

## 각막굴절수술에서 웨이브프론트가이드와 웨이브프론트최적화 방식의 고위수차 및 시력의 비교

### Higher-Order Aberrations and Visual Acuity with Wavefront-Guided and Wavefront-Optimized Ablation in Laser Keratorefractive Surgery

김성인 · 오정재 · 오태훈 · 박규홍 · 백남호 · 최진석

Sung In Kim, MD, Jeong Jae Oh, MD, Tae Hoon Oh, MD, Kyu Hong Pak, MD, Nam Ho Baek, MD, PhD,  
Jin Seok Choi, MD, PhD

새빛안과병원

Department of Ophthalmology, Saevit Eye Hospital, Goyang, Korea

**Purpose:** To compare higher-order aberrations (HOAs) and visual acuity after wavefront-guided and wavefront-optimized laser keratorefractive surgery.

**Methods:** This retrospective study consisted of consecutive cases of eyes that underwent wavefront-guided (VISX S4 CustomVue®) or wavefront-optimized (WaveLight® EX500) laser assisted in situ keratomileusis (LASIK) or photorefractive keratectomy (PRK). Preoperative and postoperative uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), manifest refraction spherical equivalent (MRSE), and preoperative and 3 month postoperative HOAs were compared.

**Results:** There were no statistical differences in UCVA, BCVA, MRSE, or total HOAs in either the LASIK and PRK groups (all  $p > 0.05$ ). Induced amount of spherical aberration (SA) was significantly lower in the wavefront-optimized LASIK and PRK than wavefront-guided LASIK and PRK.

**Conclusions:** In laser keratorefractive surgery, wavefront-guided and wavefront-optimized platforms produced equivalent visual outcomes and no differences in total HOAs. However, the wavefront-optimized platform caused less spherical aberration 3 months after operation.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(4):480-485

**Key Words:** Higher-order aberrations, LASIK, PRK, Wavefront-guided, Wavefront-optimized

웨이브프론트(Wavefront) 기술은 약 50년 전부터 천문학 분야에서 천체 망원경의 해상도를 향상시키기 위하여 개발

되었다.<sup>1</sup> 이러한 웨이브프론트 기술이 약 20년 전부터 안과 영역에 사람 눈의 굴절 수차를 교정하기 위해 도입되었다. Zernike 공식을 통해 복잡한 형태의 웨이브프론트를 저위수차와 고위수차의 수학적 요소로 나눌 수 있게 되었고 각각의 요소로 눈의 수차를 분석할 수 있게 되었다.<sup>2</sup>

레이저 각막 굴절 수술 환자에서 상당한 양의 고위수차가 수술 전에도 존재하며, 주로 코마(coma), 세조각(trefoil), 구면수차(spherical aberration)인 것으로 보고되었다.<sup>3</sup> 구면수차와 코마수차는 레이저 굴절 수술 후에 증가하는 주된 고위수차로 알려졌으며, 이는 레이저 절삭에 의한 각막의

■ Received: 2013. 5. 10.      ■ Revised: 2013. 8. 6.

■ Accepted: 2014. 2. 12.

■ Address reprint requests to **Jin Seok Choi, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Saevit Eye Hospital,  
#1065 Jungang-ro, Ilsandong-gu, Goyang 410-817, Korea  
Tel: 82-31-900-7700, Fax: 82-31-900-7777  
E-mail: zenith716@hanmail.net

\* This study was presented as a narration at the 108th Annual Meeting of the Korean Ophthalmology Society 2012.

