

친수성 콘택트렌즈 측정용 Wet Cell 홀더 개발에 관한 연구

송경석¹, 임현선², 주석희^{1,*}

¹세한대학교 안경광학과, 영암 58447

²강동대학교 안경광학과, 음성 27600

투고일(2015년 8월 13일), 수정일(2015년 9월 3일), 게재확정일(2015년 10월 20일)

목적: 친수성 콘택트렌즈 정점굴절력 측정 방식중 하나인 wet cell 측정법을 활용한 국산화 측정 홀더와 프로그램 개발에 관한 연구를 위해 현재 사용되어지고 있는 Poster wet cell 홀더와 함수율별 굴절력의 측정값을 비교 분석하였다. **방법:** 안경원에서 사용 중인 기존 제품과 새롭게 개발된 국산제품에 식염수를 채워 넣고 소프트콘택트렌즈의 굴절력을 측정하였다. 실험에 사용한 친수성 콘택트렌즈는 안경원에서 많이 사용되고 있는 국내산 렌즈를 사용하였으며, 함수율별과, 구면굴절력별로 분류하여 각각 실험하였다. **결과:** wet cell 방식으로 콘택트렌즈 굴절력 측정 시 새롭게 개발한 홀더의 경우 자동렌즈미터를 사용하여 굴절력을 측정한 결과 -3.00 D에서 함수율 38%는 -3.01 D, 함수율 45%는 -3.00 D, 함수율 58%는 -2.98 D로 측정되었으며, Poster wet cell 홀더를 사용하여 렌즈를 측정한 결과 -3.00 D에서 함수율 38%는 -3.60 D, 45%는 -3.06 D, 58%는 -2.46 D로 각각 측정되었다. **결론:** 고함수율에서 굴절력 측정값은 wet cell 방식의 두 홀더 모두 낮게 나타났으며, 새롭게 개발된 홀더와 프로그램을 통한 자동렌즈미터의 측정값이 기존의 Poster soft contact lens wet cell 측정방식에 비해 더 정확한 굴절력 측정 결과를 나타내었다.

주제어: 자동렌즈미터, Wet Cell, 함수율, 친수성 콘택트렌즈

서 론

안경원에서 안경렌즈의 굴절력은 렌즈미터를 사용하여 비교적 손쉽게 측정할 수 있지만, 친수성소프트콘택트렌즈의 굴절력은 재질에 포함된 함수성과 표면에 묻어있는 수분 때문에 굴절력 측정이 안경렌즈보다는 어려워진다. 따라서 렌즈 표면에 습기를 잘 제거하여 측정하는 것이 매우 중요하며 측정자와 측정상태에 따라 측정값이 달라질 수 있는 어려움이 있다.

렌즈착용자들은 자신의 나안시력이나 교정시력의 대략적인 소수 시력을 알고는 있지만, 처방용으로 환산된 디옵터를 모르는 경우가 대부분이다.^[1] 렌즈교환을 위해 안경원에 방문하여 현재 착용하고 있는 렌즈와 같은 굴절력의 제품을 원할 경우 렌즈미터로 굴절력 확인을 해야 하지만 안경렌즈 보다 굴절력 측정이 번거롭다.

콘택트렌즈의 경우 측정 방식에 따라 공기 중에서 렌즈 표면에 수분을 제거하여 굴절력을 측정하는 dry blotting 방식과 측정용 홀더에 식염수를 넣어 렌즈의 굴절력을 측정하는 wet cell 방식으로 나뉜다.^[2] Dry blotting 방식의 경우 콘택트렌즈의 표면의 수분을 제거한 후에 렌즈미터

로 굴절력을 측정하게 되어 있으나, 수분 제거가 잘 되지 않으면 정확한 굴절력을 측정하기 어렵고 수분 제거를 위해 렌즈에 손상을 줄 수 있어 주의가 필요하다.^[3] 반면에 wet cell 방식의 경우 식염수에 렌즈를 담가 렌즈의 습윤 상태에서 굴절력을 측정하므로 dry blotting 방식보단 간편하며 렌즈의 상태보존에도 유리한 점이 있다. 그러나 단점은 습윤 상태에서 굴절력을 측정하므로 식염수의 굴절률을 고려해 환산계수를 구해 곱해줘야 하는 번거로움이 있다. 현재 안경원에서 많이 사용되고 있는 wet cell 홀더의 경우 미국 버넬사(BC7009, Bernell, USA)에서 판매중인 홀더를 사용하고 있다. 개발자인 Maurice Poster가 손쉽게 wet cell 방식으로 측정할 수 있도록 만들었지만, 현재 다양한 재질의 소프트콘택트렌즈 개발되면서 일률적인 환산계수를 곱하는 방식은 정확도 측면에서 많이 떨어지고 있다.^[4] 측정용 홀더에 생리식염수를 채워 놓고 굴절력을 측정하는 방식이어서 공기의 굴절률, 식염수의 굴절률, 함수율에 따른 렌즈의 굴절률을 적용하여 아래와 같은

$$\frac{\text{렌즈굴절률}-\text{식염수굴절률}}{\text{렌즈굴절률}-\text{공기굴절률}}$$

환산계수로 적용시켜야하나 Poster wet cell 홀더는 일률

*Corresponding author: Seok-hee Joo, TEL: +82-61-469-1470, E-mail: optjoo@naver.com

적으로 4를 곱하여 측정굴절력을 구하도록 하였다. 또한 wet cell 홀더의 구조적 문제로 인해 측정 시 채워 넣은 생리식염수가 새지 않도록 손가락으로 막아야 하고, 항상 홀더 중심에 측정렌즈를 위치시키기 어려운 점이 있다.

