온도에 의한 고분자 렌즈의 재질별 코팅 박막의 변화

노 혜 란*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2013년 10월 25일), 수정일(2014년 1월 6일), 게재확정일(2014년 3월 15일)

목적: 플라스틱 렌즈의 온도에 의한 영향을 조사하고자 열 충격을 주어 렌즈 재질과 코팅의 변화를 살펴보았다. **방법:** 본 연구에서는 굴절률이 다른 3 가지의 렌즈(2 종류의 thiourethane계열 렌즈, 한 종류의 allyl diglycol carbonate, ADC 렌즈)를 5 시간 동안 고온(50, 80, 그리고 100°C)에 노출시켰을 때 각각의 코팅(반사방지코팅, 하드 코팅, 그리고 수막방지코팅)의 변화를 측정하였다. **결과:** 그 결과 고굴절률 렌즈들에서는 경도의 변화가 미미하였으나 중굴절률 렌즈는 고온의 열에 노출될수록 경도가 점차 감소하여 하드코팅이 손상됨을 확인하였다. 모든 렌즈의 광투과율이 80°C 이상의 열 충격 시 큰 감소가 나타나 멀티코팅 층이 파괴됨을 유추할 수 있었다. 렌즈에 열 충격이 가해질수록 표면 접촉각이 작아져 80°C 이상 가열 시 수막발수코팅이 손상되기 시작함을 보였다. **결론:** 굴절률이 다른 3가지 렌즈 모두에서 80°C 이상의 열 충격을 받았을 때 발수코팅을 포함한 멀티코팅이 손상되었고 고분자 재료 소재에 따라 기계적, 물리적 특성 변화정도가 다르게 나타났다.

주제어: 플라스틱 렌즈, 고분자 렌즈, 렌즈 코팅, 멀티코팅, 발수코팅

서 론

한국 껌 조사 연구소에서 실시한 조사에 따르면 2013년 기준 만 19세 이상 성인 남녀의 절반에 달하는 47.1%가 안경·콘택트렌즈를 사용하는 것으로 나타났고 시력교정이 필요한 사람은 우리나라 전 인구의 56.7%나 되었다. 안경 사용자들은 ‘안경렌즈(60.3%)’를 ‘안경테(12.0%)’보다 더 중요하게 생각하는 것으로 조사되었고 그에 따라 미적요소를 위하여 더 얇은 고굴절률 렌즈를 선호하게 되었다.^[1,2] 2011년 플라스틱 렌즈의 사용률이 약 70-80%였지만 요즘 소비자들은 가볍고 안전한 플라스틱 렌즈를 더욱 더 선호하여 플라스틱 렌즈의 사용률이 급격히 증가하여 95%에 이르는 것으로 조사되었다.^[1,2] 이에 따라 유리 렌즈의 장점들을 유지, 보완하기 위하여 플라스틱 안경 렌즈에 코팅을 첨가하거나 개발된 플라스틱 렌즈의 기능향상에 관한 연구가 이루어지고 있다.^[3-5] 상업적인 요구와 기술적인 보완에도 불구하고 플라스틱 렌즈는 유리 렌즈보다 상대적으로 열에 의해 쉽게 팽창되거나 변형될 수 있어서 사우나와 찜질방 같은 고온의 작업 및 사용 환경은 렌즈 자체의 변형이나 코팅에 변화가 일어날 수 있다. 플라스틱 안경 렌즈가 지속적인 고온에 노출될 경우 소재에 따라 안경 렌즈의 코팅이 변화될 가능성이 있으나 렌

즈의 손상정도를 육안으로 발견하기 어려워 착용자들이 이를 인식하기가 쉽지 않다. 고온에 의한 플라스틱 안경 렌즈의 광학적 특성변형에 대한 연구가 있으나^[4] 이로 인한 코팅 층의 변화와 렌즈의 기계적 성질 변화에 관한 연구는 미비하다. 본 연구는 시중에 판매되고 있는 굴절률이 다른 3가지 렌즈(MR-8, MR-7, CR-39)에 열 충격을 가한 후 경도, 접촉각, 그리고 압축 강도 등에 따른 렌즈의 변화로 여러 코팅 막의 재료적, 광학적 특성 차이를 살펴보았다.

