

고도근시에서 스무딩을 병용한 고등각막표면연마굴절수술(Advanced Surface Ablation)의 임상성적

안기수¹ · 이승욱² · 이기현¹ · 최봉준¹

부산 이안과의원¹, 고신대학교 의과대학 안과학교실²

목적: 스무딩을 병용한 고등각막표면연마굴절수술의 6개월간 임상성적을 조사해 보았다.

대상과 방법: 절삭깊이가 75 μm 이상인 61안을 대상으로 하였는데, 술전 굴절력은 평균 $-5.88 \pm 1.27\text{D}$ 였으며 평균 절삭깊이는 $102.93 \pm 12.06 \mu\text{m}$ 였다. 레이저 각막절삭 후 스무딩을 평균 $16.79 \pm 2.43 \mu\text{m}$, $8.77 \pm 0.16 \text{ mm}$ 직경으로 시행하였다. 레이저 알고리즘은 CATz (Customized Aspheric Transition zone)를 이용하였다.

결과: 굴절력의 변화는 술 후 3개월째 $-0.17 \pm 0.48\text{D}$, 술 후 6개월째 $-0.29 \pm 0.41\text{D}$ 였다. 나안시력 1.0 이상은 술 후 3개월째 93%, 술 후 6개월째 97%였다. 술 후 6개월째 총파면고위수차는 $0.088 \mu\text{m}$ 증가하였으나 통계적 차이가 없었고 총구면수차는 $0.084 \mu\text{m}$ 증가하였다($p < 0.05$, paired t -test). 각막혼탁도는 모두 1단계 이하의 비교적 투명한 각막을 유지하였다.

결론: 절삭깊이 75 μm 이상의 고도근시 환자에 대해 거친 절삭면을 부드럽게 해주는 스무딩을 병용한 고등각막표면연마수술을 각막지형도 연계 맞춤형 비구면 수술인 CATz를 시행하여 최소한의 고위수차의 증가와 함께 우수한 시력과 굴절상태를 얻을 수 있었다. (대한안과학회지 2012;53(3):365-371)

고도 근시에 대한 굴절교정수술에 있어서 각막확장증(keratectasia)과 같은 합병증의 위험이 낮으면서도 효과적인 굴절교정레이저각막절제술(photorefractive keratectomy, PRK)이나 레이저각막상피가공성형술(laser epithelial keratomileusis, LASEK)과 같은 표면연마굴절수술에 대한 관심이 최근 다시 증가하고 있다.¹⁻⁴ -6D (디옵터) 이상의 고도근시에 대한 PRK의 10년 장기 관찰에서도 원추각막의 발생 없이 PRK의 효과가 안정적이었다는 보고가 있지만,⁵ 절삭깊이가 깊은 고도근시환자에 있어 PRK와 같은 표면연마굴절수술은 각막혼탁이나 근시퇴행의 우려가 높다.⁶⁻¹⁰ 이를 예방하고자 0.02% 마이토마이신C (MMC)를 수술 중에 많이 사용하고 있지만 장기적인 부작용의 우려 때문에 최근 술 중 MMC의 적용 시간을 줄이는 추세에 있다.¹¹

Vinciguerra et al^{12,13}은 표면연마굴절수술에서 근시퇴행과 각막혼탁의 감소를 위한 한 방법으로 레이저 각막 절삭을 하는 마지막 단계에서 각막의 절삭면을 매끄럽게 하는 스무딩(smoothing)을 소개하면서, 스무딩을 했던 눈에서 시력은 더 좋았고 각막혼탁은 더 적었다는 결과를 보고하였다. 이에 저자는 각막혼탁의 우려가 높은 절삭깊이 75 μm 이상의 고등각막표면연마굴절수술(advanced surface ablation, ASA)에 있어서 치료레이저각막절제술(phototherapeutic keratectomy, PTK) 모드를 이용하여 절삭면을 부드럽게 해주는 스무딩을 병용한 ASA 수술의 임상성적을 조사해 보았다.

대상과 방법

대상 환자

2008년 5월부터 2009년 1월까지 이안과의원에서 고등각막표면연마굴절수술(advanced surface ablation, ASA)을 시행한 근시 환자 중 절삭깊이가 75 μm 이상이고 술 후 6개월 이상 경과관찰이 가능했던 61안을 대상으로 하였다. 평균 나이는 25.2 ± 4.8 세였다(Table 1).

■ 접수 일: 2010년 12월 10일 ■ 심사통과일: 2011년 5월 10일
■ 게재허가일: 2012년 2월 13일

■ 책임저자: 최 봉 준

부산시 연제구 중앙대로 1129
이안과의원
Tel: 051-866-7592, Fax: 051-866-7595
E-mail: eyebong1@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

Table 1. Patient demographics according to ablation depth before advanced surface ablation with smoothing

Characteristics	Value
Number of eyes	61
Gender (M/F)	15/20
Age	
Mean \pm SD (yr)	25.2 \pm 4.8
Preoperative spherical equivalent	
Mean \pm SD (D)	-5.88 \pm 1.27
Range (D)	-3.35 ~ -8.75
Ablation	
Optical zone size (mm)	4.67 \pm 0.31
Transitional zone size (mm)	8.23 \pm 0.29
Ablation depth (μ m)	102.93 \pm 12.06
Ablation range (μ m)	75.20 ~ 129.00
PTK smoothing	
Depth (μ m)	16.79 \pm 2.43
Diameter (mm)	8.77 \pm 0.16
Wave front	
Total high order aberration (μ m)	0.439 \pm 0.154
Total spherical aberration (μ m)	0.127 \pm 0.062
Endothelial cell density (cells/mm ²)	2950.36 \pm 271.69

Values are presented as number or mean \pm SD unless otherwise indicated.

