

## 213 nm 솔리드 레이저를 이용한 라식의 단기임상결과

임태형<sup>1</sup> · 최철영<sup>2</sup> · 김명준<sup>3</sup> · 김재용<sup>3</sup> · 차흥원<sup>3</sup>

한길안과병원<sup>1</sup>, 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 안과학교실<sup>2</sup>, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실<sup>3</sup>

**목적:** Solid state laser를 이용하여 경도, 중등도 근시에 대해 시행한 라식의 단기임상결과를 보고한다.

**대상과 방법:** 19명 38안을 대상으로 213-nm solid-state laser (Pulzar Z1<sup>TM</sup>, CustomVis<sup>TM</sup>, Australia)을 이용하여 라식을 시행하여 술 전과 술 후 1일, 1주, 1달, 3달, 6달에 각각 교정시력, 나안시력, 굴절 이상, 고위수차, 대비감도 등을 관찰하였다.

**결과:** 술 전의 평균 구면대응치와 난시는  $-3.27 \pm 0.85D$ ,  $+1.04D \pm 0.69D$ 였으며, 술 후 6개월째는  $-0.36 \pm 0.70D$ ,  $+0.14 \pm 0.20D$ 였다. 술 후 6개월째에 90% 환자에서 목표치에서 1D 내에 구면대응치가 존재하였다. 93% 환자에서 술 후 나안 시력이 0.8 이상이었으며 교정시력의 저하는 없었다. 전체 고위수차는 술 전  $0.196 \mu m$ 에서 술 후  $0.326 \mu m$ 으로 증가하였다. 대비감도는 술 전, 후의 유의한 차이는 없었다.

**결론:** Solid-state laser를 이용한 라식은 경도, 중등도 근시 환자에서 기존의 굴절교정수술들과 필적할 만한 안정성과 예측도를 가지며 기존의 장비를 대체할 수 있는 기기로 생각된다.

〈대한안과학회지 2009;50(6):826-830〉

레이저를 이용한 각막굴절교정수술은 이미 그 효과와 안전성이 입증되어 널리 사용되고 있는 수술방법이다. 각막을 레이저를 이용하여 절삭하기 위해서는(photoablation) 190 nm에서 220 nm 사이 파장의 광선을 이용하게 되며<sup>1</sup> 193 nm 파장을 이용하는 기기들이 널리 보급되어 사용되고 있다. Solid stateNd:YAG laser는 213 nm 파장을 이용한 엑시머레이저 기기로 기존에 사용되고 있는 193 nm 기기를 대체하기 위하여 개발되었고, CustomVis<sup>TM</sup>사의 Pulzar<sup>TM</sup> Z1이 상용화되었다. 이 solid state laser 기기는 diode pumped Nd:YAG laser로서 레이저를 발생시키는데 있어 독성이 있는 가스를 사용하지 않으며 때문에 이에 대한 독성 문제에 자유로울 수 있고 레이저 기기 자체의 크기도 작다. 실험적으로 그 안전성이 입증되었고,<sup>2,3</sup> 동물실험에서도 기존의 193 nm 기기와 비슷한 조직학적, 임상적 결과를 보임이 확인되었다.<sup>4-6</sup> 또한 213 nm 레이저의 각막 절삭 효과나 성상에 대해서도 연구가 진행되어 193 nm 기기와 동등한 효율 및 성상을 갖는 것으로 확인되었다.<sup>7,8</sup> 그리고 213 nm의 좀 더 긴 파장을 이용하므로 각막에 레이저 조사 시 각막의 수화

정도나 안구 표면의 수분 등 수술환경에 의한 영향도 193 nm의 레이저에 비해 적을 것으로 생각되고 있다.<sup>9,10</sup>

이와 같이 실험적으로 입증된 213 nm 기기의 안전성과 효용성을 바탕으로 실제 임상에서의 사용이 시도되고 있으며 양호한 임상결과들이 보고되고 있다.<sup>11-13</sup> 그러나 임상연구는 모두 해외에서 시행, 발표된 것으로 국내에서는 아직까지 시행, 발표된 적은 없다. 이에 본 연구에서는 국내에서 시행한 213 nm solid state laser를 이용한 굴절교정수술의 단기 결과를 보고하고자 한다.

