ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 20(4):471-476, December 2015 http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.4.471

안경 렌즈의 국소적 투과율 균일도 비교 연구

박상국[1], 이형철[1], 장윤석[2], 성덕용[3], 강성수[3,*]
[1]경북대학교 물리학과, 대구 41566
[2]대구과학대학교 안경광학과, 대구 41453
[3]수성대학교 안경광학과, 대구 42078
투고일(2015년 10월 28일), 수정일(2015년 12월 1일), 게재확정일(2015년 12월 2일)

목적: 다양한 안경렌즈의 투과율 분포를 국소 투과율 현미경을 이용하여 분석함으로써 렌즈의 광학적 균일성을 연구하고자 한다. **방법:** 안경렌즈 표면에 집광된 레이저의 국소적 투과율을 광검출기, 락인앰프 그리고 전동이송장치로 측정하였다. 5종 25장의 멀티코팅된 무착색렌즈와 9종 45장의 멀티코팅된 착색렌즈가 시료로서 분석되었다. **결과:** 굴절률과 코팅 종류에 따른 무착색렌즈의 투과율과 렌즈별 투과율 편차는 거의 균일하게 측정되었다. 하지만 착색렌즈의 경우 렌즈별 투과율 편차가 무착색렌즈에 비해 약 3.7배 크게 측정되었다. 또한 렌즈의 국소적 투과율 불균일도도 무착색렌즈에 비해 착색렌즈가 평균 약 3.1배 큰 것으로 분석되었다. **결론:** 무착색렌즈에 비해 착색렌즈가 렌즈별 투과율의 편차와 투과율 불균일도가 모두 큰 것을 국소 투과율 현미경을 이용하여 분석할 수 있었다. 국소 투과율 현미경을 통한 이러한 분석은 렌즈의 성능 평가와 광학적 균일성 향상에 적용될 수 있다.

주제어: 안경렌즈, 투과율, 국소적 특성, 균일성, 현미경

서 론

안경렌즈의 주요 재질이 플라스틱 재질로 바뀐 이후 재질의 단점인 긁힘에 약한 성질을 보완하기 위한 하드코팅을 포함하여 김서림 방지, 전자파 및 유해광선 차단 등 다양한 목적을 가진 코팅이 렌즈 표면에 시행되고 있지만 무엇보다 렌즈의 투과율을 높이는 것이 코팅의 가장 주된 목적이라고 할 수 있겠다. 양호한 시생활을 위해서는 높은 투과율은 안경렌즈에서 가장 중요한 요소이다. 이를 위해 렌즈 재질과 공기와의 굴절률 차이로 인해 생기는 투과율 감소를 줄이기 위하여 반사광선의 억제를 유발하는 간섭현상을 이용한 반사방지 코팅막을 시행함으로써 투과율을 높이고 있다. 아울러 다양한 코팅막의 출현은 안경렌즈의 광학적 요소 신뢰성, 자외선 차단 능력 그리고 온도 자극에 의한 코팅 박막의 변화와 같은 렌즈와 코팅막에 대한 특성 및 성능을 비교 분석하는 연구로도 이어지고 있다.[1-3]

투과율을 높이기 위해서 시행하는 반사방지막과는 반대로 눈부심을 방지하여 피로감을 줄이거나 미용상의 목적 그리고 특정 안질환 환자를 위해 의도적으로 렌즈에 착색을 하여 투과율을 낮추는 렌즈도 많이 이용되고 있다. 이러한 착색렌즈 중 플라스틱 착색렌즈는 대부분의 경우 염색착색법으로 제작되는데 이는 플라스틱 렌즈를 구성하는 고분자 간의 간격이 고온에 노출될 경우 넓어지게 되고 이 사이에 착색염료를 침투시켜 렌즈를 착색하는 방법이다. 이 방법은 염료의 색깔에 따라 다양한 색상의 렌즈를 제작할 수 있고 착색시간을 제어함으로써 색상의 농도를 조정할 수 있다. 다만 원하는 차광율을 얻기 위해 색상별로 다른 착색시간과 염료의 농도가 필요하여 숙련된 기술자에게도 쉽지 않은 문제이므로 이를 표준화하려는 많은 연구가 진행되고 있다.[4-6]

