

213-nm Solid-State Laser 굴절교정각막절제술 시 각막표면 수분의 영향

김관수¹ · 최철영¹ · 차흥원²

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 안과학교실¹, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실²

목적: 213-nm solid-state laser 굴절교정각막절제술 시 각막표면 수분이 수술 결과에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 토끼 12마리를 대상으로 213-nm solid-state laser를 이용하여 10디오퍼터의 굴절교정각막절제술을 시행하였다. 한쪽 눈은 ablation시 매 5초마다 Weckcel[®]스폰지를 이용하여 각막표면 수분을 제거하였으며 반대편 눈은 수분을 제거하지 않고 시행하였다. 술 전과 술 후 1주, 4주에 두 군의 평균 중심각막두께를 측정하였다.

결과: 각막표면 수분을 제거한 군의 술 전 평균 중심각막두께는 $361.3 \pm 13.9 \mu\text{m}$, 술 후 4주에는 $321.4 \pm 18.5 \mu\text{m}$ 였으며, 수분을 제거하지 않은 군의 경우, 술 전 $358.7 \pm 8.9 \mu\text{m}$, 술 후 4주는 $338.4 \pm 12.0 \mu\text{m}$ 였다. 술 후 4주 평균 각막절삭깊이는 수분 제거군에서 $39.8 \pm 7.4 \mu\text{m}$, 수분 비제거군에서 $20.3 \pm 5.8 \mu\text{m}$ 로 유의한 차이를 보였다.

결론: 굴절교정각막절제술 시 생성되는 각막표면 수분은 solid-state laser의 절삭효율성과 정확도에 영향을 미치는 것으로 보이며, 특히 고도근시 환자에 임상적으로 적용될 경우 고려해야 할 요인으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2008;49(11):1723-1728〉

1980년대 중반 이후 193-nm의 파장을 가진 엑시머 레이저가 각막 굴절교정수술에 주로 사용되어 왔으나 최근에는 엑시머레이저의 대체재로 213-nm의 파장을 가진 solid-state, Nd:YAG laser가 연구되고 있다. Solid-state laser는 기존의 엑시머레이저와 달리 spot size가 작고, solid-state crystal을 이용하기 때문에 독성 가스를 배출하지 않으며 유지비용이 적게 든다. 또한 높은 반복률(1 KHz)과 펄스 당 에너지가 낮기 때문에 효율이 높고 시술 시 소음이 적다는 장점이 있다. 213-nm Solid-state laser와 관련한 다양한 연구결과들이 발표되었는데, 세포독성과 관련하여 엑시머레이저와 비슷한 정도의 유리기(free radical) 생성을 보였다고 하였고,¹ 193-nm 엑시머레이저와 비교했

을 때 돼지 눈에서 비슷한 절삭률(ablation rate)을 보였다.² 또한 토끼 눈에서도 각막절삭 후 엑시머레이저와 유사한 임상적 경과를 보였으며, 조직학적으로도 절삭 직후 부드러운 절삭면과 각막 전층에서 세포의 모양과 구조가 정상적인 형태를 보여 엑시머레이저와 비교 시 차이가 없었다.³⁻⁵

각막에 대한 절삭률에 영향을 줄 수 있는 요소는 크게 두 가지로 각막의 수분화와 각막표면의 수분을 생각할 수 있다.⁶⁻⁸ 이 중 각막표면의 수분의 경우 193-nm 엑시머레이저를 이용한 각막 굴절교정수술 시 각막에 대한 절삭률을 감소시켜 굴절이상이 저교정되는 것으로 알려져 있으며,⁸ 이는 193-nm의 파장이 balanced salt solution (BSS)에 높은 흡수율을 보이면서 실험적으로도 증명되었다.⁹ 하지만 213-nm solid-state laser의 경우, 193-nm의 레이저 파장과 달리 열효과가 떨어져 수술 중 발생하는 각막표면의 수분이 잘 제거되지 않음에도 불구하고 실험적으로 BSS나 Sodium chloride solution에 낮은 흡수율을 보여 수분이 투과율에 미치는 영향이 적었다는 보고는 있으나,⁹ 임상적으로 각막표면의 수분이 수술결과에 미치는 영향을 확인한 연구결과는 매우 드물다. 또한 기존의 엑시머레이저와 비교시 유사한 임상적 결과를 보인 연구에서 적용된 교정량은 대부분 6디오퍼터 미만으로, 고도근시 환

