

## 홀더종류에 따른 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정의 정확도 분석

이민제, 성아영\*

대구가톨릭대학교 안경광학과, 경산 712-702

투고일(2015년 2월 2일), 수정일(2015년 3월 14일), 게재확정일(2015년 4월 20일)

**목적:** 본 연구는 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 다양한 디옵터와 함수율을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력을 측정하고 정확도를 평가하여 그 차이를 비교하였다. **방법:** 실험에 사용한 소프트 콘택트렌즈의 함수율은 각각 38%, 43% 및 58%이었으며, 굴절력에 따라 -3.000 D, -7.000 D 및 -10.000 D로 분류하여 각각 실험하였다. 또한 망원경식 렌즈미터를 사용하여 안경렌즈홀더 및 콘택트렌즈홀더로 각각의 정점굴절력을 측정하여 정확도를 분석하였다. **결과:** 안경렌즈홀더를 사용한 경우 -3.0000 D는 -3.3273 D로 측정되었으며, -7.0000 D는 -7.1306 D, -10.0000 D는 -10.2944D로 각각 측정되었다. 또한 콘택트렌즈홀더를 사용한 경우 -3.0000 D는 -3.1060 D로 측정되었으며, -7.0000 D는 -7.0028 D, -10.0000 D는 -10.2611 D로 각각 측정되었다. 모든 종류의 콘택트렌즈에서 콘택트렌즈홀더를 사용한 방법이 안경렌즈홀더를 사용한 방법보다 더 정확한 측정값을 나타내었다. **결론:** 위 결과로 볼 때, 망원경식 렌즈미터를 사용한 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 측정에 있어 콘택트렌즈홀더를 사용한 방법이 안경렌즈홀더를 사용한 방법보다 더 높은 정확도를 가진 것으로 판단된다.

**주제어:** 망원경식 렌즈미터, 안경렌즈홀더, 콘택트렌즈홀더

### 서 론

콘택트렌즈의 역사는 비교적 짧음에도 불구하고 여러 가지 방향으로 많은 발전을 해오면서 대표적인 굴절이상 교정 도구로서 자리 매김하였다. 콘택트렌즈는 시력교정에 있어 좋은 효과를 보이며 편의성, 효율성 그리고 다양성 등으로 앞으로도 콘택트렌즈의 착용률은 계속 증가할 것으로 예상된다.<sup>[1]</sup> 콘택트렌즈의 착용률이 증가하면서 콘택트렌즈에 관한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 최근 소프트 콘택트렌즈에 대한 연구는 친수성, 자외선 차단성, 항균성, 산소투과도 등 고 기능성 소프트 콘택트렌즈의 소재<sup>[2-4]</sup>에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 측정에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정 방법은 일반적으로 실무에서 많이 사용하는 방법인 공기 중에서 렌즈미터로 측정하는 방법을 포함하여 Moir방법, 웨이브 프론트 수차분석 Hartmann 방법 등이 있다. 또한 렌즈미터로 측정하는 방법도 dry blotting과 wet cell을 이용한 방법이 있으며, 각 방법에 따라 측정된 굴절력의 결과 값들 사이에서 다소 차이가 발생되고 있는 상황이다.<sup>[5-9]</sup>

콘택트렌즈의 정점굴절력 측정은 일반적으로 렌즈미터

를 사용하는데, 망원경식 렌즈미터의 경우, 측정자의 경험 및 주관이 측정값에 많은 영향을 미치는 단점을 지니고 있으나 공간을 적게 차지하고 가격이 자동렌즈미터에 비해 저렴해 안경원에서 많이 사용되어지고 있다. 최근에는 망원경식 렌즈미터와 함께 투영식 자동렌즈미터를 많이 사용하고 있다. 일반적으로 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정은 콘택트렌즈 표면의 수분제거와 렌즈 지지대에 올릴 때 형상의 변화로 인해 오차가 많이 발생할 수 있기 때문에 그 측정에 있어 매우 주의가 필요하다.<sup>[10]</sup>

콘택트렌즈 정점굴절력을 측정함에 있어 국내 규격인 한국산업표준(KS)은 KS B ISO 8321-1과 KS B ISO 8321-2에서 하드 및 하이드로젤 콘택트렌즈의 정점굴절력의 오차범위를 규정하고 있으나 자세한 측정기구나 측정 방법에 대해서는 규정되어 있지 않다. 또한 콘택트렌즈 판매 허가를 위한 식품의약품안전처의 '의료기기기준규격'에는 콘택트렌즈의 정점굴절력의 측정 및 허용오차 범위는 규정하고 있으나 측정 장비와 방법에 대한 자세한 규정이 없는 실정이다.<sup>[5]</sup> 이에 동일한 콘택트렌즈라 하더라도 측정 장비와 방법에 따라 그 측정 굴절력 값이 다르기 때문에 정확한 품질 평가가 이루어질 수 없는 문제점이 있다. 또한 임상에서는 측정의 편의성을 위해 하이드로젤

\*Corresponding author: A-Young Sung, TEL: +82-53-850-2554, E-mail: say123sg@hanmail.net

콘택트렌즈의 표면 수분을 완전히 제거하지 않거나 콘택트렌즈홀더가 아닌 안경렌즈홀더에 올려 측정하는 경우도 있는 상황이다. 그러나 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더 사이의 굴절력 측정 차이와 정확도에 대한 연구가 미비한 상황이기 때문에 이 부분에 대한 정확한 기준이나 심각성이 상대적으로 부족한 상황이다.

