

## 자동렌즈미터를 이용한 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 측정 방법에 관한 신뢰도

김건규 · 이육진 · 이선행\* · 곽호원 · 유동식

경운대학교 안경광학과

\*김해대학 안경광학과

투고일(2010년 1월 24일), 수정일(2010년 3월 2일), 게재확정일(2010년 3월 19일)

**목적:** 자동렌즈미터를 이용한 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 측정에서 dry blotting과 wet cell 방법에 따른 신뢰도를 평가하고자 하였다. **방법:** 측정에 사용한 소프트렌즈는 현재 국내에서 유통되고 있는 렌즈 5종류, 4개의 굴절력(-1.50D, -3.00D, -6.00D, -9.00D)을 이용하였고, 두 검사자가 자동렌즈미터로 측정하여 반복성과 재현성을 평가하였다. **결과:** Dry blotting방법으로 측정한 굴절력의 평균 차이는 0.03~0.18D였으며, 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 0.10~0.18D, 하이드로겔 렌즈에서 0.03~0.08D로 나타났다. 두 검사 간의 평균 차이는 0.10D이하로 측정자 간의 재현성이 좋은 것으로 나타났다. Wet cell방법으로 측정한 굴절력의 평균 차이는 0.09~0.69D였으며, 두 검사자 간에 평균 차이는 0.02~0.59D로 나타났으며, 소재에 따른 측정의 신뢰도와 검사자 간의 재현성은 낮았다. **결론:** 모든 재질에 대해 dry blotting 방법이 wet cell방법보다 신뢰도가 좋았으며, 두 방법 모두 실리콘 하이드로겔 렌즈에서는 낮은 신뢰도를 보였다. 자동렌즈미터를 이용하여 신속히 후면 정점굴절력을 확인할 필요가 있는 실무 현장에서 dry blotting방법이 효율적인 것으로 판단된다.

**주제어:** 소프트 콘택트렌즈, 후면 정점굴절력, dry blotting, wet cell, 신뢰도, 자동렌즈미터

### 서 론

1999년 이후 세계 시장에 새로운 형태의 실리콘 하이드로겔(silicone hydrogel)렌즈가 가세하고 있으나 우리나라에서는 2005년을 기준으로 콘택트렌즈 착용자의 10%는 RGP렌즈(rigid gas-permeable lens)를, 90%는 소프트 콘택트렌즈(hydrogel contact lens 또는 soft lens)를 착용하는 것으로 보고 있다<sup>[1,2]</sup>.

콘택트렌즈 유통에서 많은 비중을 차지하는 소프트렌즈는 파라미터(parameter, 변수)결정에서 RGP렌즈에 비해 측정의 변동성이 크고 안정성이 낮은 관계로 파라미터에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 콘택트렌즈의 주요한 파라미터는 곡률, 후면 정점굴절력(back vertex power, 또는 굴절력), 전체직경 및 렌즈두께와 같은 선형치수, 산소공급능력, 흡수율, 습윤성, 투과율 등을 들 수 있다. 특히, 소프트렌즈의 굴절력은 렌즈의 유연성과 흡수성 때문에 RGP렌즈의 굴절력 측정 방법과 다르게 측정한다<sup>[3,4]</sup>.

최근 국제 기준<sup>[5]</sup>은 소프트렌즈 굴절력 측정은 공기 중

에서 렌즈미터로 측정하는 방법<sup>[6]</sup>, 식염수 중에서 Moiré deflectometer로 빛의 편향을 측정하는 Moiré방법<sup>[7]</sup> 그리고 웨이브프론트 수차분석(wavefront aberrometer)을 이용한 Hartmann방법<sup>[8,9]</sup>을 채택하고 있다. 특히, Moiré와 Hartmann방법은 굴절력 측정에 관한 연구의 주제로 많이 다루어져 왔으며, 신뢰도가 높은 방법임에 틀림이 없다. 그러나 이 방법들은 소프트렌즈 굴절력을 측정할 수 있는 별도의 장비가 구비되어야 함으로 현실적으로 쉽게 접목하기가 쉽지 않다.

렌즈를 취급할 기회가 많은 안경사, 렌즈 제조업자, 렌즈 처방 및 유통에 관련된 사람에게 보다 쉽게 적용할 수 있는 방법은 렌즈미터로 굴절력을 측정하는 방법이다. 이러한 관점에서 소프트렌즈의 굴절력을 보다 현실적이고 신속히 그리고 가장 적은 비용으로 측정할 수 있는 방법은 dry blotting<sup>[5,10]</sup>과 wet cell<sup>[11-13]</sup>을 이용한 방법일 것이다. 그러나 dry blotting 방법은 수분제거 과정이 다분히 주관적이고, 경험적이라 오차가 수반될 우려가 있으며 렌즈 내부의 수분을 제외한 렌즈 표면의 수분만을 제거하여야

하는 어려움이 따른다. 한편, wet cell 방법은 주관적이고 경험적인 오차가 없는 방법이나 용액 중에 측정하는 것이므로 공기 중의 굴절력을 찾기 위해서 측정 굴절력에서 환산인자<sup>10,11)</sup>를 적용하여야 하는 번거로움이 있다. 이러한 결점에도 불구하고 위의 두 방법은 임상실무에서 쉽게 적용할 수 있는 방법이다.