수술 전 검사

수술 전 검사로는 나안시력과 최대교정시력검사, 현성 및 조절마비 굴절검사, 각막곡률측정, 안압검사, 세극등현미경검사, 안저검사, 동공크기검사, 중심각막두께검사를 하였으며 ORB scan IIz (Bausch & Lomb, USA)와 Pentacam (Oculus, Germany)으로 각막의 전·후 형태를 검사하여 원추각막이 의심되는 환자는 제외하였다. OPD-scan (NIDEK, Japan)으로 안구수차검사를 시행하였으며 경면현미경(Konan SP9000, Japan)으로 각막내피세포검사를 시행하여 중심부 각막내피세포밀도를 측정하였다.

CATz 모드를 이용한 ASA 수술법

수술은 CATz 모드를 이용한 advanced surface ablation (ASA) 방법으로 시행하였다. 9.0 혹은 9.5 mm 직경의 알코올 용액 용기에 Liquifilm Tears TM[®] (Polyvinyl alcohol 1.4%, Allergan)으로 희석시킨 20% 알코올을 용기 안에 떨어뜨려 40초간 기다린 후 차가운 평형염액(BSS[®], Alcon laboratories Inc.)으로 충분히 세척하였다. LASEK spatula (AE2766, ASCIO)를 이용하여 각막상피를 제거한 뒤 엑시머레이저(NIDEK EC 5000 CX II)를 사용하여 절삭하였고, 중심이탈을 방지하기 위해 200 Hz의 안구 추적 장치를 사용하였다. 연마 중심은 OPD-scan에서 측정된 P-dist (시축과

동공 중심의 방향과 거리)에 근거하여 동공 중심에서 시축 방향의 80% 지점을 중심으로 하였으며, 연마 알고리즘(algorithm)은 각막지형도 연계 비구면수술방식인 Customized Aspheric Transition zone (CATz)를 이용하였고, Final Fit ablation software version 1.13을 사용하여 각막지형도와 수차분석정보를 기초로 절삭 정보(shot data)를 작성하였다. 각막 절삭은 광학부 평균 4.67 \pm 0.31 mm, 이행부 평균 8.23 \pm 0.29 mm, 절삭깊이 평균 102.93 \pm 12.06 μ m로 절삭하였다(Table 1).

스무딩 방법

각막 절삭면의 미세용기(microirregularity)를 제거하여 절삭면을 매끄럽게 하기 위해 모든 대상안에서 PTK 모드로 스무딩을 시행하였다. 각막을 평형염액으로 세척한 후 masking액의 목적으로 0.3% 히알루론산(Hyal mini[®], Santen Inc.)을 각막에 떨어뜨린 후 구멍이 7개인 25게이지의 관류케놀라(irrigation canula: AE 7288, ASICO)를 사용하여 히알루론산을 각막에 고르게 퍼뜨렸다. 과도한 열로 인해 각막이 심하게 달아오르는 것을 피하기 위해 저주파 절삭(low frequency ablation rate [10 Hz])으로 스무딩을 하였다. 스무딩을 하는 동안 masking액을 계속 첨가했는데, 건조한 부위가 만들어지지 않고 masking액의 얇은 층이 만들어지도록 계속해서 canula로 masking액을 고르게 폈다. 스무딩을 평균 16.79 \pm 2.43 μ m 깊이, 8.77 \pm 0.16 mm 직경으로 시행하였다(Table 1). 절삭깊이가 100 μ m 이상인 경우에만 0.02% MMC를 10-15초간 접촉하였는데, MMC가 각막의 중심부를 접촉하지 않도록 하기 위해 가운데 구멍을 뚫은 링 모양의 마이크로스폰지를 사용하였다.^{14,15} 각막기질을 차가운 평형염액 30 cc로 충분히 세척하였고 치료용 콘택트렌즈를 씌워 수술을 마쳤다. 모든 수술은 한 술자에 의해 시행되었다.

수술 후 처치

수술 후 moxifloxacin 항생제(Vigamox[®], Alcon laboratories Inc.)를 일주일 동안 하루 4회 점안하였으며, 보존제가 없는 diclofenac sodium 1 mg/ml (Voltaren[®] SDU, Novartis)를 3일간 하루 4회 점안하였다. 치료용 콘택트렌즈는 각막상피의 재생이 완료될 때 제거하였고, 이후 0.1% fluorometholone 점안제를 3-6개월간 하루 1-4회 점안하였다. 자가혈청을 하루 4회 점안하였으며, 0.1% 히알루론산(Kynex[®], Alcon laboratories Inc.)을 필요에 따라 점안하였다.

