

## 각막절편 두께 측정법의 비교: 초음파 각막두께측정계의 차감법, 직접측정법과 빛간섭단층촬영계

이수환 · 이주은 · 김재용 · 김명준 · 차흥원

울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실

**목적:** 펌토초레이저 라식안에서 각막절편 두께를 초음파 각막두께측정계에 의한 차감법, 직접측정법 및 빛간섭단층촬영계로 측정하여 세 가지 방법에 따른 결과를 비교하고자 하였다.

**대상과 방법:** 펌토초레이저를 이용하여 라식 수술을 시행한 37명 65안이 연구에 포함되었다. 각막절편 두께를 술 중 초음파 각막두께 측정계를 이용하여 차감법과 직접측정법으로 측정하였고, 술 후에는 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정하였다. 세 가지 측정법에 따른 결과를 비교 분석하였다

**결과:** 차감법과 빛간섭단층촬영계에 의한 측정값 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었으며( $p=0.511$ ), 상관계수 0.820으로 높은 양적 선형관계를 보였다( $p<0.001$ ). 그러나 직접측정법은 차감법 및 빛간섭단층촬영계와 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p<0.001$ ), 낮은 일치도를 보였다. 또한 직접측정법은 차감법에 비해 측정 성공률이 낮았다(54% vs 95%).

**결론:** 차감법과 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정한 각막절편 두께는 직접 측정법에 의한 측정값과 차이를 보였으며, 직접측정법은 차감법과 일치도가 낮고 측정의 어려움이 있어 차감법을 대체하기 어려울 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2011;52(5):524-530〉

술중 정확한 각막절편 두께의 형성은 라식 수술의 성공에 있어서 매우 중요한 요소이다. 술 중 각막절편이 예상보다 두껍게 만들어져 술 후 잔여각막두께가 얇아질 경우 각막확장증을 초래할 수 있으며, 각막절편이 예상보다 얇게 만들어질 경우는 각막절편이 찢어지거나 미세주름이 생기는 등의 합병증이 생길 수 있기 때문이다.<sup>1-3</sup> 라식 수술 시 형성된 각막절편 두께는 사용하는 미세각막절개도(microkeratome) 또는 펌토초레이저에 따라 미리 설정된 값이 존재하는데 실제 형성되는 각막절편 두께는 설정된 값과 다양한 차이를 보이는 것으로 알려져 있으며, 이러한 차이는 예측할 수 있는 일정한 경향성을 보이기도 하지만, 때로는 예측을 벗어난 범위에서 임의로 발생하기도 한다.<sup>4-8</sup> 따라서, 각 수술마다 술 중 형성된 각막절편 두께 및 잔여각막두께의 추정이 중요하며, 이를 위해 몇몇 술자들은 술 중 형성된 각막절편의 조작을 통해 간접적으로 각막절편 두께를 유추하기도 하지만, 좀 더 정확한 평가를 위해 술 중 초음파 각막두께측정계(ultrasound pachymetry)를

이용한 잔여각막두께의 측정과 이로부터 각막절편두께를 구하는 방법, 즉 차감법(subtraction method)이 현재 가장 널리 사용되고 있다.<sup>9-11</sup> Eisner and Binder<sup>12</sup>은 펌토초레이저를 이용한 라식 수술에 적용할 수 있는 새로운 각막절편 두께 측정법을 보고하였는데, 각막절편을 형성한 후 각막절편을 들어올리기 전에 초음파 각막두께측정계의 프로브를 각막중심에 위치시키면 각막절편 두께를 측정할 수 있다고 하였다. 이 방법은 단 한번의 검사로써 각막절편 두께를 직접 측정할 수 있으며, 각막절편을 들어올리기 전에 이를 측정함으로써 과도하게 두껍거나 얇은 각막절편이 형성되었을 때 무리한 수술의 진행을 예방할 수 있고 따라서 이로 인한 합병증을 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만, 이 측정법의 정확성 및 다른 방법과의 차이, 단점 등에 대해서 정확히 알려진 바는 없다.

앞에서 언급한 술 중 초음파 각막두께측정계를 이용한 두 가지 측정법은 술 후 재수술이 필요한 환자나 합병증에 대한 처치를 해야 하는 환자의 경우에 있어서 각막절편 두께를 평가하는 방법으로 이용될 수는 없다. 따라서 이러한 경우 각막절편 두께를 측정할 수 있는 다른 방법이 필요하며, 몇몇 보고에서 전안부 빛간섭단층촬영계가 유용한 방법으로 소개되고 있다.<sup>13-15</sup> 전안부 빛간섭단층촬영계는 비침습적인 방법으로 높은 해상력의 각막 단면을 보여주며, 각막절편의 경계 부위가 높은 반사율을 나타내므로 각막 표

■ 접수 일: 2010년 8월 25일 ■ 심사통과일: 2010년 10월 26일  
■ 게재허가일: 2011년 3월 2일

■ 책임저자: 차 흥 원

서울시 송파구 풍납 2동 388-1  
서울아산병원 안과  
Tel: 02-3010-3680, Fax: 02-470-6440  
E-mail: hwtchah@amc.seoul.kr

면에서 경계 부위까지 거리를 측정함으로써 각막절편 두께를 구할 수 있다.