현재 실리콘 하이드로겔과 같은 다양한 소재의 개발, 일회용 및 연속착용 렌즈와 같은 다양한 용도의 소프트렌즈 보급, 콘택트렌즈 굴절력 측정 시 자동렌즈미터의 이용 등, 이와 같은 소프트렌즈의 환경 변화에도 불구하고 임상실무 측면에서 dry blotting 방법과 wet cell 방법에 대한 신뢰도에 대한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 개인적 오차를 최소화하는 방법으로 자동렌즈미터를 사용하여 dry blotting 방법과 wet cell 방법에 따른 측정 신뢰도에 관계되는 반복성과 재현성을 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

2009년 6월 현재 국내에 유통되고 있는 소프트 콘택트렌즈 가운데 산소투과성이 낮은 소재인 하이드로겔 렌즈 3종, 산소투과성이 높은 실리콘 하이드로겔 소재 2종을 선택하였다. 각 소재별로 후방 정점굴절력이 -1.50D, -3.00D, -6.00D, -9.00D인 구면렌즈를 각각 5개 총 100개의 렌즈를 구비하여 사용하였으며, 각 렌즈에 대해 제품의 정보는 Table 1과 같다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 자동렌즈미터

굴절력 측정에 사용한 렌즈미터는 자동렌즈미터(computerized lensmeter CL-200, Topcon, Japan)로 하였다. 사용한 자동렌즈미터는 ISO 8598<sup>14)</sup> 기준에 적합하고 측정

정밀도가 높으며, 하드 콘택트렌즈나 소프트 콘택트렌즈 전용 측정 모드를 가지고 있는 0.01D 단위로 측정이 가능한 장비이다.

#### 2) 굴절력 측정의 조건

콘택트렌즈의 굴절력에 영향을 미치는 인자들 즉, 온도, 함수율, 생리식염수의 농도, pH 등을 고려하여 측정 시의 온도는 20±5°C로 하였고 콘택트 전용 생리식염수(A사, N제품, 한국산)를 사용하였다<sup>5)</sup>. 참고로 콘택트렌즈 굴절력 측정에 참여한 두 검사자는 안경사 면허증을 소유한 자로 그들의 경력은 검사자 1은 3년, 검사자 2는 1년 정도이다.

#### 3) Dry blotting 측정 방법

측정하기 전에 소프트 콘택트렌즈는 20±5°C에서 30분 동안 생리식염수에 두고 렌즈가 충분히 함수 상태를 이루도록 하였다. 식염수에 담겨져 있는 렌즈를 집게로 들어내고 렌즈 표면의 물기를 보푸라기가 없는 부드러운 천으로 지긋이 2~3회 정도 눌러 렌즈 표면의 물기를 제거하였다. 소프트 콘택트렌즈의 경우 공기 중에서 건조, 수축되므로 물기를 제거한 후 10초 이내에 렌즈의 중심부가 콘택트렌즈 지지대의 중심에 오도록 올려놓고 렌즈의 후면 정점굴절력을 측정하였다. 각 렌즈에 대해 30분의 시간적 차이를 두고 3회 반복 측정하였다.

#### 4) Wet cell 측정 방법

깨끗한 wet cell(BC7009, Bernell, USA)안에 측정할 렌즈를 넣는다. 소프트 콘택트렌즈의 모양과 cell 내에 기포가 없음을 육안으로 확인한 후, 렌즈의 중심부가 콘택트렌즈 지지대의 중심에 오도록 올려놓고 후방 정점굴절력을 측정하였다. 각 렌즈에 대해 30분의 시간적 차이를 두고 3회 반복 측정하였다. 각 렌즈에 대해 측정된 굴절력(measured power)과 렌즈 제조사에서 제공한 굴절력

Table 1. Specifications of soft contact lenses used in the study

Lens material	Polarity	Parameters <sup>a</sup>					
		CT (mm)	TD (mm)	BOZR (mm)	Water Content	Dk	Refractive Index
Polyacon (PM)	Nonionic	0.03	14.00	8.40	38%	10	1.43
Galyfilcon (GF)	Nonionic	0.07	14.00	8.70	47%	60	1.41
Nelfilcon (NF)	Nonionic	0.10	14.00	8.70	68%	26	1.38
Balafilcon (BF)	Ionic	0.09	14.00	8.60	36%	91	1.426
Etafilcon (EF)	Ionic	0.084	14.20	8.50	58%	28	1.40

<sup>a</sup>CT: center thickness; TD: total diameter; BOZR: back optical zone radius; Dk: oxygen permeability; water content: low water < 50%, high water > 50%; hydrogel lens: polyacon, nelfilcon, etafilcon; silicone hydrogel: galyfilcon, balafilcon.

(nominal power)을 이용하여 환산인자(factor of conversion)를 결정하였다. 최종적인 굴절력(환산굴절력, calculation power)은 측정값과 환산인자의 곱으로부터 얻었다.