국내에서 유통되고 있는 렌즈의 함유율을 크게 3가지 부류로 나눌 수 있다. 저함수, 중함수, 고함수로 재질에 따라 함유율 38%, 45%, 58%로 나뉘며 대부분 렌즈가 여기에 속한다.^[5]

따라서 본 연구는 기존 wet cell 홀더의 단점을 보완하여 새롭게 개발된 wet cell 홀더의 측정 신뢰도에 관계되는 반복성과 재현성을 평가함과 동시에 Poster가 개발한 wet cell 홀더의 일률적인 환산계수를 곱하는 방식이 아닌 함유율에 따른 각 변화된 환산계수를 찾아내고 자동렌즈미터의 프로그램화된 시스템을 통해 자동렌즈미터의 친수성 콘택트렌즈의 굴절력을 측정 정확도를 높이고 기존 Poster wet cell 홀더와 측정값을 비교하고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험기기 및 재료

Wet cell 방식으로 현재 안경원에서 많이 사용하고 있는 제품은 Maurice Poster 개발한 U사(BC7009, Bernell, USA)의 홀더이다(Fig. 1). U사 홀더의 단점과 부정확한 환산계수를 보완하기 위해 개발된 제품이 H사의 wet cell 홀더 이다(Fig. 2). 이번 실험에서는 Maurice Poster 개발한 U사의 wet cell 홀더와 국내에서 새롭게 제작한 H사 wet cell 홀더의 콘택트렌즈 굴절력 측정값을 비교 검증하였다.



Fig. 1. The product of Bernell company.



Fig. 2. The product developed in Korea.

2. 실험방법

실험에 사용된 소프트 콘택트렌즈는 국내에서 유통되고 있는 렌즈로 함유율과 디옵터별로 각각 나눠 준비하였다. 함유율별로는 38% 저함수, 45% 중함수, 58% 고함수로 나뉘었으며, 굴절력별로는 -1.00 D, -3.00 D, -5.00 D, -7.00 D, -10.00 D의 굴절력을 가진 구면 콘택트렌즈를 각각 10개씩 구입하여 총 50개의 렌즈를 사용하였다. wet cell 홀더 안쪽으로 식염수를 채워 넣은 후 굴절력을 측정할 렌즈를 안쪽에 위치시킨 후 자동렌즈미터를 사용하여 측정 하였다(Fig. 1, Fig. 2).

굴절력 측정을 위한 투영식 자동렌즈미터는 국내 H사(HLM-9000, HUVITZ사, KOREA)의 생산제품인 자동렌즈미터(Shack-Hartmann방식 LED light sensor)를 사용하여 비교하였으며 0.01 D 단위로 굴절력을 측정하였다. Hartmann-Moirwavefront sensor를 장착하여 정확도와 재현성에서 신뢰도가 높은 장비이다.^[7] 또한 ISO 8598 기준에 적합하고 콘택트렌즈 전용 측정 모드가 있다. 또한 정확성을 높이기 위해 렌즈별로 각 10회씩 측정한 결과를 평균하여 분석에 사용하였다.^[8]

생리식염수 안에 있는 콘택트렌즈의 굴절력을 구하는 식은 아래와 같다.^[9]

$$S_w = \frac{1}{f_w} = \frac{(n-n_w)}{n_w} \times \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

- S_w : 생리식염수 안의 콘택트렌즈 굴절력
- f_w : 생리식염수 안의 콘택트렌즈 초점거리
- n : 콘택트렌즈의 굴절률
- n_w : 생리식염수의 굴절률
- r_1 : 콘택트렌즈 전면의 곡률반경
- r_2 : 콘택트렌즈 후면의 곡률반경

실험에 사용된 자동 렌즈미터의 검교정은 상온(20±5°C)에서 중국 표준과학회(China National Institute of Metrology (NIM))에서 제시된 표준렌즈를 렌즈 지지대에 위치시킨 후 구면 시험렌즈를 측정하는 방법으로 시행하였다. 검교정렌즈는 -25.00 D, -20.00 D, -15.00 D, -10.00 D, -5.00 D,

