

엑시머레이저각막절제술(PRK)과 레이저각막절삭가공성형술(LASIK) 후 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이 분석

이재범 · 이경섭 · 이동호 · 김응권

= 요약 =

엑시머레이저각막절제술(PRK), 레이저각막절삭가공성형술(LASIK) 시행 전과 후에 자동굴절검사(CANON RK-3)를 시행한 후 이를 수동굴절검사와의 차이를 비교 분석하여 자동굴절검사의 정확성 및 유용성을 알아 보았다. 엑시머레이저 근시교정술을 받은 50명(96안)의 대상안을 PRK(57안), LASIK(39안)으로 각각 나누어 수술 3개월 후에 조사한 결과, PRK, LASIK 모두에서 자동굴절검사가 수동굴절검사에 비하여 좀더 근시 방향으로 편위되고, 난시값은 더 높게 나왔으나($P<0.05$) 난시축에는 별 차이가 없었다. 그 이외에 수술시에 발생하는 다른 인자를 조사한 결과, 이러한 차이는 엑시머레이저 절제 직경과는 차이가 없었으나 절제량이 많을수록($100\mu\text{m}$ 이상) 난시값의 차이가 많았다($P<0.05$). 또한 중심 이탈이 클수록(0.25mm 이상), 수술 방법으로는 PRK보다 LASIK 후에 난시값과 난시축의 차이가 있었는데 이 모두 통계학적으로 의미가 있었다($P<0.05$). 그러므로 PRK 혹은 LASIK 전에 자동굴절검사기에 의존하기보다 수동굴절검사의 결과로 수술량을 결정해야 하고 근시교정술을 한 다음 정확한 환자의 상태를 측정하거나 부족 교정 혹은 과 교정으로 재수술을 고려할 경우에는 반드시 자동굴절검사보다 수동굴절검사를 시행하여 절제량을 결정하여야 하겠다. 특히 절제량이 많았거나 중심 이탈이 큰 경우, 또 LASIK 시행한 경우에 더욱 더 주의를 기울여야 하겠다 (한안지 40:346~353, 1999).

= Abstract =

Difference of the Accuracy between Autorefraction and Subjective Refraction in Photorefractive Keratectomy (PRK) and LASIK-Treated Eyes

<접수일 : 1998년 7월 24일, 심사통과일 : 1998년 9월 18일>

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능개발 연구소

Address reprint requests to Jae Bum Lee, M.D.

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yong-Dong Severance Hospital,
Yonsei University College of Medicine, #146-92, Dogock-dong, Kangnam-gu, Seoul, 135-270, Korea
Tel : 82-2-3497-3440, Fax : 82-2-3463-1049

* 이 논문의 요지는 1998년 미국 백내장 굴절수술학회에서 포스터로 발표되었고, 제 80차 대한안과학회 춘계학술대회에서 구연 발표되었음.

Jae Bum Lee, M.D., Kyoung Seob Lee, M.D.,
Dong Ho Lee, M.D., Eung Kweon Kim, M.D.

Authors decided to test whether differences occurred in automated and subjective refraction in untreated, PRK, and LASIK-treated eyes. Ninety six eyes of 50 patients(96 eyes) who underwent PRK(57 eyes) or LASIK(39 eyes) for myopia and myopic astigmatism were routinely autorefracted with the CANON RK-3 before subjective refraction was done, using several parameters. This two procedures were done preoperation and 3 months after operation. In comparing the postoperative(PRK, LASIK) results, automated refraction showed more myopia and higher cylinder power, without significant difference in refractive axis, than those of subjective measurement. The difference was not occurred in terms of ablation diameter. The significant differences of cylinder power were found in the cases of large ablation depth(above 100 μ m), high degree of eccentric ablation(above 0.25 mm), LASIK operation. The significant differences of cylinder power and axis were found in the cases of high degree of eccentric ablation(above 0.25 mm). So we recommend the method of subjective refraction before PRK and LASIK operation instead of using automated refraction. Postoperatively, we also should evaluate the postoperative status of the patient by subjective refraction. And we should decide the amount of ablation in case of retreatment by subjective refraction, instead of autorefraction. We have to be cautious of evaluating the automated refraction results after operation, especially in cases of large ablation depth, high degree of eccentric ablation, and LASIK(J Korean Ophthalmol Soc 40:346~353, 1999).