이러한 안경렌즈의 코팅막 혹은 착색과 관련된 많은 연구에서 제작된 렌즈나 코팅막의 특성을 평가할 때 측정되는 투과율이나 면저항은 전체의 평균적 값을 측정하는 것이므로 제조된 코팅막이나 렌즈에 부분적 차이나 결함이 생겼을 때 일반적 측정방법으로는 그 정보를 얻지 못할 가능성이 있다. 한국 산업 표준에서도 렌즈의 균일성이나 흠집을 육안으로만 검사하도록 제안하고 있어 이러한 문제는 더욱 심각해 질 수 있다.[7] 착색렌즈의 제작에 있어서도 육안으로 색깔을 비교하는 방법으로 제조되는 관계로 색상의 균일성에 대한 의문이 제기되지만 이 역시 렌즈 전체의 평균값을 얻는 방법으로는 확인할 수가 없다.

이러한 측정상의 문제를 극복하기 위하여 앞선 연구에서는

*Corresponding author: Sungsoo Kang, TEL: +82-53-749-7264, E-mail: kangss@sc.ac.kr

우선 국소 투과율 현미경(Local Transmittance Microscope, LTM)을 제작하고 이의 실효성을 확인하기 위하여 다양한 조건의 안경렌즈에 대한 국소 투과율을 측정하였었다.[8] 앞선 연구를 통해 스크래치나 지문과 같은 다양한 자극이 렌즈에 가해져 렌즈나 코팅막에 결함이 생길 경우 투과율의 평균과 표준편차에 변화가 생김을 확인하였으며 자극이 가해지지 않은 일반적 안경렌즈에 대한 투과율 측정결과 또한 일반적으로 시행되는 투과율 측정방법과 거의 일치함으로써 투과율 분석과 관련된 국소 투과율 현미경과 이를 활용한 연구방법의 신뢰성을 확인할 수 있었다. 이에 본 연구에서는 이 국소 투과율 현미경을 이용하여 다양한 안경렌즈에 대하여 국소적 투과율을 측정하고 이를 비교분석함으로써 렌즈 전체의 평균적 특성과 국소적 특성을 함께 연구하였다.

대상 및 방법

1. 시료

실험에 사용된 안경렌즈는 크게 무착색렌즈와 착색렌즈로 구분된다. Table 1에서 볼 수 있듯이 무착색렌즈로는 안경렌즈로서의 사용빈도가 높은 굴절률 1.55의 A타입 렌즈 2종, 굴절률 1.57의 B타입 렌즈 2종 그리고 굴절률 1.60의 C타입 렌즈 1종으로 총 5종의 무착색렌즈가 측정되었다. BS7394의 분류를 기준으로 했을 때 A타입과 B타입 렌즈는 중굴절률에 속하고 C타입은 고굴절률로 분류된다. 착색렌즈로는 갈색과 회색의 경우 착색농도 15%, 20%, 50% 그리고 80%로 각 4종씩의 렌즈와 15% 착색농도의 파란색을 포함하여 총 9종의 착색렌즈가 측정되었다. 착색렌즈의 굴절률은 모두 1.55로 무착색렌즈 중 A타입과 같다. 측정에 사용된 무착색렌즈와 착색렌즈 모두 하드멀티코팅처리가 된 평면렌즈이며 직경 72 mm의 크기를 가지고 있다. 이들 중 무착색의 A타입 렌즈 1종은 초경발수코팅이 되어 있고 B타입 렌즈 1종은 청광차단렌즈이다. 또한 착색렌즈 중 소비자들에게 가장 많이 선택되는 15% 착색농도의 렌즈는 공장에서 다수의 렌즈를 한꺼번에 착색 후 멀티코팅 처리하는 방식으로 제조되었고 그 외 농도의 착색렌즈는 주문농도에 맞춰 2장씩 수작업으로 착색 후 멀티코팅 처리하는 방법으로 만들어졌다. 수작업으로 착색되는 렌즈별 착색시간은 갈색과 회색에 공통적으로 20%, 50% 그리고 80% 착색농도에 대해 각각 30초, 5분 그리고 15분이 소요되었다. 모든 렌즈는 각 종별로 5장씩 총 14종 70장의 렌즈가 측정되었으며 모두 동일 렌즈회사에서 제조되었다.