© 2014 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

형태 변화에 의한 것으로, 특히 레이저 절삭면과 굴절 수술 후 상처 치유 반응 등에 의해 유발된다.<sup>4,6</sup> 아울러 고위수차 (higher-order aberrations)의 증가는 대비감도를 저하시켜 기능적 시력의 감소를 초래한다.<sup>7,9</sup>

이처럼 굴절교정수술에 의해 발생하는 고위수차를 줄이기 위한 노력으로써 웨이브프론트 기술이 도입되었으며, 각 레이저기기 제조사별로 다양한 웨이브프론트 방식을 지원하고 있다. 웨이브프론트 방식에는 웨이브프론트 가이드(Wavefront-guided) 방식과 웨이브프론트 최적화(Wavefront-optimized) 방식이 있다. 웨이브프론트 가이드 방식은 먼저 웨이브프론트 분석을 이용하여 환자의 저위수차와 고위수차를 파악한 후, 기존에 존재하는 수차를 제거하고 술 후 수차의 증가를 억제하는 것이다. 반면에 웨이브프론트 최적화 방식은 집단 분석을 바탕으로 미리 프로그램되어 있는 절삭 방식을 이용하여 각막 고유의 비구면성을 유지하고 수술 후 유발되는 수차를 최소화하기 위한 방식이다. 즉, 웨이브프론트 가이드 방식은 수술 전 존재하는 고위수차를 줄이기 위한 방법이고, 웨이브프론트 최적화 방식은 수술 후 발생하는 고위수차를 최소화하기 위한 방법이다.<sup>10</sup> 두 방식 모두 고식적인 굴절교정수술과 비교하여 술 후 고위수차를 유의하게 줄이는 것으로 여러 논문들에서 보고되고 있다.<sup>11-13</sup> 하지만 두 방식을 직접적으로 비교 분석하여 술 후 결과를 보고한 논문은 많지 않다. 또한 보고들마다 결과가 일정하지 않아 어떤 보고에서는 웨이브프론트 가이드 방식이 고위수차 면에서 유리하다고 한 반면,<sup>11,14</sup> 다른 보고들에서는 두 방식이 술 후 고위수차 면에서 유의한 차이가 없다고 하였다.<sup>10,15</sup>

아직 국내에서는 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식의 차이에 따라 수술 결과가 어떻게 다른지에 대한 연구는 발표되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 두 방식의 웨이브프론트 기기를 이용한 굴절교정수술의 결과와 그 차이에 대해 보고하고자 한다.

## 대상과 방법

2011년 12월부터 2012년 5월까지 본원에서 합병증이 없는 웨이브프론트 방식의 라식(LASIK) 또는 PRK수술을 시행 받은 환자 중 3개월 이상 추적관찰이 가능했던 200명,

400안을 대상으로 하였다. 엑시머 레이저로 웨이브프론트 가이드 방식인 VISX사의 S4 CustomVue<sup>®</sup>을 이용하여 라식을 시행한 환자 50명 100안, PRK를 시행한 환자 50명 100안을 CustomVue군으로 분류하였고, 웨이브프론트 최적화 방식인 ALCON사의 WaveLight<sup>®</sup>EX500을 이용하여 라식을 시행한 환자 50명 100안, PRK를 시행한 환자 50명 100안을 EX500군으로 분류하였다. CustomVue 라식군과 EX500 라식군, Customvue PRK군과 EX500 PRK군으로 나누어 술 후 3개월째의 고위수차의 변화를 각각 분석하였다. 수술 전 검사에서 각막, 녹내장, 망막 등의 안과 질환이 없는 환자들을 대상으로 하였고 레이저 기종 간 절삭량 차이를 고려하여 평균 구면대응치가 -6 diopter 이상의 고도 근시와 이전에 안과적 수술을 받았던 환자들은 본 연구에서 제외하였다.

수술 전 검사로 나안 및 최대교정시력, 현성굴절검사, 각막형태검사, 세극등검사, 안저검사를 시행하였고 고위수차 검사를 시행하였다. 모든 환자에서 Wavescan (WaveScan<sup>®</sup> Aberrometer; VISX, Santa Clara, CA, USA)을 이용하여 고위수차를 측정하였다. 고위수차검사는 산동한 상태로 암실에서 동공 중심부 6 mm 영역에서 측정하였고, 측정된 수차는 Zernike 상수로 표시하였으며, 전체고위수차(total higher-order aberration), 구면수차(spherical aberration), 코마수차(coma aberration), 세조각 수차(trefoil aberration)의 RMS를 측정하였다.