수술 후 검사

술 후 1개월, 3개월, 6개월째 나안시력과 굴절검사, 고위수차검사를 시행하였고 6 mm 직경까지의 고위수차검사는 OPD-scan (NIDEK)을 사용하였다. 세극등현미경하 각막 혼탁정도를 술 후 3개월과 6개월째에 평가하였는데, 각막 혼탁도는 Fantes et al¹⁶의 방법을 이용하여 0-4 단계로 분류하였다.

술 후 6개월째에 경면현미경(Konan SP 9000, Japan)을 사용하여 각막내피세포의 밀도를 측정하였는데, 각막의 중심부를 2회 검사하여 그 평균값을 측정하였다. 수술에 대한 환자의 만족도 조사는 수술 후 3개월에서 6개월째에 시행하였다. 항목은 원거리 나안시력, 근거리 나안시력, 야간 빛반짐과 눈부심, 주간운전, 야간운전, 건조감, 전체 만족도라는 총 일곱 가지였고, 각 항목마다 아주 좋음을 5, 좋음을 4, 보통을 3, 나쁨을 2, 아주 나쁨을 1점으로 표시하도록 하였다.

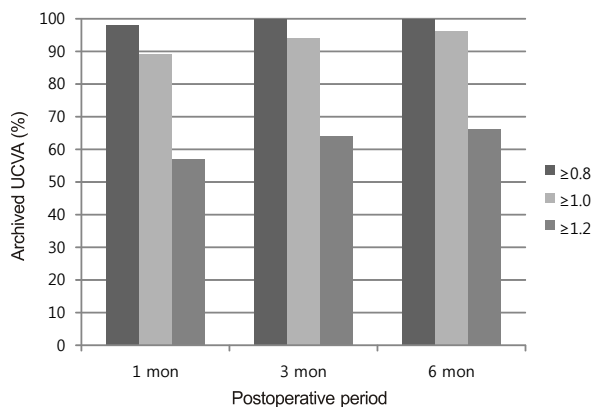


Figure 1. Distribution of uncorrected visual acuity after advanced surface ablation with smoothing over time.

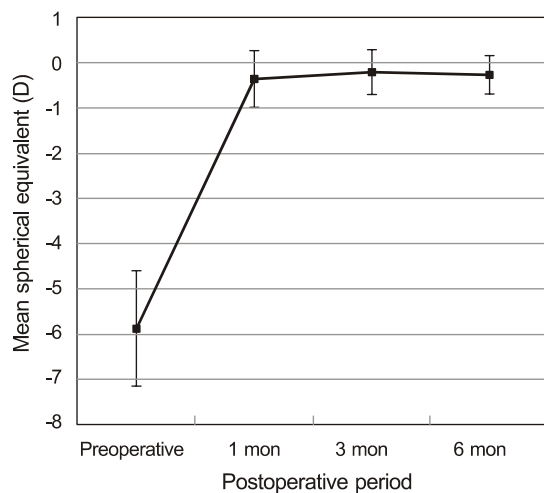


Figure 2. Mean spherical equivalent following advanced surface ablation with smoothing at different follow-up periods.

통계학적 분석

술 후 3, 6개월째 총고위수차와 총구면수차 및 각막내피 밀도를 수술 전과 비교하기 위하여 paired *t*-test를 이용하였다. 자료의 통계분석은 SPSS version 15.0을 이용하였으며 *p* 값이 0.05 미만인 경우를 통계적인 의의가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

나안시력의 개선

술 후 1개월째 0.8 이상의 나안시력을 보인 경우가 97%, 1.0 이상의 나안시력을 보인 경우가 88%, 1.2 이상의 나안시력을 보인 경우가 57%였다. 술 후 3개월째 0.8 이상의 나안시력을 보인 경우가 100%, 1.0 이상의 나안시력을 보인 경우가 93%, 1.2 이상의 나안시력을 보인 경우가 64%였다. 술 후 6개월째 0.8 이상의 나안시력을 보인 경우가 100%, 1.0 이상의 나안시력을 보인 경우가 97%, 1.2 이상의 나안시력을 보인 경우가 66%였다(Fig. 1).

굴절력의 변화

구면렌즈대응치는 술 전 평균 $-5.88 \pm 1.27D$ 였던 것이 술 후 1개월째 $-0.39 \pm 0.61D$, 3개월째 $-0.17 \pm 0.48D$, 술 후 6개월째 $-0.29 \pm 0.41D$ 였다(Fig. 2).

