

## 구면 RGP 렌즈의 처방 굴절력 예측

유동식 · 유종숙

경운대학교 안경광학과

투고일(2010년 7월 19일), 수정일(2010년 9월 14일), 게재확정일(2010년 9월 18일)

**목적:** 굴절력 매트릭스와 가감 계산을 이용하여 구면 RGP 렌즈의 처방 굴절력 예측의 유용성을 평가하고자 하였다. **방법:** 20대 55명 110안(남 36명, 여 19명; 나이  $24.60 \pm 1.55$ 세)을 대상으로 비조절마비굴절검사와 덧댐굴절검사는 각막곡률측정 기능이 내장된 자동굴절력계를 이용한 타각적 검사와 자각적 검사를 실시하였다. 누액렌즈는 각막 곡률과 RGP 렌즈의 베이스커브로부터 계산하였다. 현성굴절력과 누액렌즈로부터 매트릭스와 가감 계산에 의해 예측된 RGP 렌즈의 굴절력과 덧댐굴절검사 값을 구면(Sph), 등가구면(SE) 및 난시 굴절력 측면에서 비교하였다. **결과:** 평균차이(MD)와 95% 일치도 범위( $LOA = MD \pm 1.96SD$ )는 Sph (0.61D,  $0.61 \pm 0.86D$ )보다 SE (0.26D,  $0.26 \pm 0.70D$ )에서 좋았다. 실린더 굴절력에서 매트릭스와 가감 계산 사이의 평균차이와 일치도( $-0.13D$ ,  $-0.13 \pm 0.53D$ )는 다른 것(매트릭스와 덧댐굴절검사:  $-0.24D$ ,  $-0.24 \pm 0.84D$ ; 가감 계산과 덧댐굴절검사,  $-0.12D$ ,  $-0.12 \pm 1.00D$ )보다 좋았다. 구면 RGP 렌즈의 적합성은 매트릭스에서 54.5%, 가감 계산에서 66.4%, 덧댐굴절검사서 91.8%였으며, 가감 계산이 덧댐굴절검사에 근접하였다. **결론:** 안경(또는 전체)난시와 각막난시의 축이 다르더라도 구면 RGP 렌즈 피팅 가능성과 처방 굴절력의 예측에서 매트릭스를 이용하는 것보다 가감 계산에 의한 등가구면 적용이 더욱더 유용하다.

**주제어:** RGP 렌즈, 굴절력 매트릭스, 가감 계산, 덧댐굴절검사, 난시

### 서 론

북아메리카, 유럽, 중동, 아시아, 아프리카 등 28개 나라를 대상으로 2009년 콘택트렌즈 처방률을 조사한 결과 RGP 콘택트렌즈(rigid gas-permeable contact lens)가 8%로 소프트렌즈 처방률 62%보다 낮은 상태이며, 2006년에 비해 3% 포인트 낮은 추세다<sup>[1,2]</sup>. 그러나 RGP 렌즈는 소프트렌즈가 갖지 않은 장점 즉, 산소투과성이 높고 각막난시의 교정 효과가 좋으며 감염에 의한 각막질환(microbial keratitis)의 발생빈도가 낮다는 장점을 가지고 있다<sup>[3]</sup>. 또한 노안 교정용 다초점렌즈, 각막굴절교정(orthokeratology)렌즈와 같은 특수렌즈로서의 기능성 확대와 새로운 기법의 각막형태검사(corneal topography)개발에 따른 경험적 피팅 기술(empirical fitting)의 진보로 RGP 렌즈 처방의 전망은 밝다<sup>[4]</sup>.

콘택트렌즈의 소재, 디자인 및 변수의 적절한 선택은 피팅 성공률과 밀접한 관련이 있어 이에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다<sup>[5,6]</sup>. 특히 전체난시(TA, total or spectacle astigmatism), 각막난시(CA, corneal astigmatism), 잔여난

시(RA, residual astigmatism)에 따른 재질과 디자인의 선택 및 굴절력(back vertex power 또는 power) 결정은 RGP 렌즈 처방에서 대단히 중요하다<sup>[7]</sup>. 따라서 전체난시와 각막난시로부터 잔여난시를 예측하고 누액렌즈(tear lens)를 고려한 처방 굴절력 예측은 RGP 렌즈의 적절한 선택과 피팅의 성공률을 높이는데 도움이 될 것이다. RGP 렌즈 처방에서 잔여난시는 구면 렌즈를 착용한 상태에서 완전 교정에 필요한 난시로 주로 수정체에 의해 나타나며<sup>[8]</sup>, 전체난시의 축과 각막의 주경선의 차이가 작으면 일치하는 것으로 간주하여 잔여난시 양을 산술(arithmetic calculation)적으로 계산 가능하다<sup>[9]</sup>. 그러나 정확한 계산은 굴절력 벡터(power vector)<sup>[10,11]</sup>, 굴절력 매트릭스(dioptic power matrix)<sup>[12-14]</sup>, Jones vector에 의해 이루어지며, 굴절력 매트릭스가 보다 완성된 굴절력을 표현한 것으로 평가되었다<sup>[12]</sup>. 따라서 보다 정확한 굴절력 예측을 위해 매트릭스를 적용하는 것이 바람직할 것이다.