〈접수일 : 2008년 4월 23일, 심사통과일 : 2008년 9월 16일〉

통신저자 : 최 철 영

서울시 종로구 평동 108

성균관대학교 강북삼성병원 안과

Tel: 02-2001-2250, Fax: 02-2001-2262

E-mail: sashimi0@naver.com

* 본 논문의 요지는 2006년 4월 ASCRS free-paper presentation at Sanfrancisco U.S.A.

자와 같이 근시 교정량이 많아 레이저 조사시간이 길어 수술 중 각막표면 수분의 생성이 많은 환경에서 solid-state laser의 실험적 결과 및 임상적 유용성이 똑같이 적용될 수 있는가에 대한 연구결과는 없다.

이에 저자들은 백색토끼를 대상으로 213-nm solid-state laser를 이용한 굴절교정각막절제술 시 각막표면의 수분을 일정시간 간격으로 제거하면서 시행한 군과 제거하지 않은 군으로 나누어 10디오퍼터의 굴절교정각막절제술을 시행한 후 각막두께의 변화량을 비교함으로써 임상적으로 각막표면의 수분이 각막절삭물에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법

New Zealand 백색토끼 12마리(24안)에 ketamine hydrochloride(유한양행) 30 mg/kg, xylazine(한국바이엘) 5 mg/kg를 근육주사하여 전신 마취한 뒤, 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcon®, Alcon, Purrs, Belgium)를 점안 후 소아용 개검기를 결막 원개에 삽입하여 안검을 벌린 후, spatula로 중심 각막 상피를 제거하였다. 이 후 Pulzar Z1 213-nm solid-state laser (Custom Vis)를 이용하여 굴절교정각막절제술을 시행하였으며 반복률은 300 Hz, 조사된 각막직경은 6 mm, 굴절교정량은 10디오퍼터(사람에서의 예상 각막절삭량: 117 μ m)로 하였다(Fig. 1). 굴절교정각막절제술을 시행하는 동안 BSS등 어떤 용액도 점안하지 않았으며, 토끼의 한쪽 눈은 ablation 시 매 5초마다 Weckcel® 스폰지를 이용하여 레이저 조사 시 자연 발생하는 각막표면의 수분을 제거하였으며 반대편 눈은 수분을 제거하지 않은 상태로 굴절교정각막절제술을 시행하였다. 수술 후 각막상피의 재생을 돕기 위해 모든 눈에 6-0 black silk로 윗눈꺼풀판과 아래눈꺼풀판의 세 곳을 봉합하여 일시적 눈꺼풀봉합술

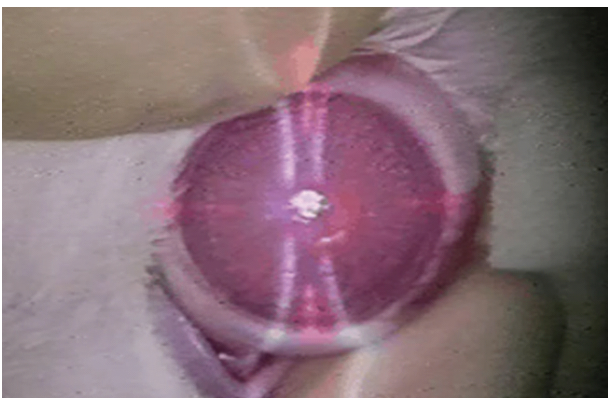


Figure 1. The photograph of photorefractive keratectomy using 213-nm solid-state laser in rabbit's eye.

을 시행하였으며 수술 후 3일까지 이를 유지하였다. 모든 수술은 한 술자에 의해 동일한 방법으로 시행되었다.