2. 방법

안경렌즈의 투과율 균일성에 관한 연구는 국소 투과율 현미경을 통해서 실시되었다. 국소 투과율 현미경은 집광렌즈에 의해 레이저광이 렌즈에 집광되었다가 렌즈면을 거친 후 투과하면 렌즈 표면과 내부의 상태에 따라 달라지는 투과광선의 세기를 렌즈 뒤편에 있는 광 검출기

Table 1. Specifications of ocular lenses used in the study

Group	Type	Lens code	Refractive index	Color density	Remark
Non-tinted lens	A	MD1	1.55	-	
		MD2	1.55	-	super-hydrophobic
	B	SH1	1.57	-	
		SH2	1.57	-	blue light blocking
	C	HG1	1.60	-	
Tinted lens		BL15	1.55	15%	
		BR15	1.55	15%	
		BR20	1.55	20%	
		BR50	1.55	50%	
		BR80	1.55	80%	
		GR15	1.55	15%	
		GR20	1.55	20%	
		GR50	1.55	50%	
		GR80	1.55	80%	

Symbols of the lens code: MD = middle index, SH = semi high index, HG = high index, BL = blue color, BR = brown color, GR = gray color.

(photo-detector)를 통해 측정하고 광신호를 전압신호로 변환하는 장치를 거친 후 락인앰프(Lock-in amplifier)로 신호를 측정하는 원리로 작동된다.[8] 레이저의 파장은 660 nm이며 1 kHz의 기계적 초퍼(mechanical chopper)에 의해 동조되었고 30.5 mm의 작동 거리(working distance)와 0.28의 개구수(Numerical Aperture)를 가지는 대물렌즈에 의해 레이저 빔이 렌즈표면에 집광되었다. 국소적 투과율의 공간적 분포를 관찰하기 위하여 렌즈면을 집광된 레이저 빔에 대해서 스텝당 0.1 μm의 정밀도를 가지는 3축의 전동이송장치(motorized xyz-stage)를 이용하여 정밀하게 제어하며 이동시키면서 측정하여 렌즈의 투과율 신호의 분포를 비접촉적인 방법으로 분석할 수 있었다. 집광된 레이저의 투과되는 정도는 측정렌즈 직후방의 광검출기에 의해 측정되었다. 실험에 사용한 광검출기는 렌즈에 의한 광선의 편향 효과를 무시할 수 있는 구조이며 아울러 본 실험에서 측정에 사용된 모든 안경렌즈는 굴절력 0 디옵터의 평면렌즈이다. 투과율 측정결과에 영향을 줄 수 있는 외부로부터의 광선유입과 노이즈를 차단하기 위하여 제작된 밀폐형의 알루미늄 상자로 렌즈를 포함한 모든 장치를 감싼 상태에서 측정하여 광검출기에 측정되는 광신호는 렌즈를 투과한 레이저광만 측정되도록 하였다.

평면렌즈가 시료로써 측정된 관계로 투과율 측정은 기하학적 중심을 기준으로 가로, 세로 각 3 mm 정사각형 크기이며 이 영역에 대해 0.2 mm 간격으로 가로, 세로 각 16라인 총 32라인에 대해 선형으로 스캔하였다. 각 라인에서 측정되는 데이터는 455개로 약 6.6 μm 간격마다 하나의 데이터를 얻는 방식으로 측정되었다. 기하학 중심을 기준으로 가로, 세로 각 3 mm 영역에서 측정된 렌즈 하나당 총 14,560 포인트에 대한 국소 투과율의 평균을 그 렌즈의 투과율로 제시하였고 국소적 투과율에 대한 표준편차를 렌즈의 국소적 투과율 불균일성으로 분석한 후 렌즈별로 비교하였다.

