# 단신 (Notes)

# 친수성 중합체 poly(HEMA)의 함수율에 따른 안 의료용 렌즈의 강도 및 굴절력 변화

송경석 · 김태훈† · 성이영\*

세한대학교 안경광학과 <sup>†</sup>백석대학교 안경광학과 (접수 2013. 2. 21; 게재확정 2013. 3. 11)

# Change of the Strength and Refractive Power of Ophthalmic Lens with Water Content of Hydrophilic Polymer Containing HEMA

Kyung-Sek Song, Tae-Hun Kim<sup>†</sup>, and A-Young Sung\*

Department of Ophthalmic Optics, Sehan University, Jeonnam, Korea. \*E-mail: say@sehan.ac.kr †Department of Visual Optics, Baekseok University, Chonnan, Korea (Received February 21, 2013; Accepted March 11, 2013)

주제어: 굴절력, 함수율, 광투과율

Key words: Refractive Power, Water Content, Optical Transmittance

#### 서 론

최근 안 의료용 친수성 렌즈 분야의 연구는 고 산소 투 과성, 항균성, 자외선 차단성 등의 기능성 콘택트렌즈 재료에 대한 주제로 매우 활발히 진행되고 있다. 1-5 특히 하이드로젤 친수성 렌즈의 경우, 우수한 착용감으로 인해다양한 용도로 사용되고 있으나 낮은 산소투과율과 오염의 위험이 높은 단점으로 인해고 산소투과성 재질과 항균성 재질 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 6.7 하이드로젤 안 의료용 렌즈에 요구되는 여러 가지 물리적특성에는 함수율 및 습윤성, 굴절률, 광투과율 등이 있으며 각막에 직접 접촉하기 때문에 생체 적합성도 우수하여야 한다. 이러한 여러 가지 물리적 특성과 함께 시력보정 용구 및 안 의료용의 친수성 렌즈는 광학적 특성이 매우 중요하며, 완성된 콘택트렌즈는 우수하고 정확한 물리 '광학적 특성을 나타내야 한다.

친수성 렌즈의 광학적 특성 중 정점굴절력은 시력교정 용구로서의 가장 중요한 특징 중 하나이다. 현재 콘택트 렌즈의 정점굴절력의 측정 및 오차범위는 KFDA의 '의료기기기준규격'에서 규정하고 있으며, 콘택트렌즈의 표기 정점굴절력이 오차범위 안에 있어야만 판매허가를 받을 수 있다. 그러나 KFDA의 '의료기기 기준규격'에서는 정점굴절력의 측정 장비와 방법에 대한 자세한 규정이 없는 실정이며, 국내 규격인 한국산업표준(KS)는 KS B ISO

8321-1과 KS B ISO 8321-2에서 하드 및 하이드로겔 콘택트렌즈의 정점굴절력의 오차범위를 규정하고 있으나 자세한 측정기기나 측정방법에 대하여는 규정되어 있지 않다. 현재 국제 표준화 기구인 ISO에서는 ISO 18369-3 'Ophthalmic optics - Contact lenses - Part 3: Measurement methods'의 4.2 Back vertex power에서 안 의료용 렌즈의 정점굴절력 측정방법 및 기기에 대하여 규정하고 있다. 이 규격에서는 렌즈미터를 이용하여 공기 중에서 측정하는 방법과 식염수 중에서 친수성 렌즈를 측정하는 방법인 Moire방법<sup>8</sup>과 Hartmann 방법<sup>9,10</sup> 등이 규정되어 있다. 그러나 의료용 하이드로젤 렌즈의 경우, 측정을 위한 별도의 장비 및 수치의 환산이 필요하여 현실적으로 유용하게 사용하기에는 다소 어려움이 있는 실정이다.

의료용 하이드로젤 렌즈의 정점굴절력 측정은 일반적으로 렌즈미터를 사용하는데, 망원경식 렌즈미터의 경우 측정자의 경험 및 주관이 측정 값에 많은 영향을 미치는 단점을 지니고 있어 최근에는 망원경식 렌즈미터와 함께 투영식 자동렌즈미터를 많이 사용하고 있다. 일반적으로 안 의료용 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정은하이드로젤 콘택트렌즈 표면의 수분제거와 렌즈 형상의 변화로 인해 오차가 많이 발생될 수 있기 때문에 그 측정에 있어 매우 주의가 필요하다.