예측도

술 후 구면렌즈대응치가 $\pm 0.5D$ 이내인 경우가 술 후 1개월째에는 64%, 술 후 3개월째에는 70%, 술 후 6개월째에

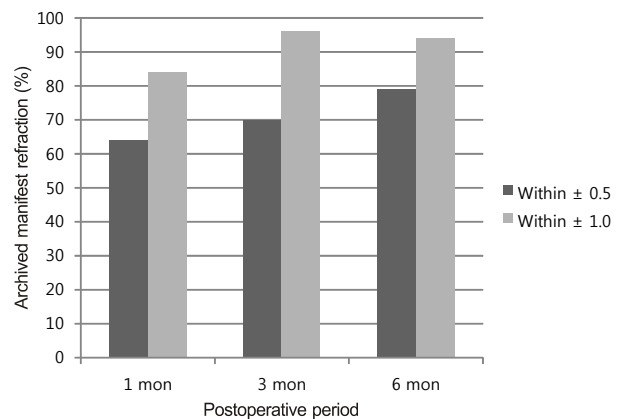


Figure 3. Distribution of eyes in a given range of emmetropia after advanced surface ablation with smoothing.

는 79%였다(Fig. 3). 구면렌즈대응치가 $\pm 1.0D$ 이내인 경우가 술 후 1개월째에는 84%, 술 후 3개월째에는 97%, 술 후 6개월째에는 95%였다(Fig. 3).

파면고위수차의 변화

총파면고위수차(RMS error)의 변화는 술 전 $0.439 \pm 0.153 \mu m$ 에서 술 후 3개월째 $0.492 \pm 0.136 \mu m$, 술 후 6개월째 $0.527 \pm 0.164 \mu m$ 로 측정되어 수술 전 값에 비해 증가하였으나 통계적인 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$, paired t -test). 총구면수차는 술 전 $0.127 \pm 0.061 \mu m$ 에서 술 후 3개월째 $0.217 \pm 0.101 \mu m$, 술 후 6개월째 $0.211 \pm 0.117 \mu m$ 로 측정되어 수술 전 값에 비해 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다($p < 0.05$, paired t -test)(Fig. 4).

각막혼탁도는 술 후 3개월째 0.5단계가 4안(6.6%)으로 0.03 ± 0.12 였다. 술 후 6개월째 각막혼탁도는 0.5단계가 3안(4.9%), 1단계가 1안(1.6%)으로 0.04 ± 0.16 이었다.

술 후 6개월째의 각막내피세포 밀도 변화를 보면 술 전 ($2950.36 \pm 269.5 \text{ cells/mm}^2$)과 비교하여 술 후 각막내피

세포 밀도($3019.21 \pm 236.4 \text{ cells/mm}^2$)가 약간 증가하는 소견을 보였다($p < 0.05$, paired t -test).

주관적인 만족도 조사에서 총 5점 만점에 원거리 나안시력은 4.22 ± 0.64 점, 근거리 나안시력은 4.25 ± 0.55 점, 야간 빛번짐과 눈부심은 3.41 ± 0.89 점, 주간운전은 4.25 ± 0.64 점, 야간운전은 3.64 ± 0.82 점, 건조감은 3.25 ± 0.81 점, 전체만족도는 4.14 ± 0.59 점을 보였다(Fig. 5).

고 찰

Pallikaris et al¹⁷에 의해 소개된 레이저각막절삭가공성형술(laser in situ keratomileusis, LASIK)은 PRK에서 발생하였던 술 후 통증, 각막혼탁, 상대적으로 낮은 시력회복, 근시퇴행 등의 문제를 해결하여 많은 호응을 받았다. 하지만 각막두께가 충분하지 않은 경우나 절삭량이 많은 경우 LASIK은 수술 후 각막확장증을 유발할 수 있다고 이미 잘 알려져 있으며¹⁸⁻²³ 고도 근시에서뿐만 아니라 경중등도 근시에서도 그 보고가 증가하고 있어서^{20,24-27} 최근 PRK나 LASEK과 같은 표면연마술이 다시 관심을 받고 있다.¹⁻⁴

하지만 근시도수가 높거나 치료 광학부의 크기가 넓어 더욱 많은 각막을 절삭하게 되는 경우 표면연마술절수술은 각막혼탁과 근시퇴행의 문제가 발생할 수 있다.⁶⁻¹⁰ 이러한 술 후 각막혼탁을 예방하기 위해 최근 MMC가 많이 사용되고 있는데, PRK나 LASEK 수술 중에 MMC를 사용하여 술 후 각막혼탁을 예방하였다는 많은 보고들이 있다.²⁸⁻³¹ 그러나 MMC는 혼하지는 않지만 안구자극, 각막부종, 비대각막 반흔과 같은 부작용을 일으킬 수 있고,^{32,33} MMC 사용 후 각막내피세포밀도가 의미 있게 감소하였다는 보고도 있다.³⁴ Carones et al²⁸은 술 중에 0.02% MMC를 2분간 사용하여 각막혼탁을 감소시키고 술 후 시력에도 더 좋았다고 보고하였는데, 최근 MMC의 사용에 대한 장기적 안정성을 확보하기 위해 MMC의 사용 시간과 농도를 줄이는 경향이 있다.¹¹ 본 연구에서는 각막혼탁의 위험이 높은 절삭 깊이 100 μm 이상인 경우에만 스무딩과 함께 0.02% MMC를 15초 이내의 짧은 시간만 접촉하였는데, 각막내피세포의 손상은 없었으며 각막혼탁도 거의 발생하지 않았다.