결과 및 고찰

5장의 렌즈가 1종을 구성하는 시료들에 대한 국소적 투과율 측정 결과를 종합하여 Fig. 1에서 Fig. 4에 나타내었다. 무착색렌즈의 투과율 측정결과인 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 A타입 중 MD1의 경우 5장의 렌즈에 대한 측정 결과 평균 투과율은 97.44%이고 렌즈별 투과율에 대한 표준편차는 0.208%이다. 반면 초경발수 코팅이 된 A타입 MD2의 경우 평균 투과율은 98.06%로 MD1보다 조금 더 높고 표준편차는 0.105%로 조금 더 낮게 측정되었다. B타입의 경우 일반멀티코팅 처리가 된 SH1은 투과율의 평균과 표준편차가 각각 98.65%와 0.165%로 측정이 되었지만

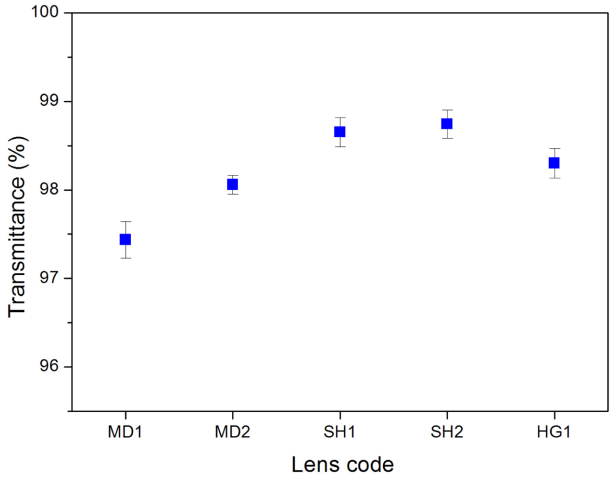

Fig. 1. Transmittance (average and standard deviation) of non-tinted ocular lenses.

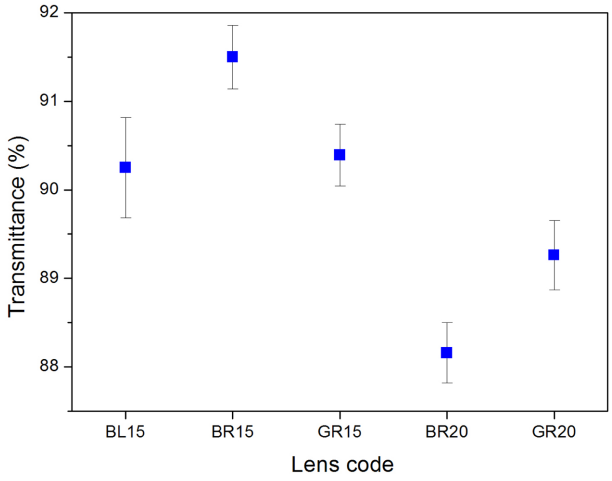

Fig. 2. Transmittance (average and standard deviation) of 15% and 20% color tinted ocular lenses.

청광차단 처리가 된 SH2의 경우 측정결과가 각각 98.74%와 0.158%로 측정되어 A타입과 B타입에서 공통적으로 특수코팅 및 처리가 된 렌즈에서 더 높은 투과율과 더 낮은 표준편차가 측정되었다. C타입의 HG1은 투과율의 평균과 표준편차는 각각 98.30%와 0.167%로 측정되었다. 무착색렌즈의 경우 투과율은 B타입 SH2가 가장 높았고 렌즈별 표준편차는 A타입 MD2가 가장 낮아서 같은 렌즈 종에서 가장 균일한 투과율을 보임이 분석되었다.

착색렌즈의 경우 기본적으로 착색밀도가 높아질수록 낮은 투과율이 측정되었다. 공장에서 동시에 다량이 착색이 되는 방법으로 제작되는 15% 착색농도렌즈를 기준으로 했을 때 투과율은 갈색(BR15), 회색(GR15) 그리고 푸른색(BL15)에서 각각 91.50%, 90.39% 그리고 90.25%로 측정되었다. 최 등의 연구에 의하면 같은 총분광투과율에 대한 착색시간을 비교해 보면 착색농도에 관계없이 갈색이 가

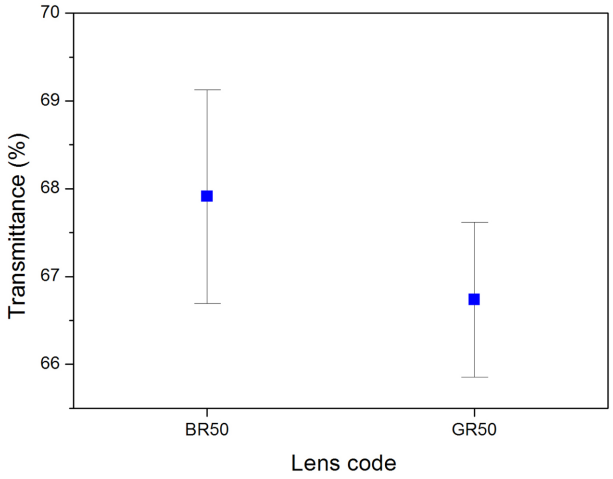

Fig. 3. Transmittance (average and standard deviation) of 50% color tinted ocular lenses.

