

## 에피라식 수술에서 안구 회선측정장치 사용이 난시 교정에 미치는 효과

차덕선<sup>1</sup> · 김상균<sup>2</sup> · 노경환<sup>3</sup> · 김효명<sup>1</sup> · 송종석<sup>1</sup>

고려대학교 의과대학 안과학교실<sup>1</sup>, 홍성의료원 안과<sup>2</sup>, 대전 한솔안과<sup>3</sup>

**목적:** Mel 80 엑시머레이저 수술시 안구 회선을 보정하기 위해 개발된 안구 회선측정장치(eye registration) 적용 여부에 따른 난시의 교정효과를 비교해 보고자 하였다.

**대상과 방법:** 0.25D 이상 난시를 교정한 환자 중 안구 회선측정장치를 적용한 15명 27안과 기능을 적용하지 않은 29명 40안을 대상으로 하였다. 수술 전후에 현성굴절검사를 시행하였고, Alpíns method를 이용하여 레이저 치료에 따른 난시의 교정효과를 분석하였다.

**결과:** Correction index는 안구 회선측정장치 적용군과 미적용군이 각각 0.94 ( $\pm 0.30$ ), 0.92 ( $\pm 0.41$ )로 차이가 없었다( $p=0.762$ ). 그러나 Index of success는 각각  $0.23 \pm 0.34$ ,  $0.47 \pm 0.54$ 로 안구 회선측정 기능을 적용한 군에서 잔여난시가 작았다( $p=0.03$ ). Absolute angle of error는 각각 평균  $3.52^\circ$  ( $\pm 7.69$ ),  $12.50^\circ$  ( $\pm 20.69$ )로 안구 회선측정장치 적용군이 오차 각도가 작았다( $p=0.015$ ).

**결론:** 안구 회선측정장치 사용이 안구회선을 보정하여 난시 축의 각도 오차를 줄이는데 효과적이라고 생각된다.

(대한안과학회지 2010;51(6):809-815)

라식은 수술 후 만족도가 높아 82~98%에 이른다고 보고되고 있지만, 수술 장비의 발달에도 불구하고 여전히 일부 환자들은 술 후 뿌옇게 보임, 야간 운전의 어려움 및 후광현상 등의 불편감을 호소하고 있고, 여러 가지 원인인자 중 수술 도중에 일어나는 안구의 회선도 그 원인 중에 하나이다.<sup>1-6</sup> 안구는 회선에 의해 검사 때의 앉은 자세와 수술할 때의 누운 자세에서 다른 위치를 나타내고 있는 술 후 저위, 고위 수차를 유발하게 된다. Guirao et al<sup>7</sup>과 Bará et al<sup>8</sup>은 라식수술시 2° 이상의 안구회선이 술 후 중요한 수차(aberration)를 나타낼 수 있다고 보고하였다. 앉은 자세에서 누운 자세로 바뀔 때 일어나는 안구의 회선에 대하여 여러 연구들이 보고한 바 있는데, Viestenz et al<sup>9</sup>은 0.5°에서 17.5° 범위(평균:  $4.05 \pm 2.9^\circ$ )의 안구회선이 일어날 수 있다 하였고, Chernyak<sup>10</sup>은  $2.2 \pm 2.4^\circ$ 의 회선이 나타나고, 특히 외회선이 내회선에 비하여 높은 빈도로 일어난다고 보고하였다.

동공의 위치를 감지하여 작동하는 안구 추적장치(eye tracking system)의 사용으로 안구의 미세 움직임을 보정

하여 라식 수술시 연마의 중심이탈을 막을 수 있게 되어, 술 후에 보다 나은 광학적 결과를 보였다고 보고된 바 있다.<sup>11,12</sup> 하지만 누운 자세에서의 안구 움직임만을 보정하는 안구 추적장치의 경우 자세변화에 따라 일어나는 안구 회선을 보정하지 못하여, 공막의 혈관과 홍채의 모양을 이용하여 자세 변화에 따른 눈의 회선을 보정하는 안구 회선측정장치가 소개되었다.