굴절교정수술은 3명의 술자에 의해 시행되었다(PKH, CJS, KSJ). 굴절교정수술 방법은 먼저 환자의 각막을 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine<sup>®</sup>, Alcon, USA)를 사용하여 점안마취 후 개검기를 사용해 각막을 노출시킨 다음 PRK의 경우 spatula로 각막상피를 제거하였으며, 라식의 경우에는 Nidek MK-2000<sup>®</sup> microkeratome (Nidek, Gamagori, Japan)을 이용하여 8.5 mm 직경 및 130 micron 두께를 가진 비측 기저의 원판모양 각막절편(corneal flap)을 만들었다. CustomVue군에서는 VISX사의 STAR S4 Excimer laser를 이용해 6.5 mm 광학부로 각막을 절삭하였고, EX500군에서는 ALCON사의 EX500 Excimer laser를 이용해 6.5 mm 광학부로 각막을 절삭하였다. 수술 후에는 항생제 점안액 (0.5% Ofloxacin drop, Tarivid<sup>®</sup>, Santen, Japan)과 스테로이드 점안액(0.1% Fluorometholon drop, Ocumetholone<sup>®</sup>, Samil,

Table 1. Patient demographics of LASIK group

	Group		p-value
	CustomVue	EX500	
Age (years)	31.59 ± 9.09	28.71 ± 6.57	0.33
UCVA (log MAR)	1.15 ± 0.37	1.15 ± 0.35	0.76
MRSE (D)	- 3.64 ± 1.75	- 3.60 ± 1.60	0.92

Values are presented as mean ± SD.

UCVA = uncorrected visual acuity; MRSE = manifest refraction spherical equivalent.

**Table 2.** Patient demographics of PRK group

	Group		p-value
	CustomVue	EX500	
Age (years)	29.27 ± 5.87	26.00 ± 6.09	0.11
UCVA (log MAR)	1.52 ± 0.34	1.40 ± 0.37	0.77
MRSE (D)	-4.02 ± 1.69	-4.39 ± 1.68	0.28

Values are presented as mean ± SD.

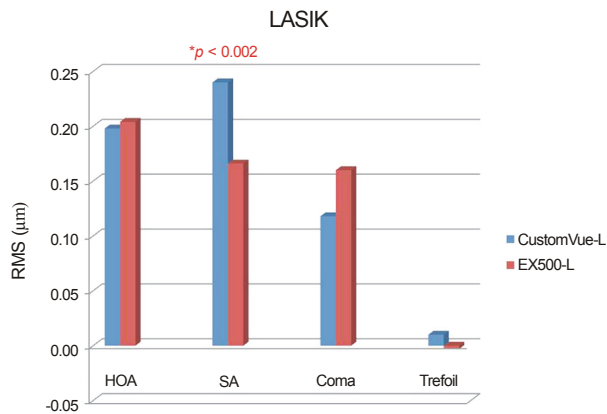
UCVA = uncorrected visual acuity; MRSE = manifest refraction spherical equivalent.

**Table 3.** Preoperative HOAs of LASIK group

HOA RMS	CustomVue	EX500	p-value
Total HOA (μm)	0.39 ± 0.15	0.37 ± 0.12	0.48
Spherical aberration	0.11 ± 0.14	0.08 ± 0.13	0.09
Coma	0.21 ± 0.13	0.20 ± 0.11	0.51
Trefoil	0.20 ± 0.11	0.20 ± 0.10	0.97

Values are presented as mean ± SD.

HOA = higher-order aberration; RMS = root mean square.



**Figure 1.** Postoperative changes in HOAs by group in LASIK. HOA = higher-order aberration; SA = spherical aberration.

Korea)을 1일 4회 점안, 인공 눈물 점안액(0.1% Sodium hyaluronate drop, Unial®, Unimed, Korea)을 1일 6회 점안하였으며, PRK인 경우는 상피재생이 완전히 이루어진 후부터 스테로이드 점안액을 3개월간 회수를 줄이면서 중단하였고, 라식인 경우는 술 후 1주일간 점안하였다.