### 대상과 방법

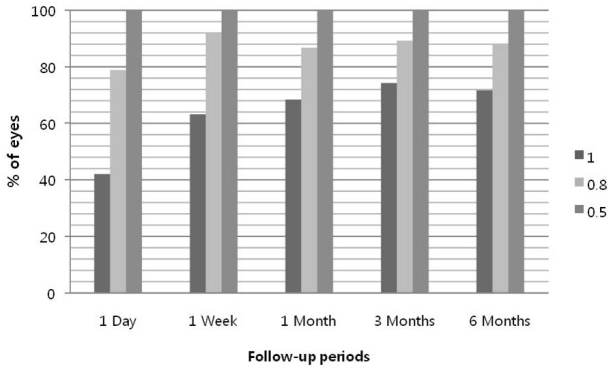
5디옵터(diopter, D) 미만의 근시와, 2D 미만의 난시를 가지고 있는 19명, 38안을 대상으로 213 nm solid state laser인 Pulzar<sup>TM</sup> Z1 (CustomVis<sup>TM</sup>, Australia)을 이용하여 2005년 6월부터 8월까지 라식(laser in situ keratomileusis)을 시행하였다. 수술 전에 시력과 굴절검사, 세극등현미경검사, 안저검사, 각막지형도 검사를 시행하여 라식을 시행함에 이상이 없음을 확인하였고 수술 후 잔여 각막두께가 300  $\mu m$  이상으로 추정되는 경우에만 수술을 진행하였다. 수술은 1명의 술자에 의하여 이루어졌으며 Hansatome<sup>®</sup> (B&L, USA)을 이용하여 140  $\mu m$  두께의 각막편을 만든 후 각막 기질 바탕에 대하여 Pulzar<sup>TM</sup> Z1 (CustomVis<sup>TM</sup>, Australia)을 이용해 6.0 mm 광학부로 각막을 절제하고 각막편을 다시 원래 위치에 고정시켰다. 수술 후 Levofloxacin (Cravit<sup>®</sup>, Santen, Japan)과 0.1% Fluorometholone (Flumetholone<sup>®</sup>,

■ 접 수 일: 2008년 6월 5일 ■ 심사통과일: 2009년 3월 10일

■ 통 신 저 자: 차 흥 원

서울시 송파구 풍납2동 388-1  
서울아산병원 안과  
Tel: 02-3010-3680, Fax: 02-470-6440  
E-mail: hwitchah@amc.seoul.kr

\* 본 논문의 요지는 2007년 미국백내장 굴절수술학회(ASCRS)에서 구연으로 발표되었음.



**Figure 1.** Uncorrected visual acuity (UCVA) after surgery. UCVA over 20/20 was presented in 63% at postoperative 1 week and 74% at postoperative 3 and 6 months. Uncorrected visual acuity over 20/25 was presented in about 90 % after postoperative 1 week.

Santen, Japan)를 환자의 근시 정도에 따라 용량과 점안 기간을 조절하여 사용하였다. 술 전, 술 후 1주, 1개월, 3개월, 6개월째에 시력, 굴절치, 대비감도, 고위수차(iTrace®, Tracey technology, USA)를 측정하여 비교하였다. 고위수차는 측정 후 5 mm 동공크기의 수차로 재계산하여 비교하였다.

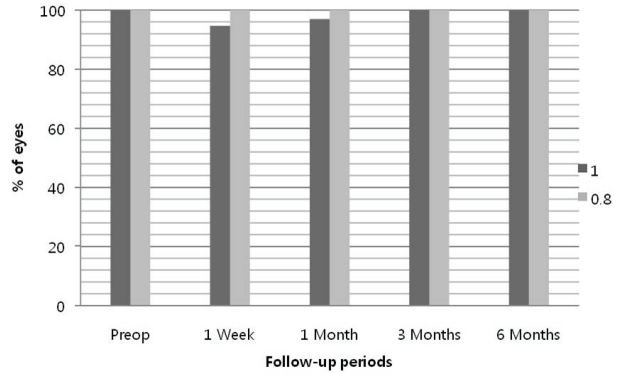
통계학적인 비교는 SPSS 13.0 (SPSS Inc., USA)을 이용하여 시행하였고  $p$ 값이 0.05 미만인 경우 의미 있는 차이로 간주하였다(Mann-Whitney U-test).