본 연구에서는 펄스초레이저를 이용한 라식 수술안에서 각막절편 두께를 위에서 언급한 세 가지 다른 측정법, 즉, 술 중 초음파 각막두께측정계를 이용한 차감법, 직접측정법과 술 후 빛간섭단층촬영영계로 측정하여 결과를 비교하고자 하였다.

## 대상과 방법

2009년 4월부터 2009년 12월까지 서울아산병원에서 한 명의 술자(차홍원)에 의해서 펄스초레이저를 이용한 라식 수술을 시행 받은 37명, 65안을 대상으로 연구를 시행하였다. 이 중 각막질환이 있거나 이전에 굴절교정수술을 받은 기왕력이 있는 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

펄스초레이저를 이용한 라식 수술은 인트라레이즈(60 kHz IntraLase®, Abbott Medical Optics Laboratories Inc. Abbott Park, IL, USA)의 라스터(raster) 방식을 사용하여 직경 8.0–8.8 mm, 상측 경첩(superior hinge)에 55도의 경첩각(hinge angle), 70도 또는 90도의 측면 절개각(side cut angle), 110 µm, 105 µm 또는 100 µm의 설정된 각막절편 두께(intended flap thickness)로 각막절편을 형성하였고, 라식 수술 과정은 기존의 논문에서 나와있는 방법과 동일하게 시행되었다.<sup>16</sup> 술 중 초음파 각막두께측정계(Corneo-Gage plus™, Sonogage, Cleveland, USA)를 이용한 두께 측정은 각 수술마다 모두 세 차례 시행되었다. 첫 번째는 각막절편을 형성하기 전 중심각막두께를 측정하였고, 다음으로 각막절편을 형성한 후 이를 들어올리기 전 각막중심에 초음파 각막두께측정계의 프로브를 위치시켜 각막절편 두께를 측정하였다. 마지막으로 각막절편을 들어올린 후 잔

여각막두께를 측정하였다. 각막절편 형성 전 측정한 중심각막두께와 각막절편을 들어올린 후 측정한 잔여각막두께의 차이를 차감법에 의한 각막절편 두께 측정값으로 사용하였고, 각막절편 형성 후 이를 들어올리기 전 각막 중심에서 측정한 각막절편 두께 값을 직접측정법에 의한 측정값으로 하였다. 초음파 각막두께측정계를 이용한 각막두께측정의 오차를 줄이기 위해서 모든 측정은 한 명의 술자에 의해서 술 중 현미경을 보면서 각막 중심에서 정확히 시행되었고, 모든 측정은 3회 이상 시행되어 이 값들의 평균값이 결과 분석에 사용되었다. 또한 차감법을 이용한 두께 측정 시 기질층의 수분에 의한 영향을 배제하기 위해 항상 수분이 없는 상태에서 측정을 하였고 이를 위해 수분이 없는 상태에서 측정 가능한 초음파 각막두께측정계를 사용하였다. 31안에서는 술 후 1주에 전안부 빛간섭단층촬영영계(Visante™, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)를 이용하여 각막절편 두께를 측정하였다. 빛간섭단층촬영영계를 이용한 각막절편 두께 측정은 술 전 설정된 각막절편 두께를 모르는 단 한 명의 검사자에 의해서 시행되었으며, 소프트웨어의 “flap tool” 기능을 이용하여 커서를 움직여 각막 단면상에서 각막 중심 표면으로부터 기질층 사이의 반사율이 변하는 지점까지 거리를 측정하여 이를 각막절편 두께의 측정값으로 하였다(Fig. 1).

각 방법에 의해 측정된 각막절편 두께는 paired *t*-test와 Wilcoxon's rank test를 이용하여 비교하였고, Pearson 상관계수 및 Spearman 순위상관계수를 산출하여 각 측정방법들 간의 상관성을 평가하였다. 또한 Bland-altman plot을 이용하여 각 측정법 간의 일치도를 알아보았다. 통계 분석은 표준 소프트웨어(SPSS, version 16.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였으며 유의수준 5% 미만( $p < 0.05$ )인 경우 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