네 군에서 술 후 1주, 1개월, 3개월째에 나안 및 교정시력, 현성굴절검사를 시행하였고, 술 후 3개월째에 고위수차검사를 시행하여 안구수차의 변화량을 술 전과 비교분석하였다. 시력은 logMAR (minimal angle of resolution)을 이용하여 통계적 처리를 시행하였으며 결과는 소수점 시력으로 환산하여 같이 표기하였다.

두 군 간 측정치의 통계학적 비교는 Paired samples t-test를 이용하였다. 통계처리는 SPSS 18.0을 이용하였으며, p-value의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 결 과

라식 군에서 대상 환자의 평균 연령은 CustomVue 라식군에서 31.59 ± 9.09세, EX500 라식군에서 28.71 ± 6.57세였으며 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 수술 전 구면대응치는 CustomVue 라식군에서 -3.64 ± 1.75D였고 EX500 라식군에서는 -3.60 ± 1.60D로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.92$ , Table 1). 수술 후 3개월째 평균 구면대응치는 각각 0.04 ± 0.09D, 0.05 ± 0.06D로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. CustomVue 라식군의 술 전 평균 나안시력은 스넬렌 시력 0.07에서 술 후 3개월째에 0.99로 유의하게 향상되었고( $p<0.001$ ), EX500 라식군의 술 전 평균 나안시력은 스넬렌 시력 0.07에서 술 후 3개월째에 1.00으로 유의하게 향상되었다( $p<0.001$ ). 수술 전후 시력에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

PRK군에서 대상 환자의 평균 연령은 CustomVue PRK군에서 29.27 ± 5.87세, EX500 라식군에서 26.00 ± 6.09세였으며 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 수술 전 구면대응치는 CustomVue PRK군에서 -4.02 ± 1.69D였고 EX500 PRK군에서는 -4.39 ± 1.68D로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.28$ , Table 2). 수술 후 3달째 평균 구면대응치는 각각 0.06 ± 0.04D, 0.07 ± 0.08D로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. CustomVue 라식군의 술 전 평균 나안시력은 0.03에서 술 후 3개월째에 0.96으로 유의하게 향상되었고( $p<0.001$ ), EX500 라식군의 술 전 평균 나안시력은 0.04에서 술 후 3개월째에 0.97로 유의하게 향상되었다( $p<0.001$ ). 수술 전후 시력에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

수술 전 CustomVue 라식군과 EX500 라식군의 전체 고위수차(Total HOA, 단위: Root mean square, RMS)는 각각 평균

Table 4. Preoperative HOAs of PRK group

HOA RMS	CustomVue	EX500	p-value
Total HOA ( $\mu\text{m}$ )	$0.36 \pm 0.15$	$0.39 \pm 0.11$	0.12
Spherical aberration	$0.05 \pm 0.16$	$0.05 \pm 0.19$	0.85
Coma	$0.20 \pm 0.12$	$0.20 \pm 0.11$	0.83
Trefoil	$0.18 \pm 0.10$	$0.19 \pm 0.10$	0.34

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

HOA = higher-order aberration; RMS = root mean square.

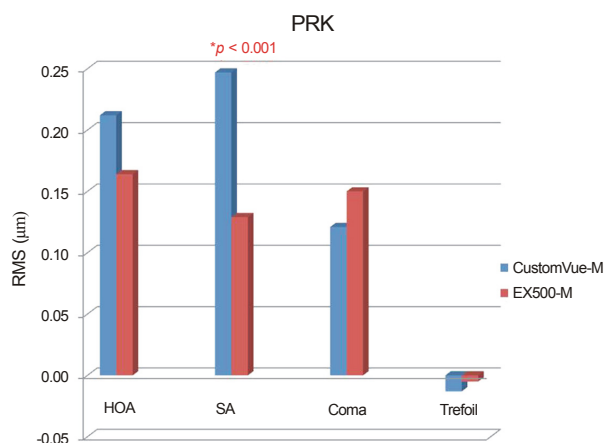


Figure 2. Postoperative changes in HOAs by group in PRK. HOA = higher-order aberration; SA = spherical aberration.

