

## 자동각막굴절계, IOL Master, 각막지형도의 각막굴절력 및 각막난시 측정의 비교 분석

한정모<sup>1,2</sup> · 최혁진<sup>1,2</sup> · 김미금<sup>1,2</sup> · 위원량<sup>1,2</sup> · 이진학<sup>1,3</sup>

서울대학교 의과대학 안과학교실<sup>1</sup>, 서울대학교병원 임상의학연구소 인공안구센터, 각막재생의학 안면역학 연구실<sup>2</sup>  
분당서울대학교병원 안과<sup>3</sup>

**목적:** 백내장 수술 시 난시인공수정체 난시 도수를 정확히 결정하기 위해, 각막의 굴절력 및 난시 측정의 각 검사 간 재현성 및 난시 예측오차를 비교 분석하고자 하였다.

**대상과 방법:** 192명 254안의 의무기록을 후향적으로 분석하여, 자동각막굴절계, IOL Master, 각막지형도 검사를 통한 각막 굴절력의 재현성을 평가하였으며, 난시축의 일치 정도 및 난시값의 비교, 술 후 구면렌즈 대응치와 예측 인공수정체도수와의 차이로 예측오차를 비교 분석하였다.

**결과:** 평균 각막굴절력은 각막지형도에서 높았고, 난시는 IOL Master로 측정 시 높게 측정되었다. 평균 각막굴절력의 평균 coefficients of variation은 자동각막굴절계가 0.19%로 가장 낮았고, 난시축의 차이는 1.5D 이상에서는 통계적으로 유의미하지 않았다. 예측오차는 IOL Master와 자동각막굴절계의 측정값을 이용한 경우가 각막지형도의 측정값을 이용한 경우보다 작았다.

**결론:** 굴절력의 재현성은 자동굴절검사와 IOL Master 측정값이 높았고, 난시는 IOL Master로 측정 시 높았고, 1.5D 이상 난시의 축 예측에는 각 검사가 일치하는 경향을 보였다.

〈대한안과학회지 2011;52(12):1427-1433〉

백내장 수술은 본래 가지고 있는 수정체를 제거하고 인공 수정체를 넣어주는 것이며, 수술 후 나안 시력의 향상을 위해서는 정확한 인공 수정체 삽입이 중요하다. 인공 수정체의 도수 예측을 위해서는 각막 굴절력과 안축장 길이가 필요하며, Haigis 공식에서는 전방 깊이도 필요하다. 최근 개발된 다초점 인공수정체 삽입을 계획하고 있다면 더욱 정확한 예측이 필요하며, 난시 교정 인공 수정체의 경우에는 각막 난시의 정확한 예측 또한 필요하다.<sup>1-3</sup>

각막 굴절력 측정을 위한 기기로 자동각막굴절계, IOL Master, 각막지형도가 있다. 자동각막굴절계는 각막 중심의 3.0 mm 부위의 점들을 측정하고, IOL Master는 각막 중심의 2.5 mm 부위의 6점을 측정하고, 각막지형도는 각막 전체에서 수천 개의 점을 통하여 각막 굴절력(Sim K)을 측정한다.<sup>4-6</sup>

이러한 차이로 인하여 각 측정된 값에는 차이가 있을 수 있으며, 특히 난시 렌즈를 넣고자 할 때에, 검사 간에 보여주는 난시값과 난시축의 오차는 술자가 난시 렌즈를 선택하는데 있어 결정을 어렵게 한다. 또한, 난시 정도가 심해서 난시가 부족 교정이 될 것으로 예측될 때, 이것을 보상하기 위해 인공수정체삽입 후 예측되는 구면 수차값을 어떤 것을 선택하느냐에 있어서도, 각 검사 간 예측 구면 수차값이 어떤 검사법에서 가장 오류가 적을지 궁금한 부분이 되겠다.

기존의 연구에서 각막 굴절력 측정에 자동각막굴절계, IOL Master, 각막지형도가 좋은 재현성을 보인다고 보고하였다.<sup>6-9</sup> 그러나 각막 난시의 정도에 따른 재현성 및 정확성에 대해서는 보고된 바가 없었다. 이에 저자 등은 백내장 수술 환자에서 autokeratometer와 IOL Master, 각막지형도의 각막 굴절력 측정의 재현성을 평가하였으며 각 검사 간 난시값 및 난시축의 일치도 정도를 평가하고자 하였다. 또한 각 검사 간의 통계적 차이가 유의미 하도록 대규모의 대상 환자수를 후향적으로 연구함으로써 연구의 신뢰도를 높여, 기존 연구와 비교하였다.

