



Effect of Strain on Eyeglasses Lens on Visual Field Clearness

Jung-Won Cha*

The Faculty of Beauty Health Sciences, Major in Ophthalmic Optics, Shinhan University, Uijeongbu 11644, Korea
(Received November 17, 2018; Revised November 28, 2018; Accepted November 29, 2018)

Purpose: To confirm whether the clearness of the eyeglasses lens is affected by strain exerted on the lens by the eye glasses frame and to study whether eyeglasses wearers perceive a blur to what they see. **Methods:** When strain is applied to the lens of the eyeglasses, the refractive power change or image blur was assessed using a strainer, auto lensometer, and cell phone camera. Pearson correlation analysis of the strain score of the lens vs. eyeglasses clearness survey score was performed using SPSS 23.0. **Results:** It was difficult to find a large change in refractive power caused by strain on the lens. There was a significant negative correlation between eyeglasses clearness survey score and total strain score of the lens. **Conclusions:** It was found that as the strain applied to the lens increases, eyeglasses wearer perceive more blurring of vision.

Key words: Eyeglasses lens, Strain, Clearness, Birefringence, Photoelasticity

서 론

복굴절현상은 유리나 플라스틱과 같은 등방성 매질에서 는 발생하지 않으며 1축성 단결정 또는 2축성 단결정에 광선이 입사할 때 복굴절이 발생한다.^[1] 단결정은 등방성 매질이 아니므로 단결정의 광축에 나란하게 입사하는 광 선을 제외하고는 입사한 광선이 상광선과 이상광선으로 나누어져서 진행하여 진행방향이 달라지고 상광선과 이상 광선의 굴절률 또한 다르게 된다.^[1] 이러한 예는 방해석의 바닥면에 글씨를 두고 반대편에서 관찰하면 글씨가 두 개 로 보이는 현상에서 쉽게 찾아볼 수 있다.^[1] 이러한 복굴 절 현상은 때때로 등방성 매질인 유리나 플라스틱에서도 관찰될 수 있는데 등방성 매질에 스트레스가 가해지면 내 부에 발생한 응력으로 인하여 매질이 부분적으로 비등방성 구조로 변형되면서 매우 국소적인 복굴절이 발생한다.^[2] 이 러한 복굴절 현상을 이용하면 투명한 등방성 매질에 남아 있는 잔류응력을 측정할 수 있으며, 이러한 광탄성을 이용 한 측정법은 편광된 빛이 잔류응력이 존재하는 투명한 시 편을 통과할 때 나타나는 복굴절(birefringence)패턴을 이 용하는 것이다.^[3] 안경을 조제가공할 때 안경렌즈가 안경 테에서 흘러내리지 않도록 하기 위해서 안경테의 림 내부 에 안경렌즈를 고정시키는 과정에서 안경테는 안경렌즈에 힘을 가하게 된다. 이렇게 가해진 힘은 안경렌즈에 응력 (strain)을 만들어 내고 이러한 응력으로 인하여 부분적으

로 안경렌즈의 굴절률 분포가 일정하지 않게 달라질 수 있다.^[4,6] 이러한 응력으로 인하여 안경렌즈에 응력이 발생 하였을 때 안경렌즈의 파손을 방지하기 위하여 편광을 이 용하여 응력의 정도를 판별하는 왜곡검사가 복굴절 현 상에서 발생하는 광탄성을 측정하는 원리이다.^[7] 이렇게 응력에 의하여 굴절률 분포가 변화되면 안경렌즈 굴절력 의 분포도 일정하지 않을 것으로 생각할 수 있으며 이러 한 복굴절 현상 때문에 안경착용자의 시야가 다소 흐려질 것이라고 추정해 볼 수 있다.^[8,9] 그렇게 되면 안경을 착용 하였을 때 안경착용자가 선명하지 않다는 느낌을 받을 수 있다. 그러나 안경테의 외력으로 인하여 안경렌즈의 시야 가 흐리게 보인다는 명확한 증거를 제시한 연구는 많지 않다.