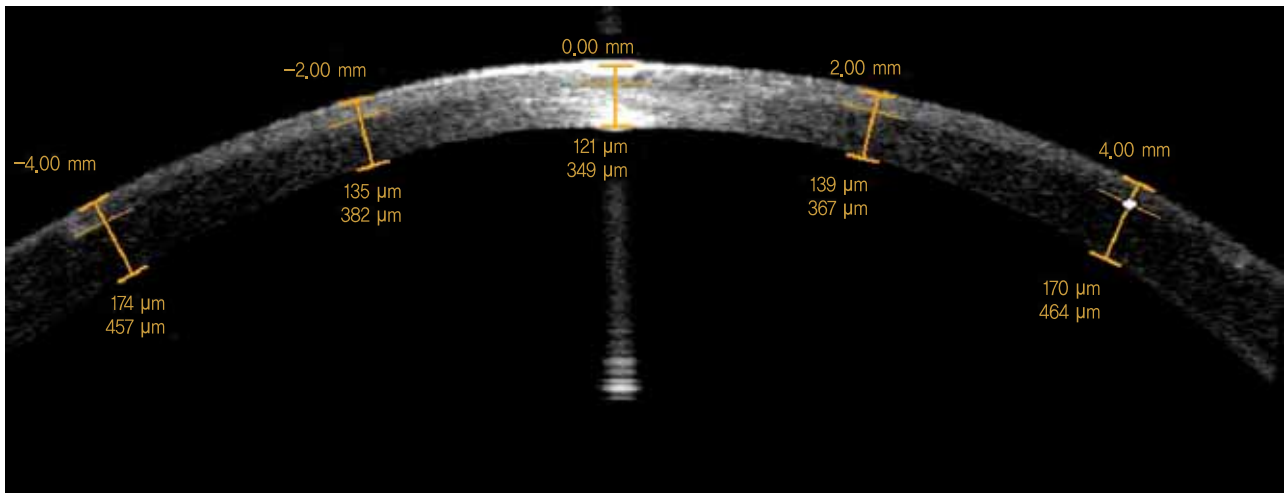


Figure 1. Postoperative flap thickness measurement with anterior segment optical coherence tomography.

## 결 과

총 37명, 65안이 본 연구에 포함되었고, 이 중 남자는 15명(27안), 여자는 22명(38안)이었으며, 평균 연령은  $29.6 \pm 7.7$ 세, 술 전 굴절이상은 구면렌즈대응치로 평균  $-4.69 \pm 2.56$ 디옵터였다. 각막절편 두께를 30안에서  $110 \mu\text{m}$ , 27안에서  $105 \mu\text{m}$ , 8안에서  $100 \mu\text{m}$ 로 설정하여 각막절편을 형성하였다.

65안 모두에서 초음파 각막두께측정계를 이용한 차감법 및 직접측정법이 시도되었으나, 32안에서 두 가지 방법 모두에 의한 측정이 이루어졌고, 3안은 직접측정법, 30안은 차감법만으로 각막절편 두께가 측정되었다. 즉, 직접측정법은 65안 중 35안(54%)에서 측정이 이루어져 65안 중 62안(95%)에서 측정이 이루어진 차감법에 비해 낮은 측정 성공률을 보였다( $p < 0.001$ ,  $\chi^2$  test). 연구에 포함된 65안 중 31안에서 술후 빛간섭단층촬영을 이용한 각막절편 두께 측정이 시행되었다. 결과적으로 차감법과 직접측정법이 모두 시행된 안은 32안, 차감법과 빛간섭단층촬영이 모두 시행된 안은 28안, 직접측정법과 빛간섭단층촬영이 모두 시행된 안은 19안이었다.

### 차감법과 직접측정법

차감법과 직접측정법이 모두 시행된 32안을 대상으로 결과를 분석하였을 때 각막절편두께(평균  $\pm$  표준편차)는 각각  $118.3 \pm 14.4 \mu\text{m}$ ,  $127.4 \pm 14.3 \mu\text{m}$ 로 두 측정값은 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p = 0.005$ , paired  $t$ -test, Table 1). 또한, 두 측정값의 상관계수는  $0.304$  ( $p = 0.091$ , Pearson 상관계수)로 의미있는 상관성을 보이지 않았다(Fig. 2). 일치도를 보기 위한 Bland-Altman plot상에서 차감법에 의한 각막절편두께는 직접측정법에 비해 평균 약 6.7% 얇게 측정되며, 95% limit of agreement에서 위로는 약 23%, 아래로는 약 29%의 차이를 보였다(Fig. 3).

### 차감법과 빛간섭단층촬영

차감법과 빛간섭단층촬영이 모두 시행된 28안을 대상으로 결과를 분석하였을 때 각막절편두께(평균  $\pm$  표준편차)는 각각  $125.9 \pm 16.8 \mu\text{m}$ ,  $124.7 \pm 10.6 \mu\text{m}$ 로 두 측정값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p = 0.511$ , paired  $t$ -test, Table 1). 또한, 두 측정값의 상관계수는  $0.820$  ( $p < 0.001$ , Pearson 상관계수)로 강한 양적 선형관계를 보였다(Fig. 2). Bland-Altman plot상에서 차감법에 의한 각막절편두께는 빛간섭단층촬영계와 평균적으로 동일한 값을 보이며, 95% limit of agreement에서 위로는 약 17%, 아래로는 약 15%의 차이를 보였다(Fig. 3).

