

## 4가지 각막곡률측정 시스템을 이용한 굴절교정수술 후 인공수정체도수계산법 비교

이우석 · 문상정 · 이경현 · 이동준

성모안과병원

**목적:** 자동각막곡률계, Orbscan II®, Pentacam®, IOL master®의 4가지 시스템을 이용하여 굴절교정수술을 받았던 환자의 각막곡률값을 구한 후 여러가지 인공수정체 도수계산법에 적용하여 가장 적합한 방법을 알아보았다.

**대상과 방법:** 새로운 각막곡률치 측정 방법인 SMK (Sungmo eye hospital keratometry)를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체의 값과 비교하였다. 또한 LASIK 수술 전의 각막곡률값과 굴절력을 알고 있는 환자를 대상으로 각막곡률산출법으로 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 4가지 시스템을 이용하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값을 비교하였다.

**결과:** SMK와 SRK/T 공식의 조합은 이상적인 인공수정체의 값과 비교하여 63.8%에서  $\pm 0.5$  diopter 범주에 있었으며, 90.9%에서  $\pm 1.0$  diopter 범주에 속하였다. SMK와 SRK/T 공식의 인공수정체 도수 예측 값은 각막곡률산출법으로 구한 값보다  $1.95 \pm 0.86$  diopter 높았으나, Haigis-L 공식이나 True net power (TNP)를 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 통계학적 차이를 보이지 않았다.

**결론:** 굴절교정수술 후 인공수정체 도수 계산시 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 사용하는 것이 예측오차가 가장 적었으며, Haigis-L 공식이나 TNP를 Haigis 공식에 대입한 경우도 비교적 정확한 인공수정체 도수를 얻을 수 있는 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2013;54(12):1810-1817〉

최근 각막굴절교정수술이 보편화 되어 많은 사람에서 시행되고 있다. 수술을 받았던 사람들이 연령이 증가함에 따라 백내장이 발생하여 수술을 필요로 하는 경우가 많아지고 있으며 그 수는 지속적으로 늘어날 것으로 예상되므로 굴절교정술을 받은 환자의 정확한 인공수정체도수계산법이 필요하다.

Laser in situ keratomileusis (LASIK)이나 Photorefractive keratectomy (PRK)를 비롯한 여러 굴절교정수술을 시행했던 환자에서 백내장이 발생한 경우에 인공수정체 도수계산을 할 때 굴절교정수술로 인한 각막표면의 변화로 자동각막곡률계로 측정된 각막곡률치(K)를 이용하면 술 후 원시가 된다는 것은 잘 알려졌다.<sup>1-6</sup> 따라서 부정확한 각막곡률을 보정하여 인공수정체 도수계산을 보다 정확하게 하기

위하여 여러가지 방법들이 사용되고 있다. 각막곡률산출법 (clinical history method),<sup>7</sup> 술전굴절력보정법(Feiz-Mannis method),<sup>8,9</sup> 변형 Maloney 방법(modified Maloney method)<sup>10-13</sup> 등은 모두 굴절교정수술을 시행하기 전의 굴절력, 각막곡률값 등을 필요로 한다. 하지만 굴절교정수술과 백내장수술 사이의 기간이 상당히 길어 굴절력, 각막곡률값 등을 알 수 없는 경우가 있다. 또한 백내장에 의한 근시 변화가 있는 경우<sup>14</sup> 정확성이 떨어진다는 단점이 있다. 경성콘택트렌즈법(hard contact lens method),<sup>15,16</sup> 각막형태검사법(topographic method)<sup>17</sup>은 굴절교정수술 전의 굴절력, 각막곡률값을 알 수 없는 경우에 사용되고 있으며, 경성콘택트렌즈법의 경우에는 백내장으로 인하여 오차가 있을 수 있고, 콘택트렌즈에 의한 교정시력이 20/80은 되어야 하는 단점이 있으며, 경성콘택트렌즈 후면과 각막의 전면 사이의 눈물막의 영향에 의해 각막곡률값이 다르게 측정되어 근시성 변화를 보일 수 있다.<sup>18</sup>

이에 본 연구는 굴절교정수술 전의 정보가 없고 백내장이 심하여 현성굴절검사가 불가능하거나 정확성이 떨어지는 경우에 정확한 인공수정체 도수계산을 위하여 본원에서 기존에 보고한 굴절교정수술 후 인공수정체도수계산을 위한 각막곡률치 측정방법<sup>19</sup>을 보완하고 더 많은 환자를 대상

■ Received: 2013. 7. 19.      ■ Revised: 2013. 10. 7.

■ Accepted: 2013. 11. 20.

■ Address reprint requests to Dong Jun Lee, MD

Sungmo Eye Hospital, #409-1 Haeundae-ro, Haeundae-gu,  
Busan 612-823, Korea

Tel: 82-51-743-0775, Fax: 82-51-743-0776

E-mail: hanwave2@gmail.com

\* This study was presented as a narration at the Symposium of American Society of Cataract and Refractive Surgery, April 9-14, 2010, Boston, MA.