Key Words : Automated refraction, PRK, LASIK, Subjective refraction

1970년대 초 Safir 등에 의해^{1,2)} 자동굴절검사가 안과 영역에 사용이 된 이후 신속성, 간편성 때문에 현재 많이 이용되어짐에 따라 정상안을 통하여 이 검사의 정확성, 재현성을 평가하기 위해 여러 연구들이 시행되어 왔다. 한편 각막의 형태가 바뀌는 근시교정술 후에 검사의 정확성을 알아보기 위해 Russel 등은³⁾ 방사상각막절개술 후 자동굴절검사가 수동굴절검사에 비해 구면렌즈대응치가 근시 쪽으로 편위되어 있음을 보고한 바 있다. 한편 Karin 등은⁴⁾ 엑시머레이저 PRK 후 자동굴절검사가 수동굴절검사에 비해 spherical power 값이 근시 쪽으로 편위되어 있으며, 난시값은 그 값이 더 크게 나와 두 검사 사이에 통계학적으로 의미있는 차이가 있다고 보고한 바 있다. 이에 저자들은 엑시머레이저 PRK 뿐만 아

니라 최근 고도근시 환자에서 많이 시술되고 있는 LASIK 수술 전과 후에 자동 굴절 검사기의 유용성 및 정확성을 알아보기 위해 수동굴절 검사와 비교하여 알아보고 또한 수술시 발생하는 여러 가지 변화 인자를 통하여 이에 따르는 두 검사 사이의 굴절값의 차이 정도를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 10월부터 1998년 3월까지 연세대학교 영동세브란스병원을 방문하여 근시 교정술을 시행 받은 50명 96안을 대상으로 분석하였다. 남자가 9명(17안), 여자는 41명(79안)이었고 우안 47안(49.0%), 좌안 49안(51.0%)이었으며 평균 나이는 29.9 ± 6.6 세(22-54세)였다. 엑시머레이저

PRK를 시행한 군은 57안(59.4%)이었으며, LASIK을 시행한 군은 39안(40.6%)이었다. 엑시머레이저 PRK를 시행한 군의 조절 마비 후 굴절 검사의 평균 굴절 상태는 $-4.75 \pm 1.68D$ 이었으며, LASIK군은 $-8.54 \pm 3.64D$ 이었다. 모든 환자에서 수술 전 검사로 병력, 나안 시력, 최대 교정시력, 세극등 검사, 안압 측정, 안저 검사 등의 일반적 안과 검사 및 CANON RK-3(Kanagawa, Japan)를 이용한 자동굴절검사, 검영법에 의한 현성굴절검사, 조절마비굴절검사, 조절마비 후 굴절검사, 각막두께검사, 각막형태검사(corneal topography) 등을 시행하였다. 수술 전 콘택트렌즈를 착용한 환자에서는 적어도 소프트렌즈의 경우는 2주, 하드콘택트렌즈는 3주 이상 착용을 중지한 후 상기 검사를 시행하였다. 안과 검사상 원추각막, 망막질환, 포도막염, 자가면역질환, 백내장, Keloid성 체질 등의 경우는 수술 대상에서 제외시켰다.

굴절검사 중 자동굴절검사는 CANON RK-3를 이용하여 3회 반복 시행한 값의 평균값을 이용하였고, 수동굴절검사는 숙련된 한명에 의해 시행되었으며, 엑시머레이저 PRK 및 LASIK은 한명의 술자(J. B. Lee)에 의해 시행하여 수술 전과 수술 후 3개월에 각각 시행한 다음 비교하였다. 본원에서 사용한 엑시머레이저(Coherent-Schwind keratom II, Neuostheim, Germany)는 레이저를 조사 직경은 8mm 크기까지 레이저를 조사할 수 있도록 구멍이 있는 강철 띠 등의 구조를 통하여 환자 각막에 레이저가 조사되도록 이루어져 있다. 엑시머레이저 PRK 수술의 경우, 0.5% proparacaine을 점안하여 국소 마취한 다음 개검기로 안검을 벌리고 동공의 중심을 sinskey hook로 표시한 후, 7mm optic zone marker로 수술 부위를 지정하고 Beaver® blade를 이용하여 각막 상피를 기계적으로 제거한 후, 에너지 밀도 $220mJ/cm^2$, 반복율 13Hz로 레이저 조사하였다. 레이저 조사 후 치료용콘택트렌즈를 시술한 각막 위에 덮고 각막상피가 완전히 재생될 때까지 2시간마다 0.3% ofloxacin(삼일 제약), 비스테로이드성 항염증제인 Optanac®(삼일 제약)을 점안하였으며 상피 재생이 끝난 다