$0.39 \pm 0.15$ ,  $0.37 \pm 0.12$ 로 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p=0.48$ , Table 3). 술 후 3개월째 전체 고위수차의 증가량은 CustomVue군과 EX500군에서 각각 평균  $0.20 \pm 0.23$ ,  $0.20 \pm 0.03$ 으로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.63$ ). 하지만 구면수차의 증가량은 CustomVue 라식군과 EX500 라식군에서 각각 평균  $0.24 \pm 0.19$ ,  $0.17 \pm 0.01$ 로 CustomVue 라식군에서의 증가량이 EX500 라식군보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다( $p=0.002$ , Fig. 1). 코마의 증가량은 CustomVue 라식군과 EX500 라식군에서 각각 평균  $0.12 \pm 0.18$ ,  $0.16 \pm 0.03$ 으로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.35$ ). 세조각의 증가량도 CustomVue 라식군과 EX500 라식군에서 각각 평균  $0.01 \pm 0.02$ ,  $0.00 \pm 0.05$ 로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.820$ ).

수술 전 CustomVue PRK군과 EX500 PRK군의 전체 고위수차는 각각 평균  $0.36 \pm 0.15$ ,  $0.39 \pm 0.11$ 로 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p=0.12$ , Table 4). 술 후 3개월째 전체 고위수차의 증가량은 CustomVue PRK군과 EX500 PRK군에서 각각 평균  $0.21 \pm 0.24$ ,  $0.16 \pm 0.21$ 로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.29$ ). 구면수차의 증가량은 CustomVue PRK군과 EX500 PRK군에서 각각 평균  $0.25 \pm 0.14$ ,  $0.13 \pm 0.40$ 으로 CustomVuePRK군에서의 증

가량이 EX500 PRK군보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다( $p=0.001$ , Fig. 2). 코마의 증가량은 CustomVue PRK군과 EX500 PRK군에서 각각 평균  $0.12 \pm 0.16$ ,  $0.15 \pm 0.28$ 로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.34$ ). 세조각의 증가량도 CustomVue PRK군과 EX500 PRK군에서 각각 평균  $-0.01 \pm 0.07$ ,  $-0.01 \pm 0.01$ 로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.67$ ).

## 고 찰

웨이브프론트 기술이 처음 안과에 접목되었을 때, 많은 술자들이 파면분석술을 통해 정밀하고 정확한 안구의 광학적 정보를 굴절 교정수술에 적용시키면 2.0 이상의 시력이 나올 것으로 기대하였다. 하지만 사람의 눈은 광학적으로 완전하지 않고, 사람 눈이 가지는 고위수차는 나이, 동공의 직경, 조절 상태 등의 여러 요인에 의해 변화하므로 항상 일정한 값을 얻기가 어렵다.<sup>6</sup> 또한 굴절 교정수술 후 각막의 비구면성의 변화에 의해 고위수차가 증가하기 때문에 완벽한 시력에는 한계를 갖게 된다.

굴절 교정 수술 후 관찰되는 고위수차의 증가는 불빛 번짐, 대비감도 감소, 눈부심 등 시력의 질을 저하시키는 요인으로 알려졌다.<sup>16</sup> 특히 구면수차는 점상감도분포함수(point spread function)와 변조전달함수(modulation transfer function)의 기능 저하에 많은 영향을 미치며, 시력의 질 저하와 강한 상관관계가 있는 것으로 보고되었다.<sup>9</sup>

