용 소프트웨어 Morphonome™^[11]을 매킨토쉬와 삼성 CRT 모니터에 구현하였다. 양자택일형 검사법(alternative forced choice technique)을 사용하였으며 검사거리는 150 cm, 표적 크기는 5.2 cm로 유지하였다. 첫 번째 표적과 두 번째 표적 사이의 인터벌은 560 ms, 대비감도는 0.05 로그 단위로 감소(descending staircase)하게 설정했다. 모니터의 해상도는 640 × 480이었으며 주사율은 60 Hz였다. 실험순서에 따른 체계오차(systemic error)와 학습효과(learning effect)를 방지하기 위하여 매개변수 간 순서는 엑셀 프로그램을 사용하여 무작위로 정했다. 대비감도의 표적은 원형 구경의 수직형 정현과(sinusoidal grating stimuli)를 사용하였다. 노출시간에 따른 대비감도의 변화를 알아보기 위하여 표적의 노출시간은 33 ms와 233 ms로 설정했다. 또한, 공간주파수의 변화에 따른 대비감도의 변화를 알아보기 위하여 표적의 공간주파수는 총 5개(2 cpd, 4 cpd, 6 cpd, 8 cpd, 10 cpd)를 사용하였다.

필터렌즈는 크로마젠(ChromaGen™, corning & nissel, Co. LTD, UK) 필터렌즈 중 Yellow, Orange, Green 색을 택하였다. 각각의 필터렌즈를 착용하여 단안 측정값을 대상으로 필터렌즈를 사용하지 않은 상태에서의 대비감도 값과 비교 분석했다. 개인당 대비감도 측정시간은 총 120 분가량 소요 되었으며 총 4회(NF, YF, OF, GF)의 측정 중 2회가 끝나면 날짜를 달리 하여 나머지 측정을 계속 진행하였다. 두 번째 측정시 검사조건(검사자, 방 조도 등)은

첫 번째 검사와 동일하게 유지했다.

결과 및 고찰

20명의 남녀 대학생을 대상으로 필터(NF: no filter, YF: yellow pass filter, OF, orange pass filter, and GF: green pass filter)를 사용하여 공간주파수에 따른 대비감도를 측정했다. 대비감도는 전체적으로 표적의 노출시간이 짧은 33 ms보다 233 ms에서 높게 나타났다($p < 0.05$, Fig. 1). 이러한 결과는 칼라필터 렌즈로 인한 색각신호의 생리적 가중(physiological summation)이 물체의 형태를 구분하는 초기단계에서 도움을 준 것이라고 생각된다.^[5] 대비감도의 최댓값은 표적의 노출시간과 상관없이 공간주파수 별로 각각 다르게 나타났으나 전체적으로 중저대역 공간주파수 구간(4-8 cpd)에서 비슷하게 가장 높은 값을 보였다. 사람의 대비감도 최댓값을 4 cpd라고 했던 Campbell과 Robson^[12]은 검사자이자 피검사 역할을 하였으며 직경 2.5 mm인 핀홀렌즈를 사용했기 때문이라고 판단된다. 젊은 연령대의 자연 동공을 대상으로 한 본 연구 결과는 20대 대학생의 회색, 갈색, 청색 렌즈를 사용한 대비감도 측정에서 6 cpd 이상까지 대비감도가 필터렌즈의 색상에 따라 차이를 보이다가 그 이후부터 거의 비슷한 추세를 보였던 Shaik 등^[13]의 결과와 맥락을 같이 한다. 다만, 10 cpd에서야 비로서 색상과 상관없이 비슷한 대비감도를 보였던 본 연구 결과와 다르게 Shaik 등의 결과가 6 cpd 이후 대비감도가 비슷하게 나타난 것은 그들이 사용한 공간주파수가 1.5, 3, 6, 12, 18 cpd였기 때문이라고 판단된다.