수술 전, 수술 후 1주, 수술 후 4주에 초음파 각막두께측정계(Corneo-Gage™ Plus, Sonogage Inc., Cleveland, Ohio)를 이용하여 두 군의 중심각막두께를 각각 5회 측정하여 평균값을 구하고 이를 비교하였다. 두 군간에 측정된 평균 중심각막두께의 변화와 이에 따른 각막절삭깊이의 차이는 SPSS/PC 13.0 (Windows, SPSS, Inc., Chicago, IL, U.S.A.) 통계프로그램을 이용한 Mann-Whitney test를 통해 비교하였으며 *P*-value가 0.05 미만일 경우 통계학적으로 유의한 것으로 정의하였다.

결 과

굴절교정각막절제술 중 각막표면의 수분을 제거한 군과 제거하지 않은 군에서의 수술 전 평균 중심각막두께는 각각 $361.3 \pm 13.9 \mu$ m, $358.7 \pm 8.9 \mu$ m으로 유의한 차이는 없었으며 수술 후 1주의 평균 중심각막두께 또한, $358.6 \pm 13.5 \mu$ m, $359.8 \pm 7.9 \mu$ m으로 통계학적인 차이는 없었다. 수술 후 4주의 평균 중심각막두께는 수분을 제거한 군에서는 $321.4 \pm 18.5 \mu$ m, 제거하지 않은 군에서는 $338.4 \pm 12.0 \mu$ m으로 수분을 제거한 군에서 유의하게 그 두께가 얇았다(*p*<0.05)(Table 1).

Table 1. The comparison of central corneal thickness at preoperative, postoperative 1 week and 4 weeks

	Central corneal thickness (μ m)	
	Group 1 (Fluid removed)	Group 2 (Not removed)
Preoperative	361.3 ± 13.9	358.7 ± 8.9
Postoperative 1 week	358.6 ± 13.5	359.8 ± 7.9
Postoperative 4 weeks*	321.4 ± 18.5	338.4 ± 12.0

* *P*-value<0.05, Mann-Whitney test.

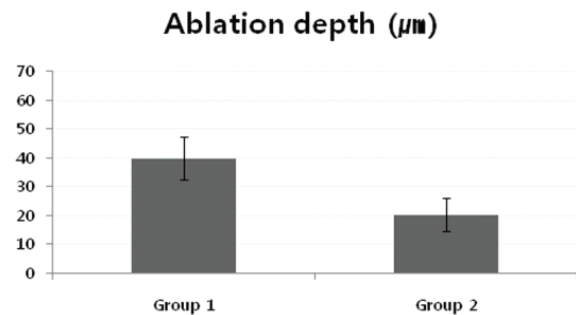


Figure 2. The comparison of ablation depth at postoperative 4 weeks (*P*-value<0.05, Mann-Whitney test).

수술 전 중심각막두께와 수술 후 4주 뒤 중심각막두께의 차이를 통해 두 군간의 평균 각막절삭깊이를 비교해보면 수분을 제거한 군에서는 $39.8 \pm 7.4 \mu\text{m}$ 로 수분을 제거하지 않은 군의 $20.3 \pm 5.8 \mu\text{m}$ 에 비해 유의하게 그 깊이가 큰 결과를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 2).

고 찰

190-nm에서 220-nm 사이의 레이저 파장은 각막의 흡수력이 비교적 일정한 편이며, 주변 조직손상의 정도와 세포변이의 위험이 적다.¹⁰⁻¹³ 때문에 이론적으로 기존의 고식적인 엑시머레이저와는 다른 장점을 가진 213-nm의 solid-state laser에 관한 연구가 지속되어 왔으며, 실제로 213-nm solid-state laser가 기존의 엑시머레이저와 유사한 임상적 적용이 가능할 것이라는 여러 연구결과들이 발표되었다.¹⁻⁵ 하지만 213-nm의 solid-state laser의 이러한 이론적인 유용성에도 불구하고 실제 상업적으로 사용되고 있는 기기는 2종류밖에 없으며, 임상적 적용 또한 활발하지 않은 것이 현실이다. 이는 213-nm의 solid-state laser가 가지고 있는 이론적 장점들이 아직 임상적으로 명확히 증명되지 않았기 때문이며, 그 중 하나가 각막 표면의 수분이 수술 결과에 미치는 영향이다.