이에 본 연구는 현재 임상에서 많이 사용되고 있는 망원경식 렌즈미터를 사용하여 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 구분하여 dry blotting 측정방법으로 소프트 콘택트렌즈의 굴절력을 측정하고 측정굴절력 값을 비교 분석하여 함수율별, 디옵터별 그리고 홀더별로 그 정확도를 비교하였다.

**대상 및 방법**

**1. 실험기기 및 재료**

소프트 콘택트렌즈의 굴절력을 측정하기 위해 망원경식 렌즈미터를 사용하였으며, 실험에 사용된 홀더는 Topcon사의 기본 홀더인 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 실험하였다. 렌즈미터의 검정은  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 에서 측정하였으며, 검정렌즈를 렌즈 지지대에 위치시킨 후 구면 시험렌즈를 사용하여 검교정하였다. 검정렌즈는  $-20.00\text{ D}$ ,  $-15.00\text{ D}$ ,  $-10.00\text{ D}$ ,  $-5.00\text{ D}$ ,  $+5.00\text{ D}$ ,  $+10.00\text{ D}$ ,  $+15.00\text{ D}$ , 그리고  $+20.00\text{ D}$ 의 렌즈를 사용하였다. 또한 실험에 사용된 렌즈는 현재 국·내외 시장에서 유통되고 있는 하이드로젤 콘택트렌즈였으며, 디옵터는 각각  $-3.00\text{ D}$ ,  $-7.00\text{ D}$  그리고  $-10.00\text{ D}$ 를 가진 콘택트렌즈를 사용하였으며, 함수율은 각각 58%, 43%, 38%이었다. 실험에 사용된 소프트 콘택트렌즈를 Table 1에 나타내었으며 망원경식 렌즈미터, 콘택트렌즈홀더 그리고 안경렌즈홀더의 형상을 Fig. 1~2에 나타내었다.

**2. 실험방법**

굴절력 측정을 위해 사용된 콘택트렌즈는 현재 국내외 시장에서 유통되고 있는 하이드로젤 콘택트렌즈를 사용하였으며, 함수율은 58%, 43% 그리고 38%이었다. 또한 굴절력 별로는  $-3.00\text{ D}$ ,  $-7.00\text{ D}$  및  $-10.00\text{ D}$ 의 값을 가진 총 540개의 렌즈를 사용하여 실험하였다. 측정에 사용된 기기는 망원경식 렌즈미터를 사용하였으며, 정점굴절력

Table 1 Product features for measuring power

Water Content	38%	43%	58%
Manufacture	A	B	C
Thickness	0.090 mm	0.100 mm	0.084 mm
Diameter	14 mm	14.2 mm	14.2
B·C	8.6 mm	8.6 mm	8.5 mm



Fig. 1. Manual lensmeter.

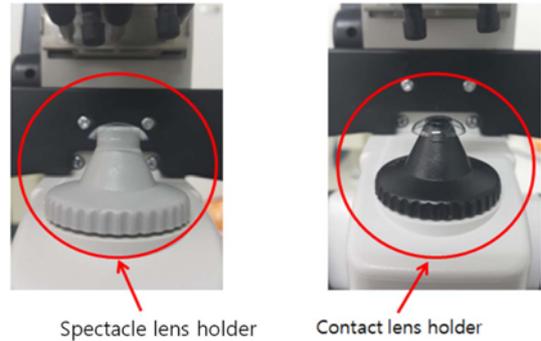


Fig. 2. Manual lensmeter holder.

측정방법은 ISO 18369-3<sup>[11]</sup>을 기준으로 측정하였다. 소프트 콘택트렌즈는 표준 식염수 용액에서 30분 이상 수화시켰으며  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 온도조건으로 측정기간 동안 평형을 유지시킨 후 흡수성 천이나 보푸라기가 없는 와이퍼를 사용하여 렌즈 표면의 액체를 제거한 후 20초 내에 콘택트렌즈 지지대 위에 올려놓고 측정하였다.

측정에 사용한 소프트 콘택트렌즈는 함수율별, 디옵터별 그리고 홀더별로 다양한 조건으로 분류하여 굴절력을 측정하여 그 정확도를 비교하였으며, 측정시간에 따른 굴절력의 변화를 측정하여 그 결과를 분석하였다. 실험에 사용된 망원경식 렌즈미터, 콘택트렌즈홀더 그리고 안경렌즈홀더의 형상을 Fig. 1~2에 나타내었다. 실험을 통해 측정된 값은 IBM spss statistics 20을 사용하여 통계 분석하였으며, 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더의 평균값의 차이를 분석하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 망원경식 렌즈미터 홀더별 굴절력 비교**

**1) 함수율 58%의 소프트 콘택트렌즈**

**(1)  $-3.00\text{ D}$**

58%의 함수율을 가진  $-3.00\text{ D}$ 의 소프트 콘택트렌즈를

망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 정점굴절력을 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-3.0233 \pm 0.22381$  D로, 표준오차는 0.04086로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은  $-2.75$  D, 최소값은  $-3.50$ D로 각각 측정되었다. 그리고 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-3.2947 \pm 0.11156$  D로, 표준오차는 0.02037로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은  $-3.12$  D로, 최소값은  $-3.50$  D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 굴절력 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다  $-0.2714$  D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차가 안경렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 58%의 함수율 및  $-3.00$  D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 안경렌즈홀더의 굴절력 평균값이 ISO 18369-2<sup>[12]</sup>에서 규정한 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 콘택트렌즈홀더에 비해 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 콘택트렌즈 홀더와 안경렌즈 홀더를 사용하여 58%의 함수율 및  $-3.00$  D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 2와 Fig. 3에 각각 나타내었다.