본 연구는 Mel 80 엑시머레이저에서 양와위에서 나타나는 안구 회선을 보정하기 위해 개발된 안구 회선측정장치(eye registration) 적용 여부가 난시의 교정효과에 미치는 효과를 알아보고자 하였으며 수술 전후의 난시 변화를 측정하기 위해 벡터 분석방법인 Alpíns method를 이용하였다.

### 대상과 방법

2006년 1월부터 2006년 6월 사이에 근시성 난시 교정을 위해 에피라식으로 0.25D 이상 난시를 교정한 환자를 대상으로 안구 회선측정 기능을 적용한 눈과 안구 회선측정 기능을 적용하지 않은 눈의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 대상에서 각막변성이나 안과적 수술 과거력이 있거나 근시퇴행 등으로 인해 재수술을 받은 경우는 본 논문의 연구 대상에서 제외시켰다. 수술 전 검사로는 모든 환자들에게 나안 시력, 최대교정시력, 현성굴절검사와 조절마비굴절검사, 중심 각막두께, 각막지형도검사를 시행하였다. 수술

■ 접 수 일: 2010년 1월 4일 ■ 심사통과일: 2010년 4월 14일

■ 책임저자: 송 종 석

서울시 구로구 구로동길 97

고려대학교 구로병원 안과

Tel: 02-2626-1260, Fax: 02-857-8580

E-mail: crisim@freechal.com

\* 본 논문의 요지는 2007년 대한안과학회 제98회 춘계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

전에 앉은 자세에서 WASCA analyzer (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)를 이용하여 안구 회선측정장치의 적용을 위해 필요한 홍채의 모양과 공막혈관의 형상을 명순응, 암순응 조건에서 얻었다.

수술과정은 0.5% propacain hydrochloride 점안액(Alcaine, Alcon, USA)으로 점안 마취를 시행한 후 개검기를 사용하여 각막을 노출시켰다. 평형염류용액(BSS, Alcon, USA)으로 각막, 결막, 결막낭을 세척한 후, 에피라식 미세각막절개도(Epi-microkeratome, Centurion SES, Norwood Eyecare, Australia)를 각막에 밀착시켰다. 분리기(separator)를 충분히 적신 후, 분리기를 12,000 rpm의 진동, 2 mm/min의 속도로 진행시켰다. 진행이 완료된 후, 다시 평형염류용액으로 충분히 적셔 각막상피 절편이 떨어지지 않도록 하여 미세각막절개도를 제거하였다. 이후 안구 회선측정장치를 적용하였는데, 안구 회선측정 프로그램은 WASCA analyzer에 내장되어 있는 프로그램으로, 앉은 자세에서 찍어 두었던 홍채와 공막혈관의 모양을 토대로 누운 자세에서 일어나는 안구 회선 정도를 자동으로 보정하여 각막 연마를 시행하게 된다. 엑시머레이저 장비는 MEL80 laser system (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)을 이용하였고, 광학부 직경을 6.0 mm로 하였다. 또한 레이저 조사 전에 눈 움직임을 교정하기 위하여 안구 추적장치(active eye tracker)를 이용하여 각막 연마의 중심을 교정하였다. 수술

중에 corneal flap의 이상 등의 문제가 발생한 경우 연구대상에서 제외하였다.

수술 전 및 수술 후 1개월에 현성굴절검사를 시행하였고, 이를 바탕으로 Alpains method를 이용하여 수술 전후의 난시 크기와 난시축을 비교하여 레이저 치료에 따른 난시의 교정효과를 분석하였다.