### 직접측정법과 빛간섭단층촬영

직접측정법과 빛간섭단층촬영이 모두 시행된 19안을 대상으로 결과를 분석하였을 때 각막절편두께(평균  $\pm$  표준편차)는 각각  $131.4 \pm 14.5 \mu\text{m}$ ,  $120.0 \pm 10.3 \mu\text{m}$ 로 두 측정값은 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p = 0.007$ , Wilcoxon's rank test, Table 1). 또한, 두 측정값의 상관계수는  $0.249$  ( $p = 0.303$ , Spearman 순위상관계수)로 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Fig. 2). Bland-Altman plot상에서 직접측정법에 의한 각막절편두께는 빛간섭단층촬영계에 비해 평균적으로 약 9.6% 두껍게 측정되었으며, 95% limit of agreement에서 위로는 약 38%, 아래로는 약 15%의 차이를 보였다(Fig. 3).

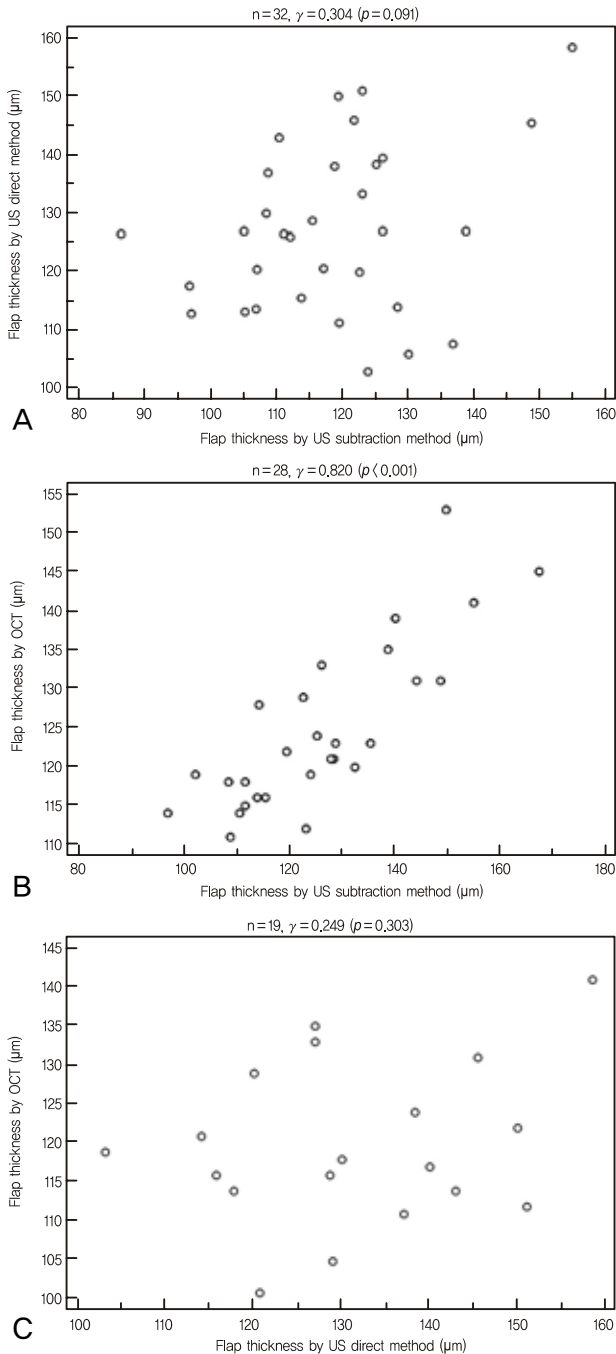
## 고 찰

본 연구는 펄스초레이저를 이용한 라식 수술에서 서로 다른 세 가지 방법, 즉 초음파 각막두께측정계를 이용한 차감법과, 직접측정법, 빛간섭단층촬영계를 이용한 측정법으로 각막절편 두께를 측정하여 이의 결과를 비교하였다. 이에 따라, 직접측정법과 빛간섭단층촬영계를 이용한 측정법이 기존의 표준적인 각막절편 두께 측정법으로 알려진 차