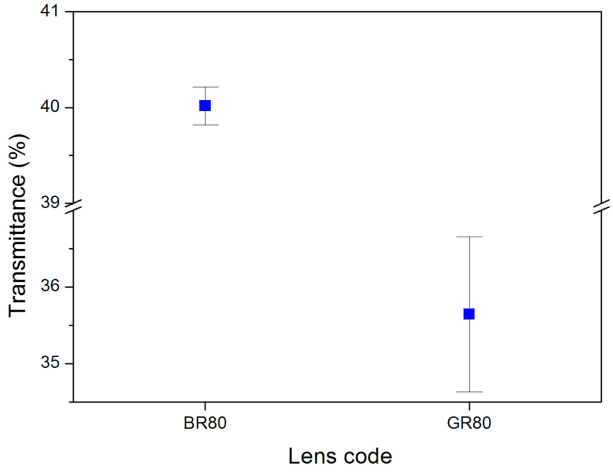

Fig. 4. Transmittance (average and standard deviation) of 80% color tinted ocular lenses.

장 짧은 시간이 걸리고 회색, 푸른색 순으로 길게 소요된다고 보고되었다.[5] 이 연구를 기준으로 하면 착색시간이 길게 소요되는 색상이 더 낮은 투과율을 보인다고 할 수 있겠다. 더 진한 농도에서 갈색과 회색을 비교했을 때도 20% 착색농도를 제외하고 50%와 80% 착색농도에서 갈색보다 회색이 더 낮은 투과율을 보이는 것을 Fig. 3과 Fig. 4에서 볼 수 있다. 착색색상, 시간 그리고 농도와 투과율 간의 관계에 관해서는 차후 더 다양한 시료들을 이용한 연구를 통하여 분석되어야 하겠다.

무착색렌즈의 측정결과인 Fig. 1과 비교했을 때 착색렌즈에서의 렌즈별 투과율의 표준편차가 무착색렌즈에 비해 크게 증가하는 것을 역시 Fig. 2~4에서 볼 수 있다. 갈색 80%(BR80)을 제외하면 나머지 모든 시료에서 무착색렌즈군의 표준편차의 평균인 0.161%보다 최소 2배 이상 높게 측정되었고 특히 갈색50%(BR50)의 경우 5배 이상 높은 1.217%의 표준편차가 측정되었다. 착색렌즈군의 표준편차 평균은 0.591%로 무착색렌즈군에 비해 3.7배 크게 분석되었다. 같은 농도의 착색렌즈에서 렌즈별 투과율 편차가 큰 것은 렌즈 제작과정에서 다른 공정에 비해 착색공정이 상당부분 수작업으로 진행되고 육안비색법에 의해 색이 결정되기 때문이라고 할 수 있다. 같은 농도로 착색된 렌즈들 중에서 갈색 50%(BR50) 렌즈의 경우 가장 높은 투과율과 가장 낮은 투과율은 각각 69.47%와 66.48%로 최대 2.99%의 투과율 차이가 생기는 것으로 측정되었다. 동일 투과율에서 1쌍의 렌즈의 가시광선 투과율 차이는 3% 이하로 규정하고 있다.[9] 비록 표준 가시광선 투과율에 대한 측정결과는 아니지만 숙련공에 의해 제작되었음에도 불구하고 특정 파장에서 규정의 한계치에 가까운 렌즈별 투과율 차이가 생길 수 있음을 결과를 통해 확인할 수 있었다. 아울러 착색렌즈의 렌즈별 투과율 편차는 공장에서 한꺼번에 대량으로 착색되는 15% 농도의 렌즈에서도 무착색렌즈에 비해 높은 표준편차가 측정됨을 Fig. 2에서 확인할 수 있으며 결국 이러한 큰 렌즈별 편차는 염색착색법 공정이 가지는 한계에 의한 결과임을 알 수 있다. 착색렌즈에서 렌즈별 투과율 차이가 생기는 것에 대해서는 익히 알려진 사실이었지만 그 정량적 분석에 관한 결과를 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.