노출시간에 따라 민감하게 반응한 공간주파수와 렌즈의 색상은 다르게 나타났다. 순간적인 노출(33 ms)에서 가장 높게 반응한 필터렌즈는 2 cpd에서의 황색(1.75 log unit)이었으며 가장 낮게 반응한 필터렌즈는 10 cpd에서의 녹색(1.50 log unit)으로 나타났다. 반면, 233 ms에서는 8 cpd에서 필터를 삽입하지 않았을 때(1.85 log unit) 가장 높게 반응했으며 마찬가지로 필터가 없는 상태에서 2 cpd

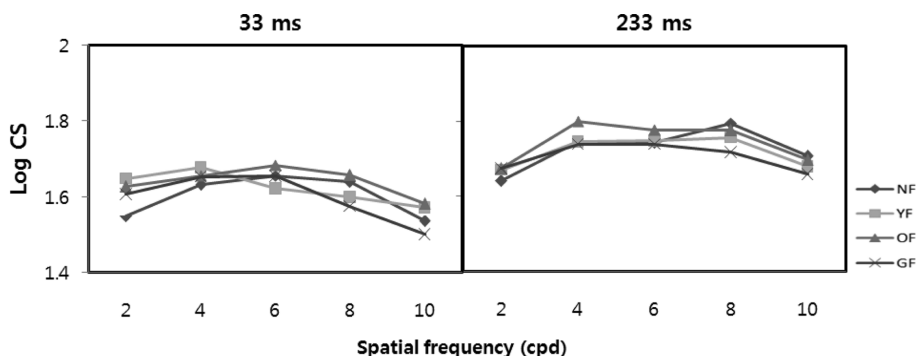


Fig. 1. The contrast sensitivity for each filter lens overall increased with the exposure duration.

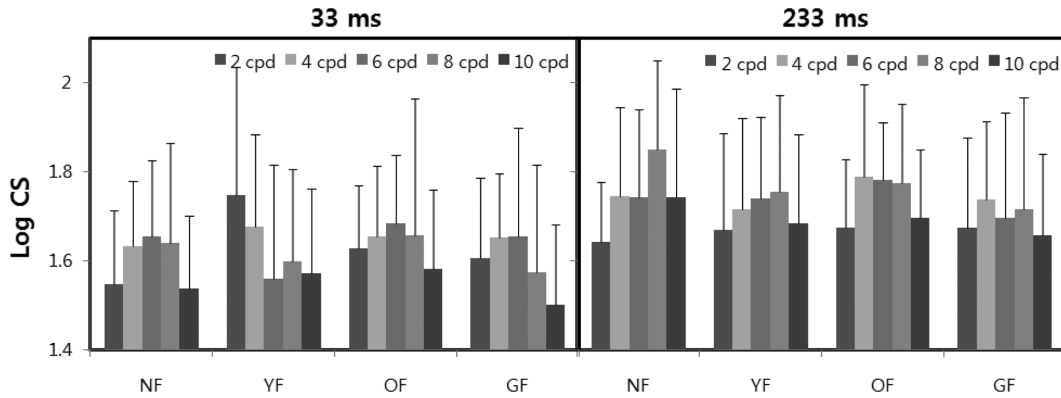


Fig. 2. The peak sensitivity for each filter lens.