한편, RGP 렌즈의 시장성이 낮은 이유는 착용감과 산소투과성(Dk, oxygen permeability)이 좋은 실리콘 하이드로겔(silicone hydrogel) 렌즈 시장의 증가, RGP 렌즈 처방에

대한 현장 실무자의 자신감 부족과 문제 해결 능력의 결여와 관련이 있는 것으로 보고 있다<sup>11)</sup>. 이러한 상황에서 굴절력 매트릭스를 적용한 RGP 렌즈 피팅 평가는 의미가 있을 것이다. 일반적으로 RGP 렌즈의 최종 굴절력은 시험렌즈 착용 후 덧댐굴절검사(OR, over-refraction)를 실시하여 결정한다. 그러나 처방에 앞서 적합한 렌즈의 재질과 디자인 선택을 위해 난시의 종류와 굴절력을 예측할 필요가 있다. 이를 위해 굴절력 매트릭스와 가감 계산에 의해 잔여난시를 예측하고, 누액렌즈를 고려한 구면 RGP 렌즈의 굴절력을 예측하여 덧댐굴절검사의 최종 굴절력과 잔여난시를 비교 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

본 연구의 취지를 이해하고 구두로 참여에 동의하며, 모두 전신질환 또는 안질환이 없는 자로서 RGP 렌즈 착용이 가능한 20대 55명(110안; 평균  $24.60 \pm 1.55$ 세; 남자 36명, 여자 19명)을 대상으로 하였다. 현재 안경이나 콘택트렌즈 착용자를 대상으로 등가구면 굴절력(SE, spherical equivalent)  $-1.50D$  이상, 전체난시가  $3.50D$  이하, 교정시력 1.2에서 0.8의 근시안을 대상으로 하였다.

### 2. 방법

조절마비제 없이 자동굴절력계(auto-keratorefractometer, KR-8800, Topcon사, 일본)로 굴절력과 각막곡률을 3회 측정하였고, 수동 포롭터(VT-SE, Topcon사)로 자각적 굴절검사를 실시하였다. 콘택트렌즈의 처방 굴절력을 얻기 위한 안경처방 값은 현재 안경의 굴절력을 참고하여 검사하였고, 난시는 완전 교정을 원칙으로 하였으며 만족한 시력을 얻을 수 있는 경우라면 등가구면으로 처방하였다.

구면 RGP 렌즈는 국내 H사 제품으로 플루오르실리콘 아크릴레이트 (FSA, fluorosilicone acrylate)재질, Dk 110, 전체직경 9.3 mm, 굴절력  $-3.00D$ , 베이스커브 7.10~8.60 mm, 중심두께 0.14~0.15 mm를 사용하였다. 전체의 직경은 각막곡률, 동공크기 및 검열폭을 기준하여 선택하였으며, 렌즈의 직경으로 9.3 mm가 적합하였다. 베이스커브의 선택은 각막난시에 따라 결정하는 Bennett가 제시한 방법<sup>15)</sup>을 적용하였고 플루레신 염색으로 정적 피팅과 동적 피팅을 평가하였으며, 필요에 따라 중심 안정화(최소 기준은 렌즈 광학부의 3/4이 동공을 덮는 조건)와 렌즈의 움직임(적용 기준은 1~3 mm)이 정상 상태가 되도록 베이스커브를 조정하였다.

난시나 RGP 렌즈 처방 굴절력의 표기는 “-C” (minus cylinder)로 하였으며, 난시의 축과 각막의 주경선이 차이

가  $20^\circ$  이하라면 일치하는 것으로 보고 식 (1)을 적용하여 가감 계산에 의해 잔여난시를 계산하였다<sup>18,9)</sup>.

$$pRA = TA - CA \quad (1)$$

여기서 pRA(predicted residual astigmatism)은 계산된 잔여난시이며, TA는 전체난시, CA는 각막난시이다.

한편, 매트릭스에 의한 굴절력 계산은 식 (2)를 매트릭스 형식<sup>16,17)</sup>으로 계산하였다.

$$pM(\text{Sph, SE, Cyl, Axis}) = R_{\text{ex}} - (BC - K), \\ \text{or } R_{\text{ex}} - \text{tear lens} - CA \text{ (based on flat K)} \quad (2)$$

여기서 pM(predicted power by matrix)는 매트릭스에 의해 예측된 굴절력이며 Sph, SE, Cyl, Axis는 각각 구면 굴절력(spherical power), 등가구면 굴절력(spherical equivalent), 실린더 굴절력(cylindrical power)과 난시축(cylinder axis)을 의미한다.  $R_{\text{ex}}$ (effective power of spectacle refraction)는 정간거리 12 mm인 안경처방 값을 기준한 각막정점에서의 굴절력이며, 누액렌즈 결정에서 렌즈의 재질, 각막, 누액의 굴절률을 고려하지 않고 각막곡률계의 굴절률  $n=1.3375$ 를 기준한 BC(base curve)와 K(kerato-metric value)이다. 굴절력 매트릭스 계산은 Excel Spreadsheet에 입력하여 계산하였다.