대상 및 방법

1. 실험 재료

실험에 사용된 플라스틱 렌즈는 -3.00 D의 중굴절률($n=1.55$), 고굴절률($n=1.60$) 그리고 초고굴절률($n=1.67$) 렌즈이다. Table 1에 나타난 바와 같이 굴절률 1.55인 렌즈는 allyl-diglycol-carbonate (ADC) 소재이고, 고굴절률 렌즈들은 우레탄계열 소재이다. 렌즈 선정은 안경원에서 가장 보편화되어 있는 렌즈인 -3.00 D를 선정하였으며 안경원에서 가장 많이 판매되는 구면 중굴절률, 고굴절률 렌즈와 비구면 초고굴절률 렌즈 3종류를 사용하였다. 렌즈의 코팅은 하드코팅, 멀티코팅이 되어 있으며 중굴절률 렌즈

*Corresponding author: Hyeran Noh, TEL: +82-2-970-6231, E-mail: hrnoh@seoultech.ac.kr

Table 1. Characteristics of plastic optical lenses

Product	MR-7	MR-8	CR-39
Refractive Index, n_d	1.67	1.60	1.55
Abbe number	32	41	58
Tg, °C	95	118	84
Density, gm/cm ³	1.35	1.30	1.32
Diameter, mm	72	72	72
Monomer	Thiourethane		Allyl diglycol carbonate

를 제외한 나머지 고굴절률과 초고굴절률 렌즈에는 자외선 차단코팅(UV차단)이 되어있다. 멀티 코팅은 다층 반사막 코팅으로 반사방지코팅, 정전기 방지 코팅이 포함되어 있다.

2. 실험 방법

플라스틱 렌즈들을 가열 전에 렌즈의 기본 상태를 측정하였다. 이후 렌즈를 50, 80, 또는 100°C로 가열된 오븐에 5시간 동안 위치하였다. 고온으로 가열된 렌즈를 상온에 위치한 후 30분 후에 실험하였다. 굴절률이 다른 각각의 렌즈를 5개씩 실험하여 평균과 표준편차를 구하였다.

1) 광투과율 측정

다층반사방지코팅의 손상되어 있는지를 확인하기 위해서 광투과율은 광투과율 측정기(TM-1, Topcon, Japan)를 광투과율 측정기(CL-100, Topcon, Japan)에 연결하여 측정하였으며, 380 nm에서 780 nm 파장내의 평균 광투과율을 측정하였다.

2) 경도 측정

하드코팅의 변화를 알아보기 위해 마이크로 비커스 경도계(MXT-70, Matsuzawa, Japan)를 이용하였다. 하중은 500 g으로 측정하였으며 경도(Vickers Hardness, Hv)를 구하는 방법은 오목부의 표면적 A(mm²)를 하중 P로 나눈 값이다(Hv=P/A).

3) 압축강도에 의한 렌즈 변형을 측정

만능재료시험기(TO-100-IC, Test one, Korea)를 사용하여 플라스틱 렌즈 자체의 변형을 알아보기 위해 20 kg-f의 힘을 가하여 압축되었을 때의 렌즈 높이의 변형율을 측정하였다.

4) 접착각 측정

수막코팅의 손상을 알아보기 위해 마이크로 피펫을 이

용하여 1 μ l의 물을 렌즈에 떨어뜨린 후 렌즈를 45°로 기울여서 물방울의 앞, 뒤 접촉각을 측정하였다. 렌즈 중심부의 접촉각을 측정하였으며 촬영에 사용한 카메라는 캐논 EOS 650D이며 그림판과 각도를 잴 수 있는 프로그램을 이용하여 측정하였다.