각막표면의 수분은 각막의 수분화와 함께 각막절삭률에 영향을 주는 주요한 인자로, Campos et al⁸은 193-nm의 고식적인 엑시머레이저를 이용하여 각막 굴절교정수술 시 각막표면의 수분이 각막 절삭률을 감소시키는 것을 보고하였으며, Dair et al⁹은 Sodium chloride solution과 BSS에 대한 193-nm와 213-nm 레이저 파장의 흡수율을 비교한 실험에서 193-nm 레이저 파장에 대한 높은 흡수율을 관찰함으로써 이를 입증하였다. 이 같은 각막표면 수분의 효과로 인해, 임상적으로는 193-nm의 고식적인 엑시머레이저를 이용한 각막 굴절교정수술 중 각막표면 수분의 정도에 대해 술자의 주의 깊은 관찰과 이에 대한 조절이 반드시 필요하다고 알려져 있다. 또한 각막표면 수분의 효과를 역으로 이용하여 치료레이저각막절제술 시 masking fluid를 사용해 술 후 균일하고 부드러운 각막 표면을 만들기도 한다.¹⁴⁻¹⁶ 213-nm 레이저 파장의 경우, 수술 중 각막표면의 수분을 기화시켜 각막을 건조하게 만드는 193-nm의 레이저 파장과 달리 열효과가 떨어져 각막표면의 수분이 잘 제거되지 않아 이로 인해 수술 중 투명한 각막표면을 제공하여 환자의 시선 고정에 오히려 유리한 조건을 제공하기도 한다. 그러나 연구결과에 따르면 193-nm의 레이저 파장에 비해 Sodium chloride solution과 BSS의 흡수율이 낮아

투과율이 높았으며,⁹ 각막절삭률의 경우 돼지 눈에서 213-nm의 레이저 파장에서는 에너지 밀도의 범위가 $150 \sim 250 \text{ mJ/cm}^2$ 사이에서 $0.45 \sim 0.8 \mu\text{m/pulse}$ 를 보여 193-nm의 레이저 파장으로 에너지 밀도 200 mJ/cm^2 에서 발생하는 $0.45 \mu\text{m/pulse}$ 의 각막절삭률과 비교 시 비슷한 양을 보였다.² 또한 현재 이용되고 있는 레이저 기기에서 굴절교정량을 10디옵터(광학부: 6 mm)로 설정했을 때 사람에게서 예상되는 각막절삭량을 살펴봐도 213-nm의 레이저 파장의 경우 $117 \mu\text{m}$ 이고, 193-nm의 레이저 파장의 경우 기종에 따라 $112 \sim 163 \mu\text{m}$ 로 두 파장에서 유사한 각막절삭량을 보여, 이론적으로 213-nm의 solid-state laser를 이용한 각막 굴절교정수술 시 각막표면 수분에 대한 세밀한 주의와 조절 없이도 일정한 수술결과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서 굴절교정각막절제술 중 각막표면 수분을 제거한 군과 제거하지 않은 군을 나누어 시행한 결과를 살펴보면, 수술 전과 수술 후 1주의 평균 중심각막두께는 두 군간의 차이가 없었다. 이는 수술 후 발생하는 염증반응과 각막부종에 기인한 것으로 보이는데, 본 연구에서도 수술 후 1주까지 결막의 충혈과 경미한 분비물, 각막부종이 관찰되었다. 하지만 수술 후 4주에는 이 같은 염증반응 및 각막부종이 관찰되지 않았으며 평균 중심각막두께는 수분을 제거한 군에서 $321.4 \pm 18.5 \mu\text{m}$, 수분을 제거하지 않은 군에서 $338.4 \pm 12.0 \mu\text{m}$ 로 수분을 제거하지 않은 군에서 유의하게 각막두께가 두꺼웠다. 이를 통해 각막절삭률을 살펴보면 수분을 제거한 군에서 $39.8 \pm 7.4 \mu\text{m}$, 제거하지 않은 군에서 $20.3 \pm 5.8 \mu\text{m}$ 으로, 결국 수술 중 각막표면의 수분이 213-nm의 solid-state laser의 경우에도 193-nm의 엑시머레이저와 마찬가지로 각막절삭률을 감소시키는 것으로 나타났다.