안경렌즈의 응력해석에 관한 연구는 평면 편광기를 이 용한 CR렌즈의 응력해석연구에서 직사각형으로 자른 CR 렌즈에 하중을 가하여 무늬차수에 따는 응력차가 나타나 는 현상을 나타내 보여 주었다.^[4] 그러나 이 연구는 사각 으로 자른 모양의 렌즈를 이용하여 실험한 논문이므로 실 제 안경테를 착용하였을 때 시야에 미치는 영향을 설명할 수 없다는 문제점이 있으며 응력차로 인하여 실제 안경 착용자의 시력에 변화를 주는지에 관하여는 언급되지 않 았다. 원 편광기를 이용한 또 다른 연구인 CR렌즈의 광탄 성 해석연구에서는 1/4 파장판을 이용하여 렌즈에 응력을 가하면서 실험을 하여서 가시화된 이미지를 나타내었다.^[5]

*Corresponding author: Jung Won Cha, TEL: +82-31-870-3433, E-mail: jwcha@shinhan.ac.kr

그러나 이 연구 또한 안경테에 고정된 상태에서 분석된 것이 아니라 임의로 가해진 응력에 관한 데이터 이므로 실제의 안경에 어떠한 문제가 발생하는 지를 잘 설명해 주지 못하고 있다.

안경렌즈의 외부 부하의 원인은 테의 압력이 안경렌즈로 전달되어 응력이 가해질 때 발생한다. 시력교정용 렌즈의 내외부 응력이 발생할 경우 안경 착용자에게 상의 선명성이 실제로 떨어지는지를 명확히 제시한 연구는 부족한 실정이므로 이에 관하여 좀 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구는 안경테에 안경렌즈가 장착되었을 때 나타나는 응력 분포와 시야선명도 차이를 조사하고, 이에 관한 자료를 제시하여 안경사가 안경을 조제가공 할 때 기초자료가 될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

대상 및 방법

물질이 외력을 받거나 내부에 잔류응력이 존재할 경우 복굴절이 나타나게 되는데 이를 광탄성이라 한다. 이러한 광탄성을 이용하여 투명한 제품의 잔류응력을 평가할 수 있게 된다. 그러므로 두 개의 편광판이 서로 수직되도록 설계된 응력검출기를 이용하여 안경테에서 발생하는 응력의 크기와 패턴을 분석하고, 이러한 응력으로 인하여 안경시야가 얼마나 흐려졌는지를 조사하였다. 응력에 의한 시야의 흐림을 확인하기 위하여 3가지 실험을 수행하였다.

1. 응력이 생성된 형태를 확인하여 응력이 많이 발생한 곳과 적게 발생한 곳을 구분한 후 자동렌즈미터(Humphrey lens analyzer, Carl zeiss meditec inc., USA)를 이용하여 각 영역의 굴절력을 측정 한 후 비교하여 보았다. 자동렌즈미터의 굴절력 오차는 ± 0.01 D 이다.

2. 응력이 생성된 형태를 확인하여 응력이 많이 발생한 곳과 적게 발생한 곳을 구분한 후

휴대전화기(노트5, 삼성, 한국)에 속해있는 카메라 앞에 S-1.50 D 굴절력을 갖는 안경렌즈를 두고 안경렌즈 앞에 있는 작은 글씨들로 만들어진 시표를 촬영하였다. 휴대전화기 카메라를 사용한 이유는 렌즈의 직경이 작으므로 촬영된 사진의 작은 부분들이 안경렌즈의 작은 부분들과 1:1 매칭이 용이하기 때문에 렌즈에 스트레스가 가해진 영역에서는 흐린상이 촬영될 수 있을 것을 기대하고 휴대전화기 카메라를 사용하였다. 이 때 사용된 안경렌즈는 구면렌즈를 사용하였다.

3. 단초점 안경을 착용한 20세~40세의 대학생 35명 70안을 대상으로 현재 착용하고 있는 안경에서 평소에 느끼는 선명도를 리커트 5점 척도(매우흐림: 1점, 약간흐림: 2점, 보통: 3점, 약간선명: 4점, 매우선명: 5점)로 설문조사

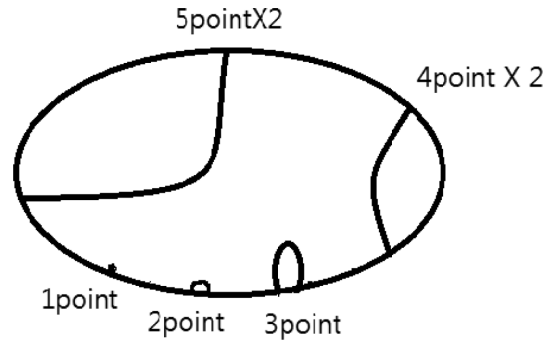


Fig. 1. Score of stress pattern.