5) 렌즈의 표면 변화 측정

렌즈의 표면변화를 광학현미경과 세극등(HS-5000, Huvitz, Korea)을 이용하여 관찰하였다. 전계방사형주사전자현미경FE-SEM(VEGA3 LMU, Tescan, USA)을 이용하여 5,000배율로 미세표면을 관찰하였고 세극등은 40배율을 이용하여 초고속카메라로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 광투과율의 변화에 따른 반사 방지 코팅 변화 이해

Fig. 1에 나타난 바와 같이 렌즈의 광투과율은 가열 전보다 가열 후 낮아지는 경향을 보인다. 모든 렌즈에서 가열전과 50°C에서 5시간 가열한 후 광 투과율의 차이가 미미하지만 80°C와 100°C에서 5시간 가열한 렌즈는 가열 전 렌즈보다 광투과율이 낮아졌다. 80°C에서 가열된 경우 굴절률별로 보면 A 렌즈는 광투과율이 가열 전보다 2.4±0.8%, B 렌즈는 2.7±0.5%, 그리고 C 렌즈는 2.0±0.9% 낮아졌으며 100°C에서 가열된 경우 A 렌즈는 가열 전보다 2.8±0.5%, B 렌즈는 4.4±1.1%, C 렌즈는 3.6±0.9% 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 모든 렌즈에서 80°C 이상의 온도에서 광투과율 변화가 있었다.

조 등의 연구결과에 의하면 코팅처리된 렌즈와 코팅처리되지 않은 렌즈의 표면 변화를 통해 렌즈 자체의 변화가 아닌 렌즈 코팅이 열에 의해 쉽게 손상되는 것을 알 수 있다.^[4] 이것은 하드코팅과 멀티코팅 소재의 열팽창계수 차이에 의한 것으로 보인다. 고분자인 렌즈와 렌즈 바로 위에 코팅되는 하드코팅에 비해 멀티코팅의 열팽창계수가 작아 열 충격 시 코팅의 균열이 발생되기 쉬운 것으로 알려져 있다.^[7,8] 따라서 고온에 노출 되었을 때 코팅 막의 균열에 의해 광투과율이 낮아진 것으로 유추된다. 그로 인해 렌즈의 재질의 차이에 상관없이 모든 렌즈에서 80°C 이상 가열 시 광투과율이 일정하게 감소한 것으로 보인다.

2. 경도를 이용한 하드코팅 변화 이해

마이크로 비커스 경도계를 사용하여 열에 노출된 렌즈의 경도의 변화를 알아보았다. 경도(Hv)를 구하는 공식은 오목부의 표면적 A(mm²)를 하중 P로 나눈 값으로(Hv=P/A)^[9] 표면적이 크면 경도가 낮아짐을 의미하며 경도 값(Hv)은 작아진다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 A 렌즈(굴절

Fig. 1. Effect of temperature on light transmittance of plastic lenses. Refractive indices of lenses are (A) 1.67, (B) 1.60, and (C) 1.55.

를 1.67)는 가열 전 렌즈와 50°C 가열한 후 렌즈의 경도 변화는 미미했다. 렌즈가 노출된 온도를 50°C에서 80°C로 증가시켰을 때에도 경도의 변화는 거의 없었으며 100°C로 가열온도를 증가시켰을 때 0.3의 경도 변화로 역시 오차 범위 내의 미미한 변화를 나타냈다. B 렌즈(굴절률 1.60) 역시 가열 전, 50°C, 그리고 80°C 가열 시 마찬가지로 경도의 차이가 유의하지 않았으며 100°C로 가열했을 시에도

Fig. 2. Changes of hardness of lens as a function of heating temperatures. Refractive indices of lenses are (A) 1.67, (B) 1.60, and (C) 1.55.

오차범위 내의 미미한 변화가 있었다. 그러나 C 렌즈(굴절률 1.55)의 경우 가열온도가 증가할수록 경도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 렌즈소재와 코팅층의 열팽창계수의 차이에 관련이 있는 것으로 보인다.