(2)  $-7.00$  D

58%의 함수율을 가진  $-7.00$  D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-7.2500 \pm 0.16082$  D로, 표준오차는 0.02936으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은  $-6.75$  D, 최소값은

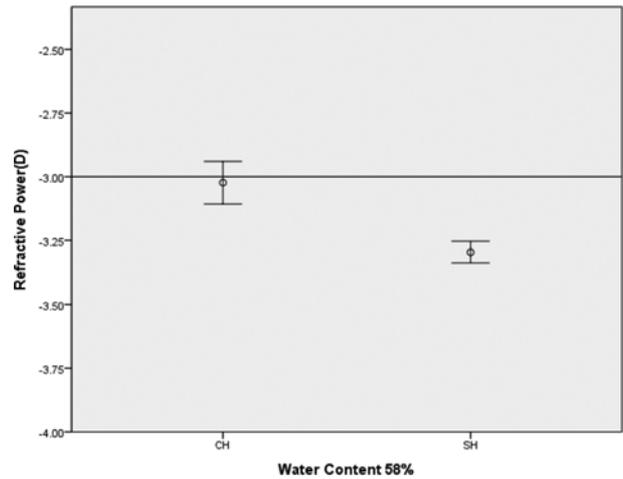


Fig. 3. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (58%,  $-3.00$  D).

$-7.50$  D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-7.5167 \pm 0.18492$  D로, 표준오차는 0.03376으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은  $-7.25$  D로, 최소값은  $-8.00$  D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 굴절력 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다  $-0.2667$  D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차도 안경렌즈홀더가 콘택트렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 58%의 함수율 및  $-7.00$  D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 굴절력의 평균값이 안경렌즈홀더에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 콘택트렌즈홀더에 비해 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 58%의 함수율 및  $-7.00$  D의

Table 2. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (58%,  $-3.00$  D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	$-3.50$	$-2.75$	$-3.0233$	.04086	.22381	.000
SH**	30	$-3.50$	$-3.12$	$-3.2947$	.02037	.11156	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

Table 3. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (58%,  $-7.00$  D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	$-7.50$	$-6.75$	$-7.2500$	.02936	.16082	.000
SH**	30	$-8.00$	$-7.25$	$-7.5167$	.03376	.18492	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

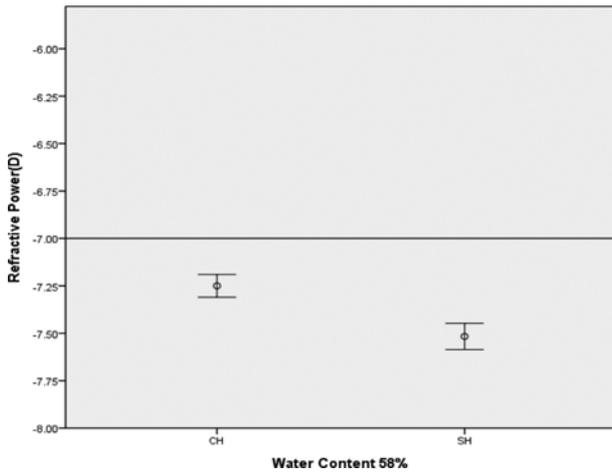


Fig. 4. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (58%, -7.00 D).

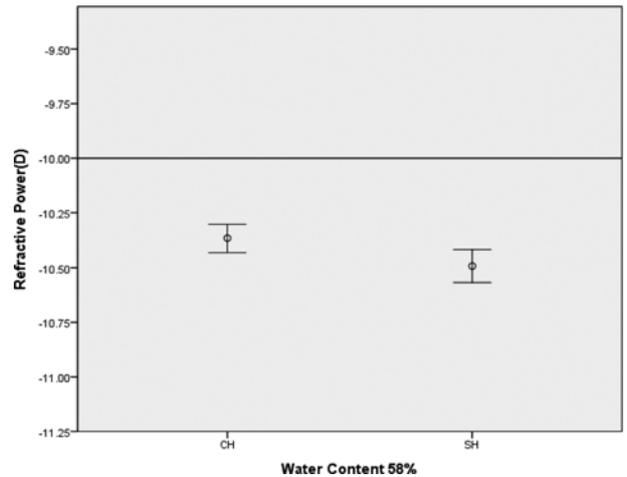


Fig. 5. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (58%, -10.00 D).

굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 3과 Fig. 4에 각각 나타내었다.

(3) -10.00 D

58%의 함수율을 가진 -10.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-10.3667 \pm 0.17036$  D로, 표준오차는 0.03110으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -10.00 D, 최소값은 -10.75 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-10.4917 \pm 0.20218$  D로, 표준오차는 0.03691로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -10.25 D로, 최소값은 -11.00 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.1250 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차도 안경렌즈홀더가 콘택트렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 58%의 함수율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 측정한 굴절력의 평균값이 모두 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘

택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 58%의 함수율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 4와 Fig. 5에 각각 나타내었다.