이에 본 연구는 하이드로젤 콘택트렌즈 재료로 널리 사용되는 2-hydroxyethyl methacrylate, methyl methacrylate,

N-vinyl-2-pyrrolidone, ethylene glycol dimethacrylate 등을 공중합하여 안 의료용 하이드로젤 콘택트렌즈를 제조하였다. 또한 제조된 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력을 망원경식 렌즈미터와 투영식 자동렌즈미터로 공기 중에서 측정하는 방법을 사용하여 각각 측정하고 그 측정값을 비교하였다.

## 재료 및 방법

#### 하이드로젤 의료용 렌즈의 중합 및 제조

시약 및 재료: 렌즈 제조 실험에 사용된 모노머인 HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate)와 중합을 위해 사용된 개시제인 AIBN(azobisisobutyronitrile)은 JUNSEI사 제품을 사용하였으며, NVP(n-vinyl pyrrolidone)와 EGDMA(ethylene glycol dimethacrylate)는 Acros사 제품을, MMA(methyl methacrylate)는 Crown Guaranteed Reagents사 제품을 사용하였다.

고분자 중합: 고분자의 중합은 HEMA, NVP, MMA, EGDMA를 기본 조합으로 하였으며, 개시제는 AIBN을 사용하였다. 함수율의 변화를 위해 친수성 물질인 NVP와 소수성 물질인 MMA의 비율을 배합율에 따라 다양하게 변화시켜 중합하였다. 콘택트렌즈의 중합은 오븐을 통한 열중합 방식을 사용하였으며, cast mould 방법을 사용하여 성형하였다. 제조된 콘택트렌즈 시료는 0.9%의 염화나트륨 생리 식염수에 24시간 수화시키는 방법으로 전처리 한 후실험하였다.

실험용 하이드로젤 렌즈 분류: 각 배합비에 따라 제조된 함수율이 다른 3종의 하이드로젤 콘택트렌즈를 사용하였으며, 각 렌즈별로 -3.00 D, -7.00 D, -10.00 D의 굴절력을 가진 3종류의 렌즈를 각각 20개씩 즉, 총 180개의 하이드로젤 안 의료용 친수성 렌즈를 사용하였다.

#### 제조된 렌즈의 물리적 특성

제조된 고분자의 함수율은 gravimetric method를 사용하여 측정 및 계산하였으며, 굴절률은 ABBE Refractormeter (ATAGO NAR IT, Japan)를 사용하여 수화된 상태의 콘택트렌즈를 측정하였다. 분광투과율은 spectral transmittance meter (TOPCON TM-2, Japan)를 사용하였으며, 가시광선 영역의 투과율을 측정하고 백분율로 표시하여 나타내었다. 인장강도는 전 처리한 콘택트렌즈의 표면의 수분을 제거한 상태에서 AIKOH Engineering사의 Model을 사용하여 측정하였다.

#### 광학적 특성 측정

사용기기: 제조된 친수성 렌즈의 정점굴절력 측정에 사용한 렌즈미터는 ISO 8598 규격에 적합한 기종을 사용하

였으며, 최소한의 측정 정확성이 ±0.06D 이내의 최소 -20 D에서 +20 D까지 측정범위가 가능해야 하며 수동초점을할 수 있는 렌즈미터를 사용하였다. 망원경식 렌즈미터는 TOPCON의 LM-8(Japan)을 사용하였으며, 투영식 자동렌즈미터는 Huvitz의 HLM-7000(Korea)을 사용하였다. 망원경식 렌즈미터는 0.25 D 단위로 굴절력을 측정하였으며, 투영식 자동렌즈미터는 0.10 D 단위로 굴절력을 측정하였다.

렌즈미터의 검정은 20±5 °C에서 측정하였으며, 검정렌즈를 렌즈 지지대에 위치시킨 후 구면시험렌즈를 검교정하였다. 검정렌즈는 −20.00 D, −15.00 D, −10,00 D, −5.00 D, +5.00 D, +10.00 D, +15.00 D, 그리고 +20.00 D의 렌즈를 사용하였다.

정점굴절력 측정 방법: 제조된 렌즈의 정점굴절력 측정 방법은 ISO 18369-3을 기준으로 측정하였다. 친수성 하이드로젤 렌즈를 표준 식염수용액에서 30분 이상 섭씨 20 ±0.5 ℃에서 측정기간 동안 평형을 유지시킨 후 실험에 사용하였다. 또한 렌즈의 굴절력 측정을 위해 먼지가 없는 천이나 필터종이로 표면 물기를 닦아 낸 후 10초 안에 콘택트렌즈 지지대에 위치시킨 다음 렌즈의 안쪽 면이 위치하게 적절히 위치시켜 측정하였다.