덧댐굴절검사(OR) 후의 최종 처방 값(final)은 시험렌즈를 착용한 상태에서 결정된 구면 굴절력이며, 덧댐굴절검사에서 타각적으로 결정된 난시의 굴절력과 축을 각각 ORcyl와 ORaxis로 표시하였다.

### 3. 자료 분석

수집된 자료를 분석하기 위해 MecCalc™(MedCalc, Belgium)를 이용하였으며, 대응비교(paired t-test)와 Bland-Altman 분석<sup>18)</sup>을 실시하였다. 모든 분석에서 95% 신뢰구간으로  $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 판단하였다.

## 결 과

### 1. 구면 굴절력 및 등가구면 굴절력

110안에 대한 매트릭스에서 예측된 굴절력과 덧댐굴절검사에서 최종 처방 값은 Table 1과 Fig. 1과 같으며, 잔여난시의 분포는 Table 2와 Fig. 2와 같다.

매트릭스에서 결정된 평균 구면 굴절력(pMSph)은  $-3.19D$ , 등가구면 굴절력(pMSE)은  $-3.55D$ 로  $-3.81D$ 의 최종 처방 굴절력(final)과 비교 시 유의한 차이( $p < 0.0001$ )를 보였다. Fig. 1과 같이 등가구면 굴절력에서 평균차이가  $0.26D$ , 95% 일치도 범위(LOA,  $MD \pm 1.96SD$ )가  $0.95D$

Table 1. Comparison of power between matrix and over-refraction (N=110)

	Mean ± SD <sup>a</sup>	95% CI <sup>b</sup> for mean	
pMSph	-3.19±1.69	-3.51 to -2.87	
pMSE	-3.55±1.68	-3.86 to -3.23	
final <sup>f</sup>	-3.81±1.65	-4.12 to -3.50	
	MD <sup>c</sup> ± SD	p <sup>*</sup>	LOA <sup>d</sup>
pMSph : final	0.61±0.44	p<0.0001	0.61±0.86
pMSE : final	0.26±0.36	p<0.0001	0.26±0.70

\*p: probability values of paired t-test, the level of significance at p<0.05; <sup>a</sup>standard deviation; <sup>b</sup>95% confidence interval; <sup>c</sup>mean difference; <sup>d</sup>95% limits of agreement; <sup>f</sup>final means the prescription value determined by over-refraction.

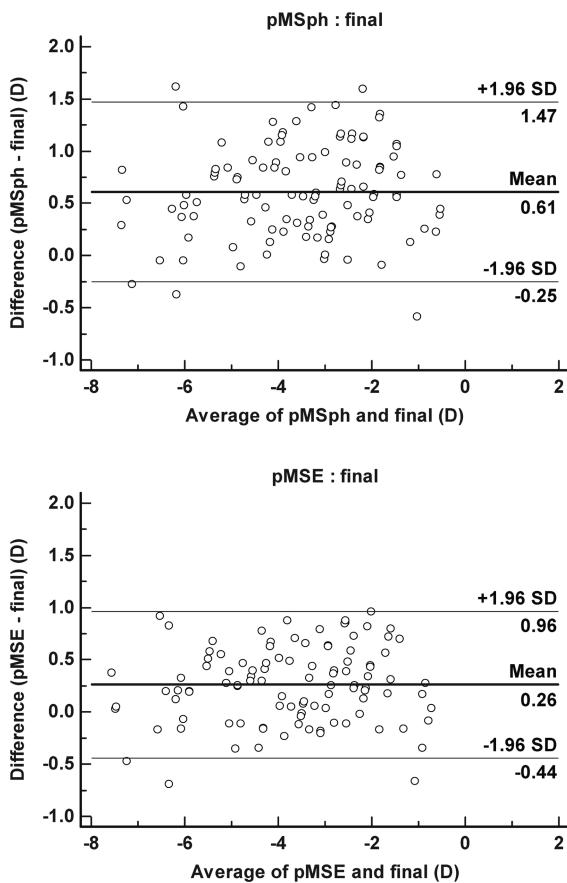


Fig. 1. Plots of difference vs. mean of spherical power between matrix and over-refraction. The upper and lower lines show 95% limits of agreement.

~ -0.44D로 평균차이가 0.61D, 95% 일치도 범위가 1.47D ~ -0.25D인 구면 굴절력보다 등가구면 굴절력이 최종처방 값에 근접하였다.