하드코팅은 크게 화합물에 렌즈를 침지(dipping)하거나 유/무기물을 렌즈위에 진공 증착시키는 방법이 있다. 일반적으로 안경 렌즈는 실리콘계나 불소계 수지용액에 침지

시키는 코팅을 사용한다.^[10-12] 이 실리콘이나 불소계 수지를 이용한 하드코팅은 플라스틱 렌즈 소재에 따라 열에 의해 손상정도가 좌우되는 것으로 보인다. 특히 allyl diglycol carbonate 렌즈의 경우 유리전이온도가 일반적으로 80°C에서 100°C로 낮은 편인데 실험 조건에서 렌즈와 코팅 박막 층의 열팽창계수 차이가 많아 고온에서 하드코팅이 손상되어 정도의 감소가 나타난 것으로 사료된다.

3. 압축강도에 따른 렌즈의 높이 변형률

압축 강도 실험으로 온도에 의해 렌즈의 자체 변화가 있는지를 확인해 보았다. Fig. 3의 A 렌즈(1.67) 그래프에 나타난 바와 같이 가열 전 압축된 렌즈의 높이가 1.17 ± 0.01 mm이고 50°C 가열 시 압축된 높이가 1.17 ± 0.01 mm로 거의 변화가 없었다. 80°C 가열 시 압축된 렌즈의 높이가 1.22 ± 0.03 mm로 50°C 가열 시보다 0.05 mm 정도의 미미한 변화만 있었다. 100°C 가열 시에는 1.32 ± 0.01 mm로 가열 전보다 0.15 mm 증가된 압축 힘에 의해 렌즈 표면의 변화가 나타났다. B 렌즈(1.60) 그래프에 나타난 바와 같이 가열 전 압축된 렌즈의 높이가 1.10 ± 0.01 mm였고, 50°C 가열 시 압축된 렌즈의 높이가 1.11 ± 0.01 mm로 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 80°C 가열 시 압축된 렌즈의 높이가 1.21 ± 0.01 mm로 가열 전보다 0.10 mm 정도 변화가 있었으며, 100°C 가열 시에도 가열 전보다 0.15 mm 더 렌즈 높이가 변형되었다. ADC 소재의 C 렌즈(1.55)는 가열 전 0.91 ± 0.07 mm로 렌즈 중심부 높이 변화를 보였고 50°C 가열 시 0.91 ± 0.08 mm로 큰 차이를 보이지 않았다. 압축에 의한 렌즈 높이 변화가 80°C 가열 시 0.93 ± 0.08 mm, 100°C 가열 시 0.94 ± 0.07 mm로 다른 렌즈들에 비해 변화의 폭이 작았다.

압축강도에 따른 렌즈의 압축 높이의 변화는 하드코팅 막의 손상여부와 함께 렌즈 재질 자체의 구조변화를 예측할 수 있다. 실험 결과에 따르면 ADC 재질은 thiourethane 계열 재질보다 상온에서 압축강도에 의한 안정성이 더 우수한 것을 알 수 있다(Fig. 3). 본 실험에 사용된 ADC 렌즈와 Thiourethane계(A와 B 렌즈, 굴절률 1.67, 1.60)의 고굴절률 렌즈 모두 유리 전이 온도(T_g)가 100°C 내외로 모두 100°C 이상 고온에 노출 시 재질에 손상이 오기 쉬운 것으로 사료된다. 두 재질 모두 열경화성이고 ADC 소재는 열확산계수(specific heat, Btu/lb/F)가 0.3정도로 알려져 있어 비교적 열에 의한 분자구조의 팽창이 열가소성 고분자 소재보다는 안정적이다. 렌즈로 이용되는 대표적인 열가소성 수지인 polycarbonate의 경우 60°C에서 열에 의해 팽창이 일어나기 쉽다.^[13,14] Thiourethane계열은 마찬가지로 열경화성이나 합성 과정에서 강도가 약한 물성을 지닌 재질이 만들어지기 쉽다. 일반적으로 polyisocyanate 모노

Fig. 3. Changes of lens thickness as a function of heating temperatures. Refractive indices of lenses are (A) 1.67, (B) 1.60, and (C) 1.55.