Table 1. Comparison of the measured flap thickness

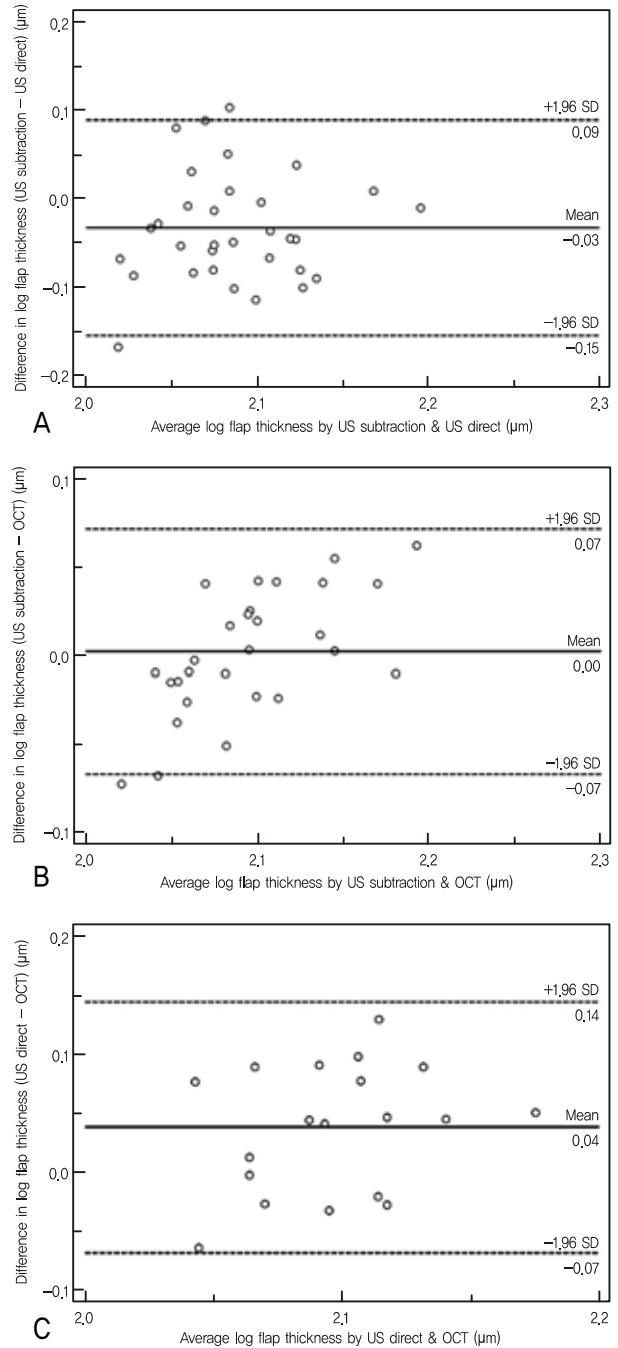
Method	n	Flap thickness (mean $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ )	Range ( $\mu\text{m}$ )	p-value
US* subtraction pachymeter	32	$118.3 \pm 14.4$	86.3-154.8	0.005
US direct pachymeter		$127.4 \pm 14.3$	103.0-158.5	
US subtraction pachymeter	28	$125.9 \pm 16.8$	96.7-167.3	0.511
OCT†		$124.7 \pm 10.6$	111.0-153.0	
US direct pachymeter	19	$131.4 \pm 14.5$	103.0-158.5	0.007
OCT		$120.0 \pm 10.3$	101.0-141.0	

\*US = ultrasound; †OCT = optical coherence tomography.



**Figure 2.** Scattergram showing the correlation of flap thickness measured by ultrasound (US) subtraction method, US direct method, and optical coherence tomography (OCT). (A) Correlation between US subtraction method and US direct method. (B) Correlation between US subtraction method and OCT. (C) Correlation between US direct method and OCT.

감법과 어떠한 차이를 보이는지 알아보고, 이러한 방법을 향후 적용함에 있어서 고려해야 할 요소들에 대해서 알고자 하였다. 초음파 각막두께측정계를 이용한 차감법은 각막절편을 형성하기 전 중심각막두께를 측정하고, 각막절편을



**Figure 3.** Bland-Altman plots between each two measurement methods. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement (LoA). (A) Ultrasound (US) subtraction method and US direct method. (B) US subtraction method and optical coherence tomography (OCT). (C) US direct method and OCT.

들어올린 후 잔여각막두께를 측정하여 이 두 값의 차이로 각막절편 두께를 구하는 방법으로서 측정 방법이 용이하고, 술 중 시행할 수 있는 장점 때문에 그동안 널리 사용된 방법이다.<sup>9-11</sup> 본 연구에서도 차감법을 이용하여 대부분의 경