Table 1. Specification of soft contact lenses used in this study

| Lens Material | Polarity | Parameters | | |
|---------------|----------|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| | | Total Diameter (mm) | Back Optical Zone Radius (mm) | Water Content (%) |
| Polymacon | Nonionic | 14 | 8.5 | 38 |
| Polymacon | Nonionic | 14 | 8.7 | 45 |
| Hioxifilcon | Ionic | 14.2 | 8.6 | 58 |
| Etafilcon | Ionic | 14 | 8.5 | 59 |

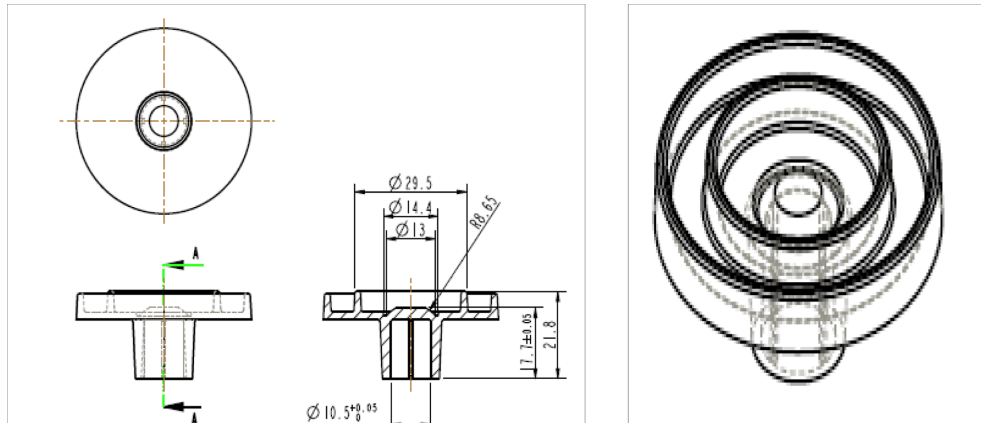


Fig. 3. Design drawings of the wet cell holder developed in Korea.

-2.50 D, +2.50 D, +5.00 D, +10.00 D +15.00 D, +20.00 D, 그리고 +25.00 D의 렌즈를 각각 사용하여 렌즈미터의 정확성을 검증하였다(허용오차 ± 0.025 D 이내).^[10]

실제 측정된 굴절력에 환산계수를 적용하여 계산한 굴절력(Calculated Diopter)은 기존 제품인 U사의 경우는 실제 측정된 굴절력(Real Measuring Diopter)에 환산계수 4를 곱하여 구하였고, H사의 경우는 자동렌즈미터에 입력된 프로그램을 통해 실제 측정된 굴절력을 구간별로 선형적 함수를 대입하여 자동 계산되어진 굴절력으로 화면에 표기되었다.

결과 및 고찰

1. 함수율별 굴절력 측정 비교

1) 저함수 소프트 콘택트렌즈(Water content 38%, Morning-Q, Interojo, Korea)

함수율 38%의 소프트 콘택트렌즈를 U사의 wet cell 측정용 홀더방식과 H사의 wet cell 측정용 홀더 방식으로 자동렌즈미터를 사용하여 굴절력을 측정 후 분석하였다.^[11] -1.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사(BC7009, Bernell, USA)의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.29 D ± 0.02 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -0.59 D ± 0.01 D로 측정되었다. 그리고 -3.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.90 D ± 0.02 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.27 D ± 0.02 D로 측정되었다. -5.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.32 D ± 0.02 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.72 D ± 0.01 D로 측정되었다. -7.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.91 D ± 0.03 D로 측정되었으며,

H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -2.37 ± 0.02 D로 측정되었다. 또한 -10.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -2.48 ± 0.01 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -3.00 ± 0.01 D로 측정되었다. 각 홀더별 굴절력 측정값은 대응표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 측정된 콘택트렌즈의 굴절력 값이 실제 굴절력 보다 낮게 측정되는 이유는 측정용 홀더에 식염수를 넣어 함께 측정하는 방식 이어서 식염수의 굴절률과 렌즈의 굴절률과 함께 영향을 주어 굴절력을 표시하게 되어있어 환산계수를 곱하기 전에는 실제 굴절력과 다른 굴절력이 측정된다.^[12]

함수율 38% 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. U사에서 제공한 환산계수 곱하기 4를 하지 않고 순수하게 렌즈미터에 나온 결과 값을 가지고 비교 분석하였다.