2) 함수율 43%의 소프트 콘택트렌즈

(1) -3.00 D

43%의 함수율을 가진 -3.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-3.1593 \pm 0.13222$  D로, 표준오차는 0.02414로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -2.87 D, 최소값은 -3.37 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-3.3980 \pm 0.13335$  D로, 표준오차는 0.02435로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -3.12 D로, 최소값은 -3.75 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.2387 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차에서는 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더의 차이가 크게 나타나지 않았다. 43%의 함수율 및 -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표

Table 4. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (58%, -10.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-10.75	-10.00	-10.3667	.03110	.17036	.012
SH**	30	-11.00	-10.25	-10.4917	.03691	.20218	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

Table 5. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (43%, -3.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-3.37	-2.87	-3.1593	.02414	.13222	.000
SH**	30	-3.75	-3.12	-3.3980	.02435	.13335	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

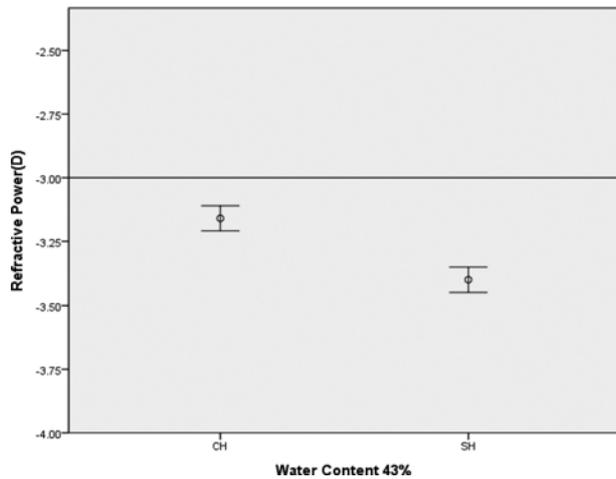


Fig. 6. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (43%, -3.00 D).

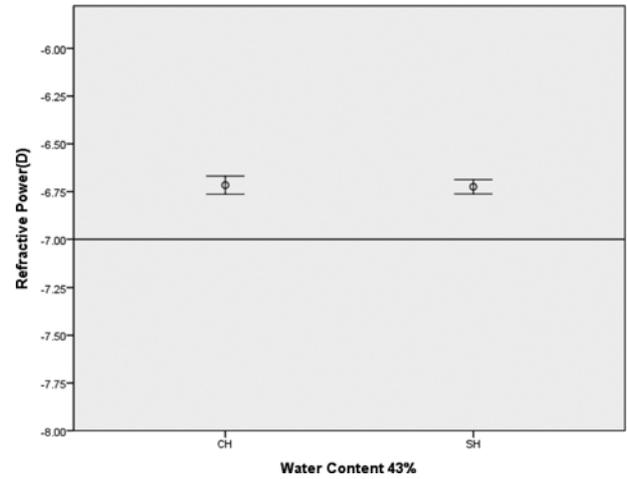


Fig. 7. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (43%, -7.00 D).

본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 굴절력의 평균값이 안경렌즈홀더에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 콘택트렌즈홀더에 비해 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 43%의 함수율 및 -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 5와 Fig. 6에 각각 나타내었다.

(2) -7.00 D

43%의 함수율을 가진 -7.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-6.7167 \pm 0.12685$  D로, 표준오차는 0.02316으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -6.50 D, 최소값은

-7.00 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-6.7250 \pm 0.10064$  D로, 표준오차는 0.01838로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -6.50D로, 최소값은 -7.00 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다  $-0.0083$  D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차는 콘택트렌즈홀더가 안경렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 43%의 함수율 및 -7.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 굴절력의 평균값이 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더 모두에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 43%의 함수율 및 -7.00 D의 굴

Table 6. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders(43%, -7.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-7.00	-6.50	-6.7167	.02316	.12685	.779
SH**	30	-7.00	v6.50	v6.7250	.01838	.10064	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 6과 Fig. 7에 각각 나타내었다.

(3) -10.00 D

43%의 함수율을 가진 -10.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-10.2750 \pm 0.16544$  D로, 표준오차는 0.03021로 나타났으며, 측정된 굴절력의 최대값은 -10.00 D, 최소값은 -10.50 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-10.3167 \pm 0.22680$  D로, 표준오차는 0.04141로 나타났으며, 측정된 굴절력의 최대값은 -9.75 D로, 최소값은 -10.75 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.0417 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차도 안경렌즈홀더가 콘택트렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 43%의 함수율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 두 홀더 모두 굴절력의 평균값에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 43%의 함수율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 7과 Fig. 8에 각각 나타내었다.