잔여난시의 분포는 매트릭스 계산에서 도난시가 79.1%, 직난시가 1.8%였으며, 덧댐굴절검사서 도난시보다 사난

Table 2. Distribution of cylinder axis

	Matrix	Over-refraction
90±20°	87 (79.1%)	37 (33.6%)
180±20°	2 (1.8%)	18 (16.4%)
Others	21 (19.1%)	55 (50.0%)
Regression eq.	y=7.35x+88.57 R <sup>2</sup> : 0.01	y=-96.09x+28.78 R <sup>2</sup> : 0.31

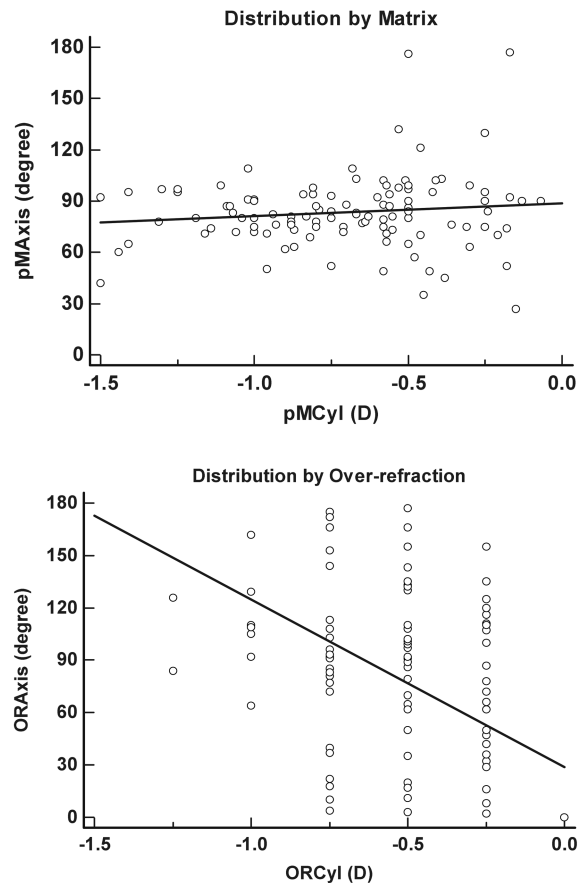


Fig. 2. The distribution of cylindrical power and axis (top: by matrix; bottom: by over-refraction).

시에 해당되는 분포가 50.0%로 많았다. 회귀분석에서 난시의 굴절력에 따른 변화는 매트릭스 계산에서 적게 나타났다(결정인자, R<sup>2</sup>=0.01).

Table 3. Visual acuity (VA) of over-refraction to spectacle-wearing correction

VA	No. of eye	Variation of VA
Equal	N=81 (73.6%)	±0.2 Range: 0.8 to 1.2
More than	N=18 (16.4%)	
under	N=11 (10.0%)	

Table 4. Comparison of cylindrical power among matrix, over-refraction and calculation (N=110)

	Mean±SD <sup>a</sup>	95% CI <sup>b</sup>	
pMCyl	-0.70±0.34	-0.77 to -0.64	
pRA	-0.58±0.42	-0.66 to -0.50	
ORCyl	-0.46±0.31	-0.52 to -0.40	
	MD <sup>c</sup> ±SD	p <sup>*</sup>	LOA <sup>d</sup>
pMCyl : ORCyl	-0.24±0.43	p<0.0001	-0.24±0.84
pRA : ORCyl	-0.12±0.51	p<0.0001	-0.12±1.00
pMCyl : pRA	-0.13±0.27	p=0.0188	-0.13±0.53

<sup>\*</sup>, <sup>a-d</sup>See notes for Table 1.

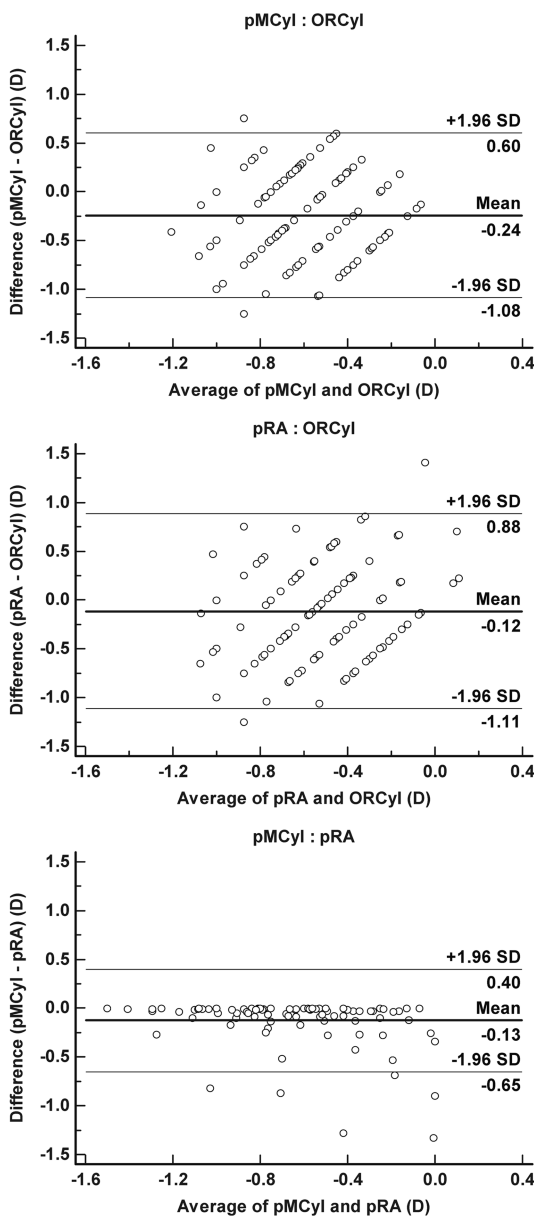


Fig. 3. Plots of difference vs. mean of cylindrical power among matrix, arithmetic calculation and over-refraction. The upper and lower lines show 95% limits of agreement.