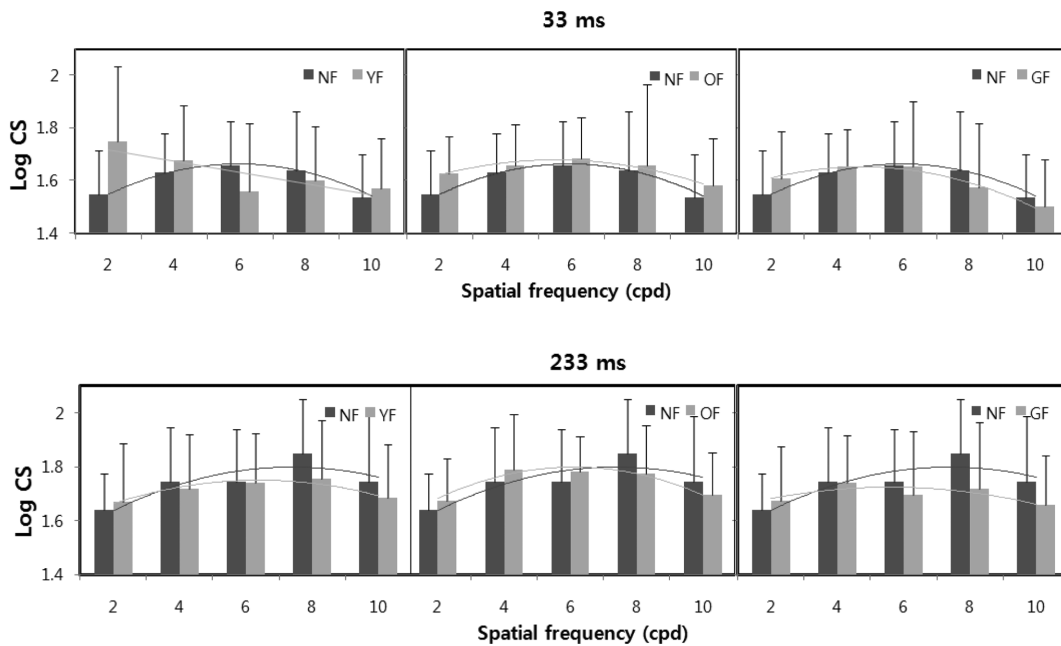


Fig. 3. The trend lines were added to determine whether the visual acuity would be affected by any kind of cut off wavelengths.

일 때(1.64 log unit) 가장 낮은 대비감도를 보였다. 그러나 8 cpd에서 필터를 삽입하지 않았을 때와 황색, 오렌지색 간 차이는 서로 근소하여 통계적 의미는 없었다($p>0.64$, Fig. 2). 대학생들을 대상으로 1.5 cpd~18 cpd의 공간주파수를 사용하여 회색, 갈색, 청색에 따른 대비감도를 측정 한 Shaik 등^[13]에 의하면 9 cpd이하의 공간주파수에서는 필터렌즈의 색상과 상관없이 모두 기준 값보다 높았으며 3 cpd ~ 6 cpd 구간에서 가장 높은 대비감도를 보였다.

필터렌즈를 가입했을 때 분해력 즉, 시력이 증가했는지 유무를 알아보기 위하여 공간주파수에 따른 대비감도 그래프에 대한 2차 함수 추세선을 추가했다(Fig. 3). 필터렌즈를 삽입한 후 시력이 증가하기 위해서는 필터렌즈를 착용한 음의 2차 함수 그래프의 최댓값이 우측으로 이동해야 함을 연상할 수 있다. 표적의 노출시간과 무관하게 본 연구에서 사용한 공간주파수 2 ~ 10 cpd 전 구간에서 시

력의 개선은 보이지 않았다. 또한 필터렌즈를 사용한다고 해서 공간주파수 전 구간에서 대비감도가 개선되지 않을 수 있음을 보였다. 이것은 주시체의 특성(크기, 대비 등)에 따라 적합한 cut off 값을 각각 다르게 적용해야 함을 암시한다. 필터렌즈와 시력의 관계에서 근본적으로 필터렌즈가 안구 내 초점을 이동시킬 만한 물리적인 힘이 없기 때문에 시력과는 상관이 없다고 주장한 Wollfohn의 주장을 뒷받침한다.^[14]

성별 간 대비감도 비교에서 10 cpd를 제외한 2, 4, 6, 8 cpd에서 모두 남성($n=12$)이 여성($n=8$)에 비해 높은 것으로 나타났다(Fig. 4). 샘플 수가 충분하지 않아 통계적 비교는 불가능했으나 YF를 사용한 6 cpd에서 노출시간이 33 ms였을 때 성별 간 차이가 가장 컸으며 남성이 여성에 비해 0.26 log unit 더 큰 것으로 나타났다. 예외적으로 10 cpd에서는 여성이 남성보다 전반적으로 대비감도가 더 높

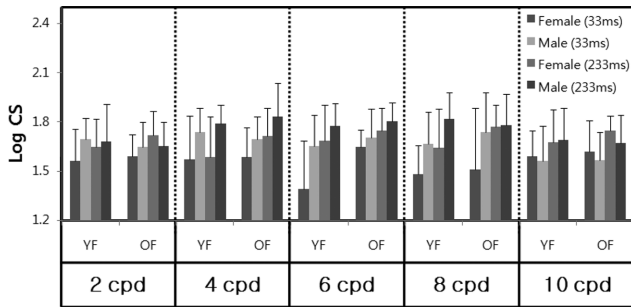


Fig. 4. The comparison of contrast sensitivity between male and female.