머를 polythiol과 중합하여 만드는데 dibutyltin dichloride을 섞어 중합을 완성한다.^[15] 이때에 첨가하는 dibutyltin dichloride의 농도를 높게 하면 충격강도가 확연히 낮아진다고 알려져 있다. 따라서 ADC 재질(C 렌즈)보다 thiourethane계(A와 B 렌즈) 소재가 온도에 따른 압축강도에 의해 재질의 변형이 많이 일어남을 유추해 볼 수 있다.

4. 접착각에 따른 수막코팅 변화

고온에 노출 시 수막코팅 층의 변성 유무를 알아보기 위해 렌즈 표면위의 접착각을 측정하였다. 그 결과 Table 2

Table 2. Contact angles($^{\circ}$) of plastic lenses as changes of heating temperature

Temp.($^{\circ}$) R.I., n_d	25	50	80	100
A(1.67)	120.2 $\pm$ 1.1	113.9 $\pm$ 1.8	110.9 $\pm$ 1.5	104.9 $\pm$ 1.6
B(1.60)	115.7 $\pm$ 1.1	106.2 $\pm$ 1.0	101.4 $\pm$ 1.5	98.7 $\pm$ 1.5
C(1.55)	121.5 $\pm$ 1.5	111.0 $\pm$ 1.5	109.4 $\pm$ 1.7	107.5 $\pm$ 1.2

에 나타난 바와 같이 A 렌즈의 경우 접촉각이 가열 전 120.2 $^{\circ}$ 에서 50 $^{\circ}$ C로 가열 시 113.9 $^{\circ}$, 80 $^{\circ}$ C 가열 시 110.9 $^{\circ}$, 그리고 100 $^{\circ}$ C 가열 시 104.9 $^{\circ}$ 로 최대 12.7% 감소 변화를 보였다. B 렌즈의 경우 접촉각이 가열 전 115.7 $^{\circ}$ 에서 50 $^{\circ}$ C 가열 시 106.2 $^{\circ}$, 80 $^{\circ}$ C 가열 시 101.4 $^{\circ}$, 그리고 100 $^{\circ}$ C 가열 시 98.7 $^{\circ}$ 로 최대 14.7% 변화가 나타났다. C 렌즈의

경우 접촉각이 가열 전 121.5 $^{\circ}$, 50 $^{\circ}$ C 가열 시 111 $^{\circ}$, 80 $^{\circ}$ C 가열 시 109.4 $^{\circ}$, 그리고 100 $^{\circ}$ C 가열 시 107.5 $^{\circ}$ 로 최대 11.6%의 변화를 보였다. 접촉각은 수막 코팅 층의 불소원소의 소수성 성질 때문에 표면에 접촉하는 용액(물)과의 표면장력 차에 의해서 결정되는데 코팅 층 존재 시 물이 둥그런 모양이 되어 접촉각이 110 $^{\circ}$ 이상으로 측정된다.^[6] 코팅 층이 손상될수록 접촉각이 감소하게 되는데 사용된 렌즈 모두 노출된 온도가 증가할수록 접촉각이 점차 감소하였으며 50 $^{\circ}$ C의 상대적으로 저온의 열 충격에도 수막 코팅 층이 손상됨이 관찰되었다.

5. 렌즈의 표면 변화

주사전자현미경(SEM)을 이용하여 렌즈의 표면을 5,000배율로 촬영해본 결과 가열 전, 50, 80 $^{\circ}$ C 가열한 렌즈의 표면은 큰 차이가 없었다(Fig. 4a, b, e, f, h, 그리고 i))

Fig. 4. SEM images of lenses exposed in an oven at 50 (a, e, h), 80 (b, f, i), and 100 degree (c, g, j). All are 5000x images. Refractive indices of lenses are (A) 1.67, (B) 1.60, and (C) 1.55.