굴절교정수술 후 발생하는 각막혼탁과 같은 의도하지 않은 문제들을 초래하는 원인 중의 한가지가 절삭된 각막표면의 불규칙성 때문이다.^{12,35,36} PRK 시 각막을 레이저로 연마하게 되면 각막은 각막상피층을 형성하고 교원질의 침착을 통해 불규칙한 각막 표면을 회복하려고 하는데, 교원질의 침착은 술 후 각막혼탁을 일으킬 수 있고 의도하지 않은 굴절교정 결과를 초래할 수 있다.^{12,35,36} 또한 엑시머레이저 각막 절삭에 의해 발생하는 각막의 불규칙성은 수차를 야

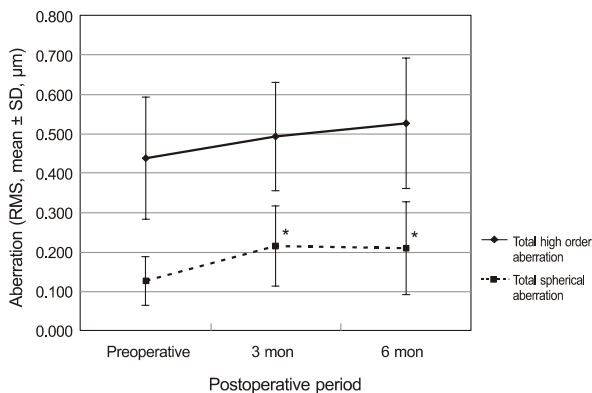


Figure 4. Changes in total high order aberration and total spherical aberration during postoperative 6 months. * $p < 0.05$ (paired t -test) compared with preoperative value.

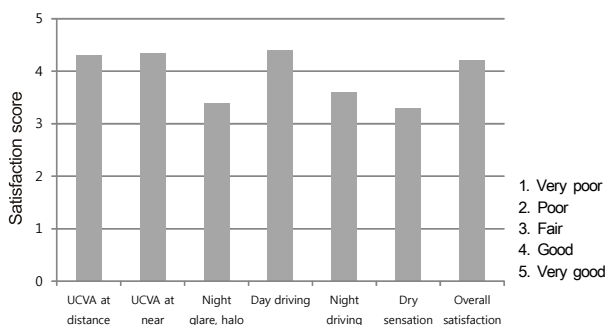


Figure 5. Patient's satisfaction after advanced surface ablation with smoothing.

기하는데, 굴절교정량이 많을수록 절삭량이 많아지므로 더 많은 각막의 불규칙성을 유발하게 되어, 굴절교정의 예측도를 낮추고 고위수차를 증가시키게 된다.³⁷

이에 Vinciguerra et al¹³은 불규칙한 각막 표면을 스무딩하여 절삭된 각막 표면을 매끄럽게 함으로써 굴절력의 예측성을 증가시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서 구면렌즈 대응치가 술 후 3개월째 $-0.17 \pm 0.48D$, 술 후 6개월째 $-0.29 \pm 0.41D$ 였고, 술 후 3개월째 $\pm 0.5D$ 의 예측도는 70%, $\pm 1.0D$ 의 예측도는 97%였으며, 술 후 6개월째 $\pm 0.5D$ 의 예측도는 79%, $\pm 1.0D$ 의 예측도는 95%였다. 나안시력은 술 후 3개월째 1.0 이상의 시력을 보인 경우가 93%였고, 술 후 6개월째 1.0 이상의 시력을 보인 경우가 97%였다. Kwon et al³⁸은 중등도와 고도 근시에서 라섹 수술 후 3개월째 나안 시력이 1.0 이상인 경우가 77.1%였고, 술 후 3개월째 구면렌즈대응치가 $-1.02 \pm 0.89D$ 였으며, 술 후 3개월째 $\pm 0.5D$ 의 예측도는 24%, $\pm 1.0D$ 의 예측도는 61%였다고 보고하였다. Choi et al³⁹은 중등도와 고도 근시에서 라섹 수술 후 3개월째 구면렌즈대응치가 $-0.57 \pm 0.74D$, 술 후 6개월째 구면렌즈대응치가 $-0.43 \pm 0.43D$ 였다고 보고하였다. Kim and Jin³⁴은 $-5.0D$ 에서 $-8.5D$ 의 근시안에서 MMC를 사용한 라섹 후 3개월째 구면렌즈대응치가 $-0.40 \pm 0.42D$, 술 후 6개월째 구면렌즈대응치가 $-0.50 \pm 0.43D$ 이었고, MMC를 사용하지 않은 라섹 후 3개월째 구면렌즈대응치가 $-0.49 \pm 0.70D$, 술 후 6개월째 구면렌즈대응치가 $-0.76 \pm 0.84D$ 라고 보고하였다. 따라서 본 연구의 술 후 나안시력과 구면렌즈대응치 및 예측도가 다른 연구들의 결과에 비해 우수함을 확인할 수 있었다.