우(95%)에 각막절편 두께를 손쉽게 측정할 수 있었다. 하지만, 이 방법을 이용하여 정확한 측정값을 얻기 위해서는 절편을 만들기 전후에 같은 위치에서 검사가 이루어져야 하므로 검사자의 술기에 따른 오차 등이 발생할 수 있으며, 기질 층의 수분에 의한 영향, 초음파의 속도 등에 의해서도 오차가 발생할 수 있다. 실제로 본 연구 중 6안에서 시행한 수분에 의한 영향 조사에서 수분의 영향으로 인한 측정값의 차이가 약 10–20  $\mu\text{m}$ 임을 알 수 있었다. 또한 이 방법은 측정 시 각막절편과 기질 층 사이 공간에 미생물의 오염을 일으킬 수 있는 단점도 있다. Eisner and Binder<sup>12</sup>가 보고한 각막절편 두께 측정법(본 연구의 직접측정법)은 각막절편을 들어올리기 전에 초음파 각막두께측정계를 사용하여 직접 각막절편 두께를 측정하는 방법으로, 펄스초레이저로 각막절편 형성 시 광붕괴로 형성된 공동화 기포(cavitation bubbles)의 영향으로 초음파가 절편 단면에서 반사되어 실제 각막절편 두께가 측정되는 원리를 이용한 것이다. 이 방법은 차감법과는 달리 각막 표면에서 단 한번의 측정을 통해 각막절편 두께를 측정할 수 있기 때문에 같은 위치에서 두 번의 검사가 시행될 때 발생할 수 있는 측정 오류를 줄일 수 있으며, 수분에 의한 영향을 덜 받고, 미생물에 의한 오염 가능성도 차감법에 비해서 낮을 것으로 생각된다. 하지만, 본 연구에서 직접측정법은 65안 중 35안(54%)에서만 측정이 이루어져 차감법에 비해 현저히 낮은 측정 성공률을 보였다( $p < 0.001$ ,  $\chi^2$  test). 이는 각막절편 두께 측정 시 측정계와 각막의 접촉에 의한 압력에 의해 공동화 기포가 제거되어 각막절편 두께 측정이 이루어지지 않은 것으로 생각된다. 즉, 측정 시 프로브의 작은 압력 변화에도 각막절편 두께의 측정이 이루어지지 않을 수 있다는 것을 의미하며, 따라서 측정방법이 용이한 차감법에 비해서 직접측정법의 술기가 더 어렵다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 본 연구 결과 직접측정법에 의한 측정값은 차감법에 의한 측정값보다 평균 약 9  $\mu\text{m}$  두껍게 측정되었다. 이는 Eisner and Binder<sup>12</sup>의 보고에서 직접측정법이 차감법에 비해서 3.3–7.6  $\mu\text{m}$  더 두껍게 측정되었다는 결과와 상응한다. 이는 아마도 직접측정법 시 초음파가 반사되는 기포 표면과 각막절편 후면부 사이의 간격만큼 차감법에 비해 좀 더 두껍게 측정될 수 있는 것으로 생각된다. 또한 두 방법 간의 일치도를 보기 위한 Bland–altman plot상에서 두 측정법은 95%에서 최대 약 29%의 차이를 보였는데, 이를 고려할 때 본 연구 결과만으로는 임상적으로 기존의 표준 측정법인 차감법을 대체하여 직접측정법을 사용하기에는 어려움이 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 초음파 각막두께측정계에 의한 직접 측정법은 실제 측정 시 초음파의 프로브를 조금만 움직여도 측정 결과가 크게 차이가 나는 양상을 보였

고, 이는 아마도 절단면에서 발생한 기포의 크기나 양에 따라서 측정값이 달라지는 것으로 생각되는데 이러한 요인 또한 측정 오차의 발생에 기여할 것으로 생각된다. 따라서 직접 측정법을 시행할 경우에는 각막 중심에 좀더 정확히, 적절한 압력으로 시행해야 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

라식 수술 중 초음파 각막두께측정계를 이용하여 각막절편 두께와 잔여각막두께를 측정하는 경우도 있지만, 많은 경우 이러한 방법을 사용하지 않고 기계에 설정된 각막절편 두께만을 고려하여 수술을 시행하기도 한다. 그러나 실제 형성된 각막절편 두께는 이와 다를 수 있고, 재수술을 해야 하는 환자나 합병증에 관련된 처치를 해야 하는 환자의 경우 형성된 각막절편 두께의 정확한 평가가 더욱 중요하다. 이러한 경우 술 후 각막절편 두께를 측정할 수 있는 방법이 필요한데, 본 연구에서 사용된 Visante 빛간섭단층촬영계는 비침습적인 방법으로 높은 해상력의 각막 단면을 실시간으로 보여주므로 라식 수술 후 각막절편을 직접 보면서 측정할 수 있고 비교적 손쉽게 다양한 부위에서의 절편의 두께를 측정할 수 있어 균일한 각막절편의 형성을 평가하는 데도 효과적이다.<sup>13,15,17</sup> 또한, 초음파 각막두께측정계를 사용 시 각막을 누름으로써 발생할 수 있는 오차를 줄일 수 있는 장점이 있다. 기존 연구에서 Visante 빛간섭단층촬영계로 측정한 중심각막두께는 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께와 높은 연관성을 보였다.<sup>15,18–20</sup> 하지만, 대체적으로 Visante 빛간섭단층촬영계로 측정한 중심각막두께는 초음파 각막두께측정계로 측정한 각막두께보다 연구에 따라 평균 약 10.4–16.5  $\mu\text{m}$ 로 낮은 측정값을 나타냈다.<sup>15,18,19</sup> 각막절편 두께에 관한 연구에서는, Cheng et al<sup>17</sup>이 미세각막절삭기(microkeratome)로 각막절편을 형성한 39안을 대상으로 술 후 1개월에 Visante 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정한 각막절편 두께는 술 중 초음파 각막두께측정계로 측정한 각막절편 두께보다 11.9–20.95  $\mu\text{m}$  두껍게 측정되었으나, Li et al<sup>21</sup>이 펄스초레이저로 각막절편을 형성한 15안을 대상으로 술 후 1주에 Visante 빛간섭단층촬영계와 비슷한 성능을 가진 것으로 알려진 high-speed 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정한 각막절편 두께는 술 중 초음파 각막두께측정계로 측정한 각막절편 두께와 유의한 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서도 술 후 1주에 Visante 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정한 각막절편 두께는 술 중 초음파 각막두께측정계로 측정한 각막절편 두께와 유의한 차이를 보이지 않았고, 비교적 높은 일치도를 보였다. 빛간섭단층촬영계를 이용한 각막절편 두께는 수술 후에 시행되므로, 술 후 상처 회복과정에서 일어나는 각막의 생역학적 변화로 인해 실제 형성된