이같이 이론적으로 예상되었던 결과와 본 연구 결과가 다른 이유로 생각해 볼 수 있는 점은 우선, 각막표면의 수분으로 조사되는 레이저 파장의 입사각 변화에 따른 반사(reflection)를 들 수 있다. Oshika et al¹⁷의 연구에 따르면 PRK시 각막표면 수분이 있는 경우 술 후 중심부각막융기의 발생과 유의한 상관관계를 보였으며, 수술 중 각막과 레이저 파장의 상호작용에 의해 발생하는 소음이 각막표면 수분이 있는 경우 현저히 줄어드는 현상을 관찰하였는데, 이 같은 현상의 주요한 원인으로 각막표면 수분에 대한 레이저 파장의 반사를 꼽았다. Dair et al⁹의 실험모델의 경우, 분광기(beam splitter)를 통과시켜 정확히 둘로 나뉜 laser pulse 중 한 쪽은 아무것도 투과시키지 않고 바로 탐지기(detector)를 통해 에너지를 측정하였으며, 다른

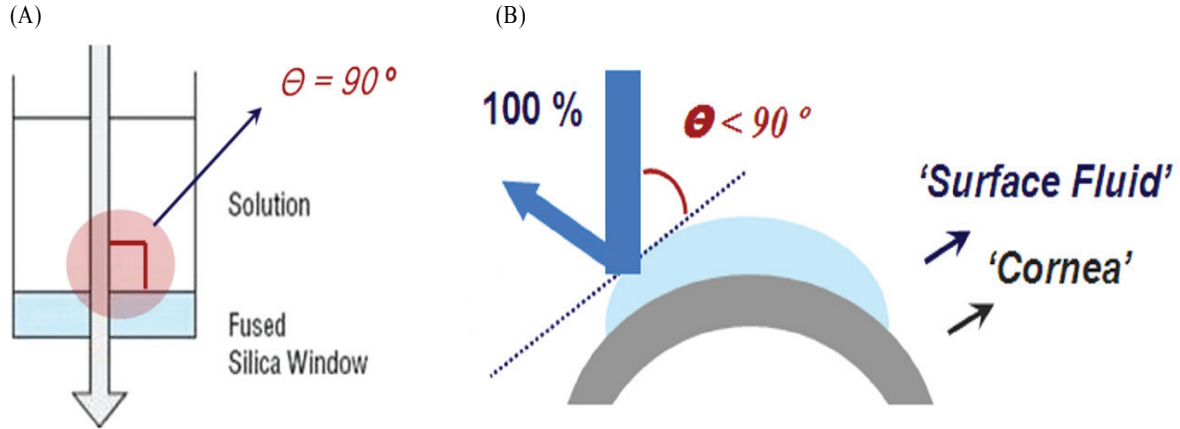


Figure 3. Schematic presentation of reflection loss. (A) Experimental model of Geoffrey et al⁸ ($\Theta=90^\circ$). (B) Reflection loss on corneal surface fluid ($\Theta<90^\circ$).

한 쪽은 투과도를 높이기 위해 fused silica window로 구성된 통에 담긴 Sodium chloride solution이나 BSS를 통과시킨 후 탐지기를 통해 에너지를 측정하여 이를 비교함으로써 통에 담긴 용액의 에너지 흡수율을 측정하였다. 그 결과 213-nm laser pulse의 경우 193-nm 보다 Sodium chloride solution이나 BSS의 흡수율이 적고 투과도가 높은 것으로 측정되었다. 하지만 이 실험의 경우 통에 담긴 용액의 표면과 입사되는 레이저 파장과의 각도가 정확히 90° 를 이루나 (Fig. 3A), 실제 각막표면 수분의 경우 평면이 아닌 구면에 가까운 각막 위에 있기 때문에 수분의 표면과 레이저 파장이 이루는 각도는 90° 보다 작아 조사된 레이저 파장의 일부가 반사되어 소실될 수 있으며(Fig. 3B), 이 같은 현상은 각막중심부에서 멀어질수록 입사각이 더 줄어들기 때문에 더욱 뚜렷해질 수 있다. 또 다른 이유로, 각막표면의 수분 자체가 가지고 있는 굴절률로 인해 발생하는 굴절현상(refraction)을 생각해 볼 수 있는데, 레이저 파장이 공기와 다른 굴절률을 가진 각막표면의 수분을 통과하면서 발생하는 굴절에 의해 일부 소실될 수 있다(Fig. 4).