일반적으로 굴절교정수술 후에 고위수차는 증가하는 것으로 알려졌으며, 고식적인 굴절교정수술에서는 근시, 난시와 같은 저위수차만 교정을 하기 때문에 코마와 구면수차 같은 고위수차가 증가하게 된다. 이러한 고위수차를 줄이기 위해 웨이브프론트 기술이 도입이 되었고, 국내 여러 보고에서 웨이브프론트 방식이 고식적인 굴절교정수술보다 고위수차의 증가를 줄인다고 발표하였다.<sup>6,17,18,19</sup>

웨이브프론트 방식에는 크게 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식이 있으며, 아직 국내에서는 두 방식을 직접적으로 비교 분석하여 술 후 결과를 보고한 논문은 없었다. 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트

최적화 방식을 비교한 해외 연구들을 보면, Hong et al<sup>17</sup>과 Awwad et al<sup>20</sup>은 웨이브프론트 가이드 방식이 웨이브프론트 최적화 방식보다 통계적으로 유의하게 고위수차 증가가 작다고 보고하였다. Padmanabhan et al<sup>11</sup>도 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식의 비교에서 시력, 구면대응치에서는 차이가 없었으나, 고위수차 증가면에서 통계적으로 유의하게 웨이브프론트 가이드 방식이 유리하다고 보고하였다. Stonecipher and Kezirian<sup>15</sup>도 비슷한 결과를 보고하였고, 술 전 총 고위수차가 높았던 환자에서만 웨이브프론트 가이드 방식이 유리하다고 하였다. 반대로 Tran and Shah<sup>21</sup>는 두 방식간의 차이가 없다고 보고하였고, Perez-Straziota et al<sup>10</sup>도 고위수차에서 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식 간의 차이가 없다고 하였다.

본 연구에서는 국내에서 널리 사용되는 웨이브프론트 가이드 방식의 VISX사의 S4 CustomVue<sup>®</sup>와 웨이브프론트 최적화 방식의 ALCON사의 WaveLight<sup>®</sup>EX500을 비교해 보았으며, 모든 환자에서 각막의 혼탁이나 감염 등 수술과 관련된 합병증은 없었다. 라식군과 PRK군 모두 수술 후 나안시력, 교정시력, 술 후 구면대응치에 있어서 두 방식 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

술 후 전체 고위수차의 증가량은 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 코마수차, 세조각 수차에서도 두 방식 간의 차이가 없었다. 하지만 구면수차의 증가량은 라식군과 PRK군 모두에서 웨이브프론트 최적화 방식이 웨이브프론트 가이드 방식에 비해 통계적으로 유의하게 작았다.

본 연구 결과에서는 웨이브프론트 가이드 방식이 고위수차 면에서 웨이브프론트 최적화 방식보다 우수하지 않았다. 오히려 구면수차 면에서는 웨이브프론트 최적화 방식이 더 많은 장점을 보였다. 이는 각막굴절교정수술 후 유발되는 구면수차로 설명할 수 있다. 일반적으로 중등도 이상의 근시에서는 각막 절삭량이 더 많아지게 되고, 이로 인한 각막 고유의 비구면성의 변화가 구면수차를 유발하게 된다. 그러므로 술 전 웨이브프론트 분석에 의한 웨이브프론트 가이드 방식의 절삭보다는 각막 고유의 비구면성을 고려한 웨이브프론트 최적화 방식의 절삭이 술 후 구면수차의 유발을 덜 시키게 된다.<sup>10</sup>

또한 웨이브프론트 가이드 방식이 술 전 웨이브프론트 분석을 통해 환자마다 개별적인 레이저 조사를 시행하는 방식임에도 불구하고 웨이브프론트 최적화 방식에 비해 시력, 구면대응치, 고위수차 면에서 이점이 없었다. 또한 웨이브프론트 가이드 방식은 웨이브프론트 최적화 방식에 비해 술 전 웨이브프론트 분석이 필수적이고 웨이브프론트 분석