으로 하였다. 각막전면과 후면에서 각막전면의 각막곡률치는 자동각막곡률계(Topcon Corp., Tokyo, Japan)로 구한 값과 Orbscan II® (Bausch & Lomb, NY, USA)을 이용하여 구한 값 중에서 높은 값을, 각막후면의 각막곡률치는 Orbscan II®을 이용하여 구한 값을 이용하여 새로이 측정된 각막곡률치(SMK)를 SRK/T 공식에 적용함으로써 백내장 수술 후 굴절오차를 줄이고자 하였다.

## 대상과 방법

### 1. 굴절교정수술을 받은 과거력이 있는 환자에서 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체의 값과 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 비교

2008년 1월부터 2010년까지 7월 사이에 본원안과에서, 굴절교정수술을 받은 후 백내장 수술을 시행한 22명 22안을 대상으로 하였고, 8안은 PRK를 14안은 LASIK을 시행하였다. LASIK 수술을 받은 14안은 모두 펄초레이저인 IntraLaseTM (60 kHz) FS laser (IntraLase Corp., California, USA)를 이용하여 절편을 만들었으며, 22안 모두에서 VISX S4 IR excimer laser (Abbott Medical Optics)를 이용하여 수술을 진행하였다.

본원에서는 2003년부터 굴절교정수술을 받은 후 백내장 수술이 필요한 경우에 자동각막곡률계와 Orbscan II®를 이용하여, Gaussian optic formula를 기초로 계산된 새로운 각막곡률반경을 SRK/T 공식에 대입하여 나온 결과를 이용하고 있다. Orbscan II®의 원리도 굴절교정술 후에 변형된 각막의 중심부 3 mm 지역까지의 가장 적합한 구(best fit sphere)를 설정함으로써 각막곡률 반경을 구하였다. 이전의 각막곡률치를 구하는 방식은 각막전면의 곡률반경만을 계산하여 각막전면과 후면을 대표하는 하나의 유효굴절지

수를 이용하는 것이었으나, 본 연구에서는 전면의 곡률반경과 후면의 곡률반경을 구하고 각각에 대하여 유효굴절지수(effective refractive index; N)를 적용시켜 나온 각막곡률치를 더하는 것이다. 곡률반경(r)에서 각막 곡률치(K)로 변환시, 각막전면의 각막곡률치(Kant)는 각막의 유효굴절지수(Nc=1.376)와 공기의 유효굴절지수(Na=1)의 차이를 각막전면의 곡률반경(r1)으로 나눈 값으로, 각막후면의 각막곡률치(Kpost)는 방수의 유효굴절지수(Naq=1.336)와 각막의 유효굴절지수(Nc)의 차이를 각막후면의 곡률반경(r2)으로 나눈 값으로 하였다.

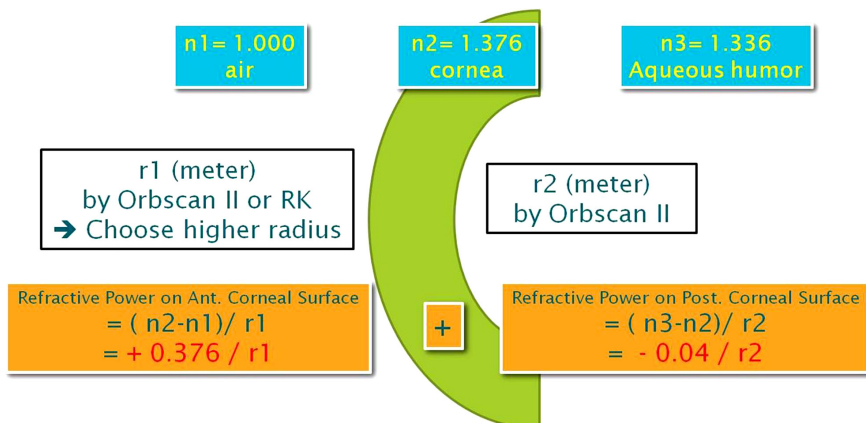
$$Kant = (Nc - Na) / r1, Kpost = (Naq - Nc) / r2$$

$$SMK = Kant + Kpost$$

각막전면의 각막곡률치는 자동각막곡률계와 Orbscan II®의 BFS (best fit sphere) mode를 이용하여 각각 구한 곡률반경 중 더 큰 값을 적용하고, 각막후면의 각막곡률치는 Orbscan II®의 BFS mode를 사용하여 구한 곡률반경을 위식에 적용하였다.

자동각막곡률계와 Orbscan II®를 이용하여 측정한 각막전면의 각막곡률치(Kant)와 Orbscan II®을 이용하여 측정한 각막후면의 각막곡률치(Kpost)의 합을 SMK (Sungmo eye hospital keratometry)로 정의하였다(Fig. 1). 그리고 SRK/T 공식에 대입하여 인공수정체 도수를 구하였다.