를 하였다.^[10] 또한 착용하고 있는 안경렌즈의 굴절력을 측정하여 등가구면굴절력과 원주굴절력을 구하였다. 또한 편광을 이용한 왜곡검사기(SiD, 서울)^[7]를 사용하여 안경에 가해진 스트레스를 확인하고 수치화 하였다. 스트레스의 수치화 방법은 왜곡검사기에 나타난 영상에서 아주 작은 점 형태의 무늬를 1점으로 하고 안경렌즈의 중앙까지 침범한 큰 무늬를 5점으로 하고 그 사이를 5등분 하여 1점에서 5점까지 나눈 후 각 점수에 해당하는 무늬의 개수를 헤아려서 데이터로 만들었다. 또한 스트레스 크기의 총점수는 식 (1)과 같이 계산하였으며 스트레스 점수화는 Fig. 1과 같이 하였다. 여기서 만들어진 설문점수와 안경렌즈 등가구면굴절력, 원주굴절력, 스트레스 총점의 상관관계분석을 실시하여 유의성 여부를 조사하였으며, p값이 0.05 이하일 때 유의한 것으로 하였으며 통계에 사용한 프로그램은 SPSS 23.0을 사용하였다. 조사대상자들의 착용 안경 종류는 금속테 42안, 플라스틱테 22안, 반무테 6안이었다.

$$1\text{점} \times 1\text{점 개수} + 2\text{점} \times 2\text{점 개수} + 3\text{점} \times 3\text{점 개수} + 4\text{점} \times 4\text{점 개수} + 5\text{점} \times 5\text{점 개수} = \text{총점} \quad (1)$$

결과 및 고찰

1. 응력에 따른 굴절력 변화

Fig. 2에 왜곡검사기를 이용하여 안경렌즈에 발생한 응



Fig. 2. Strain On eyeglasses shown by strainer.

력을 나타내었다. Fig. 1에서와 같은 방식으로 Fig. 2의 응력 점수를 계산해 보면 식 (2)와 같다.

$$2\text{점} \times 3\text{개} + 3\text{점} \times 2\text{개} + 4\text{점} \times 1\text{개} + 5\text{점} \times 1\text{개} = 21\text{점} \quad (2)$$

왜곡검사기로 관찰한 결과 코쪽이 응력이 높으며 귀쪽이 응력이 약한 것을 알 수 있다. 응력이 발생하면 굴절률 변화가 생기며 굴절률의 변화는 굴절력의 변화로 나타나므로 여기서 나타나는 응력의 차이가 안경렌즈 굴절력의 차이로 나타나는지를 확인하기 위하여 자동렌즈미터를 이용하여 코쪽, 가운데, 귀쪽 3부분의 굴절력을 측정하였다.

중심부 굴절력 S-1.43 D이며 안경테에 장착하지 않은 안경렌즈의 굴절력 측정에서는 코 쪽과 귀 쪽의 굴절력이 모두 S-1.46 D=C-0.06 D로 측정되었다. 안경테에 장착하지 않은 렌즈의 코 쪽과 귀 쪽 구면굴절력은 중심부에 비하여 -0.03 D정도의 증가를 보이고 있으며 난시량은 -0.06 D정도 증가하고 있다. 이와 비교하여 중심부 굴절력 S-1.47 D이며 안경테에 장착된 안경렌즈의 굴절력 측정에서는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 중심부가 S-1.47 D, 코 쪽이 S-1.49 D=C-0.07 D, 귀쪽이 S-1.53 D으로 나타났다. 여기서 응력이 많은 코 쪽에서만 약간의 비점수차가 발생하여 응력의 영향이 있는 것 같이 보일수도 있지만 렌즈의 형상에서 발생하는 측정오차의 영역으로 생각할 수도 있어서 확정하기는 어렵다. 안경렌즈 굴절력의 변화는 일반적으로 0.25 D 단위로 측정하며 이 정도의 변화가 있어야 가시적으로 변화를 증명해서 나타낼 수 있는 반면

응력에 의한 굴절력의 변화량은 0.25 D에 크게 미치지 못하며, 그 변화 또한 한 영역에 집중되어 있기 보다는 점진적으로 위치에 따라 변화되므로 렌즈미터에 드러날 만큼의 큰 굴절력 변화는 관찰하기 어려웠다.