Fig. 5. Slit lamp microscope images of lenses exposed in an oven at 50 (a), e), h), 80 (b), f), i), and 100 degree (c), g), j). All are 40x images. Refractive indices of lenses are (A) 1.67, (B) 1.60, and (C) 1.55.

그러나 100°C로 가열 시 Fig. 4c(A 렌즈, 굴절률 1.67)를 보면 렌즈 표면에 손상이 생긴 것을 확인할 수 있었고 다른 굴절률의 렌즈들에 비해 더 뚜렷한 손상이 나타났다. Fig. 4 g(B 렌즈, 굴절률 1.60)에도 렌즈 표면에 손상이 생긴 것을 확인할 수 있었다. Fig 5e와 f(C 렌즈, 굴절률 1.55렌즈)의 경우 미세한 렌즈 표면 손상이 확인되었지만 SEM을 이용하여 촬영 시에는 별다른 표면 손상을 발견하지 못했다. 주사전자현미경을 통해서 100°C로 가열한 우레탄계 소재인 A, B 렌즈에서만 뚜렷한 손상을 발견할 수 있었고 알릴계 소재인 C 렌즈에서는 별다른 차이를 보이지 않았다. 이는 주사전자현미경을 이용한 표면 촬영 시 재료 표면에 처리하는 금 코팅 층으로 인해 미세한 손상이 나타나지 않은 것으로 보인다.

세극등을 이용한 렌즈의 표면 이미지의 경우 Fig. 5에 나타난 바와 같이 80°C 가열한 렌즈에도 뚜렷한 렌즈 표면의 손상을 확인할 수 있었다. 100°C로 가열한 렌즈는 육안으로도 확인이 될 정도로 렌즈 표면의 손상이 있었으며, 80°C로 가열한 렌즈들의 비해서 더 촘촘하고 진한 표면의

손상이 관찰되었다. 또한 렌즈 전면뿐만 아니라 렌즈 후면의 손상도 같이 촬영된 것을 확인할 수 있었다.

결 론

시중에 판매되고 있는 플라스틱 안경렌즈가 고온에 노출될 시 렌즈 재질과 코팅 박막에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 본 연구에서는 굴절률이 다른 3가지 종류의 렌즈에 온도변화(상온, 50, 80, 그리고 100°C)를 주어 각각의 코팅 층의 변화를 알아보았다. 그 결과, 우레탄계열과 알릴계 렌즈 모두 80°C 이상의 열 충격을 받았을 때 멀티 코팅과 수막 코팅이 손상되었다. 특히 수막 코팅의 경우 50°C의 열 충격에도 손상이 뒀을 확인하였다. 재료의 경도 차이를 측정하여 하드코팅 손상유무를 실험 한 결과 알릴계(C 렌즈, 굴절률 1.55)의 경우 온도에 의해 코팅 층의 손상이 우레탄계 소재보다 심하였으며 우레탄계(A와 B 렌즈, 굴절률 1.67, 1.60)의 렌즈가 압축강도에 의해 렌즈 재질 자체의 손상이 더 많음을 관찰할 수 있었다. 따라서 렌

즈의 소재에 따라 온도에 따른 강도와 경도의 변화의 차이가 다르게 나타난 것으로 유추된다. 모든 렌즈에서 80°C 이상의 온도에 5시간 노출된 경우 표면 손상 및 기계적 물리적 물성변화가 관찰됨에 따라 플라스틱 렌즈의 지속적인 고온에의 노출은 코팅 막의 손상 뿐 아니라 렌즈 재질 자체에도 변질이 나타나므로 플라스틱 렌즈 사용 시 작업 환경의 온도에 유의하는 것이 바람직하다.

감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비로 연구되었습니다.