3) 함수율 38%의 소프트 콘택트렌즈

(1) -3.00 D

38%의 함수율을 가진 -3.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트

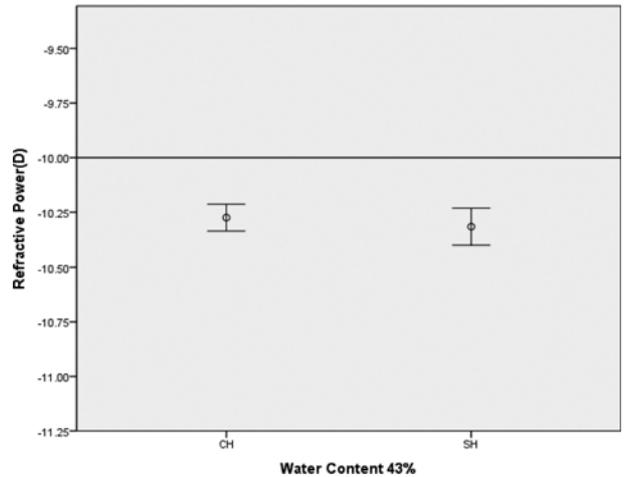


Fig. 8. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (43%, -10.00 D).

렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-3.1353 \pm 0.09519$  D로, 표준오차는 0.01738로 나타났으며, 측정된 굴절력의 최대값은 -3.00 D, 최소값은 -3.25 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-3.2893 \pm 0.07432$  D로, 표준오차는 0.01357로 나타났으며, 측정된 굴절력의 최대값은 -3.12 D로, 최소값은 -3.37 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.1540 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차가 안경렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 38%의 함수율 및 -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 굴절력의 평균

Table 7. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (43%, -10.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-10.50	-10.00	-10.2750	.03021	.16544	.420
SH**	30	-10.75	-9.75	-10.3167	.04141	.22680	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

Table 8. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (38%, -3.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-3.25	-3.00	-3.1353	.01738	.09519	.000
SH**	30	-3.37	-3.12	-3.2893	.01357	.07432	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

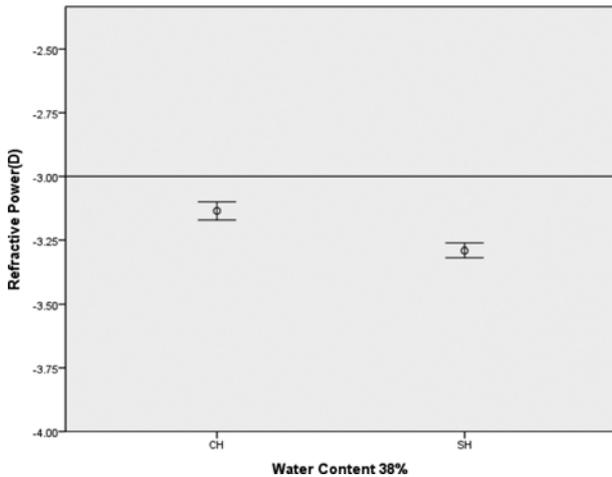


Fig. 9. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (38%, -3.00 D).

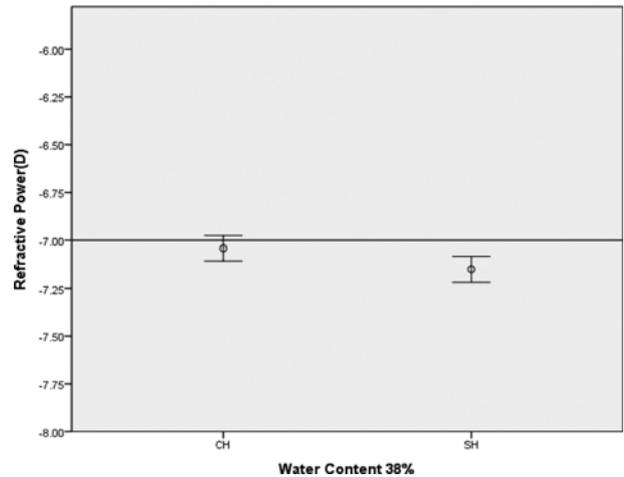


Fig. 10. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (38%, -7.00 D).

값이 안경렌즈홀더에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 초과하는 것으로 나타나 콘택트렌즈홀더에 비해 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 38%의 함수율 및 -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 8과 Fig. 9에 각각 나타내었다.

(2) -7.00 D

38%의 함수율을 가진 -7.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-7.0417 \pm 0.17473$  D로, 표준오차는 0.03190으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -6.75 D, 최소값은 -7.25 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-7.1500 \pm 0.18099$  D로, 표준오차는 0.03304로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -6.75 D로, 최소값은 -7.50 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 안경렌즈홀더로 측정한 평균값이 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.1083 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차도 안경렌즈홀더가 콘택트렌즈홀더에 비해 높게 나타났다. 38%의 함수율 및 -7.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용

하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 굴절력의 평균값이 두 홀더 모두에서 허용오차인  $\pm 0.25$  D를 넘지 않아 정확도가 높은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 38%의 함수율 및 -7.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 9와 Fig. 10에 각각 나타내었다.