본 연구는 장비의 사용과 자료 수집 및 활용에 대하여 본원의 임상시험위원회로부터 승인을 얻었으며 환자로부터 승인된 동의서 양식을 이용하여 동의를 얻은 후 시행되었다.

## 결 과

대상환자의 평균연령은 30세였고(23~40세), 남녀 비는 10:9였다. 수술을 시행함에 있어 특별한 합병증은 없었으며 수술 후 감염이나 각막혼탁 등의 합병증은 발생하지 않았다.

술 전 교정시력은 모든 눈에서 1.0이었다. 수술 후 나안 시력은 술 후 1주째에 93%에서 0.8 이상이었고, 1.0 이상은 술 후 1주째에 63%, 술 후 1개월째에 68.4%, 술 후 3개월, 6개월째에 74%였다(Fig. 1). 교정시력의 경우 술 후 1주째에



**Figure 2.** Best corrected visual acuity (BCVA). BCVA over 20/25 was presented in all patients after post-operative 1 week. And there was no loss in BCVA compared with preoperative visual acuity.

모든 눈에서 0.8 이상, 술 후 3개월 이후에는 모든 눈에서 1.0 이상이었다. 수술 전과 비교하였을 때 술 후 교정시력이 저하된 경우는 없었다(Fig. 2).

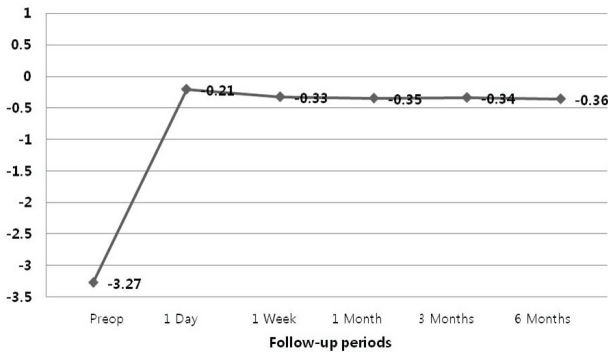
술 전 굴절이상의 구면대응치 평균은  $-3.27 \pm 0.85D$  (범위  $-1.50 \sim -4.75D$ ), 난시 평균은  $1.04 \pm 0.69D$  (범위  $0.00 \sim 1.75D$ )였다(Table 1). 수술 후 1주째 평균 구면대응치는  $-0.33 \pm 0.68D$ , 1개월, 3개월, 6개월째에 각각  $-0.35 \pm 0.68D$ ,  $-0.34 \pm 0.46D$ ,  $-0.36 \pm 0.67D$ 로 수술 1주일 후 시간에 따른 변화는 거의 없었다. 난시의 경우 수술 후 1주째  $0.21 \pm 0.28D$ , 수술 후 1개월, 3개월, 6개월째에 각각  $0.2 \pm 0.28D$ ,  $0.12 \pm 0.2D$ ,  $0.14 \pm 0.2D$ 로 역시 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 3, 4). 술 후 6개월째 90%에서 교정하고자 한 목표치에서 1D 내에 그 구면대응치가 존재하였다(34안).

대비감도의 경우 수술 전과 후를 비교하여 보았을 때 주간대비감도는 모든 공간주파수에서 대비 감도가 술 후 약간 감소하는 경향을 보였지만 통계학적으로는 주간, 야간대비감도에서 모두 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ , Fig. 5).

술 전 측정된 3차, 4차, 그리고 전체 고위수차는 각각  $0.176 \mu m$ ,  $0.096 \mu m$ ,  $0.196 \mu m$ 였으며, 술 후 3개월째에는 3차, 4차, 그리고 전체고위수차는 각각  $0.262 \mu m$ ,  $0.224 \mu m$ ,  $0.326 \mu m$ 으로 술 전과 비교하였을 때 통계학적으로 의미 있게 증가하였다(Table 2).