REFERENCES

- [1] Gallup Korea, Korea Optometry Association press release. Eyeglass and contact lens consumption rate in Korea, 2013.
- [2] Krogman K, Druffel T, Sunkara K. Anti-reflective optical coatings incorporating nanoparticles. *Nanotech.* 2005; 16(7):S338-S343.
- [3] Yu DS, Moon BY, Ha JW. A comparative study on test methods for ophthalmic lens coatings. *J Korean Oph Opt Soc.* 2006;11(1):7-15.
- [4] Cho HG, Moon BY. Study on changes of ophthalmic plastic lens due to heating. *J Korean Oph Opt Soc.* 2011; 16(3):247-253.
- [5] Moon BY, Hwang KJ, Lee YJ, Yu DS. Changes of the plastic lens properties caused by etching of the coating films. *J Korean Oph Opt Soc.* 2010;15(1):55-60.
- [6] Schulz, U. Review of modern techniques to generate anti-reflective properties on thermoplastic polymers. *Applied Optics.* 2006;45(7):1608-1618.
- [7] Kuhr M, Bauer S, Rothhaar U, Wolff D. Coatings on plastics with the PICVD technology *Thin Solid Films.* 2003;442(1-2):107-116.
- [8] Wang, Y, Jing X. Intrinsically conducting polymers for electromagnetic interference shielding. *Polym Advan Technol.* 2005;16(4):344-351.
- [9] Lee J, Noh H. Comparison of properties of polymer based glass lenses by chemical etching reaction. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(2):119-126.
- [10] Samson F. Ophthalmic lens coatings. *Surf Coat Tech.* 1996;81(1):79-86.
- [11] Nakayama M, Hayashi T. Synthesis of novel UV-curable difunctional thiourethane methacrylate and studies on organic-inorganic nanocomposite hard coatings for high refractive index plastic lenses. *Prog Org Coat.* 2008; 62(3):274-284.
- [12] Schmauder T, Nauenburg K, Kruse K, Ickes G. Hard coatings by plasma CVD on polycarbonate for automotive and optical applications, *Thin Solid Films.* 2006;502(1-2): 270-274.
- [13] Keeney A, Duerson H. Evaluation of plastic spectacle lenses. *Arch Ophthalmol.* 1953;49(5):530-535.
- [14] Yalon M, Goldberg EP, Osborn D, Stacholy J, Sheets JW. Polycarbonate intraocular lenses *J Cataract Refr Surg.* 1988;14(4):393-395.
- [15] Nagai D, Sato M, Ochiai B, Endo T. Synthesis and properties of the polythiourethanes obtained by the cationic ring-opening polymerization of cyclic thiourethanes. *J Polym Sci Pol Chem.* 2006;44(16):4795-4803.
- [16] Noh H, Vogler EA. Volumetric interpretation of protein adsorption: Competition from mixtures and the Vroman effect. *Biomaterials.* 2007;28(3):405-422.

Changes of Thin Film Coating on Polymer Lenses with Varying Temperature

Hyeran Noh*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science & Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received October 25, 2013; Revised January 6, 2014; Accepted March 15, 2014)

Purpose: To observe changes of coatings and lens materials with varying temperature to understand effect of temperature on plastic lens. **Methods:** In this study, three lenses of different refractive indices (2 of thiourethane oriented lenses, an allyl diglycol carbonate oriented lens) were exposed to high temperature (50, 80, and 100 degree) for 5 hours and changes of individual coating (anti-refractive coating, hard coating, and water repellent coating) were measured. **Results:** As a result, high-refractive index lenses did not exhibit significant variation of hardness. However, hardness of mid-refractive index lens were decreased when exposed to high temperature and destructions of hard coating layer was inferred. Surface contact angles of lens were decreased with increasing temperature and water repellent coating layer were damaged at higher than 80 degree. **Conclusions:** Multi including water repellent coatings on all three lenses with different refractive indices were damaged when exposed to at or higher than 80 degree. The degree of changes in mechanical and physical properties were depended on polymer material type.

Key words: Plastic lens, Polymer lens, Lens coating, Multi coating, Water repellent coating