음부터 0.3% ofloxacin과 0.1% flurolometholone(삼일 제약)를 매일 4회씩 점안하기 시작하여 절제량, 각막혼탁 정도에 따라 5-6개월 걸쳐 점차 감량하여 사용하였다. LASIK 수술은 suction ring을 이용하여 안구를 고정한 다음 barraquer tonometer로 안압이 65mmHg 이상인 것을 확인 후 automated microkeratome (Automated Corneal shaper®, Chiron Vision, USA)을 이용하여 160 μ m 두께를 가진 비축 기저의 각막절편을 만들어 경첩모양으로 짓혀둔 후(hinge technique), 환자의 근시 도수에 해당하는 양만큼 레이저 조사 후 각막 본체의 표면과 각막 절편을 평형염액(balanced salt solution)으로 충분히 세척한 다음 spatula를 이용하여 각막 절편을 원위치시키고 각막 절편이 밑의 각막 실질과 충분히 붙을 수 있도록 약 5분간 건조시키고 각막 절편의 탈락 예방과 보호를 위해 안대를 대주었고 0.3% ofloxacin과 0.125% prednisolone(중근당) 점안액을 수술 다음날부터 매일 4회씩 시작하여 약 1개월 동안 1주 간격으로 점점 줄여 사용하였다. 엑시머레이저 PRK, LASIK 방법 모두에서 술전 근시 정도, 술전각막의 두께, 술전 어두운 곳에서의 동공 크기를 고려하여 레이저 조사의 직경 크기와 절제깊이를 선택하였다.

수술 후 경과 관찰은 첫 한달 동안 2주에 한번, 그 후는 매 2개월에 한번씩 관찰했으며 내원 시 마다 나안 시력, 세극등 검사, 안압 측정 등의 일반적 안과 검사 및 CANON RK-3를 이용한 자동굴절검사, 검영법에 의한 현성굴절검사, 각막두께검사, 각막형태검사(corneal topography) 등을 시행하였다. 대상 환자는 절제량에 따라 3군(50 μ m 이하, 51-99 μ m, 100 μ m 이상)로, 조사 beam의 직경은 근시와 난시 절제 직경의 평균값으로 역시 3군(5.99mm 이하, 6.00-6.49mm, 6.5mm 이상)으로 나누고, 각막중심이탈 정도는 수술 1개월 후에 각막형태검사상 중심이탈 정도를 조사하여 2군(0.25mm 이하, 0.25mm 초과)으로, 또한 수술 방법(PRK, LASIK)에 따라 수동굴절검사와 자동굴절검사의 차이가 있는지 각각 조사하였다.

자료는 데이터베이스에 입력한 후 Statistical analysis software(SAS institute, Cary, NC) 를 이용하여 unpaired t-test, repeated measures of ANOVA test로 통계 분석하였으며 결과는 P값이 0.05 미만일 때 통계적으로 의미있다고 판단하였다.

결 과

엑시머레이저 PRK, LASIK 수술 전 후에 각각 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이를 구면렌즈대응치(spherical equivalence), 근시값(spherical power), 난시값, 난시축에 따라 각각 비교하였다. 근시값, 난시값 차이 정도가 ± 0.5 Diopter와 ± 1.0 Diopter 사이에 있는 백분율과 난시축 값의 차이가 $\pm 10^\circ$ 와 $\pm 20^\circ$ 사이에 있는 백분율을 보면 Table 1과 같으며 수술 전 보다 수술 후에, 엑시머레이저 PRK 보다 LASIK인