### 대상과 방법

■ 접수 일: 2011년 1월 10일 ■ 심사통과일: 2011년 6월 22일  
■ 게재허가일: 2011년 10월 12일

■ 책임저자: 김 미 금

서울시 종로구 연건동 28  
서울대학교병원 안과  
Tel: 02-2072-2438, Fax: 02-741-3187  
E-mail: kmk9@snu.ac.kr

\* 이 논문의 요지는 2010년 대한안과학회 제104회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

Institutional Review Board (IRB) 승인 후에 2009년 7

월부터 2010년 6월까지 서울대학교병원에서 백내장으로 1인의 술자에게 수정체 유화술 및 인공수정체 삽입술을 받은 환자 192명 254안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 외상, 혼탁, 심한 건성안으로 인한 각막 병변이 있는 환자와 수술 중 수정체낭 파열 등 합병증이 있던 경우는 제외하였다.

수술 전 자동각막굴절계(KR-7100, Topcon, Tokyo, Japan), IOL Master (IOL MASTER, Zeiss, Oberkochen, Germany), 각막지형도(Orb scan IIz, Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA) 검사를 통한 각막 굴절력 및 각막난시를 측정하였다. Topography 검사를 시행할 때 눈물막 파괴로 측정이 어려울 때에는 인공눈물을 점안한 후에 측정하였다. 인공눈물을 점안하고도 측정이 잘 되지 않아 데이터 결손이 있는 각막지형도는 제외하였다. 각 군내 재현성 확인을 위하여 자동각막굴절계는 61안에서, IOL Master는 22안에서, 각막지형도는 21안에서 반복 검사를 시행하였다. 난시축의 차이를 비교하기 위해서는 각 검사에서 가장 가까운 축의 차이를 비교하였으며, 이 값은 0도에서 90도까지 갖도록 하였다(Fig. 1). 각 군 간 난시축의 일치도 정도를 평가하기 위해, 전체 환자의 검사 간 차를 비교하였고, 실제 난시 교정용 인공수정체가 필요한 1.5D 이상의 난시 환자에서 각 검사 간 차를 추가 비교하였다. 이 경우 기준치 1.5D 값은 자동굴절각막계의 값을 선택하였다.

백내장술 후 1개월 경에 자동굴절계(KR-7100)를 통하여 굴절검사를 시행하였으며, 안축장이 23 mm 미만에서는 Hoffer Q로, 23 mm 이상에서는 SRK-T로 인공수정체 도수 예측치와 비교를 위하여, 실제 굴절값에서 예측값의 차를 구하였다. 자동각막굴절계와 각막지형도로 측정수치는 SRK-T 및 Hoffer Q 공식을 사용하고 인공수정체의 제조

사가 제공하는 A-constant를 통하여 계산하였으며, IOL Master로 측정 수치는 IOL Master에 내재된 프로그램을 통하여 계산하였다.

검사 간 평균 비교를 위하여 paired *t*-test와 student's *t*-test, 카이 검정을 시행하였다. 재현성 분석을 위하여 coefficients of variation과 pooled coefficients of variation<sup>10</sup>를 구한 후 generalized approximate *F*-test<sup>11</sup>를 시행하였다. 통계는 SPSS 17.0을 사용하였다.