은 심한 건성안, 동공이 작을 때, 현성굴절검사와의 불일치, 환자의 협조가 잘 되지 않을 때 정확한 측정이 불가능해진다. 반면, 웨이브프론트 최적화 방식은 웨이브프론트 가이드 방식에서 필수적인 웨이브프론트 분석이 필요하지 않고, 사용하기 편리하다.<sup>10</sup> 그래서 현재 일반적으로 술 전 고위수차가 높은 사람은 웨이브프론트 가이드 방식으로, 절삭량이 많은 고도 근시에서는 각막 고유의 비구면성을 고려한 웨이브프론트 최적화 방식을 사용하고, 불규칙 각막에서는 각막지형도 유도 절삭을 하고 있다.<sup>22,23</sup>

본 연구는 술 전 고위수차 및 구면대응치가 비슷한 군을 대상으로 연구하였고, 고도근시를 제외하였다 하더라도 두 엑시머 레이저의 절삭 깊이, 이행부를 포함한 절삭 범위 차이 등 기계 변수가 미칠 수 있는 영향에 대해서는 고려되지 않은 상태이므로 본 연구 결과를 모든 굴절 교정 수술에 일반화시켜 적용하기에는 다소 제한점이 있다.

본 연구는 아직 국내에 보고되지 않은 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식의 서로 다른 기종에 의한 수술 결과를 직접 비교하여, 비구면도에 따른 절삭을 원리로 하는 웨이브프론트 최적화 방식이 웨이브프론트 가이드 방식과 비교하여 고위수차에서 큰 차이를 보이지 않는 점을 알아본 바에서 의의가 있다고 생각한다.

결론적으로 레이저 각막 굴절교정수술에서 웨이브프론트 가이드 방식이나 웨이브프론트 최적화 방식 모두 술 후 시력차이를 보이지 않았으나, 웨이브프론트 최적화 방식을 이용한 각막 굴절교정수술이 웨이브프론트 가이드 방식보다 고위수차 증가는 차이가 없었고 구면수차의 증가는 적은 것으로 나타났다. 다만, 보다 정확한 결과를 얻기 위해서는 향후 보다 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Netto MV, Dupps W Jr, Wilson SE. Wavefront-guided ablation: evidence for efficacy compared to traditional ablation. *Am J Ophthalmol* 2006;141:360-8.
- 2) Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. *J Refract Surg* 2002;18:S652-60.
- 3) Netto MV, Ambrósio R Jr, Shen TT, Wilson SE. Wavefront analysis in normal refractive surgery candidates. *J Refract Surg* 2005;21:332-8.
- 4) Yoon G, Macrae S, Williams DR, Cox IG. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:127-35.
- 5) Roberts C. Biomechanics of the cornea and wavefront-guided laser refractive surgery. *J Refract Surg* 2002;18:S589-92.
- 6) Ahn SM, Seok SS, Park CY. Considering spherical aberration in choosing the wavefront map for laser vision correction. *J Korean*