Table 1. Autorefractive accuracy determined by cumulative percentage of patients

Refractive Component	$\pm 0.5D/10^\circ$ (%)	$\pm 1.0D/20^\circ$ (%)
Untreated eyes		
Spherical power	85%	90%
Cylinder power	82%	93%
Cylinder axis	69%	83%
PRK-treated eyes		
Spherical power	40%	65%
Cylinder power	41%	78%
Cylinder axis	25%	46%
LASIK-treated eyes		
Spherical power	32%	59%
Cylinder power	35%	65%
Cylinder axis	27%	50%

D : Diopter

PRK : Photorefractive keratotomy

LASIK : Laser In Situ Keratomileusis

*Values are given as cumulative percentage of patients being autorefracted within half a diopter and 1D of subjective refraction power: axis determination is given as percentage of patients whose values are within 10° and 20° of subjective determination

Table 2. Preoperative and postoperative(PRK and LASIK) mean differences of refractive power and axis between automated and subjective refraction

Refractive Component	Preoperation	Postoperation
Spherical equivalence	0.24 ± 2.18	$-0.47 \pm 0.53^*$
Spherical power	0.14 ± 0.47	$-0.75 \pm 0.57^*$
Cylinder power	0.21 ± 0.53	$0.54 \pm 0.59^*$
Cylinder axis	5.70 ± 28.26	10.15 ± 35.18

*P < 0.05

*Values are given as mean \pm SD differences of refractive power(in diopters) and axis(in degree) between automated and subjective refraction. The subjective measurement value is always subtracted from the automated measurement value: therefore, negative numbers slightly more myopia as measured by the autorefractometer. Cylinder power is measured in the plus mode.

Table 3. Postoperative mean differences of refractive power and axis between automated and subjective refraction according to the different ablation diameters

Refractive Component	5.00-5.99mm	6.00-6.49mm	6.50mm 이상
Spherical equivalence	-0.52 ± 0.55	-0.47 ± 0.14	-0.45 ± 0.58
Spherical power	-0.80 ± 0.59	-0.75 ± 0.49	-0.73 ± 0.55
Cylinder power	0.61 ± 0.58	0.54 ± 0.47	0.60 ± 0.51
Cylinder axis	10.55 ± 30.54	9.02 ± 30.55	10.51 ± 37.50

*Values are given as mean \pm SD differences of refractive power(in diopters) and axis(in degree) between automated and subjective refraction. The subjective measurement value is always subtracted from the automated measurement value: therefore, negative numbers slightly more myopia as measured by the autorefractometer. Cylinder power is measured in the plus mode.

Table 4. Postoperative mean differences of refractive power and axis between automated and subjective refraction according to the different ablation depth

Refractive Component	Below 50 μ m	51-99 μ m	Above 100 μ m
Spherical equivalence	-0.50 \pm 0.66	-0.48 \pm 0.70	-0.49 \pm 1.15
Spherical power	-0.70 \pm 0.66	-0.78 \pm 0.89	-0.77 \pm 0.99
Cylinder power	0.45 \pm 0.65	0.60 \pm 0.59	0.88 \pm 0.69*
Cylinder axis	10.09 \pm 30.95	10.55 \pm 40.11	10.51 \pm 39.16

*P < 0.05

*Values are given as mean \pm SD differences of refractive power(in diopters) and axis(in degree) between automated and subjective refraction. The subjective measurement value is always subtracted from the automated measurement value: therefore, negative numbers slightly more myopia as measured by the autorefractometer. Cylinder power is measured in the plus mode.

Table 5. Postoperative mean differences of refractive power and axis between automated and subjective refraction in different degree of eccentric ablation

Refractive Component	below 0.25mm	above 0.26mm
Spherical equivalence	-0.50 \pm 0.69	-0.46 \pm 0.45
Spherical power	-0.71 \pm 0.75	-0.80 \pm 0.66
Cylinder power	0.43 \pm 0.57	0.68 \pm 0.54*
Cylinder axis	8.09 \pm 35.94	12.50 \pm 33.88*

*P < 0.05

*Values are given as mean \pm SD differences of refractive power(in diopters) and axis(in degree) between automated and subjective refraction. The subjective measurement value is always subtracted from the automated measurement value: therefore, negative numbers slightly more myopia as measured by the autorefractometer. Cylinder power is measured in the plus mode.