2. 응력에 따른 렌즈선명도 조사

Fig. 1의 안경을 이용하여 (휴대전화기 카메라)-(안경)-(작은 글씨로 된 시표)의 순서로 배치한 후 안경렌즈를 통하여 시표를 촬영하였다. 렌즈의 직경이 매우 작으므로 시표 각 부분부분의 영상들은 모두 안경렌즈의 아주 작은 영역만을 통과해서 카메라에 도착한 영상으로 볼 수 있다. 이렇게 촬영한 영상을 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 코 쪽은 렌즈에 응력이 많은 곳이며 귀쪽은 렌즈에 응력이 적은 곳이다. 렌즈의 코 쪽과 귀 쪽의 시표

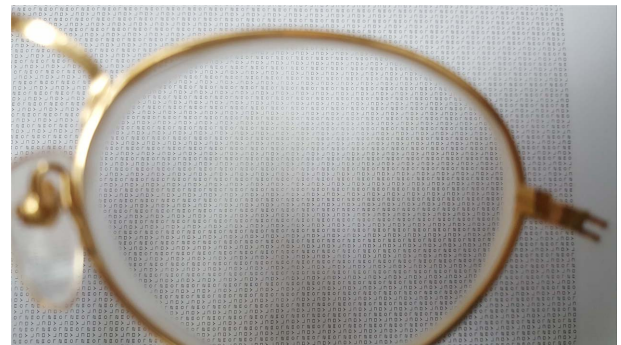


Fig. 4. Picture of target through the eyeglasses in Fig. 1 obtained using a cell phone camera.

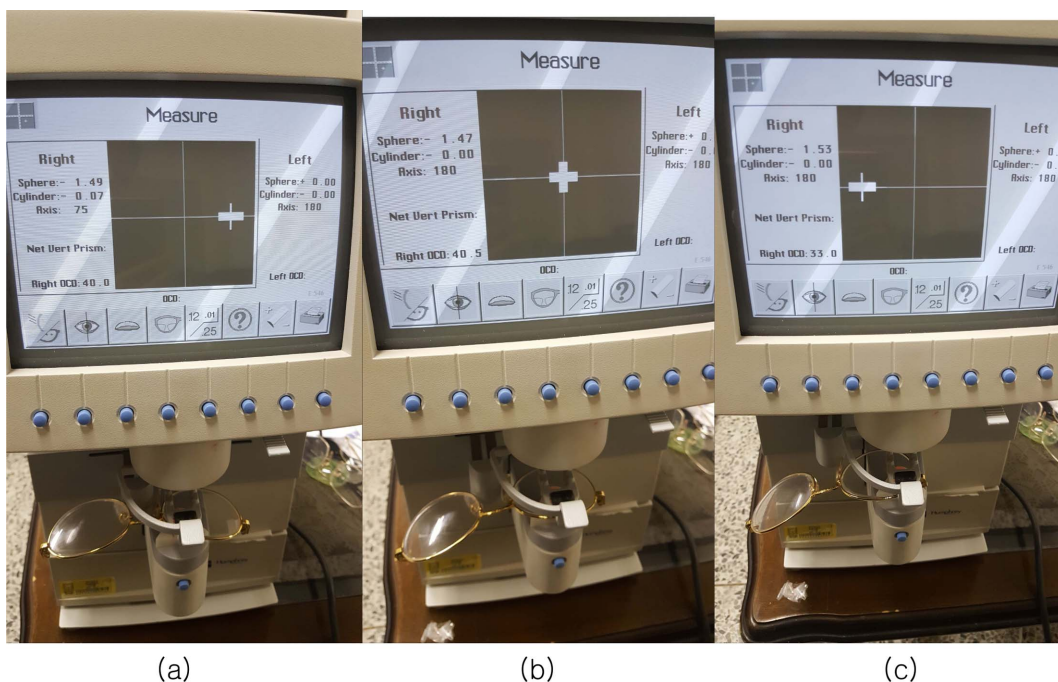


Fig. 3. Refractive power of eyeglasses lens (a) in a medial direction, (b) at the center, and (c) in a lateral direction.