### 3. 자료 분석 방법

재질별, 굴절력별로 시간적 차이를 두고 측정한 굴절력에 대해 동일 검사자(intra-examiner)가 동일 자동렌즈미터를 이용하여 반복 측정하였을 때 발생하는 반복성(repeatability)과 검사자 간(inter-examiner)에 동일 자동렌즈미터로 반복 측정하였을 때 나타내는 재현성(reproducibility)을 분석하였다. 반복성과 재현성의 한계 범위는 ISO 기준에 제시되어 있는 재현성의 표준편차(standard deviation of the reproducibility)<sup>[5]</sup>를 근거로  $\pm 0.143D$ 로 하였다.

측정된 결과를 비교하기 위해 SPSS(version 12.0 for windows)를 이용하여 student t-test와 일원배치 분산분석법(one-way ANOVA)을 실시하였다. 또한 dry blotting과 wet cell에 의한 측정방법을 비교하기 위해 MecCalc™ (MedCalc, Belgium)를 이용하여 Bland-Altman 분석<sup>[15]</sup>을 실시하였다. 모든 분석에서 95% 신뢰구간으로  $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Dry blotting 방법

검사자가 총 5종류 재질을 대상으로 각 굴절력(-1.50D,

-3.00D, -6.00D, -9.00D)별 5개의 제품에 대해 3회 측정하였다. 재질별 전체 굴절력의 평균과 표준편차는 Table 2와 같고, 재질에 따른 굴절력별 평균과 표준편차는 Fig. 1과 2로 나타내었다.

Dry blotting 방법으로 검사자 1에 의해서 3회 측정한 전체 굴절력의 평균(mean)은 통계적인 유의한 차이를 보이지 않아 재질내의 반복성은 있는 것으로 평가되었다. 재질에 따른 비교에서 실리콘 하이드로겔 재질에서 가장 높은 평균값과 가장 낮은 평균값을 보였고 그 차이가 0.25D로 평균의 차이가 컸다. 그러나 하이드로겔 재질에서 평균의 차이가 0.04D로 적어 측정에 따른 반복성은 높은 것으로 평가되었다. 그러나 절대차이의 평균(mean of absolute difference, MAD)을 비교해 보면 galyfilcon(GF)과 balafilcon(BF)과 같은 실리콘 하이드로겔 재질의 경우, 그 값이 각각 0.18D에서 0.16D로  $\pm 0.143D$ 기준<sup>[5]</sup>보다 높아 반복성이 낮은 것으로 평가되나 하이드로겔 재질에서는 0.03~0.08D로 반복성이 좋았다.

검사자 2에 의해서 3회 측정한 전체 굴절력의 평균에서도 통계적인 유의한 차이를 보이지 않아 재질내의 반복성이 있는 것으로 나타났다. 재질에 따른 비교에서 평균 차이는 실리콘 하이드로겔 재질에서 0.14D, 하이드로겔 재질에서 0.06D로 검사자 1과 같이 하이드로겔 렌즈에서 반복성이 좋았다. 또한, 절대차이의 평균에서 실리콘 하이드로겔 재질의 경우 0.10D와 0.11D, 하이드로겔 렌즈에서는 0.07~0.08D로 하이드로겔 렌즈에서 반복성이 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Measured power by dry blotting (-1.50D ~ -9.00D, N=60)

		Lens material <sup>f</sup>				
		PM	GF	NF	BF	EF
Intra-examiner (Ex1)	Mean±SD (D)	-4.84±2.94	-4.97±2.96	-4.85±2.91	-4.72±2.85	-4.88±2.91
	MAD <sup>a</sup> (D)	0.08	0.18	0.04	0.16	0.03
	F <sup>b</sup>	0.010	0.001	0.000	0.005	0.001
	p	0.990	0.999	1.000	0.995	0.999
Intra-examiner (Ex2)	Mean±SD (D)	-4.89±2.89	-4.96±2.95	-4.83±2.94	-4.82±2.85	-4.89±2.92
	MAD <sup>a</sup> (D)	0.08	0.11	0.07	0.10	0.07
	F <sup>b</sup>	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
	p	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000
Inter-examiner (Ex1/Ex2)	Mean difference (D)	0.05	0.01	0.02	0.10	0.04
	dMAD <sup>c</sup> (D)	0.00	0.07	-0.03	0.06	-0.04
	t <sup>d</sup>	0.10	-0.03	-0.04	0.19	0.04
	p	0.92	0.98	0.97	0.85	0.97

<sup>a</sup>Mean of absolute difference =  $\{(\sum(|\text{nominal power} - \text{mean}|)) \div N\}$ ; <sup>b</sup>one-way ANOVA; <sup>c</sup>dAMD (Ex1-Ex2); <sup>d</sup>student t-test; <sup>e</sup>See notes for Table 1.