경우에 자동 및 수동 굴절 검사의 차이가 많이 나타났다. 또 엑시머레이저 PRK, LASIK 수술 전과 후의 모든 환자에서 볼 때 술 후에 구면렌즈대용치가 자동굴절검사에서 좀더 근시 쪽으로 편위되고, 난시값의 절대치도 높았으나(p<0.05) 난시축에는 별 차이가 없었다(Table 2). 조사 beam의 직경에 따른 분류에 있어서는 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이를 발견할 수 없었고, 통계학적 의의도 없었다(Table 3). 엑시머 레이저의 절제량에 따른 비교에 있어서 100 μ m 이상 절제된 경우에 50 μ m 이하, 51-99 μ m 사이의 두 군에 비하여

Table 6. Mean differences of refractive power and axis between automated and subjective refraction in PRK and LASIK-treated eyes

Refractive Component	PRK	LASIK
Spherical equivalence	-0.43 \pm 0.75	-0.55 \pm 0.88
Spherical power	-0.70 \pm 1.02	-0.79 \pm 0.78
Cylinder power	0.52 \pm 0.56	0.69 \pm 0.55*
Cylinder axis	8.78 \pm 40.30	12.31 \pm 30.51*

*P < 0.05

PRK: Photorefractive keratectomy

LASIK: Laser In Situ Keratomileusis

*Values are given as mean \pm SD differences of refractive power(in diopters) and axis(in degree) between automated and subjective refraction. The subjective measurement value is always subtracted from the automated measurement value: therefore, negative numbers slightly more myopia as measured by the autorefractometer. Cylinder power is measured in the plus mode.

난시값에서 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이가 통계학적 의의가 있었다(Table 4). 중심 이탈 정도에 따른 비교에 있어서 중심에서 벗어난 정도가 클수록(0.26mm 이상) 난시값 및 난시축에 있어 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이가 통계학적 의의가 있었다(Table 5). 수술 방법에 따른 비교에 있어서 LASIK의 경우 난시값과 난시축에 있어 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이가 통계학적 의의가 있었다(Table 6).

고 찰

엑시머레이저를 이용한 근시교정술은 현재 -6 디옵터 이내의 경도 및 중등도 근시안에 대하여 효과적이고 안정성이 있는 근시교정 방법으로 널리 사용되어지고 있다^{5,8)}. 그러나 근시교정술이 성공적으로 수행되기 위해서는 여러 가지 중요한 요소가 있으나 그 중에 수술 전 환자의 정확한 굴절 상태의 측정에 있고 그 측정 방법으로 자동굴절검사기를 이용한 방법은 수동굴절검사에 비해 정확하지는 않으나 그 간편성, 신속성, 사용하기에 간편하기 때문에 많이 이용되어지고 있다. 이러한 자동굴절검사는 처음으로 1970년대 초 Safir 등¹⁾에 의해 안과 영역에 소개된 이후 더욱 신속하고 정확하고 조작하기에 편리하도록 상업적으로 계속 개발되어 왔으며 이에 따르는 정확성, 재현성을 평가하기 위한 여러 연구들이 시행되어왔다. 현재 최근에 개발된 자동굴절검사기는 기계마다 차이는 있으나 대개 근시값은 ± 20 디옵터, 난시는 ± 10 디옵터, 난시축은 1도 단위로 측정할 수 있도록 고안되어 있다¹²⁾. Sunder 등은¹³⁾ 정상인 50안을 대상으로 한 연구에서 자동굴절검사기중 Allergan Humphrey 570(AH570)의 결과와 수동굴절검사를 비교하였을 때 전체 대상 환자에서 구면렌즈대응치의 경우는 78%, 난시값은 76%에서 $\pm 0.5D$ 차이를 보이며 난시축은 80%에서 ± 10 도 이내로 정상안의 경우 비교적 신속하면서 정확하게 굴절 상태를 파악할 수 있다고 하였다. 그러나 Wood 등은¹²⁾ 자동굴절검사를 실시한 총 378안 중 약 25%인 87안에서 수동굴절검사로는 측정 가능한 경우인데도 자동굴절검사로 그 측정치를 얻을 수 없거나 검사가 되지 않았다고 하였고 그 예를 분석하였는데 그 결과 특히 ± 10 디옵터 이상의 굴절 이상이 있거나, 인공수정체 삽입술 후, 매질 혼탁이 있을 때, 또 황반부 병변이 있는 경우라 하였다. 이렇게 측정이 되지 않는 이유로는 인공수정체 삽입술 혹은 매질 혼탁으로 인하여 자동굴절검사기에서 나오는 적외선빔의 반사(reflection)가 증가로 인하여 적외선빔이 산란 되어 많은 noise가 발생됨으로써 결