$$\text{COEFFICIENT OF VARIATION} = \frac{\sigma}{|\mu|}$$

-  $\sigma$ : standard deviation

-  $\mu$ : mean

$$\text{POOLED COEFFICIENT OF VARIATION} =$$

$$\overline{CV} = \sqrt{\frac{\sum_i f(i) \times (CV(i))^2}{f}}$$

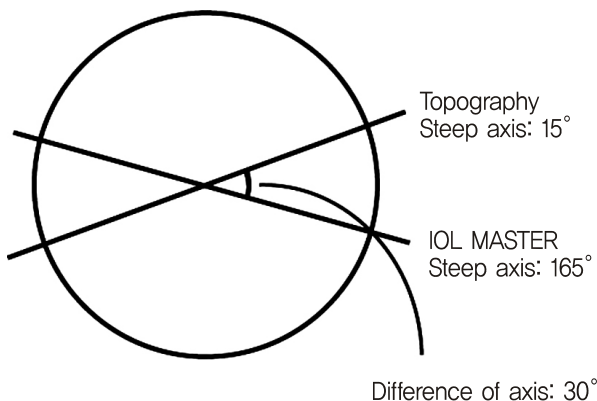
- *i*: 총 환자 수

- CV(*i*): *i*번째 환자의 측정치들의 CV값

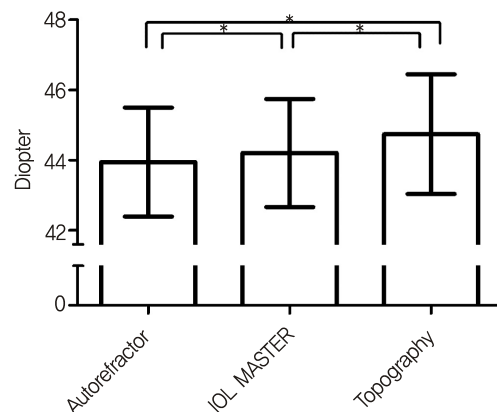
- F(*i*): *i*번째 환자의 측정치 개수 - 1

## 결 과

대상 환자는 192명이었으며, 남자가 78명(40.6%), 여자가 114명(59.4%)이었으며, 수술 시 연령은  $63.8 \pm 13.8$ 세이었다. 백내장 수술 시 사용한 인공수정체는 SN60WF (Alcon, Fort Worth, TX, USA) 169안, SA60AT (Alcon) 40안, AcrySof Toric (Alcon) 35안, AcrySof ReSTOR (Alcon) 5안, BioVue (OII, Ontario, CA, USA) 4안, Sensar AR40e



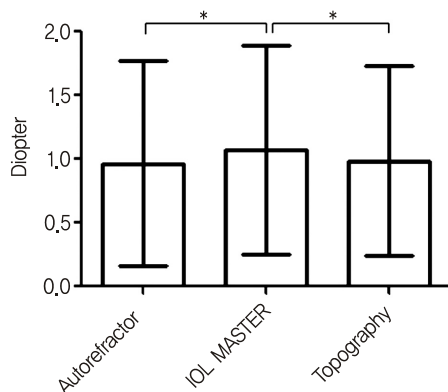
**Figure 1.** Difference of steep axis. For example, if the steep axis measured by topography is 15° and that measured by IOL Master is 165°, the difference of axis is 30°, neither 150° nor -30°.



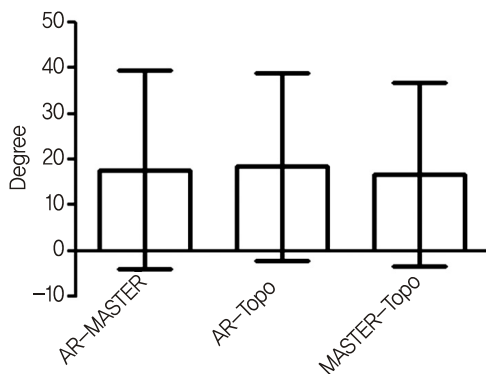
**Figure 2.** Difference between mean corneal refraction measured by autokeratometer, IOL Master, and topography. Note that these 3 values are significantly different ( $p < 0.001$ , paired *t*-test). \* $p < 0.05$ .

(Allergan, Irvine, CA, USA) 1안이었다. 평균 각막굴절력은 자동각막굴절계로 측정 시  $43.95 \pm 1.55D$ , IOL Master로 측정 시  $44.21 \pm 1.53D$ , 각막지형도로 측정시  $44.85 \pm 1.71D$ 이었고, 각막지형도>IOL MASTER>자동각막굴절계 순으로 높게 측정되었다( $p < 0.001$ , paired  $t$ -test) (Fig. 2).