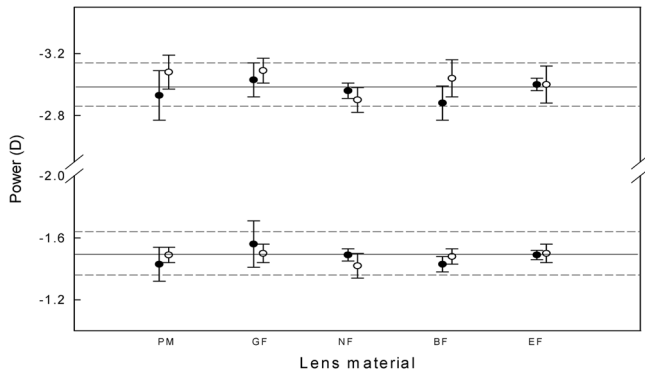


Fig. 1. Mean and standard deviations of the measured power by dry blotting between examiner 1 (●) and 2 (○) (-1.50D, -3.00D). Dotted lines are ±0.143D, standard deviation of the reproducibility.

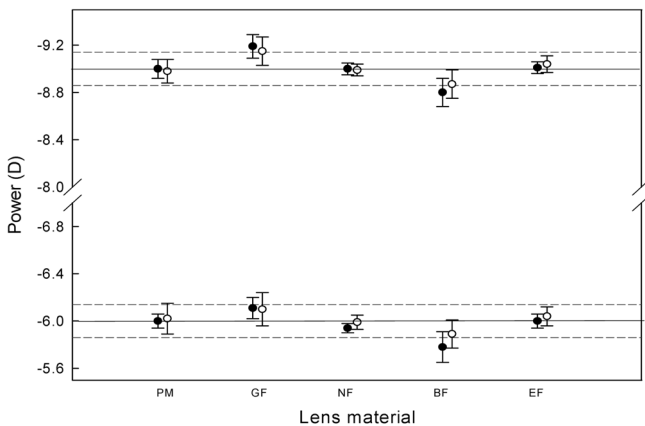


Fig. 2. Mean and standard deviations of the measured power by dry blotting between examiner 1 (●) and 2 (○) (-6.00D, -9.00D). Dotted lines are ±0.143D, standard deviation of the reproducibility.

두 검사자 간의 재질별, 굴절력별 평균을 나타낸 Fig. 1과 2에서 보는 바와 같이 -6.00D 이상의 굴절력에서 평균값이 신뢰성의 한계로 판단되는 ±0.143D를 다소 벗어나는 경우를 보였으나 Table 2에서 같이 검사자 1, 2에 의해서 측정된 전체 굴절력의 평균값에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 동일한 재질에서 재현성이 높은 것으로 나타났다. 두 검사자 간의 재질내의 평균값의 차이는 0.01~0.10D로 적었으며, 또한 절대차이의 평균의 범위는 0.00~0.07D로 적었다.

그러나 두 검사자가 측정된 실리콘 하이드로겔 렌즈의 경우 galyfilcon에서 평균이 가장 높았고 balafilcon에서 평균이 가장 낮게 나타났으며, 그 평균 굴절력 차이는 0.14D~0.25D였다. 특히 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 이러한 차이를 보인 것은 poly(2-hydroxyethyl methacrylate) 또는 polyHEMA와 같은 일반적인 소프트렌즈 소재에서는 물 분자와 강한 상호작용<sup>[16,17]</sup>에 의해 겔 상태로 유지하는 반면, 렌즈의 습윤성 향상 위한 플라즈마 표면처리<sup>[18]</sup>나

재질 내에 습윤제<sup>[19]</sup>를 첨가한 실리콘 하이드로겔 렌즈에서는 물 분자와 상호작용이 강하지 못해 dry blotting 방법으로 굴절력 측정 시 공기 중 노출에 따른 렌즈 탈수도<sup>[20,21]</sup>의 변화로 인해 것으로 추정된다.

2. Wet cell 방법

렌즈미터로 소프트렌즈의 굴절력을 보다 쉽게 결정할 수 있는 하나의 방법으로 Maurice Poster<sup>[13]</sup>가 디자인한 시판용 wet cell(BC7009, Bernell, USA)을 이용하여 측정값에 환산 인자 4를 곱하여 결정한다. 그러나 이 방법은 렌즈의 굴절률, 디자인, 함수율 등을 고려하지 않아 일률적으로 환산인자 4를 곱한다는 것은 타당하지 않은 것으로 판단하였다. 따라서 렌즈 재질별 환산인자를 결정하여 측정자 간 내 반복성을 검토하였다. 검사자가 총 5종류 재질을 대상으로 각 굴절력(-1.50D, -3.00D, -6.00D, -9.00D)별 5개의 샘플에 대해 3회 측정하였다. 측정된 굴절력값을 기준으로 환산인자를 결정한 것과 공기의 굴절력 1.00, 식염수 굴절률 1.336을 적용하여 ‘(렌즈 굴절률 - 공기 굴절률)/(렌즈 굴절률 - 식염수 굴절률)’ 식으로 결정한 환산인자<sup>[11]</sup>는 Table 3과 같으며, 이를 기준으로 ‘측정값 × 환산인자’ 결정한 굴절력의 평균과 표준편차는 Table 4, Fig. 3과 Fig. 4로 나타내었다.