-1.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정할 결과 -0.59 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정할 결과 -0.29 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.30 D 낮게 측정 되었다. -3.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정할 결과 -1.27 D로 나왔으며, U사

Table 2. Measurement of soft contact lens diopter by the wet cell holder (water content 38%)

| Company | D | N | Mean | Std. D | Minimum | Maximum |
|---------|--------|----|---------|--------|---------|---------|
| H | -1.00 | 10 | -0.5920 | .01229 | -0.60 | -0.57 |
| | -3.00 | 10 | -1.2700 | .02309 | -1.30 | -1.24 |
| | -5.00 | 10 | -1.7200 | .00943 | -1.73 | -1.71 |
| | -7.00 | 10 | -2.3780 | .02440 | -2.41 | -2.35 |
| | -10.00 | 10 | -3.0000 | .01155 | -3.01 | -2.98 |
| U | -1.00 | 10 | -0.2980 | .01687 | -0.32 | -0.27 |
| | -3.00 | 10 | -0.9000 | .02211 | -0.93 | -0.88 |
| | -5.00 | 10 | -1.3260 | .02271 | -1.36 | -1.30 |
| | -7.00 | 10 | -1.9160 | .02716 | -1.95 | -1.88 |
| | -10.00 | 10 | -2.4800 | .00943 | -2.49 | -2.47 |

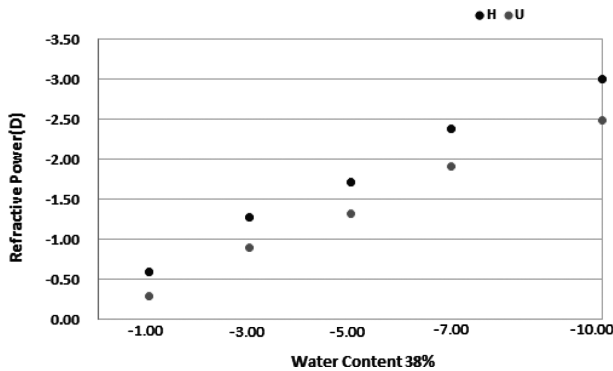


Fig. 4. Comparison of the measured diopter by the wet cell holder of H and U company. (38%, -1.00 D, -3.00 D, -5.00 D, -7.00 D, -10.00 D)

홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -0.90 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.37 D 낮게 측정되었다. -5.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.72 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.32 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.40 D 낮게 측정되었다. -7.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -2.37 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.91 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.46 D 낮게 측정되었다. -10.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -3.00 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -2.48 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.52 D 낮게 측정되었다. H사와 U사의 wet cell 홀더를 사용해 소프트 콘택트렌즈의 the measuring holder 각 굴절력 별 구면 굴절력 측정 비교 그래프를 Fig. 4 나타내었다.

2) 종합수 소프트 콘택트렌즈(Water content 45%, Morning-Q45, Interjo, Korea)

함수율 45%의 소프트 콘택트렌즈를 U사의 wet cell 측정용 홀더방식과 H사의 wet cell 측정용 홀더 방식으로 자동렌즈미터를 사용하여 굴절력을 측정된 후 분석하였다. -1.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.24 ± 0.02 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -0.66 ± 0.02 D로 측정되었다. 그리고 -3.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.7660 ± 0.01 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.19 ± 0.01 D로 측정되었다. -5.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.27 ± 0.03 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.70 ± 0.04 D로 측정

Table 3. Measurement of soft contact lens diopter by the wet cell holder (water content 45%)

| Company | D | N | Mean | Std. D | Minimum | Maximum |
|---------|--------|----|---------|--------|---------|---------|
| H | -1.00 | 10 | -0.6600 | .02309 | -0.69 | -0.63 |
| | -3.00 | 10 | -1.1940 | .01955 | -1.23 | -1.18 |
| | -5.00 | 10 | -1.7080 | .03853 | -1.74 | -1.65 |
| | -7.00 | 10 | -2.2660 | .02797 | -2.31 | -2.24 |
| | -10.00 | 10 | -2.9000 | .01491 | -2.92 | -2.88 |
| U | -1.00 | 10 | -0.2440 | .01713 | -0.26 | -0.22 |
| | -3.00 | 10 | -0.7660 | .01265 | -0.78 | -0.75 |
| | -5.00 | 10 | -1.2760 | .03438 | -1.32 | -1.24 |
| | -7.00 | 10 | -1.8380 | .04541 | -1.92 | -1.80 |
| | -10.00 | 10 | -2.4620 | .02781 | -2.48 | -2.41 |

되었다. -7.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.83 ± 0.04 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -2.26 ± 0.03 D로 측정되었다. 또한 -10.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -2.46 ± 0.03 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -2.90 ± 0.01 D로 측정되었다. 각 홀더별 굴절력 측정값은 대응표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 모든 굴절력에서 $p < 0.05$ 미만으로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 함수율 45% 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. U사에서 제공한 환산계수 곱하기 4를 하지 않고 순수하게 렌즈미터에 나온 결과 값을 가지고 비교 분석하였다.