Vinciguerra et al^{13,40-42}은 스무딩의 효과를 평가하면서 스무딩을 했던 눈에서 각막 혼탁은 더 적었으며 스무딩으로 인해 교원질의 침착이 감소하였다고 보고하였다. Serrao and Lombardo⁴³는 PRK 후 스무딩을 하면 각막 표면의 규칙성을 증가시키고 술 후 각막혼탁을 감소시킨다고 하였다. 본 연구에서 각막혼탁도는 술 후 3개월째 0.5단계가 6.6%였으며, 술 후 6개월째 각막혼탁도는 0.5단계가 4.9%, 1단계가 1.6%였다. 다른 연구에서 Lee et al⁴⁴은 라섹 수술 후 6개월에 각막혼탁도가 0.5단계가 48.6%, 1단계가 22%, 2단계가 4.2%라고 보고하였고, Choi et al³⁹은 라섹 수술 후 9.1%에서 각막혼탁이 발생하였다고 하였다. 본 연구에서 술 후 3개월째 각막혼탁도는 0.03 ± 0.12 였고, 술 후 6개월째 각막혼탁도는 0.04 ± 0.16 이었는데, Kim and Jin³⁴은 -5.0 에서 -8.0 디오퍼터의 근시안에서 라섹 후 3개월째 각막혼탁도가 0.38 ± 0.48 (MMC를 사용한 군)과 0.79 ± 0.66 (MMC를 사용하지 않은 군)이라고 보고하였다. 따라서 각막혼탁도에 있어서 다른 연구들에 비해 본 연구의 결과가

우수함을 알 수 있었다.

Vinciguerra et al⁴⁵은 스무딩과 함께 이행부(transition zone)의 디자인을 개선시킴으로써 각막혼탁과 같은 예측성을 낮추는 요소들을 줄일 수 있었다고 보고하였다. 이번 연구에서 각막 절삭은 Customized Aspheric Transition Zone (CATz) 소프트웨어 알고리즘을 사용하여 시행하였는데, 이는 이행부의 각막곡률이 주변부로 갈수록 점차 줄어들도록 비구면으로 각막을 절삭하는 방법으로서 각막지형도와 연계된 맞춤형 비구면 수술이다.⁴⁶ CATz는 엑시머레이저 각막절삭으로 인한 고위수차의 증가를 감소시켜 근시와 난시가 있는 눈에서 안전하고 효과적이면서 야간 눈부심과 달무리와 같은 증상을 감소시키는 방법이다.⁴⁷ 이번 연구에서 총파면고위수차의 증가는 술 후 3개월째에 1.12배, 술 후 6개월째에 1.2배로 증가하였으나 통계학적인 차이는 없었고, 총구면수차의 증가는 술 후 3개월째에 1.7배, 술 후 6개월째에 1.66배였다. 이전의 다른 연구들에서 Kim and Lee⁴⁸는 $-4.37D$ 이상의 근시안에서 고등각막표면굴절교정레이저절제술(ASA-PRK)를 시행한 후 총파면고위수차의 증가가 술 후 3개월째 1.77배, 술 후 6개월째 1.8배라고 하였고, 총구면수차의 증가가 술 후 3개월째 2.96배, 술 후 6개월째 3.4배라고 하였다. Lee and Chung²은 $-7.0D$ 이내의 근시에서 ASA-PRK를 시행한 후 6개월째 총파면고위수차의 증가가 1.6배(술 전 각막두께 $520 \mu m$ 초과 그룹)와 1.71배(술 전 각막두께 $520 \mu m$ 이하 그룹), 총구면수차의 증가가 2.72배(술 전 각막두께 $520 \mu m$ 초과 그룹)와 3.31배(술 전 각막두께 $520 \mu m$ 이하 그룹)라고 하였다. Lee et al⁴⁹은 라섹 후 2개월째에 총파면고위수차의 증가가 1.36배, 총구면수차의 증가가 3.33배라고 하였고, 웨이브프론트 라섹 후 2개월째에 총파면고위수차의 증가가 1.27배, 총구면수차의 증가가 2.11배라고 하였다. 따라서 각막지형도 연계 맞춤형 각막굴절교정술과 함께 각막 절삭면의 불규칙성을 제거하기 위한 스무딩을 시행한 본 연구에서의 총파면고위수차의 증가와 총구면수차의 증가가 다른 연구들에 비해 적음을 확인할 수 있었다.

결론적으로 절삭깊이 $75 \mu m$ 이상의 고도근시 환자에 대해 거친 절삭면을 부드럽게 해주는 스무딩을 병용한 ASA 수술을 각막지형도 연계 맞춤형 비구면 수술인 CATz를 시행하여 큰 합병증 없이 우수한 시력과 굴절상태, 최소한의 고위수차의 증가를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- 1) Rao SK, Srinivasan B, Sitalakshmi G, Padmanabhan P. Photorefractive keratectomy versus laser in situ keratomileusis to prevent keratectasia after corneal ablation. J Cataract Refract Surg