Wet cell 방법으로 검사자 1이 측정된 전체 굴절력의 평균은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 보아 재질 내에서의 반복성은 높은 것으로 나타났다. 그러나 굴절력 평균의 차이는 0.69D, 절대차이의 평균은 0.16D~0.69D로 ±0.143D기준<sup>[5]</sup>으로 볼 때 크게 나타나 모든 재질에서 반복성이 낮은 것으로 평가된다.

Wet cell 방법으로 검사자 2에 측정된 전체 굴절력의 평균 차이는 0.09D로 적으며, 통계적으로 평균 비교에서 통계적인 유의성은 없어 반복성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 모든 재질에서 절대차이의 평균이 0.10~0.25D로 넓

Table 3. Factors of conversion equation

Lens material <sup>a</sup>	Factors of conversion			Poster cell
	Ex1	Ex2	Calculated <sup>b</sup>	
PM	4.08	4.10	4.57	4
GF	5.04	5.09	5.54	
NF	7.16	7.91	8.63	
BF	4.78	4.94	4.73	
EF	5.32	5.52	6.25	

<sup>a</sup>See notes for Table 1; <sup>b</sup>calculated factors by equation: [(refractive index for lens - 1)/(refractive index for lens - refractive index for saline)].

Table 4. Measured power by wet cell (-1.50D ~ -9.00D, N=60)

		Lens material <sup>c</sup>				
		PM	GF	NF	BF	EF
Intra-examiner (Ex1)	Mean±SD (D)	-4.92±2.81	-4.96±2.73	-4.88±2.77	-5.00±2.63	-5.57±2.92
	MAD <sup>a</sup> (D)	0.16	0.24	0.54	0.32	0.69
	F <sup>b</sup>	0.003	0.041	0.098	0.017	0.016
	p	0.997	0.959	0.907	0.984	0.984
Intra-examiner (Ex2)	Mean±SD (D)	-4.90±2.85	-4.99±2.69	-4.95±2.28	-4.94±2.78	-4.98±2.74
	MAD <sup>a</sup> (D)	0.10	0.25	0.14	0.22	0.19
	F <sup>b</sup>	0.018	0.010	0.006	0.023	0.005
	p	0.982	0.990	0.994	0.978	0.995
Inter-examiner (Ex1/Ex2)	Mean difference (D)	-0.02	0.03	0.07	-0.06	-0.59
	dMAD <sup>c</sup> (D)	0.06	-0.01	0.40	0.10	0.50
	t <sup>d</sup>	-0.03	0.06	0.124	-0.124	-1.146
	p	0.975	0.953	0.901	0.901	0.254

<sup>a</sup>Mean of absolute difference =  $\{(\sum(|\text{nominal power} - \text{mean}|)) \div N\}$ ; <sup>b</sup>one-way ANONA; <sup>c</sup>dAMD(Ex1-Ex2); <sup>d</sup>student t-test; <sup>e</sup>See notes for Table 1.

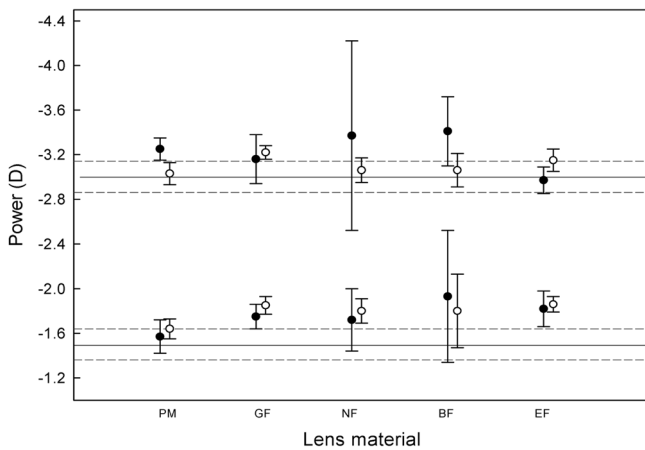


Fig. 3. Mean and standard deviations of the measured power by wet cell between examiner 1 (●) and 2 (○) (-1.50D, -3.00D). Dotted lines are  $\pm 0.143D$ , standard deviation of the reproducibility.

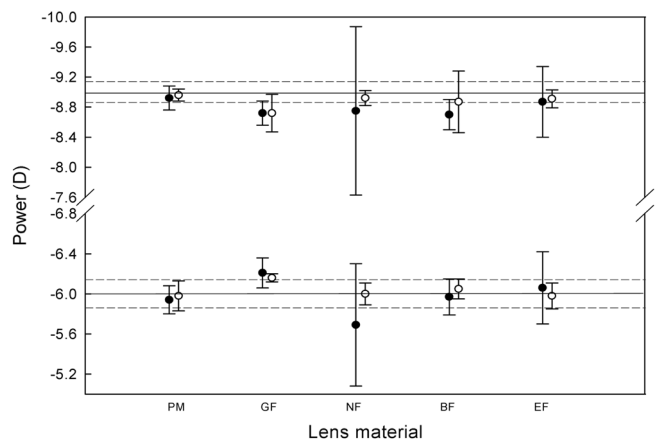


Fig. 4. Mean and standard deviations of the measured power by wet cell between examiner 1 (●) and 2 (○) (-6.00D, -9.00D). Dotted lines are  $\pm 0.143D$ , standard deviation of the reproducibility.