결론적으로, 굴절교정각막절제술을 시행할 때 발생할 수 있는 각막표면의 수분은 213-nm의 solid-state laser의 경우에서도 193-nm의 엑시머레이저와 마찬가지로 각막에 대한 절삭효율성과 정확도에 영향을 미치는 것으로 보인다. 특히 고도근시 환자에 임상적으로 이를 적용할 경우 각막절삭의 깊이가 깊고 절삭 시간이 상대적으로 길기 때문에, 발생하는 절삭량의 오차를 줄이기 위하여 레이저 장비의 parameter를 보정하거나 수술 중 발생하는 각막표면의 수분을 세심히 관찰하고 이를 제거해야 할 것으로 보인다. 본 연구의 제한점으로는 연구 대상수가 적었고, 굴절교정량이 10디오퍼터 많았으며, 193-nm의 엑시머레이저로 시행한 결과와

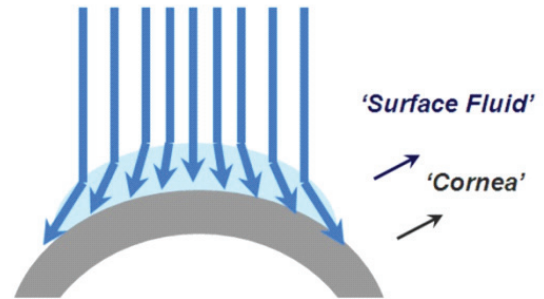


Figure 4. Schematic presentation of refraction loss in corneal surface fluid.

비교하지 않았다는 점 등이 있다. 허나 기존 엑시머레이저와 비교의 경우, 동일한 파장을 가진 엑시머레이저에서조차도 10디오퍼터의 굴절교정량과 6.0 mm의 동일한 광학부의 설정에서 $112\sim 163\ \mu\text{m}$ 의 다양한 각막절삭양을 보이는데 이는 광학부 및 이에 대한 이행부의 설정이 상이하서 생기는 결과로 해석할 수 있겠다. 때문에 파장이 다른 solid-state laser와의 절삭량에 관한 단순 비교는 현실적으로 더욱 쉽지 않았다. 이를 보완한 추가적 임상연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 1) Ediger MN, Pettit GH, Matchette LS. In vitro measurements of cytotoxic effects of 193nm and 213nm laser pulses at subablative fluences. *Lasers Surg Med* 1997;21:88-93.
- 2) 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.
- 3) Ren Q, Simon G, Parel JM. Ultraviolet solid-state laser