백내장 수술 2개월 후 구한 이상적인 인공수정체의 도수와 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 비교 분석하였다. 인공수정체 산출공식적용시 Hoffer Q, Holladay, SRK/T 같은 이론적인 공식이 SRK-II 같은 경험적인 공식보다 안축장 길이나 각막곡률의 크고 작음에 영향을 덜 받기 때문에 본 연구에서는 SRK/T 공식을 이용하였다.<sup>20</sup>



**Figure 1.** The SMK calculation based on Gaussian optic formula. This method calculates anterior corneal power and posterior corneal power, respectively and the final keratometry value is the sum of each other. Anterior corneal radius is measured by RK and orbscan. Posterior radius is measured by Orbscan. Anterior and posterior radius is measured on 3 mm in best fit sphere.

## 2. 굴절교정수술을 받은 과거력이 있는 환자에서 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체의 값과 4가지 각막곡률측정 시스템으로부터 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 비교

굴절교정수술을 받은 후 백내장 수술을 시행한 22안의 의무기록을 바탕으로 자동각막곡률계, Orbscan II®, Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany), IOL Master (Carl Zeiss Meditec, Dublin, USA)의 4가지 각막곡률측정 시스템으로부터 구한 각막곡률값들을 SRK/T 공식, Haigis 공식, 그리고 Haigis-L 공식에 대입하여 인공수정체 도수의 예측 값과 술 후 결과를 바탕으로 계산된 이상적인 인공수정체의 도수와 비교하였다. 각막전면의 각막곡률치는 자동각막굴절계와 Orbscan II®를 이용하였고, 각막후면의 각막곡률치는 Orbscan II®과 Pentacam을 사용하였다. 또한 Orbscan II®을 이용하여 total optical power (TOP), Pentacam을 이용하여 true net corneal power (TNP)를 구하여 적용하였다.

## 3. 각막굴절교정수술전의 정보가 있는 환자에서 각막 곡률산출법과 4가지 각막곡률측정 시스템으로부터 구한 인공수정체 도수의 예측 값 비교

LASIK 수술 전의 각막곡률값과 굴절력에 대한 정보가 있고, 백내장이 없는 정상인 젊은 32명 64안을 대상으로 각막곡률산출법으로 구한 각막곡률값과 SMK로 측정된 각막곡률값, TNP로 측정된 각막곡률값을 비교하였다. TNP로 측정된 각막곡률값, 각막전면은 Orbscan II®, 각막후면은 Pentacam®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Orbscan II®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Pentacam®로 구한 각막곡률값, SMK로 측정된 각막곡률값을 SRK/T 공식과 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값, IOL Master의 Haigis-L 공식에 적용 후 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 비교하였다.

자료의 분석은 SPSS v 12.0 (SPSS INC., Chicago, USA)을 이용하여 Wilcoxon signed rank test 또는 paired *t*-test를 시행하였으며, 유의수준은 0.05 미만의 *p*값을 나타내는 경우로 하였다.

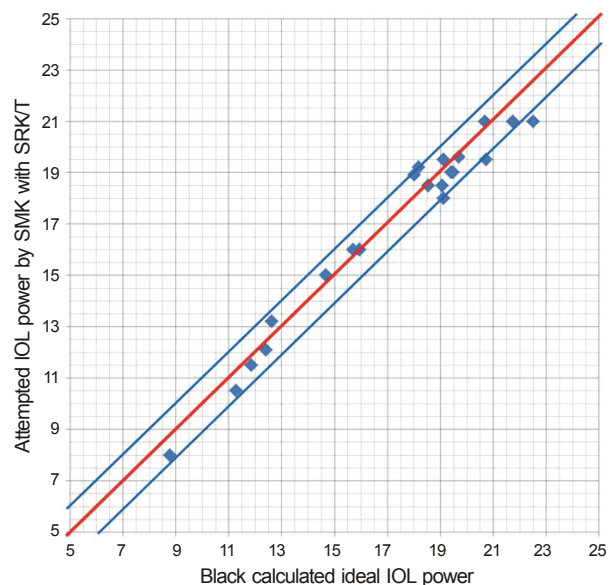
## 결 과

### 1. 굴절교정수술을 받은 과거력이 있는 환자에서 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체의 값과 SMK를 SRK/T공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 비교

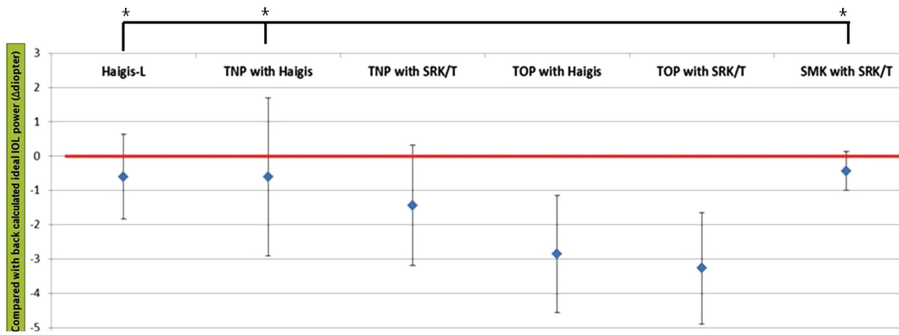
대상 환자 22명 22안의 평균 연령은  $49.25 \pm 7.26$ 세였고, 남자 11명(50%), 여자 11명(50%)이었다. SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 63.8% (14/22)에서 이상적인 인공수정체의 값의  $\pm 0.5$  D 범주에 있었으며, 90.9%에서  $\pm 1.0$  D (20/22) 범주에 속하였다 (Fig. 2).