(3) -10.00 D

38%의 함수율을 가진 -10.00 D의 소프트 콘택트렌즈를 Topcon사의 망원경식 렌즈미터의 안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더를 사용하여 각각 30개의 소프트 콘택트렌즈를 사용하여 측정한 결과, 콘택트렌즈홀더의 경우 굴절력 평균값은  $-10.1417 \pm 0.12600$  D로, 표준오차는 0.02300으로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -10.00 D, 최소값은 -10.25 D로 각각 측정되었다. 안경렌즈홀더의 경우 굴절력의 평균값은  $-10.0750 \pm 0.22885$  D로, 표준오차는 0.04178로 나타났으며, 측정한 굴절력의 최대값은 -9.75 D로, 최소값은 -10.50 D로 각각 측정되었다. 전체적으로 콘택트렌즈홀더로 측정한 평균값이 안경렌즈홀더로 측정한 평균값보다 -0.0667 D 높게 측정되었으며, 표준편차와 표준오차는 콘택트렌즈홀더가 안경렌즈홀더에 비해 상당히 높게 나타났으나, 전반적인 굴절력의 정확도를 그래프로 비교해보았을 때, 콘택트렌즈홀더에 비해 안경렌즈홀더의

Table 9. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (38%, -7.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-7.25	-6.75	-7.0417	.03190	.17473	.022
SH**	30	-7.50	-6.75	-7.1500	.03304	.18099	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

Table 10. Measurement of refractive power by Manual lensmeter holders (38%, -10.00 D)

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	
CH*	30	-10.25	-10.00	-10.1417	.02300	.12600	.169
SH**	30	-10.50	-9.75	-10.0750	.04178	.22885	

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

정확도가 낮은 것으로 보인다. 38%의 함유율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았으며, 굴절력의 평균값이 안경렌즈홀더에서 허용오차인 ±0.25D를 초과하지 않는 것으로 나타나 두 홀더 모두 정확도가 높은 것으로 나타났다. 콘택트렌즈홀더와 안경렌즈홀더를 사용하여 38%의 함유율 및 -10.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴

절력 통계 값의 비교 값을 Table 10과 Fig. 11에 각각 나타내었다.

4) 동일 함유율의 디오퍼별 소프트 콘택트렌즈 굴절력 정확도

(1) 함유율 58%의 소프트 콘택트렌즈 비교

함유율 58%의 소프트 콘택트렌즈를 망원경식 렌즈미터를 사용하여 굴절력을 -3.00 D, -7.00 D 그리고 -10.00 D로 분류하여 홀더별 정점굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과, 콘택트렌즈홀더를 사용하여 측정할 경우, 평균값은 -3.0000 D에서 -3.0233 D로, -7.0000 D에서 -7.2500 D로 그리고 -10.0000 D에서 -10.3667 D로 나타나 -10.00 D에서만 ISO 18369-2<sup>12)</sup>에서 규정한 정점굴절력의 허용오차 범위인 ±0.25D를 초과하였으며, 안경렌즈홀더를 사용하여 측정할 경우, -3.0000 D에서 -3.2947 D로, -7.0000 D에서 -7.5167 D로 그리고 -10.0000 D에서 -10.4917 D로 나타나 모든 디오퍼에서 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력의 허용오차 범위인 ±0.25 D를 초과하는 것으로 나타나 안경렌즈홀더의 굴절력 측정값보다 콘택트렌즈홀더에서 높은 정확도를 나타냈다. 또한 전반적으로 디오퍼가 증가할수록 굴절력의 정확도는 낮아지는 경향을 보였다. 이는 소프트 콘택트렌즈가 함유하고 있는 물이 증발하면서 렌즈의 변형 때문인 것으로 판단되며, 높은 디오퍼

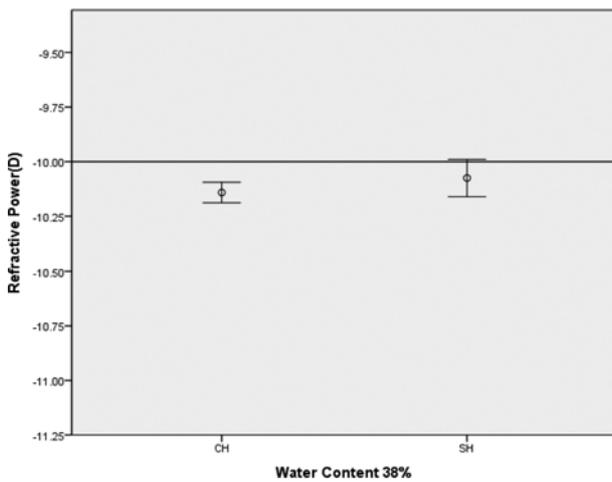


Fig. 11. Classification of the Manual lensmeter holders compared refractive power (38%, -10.00 D).

Table 11. Refractive power of hydrogel contact lenses (water content : 58%)

		N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation
		Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic
CH*	-3.00 D	30	-3.50	-2.75	-3.0233	.04086	.22381
	-7.00 D	30	-7.50	-6.75	-7.2500	.02936	.16082
	-10.00 D	30	-10.75	-10.00	-10.3667	.03110	.17036
SH**	-3.00 D	30	-3.50	-3.12	-3.2947	.02037	.11156
	-7.00 D	30	-8.00	-7.25	-7.5167	.03376	.18492
	-10.00 D	30	-11.00	-10.25	-10.4917	.03691	.20218

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

터일수록 굴절력의 정확도가 낮아지는 경향을 나타내는 것은 렌즈의 탈수에 의한 변형에 민감하게 반응하기 때문인 것으로 판단된다. 함수율 58% 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정하여 결과를 Table 11에 나타내었다.