안경 교정시력과 비교한 구면 RGP 렌즈의 교정 효과는 Table 3과 같다. 안경 교정시력에 비해 90%가 높은 교정 효과를 보였으며 그 정도는 0.1에서 0.2시력 정도 높은 것으로 나타났다.

2. 잔여난시의 일치성

매트릭스, 가감 계산, 덧댐굴절검사에 나타난 잔여난시를 비교한 결과는 Table 4와 Fig. 3과 같다. 매트릭스에서 결정된 잔여난시(pMCyl)은 평균 -0.70D, 가감 계산에서 결정된 잔여난시(pRA)는 평균 -0.58D, 덧댐굴절검사의 잔여난시(ORCyl)는 평균 -0.46D로 이들 사이에서 유의한 차이(p<0.0001)를 보였다. 이들 사이의 평균차이(mean difference)는 모두 0.25D 이하로 임상적으로 허용되는 범위였으며, 0.40D ~ -0.65D에서 95% 일치도 범위를 보인 pMCyl과 pRA이 서로 유사한 값을 보였다.

3. 구면 RGP 렌즈의 적용 범위

잔여난시가 0.75D를 초과하는 경우 구면 RGP 렌즈 처방이 부적절하다는 기준<sup>[19]</sup>을 적용시켜 선택된 계산법과 덧댐굴절검사에서 나타난 구면 RGP 렌즈 처방의 적용 한계를 조사한 결과는 Table 5와 같으며, 이들 사이의 관계를 변형된 벤다이어그램(venn diagram)으로 나타내면 Fig. 4와 같다. 구면 RGP 렌즈 처방의 빈도는 가감 계산이 매트릭스 계산보다 13% 정도 많았다. 덧댐굴절검사에 나타난 최종 처방 값과 비교했을 때 처방의 빈도는 덧댐굴절검사, 가감 계산, 매트릭스 계산 순으로 크게 나타났다.

Table 5. Application limits of selected methods for spherical RGP lens

Method	No. of acceptable eye
Matrix	60 (54.5%)
Calculated	73 (66.4%)
Over-refraction	101 (91.8%)

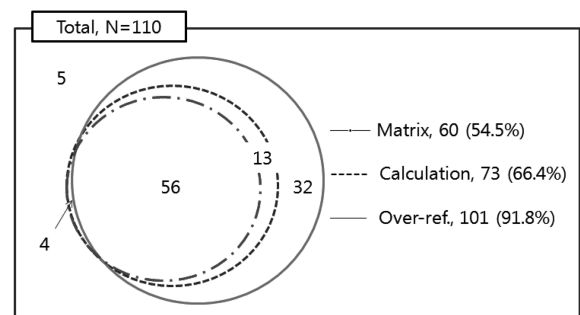


Fig. 4. Schematic diagram for number of eyes (in circles) with less than 0.75D of residual astigmatism for each method.

가감계산과 매트릭스 계산에서 구면 RGP 렌즈 처방이 가능한 것으로 평가되었지만 덧댐굴절검사에서 구면 RGP 렌즈 처방이 가능하지 않은 것으로 평가된 경우는 3.6% (4/110)이었다.

## 고 찰

렌즈의 디자인이나 종류를 결정하는 단계에서 굴절력 매트릭스에 의한 처방 굴절력과 잔여난시를 예측하거나 가감 계산에 의한 잔여난시를 예측하는 일은 RGP 렌즈의 처방 성공률을 높이는 중요한 과정이다. 매트릭스와 가감 계산의 굴절력과 덧댐굴절검사 결과의 비교에서 매트릭스 계산의 잔여난시와 가감 계산의 잔여난시는 서로 유사하였다. 매트릭스를 적용한 후의 등가구면 처리와 매트릭스를 적용하지 않은 상태에서의 등가구면 처리는 일치하였으며, 이 결과는 굴절력 매트릭스와 등가구면과의 관계를 이론적으로 제시한 Long<sup>[13]</sup>의 연구를 입증하는 결과를 얻었다. 따라서 구면 RGP 렌즈 처방에서 복잡한 매트릭스 계산보다 가감 계산에 의한 잔여난시의 예측과 등가구면에 의한 굴절력 예측이 좋은 것으로 평가되었다.