### 2. 굴절교정수술을 받은 과거력이 있는 환자에서 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체의 값과 4가지 각막곡률측정 시스템으로부터 구한 인공수정체 도수의 예측 값의 비교

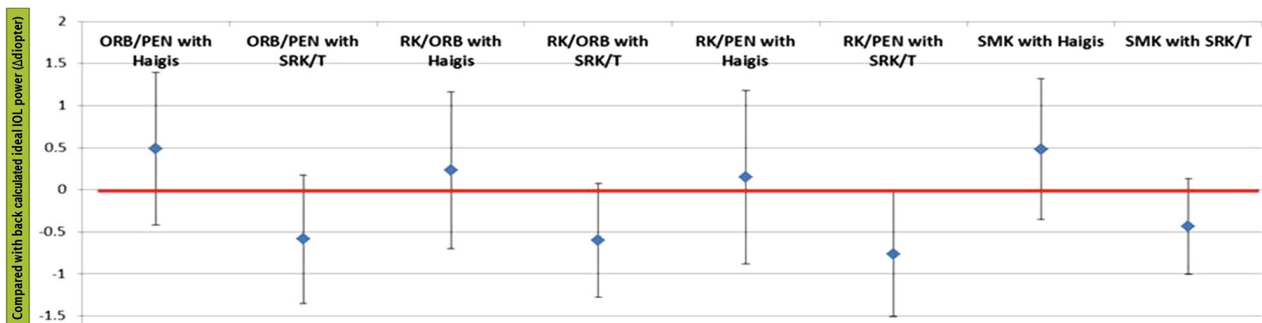
IOL master의 Haigis L 공식과 Pentacam의 TNP와 Haigis 공식으로부터 나온 결과는 SMK와 SRK/T 공식의 결과와 통계학적인 차이를 보이지 않았으며, 수술 후 결과



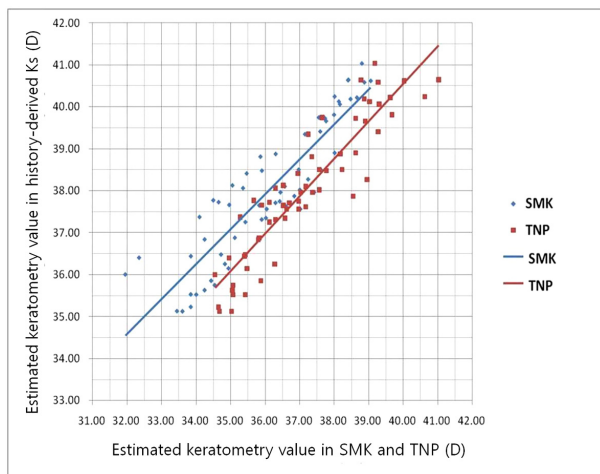
**Figure 2.** Clinical Result of SMK with SRK/T formula. From 2008, there are 22 patients who have received cataract surgery after LASIK or PRK. We compared retrograde calculated ideal IOL power after cataract surgery with attempted IOL power by SMK with SRK/T formula. As a result, 63.6% patients have difference within  $\pm 0.5$  diopter and 90.9% within  $\pm 1.0$  diopter. The blue line shows range of  $\pm 1.0$  diopter as a reference marker.



**Figure 3.** Comparison with a back calculated ideal IOL power. There were no statistically significant difference between Haigis-L, TNP (True net power from Pentacam) with Haigis formula, and SMK with SRK/T formula. TOP = total optical power map. \*  $p > 0.05$ .



**Figure 4.** Comparison with multiple keratometry values from variable devices. Anterior corneal curvature were measured by Orbscan II® (ORB) and autorefractometer (RK), and posterior curvature were measured by Orbscan II® (ORB) and Pentacam (PEN). SMK calculated with anterior curvature data from higher values of ORB or RK, and posterior curvature from ORB. Two IOL calculation formulas were used (Haigis formula and SRK/T formula), respectively. There were no statistically significant difference between multiple keratometry values with multiple formulas and SMK with SRK/T formula. TNP = true net power from Pentacam; ORB = Orbscan II®; PEN = Pentacam®; RK = refractive keratometry.



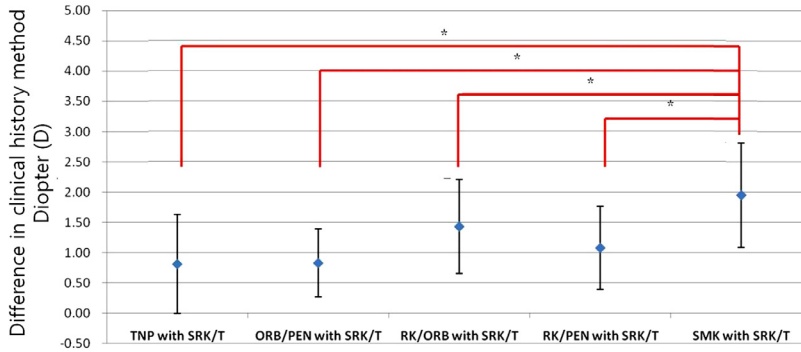
**Figure 5.** Comparison of estimated keratometry value (Ks) in the SMK, true net power (TNP) and history-derived Ks. Estimated Ks were statistically significantly different between SMK and TNP ( $p < 0.05$ ).