(2) 함수율 38%의 소프트 콘택트렌즈 비교

함수율 38%의 소프트 콘택트렌즈를 망원경식 렌즈미터를 사용하여 굴절력을 -3.00 D, -7.00 D 그리고 -10.00 D로 분류하여 홀더별 정점굴절력 측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석한 결과, 콘택트렌즈홀더를 사용하여 측정한 경우, 평균값은 -3.0000 D에서 -3.1353 D, -7.0000 D에서 -7.0417 D로 그리고 -10.0000 D에서 -10.1417 D로 나타나 모든 디옵터에서 ISO 18369-2<sup>[12]</sup>에서 규정한 정점굴절력의 허용오차 범위인  $\pm 0.25D$ 를 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 안경렌즈홀더를 사용하여 측정한 경우, -3.0000 D에서 3.2893 D로, -7.0000 D에서 -7.1500 D로 그리고 -10.0000 D에서 -10.0750 D로 나타나 -3.00D에서 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력의 허용오차 범위인  $\pm 0.25 D$ 를 초과하는 것으로 나타나, 안경렌즈홀더의 굴절력 측정값보다 콘택트렌즈홀더에서 정확도가 높은 것으로 판단된다. 38%의 함수율을 가진 소프트 콘택트렌즈의

정점굴절력의 정확도에서 경향성을 나타내지 않았는데, 이는 소프트 콘택트렌즈의 함수율이 낮아 탈수에 의한 변형이 더 낮기 때문에 공기 중에 의한 탈수가 적기 때문인 것으로 판단된다. 함수율 38% 콘택트렌즈의 홀더별 굴절력 측정결과를 Table 12에 나타내었다.

5) 동일 디옵터의 함수율별 소프트 콘택트렌즈 굴절력 정확도

-3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈를 함수율별로 각각 38%, 43% 그리고 58%로 분류하여 정점굴절력을 기술통계분석한 결과, 콘택트렌즈홀더의 굴절력의 평균값의 경우, 함수율 58%의 경우 -3.0000 D보다 -0.0233 D 높게 나타났으며, 43%는 -0.1593 D 그리고 38%는 -0.1353 D 높게 나타났다. 안경렌즈홀더의 굴절력 평균값의 경우, 함수율 58%의 경우 -3.0000 D보다 -0.2947 D 높게 나타났으며, 43%는 -0.3980 D 그리고 38%는 -0.2893 D 높게 나타났다. -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 굴절력을 비교해 본 결과, 홀더별로 분류하여 비교하였을 때는 콘택트렌즈홀더의 정확도가 안경렌즈홀더보다 높은 것으로 측정되었다. 각 함수율별 굴절력

Table 12. Refractive power of hydrogel contact lenses (water content : 38%)

		N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation
		Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic
CH*	-3.00 D	30	-3.25	-3.00	-3.1353	.01738	.09519
	-7.00 D	30	-7.25	-6.75	-7.0417	.03190	.17473
	-10.00 D	30	-10.25	-10.00	-10.1417	.02300	.12600
SH**	-3.00 D	30	-3.37	-3.12	-3.2893	.01357	.07432
	-7.00 D	30	-7.50	-6.75	-7.1500	.03304	.18099
	-10.00 D	30	-10.50	-9.75	-10.0750	.04178	.22885

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

Table 13. Refractive power of hydrogel contact lenses (Diopter : -3.00 D)

		N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation
		Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic
CH*	58%	30	-3.50	-2.75	-3.0233	.04086	.22381
	43%	30	-3.37	-2.87	-3.1593	.02414	.13222
	38%	30	-3.25	-3.00	-3.1353	.01738	.09519
SH**	58%	30	-3.50	-3.12	-3.2947	.02037	.11156
	43%	30	-3.75	-3.12	-3.3980	.02435	.13335
	38%	30	-3.37	-3.12	-3.2893	.01357	.07432

CH\* : Contact lens Holder  
SH\*\* : Spectacle lens Holder

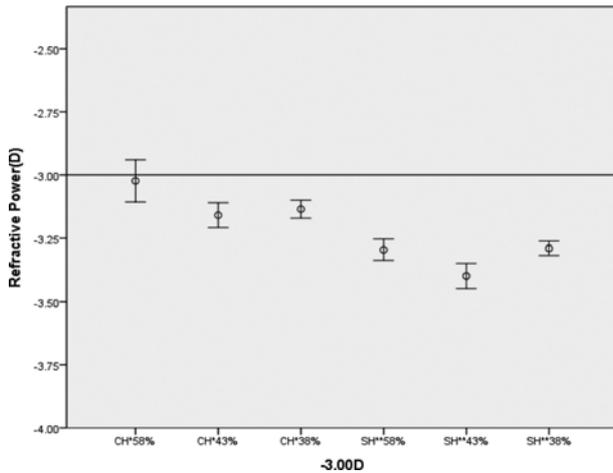


Fig. 12. Classification of the Diopter and Manual lensmeter holders compared refractive power (-3.00 D).

측정값을 독립표본 t-검정을 사용하여 분석해본 결과 콘택트렌즈홀더가 더 정확한 값을 나타내었다. 또한 콘택트렌즈 홀더의 경우 함수율이 높아질수록 표준오차 및 표준편차 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 함수율이 높아 dry blotting 방법에 의한 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력 측정에는 렌즈가 공기 중에 노출되어 렌즈의 탈수도의 변화가 크기 때문인 것으로 판단된다. -3.00 D의 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈의 함수율별 굴절력 통계 값의 비교 값을 Table 13과 Fig. 12에 각각 나타내었다.