**통계분석:** 실험을 통해 측정된 값은 IBM spss statistics 19를 사용하여 통계 분석한 후 유의성을 검사하였다.

### 결과 및 고찰

### 고분자의 중합 및 제조

제조된 친수성 하이드로젤 안 의료용 렌즈는 전체적으로 무색의 투명한 콘택트렌즈가 제조되었으며, 표준 식염수 용액에서 24시간 수화시킨 결과, 전체적으로 유연하고 부 드러운 특성을 나타내었다. 또한 SEM 이미지 분석 결과,

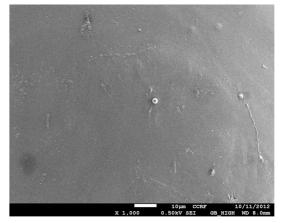


Fig. 1. SEM image of hydrogel contact lens sample: magnification  $\times 1000$ 

비교적 매끄러운 표면을 가진 렌즈가 제조된 것으로 나타났다. 제조된 콘택트렌즈의 표면분석 결과를 Fig. 1에나타내었다.

#### 제조된 렌즈의 물리적 특성

제조된 렌즈의 물리적 특성을 측정한 결과, 각 조합의 평균 함수율은 각각 38.21%, 45.44%, 58.39%로 측정되었다. 가시광선 투과율의 경우, 모든 조합에서 90% 이상의높은 투과율을 나타내었다. 각 조합의 평균 굴절률은 1.3754-1.4497의 범위로 측정되었으며, 모든 조합에서 함수율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 각 조합의 평균 인장강도의 경우, 0.1232-0.1872 kgf의 범위로 측정되었으며, 함수율이 증가할수록 유연성의 영향으로 인해감소하는 경향을 나타내었다. 각 조합의 물리적 특성을 Table 1에 정리하여 나타내었으며, 가시광선을 포함한 분광투과율 측정 결과를 Fig. 2에 그래프로 나타내었다.

#### 제조된 렌즈의 정점굴절력

-3.00 D의 친수성 하이드로젤 렌즈: 38%의 함수율을

Table 1. Physical properties of the copolymers

Sample	Visible ray trans- mittances (%)	* <sub>WH2O</sub> (%)	**RI	Tensile strength (kgf)
Q38	91.4	38.21	1.4497	0.1872
Q45	91.5	45.44	1.4165	0.1543
Q58	90.7	58.39	1.3754	0.1232

<sup>\*</sup> $w_{H_2O}$  is the water content

<sup>\*\*</sup>RI is the refractive index

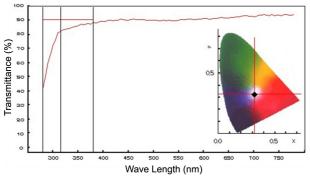
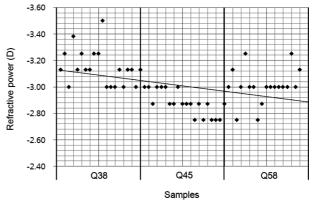


Fig. 2. Spectral transmittance of sample (Q38).

가진 친수성 하이드로젤 렌즈의 정점굴절력 측정 결과, 망원경식 렌즈미터로 측정한 평균값은 -3.146 D로 -0.146 D 높게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -2.879 D로 -0.121 D 낮게 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -3.007 D로 -0.007 D 높게 측정되었다. 전체적으로 함수율별 정점굴절력의 차이는 일정하게 나타나지 않았으나 정확도가 다소 감소되는 경향을 보였다. 또한 투영식 자동렌즈미터를 사용하여 38% 하이드로젤 렌즈의 정점굴절력을 측정한 결과 -3.108 D로 나타났으며, -0.108 D 높게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -3.000 D로 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 3.000 D로 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점 굴절력은 -3.010 D로 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점 굴절력은 -3.010 D로 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점 굴절력은 -3.010 D로 측정되었다. 함수율별 정점굴절력 측정 결과를 Table 2에 나타내었다.

전체적으로 망원경식 렌즈미터로 측정한 정점굴절력보다 투영식 자동렌즈미터로 측정한 정점굴절력이 차이가 작은 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를나타냈다(P=0.014). 또한 함수율별 차이는 전체적으로 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 망원경식 및 투영식 자동렌즈미터로 측정한 -3.00 D의 정점굴절력의 함수율별측정결과 분포를 Figs. 3과 4에 나타내었다.

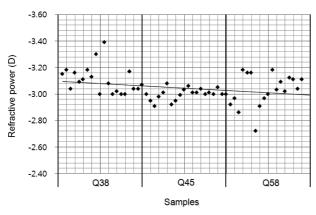
-7.00 D의 친수성 하이드로젤 렌즈: 함수율 38% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정 결과, 망원경식 렌즈미터로 측정한 평균값은 -7.026 D로 측정되었으며 -0.026 D 높게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈



*Fig.* 3. Distribution of measured refractive power by telescopic type lensmeter (–3.00D).