로부터 역으로 산출된 이상적인 인공수정체 도수와도 차이가 없었으나, Orbscan II®의 TOP를 이용한 결과는 이상적인 인공수정체 도수보다 낮게 측정되어 SMK와 SRK/T 공식의 결과와 유의한 차이를 보였다(Fig. 3). 또한 자동각막

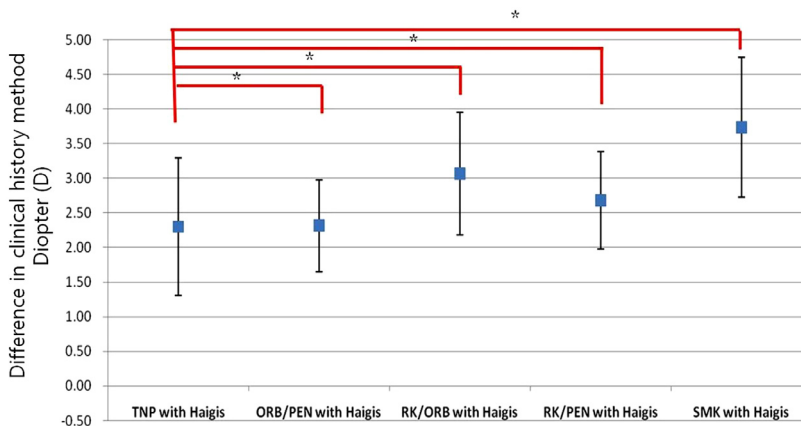
곡률계, Orbscan II®, Pentacam으로부터 산출된 각막 전/후면의 각막곡률값을 이용하여 Gaussian optic formula를 기초로 하여 계산된 값들을 SRK/T 공식, Haigis 공식에 대입한 결과들은 이상적인 인공수정체 도수와 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 4).

### 3. 각막굴절교정수술전의 정보가 있는 환자에서 각막 곡률산출법과 4가지 각막곡률측정 시스템으로부터 구한 인공수정체 도수의 예측 값 비교

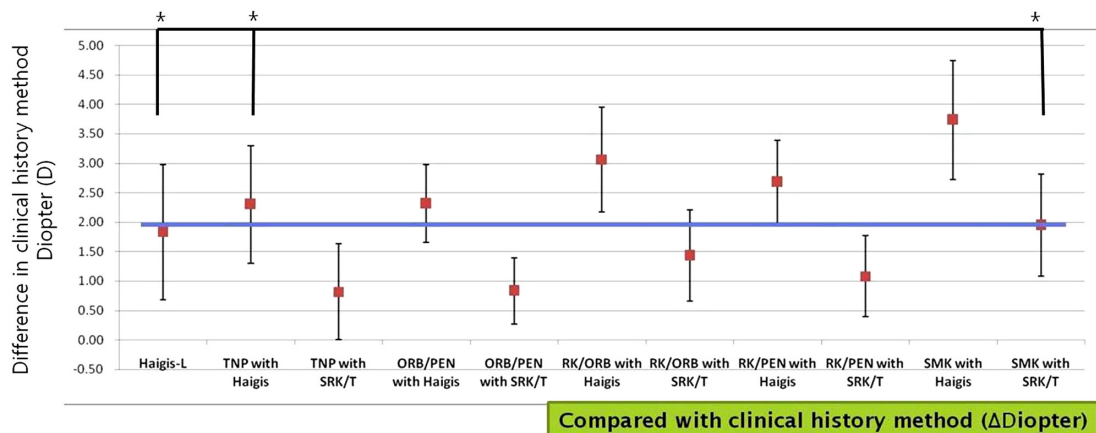
LASIK 수술을 받은 정상인 젊은 32명 64안을 대상으로 한 연구에서, 평균 연령은  $29.74 \pm 7.43$ 세였고, 남자 14명 (43.75%), 여자 18명(56.25)이었다. 각막곡률산출법(Clinical History Method)으로 구한 각막곡률값과 비교시 SMK로 측정된 각막곡률값은 TNP로 측정된 각막곡률값 보다 낮게 측정되었으며 통계학적 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Fig. 5). TNP로 측정된 각막곡률값, 각막전면은 Orbscan II®, 각막 후면은 Pentacam®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Orbscan II®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Pentacam®로 구한



**Figure 6.** Compared with clinical history method in SRK/T formula. Target IOL power calculated with SRK/T formula using variable keratometry value. Target IOL power has statistically significantly different compared with SMK with SRK/T. TNP = true net power from Pentacam; ORB = Orbscan II®; PEN = Pentacam®; RK = refractive keratometry. \*  $p < 0.05$ .