-1.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -0.66 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -0.24 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.42 D 낮게 측정되었다. -3.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.19 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -0.76 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정되었다. -5.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.70 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.27 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정되었다. -7.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -2.26 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -1.83 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정되었다. -10.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -2.00 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정된 결과 -2.46 D로 측정되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.44 D 낮게 측정되었다. H사와 U사의 wet cell 홀더를 사용해 소프트 콘택트렌즈의 각 굴절력 별 구면 굴절력 측정 비교 그래프

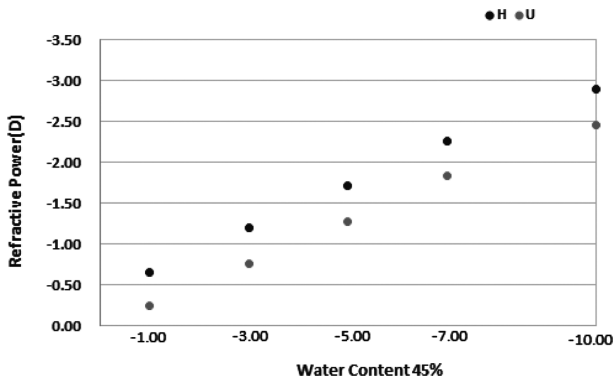


Fig. 5. Comparison of the measured diopter by the wet cell holder of H and U company. (45%, -1.00 D, -3.00 D, -5.00 D, -7.00 D, -10.00 D)

를 Fig. 4에 나타내었다.

3) 고탍수 소프트 콘택트렌즈(Water content 58%, Clalen 1day, Interjojo, Korea)

함수율 58%의 소프트 콘택트렌즈를 U사의 wet cell 측정용 홀더방식과 H사의 wet cell 측정용 홀더 방식으로 자동렌즈미터를 사용하여 굴절력을 측정 후 분석하였다. -1.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.24 ± 0.02 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -0.66 ± 0.02 D로 측정되었다. 그리고 -3.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -0.77 ± 0.01 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.19 ± 0.02 D로 측정되었다. -5.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.27 ± 0.03 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -1.70 ± 0.04 D로 측정되었다. -7.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -1.83 ± 0.04 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절

력은 -2.26 ± 0.03 D로 측정되었다. 또한 -10.00 D의 콘택트렌즈의 경우 U사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터의 굴절력은 -2.46 ± 0.03 D로 측정되었으며, H사의 측정 홀더를 사용한 렌즈미터 굴절력은 -2.90 ± 0.01 D로 측정되었다. 각 홀더별 굴절력 측정값은 대응표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 모든 굴절력에서 $p < 0.05$ 미만으로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 함수율 45% 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. U사에서 제공한 환산계수 곱하기 4를 하지 않고 순수하게 렌즈미터에 나온 결과 값을 가지고 비교 분석하였다.

-1.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -0.66 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -0.24 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.42 D 낮게 측정 되었다. -3.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -1.19 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -0.76 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정 되었다. -5.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -1.70 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -1.27 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정 되었다. -7.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -2.26 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -1.83 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.43 D 낮게 측정 되었다. -10.00 D의 경우 H사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -2.90 D로 나왔으며, U사 홀더를 사용해 렌즈미터로 측정한 결과 -2.46 D로 측정 되어 H사 홀더로 측정했을 때 보다 0.44 D 낮게 측정 되었다. H사와 U사의 wet cell 홀더를 사용해 소프트 콘택트렌즈의 각 굴절력 별 구면 굴절력 측정 비교 그래프를 Fig. 6에 나타내었다.

Table 4. Measurement of soft contact lens diopter by the wet cell holder (water content 58%)

| Company | D | N | Mean | Std. D | Minimum | Maximum |
|---------|--------|----|---------|--------|---------|---------|
| H | -1.00 | 10 | -0.6440 | .01430 | -0.66 | -0.62 |
| | -3.00 | 10 | -1.0760 | .01955 | -1.11 | -1.06 |
| | -5.00 | 10 | -1.4200 | .03333 | -1.47 | -1.38 |
| | -7.00 | 10 | -1.6600 | .01764 | -1.68 | -1.64 |
| | -10.00 | 10 | -2.2380 | .01398 | -2.26 | -2.22 |
| U | -1.00 | 10 | -0.2100 | .01155 | -0.23 | -0.20 |
| | -3.00 | 10 | -0.6160 | .01075 | -0.63 | -0.60 |
| | -5.00 | 10 | -1.0080 | .01229 | -1.03 | -1.00 |
| | -7.00 | 10 | -1.2560 | .02716 | -1.28 | -1.21 |
| | -10.00 | 10 | -1.8220 | .02044 | -1.85 | -1.80 |

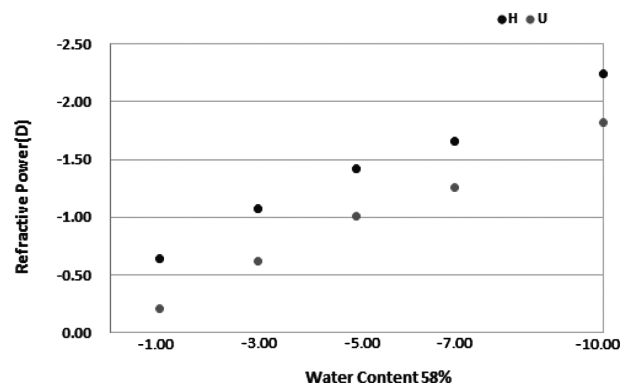


Fig. 6. Comparison of the measured diopter by the wet cell holder of H and U company. (58%, -1.00 D, -3.00 D, -5.00 D, -7.00 D, -10.00 D)

2. U사(Bernell) 홀더와 H사(Huvitz) 홀더의 굴절력 측정 비교

1) H사 홀더로 측정한 함수율별 굴절력 비교

H사 홀더로 측정한 함수율별 콘택트렌즈 평균굴절력을 Fig. 6에 나타내었다.