선명도 차이가 약간 있는 것으로 판단해 볼 수도 있지만 그 차이가 너무 미소하여 이 역시 확증하기에는 다소 어려움이 있었다. 그 원인 또한 굴절력 변화가 미미하고 점진적으로 변화되는 형태여서 가시적으로 확정할 수 있을 만큼의 변화는 관찰하기 어려운 것으로 생각된다.

3. 안경렌즈에 생긴 응력정도와 착용자가 느끼는 선명도에 대한 통계적 분석

가설 1 : 평소에 느끼는 안경 선명도와 왜곡검사기로 측정된 안경렌즈 응력정도는 서로 반비례관계가 있을 것이다.

가설 1에 관한 검정을 하기 위하여 평소에 느끼는 안경 선명도를 안경 착용자에게 질문하여 리커트 5점 척도로 점수화 하였으며, 왜곡검사기로 측정된 안경렌즈 응력정도는 Fig. 1에서 제시된 방법으로 점수화 하고, 개수를 헤아린 후 식 (1)에 따라 총 점수의 합을 구하였다. 또한 착용한 안경의 등가구면굴절력과 Cyl 값을 측정하였으며, 안경 선명도 점수, 안경렌즈 응력의 총점 등과 함께 Table 1에 나타내었다.

안경착용자가 평소에 느끼는 안경의 선명도 평균점수는 3.729로 보통(3점)보다는 좀 더 선명하게 느끼는 것으로 나타났다. 안경렌즈 응력정도의 총점의 평균점수는 31.16으로 대부분 학생이 착용하고 있는 안경렌즈에서 Fig. 2에 나타난 안경렌즈의 응력총점(21점)보다 상당히 많은 양의 스트레스가 가해지고 있는 것으로 나타났다. 안경렌즈의 등가구면굴절력 평균값은 4.19 D로 굴절력이 높은 편으로 나타났다. Cyl 값의 평균은 1.10 D인 것으로 나타났다.

안경 선명도 점수와 상관관계가 있는 요소가 무엇인지

Table 1. Averages of eyeglasses clearness score, total stress score, spherical equivalent power, and cylinder power

	Averages	Standard deviation	N
Eyeglasses clearness score	3.729	1.0310	70
Total stress score	36.16	11.275	70
Spherical equivalent power	4.19	2.393	70
Cylinder power	1.0964	1.17360	70

Table 2. Pearson correlation analysis of eyeglasses clearness score vs total stress score, spherical equivalent power, and cylinder power

		Total stress score	Spherical equivalent power	Cylinder power
Eyeglasses clearness score	Pearson correlation	-.246*	-.090	.148
Eyeglasses clearness score	P-value (two-sided test)	.040	.459	.222
Eyeglasses clearness score	N	70	70	70

*. Correlation is statistically significant at the level of $p \leq 0.05$ (two-sided test)

를 확인하기 위하여 안경 선명도 점수와 안경렌즈 응력정도의 총점, 등가구면굴절력, Cyl 값의 상관관계분석을 SPSS 23.0을 이용하여 실시하였다.

상관관계분석을 실시한 결과 안경 선명도 점수와 안경렌즈 응력정도의 총점은 음의 상관관계 유의성($p=0.04$)이 있는 것으로 나타났으며, 안경 선명도 점수와 등가구면 굴절력 상관관계가 유의하지 않았으며, 안경 선명도 점수와 Cyl 값도 상관관계가 유의하지 않는 것으로 나타났다. 그러므로 안경렌즈에 응력이 많이 생길수록 안경착용자는 안경렌즈를 선명하지 않게 느끼는 것으로 나타났다. 이러한 불선명함이 안경렌즈의 굴절력이나 난시의 정도에 의하여 나타나지 않았는지를 확인해 보기 위하여 안경 선명도 점수와 등가구면굴절력, Cyl 값과의 상관관계를 분석한 결과 등가구면굴절력과 Cyl 값 모두 안경 선명도 점수와 상관관계가 유의하지 않게 나왔으므로 이들 요소와는 독립적으로 안경 선명도 점수는 안경렌즈 응력정도와 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. 또한 Pearson 상관계수가 음수이므로 안경렌즈에 응력이 많이 생길수록 안경착용자가 안경렌즈를 선명하지 않은 것으로 느낀다는 것을 알 수 있다.