본 연구에서 사용한 용어로 target induced astigmatism (TIA)은 수술시 의도한 난시 변화량(크기 및 방향 고려)을 나타내며, surgically induced astigmatism (SIA)은 수술에 의해 실제 깎인 난시량(크기 및 방향 고려)을 의미한다. Correction index (CI; SIA/TIA)는 방향을 고려하지 않고 의도한 것과 실제 절제된 난시 크기 변화량 비율로 수술에 의해 실제 깎인 난시량(SIA)을 의도한 난시변화량(TIA)으로 나눈 값이다. Correction index (CI)는 1.0에 가까울수록 좋은 결과로 해석하며 1.0 이하는 부족교정을 의미하고, 1.0 이상은 과교정을 의미한다. Difference vector (DV)는 의도한 난시 교정량을 실제 수술에서 어느 정도 달성하였는지를 나타내는 것(크기 및 방향 고려)으로, 이 값이 0 에 가까울수록 의도한 양과 실제 수술에서 달성한 양과의 차이가 적은 것을 의미한다. 임상적으로는 난시교정 성공의 절대적인 척도(Absolute measure of success)라고 볼 수 있다. Index of success (IOS; DV/TIA)는 Difference vector (DV)를 의도한 난시변화량(TIA)으로 나눈 값으로 0에 가

The screenshot displays the VECTrAK software interface for calculating astigmatism change. It includes fields for patient information (Freda, OS), surgical procedure (Test 1), and date of surgery (2003-01-01). The '3 Data' section contains pre-operative and post-operative astigmatism values. The 'Simple and Polar Astigmatism' section shows current and net induced astigmatism values. The 'Alpains Method' section provides detailed calculations for TIA, SIA, Difference Vector, Angle of Error, Magnitude of Error, Correction Index, Index of Success, and Coefficient of Adjustment. The bottom section includes 'VECTrAK Demo', 'ASSORT', and 'Export/Import available' options.

1 Patient		2 Group	
1	First Freda	1	OS
Surgical Procedure Test 1		2	Ungrouped
Date of Surgery 2003-01-01			
3 Data			
What is the pre-operative corneal astigmatism value?		0.93	@ 70 degrees
How much corneal astigmatism are you trying to reduce?		0.93	
What is the corneal meridian you are attempting to flatten?		70	
What is the post-operative corneal astigmatism value?		0.76	@ 65 degrees
Simple and Polar Astigmatism		Alpains Method	
Current Astigmatism		TIA	0.93 Ax 160 deg
Simple Polar Value 0.76 WTR		SIA	0.23 Ax 178 deg
Vector Polar Value 0.48 WTR		Difference Vector	0.76 Ax 155 deg
WTR 0.62 ATR 0.14		Angle of Error	18
Astigmatism Change		Magnitude of Error	-0.70
Simple Subtraction -0.17		Correction Index	0.24
Simple Polar Net Induced Value -0.17 ATR		Index of Success	0.82
Vector Polar Net Induced Value -0.23 ATR		Coefficient of Adjustment	4.12
VECTrAK Demo		Torque	0.13 Ax 25 deg
ASSORT		Flattening Effect	0.18 Ax 160 deg
Surgeries 5		Flattening Index	0.20
Export/Import available YES			

Figure 1. VECTrAK (version 1.500) program used to calculate astigmatism change.

**Table 1.** Baseline characteristics between two groups

	Eye registration group	Non eye registration group	<i>p</i> -value
Male : Female	4:11	16:13	0.11
Age (yrs)	29.0±4.75	26.7±5.76	0.70
Spherical equivalent	-4.50±2.01	-3.98±2.30	0.33
Astigmatism	0.83±0.56	0.57±0.54	0.06

**Table 2.** Comparison of TIA, SIA, CI between two groups

	Eye registration group	Non eye registration group	<i>p</i> -value
TIA	0.83±0.56	0.57±0.54	0.06
SIA	0.72±0.47	0.47±0.45	0.06
CI (SIA/TIA)	0.94±0.30	0.92±0.41	0.76

TIA=target-induced astigmatism TIA; SIA=surgically induced astigmatism; CI=correction index (the ratio of the surgically induced amount of astigmatism correction to the intended amount of astigmatism correction).

**Table 3.** Comparison of DV, TIA, IOS between two groups

	Eye registration group	Non eye registration group	<i>p</i> -value
DV	0.18±0.23	0.22±0.25	0.48
TIA	0.83±0.56	0.57±0.54	0.06
IOS (DV/TIA)	0.23±0.34	0.47±0.54	0.03

DV=difference vector; IOS=index of success.