각막절편 두께와 차이가 날 수 있다. Nagy et al<sup>22</sup>는 라식 수술 직후에 각막절편의 부종으로 인해서 각막절편 두께가 가장 두껍게 측정되며, 술 후 5일째까지 줄어 들고 그 이후에 안정화된다고 보고하였다. Thomas et al<sup>23</sup>는 라식술 후 다음날, 1주일, 1개월에 빛간섭단층촬영계를 이용하여 각막두께를 측정하였는데 각막두께는 술 후 다음날에 비해 술 후 1주째 감소되어 가장 낮은 측정값을 보이다가 술 후 1개월에 다시 증가하는 양상을 보였다. 이러한 결과는 수술 직후 각막부종이 발생하고 술 후 1주일째 이러한 부종이 소실되면서 두께가 감소하지만, 이후에는 각막 상피의 비대(hyperplasia)가 발생하여 두께가 다시 증가하는 것으로 설명하고 있다. 라식 수술 안에서 공초점 현미경을 이용하여 각막 중심부의 두께워진 상피를 관찰한 연구 결과는 이를 뒷받침 해준다.<sup>24</sup> 이처럼 빛간섭단층촬영계는 검사가 이루어지는 시점이 검사 결과에 큰 영향을 미칠 수 있는데, 이는 또한 측정방법 상의 정확성 측면에서도 고려해야 할 점이다. Visante 빛간섭단층촬영계는 각막절편과 기질의 경계 부위를 직접 보면서 커서를 움직여서 지정하여 각막절편의 두께를 측정하므로 각막절편과 기질 사이의 경계가 모호할 경우에는 측정 오차가 발생할 수 있다. Kim et al<sup>15</sup>은 Visante 빛간섭단층촬영계를 이용한 각막절편 두께 측정 시 술 후 1달째부터는 경계가 화면상 모호해져서 술 후 1주째에 비해 검사가 어려웠으며, 측정값의 범위가 넓고 표준편차가 크게 나타났다고 하였다. 따라서, 이러한 점들을 고려해 보았을 때 Visante 빛간섭단층촬영계에 의한 각막절편 두께 측정은 본 연구에서와 같이 술 후 1주일에 시행하는 것이 가장 정확한 결과를 낼 수 있을 것으로 생각한다. 최근에는 Visante 빛간섭단층촬영계와 같은 Time-domain 빛간섭단층촬영계보다 해상력이 뛰어난 Fourier-domain 빛간섭단층촬영계가 도입되어 각막절편 두께 측정 시 더욱 정확한 측정이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.<sup>25</sup>

결론적으로, 직접측정법은 차감법 및 빛간섭단층촬영계와 낮은 일치도를 보였으며, 측정상의 어려움으로 측정 성공률이 낮기 때문에 기존의 차감법을 대체할 수 있는 유용한 방법으로 생각되지 않는다. 또한, 각막절편 두께를 측정하는 각 측정법은 개개의 특성이 다르기 때문에 이를 잘 알고 적절한 시점에 이용하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