국 검사에 필요한 signal은 줄어들기 때문이며 이와 같은 여러 가지 상황의 경우, 자동굴절검사를 시행할 수 없거나, 부정확할 수 있음을 시사하고 있다.

최근에는 중심각막의 형태가 정상과 달라지게 되는 여러 가지 근시교정술 후에는 자동굴절검사의 결과의 유용성을 알아보기 위해 수동굴절검사와 그 결과를 비교한 보고가 있는데 Russel 등은³⁾ 방사상 각막 절개술(radial keratotomy) 후 자동굴절검사가 수동굴절검사에 비해 구면렌즈대응치가 근시 쪽으로 편위된다고 하였으며, Karin 등도⁴⁾ 엑시머레이저 PRK 후 자동굴절검사가 수동굴절검사에 비해 난시축의 차이는 없으나 근시값은 근시 쪽으로 편위되고, 난시값은 그 절대값이 더 높다고 하였고 그 차이는 통계학적으로 의의가 있다고 하였다. 그는 또 Nidek ARK2000과 Canon RK-3의 자동굴절검사의 경우, 엑시머레이저 PRK 수술 전과 후를 비교하였을 때 수술 후에 더 수동굴절검사의 결과와 차이가 크다고 하여, 특히 창상 치유 기간 동안은 자동 굴절 검사가 부정확하여 주의를 요한다고 하였다. 저자의 결과에서도 Table 1에서 보는 바와 같이 엑시머레이저 PRK, LASIK 모두에서 자동굴절검사치를 수동굴절검사와 비교할 때 술 전보다 술 후에 구면렌즈대응치, 난시값, 난시축에서 더 많은 차이가 있고 엑시머레이저 PRK 보다 LASIK시에 그 차이가 더 큼을 알 수 있었다. 이와같이 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이를 일으키는 인자로 생각되는 요소로 몇가지를 추정해 볼 수 있는데 첫째, 근시교정술 후 창상 치유 과정에서 각막 실질과 상피세포의 변화에 의해 기인할 수 있는데 Asill등은¹⁴⁾ 가토와 사람의 안구의 실험에서 엑시머레이저로 절제하지 않은 부위에 비하여 절제된 각막의 부분은 나중에 반흔을 형성하게 되어 생화학적, 미세 구조상 변화가 있다고 하였다. 즉 각막실질에 proteoglycan이 축적되고, 새로이 생성된 type III, VII collagen이 발견되는데 이러한 collagen fibril로 인하여 가토 각막의 구조가 disorganized되고 사람의 경우에는 여러 가지 직경의 fibril로 구성되어 결국 각막 혼탁을 유발하게