게 나타나 반복성이 낮은 것으로 평가된다. 특히 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 그 차이가 0.22~0.25D로 커 반복성이 낮은 것으로 평가된다.

Wet cell 방법으로 두 검사자에 의해서 3회 측정된 전체 굴절력의 평균값과 표준편차는 Table 4와 같이 통계적인 유의성은 없어 재질 내에서의 재현성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 두 검사자 간의 재질별, 굴절력별 평균과 표준편차를 나타낸 Fig. 3과 Fig. 4를 기준으로 면밀히 분석한 결과 굴절력 전체를 기준한 것과 다소 달랐다. 반복성과 재현성의 신뢰도 한계 범위로 보고 있는  $\pm 0.143D$ 를 기

준으로 해석해 보면 polyacon의 경우 전 굴절력별로 신뢰성이 상대적으로 높았으며, nelfilcon의 경우 신뢰성이 상대적으로 낮았다. etafilcon의 경우 -6.00D 이상에서 신뢰성이 낮은 것으로 평가되었다. 대체적으로 각 측정자의 절대차이의 평균으로 볼 때 0.01D에서 0.50D로 편차가 커 재현성이 낮은 것으로 평가된다. 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 측정자에 따른 galyfilcon과 balafilcon의 평균 굴절력 차이 0.04~0.05D로 dry blotting보다 식염수 중에 측정하는 wet cell방법에서 보다 안정적으로 굴절력이 측정되었다. 이는 플라즈마 표면처리<sup>[18]</sup>나 재질내 습윤 첨가<sup>[19]</sup>에

의한 실리콘 하이드로겔 렌즈에서는 물 분자와 약한 결합으로 이루어져 식염수 중에 측정하는 wet cell 방법이 공기 중의 노출로 인한 탈수현상<sup>[20,21]</sup>을 막아준 효과로 판단된다.

한편, wet cell에 의한 방법은 환산인자에 따라 굴절력의 신뢰도가 결정되는 것으로 이에 따른 차이를 확인하고자 하였다. Table 3의 환산인자를 적용하여 각 측정자에 따른 평균차이(예상 굴절력 - 환산 굴절력)를 비교한 결과 Fig. 5와 같다. 실리콘 하이드로겔 재질인 balafilcon를 제외하고 측정자 모두에서 식(equation, eq)에 의해 결정된 환산인자보다 calibration(ca)으로 결정된 환산인자에서 환산된 굴절력의 평균차이는 적었으며, 또한 예상 굴절력에 가까운 굴절력을 보였다. 그러나 balafilcon에서 다른 렌즈 재질과 다른 결과를 보인 이유에 대해서는 확인되지 않았으며, 이에 대한 추가적인 연구나 임상에서 더 정확한 굴절력을 측정하는 방법을 모색할 필요가 있는 것으로 본다.

3. Dry blotting과 wet cell 방법의 비교

측정에 사용된 전체 렌즈에 대해 blotting과 wet cell 방법 간의 평균치를 비교한 결과 Table 5와 같다.

독립표본 t-검정에서 두 방법 간에 통계적으로 유의한

Table 5. Mean and standard error of the mean (independent student t-test)

	Dry blotting	Wet cell
Mean	-4.86D	-4.95D
Mean difference	-0.09D	
Standard error	0.163D	
Degree of freedom	1198	
t	-0.532	
p	0.595	

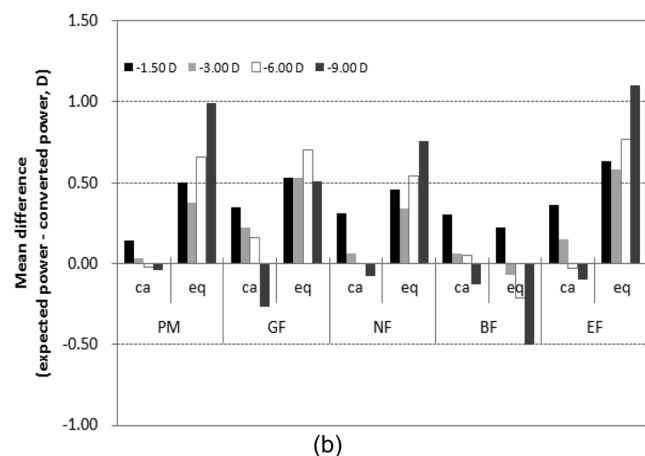
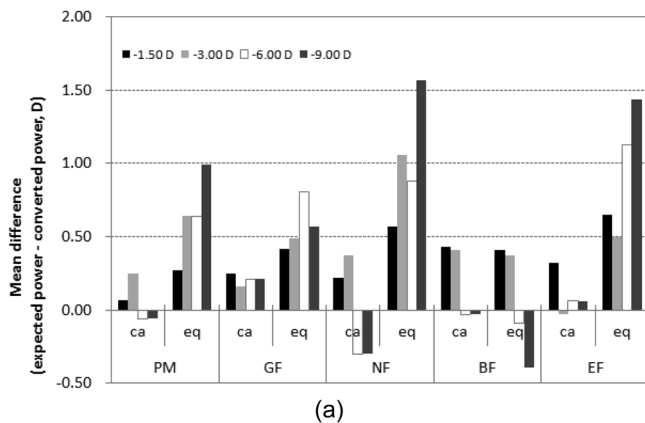


