

유해자외선 차단율이 우수한 광변색 렌즈의 개발

하진욱*, 김준순¹

순천향대학교 신소재화학공학부, ¹순천향대학교 의과대학 천안병원 안과학교실
(chejwh@sch.ac.kr*)

The Development of UV-blocking Photochromic Lens

Jin-Wook Ha*, Joon-Soon Kim¹

Department of Chemical Engineering, Soonchunhyang University

¹Ophthalmology, Cheonan Hospital, College of Medicine, Soonchunhyang University
(chejwh@sch.ac.kr*)

서론

광변색(photochromic)이란 햇빛에서와 같이 자외선(UV-A와 UV-B, 400 nm 이하) 및 단파장의 가시광선(특히 430 ~ 470 nm의 청색광) 분포가 많을 때는 광변색 물질의 포화농도가 높아지면서 반응속도가 빨라져서 색 농도가 진해지고, 적외선과 장파장의 가시광선의 분포가 많을 때는 광변색 물질의 포화농도가 낮아져서 반응속도가 느려지고 이에 따라 색농도가 열어지는 현상을 말한다.¹⁻³ 이러한 광변색 현상을 이용한 광학분야에서의 응용은 광변색 필름, 광변색 유리, 광변색 렌즈 등을 들 수 있다.⁴ 광변색 렌즈란 자외선과 적외선, 여러 파장의 가시광선의 양에 따라 색이 바뀌는 렌즈로, 실외에서 햇빛을 많이 받을수록 색 농도가 진해지고 실내에서와 같이 자외선의 농도가 줄어들면 색 농도가 열어지는 렌즈를 말한다.⁵ 광변색 렌즈는 햇빛으로부터 자외선을 차단하여 눈의 피로를 적게 하고 눈을 보호하는 역할을 하며, 70 ~ 80%의 햇빛 차단이 가능하므로 빛 조사량이 많은 여름철이나 실외에서는 선글라스의 역할도 가능하여 그 사용용도가 매우 다양하다.

일상적인 환경에서 햇빛에 노출로 인한 눈의 손상에 대한 효과를 결정하기는 어렵지만 눈의 조직 중에서 특히 수정체와 망막이 손상을 받기가 쉽다. 자외선과 430 ~ 470 nm의 청색광은 조직에 대해 광화학 변화를 야기하기에 충분한 에너지를 가지고 있다. 자외선(특히 UV-B)과 청색광은 수정체에 손상을 주어서 백내장을 일으키고, 망막의 광수용체 세포와 망막색소상피 세포에 손상을 주어서 연령 관련 황반변성 등의 망막질환을 유발하기도 한다. 정상적으로 각막과 수정체는 자외선과 청색광을 흡수하여 망막을 보호하는 역할을 하게 되는데, 무수정체안의 경우에는 자외선과 청색광으로 인한 손상을 쉽게 받게 되고, 백내장 수술 후의 인공 수정체안의 경우에도 이들 유해광선의 일부 차단만이 가능하여 정상 눈에 비해 손상을 받기 쉽다. 따라서 이들 유해광선으로부터 눈을 보호하고 시력을 증진시키는 등의 광변색 렌즈의 안과영역에 있어서의 광범위한 응용성에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다.⁶⁻⁹

따라서 본 연구에서는 실내·외에서 모두 불편함이 없이 사용할 수 있고 유해자외선 차단율이 우수한 광변색 렌즈의 효과와 안전성을 평가하고자 한다.

실험

본 연구에서 광변색 코팅액을 제조하기 위하여 binder로 우레탄계열과 아크릴계열을 선정하여 테스트하였다. 우레탄계열의 binder는 광변색 화합물과 상용성이 없었으며, 아크릴계열의 binder를 사용하였을 경우 광변색 화합물의 특성을 잘 나타내었다. 아크릴계열의 binder 3종류(A, B, C; 현재 특허출원중인 물질이므로 기호로 표기함)를 테스트하였으며 그에 따른 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 사용 바인더 성분에 따른 광변색 렌즈의 물성 비교

		A	B	C
코팅층 물성	부착성	100/100	100/100	100/100
	표면 경도	H	4H	3H
	내열탕성	Haze	이상없음	이상없음
	내용제성	불량	양호	알코올 : 양호 아세톤 : 불량
코팅액 보관성		30일	3일	60일