## 결 론

본 연구는 다양한 함수율과 굴절력을 가진 소프트 콘택트렌즈를 망원경식 렌즈미터를 이용하여 소프트 콘택트렌즈의 정점굴절력을 측정하고 홀더종류에 따른 정점굴절력의 차이와 정확도를 분석하였다. 홀더별 굴절력의 정확도를 분석한 결과, 전반적인 굴절력의 정확도는 안경렌즈홀더보다 콘택트렌즈홀더에서 높은 것으로 나타났다. 또한 굴절력이 높은 콘택트렌즈일수록 실제 굴절력과 측정된 굴절력의 차이가 큰 것으로 나타났으며, 안경렌즈홀더로 측정된 경우, 식품의약품안전처의 '의료기기기준규격'의 허용오차를 벗어난 값이 측정되는 경우가 많은 것으로 나타났다.

안경렌즈홀더와 콘택트렌즈홀더의 정점굴절력 측정값의 정확도를 비교하였을 때, 콘택트렌즈홀더는 콘택트렌즈의 굴절력을 정확하게 측정하기 위해 광학적으로 설계

되었기 때문에 콘택트렌즈의 굴절력 측정 시 콘택트렌즈 홀더의 사용이 필수적인 것으로 판단된다. 또한 이를 위해 국내 KS규격이나, 식품의약품안전처의 '의료기기 기준규격'등에서 콘택트렌즈의 굴절력 측정에 필요한 기기 및 방법 홀더에 종류까지 세분화된 규정이 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- [1] Kim TH, Sung AY. Study on the current standardization status in contact lens field. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2006;11(4):351-355.
- [2] Kim DH, Sung AY, Kim TH. Antibacterial and characterization of high performance soft contact lens using fluoro- and carboxy-substituted pyridine as additive. *Korean J Vis Sci.* 2014;16(1):89-97.
- [3] Sung AY, Kim TH, Ye KH. UV Absorbent-added Polymerization and its Application as Ophthalmological Material. *J Korean Chem Soc.* 2011;55(1):98-103.
- [4] Lee MJ, Sung AY, Kim TH. Influence of Wetting Agents on Physical Properties of Soft Contact Lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(1):43-50.
- [5] 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.
- [6] Wang LR, Zhang JY, Ya Z. Calibration error on the measurement of back vertex power for contact lenses with method using focimeter with manual focusing. *Optom Vis Sci.* 2002;79(2):126-133.
- [7] Wei X, Heugten TV, Thibos L. Validation of a Hartmann-Moire wavefront sensor with large dynamic range. *Opt Express.* 2009;17(16):14180-14185.
- [8] Kollbaum PS, Jansen ME, Bradley A, Thibos LN. Validation of an off-eye contact lens Shack-Hartmann wavefront aberrometer. *Optom Vis Sci.* 2008;85(9):E817-E828.
- [9] Jeong TM, Menon M, Yoon G. Measurement of wavefront aberration in soft contact lenses by use of a Shack-Hartmann wave-front sensor. *Appl Opt.* 2005;44(21):4523-4527.
- [10] Song KS, Kim TH, Sung AY. Change of the Strength and Refractive Power of Ophthalmic Lens with Water Content of Hydrophilic Polymer Containing HEMA. *J Korean Chem Soc.* 2013;57(2):300-305.
- [11] ISO 18369-3. Ophthalmic optics - Contact lenses - Part 3: Measurement methods 4.2 Back vertex power. 2006.
- [12] ISO 18369-2. Ophthalmic optics-Contact lenses - Part 2: Tolerances. 2012.

## Analysis of Vertex Refractive Power Accuracy of Soft Contact Lens with Holder Type

Min-Jae Lee and A-Young Sung\*

Dept. of Optometry & Vision Science, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea  
(Received February 2, 2015; Revised March 14, 2015; Accepted April 20, 2015)

**Purpose:** The accuracy for measuring the refractive power of hydrogel contact lenses by spectacle lens holder and contact lens holder was evaluated. The accuracy for each sample was also analyzed with water content and diopter categories. **Methods:** The hydrogel contact lenses used for measurement were classified into three categories in water content (38%, 43%, 58%). Also, three diopter categories of refractive power were used such as -3.000 D, -7.000 D, -10.000 D. And also, the reliability of measurement results were evaluated by measuring refractive power with spectacle lens holder and contact lens holder using an Manual lensmeter. **Results:** In case of spectacle lens holder method, the average value of refractive power was -3.3273D for -3.0000 D, -7.1306 D for -7.0000 D and -10.2944 D for -10.0000 D, respectively. In case of contact lens holder method, the average value of refractive power was -3.1060 D for -3.0000 D, -7.0028 D for -7.0000 D and -10.2611 D for -10.0000 D, respectively. In measurement of all diopters, the accuracy of contact lens holder method was better than spectacle lens holder method. **Conclusions:** From these results, it is judged that the refractive power of soft contact lens by manual lensmeter with contact lens holder have a higher accuracy than spectacle lens holder.

**Key words:** Manual lensmeter, Spectacle lens holder, Contact lens holder