카울수록 좋은 결과로 해석되며, 난시교정 성공의 상대적인 척도(relative measure of success)가 된다. Angle of error (AE)는 의도한 laser ablation 각도와 실제 조사된 ablation 각도와의 차이로(SIA의 측 - TIA의 측) (+)는 반시계 방향 오차를, (-)는 시계 방향 오차를 나타낸다. Absolute angle of error는 방향과 관계없이 의도했던 난시축과 교정한 난시축과의 차이를 나타낸다. 위에서 제시한 난시 교정 분석값들은 Alpains method를 근간으로 하여 제작된 VECTrAK (Version 1.500) 프로그램을 이용하여 산출하였고, 상기 프로그램은 에피라식 수술 전후의 난시의 양과 측 그리고 실제 에피라식 수술시 의도하였던 난시 교정의 양과 측을 입력하여 자동으로 결과를 도출하게 된다(Fig. 1).

통계분석은 SPSS (version 12.0)을 이용하였고, 유의수준은 0.05로 하였다.

## 결 과

대상 환자는 안구 회선측정장치 적용군 15명 27안, 안구 회선측정장치 미적용군은 29명 40안이였다. 연령은 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 평균 29.0±4.75, 26.7±5.76세 였고, 평균 난시는 각각 0.83±0.56°, 0.57±0.54°였다(Table 1).

안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 Target induced astigmatism (TIA)의 평균값은 각각 0.83±0.56, 0.57±0.54, Surgically induced astigmatism

(SIA)의 평균값은 0.72±0.47°, 0.47±0.45°였다. Correction index (CI)는 안구 회선측정장치 적용군과 적용하지 않은 군이 각각 0.94±0.30, 0.92±0.41로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(*p*=0.76) (Table 2). Difference vector (DV)는 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 0.18±0.23, 0.22±0.25로 차이가 없었으며 (*p*=0.48), Index of success (IOS)는 각각 0.23±0.34, 0.47±0.54로 통계적으로 유의하게 안구 회선측정장치를 적용한 군에서 효과가 좋았다(*p*=0.03) (Table 3).

Angle of error (AE)는 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 평균 1.52±8.34°, 1.55±24.21°로 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만(*p*=0.994), absolute angle of error는 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 평균 3.52±7.69°, 12.50±20.69°로 안구 회선측정장치를 적용한 군이 통계적으로 유의하게 작았다(*p*=0.015) (Table 4). 또한 우안의 경우 안구 회선측정장치 적용군에서 +0.60±9.86°의 반시계방향 회선을 보였고, 안구 회선측정장치 미적용군에서는 -2.94±18.0°의 시계방향회선을 나타냈다. 좌안의 경우 안구 회선측정장치 적용군과, 안구 회선측정장치 미적용군 모두에서 각각 평균 +2.67±6.17°, +4.87±27.9°의 반시계방향회선을 나타냈다(Table 5).

특히 안구 회선측정장치 미적용군에서 전반적으로 양안 모두 외회선의 경향이 나타났다(Fig. 2).