B binder를 사용하여 렌즈에 코팅하였을 경우 부착성, 경도, 내열탕성 등 코팅층 물성은 우수하였으나 경화제를 사용하는 시스템으로 코팅액 보관성에 문제가 있어 C binder를 선정하여 렌즈를 코팅하였다. 코팅된 렌즈는 표면 보호를 하기 위하여 표면 보호 코팅 후 예비경화와 완전 경화 공정을 거쳐 임상 실험용 광변색 렌즈를 제조하였으며, 물성 테스트 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. 임상실험용 광변색 렌즈 특성

테스트 항목	테스트 방법	테스트 결과
부착력	투명접착테이프 5회 실시	이상없음
표면 연필 경도	연필경도 (45°, 1Kg하중 5회)	4 ~ 5 H
내스크래치성	Steel Wool #0000 (1Kg 하중 7회)	1등급(긁힘이 전혀 없음)
내용제성	아세톤(100회)	이상없음
	알코올(100회)	이상없음
내열탕성(내온수성)	95 ~ 100°C/10분	외관, 부착성 이상없음

결과 및 고찰

1개월 이상 추적 관찰 가능한 65명을 대상으로 하였으며, 남자 30명, 여자 35명이었고 평균나이는 36세였다. 원인 질환 별로 구분을 하면 10명은 안과 검사상 특별한 원인 없이 눈부심을 호소하였고, 40명은 안구 건조증과 건조증으로 발생한 안구미란, 10명은 백내장 수술 후, 1명은 편두통을 앓고 있는 환자, 3명은 외상으로 인한 동공산대를 가진

환자, 1명은 라식 수술 후 눈부심을 호소하는 환자였다. 평균 시력은 0.8, 평균 구면 굴절력은 -0.75 ± 1.0 diopter 이었다.

1) 눈부심의 주관적 정도(치료 전·후 비교)

눈부심의 정도를 안경착용 전과 착용 후로 나누어 비교하여 그 결과를 Figure 1에 나타내었다. 결과에서 보듯이 치료 전보다 치료 후에 통계적으로 유의하게 눈부심 현상이 감소되었다. 조사 항목에는 없었지만 야간 운전 시 눈부심을 호소하는 3명의 환자(라식 수술 후 1명, 외상으로 인한 동공 산대 2명)에서 안경 착용 후 야간 운전 시 눈부심의 감소를 보였다.

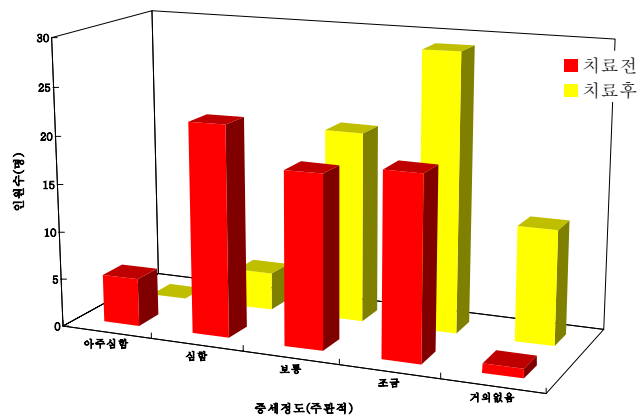


Figure 1. 치료 전·후의 눈부심의 정도 비교 결과.

2) 안질환 증상 호전에 대한 평가

광시증 환자는 햇빛이 있는 실외에서 특별한 원인이 없이 또는 어떠한 질환에 의해 눈물, 안피로, 눈부심 등의 불편 증상이나 시력저하를 나타낸다. 본 연구에서 개발한 광변색 렌즈를 착용 후 눈물, 안피로의 호전 여부를 관찰한 결과 치료 기간이 장기화 될수록 안질환 증상이 호전되는 경향을 보였고, 그에 대한 결과를 Figure 2에 나타내었다.