각막 난시는 자동각막굴절계로 측정 시  $0.97 \pm 0.81D$ , IOL Master로 측정 시  $1.07 \pm 0.82D$ , 각막지형도로 측정시  $0.99 \pm 0.75D$ 이었고, IOL Master로 측정 시 자동각막굴절계 및 각막지형도보다 높게 측정되었다(각각  $p = 0.003$ ,  $p = 0.005$ , paired  $t$ -test) (Fig. 3). 각막 난시축을 비교하였을 때, 자동각막굴절계와 IOL Master를 비교 시에는  $17.65 \pm 21.61^\circ$ 의 차이를 보였으며, 각막 난시가 1.5D 이상에서는  $5.80 \pm 5.22^\circ$ 의 차이를 보였다. 자동각막굴절계와 각막지형도를 비교 시에는  $18.55 \pm 20.54^\circ$ 의 차이를 보였으며, 각막 난시가 1.5D 이상에서는  $6.00 \pm 5.41^\circ$ 의 차이를 보였



**Figure 3.** Difference between corneal astigmatism measured by autokeratometer, IOL Master, and topography. Note that astigmatism is measured more by IOL Master than autokeratometer and topography (respectively  $p = 0.003$ ,  $p = 0.005$ , paired  $t$ -test).  $p < 0.05$ .



**Figure 4.** Difference between steep axis. Note that there are no statistically difference ( $p > 0.05$ , student's  $t$ -test).

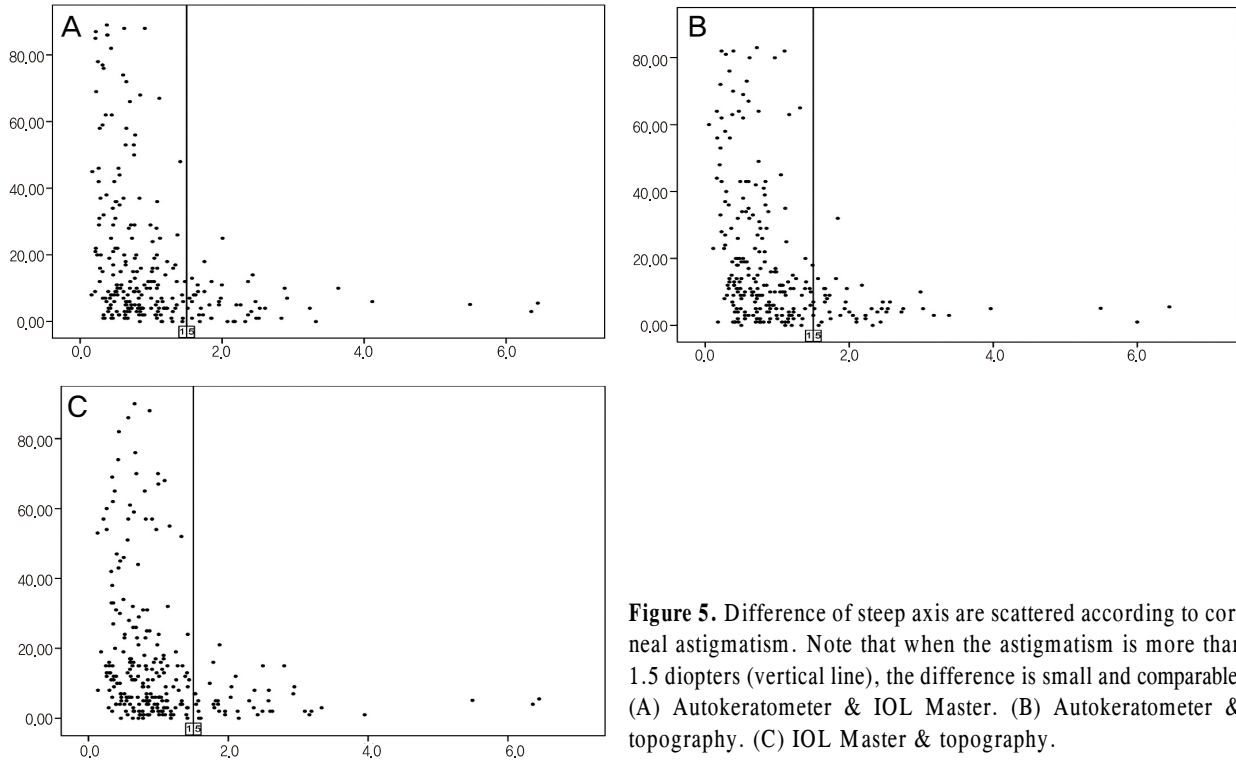
다. IOL Master와 각막지형도를 비교 시에는  $16.79 \pm 20.06^\circ$ 의 차이를 보였으며, 각막 난시가 1.5D 이상에서는  $5.29 \pm 4.80^\circ$ 의 차이를 보였다. 검사 간 난시축의 차이 정도는 통계적인 차이가 없었으며, 각막난시 1.5D 이상만을 비교하였을 때에도 통계적인 차이는 없었다( $p > 0.05$ , student's  $t$ -test) (Fig. 4). 각막 난시 정도에 따른 난시 축 차이를 비교하였을 때 각막 난시가 1.5D 이상에서 난시축 차이 정도가 크게 작아지는 것을 알 수 있었다(Fig. 5). 특히  $20^\circ$  이상의 차이를 보이는 경우가 각막 난시 1.5D 미만에서는 평균 29.7%인데 반하여, 1.5D 이상에서는 2.3% (1안) 이었고, 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.001$ , 카이 검정).