**Table 4.** Comparison of mean AE, mean absolute AE between two groups

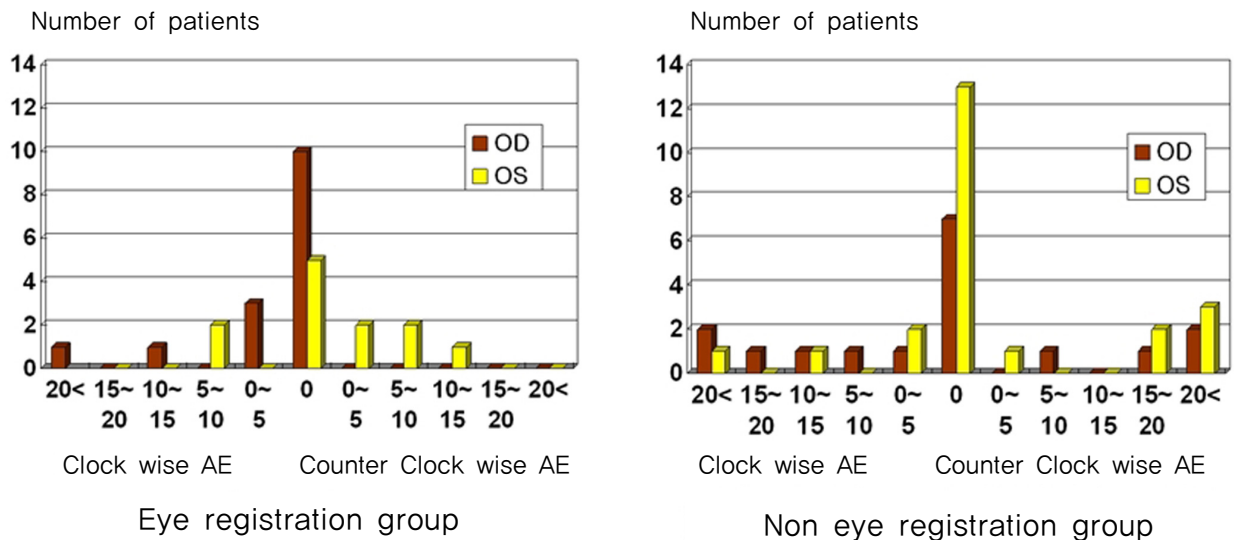
	Eye registration group	Non eye registration group	<i>p</i> -value
Mean AE	1.52±8.34°	1.55±24.21°	0.994
Mean absolute AE	3.52±7.69°	12.5±20.69°	0.015

AE=angle of error.

**Table 5.** Comparison of AE (angle of error) between eyes

	Eye registration group	Non eye registration group
OD	+0.60±9.86°	-2.94±18.0°
OS	+2.67±6.17°	+4.87±27.9°

(+)=counter clockwise AE (angle of error); (-)=clockwise AE (angle of error)



**Figure 2.** Ocular cyclotorsion in eye registration group and non eye registration group. In non eye registration group, there was a trend of exocyclotorsion.

## 고 찰

이전 연구들에 따르면 에피라식 수술 중에 일어나는 안구의 회선이 수술 후 남게 되는 굴절이상의 중요한 원인 중 하나라고 지적되어 왔다.<sup>6,13,14</sup> 또한 그 회선의 양은 0~17° 범위로 다양하였고, 대체적으로 외회선의 경향이 높다고 보고하였다.<sup>15,16</sup> 그러므로 에피라식 수술 후 좋은 결과를 얻기 위해서는 안구 회선을 보정한 수술이 고려되어야 한다.

이전의 여러 연구에서도 본 연구의 결과와 마찬가지로 안구 회선을 보정하여 에피라식을 시행한 경우가 그렇지 않은 경우보다 수술 후 시력, 수차 등에서 좋은 결과를 보이며 더욱 안전하고 효과적인 수술법이라고 보고된 바 있다.<sup>17-20</sup> 하지만 위 보고들과는 달리 Moshirfar et al<sup>21</sup>이나 Tantayakom et al<sup>22</sup>의 연구에 따르면 술 후 시력이나, 잔여 난시에서 안구 회선측정장치의 적용 여부가 미치는 영향이 별로 크지 않다고 보고하였다. 하지만 난시는 크기

뿐 아니라 방향을 고려한 벡터분석을 해야 하므로 안구 회선측정장치의 효과를 판단하기 위해서는 벡터분석이 필요하다. 위에서 언급한 안구 회선측정장치의 임상결과를 분석한 연구들<sup>17-22</sup> 중 Ghosh et al<sup>17</sup>의 연구만이 난시의 벡터까지 분석하였고, 그 결과 Alpains method에 따른 Index of success가 안구 회선을 보정한 군(0.02)에서 보정하지 않은 군(0.194)에 비해 우수한 결과를 보였다고 보고한 바 있다 ( $p=0.03$ ).