- (213-nm) photorefractive keratectomy: in vitro study. *Ophthalmology* 1993;100:1828-34.
- 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) Tsiklis NS, Kymionis GD, Kounis GA, et al. Photorefractive keratectomy using solid state laser 213nm and excimer laser 193nm: A randomized, contralateral, comparative, experimental study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:1415-20.
- 6) Dougherty PJ, Wellish KL, Maloney RK. Excimer laser ablation rate and corneal hydration. *Am J Ophthalmol* 1994;118:169-76.
- 7) Fields CR, Taylor SM, Barker FM. Effect of corneal edema upon the smoothness of excimer laser ablation. *Optom Vis Sci* 1994;71:109-14.
- 8) Campos M, Wang XW, Hertzog L, et al. Ablation rates and surface ultrastructure of 193nm excimer laser keratectomies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:2493-500.
- 9) Dair GT, Ashman RA, Eikelboom RH, et al. Absorption 193- and 213-nm laser wavelengths in sodium chloride solution and balanced salt solution. *Arch Ophthalmol* 2001;119:533-7.
- 10) Lembares A, Hu X-H, Kalmus GW. Absorption spectra of corneas in the far ultraviolet region. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:1283-7.
- 11) Ito T, Ito A, Hieda K, Kobayashi K. Wavelength dependence of inactivation and membrane damage to *Saccharomyces cerevisiae* cells by monochromatic synchrotron vacuum-UV radiation (145-190-nm). *Radiat Res* 1983;96:532-48.
- 12) Hieda K, Ito T. Action spectra for inactivation and membrane damage of *Saccharomyces cerevisiae* cells irradiated in vacuum by monochromatic synchrotron UV radiation (155-250-nm). *Photochem Photobiol* 1986;44:409-11.
- 13) Munakata N, Hieda K, Kobayashi K, et al. Action spectra in ultraviolet wavelengths (150-250-nm) for inactivation and mutagenesis of *Bacillus subtilis* spores obtained with synchrotron radiation. *Photochem Photobiol* 1986;44:385-90.
- 14) Kornmehl EW, Steinert RF, Puliafito CA. A comparative study of masking fluids for excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Arch Ophthalmol* 1991;109:860-3.
- 15) Förster W, Grewe S, Atzler U, et al. Phototherapeutic keratectomy in corneal diseases. *Refract Corneal Surg* 1993;9:S85-90.
- 16) Thompson V, Durrie DS, Cavanaugh TB. Philosophy and technique for excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Refract Corneal Surg* 1993;9:S81-5.
- 17) Oshika T, Klyce SD, Smolek MK, McDonald MB. Corneal hydration and central islands after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:1575-80.

=ABSTRACT=

Influence of Surface Fluid during Photorefractive Keratectomy Using a 213-nm Solid-State Laser

Kwan Soo Kim, M.D.¹, Chul Young Choi, M.D.¹, Hungwon Tchah, M.D.²

Department of Ophthalmology, Sungkyunkwan University School of Medicine, Kangbuk Samsung Hospital¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center², Seoul, Korea

Purpose: To investigate the effect of surface fluid on the ablation rate and efficacy of 213-nm solid-state laser during photorefractive keratectomy (PRK).

Methods: Twelve rabbits (24 eyes) underwent myopic PRK for the correction of 10 diopters using 213-nm solid-state laser. Photoablation was performed with removal of corneal surface fluid using the Weckcel[®] sponge every 5 seconds in one eye and without removal of corneal surface fluid in the control eye. The mean central corneal thickness (CCT) was evaluated preoperatively, and at 1 week, 4 weeks postoperatively.

Results: The mean CCT of group 1 (with removal of corneal surface fluid) were $361.3 \pm 13.9 \mu\text{m}$ preoperatively and $321.4 \pm 18.5 \mu\text{m}$ at 4 weeks postoperatively. The mean CCT of group 2 (without removal of surface fluid) were $358.7 \pm 8.9 \mu\text{m}$ preoperatively and $338.4 \pm 12.0 \mu\text{m}$ at 4 weeks postoperatively. The mean ablation depths were $39.8 \pm 7.4 \mu\text{m}$ in group 1 and $20.3 \pm 5.8 \mu\text{m}$ in group 2 at 4 weeks postoperatively ($p < 0.05$).

Conclusions: Induced corneal surface fluid during PRK may influence the ablation efficacy and accuracy of solid-state laser. This result should be considered in clinical trials with 213-nm solid-state laser, especially in high myopes.

J Korean Ophthalmol Soc 2008;49(11):1723-1728

Key Words: 213-nm solid-state laser, Ablation efficacy, Ablation rate, Photorefractive keratectomy, Surface fluid

Address reprint requests to **Chul Young Choi, M.D.**

Department of Ophthalmology, Sungkyunkwan University School of Medicine, Kangbuk Samsung Hospital

#108 Pyung-dong, Chongno-gu, Seoul 110-746, Korea

Tel: 82-2-2001-2250, Fax: 82-2-2001-2262, E-mail: sashimi0@naver.com