**Figure 7.** Compared with clinical history method in Haigis Formula. Target IOL power calculated with Haigis formula using variable keratometry value. Target IOL power have statistically significantly different compared with TNP with Haigis. \*  $p < 0.05$ .



Compared with clinical history method ( $\Delta$ Diopter)

**Figure 8.** In comparison with a clinical history method. 64 eyes of 32 patients who received only LASIK have been evaluated. Compared with target IOL power calculated with the clinical history method, target IOL power by SMK with SRK/T formula was different by  $1.95 \pm 0.86$  D. Blue line shows similar results of Haigis-L, TNP with Haigis and SMK with SRK/T which was not statistically significantly different from each other. \*  $p > 0.05$ .

각막곡률값을 각각 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 예측 값은 SMK로 측정된 각막곡률값을 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 예측 값과 모두 통계학적 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Fig. 6). 각막전면은 Orbscan II®, 각막후면은 Pentacam®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Orbscan II®로 구한 각막곡률값, 각막전면은 자동각막곡률계, 각막후면은 Pentacam®로 구한

각막곡률값, SMK로 측정된 각막곡률값을 각각 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 예측 값은 TNP로 측정된 각막곡률값을 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 예측 값과 모두 통계학적 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Fig. 7). SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값은 Pentacam의 TNP를 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 IOL Master의 Haigis-L



공식에 의한 인공수정체 도수의 예측 값과 통계학적 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 다만, 각막곡률산출법으로 구한 인공수정체 도수의 예측 값은 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값 보다  $1.95 \pm 0.86$  D 낮았다(Fig. 8).

## 고 찰

각막굴절교정수술 후 인공수정체 도수계산에서 크게 각막곡률측정의 오차(error of Curvature measurement), 굴절지수에 의한 오차(incorrect refractive index), 그리고 공식의 오차로 인한 인공수정체의 예상 위치 오차(incorrect estimation of effective lens position)의 3가지로 크게 나눌 수 있다.<sup>21</sup> 각막곡률측정의 오차는 굴절교정수술을 받은 후 자동각막굴절계의 측정치를 이용할 때 각막주변부를 측정하게 되는데 이 영역은 각막의 굴절교정수술 후 평평해진 중심부보다 가파르기 때문에 높은 굴절력을 가진 것처럼 측정되어 부정확할 수 있다는 것이다. 두 번째는 현재 사용되는 있는 자동각막곡률계의 원리는 Gullstrand의 모형안(Gullstrand's eye model)의 기초하에 각막의 전면과 후면을 대표하는 하나의 유효굴절지수  $n=1.3375$  (standardized keratometric index)를 가정하고, 각막전면의 곡률반경을 측정하여  $K(D)=n-1/r$  ( $n$ : effective refractive index,  $r$ : radius of corneal curvature)로부터 각막곡률치( $K$ )를 구하는 것이다.<sup>22,23</sup> 그러나 굴절교정수술 후에는 각막전면의 곡률반경이 증가하고 각막전면과 후면의 거리가 줄어들며 각막후면의 변화도 있기 때문에 단순히 각막전면의 곡률반경으로부터 각막곡률치를 산출하는 방법은 부정확해질 수 있다. 세 번째는 인공수정체도수계산공식에서 굴절교정수술 후 전방의 깊이는 변하지 않았음에도 불구하고 작아진  $K$ 값에 따른 잘못된 인공수정체 예상 위치의 오차 때문에 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 굴절교정수술 후 백내장이 발생한 환자의 인공수정체 도수계산을 위한 여러 가지 방법들이 보고되었으며, 저자들은 Orbscan II®에서 Best Fit Sphere를 3 mm로 조절하여 측정한 각막전면과 각막후면의 곡률반경과 공기, 각막, 방수의 유효굴절지수를 이용하여 산출한 각막전면과 각막후면의 각막곡률값을 더하여 계산된 임의의 각막곡률값인 SMK값을 이용하였으며, 이미 2005년에 굴절교정수술을 받은 백내장 수술환자에서 SMK값을 이용하여 백내장 수술 2개월 후 역으로 구한 실제 각막곡률값과 비교에서 12안 모두 1 D 범위내의 차이를 보였다고 보고한 바 있다.<sup>19</sup> 이번 연구에서는 그 동안 보고된 다른 계산 방법 및 새로운 검사기계에서도 이러한 공식이 적

용 가능한 지에 대한 비교연구를 하고자 하였다.