그러나 국내에는 아직 벡터분석을 이용한 에피라식 수술의 난시 교정효과를 평가한 논문이 없다. 본 연구에서 방향을 고려하지 않고 의도한 것과 실제 절제된 난시 변화량 비율을 나타내는 Correction index (실제 수술로 유발된 난시 크기 변화량/의도한 난시크기 변화량)은 안구 회선측정장치 적용군과 적용하지 않은 군이 각각 0.94 (±0.30), 0.92 (±0.41)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.762$ ). 그러나 의도한 난시교정 크기에 대한 실제 남아 있는 난시

의 크기를 나타내는 Index of success는 각각  $0.23 \pm 0.34$ ,  $0.47 \pm 0.54$ 로 안구 회선측정장치를 적용한 군에서 잔여난시가 유의하게 작았다( $p=0.03$ ). 단지 안구 회선측정장치의 적용은 그 크기만을 비교했을 경우 그 효과가 없게 나왔지만, 난시의 크기와 방향을 고려하여 그 효과를 평가한 결과 유의한 차이를 보였다.

이전 연구에 따르면 에피라식 수술 시 자세에 따른 안구 회선이 주로 양안 모두 외회선이 내회선보다 높은 빈도로 일어난다고 보고되고 있다.<sup>15-17</sup> 본 연구에서도 Angle of error (AE)는 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 평균  $1.52 \pm 8.34^\circ$ ,  $1.55 \pm 24.21^\circ$ 로 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데( $p=0.994$ ), 이는 시계방향은 (-)로, 반시계방향은 (+)로 표시되므로 그 차이가 상쇄되어 평균값이 차이가 없어 보이게 된다. 반면 Angle of error의 절대값 즉, 방향과 관계없이 의도했던 난시축과 교정한 난시축과의 차이는 안구 회선측정장치 적용군과 안구 회선측정장치 미적용군에서 각각 평균  $3.52 \pm 7.69^\circ$ ,  $12.50 \pm 20.69^\circ$ 로( $p=0.015$ ) (Table 4) 두 군 간의 뚜렷한 차이를 보여주었다.

또한, 안구 회선측정장치를 적용하지 않은 군의 경우 우안은  $-2.94 \pm 18.0^\circ$ , 좌안은  $+4.87 \pm 27.9^\circ$ 로 우안은 시계방향, 좌안은 반시계 방향의 angle of error를 보였다. 이는 양안이 평균적으로 외회선을 한다고 가정하였을 때, 이를 고려하지 않고 난시를 교정했을 때 나타나는 현상으로 이번 연구 결과의 신뢰성을 높인다고 하겠다.

하지만 안구 회선측정장치의 단점으로는, Prakash et al<sup>23</sup>의 라식수술시 성공적인 안구회선 측정장치 작동에 관한 연구에 따르면 femtosecond, microkeratome, epi-LASIK 등의 각막 절편을 만드는 방법에 따라서 특별히 안구 회선측정장치의 인식능력에 있어서는 차이가 나타나지는 않았지만, 전체 275안 중 247안(89.8%)에서만 안구 회선측정장치가 인식 가능하였다고 보고하였다. 또한 각막 절편을 만든 후 안구 회선측정장치의 인식이 3회 이상 실패하여 각막실질이 심하게 건조해질 경우, 술 후 과교정의 위험성이 있다고 경고하였다. 본 연구에서는 안구 회선 측정장치 적용군 중에 홍채를 인식하지 못한 경우는 없었다.

본 연구는 이전 해외 연구들과는 달리 시력이나 안정성, 예측도에 대한 비교가 아닌 난시의 교정효과에 대하여서만 비교하였고, Alpíns method를 근간으로하여 제작된 VECTrAK (Version 1.500) 프로그램을 이용하여 수술 전후의 난시 크기와 난시축을 비교하여 레이저 치료에 따른 난시의 교정효과를 분석하였다. Alpíns method는 Stokes의 기본원리와 sine-squared correlation을 바탕으로 만들어진 방법으로 호주의 안과의사인 Alpíns가 1993년에 발표한 방법으

로 난시의 벡터와 양의 변화를 정확하게 비교할 수 있는 방법이라고 알려져 있다.<sup>24-27</sup>

본 연구의 결론으로, 안구 회선측정장치 적용군에서 안구 회선측정장치 미적용군에 비해 더 효과적인 난시 교정 효과가 있는 것으로 나타났지만, 이 외에도 향후 실제로 환자가 느끼는 주관적인 만족도나 객관적인 시력, 대비감도, 고위수차 등을 종합적으로 평가하는 연구가 시행되어야 할 것이다.