Fig. 5. Mean differences between expected and converted power for factors determined by calibration (ca) and equation (eq). (a) Examiner 1, (b) Examiner 2.

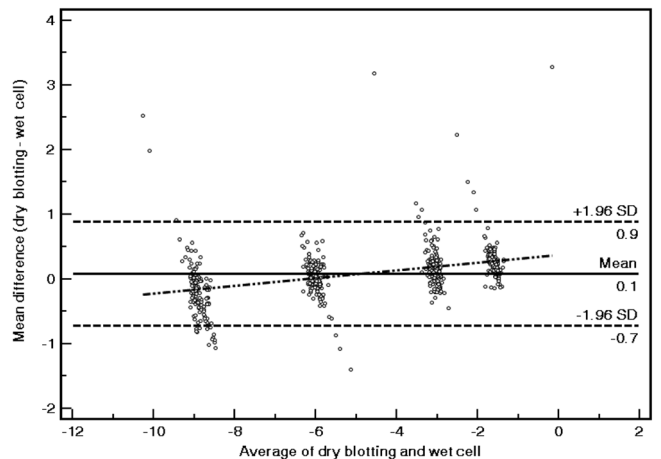


Fig. 6. Bland-Altman plots for all soft contact lenses of the difference between the dry blotting and wet cell method. The lines at 0.9 and -0.7 show, respectively, the upper and lower 95% limits of agreement.

차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 그러나 앞서 렌즈 재질별 도수별 비교에서는 대체적으로 dry blotting 방법이 wet cell 방법보다 신뢰성이 높은 것으로 평가되었으며, 이 두 방법 모두 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 재현성의 편차 범위인  $\pm 0.143D$ 를 벗어나는 경향을 보였다. 한편 Bland-Altman plot로 분석한 결과 Fig. 6과 같이 두 방법 간의 95% 일치도 범위는  $-0.715 \sim 0.889D (\pm 0.802D)$ 로 두 방법 간에 차이가 있는 것으로 판단되며, 두 방법 간의 회귀식( $y = 0.3753 + 0.05887x$ ,  $p < 0.0001$ )을 기준으로 판단할 때 굴절력이 높을수록 wet cell에 의한 측정된 굴절력은 커지는 경향을 보였다.

결론

Dry blotting 방법과 wet cell 방법에 따른 소프트 콘택트렌즈의 굴절력 측정의 유용성을 평가한 결과 dry blotting 방법으로 측정된 굴절력은 평균의 차이는 0.10D 이하였으며, 특히 하이드로겔 렌즈가 실리콘 하이드로겔 렌즈보다 평균의 차이는 적었다. 또한 두 검사자 간의 절

대차이의 평균 범위가 0.00~0.07D로 적어 반복성과 재현성이 높은 것으로 평가되었다.

Wet cell 방법으로 측정된 굴절력의 평균 차이는 0.09~0.69D였으며, 절대차이의 평균은 0.10D에서 0.69D로 크게 나타나 모든 재질에서 반복성과 재현성이 낮은 것으로 평가되었다. 특히 실리콘 하이드로겔 렌즈에서 반복성이 낮은 것으로 평가되었다. Wet cell 방법으로 검사자 간 반복 측정된 전체 굴절력은 측정자 간 절대차이의 평균 범위에서 0.01D에서 0.50D로 편차가 커 재현성이 낮은 것으로 평가되었다.