반복 측정을 통하여 재현성 분석을 하였으며, 평균 각막 굴절력의 평균 coefficients of variation은 자동각막굴절계는 0.19%, IOL Master는 0.29%, 각막지형도는 0.66%였으며, pooled coefficients of variation는 자동각막굴절계는 0.26%, IOL Master는 0.41%, 각막지형도는 0.83%로 모두 5% 미만으로 재현성이 아주 좋다고 볼 수 있었다. 재현성 비교를 위한 generalized approximate  $F$ -test로 비교 시 자동각막굴절계와 IOL Master의 비교 결과  $p$ -value가 0.997, 자동각막굴절계와 각막지형도의  $p$ -value가 1.000, IOL Master와 각막지형도의  $p$ -value가 0.999로 모두 유의수준 0.0167 (Bonferroni 방법으로 조정)하에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 반복 측정 시 난시축의 차이는 자동각막굴절계는  $7.22 \pm 9.39^\circ$ , IOL Master는  $15.9 \pm 19.1^\circ$ , 각막지형도는  $7.8 \pm 9.7^\circ$ 이었으며, 각막난시 1.5D 이상일 경우에는 각각  $2.8 \pm 2.4^\circ$ ,  $3.6 \pm 3.1^\circ$ ,  $6.4 \pm 10.4^\circ$ 였다. 각 검사 간 통계적 차이는 없었다( $p > 0.05$ , student's  $t$ -test). 난시축의 차이 정도를  $0-5^\circ$ ,  $6-10^\circ$ ,  $11-20^\circ$ ,  $20^\circ$  이상 비교 분석하였을 때 IOL Master에서  $11^\circ$  이상인 경우가 자동각막굴절계 및 각막지형도에 비해서 많았다( $p = 0.033$ , 카이 검정) (Fig. 6).

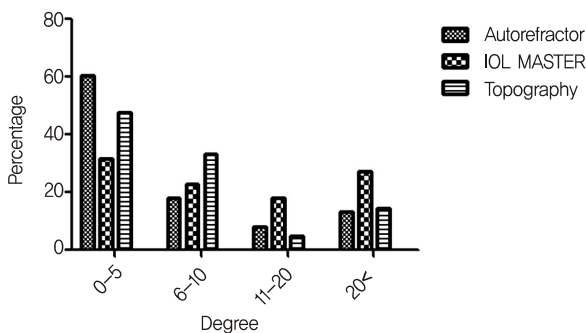
인공수정체 도수는 자동각막굴절계로 측정한 예측값과 실제 굴절값의 차이는  $0.20 \pm 0.53D$ 였으며, IOL Master는  $0.13 \pm 0.51D$ , 각막지형도는  $0.83 \pm 0.72D$ 였으며, 자동각막굴절계 및 IOL Master의 예측차가 각막지형도검사보다 정확하였으며(각각  $p < 0.001$ , paired  $t$ -test), 자동각막굴절계 및 IOL Master 간에는 통계적 차이가 없었다( $p = 0.152$ , paired  $t$ -test) (Fig. 7).

## 고 찰

본 연구는 난시렌즈의 난시값과 축을 결정하는 데 있어, 현재 많이 사용하고 있는 세 가지 검사법에 의한 난시값과 축의 차이가 있음을 발견하고, 술자가 난시 도수를 결정하



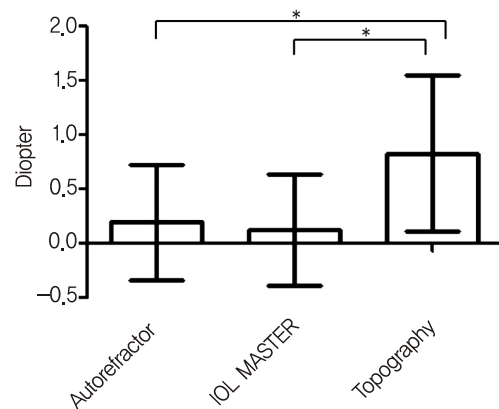
**Figure 5.** Difference of steep axis are scattered according to corneal astigmatism. Note that when the astigmatism is more than 1.5 diopters (vertical line), the difference is small and comparable. (A) Autokeratometer & IOL Master. (B) Autokeratometer & topography. (C) IOL Master & topography.