**Table 1.** Patient demographics and refractive data

M : F	10 : 9
Age (year)	$30.0 \pm 5.20$ (23~42)
Mean Spherical error (Diopter)	$-3.27 \pm 0.85$ ( $-1.5 \sim -4.75$ )
Mean Cylindrical error (Diopter)	$1.04 \pm 0.69$ ( $0 \sim 1.75$ )
Mean corneal thickness ( $\mu m$ )	$533.36 \pm 34.30$ (447~570)



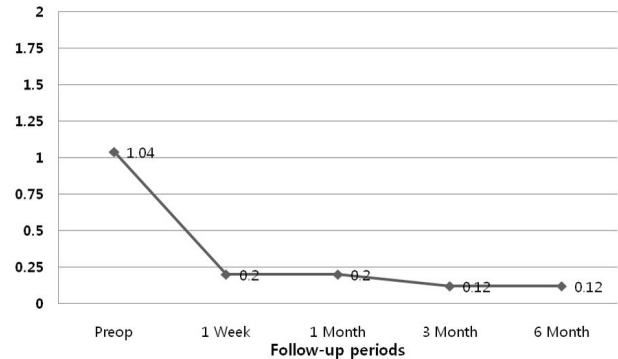
**Figure 3.** Changes of spherical error. Changes of post-operative refractive error were minimal after post-operative 1 week.

대상안 중 2안에서 술 후 1일째부터 -2D의 근시가 남아 있었고 수술 후 6개월까지 유지되어 재시술을 시행하였고 교정시력은 1.0이었다.

## 고 찰

Solid state laser 는 안정적으로 균일한 레이저를 발생시키는 기기로서<sup>7,8</sup> 가스를 사용하지 않으므로 가스로 인한 잠재적인 독성문제가 없고, laser의 파장이 길기 때문에 수분층을 상대적으로 잘 통과할 수 있어서 주변 환경이나 각막실질의 수화 정도에 영향을 덜 받는 장점을 가지고 있다.<sup>9,10,14</sup> 또한 각막 교원질이 흡수하는 파장과 보다 가까운 파장을 이용하므로 레이저 조사 시 효율적인 절삭률을 보일 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 213 nm의 레이저는 193 nm의 레이저보다 적은 열을 발생시키므로 이론적으로 각막 절삭시 수분이 증발되어 각막실질이 마름으로써 발생하는 환자의 주시이탈이 보다 적게 발생하게 된다.

이를 이용한 Pulzar<sup>TM</sup> Z1 (CustomVis<sup>TM</sup>)은 기기를 작동시키는데 있어 높은 전압을 필요로 하지 않기 때문에 에너지 효율적이며, 빠른 안구 추적이 가능하고, 0.6 mm의 작은 광점(laser spot) 크기로 300~400 Hz의 빠른 속도로 laser를



**Figure 4.** Changes of cylindrical error. There was little change of astigmatism after operation.

조사할 수 있기 때문에 각막 절삭을 시행함에 있어 각막의 구조적인 변화와 세포수준에서의 변화를 보다 덜 유발하고 부드러운 절삭면을 제공한다.<sup>15</sup>