자동각막곡률계, Orbscan II®, Pentacam®, IOL master®의 4가지 시스템 측정값이 모두 있는 굴절교정수술 후 백내장 수술을 받은 22안에서 SMK값을 SRK/T 공식에 대입하여 산출한 인공수정체 도수의 예측 값과 백내장 수술 후 계산된 이상적인 인공수정체 도수의 예측 값 비교에서, 14안(63.6%)에서  $\pm 0.5$  D 범주에 있었으며, 20안(90.9%)에서  $\pm 1.0$  D 범주에 속하는 것으로 나타나서, 굴절교정수술 후 인공수정체도수계산을 위한 방법으로 SMK + SRK/T 공식은 좋은 방법으로 생각한다. 또한, 다른 공식을 이용한 결과에서 Pentacam의 TNP를 Haigis 공식에 대입한 방법과 IOL Master의 Haigis-L 공식에 의한 인공수정체 도수의 예측 값과의 비교에서도 유사한 결과를 얻을 수 있었고, 자동각막곡률계, Orbscan II®뿐 아니라, 새롭게 각막후면 측정이 가능한 Pentacam을 포함한 측정값들을 이용하여 Gaussian optic formula를 기초로 하여 계산된 각막곡률값들을 SRK/T 공식, Haigis 공식에 대입한 결과들도 이상적인 인공수정체 도수값과 통계학적으로 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 실제 임상에서 사용 가능한 장비에 따라 계산방식을 적용 가능하다는 것으로 보여주고 있으나, 좀더 많은 수의 환자를 대상으로 한 결과를 확인하기 위해서 추가 연구를 진행하였다.

굴절교정수술전의 각막곡률치와 현성굴절검사결과에 대한 술전 정보가 있는 환자를 대상으로 한 두 번째 연구에서 과거의 굴절값을 기초로 계산된 각막곡률산출법으로 구한 인공수정체 도수의 예측 값은 SMK를 SRK/T 공식에 대입한 결과와 다소 차이를 보였으며 SMK를 SRK/T 공식에 대입한 결과가 각막곡률산출법으로 구한 인공수정체 도수의 예측 값보다  $1.95 \pm 0.86$  D 높게 측정되었다. 굴절교정수술전의 각막곡률치와 현성굴절검사결과가 있어야 하며, 굴절교정수술 전의 정보가 있다고 하더라도 백내장이 많이 진행되어 현성굴절검사가 불가능하거나, 백내장으로 인한 수정체의 굴절률변화(myopic shift)에 의해 현성굴절검사 결과가 부정확하다는 단점이 있는 각막곡률산출법으로 인공수정체 도수의 예측 값을 구하는 것 보다 실제 백내장 수술 결과를 기초로 하여 이상적인 인공수정체 도수 값과 가장 유사한 결과를 보인 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 인공수정체 도수의 예측 값을 구하는 것이 더 정확할 것으로 생각한다. 그리고 앞선 실제 백내장 수술환자를 대상으로 한 결과와 유사하게 굴절교정수술만 받은 환자를 대상으로 한 두 번째 연구에서도 SMK를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 예측 값과 IOL Master의 Haigis-L 공식에 의한 인공수정체 도수의 예측 값, Pentacam의 TNP mode를 이용하여 중심부 각막의 실제 굴절력을 측정하고, 이 값을 Haigis 공

식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값은 통계학적 차이를 보이지 않고 유사한 결과를 보였다( $p>0.05$ ).

다만, Kim et al<sup>24</sup>은 굴절교정수술을 받은 후 백내장 수술을 시행한 30안을 대상으로 Pentacam의 TNP를 SRK/T 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값과 백내장 수술 후 역으로 구한 이상적인 인공수정체 도수의 예측 값과 비교에서, 70%에서 이상적인 인공수정체의 값의  $\pm 0.5$  D 범주에 있었으며, 93%에서  $\pm 1.0$  D 범주에 속하였다고 보고하였으며, 이번 연구결과와 비교해 볼 때 TNP와 SRK/T 공식의 결과는 TNP와 Haigis 공식이나 SMK와 SRK/T 공식 또는 Haigis-L 공식의 결과와 약 1 D 정도의 원시성 차이를 보여 대상군을 추가하여 장기적인 연구가 더 필요할 것으로 생각한다.

Yun et al<sup>25</sup>은 굴절교정수술 전 자료가 없는 환자에서 Haigis-L 공식을 이용하면 비교적 정확한 인공수정체 도수를 얻을 수 있고, 절제 깊이가 작거나 굴절력의 변화가 작은 경우 각막곡률산출법보다는 Haigis-L 공식으로 측정한 인공수정체 도수를 사용하는 것이 수술 후 원시를 예방할 수 있다고 보고하였고, 이는 본 연구와 유사한 결과로 생각한다.