매트릭스 계산에 의해 나타난 잔여난시는 평균 C-0.59D, Axis 82°으로 Javal's rule<sup>[20,21]</sup>에서 제시한 도난시성 수정체난시 0.50D와 비슷하였다. 또한 90±20° 범위의 난시 축의 분포는 79.1%로 대부분 잔여난시가 도난시임을 예측할 수 있었다. 잔여난시의 양에 따른 난시축의 분포는 안정적인 추세(결정계수, 0.013)를 보였다. 덧댐굴절검사에서 자동굴절력계를 이용한 타각적 분석을 실시하였다. Strang 등<sup>[22]</sup>의 연구에 의하면 콘택트렌즈 피팅 과정에서 덧댐굴절검사는 적용 대상자에 따라 렌즈의 이탈이나 눈 깜박임으로 인해 끝점(end-point)이 명확하지 않아 어려움이 있으며, 자동굴절력계를 이용한 타각적 굴절검사는 구면 굴절력과 잔여난시를 신속히 평가하는데 있어 정확도가 확보된 방법이라 하였다. 또한, 소프트 콘택트렌즈보다 RGP 렌즈에서 더 높은 일치성을 보인 것으로 평가하였다. 덧댐굴절검사에서 나타난 잔여난시의 평균은 난시 축의 분포가 다양하여 가감 계산으로 적용할 수 없는 상태다. 그러나 90±20° 범위의 난시 축의 분포는 33.6%로 도난시성 잔여난시의 분포는 매트릭스 계산에서 예측된 빈도보다 낮은 것으로 평가되었다. 이는 렌즈 착용 후 렌즈, 각막, 누액 및 안검의 상호 작용에 따른 결과로 판단된다<sup>[1,23]</sup>. Lin과 Snyder<sup>[23]</sup>의 RGP 렌즈의 굴곡과 잔여난시 평가에서 RGP 렌즈의 중심두께 0.13 mm, 산소투과성(Dk 15에서 151)상태에서도 렌즈 굴곡에 따른 영향이 없는 것으로 볼 때, 사용된 시험렌즈는 Dk가 110, 중심 두께가 0.14-0.15 mm로 렌즈 굴곡에 대한 영향은 크지 않을 것

로 판단된다. 한편, 잔여난시 양에 따른 난시 축의 분포는 다양하게 나타났으며, 난시 양이 클수록 축의 변동성은 큰 것(결정계수, 0.31)으로 나타났다. 그러나 구면 RGP 렌즈의 굴절력을 결정하는 덧댐굴절검사에서 90% 이상이 안경 교정시력과 같거나 그 이상의 시력을 보인 결과로 볼 때 덧댐굴절검사에서 나타난 잔여난시가 시력에 큰 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 또한, 안경교정 시력과 덧댐굴절검사에서 나타난 시력의 차이가 ±0.2, 변동 폭이 0.8에서 1.2였으며, 이는 Snyder<sup>[24]</sup>가 토릭 소프트렌즈의 교정 전후의 시력 차이가 -0.22에서 0.26, 변동 폭이 0.64에서 1.12인 것과 비교하면 모든 대상자에서 구면 RGP 렌즈의 교정 효과는 확보된 것으로 평가된다. 안경 처방 값보다 좋은 시력을 보인 것은 구면 RGP 렌즈에서 각막난시의 교정효과 즉 누액렌즈의 효과가 큰 것임을 알 수 있었다.

평균차이(MD, mean difference)의 비교로 각 방법 간의 차이 유무를 확인하고, 95% 일치도 범위를 비교하여 임상적으로 오차의 범위를 알아보는 것은 매우 중요하다<sup>[18,25]</sup>. 따라서 난시 양의 기준으로 각 방법 간의 비교에서 일치도를 평가하였다. 덧댐굴절검사에서 나타난 잔여난시(ORCyl)와 매트릭스 계산의 잔여난시(pMCyl), 그리고 ORCyl과 가감 계산에 의한 잔여난시(pRA) 간의 비교에서 평균차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 굴절력 측정 방법의 차이를 고려한 임상적 허용 범위<sup>[26]</sup>인 ±0.25D 이하로 크지 않은 것으로 판단된다. 한편, 95% 일치도 범위에서 1.50D 이상으로 크게 나타났다. 그 이유는 덧댐굴절검사에서 렌즈 후면의 누액렌즈로 인한 각막난시 교정효과<sup>[7]</sup>, 렌즈, 누액, 각막 및 수정체로 구성된 합성광학계<sup>[8]</sup>를 고려한 난시보정 효과 및 구면 렌즈의 처방에서 등가구면 처방 경향<sup>[27]</sup>으로 작게 측정된 ORCyl과 전체난시와 각막난시만을 고려한 매트릭스나 가감계산에서 크게 예측된 pMCyl과 pRA 간의 차이에 기인된 것으로 생각된다. 앞서 논의한 덧댐굴절검사에서 렌즈 착용 후 나타나는 잔여난시의 변동성과 관련이 있을 것으로 본다. 결론적으로 ORCyl과 pMCyl, ORCyl과 pRA 간의 일치성은 상당히 낮은 것으로 평가되었다.

매트릭스 계산에서 예측된 잔여난시 pMCyl과 난시 축을 고려하지 않고 식 (1)에 의한 단순히 크기(scalar)기준으로 예측한 pRA 간의 95% 일치도 범위는 -0.65D에서 0.40D이고, 평균차이가 -0.13D로 일치성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 전체난시와 각막난시 축의 차이가 많지 않아 pRA와 pMCyl이 서로 유사한 결과를 보인 것으로 판단된다. 전체난시와 각막난시 축의 차이가 20° 범위 내의 케이스를 실제 조사한 결과 105(95.5%)안으로 상당히 높은 빈도를 보였으며, Jorge 등<sup>[26]</sup>의 난시 해석이

나 토릭 RGP 렌즈 처방<sup>9)</sup>에서 난시 축의 차이가  $\pm 10^\circ$  범위 내에서 임상적으로 동일한 것으로 인정하는 것과 무관하지 않을 것으로 본다. 결과적으로 난시 양의 기준으로 각 방법 간의 비교에서 pMCyl과 pRA 간의 평균차이가 0.25D 이하로 적고, 일치도 범위가 좁아 즉 변동성이 낮아 높은 신뢰도를 나타내므로 pMCy과 pRA은 상호 대체가 가능한 것으로 본다.