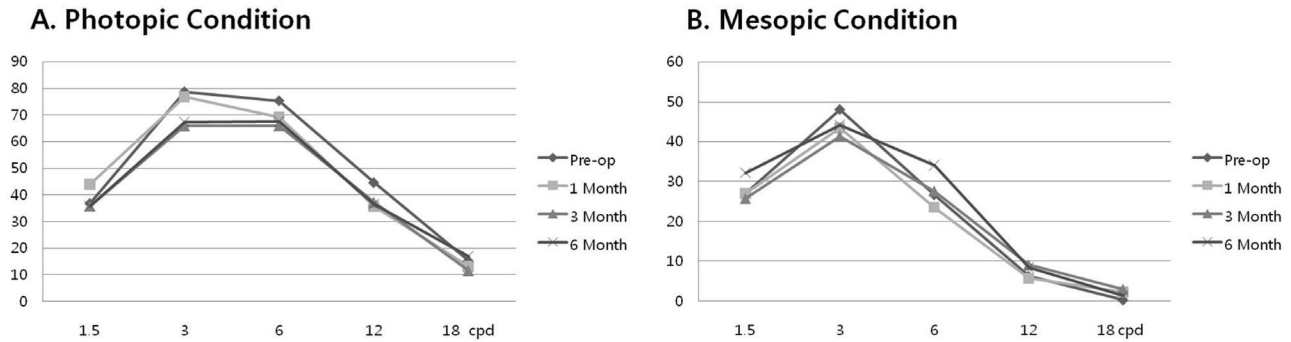
Solid state laser는 실험적으로 각막 상피, 실질세포, 내피세포에 대하여 그 안전성이 이미 입증되었고<sup>2,3,6</sup> 레이저를 이용하여 각막을 절삭한 경우 기존의 레이저 기기와 비슷한 각막 절삭효과 및 조직학적 반응을 보임이 확인되었다.<sup>6-8,16</sup> 임상적으로는 Roszkowska et al, Tsikils et al이<sup>12,13</sup> solid state laser를 이용한 굴절수술이 수술 후 1년까지 그 결과가 기존의 기기와 비슷하고 발표하였으나 이 외에는 임상에 대한 연구가 부족한 실정으로 아시아 및 국내 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 총 38안을 대상으로 solid state laser를 이용하여 라식을 시행하였는데, 각막의 혼탁 등과 같은 수술과 연관된 합병증은 없었다. 수술 후 교정시력의 저하는 없었으며 나안 시력의 경우 술 후 1주째에 93%에서 0.8 이상이었고, 1.0 이상은 술 후 1주째에 63%, 술 후 3개월, 6개월째에 74%였다. 수술 후 평균 구면대응치는 1주째 0.33±0.68D, 1개월, 3개월, 6개월째에 각각 -0.35±0.68D, -0.34±0.46D, -0.36±0.67D였고, 난시의 경우 수술 후 1주째 0.21±0.28D, 수술 후 1개월, 3개월, 6개월째에 각각 0.2±0.28D, 0.12±0.2D, 0.14±0.2D로 수술 후 굴절치의 변화는 거의

**Table 2.** Changes in higher order aberrations

	Preoperative	Postoperative 3 months
Z4° (μm)	0.044	0.164*
3 <sup>rd</sup> order	0.176	0.262*
4 <sup>th</sup> order	0.096	0.224*
High order aberration	0.196	0.326*
Lower order aberration	3.285	1.414
Total	3.291	1.462

\* There were significant increases of high order aberrations postoperatively. ( $p < 0.05$ )



**Figure 5.** Changes of contrast sensitivity. (A) Under photopic conditions although the chart shows slight decrease of postoperative contrast sensitivity values in all cpds, there was no significance. (B) There was no significant difference in preoperative and postoperative contrast sensitivity values under mesopic conditions.

관찰되지 않았다. 술 후 예측도는 술 후 6개월째 90%에서 교정하고자 한 목표치에서 1D 내에 그 구면대응치가 존재하였다. 대비 감도의 경우 일부 공간주파수에서 수술 후 감소하는 경향을 보였으나 수술 전과 후에 의미 있는 차이는 없었으며 고위수차는 술 후 3개월째 3차, 4차, 그리고 total higher order aberration은 각각 0.262  $\mu\text{m}$ , 0.224  $\mu\text{m}$ , 0.326  $\mu\text{m}$ 으로 술 전과 비교하였을 때 통계학적으로 의미 있게 증가하였다. 국내외에 발표된 기존 라식의 임상결과와 비교하여 볼 때 교정시력의 저하나 수술과 관련된 합병증 등 안전성의 측면과 구면 대응치, 수술 후 나안 시력 등 시력의 양적인 측면에서 solid state laser가 기존의 장비와 비슷한 임상결과를 보임을 확인할 수 있었다.<sup>17-21</sup> 또한 고위수차나 대비감도의 질적인 측면에서도 기존 장비를 이용한 굴절교정수술과 비슷한 결과를 보이는 사실 역시 확인할 수 있었다.<sup>17-22</sup> 다만 수술 후 1.0 이상의 나안 시력을 보이는 비율이 74%로 타 연구에 비하여 약간 낮았고, 38안 중 2안에서 수술 직후부터 정도의 근시가 남아 재수술을 시행받았는데 이는 굴절수술시 사용한 계산도표(nomogram)의 문제로 생각된다. 왜냐하면 Pulzar™ Z1 (CustomVis™, Australia)을 이용한 굴절수술이 동양인에 대하여 시행된 경우가 세계적으로 거의 없어서 서양인을 대상으로 하여 얻어진 계산도표를 이용하여 굴절수술을 시행하였고, 수술 후 남은 굴절치의 변화가 거의 없었으며, 정도의 근시가 남은 환자들이 대개 연구를 시작한 초기(2005년 6~7월 초)에 발생하여 연구 후반기(2005년 7~8월)에 경험적으로 계산도표를 보정하여 굴절수술을 시행한 경우에는 굴절교정이라는 측면에서 보다 나은 결과를 보였기 때문이다.