Table 2. Measured refractive power of hydrogel contact lenses (-3.00D)

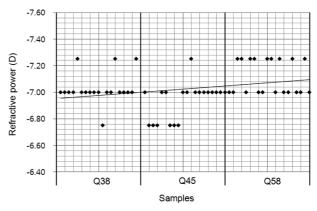
Water content	Telescopic type				Projector type				
(%)	Mean	S.D.	Max	Min	Mean	S.D.	Max	Min	
38	-3.146	0.1364	-2.91	-3.50	-3.108	0.1042	-3.00	-3.39	
45	-2.879	0.0951	-2.75	-3.00	-3.000	0.0432	-2.91	-3.08	
58	-3.007	0.1328	-2.75	-3.25	-3.031	0.1244	-2.72	-3.18	



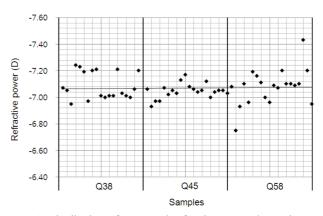
*Fig.* **4.** Distribution of measured refractive power by projector type lensmeter (–3.00D).

의 정점굴절력은 -6.938 D로 -0.027 D 낮게 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -7.113 D로 -0.113 D 높게 측정되었다. 전체적으로 함수율별 정점굴절력의 차이는 일정하게 나타나지 않았으나함수율이 증가할수록 많은 차이를 나타내었으며, -3.00 D 렌즈의 측정결과와 마찬가지로 함수율 45%에서는 더낮게 측정되었다. 투영식 자동렌즈미터로 38% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력을 측정한 결과 -7.087 D로나타났으며, -0.087 D 높게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -7.046 D로 나타났으며, -0.046 D로 높게 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -7.079 D로 측정되어 -0.079 D 높게 측정되었다. 함수율 3에 나타내었다.

전체적으로 망원경식 렌즈미터로 측정한 정점굴절력보다 투영식 자동렌즈미터로 측정한 정점굴절력이 차이가 작은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이를나타내지는 않았다(P=0.199). 이는 망원경식 렌즈미터로측정한 값이 비교적 통계적 중앙값에 근접하여 측정된결과로 판단된다. 또한 함수율별 차이는 전체적으로 일정한 경향을 나타내지는 않았으며 함수율 38%에서는 망원경식 렌즈미터가 더 정확한 값을 나타내었다. 망원경식및 투영식 자동렌즈미터로 측정한 -7.00 D의 정점굴절력의 함수율별 측정결과 분포를 Figs. 5와 6에 나타내었다.



*Fig.* **5.** Distribution of measured refractive power by telescopic type lensmeter (–7.00D).



*Fig.* **6.** Distribution of measured refractive power by projector type lensmeter (–7.00D).

-10.00 D의 친수성 하이드로젤 렌즈: 함수율 38% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정 결과, 망원경식 렌즈미터로 측정한 평균값은 -10.125 D로 측정되었으며 -0.125 D 높게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -10.175 D로 -0.175 D 낮게 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력은 -10.400 D 높게 측정되었다. 전체적으로 함수율이 증가할수록 굴절력의 차이는 크게 측정되었다. 투영식 자동렌즈미터로 38% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력을 측정한 결과 -9.910 D로 나타났으며, -0.090 D 낮게 측정되었다. 함수율 45% 하이드로젤 콘택트렌즈의

Table 3. Measured refractive power of hydrogel contact lenses (-7.00D)

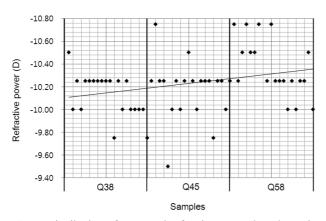
Water content	Telescopic type				Projector type				
(%)	Mean	S.D.	Max	Min	Mean	S.D.	Max	Min	
38	-7.026	0.1147	-6.75	-7.25	-7.087	0.1020	-6.95	-7.24	
45	-6.938	0.1375	-6.75	-7.25	-7.046	0.0555	-6.93	-7.17	
58	-7.113	0.1276	-7.00	-7.25	-7.079	0.1369	-6.75	-7.43	

Water content	Telescopic type				Projector type				
(%)	Mean	S.D.	Max	Min	Mean	S.D.	Max	Min	
38	-10.125	0.1902	-9.75	-10.50	-9.910	0.1186	-9.64	-10.08	
45	-10.175	0.2578	-9.50	-10.75	-9.933	0.0917	-9.72	-10.09	
58	-10.400	0.2856	-10.00	-11.00	-9.989	0.1400	-9.60	-10.15	