- Ophthalmol Soc 2011;52:147-56.
- 7) Mirafab M, Seyedian MA, Hashemi H. Wavefront-guided vs wavefront-optimized LASIK: a randomized clinical trial comparing contralateral eyes. J Refract Surg 2011;27:245-50.
  - 8) Buzzonetti L, Iarossi G, Valente P, et al. Comparison of wavefront aberration changes in the anterior corneal surface after laser-assisted subepithelial keratectomy and laser in situ keratomileusis: preliminary study. J Cataract Refract Surg 2004;30:1929-33.
  - 9) Chalita MR, Chavala S, Xu M, Krueger RR. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. Ophthalmology 2004;111:447-53.
  - 10) Perez-Staziota CE, Randleman JB, Stulting RD. Visual acuity and higher-order aberrations with wavefront-guided and wavefront-optimized laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2010;36:437-41.
  - 11) Padmanabhan P, Mrochen M, Basuthkar S, et al. Wavefront-guided versus wavefront-optimized laser in situ keratomileusis: contralateral comparative study. J Cataract Refract Surg 2008;34:389-97.
  - 12) Racine L, Wang L, Koch DD. Size of corneal topographic effective optical zone: comparison of standard and customized myopic laser in situ keratomileusis. Am J Ophthalmol 2006;142:227-32.
  - 13) Zhou C, Chai X, Yuan L, et al. Corneal higher-order aberrations after customized aspheric ablation and conventional ablation for myopic correction. Curr Eye Res 2007;32:431-8.
  - 14) Brint SF. Higher order aberrations after LASIK for myopia with alcon and wavelight lasers: a prospective randomized trial. J Refract Surg 2005;21:S799-803.
  - 15) Stonecipher KG, Kezirian GM. Wavefront-optimized versus wavefront-guided LASIK for myopic astigmatism with the ALLEGRETTO WAVE: three-month results of a prospective FDA trial. J Refract Surg 2008;24:S424-30.
  - 16) Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T. Clinical results of wavefront-guided laser in situ keratomileusis 3 months after surgery. J Cataract Refract Surg 2001;27:201-7.
  - 17) Hong JT, Lee JE, Kim JY, et al. Clinical results of wavefront-guided LASIK. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:1438-44.
  - 18) Lee SM, Lee MJ, Kim MK, et al. Comparison of changes in higher-order aberrations between conventional and wavefront-guided PRK. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:1028-35.
  - 19) Moshirfar M, Espandar L, Meyer JJ, et al. Prospective randomized trial of wavefront-guided laser in situ keratomileusis with the CustomCornea and CustomVue laser systems. J Cataract Refract Surg 2007;33:1727-33.
  - 20) Awwad ST, Bowman RW, Cavanagh HD, McCulley JP. Wavefront-guided LASIK for myopia using the LADAR CustomCornea and the VISX CustomVue. J Refract Surg 2007;23:26-38.
  - 21) Tran DB, Shah V. Higher order aberrations comparison in fellow eyes following intraLase LASIK with wavelight allegretto and customcornea LADARvision4000 systems. J Refract Surg 2006;22:S961-4.
  - 22) Kulkamthorn T, Silao JN, Torres LF, et al. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis in the treatment of high myopia by using the CustomVue wavefront platform. Cornea 2008;27:787-90.
  - 23) Reinstein DZ, Neal DR, Vogelsang H, et al. Optimized and wavefront-guided corneal refractive surgery using the Carl Zeiss Meditec platform: the WASCA aberrometer, CRS-Master, and MEL80 excimer laser. Ophthalmol Clin North Am 2004;17:191-210.

## = 국문초록 =

# 각막굴절수술에서 웨이브프론트가이드와 웨이브프론트최적화 방식의 고위수차 및 시력의 비교

**목적:** 레이저 각막 굴절교정수술에서 웨이브프론트 가이드 방식과 웨이브프론트 최적화 방식에 따른 안구 수차 변화의 정도와 시력을 비교하고자 하였다.

**대상과 방법:** 웨이브프론트 가이드 방식의 VISX S4 CustomVue®와 웨이브프론트 최적화 방식인 WaveLight® EX500를 이용하여 라식 또는 굴절교정레이저각막절제술(photorefractive keratectomy, PRK)을 양안 동시에 시행한 네 군에서 술 전, 술 후 나안 및 교정시력, 현성 굴절검사 및 술 후 3개월째에 고위수차의 변화량을 술 전과 비교분석하였다.

**결과:** 각 네 군당 50명의 100안씩을 대상으로 술 후 나안 및 교정시력과 현성 굴절검사에 의한 구면대응치, 전체 고위수차의 값은 네 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 고위수차 중 구면수차는 웨이브프론트 최적화 방식을 이용한 라식군과 PRK군에서 웨이브프론트 가이드 방식을 이용한 라식군 및 PRK군에 비해 유의하게 더 적은 증가치를 보였다.

**결론:** 레이저 각막 굴절교정수술에서 웨이브프론트 가이드 방식이나 웨이브프론트 최적화 방식 모두 술 후 시력차이를 보이지 않았다. 하지만 구면수차 면에서는 웨이브프론트 최적화 방식이 더 적은 수차를 보였다.

<대한안과학회지 2014;55(4):480-485>