되고 이것이 자동굴절검사에 사용되는 적외선 빔의 반사(reflection)와 빛의 산란(light scattering)을 유발하여 검사의 정확성이 떨어진다고 하였다. 또 엑시머레이저 절제 후에 각막에서 주로 keratocyte에 의해 생성되어지는 hyaluronic acid에 의하여 각막에서 수분의 균형에 변화를 주어 lamellar disruption이 되기 때문에 이런 이유로 인하여 자동굴절검사의 정확성이 더 떨어질 수 있다고 하였다¹⁵. 둘째, 동공의 크기가 엑시머레이저 절제를 받은 안구에서 자동굴절검사의 결과에 영향을 미칠 수 있다는 점인데 실제로 Russel 등은³ 만일 동공의 크기가 엑시머레이저 조사 직경보다 큰 경우에 레이저로 절제된 부위와 절제되지 않은 부위의 가파른 경사부위에서 적외선 빔의 incidence와 reflection을 변화시킬 수 있다고 하였다. 그러나 저자의 경우 수술 전에 어두운 곳에서 미리 최대 동공의 크기를 측정하여 엑시머레이저 조사시 그 동공 크기보다 더 크게 조사하였으므로 동공 크기로 인하여 이러한 영향은 미미하였을 것이라고 추정된다. 셋째, 엑시머레이저 PRK의 경우, 수술 후의 창상 치유 과정에서 새로이 만들어진 각막상피세포의 두께가 일정한 크기로 재생되지 않음으로 인하여 불규칙한 각막 표면에 기인할 수도 있고 각막 실질의 수분의 변화에 의하여 각막의 굴절률의 변화에 기인할 수도 있었다^{14,15}. 넷째, 자동굴절검사시 수술 후 변화된 조절력에 의한 오차도 고려할 수 있는데 조등은¹⁶ 엑시머레이저 PRK받은 환자에서 술전 평균조절력이 6.91 ± 1.35 디옵터에서 술 후 3개월 시 7.93 ± 1.36 디옵터로 통계학적으로 유의한 증가가 있다고 하였는데 저자의 경우, 사용되어진 CANON RK-3 자동굴절검사기에는 이러한 조절을 배제하기 위해 autofogging mechanism을 채택하고 있기 때문에 자동굴절검사에 조절력에 발생에 의한 차이는 크지 않으리라 생각되어진다. 또한 저자는 근시교정술시에 수술시 고려할 수 있는 몇가지 변수에 대하여 조사하였는데 먼저 엑시머레이저 조사 직경 크기에 따른 비교에서는 자동굴절검사와 수동굴절검사의 차이가 거의 없었다. 그러나 레이저 절제량을 볼 때 $100\mu\text{m}$ 이상 많이 절제할 경우에 그

보다 적은 절제량에서 보다 난시값이 통계학적으로 의미있는 차이를 보였는데 이는 아마도 근시교정량이 클 경우 동공 중심으로부터의 중심이탈의 정도가 크고¹⁷ 또한 큰 각막절제량으로 인하여 경사가 급하게 형성됨에 기인한다고 추측된다. 수술 방법 중에는 엑시머레이저 PRK 보다 LASIK에서 그 차이의 정도가 큼을 알 수 있었는데 이는 아마도 LASIK이 좀 더 고도근시에 사용되어 절제량이 많은 이유로 생각되어진다. 또 레이저 절제술 후 중심이탈 정도가 클수록 난시값과 난시축의 차이가 컸는데 이는 아마도 중심이탈 정도가 큰 경우에 있어 레이저 절제 부위와 절제되지 않은 경계 부위를 적외선 빔이 통과하여 산란을 일으킨 결과라고 추측된다.