**Figure 6.** Difference of steep axis measured twice by the same method. Note that the group, greater than 11 degrees, are more common when measured by IOL Master ( $p = 0.033$ , chi-square).

는 데 어떤 검사법을 주로 볼 것인지 참조자료를 제공하기 위한 근거를 확보하고자 진행되었다. 이에 본 연구결과가 확인한 것은 굴절력의 재현성은 자동굴절검사와 IOL Master 측정값이 높았고, 난시값 자체는 IOL Master로 측정 시 높았고, 1.5D 이상의 난시는 축 예측에는 각 검사가 일치하는 경향을 보였다는 점이다.

Butcher and O'Brien<sup>7</sup>은 자동각막굴절계만을 대상으로 재현성이 좋음을 밝혔으며, Karabatsas et al<sup>8</sup>은 정상군 32안과 각막이식 후 각막 33안을 대상으로 conventional keratometer와 각막지형도를 측정한 논문에서 keratometer



**Figure 7.** Comparison of expected spherical error (actual refraction minus predicted refraction) of IOL calculation measured by autokeratometer, IOL Master, and topography. IOL prediction is more accurate measured by autokeratometer and IOL Master, than by topography (Autorefractometer vs. IOL Master  $p = 0.152$ , autorefractometer vs. topography  $p < 0.001$ , IOL Master vs. topography  $p < 0.001$ , paired  $t$ -test). \*  $p < 0.05$ .

가 각막지형도보다 재현성이 좋다고 하였다. 본 연구에서는, 평균 각막굴절력의 평균 coefficients of variation은 자동각막굴절계가 0.19%로 가장 낮았으며, IOL Master (0.29%), 각막지형도(0.66%) 순이었으나 통계적인 차이를 보이지는 않았다(generalized approximate  $F$ -test). Vongel et al<sup>12</sup>의 보고에서 IOL Master의 coefficients of variation를 0.17%로 보고하였으며, Shirayama et al<sup>13</sup>는 0.09%로 보고

하였으며, 본 연구에서도 비슷한 값을 보였다. Kawamorita et al<sup>14</sup>도 Orbscan II와 Pentacam의 재현성을 분석하였으나 본 연구와 같이 coefficients of variation를 제시하지는 않았다. 본 연구의 자료는 신뢰도 높은 대규모 연구를 통해 기존의 연구결과를 잘 지지하는 결과를 보여 주고 있다.

한편, 반복 측정에 따른 난시축의 차이를 분석한 것에서 1.5D 이상의 난시만을 대상으로 하였을 때, 자동각막굴절계는 2.8°, IOL Master는 3.6°, 각막지형도는 6.4°의 차이를 보였으나 통계적으로 유의미한 차이는 보이지 않았다. 세 검사 모두에서 비교적 재현성이 좋음을 알 수 있었으며, 특히 1.5D 이상의 난시를 대상으로 하였을 경우 재현성이 높음을 알 수 있었다. 반복 측정에 따른 평균 각막굴절력의 coefficients of variation에서는 통계적인 차이를 보이지 않았으나, 난시축의 차이 정도가 자동각막굴절계가 IOL Master에 비해 11°도 이하의 차이를 보이는 경우가 많아 난시 측면에서는 재현성이 우수하다고 할 수 있다. 또한, 이러한 점은 과거에는 난시 교정에 대한 관심이 적어서 많이 연구되지 않은 부분으로 최근 인공수정체를 이용 난시교정이 가능해지면서 주목받고 있는 부분으로 본 연구가 최초로 결과를 도출한 부분이라 하겠다. IOL Master의 경우에는 중심 2.5 mm의 점을 통하여 측정하고, 자동각막굴절계는 중심 3.0 mm의 점을 통하여 측정하기에 이러한 점이 각막 난시축의 오차에 영향을 미쳤을 것으로 생각한다.