Mel 80을 이용한 복합 근시성 난시환자에서의 에피라식 수술시 안구 회선측정장치의 적용여부에 따라 방향을 고려하지 않은 난시교정 양은 두 군이 차이가 없었고, 의도한 난시교정량에 대한 실제 남아 있는 난시의 비율(index of success)은 안구 회선측정장치 적용군이 유의하게 낮았다. 또한 난시 교정의 오차각도는 안구 회선측정장치를 적용한 군이 유의하게 작았다. Mel 80 엑시머레이저에서 안구 회선측정장치의 사용은 안구 회선을 보정하여 난시교정에 보다 효과적이었다.

## 참고문헌

- 1) Kohnen T, Mahmoud K, Bühren J. Comparison of corneal higher-order aberrations induced by myopic and hyperopic LASIK. *Ophthalmology* 2005;112:1692.
- 2) Bueeler M, Mrochen M, Seiler T. Maximum permissible lateral decentration in aberration-sensing and wavefront-guided corneal ablation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:257-63.
- 3) Bueeler M, Mrochen M, Seiler T. Maximum permissible torsional misalignment in aberration-sensing and wavefront-guided corneal ablation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:17-25.
- 4) Hersh PS, Fry K, Blaker JW. Spherical aberration after laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. Clinical results and theoretical models of etiology. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2096-104.
- 5) Kohnen T, Bühren J, Kuhne C, Mirshahi A. Wavefront-guided LASIK with the Zyoptix 3.1 system for the correction of myopia and compound myopic astigmatism with 1-year follow-up: clinical outcome and change in higher order aberrations. *Ophthalmology* 2004;111:2175-85.
- 6) Hori-Komai Y, Sakai C, Toda I, et al. Detection of cyclotorsional rotation during excimer laser ablation in LASIK. *J Refract Surg* 2007; 23:911-5.
- 7) Guirao A, Williams DR, Cox IG. Effect of rotation and translation on the expected benefit of an ideal method to correct the eye's higher-order aberrations. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2001; 18:1003-15.
- 8) Bará S, Mancebo T, Moreno-Barriuso E. Positioning tolerances for phase plates compensating aberrations of the human eye. *Appl Opt* 2000;39:3413-20.
- 9) Viestenz A, Seitz B, Langenbucher A. Evaluating the eye's rotational stability during standard photography: Effect on determining the axial orientation of toric intraocular lenses. *J Refract Surg* 2005;31:557-61.