가감 계산에 의한 구면 RGP 렌즈의 적용 범위의 평가에서 전체난시와 각막난시의 굴절력 차이가 0.75D를 초과하는 경우, 즉 구면 RGP 렌즈 처방으로 교정이 되지 않을 것으로 예측되는 경우는 37안(33.6%)이며, 구면 RGP 렌즈 처방이 가능한 대상자는 73안(66.4%)으로 나타났다. 매트릭스에 의한 예측에서 구면 RGP 렌즈 처방으로 교정이 되지 않을 것으로 예측되는 경우가 50안(45.5%, 가감 계산에 의한 예측한 37안 모두 포함됨)이며, 구면 RGP 렌즈 처방 가능한 경우가 60안(54.5%)으로 나타났다. 덧댐 굴절검사의 타각적 분석에서 구면 RGP 렌즈 처방으로 교정이 되지 않은 경우 9안(8.2%), 구면 RGP 렌즈 처방 가능한 경우 101안(91.8%, 가감 계산과 매트릭스에 의한 구면 RGP 렌즈 처방으로 교정이 되지 않을 것으로 예측된 37안 모두 포함됨)이었다. 실제 처방에서는 구면 RGP 렌즈 처방이 가능하지 않은 경우는 예측한 것보다 낮은 빈도를 보였는데 이러한 결과는 렌즈 착용 후 나타나는 잔여난시 양이 예측되는 것보다 훨씬 적게 나타나며, 또한 안경처방에서 난시가 있더라도 등가구면 처방으로 피검자가 만족한 정상시력을 얻을 수 있는 경우처럼 등가구면 처방한 것과 무관치 않은 것으로 보여진다. 결과적으로 구면 RGP 렌즈의 적용 범위는 가감 계산이 매트릭스 계산보다 컸으며, 덧댐굴절검사의 범위 내에서 더 많이 포함되는 것으로 평가되었다.

## 결 론

굴절력 매트릭스를 이용하여 예측된 RGP 렌즈의 처방 굴절력은 구면보다 등가구면 굴절력에서 최종 처방의 굴절력과 일치하는 경향을 보였다. 최종 처방과의 굴절력 차이는 구면 굴절력과 더불어 수정체에 의해 나타난 난시였으며, 이러한 난시가 교정되는 범위(0.75D 이하)에서 등가구면으로 굴절력을 결정하는 것이 바람직하였다. 가감 계산과 매트릭스에 의해 예측된 난시는 서로 대체가 가능할 정도의 일치성을 보였으며, 등가구면 굴절력은 완전히 일치하였다. 따라서 구면 처방의 가능성을 판단하거나 처방의 굴절력을 예측할 경우 안경(또는 전체)난시와 각막난시의 축이 다르더라도 매트릭스를 적용하여 예측하는 것보다 가감 계산에 의해 등가구면으로 예측하는 것이 보다

유용한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Hunt O., Lindsay J., and Wolffsohn J., "Current uses of rigid gas permeable lenses", *Optometry Today*, UK, pp. 30-38, December 14(2007).
- [2] Morgan P. B., Woods C. A., Tranoudis I. G., Helland M., Efron N., Knajian R., et al., "International contact lens prescribing in 2009", *Contact Lens Spectrum*, February (2010).
- [3] Stapleton F., Keay L., Edwards K., Katie P., Naduvilath T., Dart J., et al., "The incidence of contact lens-related microbial keratitis in Australia", *Ophthalmology*, 115(10): 1655-1662(2008).
- [4] Van der Worp E., "RGP lenses 2010", *Global Contact*, January(2010).
- [5] 주석희, 박혜정, 신철근, 심현석, "근시성 난시안에서 구면 RGP 콘택트렌즈의 난시교정 효과", *한국안광학회지*, 8(2):85-89(2003).
- [6] 김재민, 김수현, "구면 및 비구면 디자인 RGP 콘택트렌즈의 선호도와 경험적 피팅 성공률 비교", *한국안광학회지*, 13(2):9-16(2008).
- [7] Ruston D. M., "The challenge of fitting astigmatic eyes: rigid gas-permeable toric lenses", *Contact Lens and Anterior Eye*, (supplement), 22:S2-S13(1999).
- [8] Bennett E. S. and Weissman B. A., "Clinical contact lens practice", Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, pp. 131-142(2005).
- [9] Efron N., "Contact lens practice", Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 207-211(2002).
- [10] Thibos L. N., Wheeler W., and Horner D. G., "Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error", *Optom. Vis. Sci.*, 74(6):367-375(1997).
- [11] Miller J., "Clinical applications of power vectors", *Optom. Vis. Sci.*, 86(6):599-602(2009).
- [12] Harris W., "Power vectors versus power matrices, and the mathematical nature of dioptric power", *Optom. Vis. Sci.*, 84(11):1060-1063(2007).
- [13] Long W. F., "Lens power matrices and the sum of equivalent spheres", *Optom. Vis. Sci.*, 68(10):821-822(1991).
- [14] Harris, W. F., "Astigmatism", *Ophthal. Physiol. Opt.*, 20(1):11-30(2000).
- [15] Hom M. M., "Manual of contact lens prescribing and fitting with CD-ROM", 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, Boston, USA, pp. 84-85(2000).
- [16] Lindsay R. G., Bruce A. S., Brennan N. A., and Pianta M. J., "Determining axis misalignment and power errors of toric soft lenses", *Int. Contact Lens Clin.*, 24:101-107(1997).
- [17] Qazi M. A., Cua I. Y., Roberts C. J., and Pepose J. S., "Determining corneal power using Orbscan II videokeratography for intraocular lens calculation after excimer