본 연구에서 더 주목한 부분인 렌즈의 투과율 불균일성은 한 렌즈에서 측정되는 14,560 포인트에 대한 국소적 투과율의 표준편차를 계산하여 비교분석한 것이다. 무착색렌즈와 착색렌즈의 국소적 투과율 불균일성에 대한 결과를 Fig. 5와 Fig. 6에서 각각 볼 수 있다. 이중 Fig. 5에 나타낸 무착색렌즈에 대한 측정결과를 보면 MD1, MD2, SH1, SH2 그리고 HG1이 각각 0.013%, 0.014%, 0.016%, 0.014% 그리고 0.011%로 평균 0.014%의 불균일도를 보였다. 무착색렌즈에서는 HG1이 가장 균일한 투과율을 보였

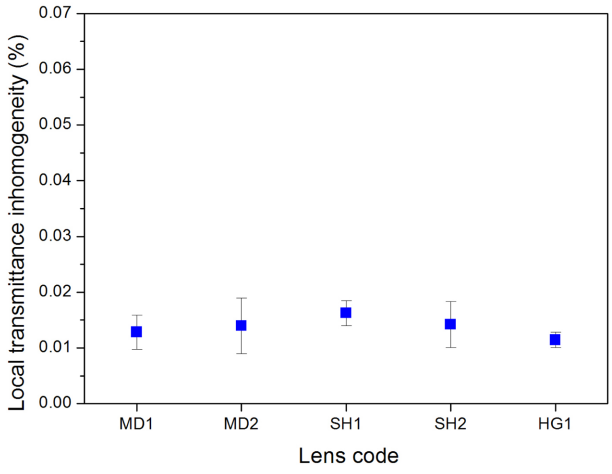

Fig. 5. Local transmittance inhomogeneity (average and standard deviation) of non-tinted ocular lenses.

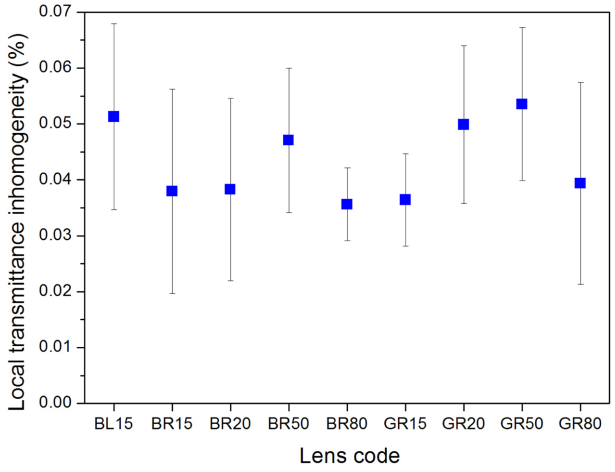

Fig. 6. Local transmittance inhomogeneity (average and standard deviation) of tinted ocular lenses.

고 SH1이 가장 불균일하게 측정되었다.

반면 착색렌즈의 불균일도 측정결과는 최소 0.036%가 갈색80% 렌즈에서 측정되었고 최대 0.054%가 회색50% 렌즈에서 측정되었음을 Fig. 6에서 볼 수 있다. 앞서 착색렌즈의 렌즈별 투과율의 편차가 무착색렌즈에 비해서 크게 증가하였는데 이러한 투과율의 불균일 정도 역시 착색렌즈에서 크게 증가하였다. 모든 착색렌즈에서 무착색렌즈의 평균 불균일도인 0.014%보다 2.5배 이상 큰 불균일도가 측정되었고 착색렌즈의 평균 불균일도인 0.043%는 무착색렌즈의 3.1배에 가까운 수치임을 알 수 있다. 이상을 종합하면 렌즈 착색 공정은 숙련공에 의해 이루어짐에도 불구하고 렌즈별 투과율의 차이도 만들어내고 무엇보다 한 렌즈의 국소적 투과율 불균일도도 크게 증가시킴을 본 연구 결과에서 알 수 있다. 렌즈별 투과율의 편차는 색차계를 이용한 일반적 투과율 분석으로도 가능하지만 렌즈의 국소적 투과율 불균일도는 국소적 투과율을 측정하여 그 결과를 종합해야만 알 수 있는 것이다. 따라서 이러한 분석방법은 렌즈의 성능과 광학적 균일성을 평가하기 위한 중요한 자료가 된다고 할 수 있겠다.