굴절력이 -1.00 D에서는 함수율에 관계없이 굴절력별 평균값이 비슷하게 나타났지만, 함수율이 높아질수록 굴절력별 평균값의 차이는 -1.00 D를 기준으로 함수율 38%와 45%는 -0.07 D로 함수율 38%에서 58%굴절력 차이는 -1.00 D에서 -0.05 D로 나타났다. 또한 굴절력이 낮은 -1.00 D에서는 함수율에 따른 굴절력 변화의 차이가 -0.07 D로 낮았지만, -10.00 D에서는 -0.77 D로 굴절력의 차이가 높게 나타남을 알 수 있다. Fig. 7 그래프에서 알 수 있듯이 굴절력이 높아질수록 함수율에 따른 굴절력의 편차가 높게 나타남을 알 수 있다.

2) U사 홀더로 측정한 함수율별 굴절력 비교

U사 홀더로 측정한 함수율별 콘택트렌즈 평균굴절력을 Fig. 8에 나타내었다.

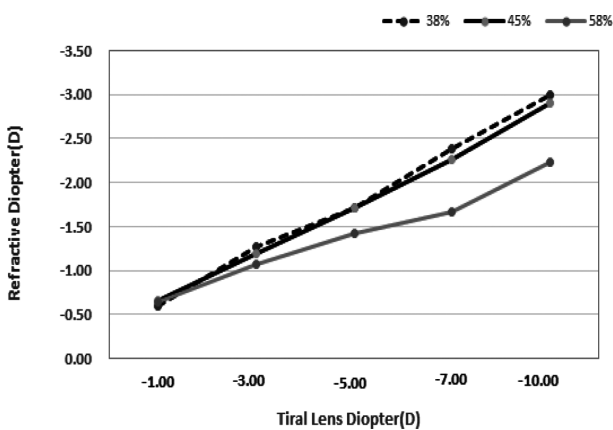


Fig. 7. Comparison of the measured diopter according to water content. (H company)

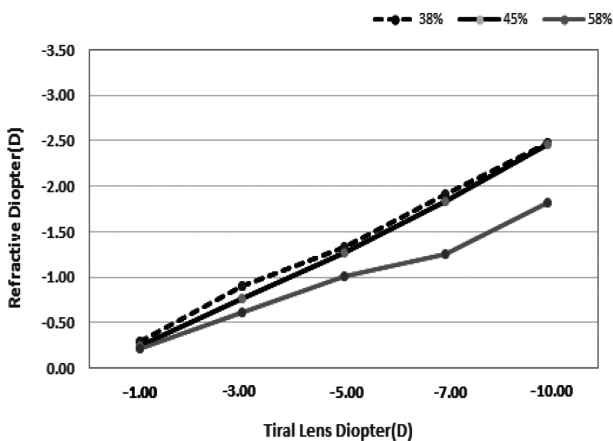


Fig. 8. Comparison of the measured diopter according to water content. (U company)

굴절력이 -1.00 D에서는 함수율에 관계없이 굴절력별 평균값이 비슷하게 나타났다. 함수율 38%와 45%의 굴절력 평균값 차이는 -0.05 D로 나타났으며 함수율 38%와 58%에서는 -0.08 D 차이를 나타냈다.

굴절력이 -10 D 에서는 함수율이 높았을 때는 굴절력별 평균값의 차이는 함수율이 높아질수록 굴절력이 낮게 측정됨을 알 수 있었다. 굴절력이 낮은 -1.00 D 에서는 함수율에 따른 굴절력 변화의 차이가 -0.07 D로 낮았지만 -10.00 D에서는 -0.77 D로 굴절력의 차이가 높게 나타남을 알 수 있었다. Fig. 8 그래프에서 알 수 있듯이 굴절력이 높아질수록 함수율에 따른 굴절력의 편차가 높게 나타남을 알 수 있었다.

3) H사와 U사의 실제 측정값을 환산계수를 적용한 계산 굴절력의 비교

H사와 U사의 홀더로 측정된 굴절력 값을 각각의 환산계수를 적용하여 계산되어진 굴절력을 표로 비교 분석하였다.