본 연구가 -5D 미만의 환자에 대하여, 그리고 적은 수의 실험대상으로 연구를 진행하였다는 제한점이 있지만, solid state laser를 이용하여 동양인을 대상으로 굴절교정수술을 처음으로 시행하여 그 임상적인 효용성을 보고하였고, 이

결과가 동양인에 대한 계산도표의 보정에 도움이 될 수 있다는 점에서 그 의의가 있다 하겠다.

결론적으로 solid state laser (Pulzar™ Z1)를 이용한 굴절교정수술은 정도, 중등도의 근시를 교정하는데 있어 안전하고 효율적인 장비이며 그 임상결과는 기존의 장비와 비슷한 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 1) Lembares A, Hu XH, Kalmus GW. Absorption spectra of corneas in the far ultraviolet region. Invest Ophthalmol Vis Sci 1997;38:1283-6.
- 2) Tsiklis NS, Kymionis GD, Pallikaris AI, et al. Endothelial cell density after photorefractive keratectomy for moderate myopia using a 213 nm solid-state laser system. J Cataract Refract Surg 2007;33:1866-70.
- 3) Ediger MN, Pettit GH, Matchette LS. In vitro measurements of cytotoxic effects of 193 nm and 213 nm laser pulses at subablative fluences. Lasers Surg Med 1997;21:88-93.
- 4) Ren Q, Simon G, Legeais JM, et al. Ultraviolet solid state laser (213 nm) photorefractive keratectomy; in vivo study. Ophthalmology 1994;101:883-9.
- 5) Gailitis RP, Ren QS, Thompson KP, et al. Solid state ultraviolet laser (213 nm) ablation of the cornea and synthetic collagen lenticles. Lasers Surg Med 1991;11:556-62.
- 6) Caughey TA, Cheng FC, Trokel SL, et al. An investigation of laser-tissue interaction of a 213 nm laser beam with animal corneas. Lasers Light Ophthalmol 1994;6:77-85.
- 7) Dair GT, Pelouch WS, van Saarloos PP, et al. Investigation of corneal ablation efficiency using ultraviolet 213-nm solid state laser pulses. Invest Ophthalmol Vis Sci 1999;40:2752-6.
- 8) Roszkowska AM, Korn G, Lenzner M, et al. Experimental and clinical investigation of efficiency and ablation profiles of new solid state deep ultraviolet laser for vision correction. J Cataract Refract Surg 2004;30:2536-42.
- 9) Walter KA, Stevenson AW. Effect of environmental factors on myopic LASIK enhancement rate. J Cataract Refract Surg 2004;30:798-803.