저자의 결과로 미루어볼 때, 엑시머레이저를 이용한 근시교정술 전에도 수동굴절검사와 자동굴절검사 사이에 차이가 있으므로 수술 전에 절제량을 결정할 때 수동굴절검사로 확인한 뒤에 수술함이 옳다고 할 수 있다. 또한 근시가 심한 고도근시의 경우, Seiler 등은¹⁸ 엑시머레이저 PRK 후 1,2년 사이에도 굴절 변화가 심하다고 보고하였으며, Kim 등도¹⁹ 1년 이후에도 계속되는 근시로의 이행을 보고하였는데 이와 같이 엑시머레이저를 이용한 근시교정술 후에 환자의 굴절량은 계속적으로 근시로의 이행이 있을 수 있으므로 지속적인 추적 관찰이 필요함을 시사하고 있다. 그러므로 고도근시와 같이 수술 시에 굴절량의 변화가 큰 경우, 수술 후에 정확한 환자의 상태를 알아보거나 부족 교정 혹은 과 교정으로 재수술을 고려할 경우에 환자의 정확한 굴절 상태를 파악하고자 할 때, 수동굴절검사를 이용하여 최대한의 교정시력을 얻을 수 있는 굴절값을 선택하여 재수술량을 결정하도록 해야겠다. 아울러 수술 후에 수술 환자의 레이저 절제량이 많았거나, 각막중심이탈 정도가 큰 경우, 또 LASIK 수술인 경우 수술 후에 자동굴절검사와 수동굴절검사값의 차이가 더 많이 나므로 더욱 더 세심한 주의를 기울여 이런 환자의 경우에는 자동굴절검사에 의존하지 말고 반드시 수동굴절검사를 통한 적극적으로 정밀한 검사가 필요하다고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Safir A, Knoll HA, Mohrmann R : *Automatic objective refraction* *Trans Am Acad Ophthalmol Otolarygol* 74:1266-75, 1970.
- 2) Wesemann W and Rassow B : *Automatic infra-red refractors a comparative study* *Am J Optom Physiol Opt* 64:627-38, 1987.
- 3) Russel GE, Berymanson JPG, Barbeito R, Cross WD : *Differences between objective and subjective refractions after radial keratotomy.* *Refract Corneal Surg.* 8:290-295, 1992.
- 4) Karin Döyo-Szerenyi, Lucy Wienecke, Urs Businger, Isaak Schipper : *Autorefractometry/ Autokeratometry and Subjective Refraction in Untreated and Photorefractive Keratectomy-Treated Eyes.* *Arch Ophthalmol.* 115:157-164, 1997.
- 5) Wu WCS, Stark WJ, Green WR : *Corneal wound healing after 193nm excimer laser keratectomy.* *Arch Ophthalmol* 109:1426-1432, 1991.
- 6) Trokel SL, Srinivasan R, Braren B : *Excimer laser surgery of the cornea.* *Am J Ophthalmol* 96:710-715, 1983.
- 7) Tenggroth B, Epstein D, Fagerholm P, Hamberg-Nystrom H, Fitzsimmons TD : *Excimer laser photorefractive keratectomy for myopia; clinical results in sighted eyes.* *Ophthalmology* 100:739-745, 1993.
- 8) Garty DS, Kerr Muir MG, Marshall J : *Excimer laser photorefractive keratectomy: 18-month follow-up.* *Ophthalmology* 99:1209-1219, 1992.
- 9) Seiler T, Wollensak J : *Myopic photorefractive keratectomy with the excimer laser-one year follow-up.* *Ophthalmology* 98:1156-1163, 1991.
- 10) McDonald MB, Frantx JM, Klyce SD, et al : *Central photorefractive keratectomy for myopia. The blind eye study.* *Arch Ophthalmol* 108:799-808, 1990.
- 11) Lawless MA, Cohen P, Roger C : *Excimer laser photorefractive keratectomy: the first Australian series.* *Med. J. Aust.* 156:812, 1992.
- 12) Wool ICJ : *A review of autorefractor.* *Eye* 36: 529-535, 1987.
- 13) Sunder Raj P, Villada JR, Lewis AE, Joyce PW, Watson A : *Comparative evaluation of the Allergan Humphrey 570 and Canon RK-1 autorefractors : I. Objective autorefractometry in normal subjects.* *Eye.* 6:284-286, 1992.
- 14) Roger CM, Lawiess MA, Cohen PR : *Photorefractive keratectomy for myopia of more than -10 diopters.* *Refract Corneal Surg.* 10(suppl) : S171-S173, 1994.
- 15) McDonnell PJ : *Excimer laser corneal surgery: new strategies and old enemies.* *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 36:4-8, 1995.
- 16) 조진만, 김완수, 이도용 : *엑시머레이저 각막연마술 후 조절과 입체시 기능의 변화.* *한안지* 38:1393-1400, 1997.
- 17) Schwartz-Goldstein BH, Hersh PS : *The Summit photorefractive keratectomy study group. Corneal topography of phase III excimer laser photorefractive keratectomy; optical zone centration analysis.* *Ophthalmology* 102:951-962, 1995.
- 18) Seiler T, Wollensak J : *Myopic photorefractive keratectomy with excimer laser One-year follow up.* *Ophthalmology.* 98:1156-1163, 1991.
- 19) Kim JH, Sah WJ, Kim MS, LEE YC, Park CK : *Three-year result of photorefractive keratectomy for myopia.* *Refract Corneal Surg.* 11:S11-16, 1995.