실제 측정값을 환산계수를 적용한 계산굴절력으로 비교한 결과, 새로 개발되어진 H사의 굴절력은 모든 함수율에서 실험렌즈의 굴절력과 유사한 값을 나타내었다. 기존 U사의 제품은 저함수(water content 38%)에서는 -3.00 D와 -7.00 D가, 중함수(water content 45%)에서는 -7.00D가, 고함수(water content 58%)에서는 -7.00 D가 실험렌즈 굴절력과 가장 큰 차이를 보였다(Table 5, Table 6, Table 7).

이와 같이 콘택트렌즈를 함수율별로 측정 한 결과 두 홀더 모두 함수율이 높을수록 굴절력별 평균값이 낮게 측정

Table 5. Comparison of the calculated diopter about real measuring diopter of H and U company (water content 38%)

| D | Company | RMD | CD | Std. D | Std. E | p-value |
|--------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|
| -1.00 | H | -0.59 | -0.99 | 0.06 | 0.03 | 0.01* |
| | U | -0.30 | -1.19 | 0.07 | 0.03 | |
| -3.00 | H | -1.27 | -3.01 | 0.11 | 0.05 | 0.00* |
| | U | -0.90 | -3.60 | 0.09 | 0.04 | |
| -5.00 | H | -1.72 | -4.99 | 0.04 | 0.02 | 0.00* |
| | U | -1.33 | -5.30 | 0.10 | 0.04 | |
| -7.00 | H | -2.36 | -7.00 | 0.11 | 0.05 | 0.00* |
| | U | -1.92 | -7.66 | 0.12 | 0.05 | |
| -10.00 | H | -3.00 | -10.00 | 0.06 | 0.03 | 0.04* |
| | U | -2.48 | -9.92 | 0.04 | 0.02 | |

*Significantly different from each group compared by two independent t-test, p<0.05

RMD; Real Measuring Diopter, CD; Calculated Diopter

Table 6. Comparison of the calculated diopter about real measuring diopter of H and U company (water content 45%)

| D | Company | RMD | CD | Sta. D | Sta. E | p-value |
|--------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|
| -1.00 | H | -0.66 | -0.99 | 0.09 | 0.04 | 0.74 |
| | U | -0.24 | -0.98 | 0.07 | 0.03 | |
| -3.00 | H | -1.19 | -3.00 | 0.08 | 0.04 | 0.25 |
| | U | -0.77 | -2.06 | 0.05 | 0.02 | |
| -5.00 | H | -1.71 | -4.98 | 0.15 | 0.07 | 0.24 |
| | U | -1.28 | -5.10 | 0.15 | 0.07 | |
| -7.00 | H | -2.27 | -6.99 | 0.13 | 0.06 | 0.01* |
| | U | -1.84 | -7.35 | 0.19 | 0.09 | |
| -10.00 | H | -2.90 | -10.00 | 0.08 | 0.04 | 0.04* |
| | U | -2.46 | -9.85 | 0.12 | 0.05 | |

*Significantly different from each group compared by two independent t-test, p<0.05

RMD; Real Measuring Diopter, CD; Calculated Diopter

Table 7. Comparison of the calculated diopter about real measuring diopter of H and U company (water content 58%)

| D | Company | RMD | CD | SD | SE | p-value |
|--------|---------|-------|-------|------|------|---------|
| -1.00 | H | -0.64 | -1.01 | 0.06 | 0.03 | 0.01* |
| | U | -0.21 | -0.84 | 0.05 | 0.02 | |
| -3.00 | H | -1.08 | -2.98 | 0.12 | 0.05 | 0.00* |
| | U | -0.62 | -2.46 | 0.05 | 0.02 | |
| -5.00 | H | -1.42 | -5.03 | 0.26 | 0.12 | 0.00* |
| | U | -1.01 | -4.03 | 0.05 | 0.01 | |
| -7.00 | H | -1.06 | -6.97 | 0.12 | 0.06 | 0.00* |
| | U | -1.26 | -5.02 | 0.12 | 0.05 | |
| -10.00 | H | -2.24 | -6.99 | 0.08 | 0.04 | 0.00* |
| | U | -1.82 | -7.29 | 0.09 | 0.04 | |

*Significantly different from each group compared by two independent t-test, p<0.05

RMD; Real Measuring Diopter, CD; Calculated Diopter

되는 것을 파악할 수 있었다. 그리고 굴절력이 높아질수록 함수율간의 굴절력 측정값의 편차가 많이 발생되어 지는 것을 알 수 있었다.

또한 측정값을 환산계수를 적용한 계산굴절력으로 비교한 결과 기존의 U사는 함수율별, 굴절력별 실험렌즈의 굴절력과 차이를 보였지만 새로 개발되어진 H사의 굴절력은 모든 콘택트렌즈에서 실험렌즈 굴절력과 유사한 값을 나타내었다.