따라서 본 연구에서 굴절교정수술을 받은 후 백내장 수술이 필요한 경우 SMK와 SRK/T 공식을 이용하거나, Pentacam의 TNP를 Haigis 공식에 대입하여 구한 인공수정체 도수의 예측 값 또는, IOL Master의 Haigis-L 공식에 의한 인공수정체 도수의 예측 값을 사용하는 것이 보다 정확한 인공수정체 도수를 결정하는데 도움이 될 것으로 생각하며, 실제 임상 환경에서 사용 가능한 장비를 이용하여 계산된 결과들을 비교할 수 있다면 더욱 정확한 수술결과를 예측할 수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- Holladay JT. Cataract surgery in patients with previous keratorefractive surgery. *Ophthalmic Practice* 1997;15:238-44.
- Doh HJ, Sah WJ, Myoung YW, et al. Accuracy of intraocular lens power in cataract patients underwent excimer laser PRK. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:2145-51.
- Kalski RS, Danjoux JP, Fraenkel GE, et al. Intraocular lens power calculation for cataract surgery after photorefractive keratectomy for high myopia. *J Refract Surg* 1997;13:362-6.
- Gimbel HV, Sun R. Accuracy and predictability of intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:571-6.
- Siganos DS, Pallikaris IG, Lambropoulos JE, Koufala CJ. Keratometric readings after photorefractive keratectomy are unreliable for calculating IOL power. *J Refract Surg* 1996;12:S278-9.
- Seitz B, Langenbucher A, Nguyen NX, et al. Underestimation of intraocular lens power for cataract surgery after myopic photorefractive keratectomy. *Ophthalmology* 1999;106:693-702.
- Holladay JT. Consultations in refractive surgery. *J Refract Corneal Surg* 1989;5:202-3.
- Feiz V, Mannis MJ, Garcia-Ferrer F, et al. Intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis for myopia and hyperopia: a standardized approach. *Cornea* 2001;20:792-7.
- Moon SH, Kwon KL, Kee C. Intraocular lens power calculation in cataract surgery after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:60-6.
- Seitz B, Langenbucher A. Intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *J Refract Surg* 2000;16:349-61.
- Smith RJ, Chan WK, Maloney RK. The prediction of surgically induced refractive change from corneal topography. *Am J Ophthalmol* 1998;125:44-53.
- Wang L, Booth MA, Koch DD. Comparison of intraocular lens power calculation methods in eyes that have undergone LASIK. *Ophthalmology* 2004;111:1825-31.
- Kim JH, Lee Do, Joo CK. Measuring corneal power for intraocular lens power calculation after refractive surgery. Comparison of methods. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1932-8.
- Latkany RA, Chokshi AR, Speaker MG, et al. Intraocular lens calculations after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:562-70.
- Ridley F. Development in contact lens theory-moulding, computation, and veiling. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1948;68:385-401.
- Han JW, Kim JH, Joo CK. Comparison for the measuring methods of intraocular lens power to calculate for eyes after LASIK. *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:2191-7.
- Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation for eyes after refractive keratotomy. *J Refract Surg* 1995;11:490-3.
- Cairns G, McGhee CN. Orbscan computerized topography: attributes, applications, and limitations. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:205-20.
- Kang JH, Park JJ, Lee KH. A new method for measuring corneal refractive power after refractive surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:859-64.
- Olsen T, Thim K, Corydon L. Accuracy of the newer generation intraocular lens power calculation formulas in long and short eyes. *J Cataract Refract Surg* 1991;17:187-93.
- Lee MO, Chung TY, Chung ES, Kee CW. Comparison of intraocular lens power calculation methods for cataract surgery after refractive surgery: A retrospective surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:180-7.
- Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1986;70:152-4.
- Mandell RB. Corneal power correction factor for photorefractive keratectomy. *J Refract Corneal Surg* 1994;10:125-8.
- Kim SW, Kim EK, Cho BJ, et al. Use of the pentacam true net corneal power for intraocular lens calculation in eyes after refractive corneal surgery. *J Refract Surg* 2009;25:285-9.
- Yun YJ, Kwag JY, Choi SH. Intraocular lens power calculation using Haigis-L method after corneal refractive surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:664-9.

**=ABSTRACT=**

## Comparison of Four Systems of IOL Calculation after Keratorefractive Surgery in Eyes Requiring Cataract Surgery

Woo Seok Lee, MD, Sang Jeong Moon, MD, Kyung Heon Lee, MD, Dong Jun Lee, MD

*Sungmo Eye Hospital, Busan, Korea*

**Purpose:** To report the evaluation and comparison of true corneal power after corneal refractive surgery through ARK, Orbscan II®, Pentacam and IOL master.

**Methods:** Target IOL (Intraocular lens) power calculated with the SRK/T formula using SMK (Sungmo Eye Hospital keratometry), which is a new method for measuring corneal refractive power, was compared with the back-calculated ideal IOL power after cataract surgery for 30 eyes that required cataract surgery and had previously undergone refractive surgery. Target IOL powers calculated using 4 systems were compared with IOL power calculated using the clinical history method for 64 eyes that had undergone refractive surgery.

**Results:** Using SMK with the SRK/T formula, the actual refraction was within  $\pm 0.5$  diopter (D) of the intended refraction for 63.8% of eyes and within  $\pm 1.0$  D for 90.9% of eyes. Compared with target IOL power calculated with the clinical history method, target IOL power calculated by SMK with the SRK/T formula had a difference of  $1.95 \pm 0.86$  D, which was similar to the results calculated by the Haigis-L formula and by TNP with Haigis.

**Conclusions:** The method of IOL calculation using SMK with the SRK/T formula showed the best predictability in patients after corneal refractive surgery. Comparatively accurate results were produced in IOL power calculations using the Haigis-L formula, and the TNP with Haigis method.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(12):1810-1817

**Key Words:** Corneal refractive power, IOL power calculation, Refractive surgery

---

Address reprint requests to **Dong Jun Lee, MD**

Sungmo Eye Hospital

#409-1 Haeundae-ro, Haeundae-gu, Busan 612-823, Korea

Tel: 82-51-743-0775, Fax: 82-51-743-0776, E-mail: hanwave2@gmail.com