거나 비슷한 것으로 나타났다. 또한 YF에 비해 OF를 사용한 대비감도 측정에서 성별 간 차이가 작았다. Hammond^[15]는 성별 간 색각에 대한 차이를 보이는 이유로 여성이 남성에 비해 황반의 색소 즉, 엽황소(xanthophyll)가 36% 적게 분포하기 때문으로 보았다. 한편, McGuinness와 Lewis^[16] 여성이 남성에 비해 장파장 대역에 속한 시작업을 할 때 더 예민한 시각반응을 보였다고 했다.

결론

본 연구에서는 황색, 오렌지색, 녹색의 안경렌즈를 바탕으로 공간주파수에 따른 대비감도의 변화와 표적의 노출 시간과 대비감도의 상호관계를 조사하여 칼라 필터렌즈를 처방하는 데에 필요한 사항들을 제시하고자 하였다. 대비감도의 최댓값은 칼라 필터렌즈의 cut off 파장대에 따라 그리고 공간주파수의 대역폭에 따라 각각 다른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사람에게 따라 시각적 반응을 증대시키는 색상이 다르다는 기존의 이론뿐만 아니라 공간주파수에 종속적일 수 있음을 의미한다. 정지된 표적을 주시하는 경우에는 그 표적이 정교(10 cpd 이상)한 경우에는 필터렌즈의 파장이 대비감도에 큰 영향을 주지 않지만 표적이 가령 단색의 공 하나(10 cpd 이하)라면 필터렌즈의 파장별로 민감도가 다르다는 것을 의미한다. 따라서 필터렌즈를 효과적으로 처방하기 위해서는 교정시력 측정이 선행되어야 하며 사용자에게 의한 필터렌즈의 용도가 분명해야 한다.

남성 군에서 나타난 대비감도가 여성 군보다 전체적으로 높게 나타난 것은 여성의 망막에 분포하는 엽황소가 남성에 비해 부족해 산란현상을 일으켰기 때문이라고 사료된다. 특히, 두 가지 필터렌즈(황색과 오렌지색)의 대비감도 비교에서 여성의 경우 황색보다 오렌지색에서 대비감도가 증가하는 경향을 보였으나 남성에서는 두드러진 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 성별 간 비

교는 샘플 수가 부족했기 때문에 통계적 분석이 어려웠다. 이것은 본 연구가 가진 성별 간 분석의 한계라고 생각되며 후속 연구에서 다루어지길 기대한다.

색수차와 산란현상을 감소시켜 시기능을 개선시키는 황색 계열의 필터렌즈는 시기능 개선을 위한 다양한 목적으로 처방이 되고 있다. 필터렌즈를 처방하기에 앞서 cut off 파장을 고려한 필터렌즈의 특성을 파악하고 사용자의 특성(색각 감도)과 필터렌즈의 사용 목적을 분명하게 확인할 것을 제안하는 바이다.