결론

본 연구는 새롭게 개발된 콘택트렌즈 굴절력 측정용 홀더에 대한 검증과 기존 콘택트렌즈 굴절력 측정용으로 사용되는 U사의 wet cell 홀더에 대한 비교 실험의 일환으로 국내에서 유통되는 총 50개의 시력보정용 콘택트렌즈(구면렌즈)를 함수율, 굴절력으로 나누어 Shack-Hartmann 방식인 투영식 자동렌즈미터기를 사용하여 굴절력을 측정하고 각 홀더 별 굴절력에 따른 측정 안정성을 비교하였다. 국산화된 H사의 친수성 소프트콘택트렌즈 측정 wet cell 홀더와 환산계가 기존제품의 단점을 보완하고 보다 정확한 굴절력 측정에 기여할 것으로 생각된다.

앞으로 좀 더 다양한 콘택트렌즈 재질과 굴절력별 환산계수를 구하여 보다 정확한 친수성 소프트콘택트렌즈 굴절력 측정이 이뤄질 수 있도록 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되어진다.

감사의 글

본 연구는 2015년 세한대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Kang HS. An introduction to Visual Optics, 2nd Ed. Seoul: Shinkwang, 2009;80:11-24.
- [2] ISO. ISO 8598: Optics and Ophthalmic instruments - Focimeters. 2004.
- [3] Tranoudis I, Efron N. Parameter stability of soft contact lenses made from different materials. Cont Lens Anterior Eye. 2004;27(3):115-131.
- [4] Poster GM. Hydrophilic lens holder. U.S. Patent 3779648. 1973.
- [5] Pearson RM. Aspect of wet cell measurement of back vertex power of contact lense. Clin Exp Optom. 2008; 91(5):461-468.
- [6] Long WD, Bauman RE, Dandridge R, Haggmann P. Measured versus labeled parameters of daily disposable contact lenses. Int Contact lens Clin. 1997;24(6):188-197.
- [7] Wei X, Heugten TV, Thibos L. Validation of a Hartmann-Moir wavefront sensor with large dynamic range. Optics Express. 2009;17(16):14180-14185.
- [8] ISO. ISO 18369-3: Ophthalmic optics - contact lenses - part 3: Measurement methods. 4.2 Back vertex power. 2006.
- [9] Pearson RM, Evans BJ. A Comparison of in air and in-saline focimeter measurement of the back vertex power of spherical soft contact lenses. Ophthalmic Physiol Opt. 2012;32(6):508-517.
- [10] Wang LR, Zhang JY, Ya Z. Calibration error on the mea-

- surement of back vertex power for contact lenses with method using focimeter with manual focusing. *Optom Vis Sci.* 2002;79(2): 126-133.
- [11] Kollbaum P, Jansen M, Thibos L, Bradley A. Validation of an off-eye contact lens Shack-Hartmann wavefront aberrometer. *Optom Vis Sci.* 2008;85(9):E817-E828.
- [12] Jeong TM, Menon M, Yoon G. Measurement of wavefront aberration in soft contact lenses by use of a Shack-Hartmann wavefront sensor. *Appl Opt.* 2005;44(21):4523-4527.
- [13] Kim TH, Lee MJ, Sung AY. Refractive power measurement of soft contact lens using developed contact lens holder. *Korean J Vis Sci.* 2013;15(3):293-303.
- [14] Holdem BA, Cooper GN, Vaegan, Alexander JA. The accuracy and variability of measurement of the BCOR of hydrated soft lenses using a zeiss keratometer and holden wet cell. *Aust J Optom.* 1977;60(2):46-51.
- [15] Bland JM, Atman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-310.

Study on the Development of Wet Cell Holder for the Measurement of Hydrophilic Contact Lens

Kyoung-Sek Song¹, Hyeon-Sun Lim², and Seok-Hee Joo^{1,*}

¹Dept. of Ophthalmic Optics, Sehan University, Yeongam 58447, Korea

²Dept. of Ophthalmic Optics, Kangdong College, Eumseong 27600, Korea

(Received August 13, 2015: Revised September 3, 2015: Accepted October 30, 2015)

Purpose: To develop more accurate wet measuring system combining the wet cell, automatic lensmeter and the related software for hydrophilic contact lenses and to verify the accuracy of those measuring holder system already available in the market. **Methods:** Refractive power measurement were done in both a conventional method which has been commonly used in optical shops and a new method which is recently developed in Korea. Hydrophilic contact lens of Korean brand was chosen as a test material and was tested by water content ratio and by spherical refractive power. **Results:** When spherical power of -3.00 D contact lens is measured in the newly developed wet cell measurement holder with automatic lensmeter, it reads -3.01 D at water content ratio of 38%, -3.00 D at 45% and -2.98 D at 58%. The same experiment with the Poster soft contact lens wet cell measurement holder maintaining other conditions same resulted in -3.60 D at the water content ratio of 38%, -3.06 D at 45% and -2.46 D at 58%. **Conclusions:** At the higher water content, the refractive power values measured by both of the wet cell measuring holders are shown lower, and additionally, the new method using the wet cell holder and new software program in a automatic lensmeter showed more accurate readings than conventional Poster soft contact lens wet cell measuring system.

Key words: Automatic lensmeter, Wet cell, Water content ratio