- laser surgery for myopia”, *J. Cataract Refract Surg.*, 33(1):21-30(2007).
- [18] Bland J. M. and Atman D. G., “Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement”, *Lancet*, 1:307-310(1986).
- [19] Hom M. M., “Manual of contact lens prescribing and fitting with CD-ROM”, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, Boston, USA, pp. 143-144(2000).
- [20] 유종숙, 유동식, 한경애, 김세진, 위성현, “한국인의 20대에서 각막난시에 의한 전난시량의 예측”, *한국안광학회지*, 13(4):151-154(2008).
- [21] Keller P. R., Collins M. J., Carney L. G., Davis B. A., and van Saarloos P. P., “The relation between corneal and total astigmatism”, *Optom. Vis. Sci.*, 73(2):86-91(1996).
- [22] Strang, N. C., Gray L. S., Winn B., and Pugh J. R., “Clinical evaluation of infrared autorefractors for use in contact lens over-refraction”, *Cont. Lens Anterior Eye*, 20(4):137-142(1997).
- [23] Lin M. C. and Snyder C., “Flexure and residual astigmatism with RGP lenses of low, medium, and high oxygen permeability”, *Int. Contact Lens Clin.*, 26:5-9(1999).
- [24] Snyder C., “Evaluation of high-cylinder toric soft contact lenses”, *Int. Contact Lens Clin.*, 24:160-165(1997).
- [25] Bruton, A., Conway, J. H., and Holgate, S. T., “Reliability: What is it and how is it measured?”, *Physiotherapy*, 86(2):94-99(2000).
- [26] Jorge J., Queirs A., Almeida J. B., and Parafita M. A., “Retinoscopy/autorefractometry: which is the best starting point for a noncycloplegic refraction?”, *Optom. Vis. Sci.*, 82(1):64-68(2005).
- [27] Anderson D. M., “Perfect football fit”, *Optometric Management*, February(2009).

## Predicting Powers of Spherical Rigid Gas-permeable Lenses Prescription

Dong-Sik Yu and Jong-Sook Yoo

Department of Visual Optics, Kyungwoon University

(Received July 19, 2010: Revised September 14, 2010: Accepted September 18, 2010)

**Purpose:** Usefulness in predicting the power of spherical rigid gas-permeable (RGP) lenses prescription using dioptric power matrices and arithmetic calculations was evaluated in this study. **Methods:** Noncycloplegic refractive errors and over-refractions were performed on 110 eyes of 55 subjects (36 males and 19 females, aged  $24.60 \pm 1.55$  years) in twenties objectively with an auto-refractometer (with keratometer) and subjectively. Tear lenses were calculated from keratometric readings and base curves of RGP lenses, and the power of RGP lenses were computed by a dioptric power matrix and an arithmetic calculation from the manifest refraction and the tear lens, and were compared with those by over-refractions in terms of spherical (Sph), spherical equivalent (SE) and astigmatic power. **Results:** The mean difference (MD) and 95% limits of agreement ( $LOA = MD \pm 1.96SD$ ) were better for SE (0.26D,  $0.26 \pm 0.70D$ ) than for Sph (0.61D,  $0.61 \pm 0.86D$ ). The mean difference and agreement of the cylindrical power between matrix and arithmetic calculation ( $-0.13D$ ,  $-0.13 \pm 0.53D$ ) were better than between the others ( $-0.24D$ ,  $-0.24 \pm 0.84D$  between matrix and over-refraction;  $-0.12D$ ,  $-0.12 \pm 1.00D$  between arithmetic calculation and over-refraction). The fitness of spherical RGP lenses were 54.5% for matrix, 66.4% for arithmetic calculation and 91.8% for over-refraction. Arithmetic calculation was close to the over-refraction. **Conclusions:** In predicting indications and powers of spherical RGP lens fitting, although there are the differences of axis between total (spectacle) astigmatism and corneal astigmatism, Spherical equivalent using an arithmetic calculation provides a more useful application than using a dioptric power matrix.

**Key words:** Rigid gas-permeable lens, Dioptric power matrix, Arithmetic calculation, Over-refraction, Astigmatism