- 2004;30:2623-8.
- 2) Lee SB, Chung MS. Advanced Surface Ablation-Photorefractive Keratectomy (ASA-PRK): Safety and clinical outcome for the correction of mild to moderate myopia with a thin cornea. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1274-86.
 - 3) Randleman JB, Loft ES, Banning CS, et al. Outcomes of wave-front-optimized surface ablation. *Ophthalmology* 2007;114:983-8.
 - 4) Ghadhfan F, Al-Rajhi A, Wagoner MD. Laser in situ keratomileusis versus surface ablation: visual outcomes and complications. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:2041-8.
 - 5) Alió JL, Muftuoglu O, Ortiz D, et al. Ten-year follow-up of photorefractive keratectomy for myopia of more than -6 diopters. *Am J Ophthalmol* 2008;145:37-45.
 - 6) Lee JK, Choi WS, Choi YI. Excimer laser photorefractive keratectomy for high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 1994;35:927-34.
 - 7) Carson CA, Taylor HR. Excimer laser treatment for high and extreme myopia. The Melbourne Excimer Laser and Research Group. *Arch Ophthalmol* 1995;113:431-6.
 - 8) Jeong JW, Hahn YH. Complications after excimer laser photorefractive keratectomy in high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 1997;38:1128-38.
 - 9) Wachtlin J, Langenbeck K, Schröder S, et al. Immunohistology of corneal wound healing after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *wachtlin@ukbf.fu-berlin.de. J Refract Surg* 1999;15:451-8.
 - 10) Lin N, Yee SB, Mitra S, et al. Prediction of corneal haze using an ablation depth/corneal thickness ratio after laser epithelial keratomileusis. *J Refract Surg* 2004;20:797-802.
 - 11) Virasch VV, Majmudar PA, Epstein RJ, et al. Reduced application time for prophylactic mitomycin C in photorefractive keratectomy. *Ophthalmology* 2010;117:885-9.
 - 12) Vinciguerra P, Azzolini M, Radice P, et al. A method for examining surface and interface irregularities after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis: predictor of optical and functional outcomes. *J Refract Surg* 1998;14(2 Suppl):S204-6.
 - 13) Vinciguerra P, Azzolini M, Airahgi P, et al. Effect of decreasing surface and interface irregularities after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis on optical and functional outcomes. *J Refract Surg* 1998;14(2 Suppl):S199-203.
 - 14) Maldonado MJ. Intraoperative MMC after excimer laser surgery for myopia. *Ophthalmology* 2002;109:826.
 - 15) Jain S, McCally RL, Connolly PJ, Azar DT. Mitomycin C reduces corneal light scattering after excimer keratectomy. *Cornea* 2001;20:45-9.
 - 16) Fantes FE, Hanna KD, Waring GO 3rd, et al. Wound healing after excimer laser keratomileusis (photorefractive keratectomy) in monkeys. *Arch Ophthalmol* 1990;108:665-75.
 - 17) Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Stathi EZ, et al. Laser in situ keratomileusis. *Lasers Surg Med* 1990;10:463-8.
 - 18) Wang Z, Chen J, Yang B. Posterior corneal surface topographic changes after laser in situ keratomileusis are related to residual corneal bed thickness. *Ophthalmology* 1999;106:406-9.
 - 19) Joo CK, Kim TG. Corneal ectasia detected after laser in situ keratomileusis for correction of less than -12 diopters of myopia. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:292-5.
 - 20) Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1796-802.
 - 21) Lee DH, Seo S, Jeong KW, et al. Early spatial changes in the posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:778-84.
 - 22) Miyata K, Tokunaga T, Nakahara M, et al. Residual bed thickness and corneal forward shift after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1067-72.
 - 23) Kim HJ, Cho SH, Kim JH, Joo CK. Risk factors and clinical evaluation for corneal ectasia after LASIK. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:589-96.
 - 24) Amoils SP, Deist MB, Gous P, Amoils PM. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis for less than -4.0 to -7.0 diopters of myopia. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:967-77.
 - 25) Argento C, Cosentino MJ, Tytun A, et al. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1440-8.
 - 26) Wang JC, Hufnagel TJ, Buxton DF. Bilateral keratectasia after unilateral laser in situ keratomileusis: a retrospective diagnosis of ectatic corneal disorder. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2015-8.
 - 27) Lifshitz T, Levy J, Klemperer I, Levinger S. Late bilateral keratectasia after LASIK in a low myopic patient. *J Refract Surg* 2005;21:494-6.
 - 28) Carones F, Vigo L, Scandola E, Vacchini L. Evaluation of the prophylactic use of mitomycin-C to inhibit haze formation after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:2088-95.
 - 29) Hashemi H, Taheri SM, Fotouhi A, Kheiltash A. Evaluation of the prophylactic use of mitomycin C to inhibit haze formation after photorefractive keratectomy in high myopia: a prospective clinical study. *BMC Ophthalmol* 2004;4:12.
 - 30) Camellin M. Laser epithelial keratomileusis with mitomycin C: Indications and limits. *J Refract Surg* 2004;20(5 Suppl):S693-8.
 - 31) Gambato C, Ghirlando A, Moretto E, et al. Mitomycin C modulation of corneal wound healing after photorefractive keratectomy in highly myopic eyes. *Ophthalmology* 2005;112:208-18.
 - 32) Pfister RR. Permanent corneal edema resulting from the treatment of PTK corneal haze with mitomycin: a case report. *Cornea* 2004;23:744-7.
 - 33) Qazi MA, Johnson TW, Pepose JS. Development of late-onset subepithelial corneal haze after laser-assisted subepithelial keratectomy with prophylactic intraoperative mitomycin-C Case report and literature review. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1573-8.
 - 34) Kim ES, Jin KH. Evaluation of the Prophylactic Use of Mitomycin to Inhibit Haze Formation after LASEK. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:623-9.
 - 35) Huang D, Tang M, Shekhar R. Mathematical model of corneal surface smoothing after laser refractive surgery. *Am J Ophthalmol* 2003;135:267-78.
 - 36) Balestrazzi E, De Molfetta V, Spadea L, et al. Histological, immunohistochemical, and ultrastructural findings in human corneas after photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 1995;11:181-7.
 - 37) Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, et al. Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 1999;127:1-7.
 - 38) Kwon HL, Kim KI, Koo BS, Park HR. Short term clinical results of laser epithelial keratomileusis and epi-laser in situ keratomileusis for moderate and high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:1711-7.
 - 39) Choi SK, Park HY, Kim YH, Chung SK. Comparison of laser epithelial keratomileusis versus epipolis-laser in situ keratomileusis for moderate to high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:

- 1196-201.
- 40) Vinciguerra P, Camesasca FI, Randazzo A. One-year results of butterfly laser epithelial keratomileusis. J Refract Surg 2003;19(2 Suppl):S223-6.
- 41) Vinciguerra P, Torres I, Camesasca FI. Applications of confocal microscopy in refractive surgery. J Refract Surg 2002;18(3 Suppl):S378-81.
- 42) Vinciguerra P, Camesasca FI. Treatment of hyperopia: a new ablation profile to reduce corneal eccentricity. J Refract Surg 2002;18(3 Suppl):S315-7.
- 43) Serrao S, Lombardo M. One-year results of Photorefractive keratectomy with and without surface smoothing using the Technolas 217C laser. J Refract Surg 2004;20:444-9.
- 44) Lee HK, Lee KS, Kim JK, et al. Epithelial healing and clinical outcomes in excimer laser photorefractive surgery following three epithelial removal techniques: mechanical, alcohol, and excimer laser. Am J Ophthalmol 2005;139:56-63.
- 45) Vinciguerra P, Camesasca FI, Torres IM. Transition zone design and smoothing in custom laser-assisted subepithelial keratectomy. J Cataract Refract Surg 2005;31:39-47.
- 46) Dougherty PJ, Waring G 3rd, Chayet A, et al. Topographically guided laser in situ keratomileusis for myopia using a customized aspherical treatment zone. J Cataract Refract Surg 2008;34:1862-71.
- 47) Vinciguerra P, Camesasca FI, Bains HS, et al. Photorefractive keratectomy for primary myopia using NIDEK topography-guided customized aspheric transition zone. J Refract Surg 2009;25(1 Suppl):S89-92.
- 48) Kim JS, Lee SB. Effects of amount of myopic correction on long-term changes in higher-order wavefront aberrations in ASA-PRK. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:1184-95.
- 49) Lee SM, Lee MJ, Kim MK, et al. Comparison of changes in higher-order aberrations between conventional and wavefront-guided LASEK. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:1028-35.

=ABSTRACT=

Clinical Outcomes of Advanced Surface Ablation with Smoothing in High Myopia

Ki Su Ahn, MD¹, Seung Wuk Lee, MD², Gi Heon Lee, MD¹, Bong Joon Choi, MD, PhD¹

Lee Eye Clinic¹, Busan, Korea

Department of Ophthalmology, Kosin University College of Medicine², Busan, Korea

Purpose: To investigate the results of Advanced Surface Ablation (ASA) coupled with "smoothing" to smooth the ablation surface after covering masking fluid.

Methods: ASA was performed in 61 eyes with ablation depth of more than 75 μm . The mean refractive error was -5.88 ± 1.27 D and mean ablation depth was 102.93 ± 12.06 μm . Smoothing was performed in all patients (mean depth 16.79 ± 2.43 μm , mean diameter 8.77 ± 0.16 mm). Customized Aspheric Transition zone (CATz) was used in the laser algorithm.

Results: The mean refractive error was -0.29 ± 0.41 D at postoperative 6 months and 97% of patients had an UCVA of 1.0 or better at postoperative 6 months. There was no statistically significant difference in magnitude of high-order aberrations at postoperative 6 months. The magnitude of total spherical aberrations increase was 0.084 μm at postoperative 6 months ($p < 0.05$, paired t -test). The cornea was maintained clear in the majority of eyes.

Conclusions: Excellent results were obtained by ASA coupled with "smoothing" in high myopia patients with an ablation depth greater than 75 μm .

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(3):365-371

Key Words: Advanced surface ablation (ASA), Customized Aspheric Transition zone (CATz), High myopia, Smoothing

Address reprint requests to **Bong Joon Choi, MD, PhD**

Lee Eye Clinic

#1129 Jungang-daero, Yeonje-gu, Busan 611-831, Korea

Tel: 82-51-866-7592, Fax: 82-51-866-7595, E-mail: eyebong1@hanmail.net