결론적으로 dry blotting 방법이 wet cell방법보다 신뢰도가 높은 것으로 평가되었으며, dry blotting방법은 자동렌즈미터를 이용하여 신속히 굴절력을 확인할 필요가 있는 실무 현장에서 효율적인 방법인 것으로 판단된다. wet cell 방법은 굴절력이 높은 렌즈에서 높게 측정되는 것으로 평가되었다. 그러나 이 두 방법 모두 실리콘 하이드로겔 렌즈에서는 다소 낮은 신뢰도를 보였는데 그 원인에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] (사)대한안경사협회, “콘택트렌즈 시장 나날이 확대”, 안경계, 9월호, pp. 121-127(2005).
- [2] 이인우, “순풍에 돛 올린 콘택트렌즈 업계”, 한국안경신문, 제314호, 29면(2009).
- [3] Tranoudis I. and Efron N., “Parameter stability of soft contact lenses made from different materials”, Cont. Lens Anterior Eye, 27(3):115-131(2004).
- [4] Long W. D., Bauman R. E., Dandridge R., and Haggmann P., “Measured versus labeled parameters of daily disposable contact lenses”, Int. Contact Lens Clin., 24:188-197(1997).
- [5] ISO 18369-3: Ophthalmic optics - contact lenses - part 3: measurement methods (2006).
- [6] Wang L. R., Zhang J. Y., and Ma Z. Y., “Calibration error on the measurement of back vertex power for contact lenses with method using focimeter with manual focusing”, Optom. Vis. Sci., 79(2):126-133(2002).
- [7] Wei X., Heugten T. V., and Thibos L., “Validation of a Hartmann-Moiré wavefront sensor with large dynamic range”, Optics Express, 17(16):14180-14185(2009).
- [8] Kollbaum P., Jansen M., Thibos L., and Bradley A., “Validation of an off-eye contact lens Shack-Hartmann wavefront aberrometer”, Optom. Vis. Sci., 85(9):E817-E828(2008).
- [9] Jeong T. M., Menon M., and Yoon G., “Measurement of wave-front aberration in soft contact lenses by use of a Shack-Hartmann wavefront sensor”, Appl. Opt., 44(21):4523-4527(2005).
- [10] Bennett E. S. and Weissman B. A., “Clinical contact lens practice”, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, pp. 121-162(2005).
- [11] Pearson R. M., “Aspects of wet cell measurement of back vertex power of contact lenses”, Clin. Exp. Optom., 91(5):461-468(2008).
- [12] Holden B. A., Cooper G. N., Vaegan, and Alexander J. A., “The accuracy and variability of measurement of the BCOR of hydrated soft lenses using a zeiss keratometer and holden wet cell”, Aust. J. Optom., 60:46-50(1977).
- [13] Poster G. M., “Hydrophilic lens holder”, U.S. Patent 3779648, 1973.
- [14] ISO 8598: Optics and Ophthalmic instruments - Focimeters (2004).
- [15] Bland J. M. and Atman D. G., “Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement”, Lancet, 1:307-310(1986).
- [16] Gates G., Harmon J. P., Ors J., and Benz P., “2,3-Dihydroxypropyl methacrylate and 2-hydroxyethyl methacrylate hydrogels: gel structure and transport properties”, Polymer, 44(1):215-222(2003).
- [17] Tranoudis I. and Efron N., “Water properties of soft contact lens materials”, Cont. Lens Anterior Eye: 27:193-208(2004).
- [18] Sweeney D. F., “Silicone hydrogels”, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, China, pp. 1-26(2004).
- [19] Jones L. and Dumbleton K., “Silicone hydrogel contact lenses”, Optometry today, 26-32(september 20, 2002).
- [20] Lira M., Santos L., Azeredo J., Yebra-Pimentel E., and Real Oliveira M. E. C. D., “The effect of lens wear on refractive index of conventional hydrogel and silicone-hydrogel contact lenses: a comparative study”, Cont. Lens Anterior Eye, 31:89-94(2008).
- [21] Jones L., May C., Nazar L., and Simpson T., “In vitro evaluation of the dehydration characteristics of silicone hydrogel and conventional hydrogel contact lens materials”, Cont. Lens Anterior Eye, 25:147-156(2002).

## Reliability of Measurements of Back Vertex Power for Soft Contact Lenses Using an Auto-Lensmeter

Kun-Kyu Kim, Wook-Jin Lee, Sun-Haeng Lee\*, Ho-Won Kwak and Dong-Sik Yu

Department of Visual Optics, Kyungwoon University

\*Department of Ophthalmic Optics, Gimhae College

(Received January 24, 2010; Revised March 2, 2010; Accepted March 19, 2010)

**Purpose:** To assess the reliability for measuring the back vertex power of soft contact lenses by dry blotting and wet cell method using an auto-lensmeter. **Methods:** The soft contact lenses used for measurement were 5 types that were distributed in Korea, and 4 back vertex powers ( $-1.50D$ ,  $-3.00D$ ,  $-6.00D$ ,  $-9.00D$ ) were used, and repeatability and reproducibility were evaluated by measuring them with an auto-lensmeter by two examiners. **Results:** Measured powers by dry blotting method were ranged in mean differences from  $0.03D$  to  $0.18D$  for overall lenses,  $0.10D$  to  $0.18D$  for silicone hydrogel lenses,  $0.03D$  to  $0.08D$  for hydrogel lenses. The mean differences between two examiners were less than  $0.10D$ , and the inter-examiner reproducibility was good for dry blotting method. The mean difference between powers determined by wet cell method were  $0.09D$  to  $0.69D$ , the mean differences between two examiners were  $0.02D$  to  $0.59D$ . The reliability of measurements and inter-examiner reproducibility were less than dry blotting method. **Conclusions:** The reliability of measurements for all materials was better in dry blotting than wet cell method, the reliability of measurements for silicone hydrogel lenses was low in both methods. In clinical practical which requires quick checking of back vertex power using an auto-lensmeter, dry blotting method is thought to be more efficient than wet cell one.

**Key words:** Soft contact lens, Back vertex power, Dry blotting, Wet cell, Reliability, Auto-lensmeter