본 연구의 한계점은 모든 환자에서 빛간섭단층촬영을 시행하지 못하였으며, 직접측정법의 성공률이 낮아 세 가지 방법 모두로 측정된 경우가 적었고, 이로 인해 세 가지 측정법을 한번에 비교하지 못하고 따로 나누어 비교함으로써 통계학적인 오류가 발생할 수 있다는 점이다. 따라서 정확한 비교를 위해서는 향후 좀 더 많은 수를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- 1) Knorz M. Flap and interface complications in LASIK. *Curr Opin Ophthalmol* 2002;13:242-5.
- 2) Seiler T, Koufala K, Richter G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 1998;14:312-7.
- 3) Stulting R, Carr J, Thompson K, Waring G. Complications of laser in situ keratomileusis for the correction of myopia. *Ophthalmology* 1999;106:13-20.
- 4) Solomon K, Donnenfeld E, Sandoval H, et al. Flap thickness accuracy comparison of 6 microkeratome models. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:964-77.
- 5) Talamo J, Meltzer J, Gardner J. Reproducibility of flap thickness with IntraLase FS and Moria LSK-1 and M2 microkeratomes. *J Refract Surg* 2006;22:556-61.
- 6) Schumer DJ, Bains HS. The Nidek MK-2000 microkeratome system. *J Refract Surg* 2001;17:S250-1.
- 7) Sutton G, Hodge C. Accuracy and precision of LASIK flap thickness using the IntraLase femtosecond laser in 1000 consecutive cases. *J Refract Surg* 2008;24:802-6.
- 8) Giledi O, Mulhern M, Espinosa M, et al. Reproducibility of LASIK flap thickness using the Hansatome microkeratome. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1031-7.
- 9) Flanagan GW, Binder PS. Precision of flap measurements for laser in situ keratomileusis in 4428 eyes. *J Refract Surg* 2003;19:113-23.
- 10) Flanagan G, Binder PS. Estimating residual stromal thickness before and after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1674-83.
- 11) Muallem MS, Yoo SH, Romano AC, et al. Flap and stromal bed thickness in laser in situ keratomileusis enhancement. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:2295-302.
- 12) Eisner R, Binder P. Technique for measuring laser in situ keratomileusis flap thickness using the IntraLase laser. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:556-8.
- 13) Stahl JE, Durrie DS, Schwendeman FJ, Boghossian AJ. Anterior segment OCT analysis of thin IntraLase femtosecond flaps. *J Refract Surg* 2007;23:555-8.
- 14) Chen HJ, Xia YJ, Zhong YY, et al. Anterior segment optical coherence tomography measurement of flap thickness after myopic LASIK using the Moria one use-plus microkeratome. *J Refract Surg* 2010;26:403-10.
- 15) Kim HJ, Oh SH, Lee DH, et al. Reproducibility of IntraLASIK flap thickness measured with optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1630-5.
- 16) Friedlaender M. LASIK surgery using the IntraLase femtosecond laser. *Int Ophthalmol Clin* 2006;46:145-53.
- 17) Cheng AC, Ho T, Lau S, et al. Measurement of LASIK flap thickness with anterior segment optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2008;24:879-84.
- 18) Li EY, Mohamed S, Leung CK, et al. Agreement among 3 methods to measure corneal thickness: ultrasound pachymetry, Orbscan II, and Visante anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:1842-7.
- 19) Zhao PS, Wong TY, Wong WL, et al. Comparison of central corneal thickness measurements by visante anterior segment optical coherence tomography with ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:1047-9.

- 20) Wildner K, Muller M, Dawczynski J, Strobel J. Comparison of the corneal thickness as measured by Visante anterior segment OCT versus ultrasound technique. *Klin Monbl Augenheilkd* 2007; 224:832-6.
- 21) Li Y, Netto MV, Shekhar R, et al. A longitudinal study of LASIK flap and stromal thickness with high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:1124-32.
- 22) Nagy ZZ, Resch M, Suveges I. Ultrasound evaluation of flap thickness, ablation depth, and corneal edema after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2004;20:279-81.
- 23) Thomas J, Wang J, Rollins AM, Sturm J. Comparison of corneal thickness measured with optical coherence tomography, ultrasonic pachymetry, and a scanning slit method. *J Refract Surg* 2006; 22:671-8.
- 24) Dawson DG, Holley GP, Geroski DH, et al. Ex vivo confocal microscopy of human LASIK corneas with histologic and ultrastructural correlation. *Ophthalmology* 2005;112:634-44.
- 25) Wylegala E, Teper S, Nowińska AK, et al. Anterior segment imaging: Fourier-domain optical coherence tomography versus time-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1410-4.

=ABSTRACT=

## Comparison of Flap Thickness Measured with Ultrasound Subtraction Method, Direct Method, and Optical Coherence Tomography

Su Hwan Lee, MD, Joo Eun Lee, MD, Jae Yong Kim, MD, Myung Joon Kim, MD, Hung Won Tchah, MD

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

**Purpose:** To compare the flap thicknesses measured with the ultrasound (US) subtraction method, the direct method, and optical coherence tomography (OCT) in femtosecond laser-assisted LASIK eyes.

**Methods:** The present study included 65 eyes of 37 patients who underwent femtosecond laser-assisted LASIK surgery. Flap thickness was measured intraoperatively using the direct and subtraction methods with US pachymetry and postoperatively using anterior segment OCT. Flap thickness measurements were compared among the three methods.

**Results:** There was no significant difference between the flap thickness measured using the US subtraction method and OCT ( $p = 0.511$ ). The flap thickness values obtained by these two different methods also correlated well with each other ( $\gamma = 0.820$ ,  $p < 0.001$ ). However, flap thickness measured using the US direct method was significantly different ( $p < 0.001$ ) with a low agreement value compared to the other two methods. Furthermore, the US direct method showed a lower measurement success rate compared to the US subtraction method (54% vs. 95%).

**Conclusions:** Flap thickness measured using the US subtraction method and OCT showed different values compared to that measured using the US direct method. Because of the lower measurement success rate and agreement value, the US direct method is not capable of being used in substitute for the US subtraction method.

*J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52(5):524-530

**Key Words:** Anterior segment optical coherence tomography, Femtosecond laser, Flap thickness, Ultrasound pachymetry

---

Address reprint requests to **Hung Won Tchah, MD**

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center

#388-1 Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea

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