- 10) Chernyak DA.. Cyclotorsional eye motion occurring between wavefront measurement and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:633-8.
- 11) Mrochen M, Eldine MS, Kaemmerer M, et al. Improvement in photorefractive corneal laser surgery results using an active eye tracking system. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1000-6.
- 12) McDonald MB, Deitz MR, Frantz JM, et al. Photorefractive keratectomy for low to moderate myopia and astigmatism with a small-beam, tracker-directed excimer laser. *Ophthalmol* 1999;106: 1481-8.
- 13) Ciccio AE, Durrie DS, Stahl JE, Schwendeman F. Ocular cyclotorsion during customized laser ablation. *J Refract Surg* 2005;21:S772-4.
- 14) Kohnen T, Kühne C, Cichocki M, Strenger A. Cyclorotation of the eye in wavefront-guided LASIK using a static eyetracker with iris recognition. *Ophthalmologe* 2007;104:60-5.
- 15) Park SH, Kim M, Joo CK. Measurement of pupil centroid shift and cyclotorsional displacement using iris registration. *Ophthalmologica* 2009;223:166-71.
- 16) Chang J. Cyclotorsion during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1720-6.
- 17) Ghosh S, Couper TA, Lamoureux E, et al. Evaluation of iris recognition system for wavefront-guided laser in situ keratomileusis for myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:215-21.
- 18) Khalifa M, El-Kateb M, Shaheen MS. Iris registration in wavefront-guided LASIK to correct mixed astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:433-7.
- 19) Zhang J, Zhou YH, Wang NL, Li R. Comparison of visual performance between conventional LASIK and wavefrontguided LASIK with iris-registration. *Chin Med J (Engl)* 2008;121:137-42.
- 20) Wu F, Yang Y, Dougherty PJ. Contralateral comparison of wavefront-guided LASIK surgery with iris recognition versus without iris recognition using the MEL80 Excimer laser system. *Clin Exp Optom* 2009;92:320 -7.
- 21) Moshirfar M, Chen MC, Espandar L, et al. Effect of iris registration on outcomes of LASIK for myopia with the VISX CustomVue platform. *J Refract Surg* 2009;25:493-502.
- 22) Tantayakom T, Lim JN, Purcell TL, et al. Visual outcomes after wavefront-guided laser in situ keratomileusis with and without iris registration. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1532-7.
- 23) Prakash G, Ashok Kumar D, Agarwal A, et al. Predictive factor analysis for successful performance of iris recognition-assisted dynamic rotational eye tracking during laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2010;149:229-37.
- 24) Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:31-49.
- 25) Alpíns N. Vector analysis of astigmatism changes by flattening, steepening, and torque. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1503-14.
- 26) Alpíns N. A new method of analyzing vectors f or changes in astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:524-33.
- 27) Stokes GG. 19th meeting of the British association for the advancement of science. Transactions of the sections 1849:10-1.

**=ABSTRACT=**

## Effects of Eye Registration on the Astigmatism Correction in the Surface Laser Ablation

Deoksun Cha, MD<sup>1</sup>, Sang Kyo Kim, MD<sup>2</sup>, Gyeong Hwan Roh, MD<sup>3</sup>,  
Hyo Myung Kim, MD<sup>1</sup>, Jong Suk Song, MD<sup>1</sup>

Department of Ophthalmology, Korea University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Hongseong Medical Center<sup>2</sup>, Hongseong, Korea

Hansol Eye Clinic Center, Daejeon<sup>3</sup>, Korea

**Purpose:** To compare the effect of astigmatism correction upon Mel 80 excimer laser surgery with or without an eye registration system.

**Methods:** This retrospective analysis investigates a group (eye registration group) of surface laser ablation surgeries for myopic astigmatism correction, with operation on 27 eyes from 15 patients with guidance of the eye registration system and 40 eyes from 29 patients without guidance from the eye registration system. The evaluation of astigmatism correction was performed by the Alpíns method, measuring the amount and axis of astigmatism before and after the operations.

**Results:** The average of the correction index (the ratio of the surgically induced amount of astigmatism correction to the intended amount of astigmatism correction) for the eye registration group was calculated to be  $0.94 \pm 0.30$  and, for non-eye registration group, was  $0.92 \pm 0.41$ , showing no statistical significant difference between the two groups ( $p=0.762$ ). However, the comparison of the index of success (the ratio of the difference vector to the intended amount of astigmatism correction) favorably demonstrated the effectiveness of eye registration ( $0.23 \pm 0.34$  for eye registration group,  $0.47 \pm 0.54$  for non-eye registration group,  $p=0.03$ ). The absolute angle of error (AE), a measure of difference in angle between the ablated axis of astigmatism correction and the desired axis of astigmatism correction, was lower on average for the eye registration group than for the non-eye registration group ( $3.52 \pm 7.69$  to  $12.5 \pm 20.69$  degrees,  $p=0.015$ ).

**Conclusions:** Eye registration-guided surface laser ablation is suggested to be beneficial for the reduction of errors in astigmatism correction.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(6):809–815

**Key Words:** Alpíns method, Astigmatism correction, Eye registration, Laser surface ablation

---

Address reprint requests to **Jong Suk Song, MD**

Department of Ophthalmology, Guro Hospital, Korea University College of Medicine

#97, Guro-dong, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea

Tel: 82-2-818-6144, Fax: 82-2-857-8580, E-mail: crisim@treechal.com