한편, 평균 각막 굴절력의 평균값은 IOL Master (44.21D)가 자동각막굴절계(43.95D)보다 큰 값을 나타내었다. 기존의 보고에서도 IOL Master가 크게 측정되는 것으로 보고하였으며,<sup>15-17</sup> 그 이유로 정상 각막은 장형(prolate)으로 IOL Master가 보다 중심(center 2.5 mm) 부위를 측정하기에 이러한 차이를 보인다고 설명하였다.<sup>13</sup> 또한, 난시값도 IOL Master에서 가장 높게 측정되었는데, 저자의 임상경험상 난시인공수정체를 이용한 난시 교정이 부족교정되는 경향을 고려하면(unpublished data), 난시값을 선택할 때에 검사간 오차가 있다고 한다면 IOL Master에서 제시하는 값을 먼저 고려해 볼 수 있을 것으로 생각한다.

추가적으로, 평균 각막 굴절력의 차이에도 불구하고, 인공수정체 예측의 오차에서 차이를 보이지 않은 이유는 이미 잘 알려진 대로 초음파를 이용한 안구장축(axial length)의 측정과 IOL Master의 partial coherence interferometry를 이용한 안구장축의 측정이 차이가 있으며, 굴절력 간 차이와 이러한 장축 측정치의 차이를 보정한 A-constant의 응용이 두 공식 간 오차를 줄이는 데 기여를 한 것으로 생각한다.

난시렌즈를 결정함에 있어서는 난시값뿐 아니라 난시축도 매우 중요한 지표인데, 각 검사 간 난시축의 일치도를

분석하였을 경우, 난시축의 오차 정도가 17.65°, 18.55°, 16.79°로 세 검사 모두에서 비슷한 일치도를 보였다. 특히 1.5D 이상의 난시를 가지는 경우 이 오차 정도가 5.80°, 6.00°, 5.29°로 줄어들었으므로 검사 간 일치 정도가 증가함을 알 수 있었다. 특히 20° 이상의 차이를 보이는 경우가 각막 난시 1.5D 미만에서는 평균 29.7%인데 반하여, 1.5D 이상에서는 2.3% (1안)임을 고려할 때, 술자들이 각막 난시를 치료하기 위한 limbal relaxing incision이나 toric IOL을 고려하게 되는 1.5D 이상에서는 각 검사법 간에 난시축 오차가 적으므로 검사법 신뢰도가 비교적 높다 하겠다.

본 연구의 제한점 중 하나는 환자가 다양한 인공수정체를 이식받음으로써, 렌즈 특성에 따른 예측도의 차이를 보정할 수 없었다는 점이다. 그러나 본 연구의 주 목적은 검사 간 각막 굴절력값의 재현성과 난시값 및 난시축의 일치도를 알고자 함이며, 이는 본 연구를 통해 임상적으로 유용한 정보를 얻을 수 있었고, 이는 난시렌즈의 난시 도수 및 축을 결정하는 데 참조자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

결론적으로, 굴절력의 재현성은 자동굴절검사와 IOL Master 측정값이 높았고, 난시는 IOL Master로 측정 시 높았으며, 1.5D 이상의 난시는 축 예측에는 각 검사가 일치하는 경향을 보인다는 사실은 난시 교정용 인공수정체를 이용한 백내장 수술을 계획할 때에, 참조자료로 활용될 수 있다. 1.5D 이상의 난시를 보이는 환자에서 앞서 기술한 세 검사를 시행하였는데, 검사 간 불일치가 보인다면 난시축의 재현성은 자동각막굴절계와 각막지형도가 IOL Master에 비하여 높으므로 자동각막굴절계와 각막지형도의 난시축을 고려하는 것이 좋을 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- 1) Bellucci R. Multifocal intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2005;16:33-7.
- 2) Chang DF. Early rotational stability of the longer Staar toric intraocular lens: fifty consecutive cases. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:935-40.
- 3) Sanders DR, Gills JP, Martin RG. When keratometric measurements do not accurately reflect corneal topography. *J Cataract Refract Surg* 1993;19 Suppl:131-5.
- 4) Gormley DJ, Gersten M, Koplins RS, Lubkin V. Corneal modeling. *Cornea* 1988;7:30-5.
- 5) Potvin R, Fonn D, Sorbara L. In vivo comparison of corneal topography and keratometry systems. *Int Contact Lens Clin* 1996; 23:20-6.
- 6) Shirayama M, Wang L, Koch DD, Weikert MP. Comparison of accuracy of intraocular lens calculations using automated keratometry, a Placido-based corneal topographer, and a combined Placido-based and dual Scheimpflug corneal topographer. *Cornea* 2010;29:1136-8.