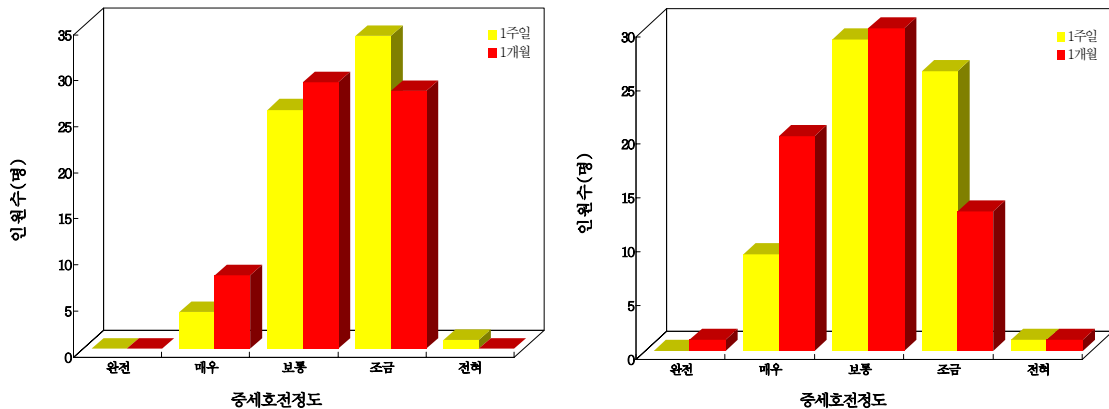


Figure 2. 치료 후 눈물과 안피로의 호전 정도에 대한 결과.

결론

본 연구에서는 표면코팅 기술을 접목하여 변색 후 광투과율이 70%로 변색 성능이 우수하며 실·내외 이동시 색의 변환주기가 5분 이내이고 자외선 차단율이 매우 우수한 광변색 렌즈를 개발하였다. 개발한 렌즈의 색상은 blue, green, brown, violet, yellow, red 등 다양하며 렌즈 코팅층의 물성은 부착력 100/100, 표면 연필 경도 4 ~ 5H, 내약품성, 내열탕성, 내스크래치성 모두 우수하였다.

본 연구에서는 여러 가지 원인으로 눈부심을 호소하는 광시증 환자 65명을 대상으로 임상시험을 수행하였다. 임상시험 결과, 광변색 렌즈를 착용하였을 때 눈부심이 줄이고, 눈부심에 따른 시력장애를 저하시켜 환자의 편안함을 증진시키는 효과가 나타났다. 특히 라식 수술을 한 환자의 경우 야간 운전 시 눈부심 방지에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 광변색 렌즈는 자외선(특히 UV-B)과 청색광을 차단하여 백내장과 연령 관련 황반변성 등의 빛과 관련된 눈의 손상을 줄이고, 단순한 시력 증진의 효과뿐만 아니라 낮 동안의 대비감도를 증가시키고 현휘 감도를 감소시켜 줌으로서 시력 향상에도 큰 효과가 있는 것으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터(R12-2002-052-1005-0)의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. R. F. Khairutdinov., K. Giertz., J. K. Hurst., E. N. Voloshina., N. A. Voloshin., V. I. Minkin., *J. Org. Am. Chem. Soc.*, **120**, 40, 12707 (1998).
2. J. Filley., M. A. Ibrahim., M. R. Nimlos., A. S. Watts., D. M. Blakes., *Journal of Photochromic and Photobiology a chemistry*, **117**, 193 (1998).
3. E. K. Kim., Y. K. Choi., M. H. Lee., *Macromolecules*, 4855 (1999).
4. J. Biteau., F. Chaput., K. Lahil., J. P. Boilot., *Chem. Mater.*, 1945 (1998).
5. M. Takeshita., C. F. Soong., M. Irie., *Tetrahedron Letters*, 7717 (1998).
6. T. Bens., P. Frewert., K. Kodatis., C. Kryschi., H. D. Martin., H. P. Trommsdorffs., *Eur. J. Org. Chem.*, 2333 (1998).
7. Tayler HR, West S, Munoz B, Rosenthal FS, Bressler SB, Bressler NM. The long-term effects of visible light on the eye. *Arch Ophthalmol.* 110, 99-104 (1992).
8. Rosenblum YZ, Zak PP, Ostrovsky MA, Smolyaninova IL, Bora EV, Dyadina UV, Trofimova NN, Aliyev AG. Spectral filters in low-vision correction. *Ophthalmic Physiol Opt.* 20, 335-41 (2000).