착색렌즈와 원용 시력 및 사위도와의 관계에 관한 연구에 의하면 착색렌즈의 색상에 따라 감소된 광투과율로 인해 양안시력이 감소할 수 있고 원거리 사위도에도 변화가 생길 수 있다고 분석하였다.[10-11] 또한 근거리 작업시 착색렌즈의 색상과 농도가 조절력과 조절용이성 그리고 근거리에서 읽기 속도에 변화를 줄 수 있음도 연구를 통해 확인되었다.[12-13] 아울러 입체시와 대비감도 또한 착색렌즈의 색상과 농도에 영향을 받는다고 알려져 있다.[14-15] 착색렌즈와 양안시와의 관련 실험들은 가시광선 파장영역대에 대한 투과율 측정을 통한 분석이 이뤄져 특정 파장에 대한 분석인 본 연구의 결과는 다소 제한적이기는 하지만 양안시와 관련된 이러한 연구들에서 착색렌즈의 색상과 농도는 가장 중요한 변수이므로 실험에 사용되는 렌즈에 대해서는 착색렌즈별 투과율과 편차에 대한 분석도 필요하겠지만 본 실험과 같은 렌즈의 불균일도에 대한 분석도 실시하여 균등한 균일도를 가지는 렌즈들을 이용한 연구가 차후 이뤄져야 한다고 할 수 있겠다.

결 론

본 연구에서는 광학렌즈의 투과율 균일도를 측정할 수 있는 장치인 국소 투과율 현미경을 이용하여 5종의 무착색렌즈와 9종의 착색렌즈 총 14종 70장의 안경렌즈에 대한 국소적 투과율을 측정하여 그 결과를 비교하였다.

측정된 국소적 투과율의 평균을 그 렌즈의 투과율로 계산한 후 비교한 결과 멀티코팅이 된 무착색렌즈의 경우 렌즈의 굴절률에 관계없이 평균적으로 높게 그리고 렌즈별 투과율도 균일하게 측정되었다. 다만 초경발수 코팅과 청광차단처리가 된 렌즈에서 같은 굴절률의 일반 멀티코팅된 렌즈에 비해 투과율은 조금 더 높게 렌즈별 편차는 더 낮게 측정되었다. 반면 멀티코팅된 착색렌즈의 경우 착색농도에 따라 투과율이 낮게 측정되었고 렌즈별 투과율의 편차도 무착색렌즈에 비해 평균 3.7배 크게 나타남을 측정결과를 통해 확인할 수 있었다.

또한 측정된 국소적 투과율의 표준편차를 계산하여 각 렌즈의 투과율 균일도를 비교한 결과에서도 무착색렌즈의 불균일도에 비해 착색렌즈의 불균일도가 평균 3.1배 크게 측정되었다. 이상의 결과를 통해 플라스틱 렌즈의 제작 공정 중 염색착색 공정이 렌즈별 투과율의 편차와 각 렌즈의 국소적 투과율 불균일도를 크게 하는 가장 주된 원인임을 알 수 있었다. 본 연구에서 구체적으로 얻어진 렌즈의 불균일도와 관련된 정보가 시생활에 미치는 영향에 대해서는 차후 좀 더 다양한 시료와 상황에 대한 분석이 필요하다고 할 수 있다.

기존에 행해지던 외관검사를 국소 투과율 현미경을 이용하여 분석함으로써 렌즈의 외관을 그대로 유지한 상태에서 비접촉적인 방법으로 렌즈의 광학적 균일도를 분석하고 결과를 비교할 수 있었다. 분석된 결과를 토대로 했을 때 이러한 연구 혹은 방법은 렌즈의 성능 평가와 광학적 품질 향상에 적용할 수 있으며 특히 렌즈와 결합된 안광학계와 관련된 연구의 경우에 있어서도 렌즈의 국소적 투과율의 균일도를 고려한 분석이 이루어져야 한다고 할 수 있겠다.