- 7) Butcher JM, O'Brien C. The reproducibility of biometry and keratometry measurements. *Eye (Lond)* 1991;5:708-11.
- 8) Karabatsas CH, Cook SD, Papaefthymiou J, et al. Clinical evaluation of keratometry and computerised videokeratography: intra-observer and interobserver variability on normal and astigmatic corneas. *Br J Ophthalmol* 1998;82:637-42.
- 9) Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL Master<sup>®</sup> and A-scan ultrasound: Refractive results of 96 consecutive cases. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:27-32.
- 10) McKenzie RM, Kim YY, Bishop RW, Gaffney RJ. The collection and analysis of 2,3-dimethyl-2,3-dinitrobutane vapor. *AIHA J* 1998;59:388-92.
- 11) Forkman FJ. Coefficients of Variation – An Approximate F-Test. [Licentiate Thesis] Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2005; v. 3.
- 12) Vogel A, Dick HB, Krummenauer F. Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry : intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001;27: 1961-8.
- 13) Shirayama M, Wang L, Weikert MP, Koch DD. Comparison of corneal powers obtained from 4 different devices. *Am J Ophthalmol* 2009;148:528-35.e1.
- 14) Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, et al. Repeatability, reproducibility, and agreement characteristics of rotating Scheimpflug photography and scanning-slit corneal topography for corneal power measurement. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:127-33.
- 15) Nemeth J, Fekete O, Pesztenlehrer N. Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29: 85-8.
- 16) Huynh SC, Mai TQ, Kifley A, et al. An evaluation of keratometry in 6-year-old children. *Cornea* 2006;25:383-7.
- 17) Elbaz U, Barkana Y, Gerber Y, et al. Comparison of different techniques of anterior chamber depth and keratometric measurements. *Am J Ophthalmol* 2007;143:48-53.

=ABSTRACT=

## Comparative Analysis of Corneal Refraction and Astigmatism Measured with Autokeratometer, IOL Master, and Topography

Jeong Mo Han, MD<sup>1,2</sup>, Hyuk Jin Choi, MD<sup>1,2</sup>, Mee Kum Kim, MD<sup>1,2</sup>,  
Won Ryang Wee, MD<sup>1,2</sup>, Jin Hak Lee, MD<sup>1,3</sup>

*Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea  
Laboratory of Corneal Regenerative Medicine and Ocular Immunology, Seoul Artificial Eye Center,  
Seoul National University Hospital Clinical Research Institute<sup>2</sup>, Seoul, Korea  
Seoul National University Bundang Hospital<sup>3</sup>, Seongnam, Korea*

**Purpose:** To comparatively analyze the repeatability and consistency between different methods of measuring corneal refraction and astigmatism in order to precisely determine the toric intraocular lens target.

**Methods:** The medical records of 254 eyes of 192 persons were retrospectively reviewed to compare the repeatability of corneal refraction measured with autokeratometer, IOL Master, and topography. The axis and the amount of the astigmatism were compared between these methods. The differences between the estimated spherical equivalents using measured corneal refractive values and the actual spherical equivalents after cataract surgery were compared to evaluate the expected astigmatic error of each measurement.

**Results:** The average corneal refraction was greater with topography than with IOL Master or autokeratometer. Astigmatism calculated with IOL Master was greater than that measured with topography or autokeratometer. The mean coefficient of variation for mean corneal refraction was 0.19% with autokeratometer, which was smaller than that with IOL Master or topography. In patients with more than 1.5D of astigmatism, there were no significant differences in the axis measured by each instrument. The expected spherical error in IOL calculation was smaller with the measured values from IOL Master and autokeratometer than were those with topography.

**Conclusions:** The repeatability of measurements for corneal refraction and astigmatism was significantly higher using the autokeratometer and IOL Master, with the highest astigmatic value observed with the IOL master. The axis of astigmatism for each method was consistent in the patients with more than 1.5D of astigmatism.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(12):1427-1433

**Key Words:** Autokeratometer, Astigmatism, IOL Master, Refraction, Topography

---

Address reprint requests to **Mee Kum Kim, MD**  
Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital  
#28 Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea  
Tel: 82-2-2072-2438, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kmk9@snu.ac.kr