- 10) Dair GT, Ashman RA, Eikelboom RH, et al. Absorption of 193- and 213-nm laser wavelengths in sodium chloride solution and balanced salt solution. *Arch Ophthalmol* 2001;119:533-7.
- 11) Anderson I, Sanders DR, van Saarloops P, Ardrey WJ 4th. Treatment of irregular astigmatism with a 213nm solid state, diode pumped Nd: YAG ablative laser. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:2145-51.
- 12) Roszkowska AM, De Grazia L, Ferreri P, Ferreri G. One-year clinical results of photorefractive keratectomy with a solid-state laser for refractive surgery. *J Refract Surg* 2006;22:611-3.
- 13) Tsiklis NS, Kymionis GD, Pallikaris AI, et al. One-year results of photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis for myopia using a 213 nm wavelength solid-state laser. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:971-7.
- 14) Dougherty PJ, Wellish KL, Maloney RK. Excimer laser ablation rate and corneal hydration. *Am J Ophthalmol* 1994;118:169-76.
- 15) Krueger RR, Seiler T, Gruchman T, et al. Stress wave amplitude during laser surgery of the cornea. *Ophthalmology* 2001;108: 1070-4.
- 16) Tsiklis NS, Kymionos GD, Kounis GA, et al. Photorefractive Keratectomy Using Solid State Laser 213 nm and Excimer Laser 193 nm: A Randomized, Contralateral, Comparative, Experimental Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:1415-20.
- 17) Carones F, Vigo L, Scandola E. First clinical experience with the Alcon LADAR 6000 excimer laser. *J Refract Surg* 2005;21:S781-5.
- 18) Gailitis RP. Comparison of LASIK outcomes with the Alcon LADARVision4000 and the VISX STAR S2 excimer lasers using optimized nomograms. *J Refract Surg* 2005;21:683-90.
- 19) 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.
- 20) Kim MJ, Kim HJ, Joo CK. Clinical outcome of wavefront guided LASIK using the Fourier algorithm: 6-month follow-up. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:806-11.
- 21) Kim KS, Song SW, Joo CK. One Year Clinical Result of Successful LASIK Using VISX Star. *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:1139-45.
- 22) Oh JR, Kim JS, Lee DH. The Change of Ocular Aberration after LASIK Surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:278-85.

=ABSTRACT=

## Clinical Outcomes of LASIK Using a 213 nm Solid-State Laser System: 6-month Follow-up

Tae Hyung Lim, MD<sup>1</sup>, Chul Young Choi, MD<sup>2</sup>, Myoung Joon Kim, MD<sup>3</sup>, Jae-Yong Kim, MD<sup>3</sup>, Hungwon Tchah, MD<sup>3</sup>

HanGil-eye Hospital<sup>1</sup>, Incheon, Korea

Department of Ophthalmology, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center<sup>3</sup>, Seoul, Korea

**Purpose:** To present prospective clinical results of laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) using a solid-state laser system for the correction of mild to moderate myopia with or without astigmatism.

**Methods:** Thirty-eight eyes underwent LASIK using a 213 nm solid-state laser (Pulzar Z1<sup>TM</sup>, CustomVis<sup>TM</sup>, Australia). Uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), refractive errors, higher order aberrations (HOA) and contrast sensitivity were evaluated preoperatively and postoperatively.

**Results:** The preoperative and postoperative mean spherical and cylindrical refractive errors were  $-3.27 \pm 0.85$ D,  $+1.04 \pm 0.69$ D,  $-0.36 \pm 0.7$ D and  $+0.14 \pm 0.2$ D, respectively. UCVA over 20/25 was obtained in 27 eyes (93%). A result within 1.00D of the desired correction was achieved in 90% of the eyes. There were no decreases in BCVA within the study group. The preoperative and postoperative root-mean-square of HOA at 3 months were  $0.196 \pm 0.092 \mu\text{m}$  and  $0.326 \pm 0.107 \mu\text{m}$  respectively. The preoperative and postoperative contrast sensitivity values were similar.

**Conclusions:** The clinical outcomes of LASIK using a solid-state laser system were comparable to the conventional refractive surgery in mild to moderate myopia. The 213 nm solid state laser may be an alternative option for refractive surgery.

*J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50(6):826-830

**Key Words:** Clinical outcome, Laser assisted in situ keratomileusis (LASIK), Refractive surgery, Solid state laser

---

Address reprint requests to Hungwon Tchah, MD

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center

#388-1 Pungnap2-dong, Songpa-gu, Seoul 136-736, Korea

Tel: 82-2-3010-3680, Fax: 82-2-470-6440, E-mail: hwtchah@amc.seoul.kr