결 론

응력에 의한 굴절력의 변화량은 0.25 D에 크게 미치지 못하며 그 변화 또한 한 영역에 집중되어 있기 보다는 점진적으로 위치에 따라 변화되므로 렌즈미터에 드러날 만큼의 큰 굴절력 변화는 관찰하기 어려웠다. 휴대전화기 카메라를 이용하여 안경렌즈에 발생한 응력으로 인한 안경렌즈 선명도차이 발생여부를 조사한 결과 그 차이가 너무 미소하여 확증하기에는 어려움이 있었다.

안경착용자가 평소에 느끼는 안경의 선명도 평균점수는 3.729로 보통(3점)보다는 좀 더 선명하게 느끼는 것으로 나타났다. 대부분 학생이 착용하고 있는 안경렌즈에 상당한 양의 스트레스가 가해지고 있었다. 안경렌즈의 등가구면 굴절력 평균값은 4.19 D로 굴절력이 높은 편이었으며, Cyl 값의 평균은 1.10 D 이었다.

평소에 느끼는 안경 선명도 점수와 안경렌즈 응력정도

의 총점은 음의 상관관계 유의성($p=0.04$)이 있었다. 평소에 느끼는 안경 선명도 점수와 등가구면굴절력 상관관계가 유의하지 않았으며, 평소에 느끼는 안경 선명도 점수와 Cyl 값도 상관관계가 유의하지 않았다.

그러므로 안경렌즈에 응력이 많이 생길수록 안경 착용자가 안경렌즈를 선명하지 않은 것으로 느끼는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 2018년도 신한대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

REFERENCES

- [1] Kang HS. Physical optics, 1st Ed. Seoul: Daihakseorim, 1992;189-197.
- [2] Woo JW, Hong JS, Kim HK, Lyu MY. Analysis of residual stress and birefringence in a transparent injection molded article for molding condition. Polym (Korea). 2016;40(2):175-180.
- [3] Hong JS, Park SR, Lyu MY. Measurement of residual stress using photoelasticity and computer simulation of optical characteristics in a transparent injection molded article. Polym (Korea). 2011;35(1):1-6.
- [4] Kim YG, Cho YR, Park SA. Analysis of the CR lens' stress using the plane polariscope. Korean J Vis Sci. 2001;3(2):135-141.
- [5] Kim YG. Anaysis of the photoelastic of CR lens using circular polariscope. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2001; 6(2):11-16.
- [6] Kim YG. Stress analysis of the CR lens using the chrome conversion. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2005;10(1):9-15.
- [7] Sung PJ. Optometric dispensing, 3rd Ed. Seoul: Daihakseorim, 2005;337-338.
- [8] Cho SY, Kang HS, Lee KS. Analysis of the operating characteristics of a birefringent optical isolator. IEIE Conference. 1996;3:230-234.
- [9] Park SK, Ri HC, Youk DJ, Sung 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.
- [10] Jang DH, Cho SK. Is the mid-point of a Likert-type scale necessary?: comparison between the scales with or without the mid-point. Survey Research. 2017;18(4):1-24.

안경렌즈의 응력이 시야선명도에 미치는 영향

차 정 원*

신한대학교 뷰티헬스사이언스학부 안경광학전공, 의정부 11644

투고일(2018년 11월 17일), 수정일(2018년 11월 28일), 게재확정일(2018년 11월 29일)

목적: 안경테에 의한 압력이 안경렌즈에 응력을 발생시키면 실제로 안경렌즈의 선명도가 낮아지는지를 확인해보고, 안경 착용자가 흐리다고 느끼는지 여부에 관하여 조사한다. **방법:** 왜곡검사기, 자동렌즈미터, 휴대전화기 카메라를 이용하여 안경렌즈에 응력이 있을 때 굴절력변화 혹은 상의 흐림이 발생하는지를 조사하였다. 또한 렌즈에 발생한 응력점수와 안경선명도 설문조사점수 사이의 상관관계분석을 SPSS 23.0을 이용하여 실시하였다. **결과:** 자동렌즈미터와 휴대전화기 카메라에서는 응력에 의하여 굴절력이 크게 변화하는 효과는 관찰하기 어려웠다. 안경 선명도 설문점수와 렌즈내부 응력정도의 총점은 음의 상관관계 유의성이 있었다. **결론:** 안경렌즈에 응력이 많이 생길수록 안경착용자는 안경렌즈를 선명하지 않게 느끼는 것으로 나타났다.

주제어: 안경렌즈, 응력, 선명도, 복굴절, 광탄성