REFERENCES

[1] Kim TH, Ye KH, Sung AY. The research on the optical

reliability of spectacle lens in Korea. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2008:13(1);43-48.
[2] Yu DS, Yoo JS. Evaluation of ultraviolet blocking of ophthalmic lenses. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2008: 13(3);7-12.
[3] Noh HR. Changes of thin film coating on polymer lenses with varying temperature. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014:19(1);1-8.
[4] Jung MA, Lee HJ, Won CH, Kwon YS. Studies on the tinting of plastic lenses from measures of light absorption. Korean J Vis Sci. 2000:2(2);211-218.
[5] Choi EJ, Jeong JH, Kim HJ, Seo W, Ju YJ, Yang GT. Tinted-time dependence of the total spectral transmittance in CR-39 plastic color lenses. Korean J Phys Soc. 2009: 59(3);272-277.
[6] 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 Ophthalmic Opt Soc. 2011:16(3);283-291.
[7] Korean Industrial Standard. Ophthalmic optics-Uncut finished spectacle lenses-Part 1: Specifications for single-vision and multifocal lenses. KS P ISO 8980-1:2009.
[8] Park SK, Ri HC, Youk DJ, Seong DY, Kang SS. A study on the method for the local transmittance measurements of the ocular lens. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014: 19(4);471-477.
[9] Korean Industrial Standard. Lenses for Sunglass. KS P 4404:2014.
[10] Lee SH, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yi MH, Mah KC. Changes of visual acuity according to light transmission of tinted lenses. Korean J Vis Sci. 2008:10(4);279-289.
[11] Choi HS, Park SJ, Lee SJ, Jin MS, Jun J, Ryu GC. The change of the phoria in accordance with the color and concentration of the color lens. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2011:16(3);339-343.
[12] Choi HS. The influence of the color and the color density of lens on the accommodative amplitude and the accommodative facility. Korean J Vis Sci. 2012:14(1);47-54.
[13] Hwang KH, Lee CW, Seong JS, Ryu GC. The effect of tinted lens color and density on the error correction and the speed of reading at near. Korean J Vis Sci. 2014:16(4); 475-483.
[14] Yoon MH, Ryu GC. A change of stereopsis in accordance with the concentration and colors of tinted spectacle lenses. Korean J Vis Sci. 2013:15(3);263-272.
[15] 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.

A Comparative Study on the Local Transmittance Homogeneity of the Ocular Lens

Sang-Kook Park[1], Hyeong-Cheol Ri[1], Yun-Seog Jang[2], Duk-Yong Sung[3], and Sung-Soo Kang[3,*]

[1]Dept. of Physics, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea
[2]Dept. of Ophthalmic Optics, Taegu Science College, Daegu 41453, Korea
[3]Dept. of Ophthalmic Optics, Suseong College, Daegu 42078, Korea
(Received October 28, 2015: Revised December 1, 2015: Accepted December 2, 2015)

Purpose: We have analyzed the transmittance distribution of various ocular lenses using local transmittance microscope to investigate the optical homogeneity of the lens. **Methods:** The local transmittance of the laser which is focused on the surface of the spectacle lens was measured by using the photo-detector, lock-in amplifier and motorized-stage. 25 multi-coated lenses with non-tinted of 5 groups and 45 multicoated lenses with tinted of 9 groups were analyzed as a sample respectively. **Results:** Average and deviation of local transmittance for non-tinted lenses were measured almost uniformly with various refractive index and coating. However, deviation of transmittance ~~of~~ for tinted lenses was analyzed as about 3.7 times larger than that of non-tinted lenses. Inhomogeneity of local transmittance ~~of~~ for tinted lenses was also analyzed as about 3.1 times larger than that of non-tinted lenses. **Conclusions:** We could analyze that standard deviation of transmittance and inhomogeneity of local transmittance ~~of~~ for tinted lenses is larger than that of non-tinted lenses using the local transmittance microscope. These analysis using local transmittance microscope can be utilized as a way to evaluate lens performance and improve optical homogeneity.

Key words: Ocular lens, Transmittance, Local properties, Homogeneity, Microscope