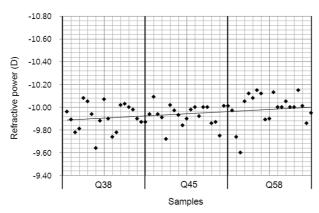
**Table 4.** Measured refractive power of hydrogel contact lenses (-10.00D)

정점굴절력은 -9.933 D로 나타났으며, -0.067 D로 낮게 측정되었다. 함수율 58% 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점 굴절력은 -9.989 D로 측정되어 -0.011 D 낮게 측정되었다. 함수율별 정점굴절력 측정 결과를 *Table* 4에 나타내었다.

전체적으로 망원경식 렌즈미터로 측정한 정점굴절력보다 투영식 자동렌즈미터로 측정한 정점굴절력이 차이가 작은 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를나타내었다(P=0.002). 또한 투영식 렌즈미터에서는 전체적으로 낮게 측정되었으며, 망원경식 렌즈미터는 더 높게측정되었다. 망원경식 및 투영식 자동렌즈미터로 측정한



*Fig.* 7. Distribution of measured refractive power by telescopic type lensmeter (-10.00D).



*Fig.* **8.** Distribution of measured refractive power by projector type lensmeter (–10.00D).

-10.00D의 정점굴절력의 함수율별 측정결과 분포를 *Figs.* 7과 8에 나타내었다.

### 결 론

현재 다양한 용도로 안과학적 의료용구를 위해 사용되는 친수성 하이드로젤 안 의료용 렌즈는 함수율 및 물리적 특성을 기준으로 여러 가지로 분류되고 있다. 렌즈의 기 능을 대표할 수 있는 물리적 특성 중 렌즈의 정점굴절력 은 물성에 따라 측정방법이 다르게 적용되어야 한다.

이에 본 연구는 안 의료용 친수성 하이드로젤 콘택트렌즈 재료로 널리 사용되는 재료를 사용하여 하이드로젤 콘택트렌즈를 함수율 별, 굴절력 별로 각각 제조하고 각각의 정점굴절력을 망원경식 렌즈미터와 투영식 자동렌즈미터로 공기 중에서 측정하는 방법을 사용하여 각각측정한 후 그 측정값을 비교하였다.

실험 결과, 전체적으로 투영식 자동렌즈미터로 측정한 정점굴절력이 망원경식 렌즈미터로 측정한 값보다 정확도가 높아 작은 차이를 나타내었으며, 두 가지 경우 모두 정점굴절력이 클수록 그 차이가 커지는 경향을 나타내었다. 또한 함수율이 높은 렌즈의 경우, 측정된 정점굴절력의 크기의 차이가 크게 나타나는 경향을 보였다. 이상의결과는 임상에서의 하이드로젤 콘택트렌즈의 굴절력 측정 방법에 있어 유용한 자료가 될 것으로 판단된다.

Acknowledgments. 이 연구는 2012년 지식경제부 기술혁 신사업(표준기술력향상사업)에 의하여 지원되었습니다.

#### REFERENCES

- Kim, T. H.; Ye, K. H.; Sung, A. Y. J. Korean Oph. Opt. Soc. 2008, 13(4), 59.
- 2. Sung, A. Y.; Kim, T. H. J. Nanosci. Nanotechnol. 2012, 12, 5210.
- 3. Sung, A. Y.; Kim, T. H. Korean J. Chem. Eng. **2012**, 29(9), 1272
- 4. Kim, T. H.; Sung, A. Y. J. Korean Chem. Soc. 2009, 53(3), 340.
- 5. Kim, T. H.; Ye, K. H.; Sung, A. Y. *J. Korean Chem. Soc.* **2009**, *53*(3), 391.

- 6. Kim, T. H.; Ye, K. H.; Kwon, Y. S.; Sung, A. Y. *J. Korean Oph. Opt. Soc.* **2006**, *11*(3), 259.
- 7. Kim, T. H.; Sung, A. Y. J. Korean Chem. Soc. **2009**, 53(6), 749.
- 8. Wei, X.; Heugten, T. V.; Thibos, L. Optics Express 2009,
- 17(16), 14180.
- 9. Kollbaum, P.; Jansen, M.; Thibos, L.; Baradley, A. *Optom. Vis. Sci.* **2008**, *85*(9), E817.
- 10. Jeong, T. M.; Menon, M.; Yoon, G. Appl. Opt. **2005**, 44(21), 4523.