REFERENCES

- [1] Derrington AM, Krauskopf J, Lennie P. Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. *J Physiol.* 1984;357:241-265.
- [2] De Valois RL, Cottaris NP, Elfar SD, Mahon LE, Wilson JA. Some transformations of color information from lateral geniculate nucleus to striate cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2000;97(9):4997-5002.
- [3] Benardete EA, Kaplan E. The dynamics of primate M retinal ganglion cells. *Vis Neurosci.* 1999;16(2):355-368.
- [4] Steward JM, Cole BL. What do color vision defectives say about everyday tasks?. *Optom Vis Sci.* 1989;66(5):288-295.
- [5] De Valois KK, Switkes E. Simultaneous masking interactions between chromatic and luminance gratings. *J Opt Soc Am.* 1983;73(1):11-18.
- [6] Ostergaard AL, Davidoff JB. Some effects of color on naming and recognition of objects. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1985;11(3):579-587.
- [7] Biederman I, Ju G. Surface versus edge-based determinants of visual recognition. *Cogn Psychol.* 1988;20(1):38-64.
- [8] Kaiser PK. Colour vision in the legally blind. *Can J Ophthalmol.* 1972;7(3):302-308.
- [9] Knowlton M, Woo I. Assessment of functional color perception. *J Vis Rehab.* 1989;3(2):5-22.
- [10] Vuilleumier P, Armony JL, Driver J, Dolan RJ. Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. *Nat Neurosci.* 2003;6(6):624-631.
- [11] Tyler CW, McBride B. The morphonome image psychophysics software and a calibrator for Macintosh systems. *Spat Vis.* 1997;10(4):479-484.
- [12] Campbell FW, Robson JG. Application of fourier analysis to the visibility of gratings. *J Physiol.* 1968;197(3):551-566.
- [13] Shaik M, Majola PD, Nkgare LM, Nene NB, Singh C, Hansraj R et al. The effect of tinted spectacle lenses on contrast sensitivity and colour vision. *S Afr Optom.* 2013;72(2):61-70.
- [14] Wolffsohn JS, Chochrane AL, Khoo H, Yoshimitsu Y, Wu S. Contrast is enhanced by yellow lenses because of

selective reduction of short-wavelength light. *Optom Vis Sci.* 2000;77(2):73-81.

- [15] Hammond BR Jr, Curran-Celentano J, Judd S, Fuld K, Krinsky NI, Wooten BR et al. Sex differences in macular pigment optical density: relation to plasma carotenoid

concentrations and dietary patterns. *Vision Res.* 1996; 36(13):2001-2012.

- [16] McGuinness D, Lewis I. Sex differences in visual persistence: experiments in the Ganzfeld and afterimages. *Perception.* 1976;5(3):295-301.

칼라필터 렌즈에 따른 대비감도의 변화

서재명*

광양보건대학교 안경광학과, 광양 57764

투고일(2016년 2월 2일), 수정일(2016년 2월 25일), 게재확정일(2016년 3월 8일)

목적: 칼라 필터렌즈를 사용하여 대비감도의 변화를 알아보고 임상에 필요한 매뉴얼을 제시하고자 하였다. **방법:** 정상 시각을 가진 성인 남녀 20명을 대상으로 황색, 오렌지색, 녹색 필터렌즈를 사용하여 대비감도를 측정했다. 다섯 개의 공간주파수 2, 4, 6, 8, 10 cpd를 사용하였으며 표적의 노출시간은 33 ms, 233 ms로 설정했다. **결과:** 대비감도는 전체적으로 표적의 노출시간이 짧은 33 ms보다 233 ms에서 높게 나타났다($p < 0.05$). 순간적인 노출(33 ms)에서 대비감도가 가장 높게 나타난 필터렌즈는 2 cpd에서의 황색(1.75 log unit)이었으나 233 ms에서는 8 cpd에서 필터를 삽입하지 않았을 때(1.85 log unit)가 가장 예민한 것으로 나타났지만 황색, 오렌지색 간 차이는 서로 근소하여 통계적 의미는 없었다($p > 0.64$). **결론:** 색수차와 산란현상을 감소시켜 시기능을 개선시키는 황색 계열의 필터렌즈는 시기능 개선을 위한 다양한 목적으로 처방이 되고 있다. 필터렌즈를 처방하기에 앞서 cut off 파장을 고려한 필터렌즈의 특성을 파악하고 사용자의 특성과 필터렌즈의 사용 목적을 분명하게 확인할 것을 제안하는 바이다.

주제어: 칼라필터 렌즈, 색각, cut off 파장, 공간주파수, 대비감도, 시기능 개선