

정상안과 펄토초레이저 라식수술안에서 서로 다른 4가지 각막두께 측정계들의 중심각막두께 비교

박세훈 · 최석규 · 이도형 · 김진형

인제대학교 의과대학 일산백병원 안과학교실

목적: 정상안과 펄토초레이저 라식수술안에서 4가지 각막두께 측정계를 통해 중심각막두께를 비교하고자 한다.

대상과 방법: 정상 30안(그룹 I), 펄토초레이저 라식수술 후 6개월 이내 30안(그룹 II), 6개월 이상 경과한 30안(그룹 III)을 대상으로 Orbscan, Pentacam, Galilei, 초음파 각막두께측정계의 순서로 중심각막두께를 측정하였다.

결과: 그룹 I에서 측정계간의 두께는 통계적 차이를 보이지 않았고($P=.202$, one way ANOVA) 그룹 II와 III에서는 각각 측정계간의 통계적인 차이가 있었다($P=.000$ and $P=.000$, respectively, one way ANOVA). 그룹 II, III에서 Orbscan의 중심각막두께의 평균값이 Pentacam, Galilei, 초음파 각막두께측정계보다 통계적으로 유의하게 얇게 측정되었다($P<0.05$, one way ANOVA).

결론: 4가지 측정계 모두 정상안에서 술 전 각막두께를 재기에 적합하나 펄토초레이저 라식수술 안에서는 Orbscan이 다른 측정계에 비해 얇게 측정되는 경향을 보이므로 술 전후 진단에 적절한 기계를 선별하여 사용하는 것이 필요하다.

(대한안과학회지 2010;51(3):320-327)

중심각막두께의 정확한 측정은 각막굴절교정수술 전에 수술 적합성을 판단하고 술 후에는 각막확장증 등의 합병증을 진단하기 위해 중요한 검사 중 하나이다. 술 전 중심각막두께는 해당 환자의 굴절력 교정을 위한 각막실질 절제 후 잔존하는 각막 실질두께를 예측하는데 사용되며, 술 후 발생할 수 있는 의인성 각막확장증의 발생 가능성을 판단하여 적절한 수술방법을 선택하는데 중요한 지표가 된다. 만약 해당 환자에게 술 후 합병증의 가능성 때문에 라식이 부적절하다면, 라섹이나 에피라식 혹은 유수정체 안내렌즈 삽입술 등의 다른 수술법을 선택할 수 있는 근거가 된다. 한편 술 후 중심각막두께는 각막확장증 여부를 예측하거나 진단할 때도 중요한 지표가 된다.¹⁻³ 중심각막두께의 측정에는 다양한 방법들이 있는데 이 중 초음파 각막두께측정계(Ultrasonic pachymetry)가 표준으로 간주되고 있지만, 상대적으로 높은 측정자간 변이성 및 점안 마취제의 사용, 그리고 각막에 직접 접촉해야 하는 점들로 인해 Orbscan, Pentacam, Galilei 등의 비접촉 각막두께 측정법이 개발되

어 사용되고 있다.^{4,5} 비접촉 각막두께 측정법은 전안부의 스캔을 통해 각막두께를 측정하고 각막지형도를 만드는 방식인데, 선두적인 Orbscan이 elevation based-system을 기준으로 좌우로만 지나는 slit beam을 이용한 이미지임에 비해 Pentacam과 Galilei는 회전하는 Scheimpflug 카메라를 사용한다. Pentacam은 1대의 360도 회전하는 Scheimpflug 카메라를 사용하여 각막두께에 관한 정보를 제공하고 있으나,⁶ Galilei는 2대의 Scheimpflug 카메라가 180도씩 분리되어 회전하면서 측정함으로써 보다 더 정확한 각막두께에 대한 정보를 제공할 수 있다.⁷

지금까지 국내에서 정상인 또는 라식수술 환자를 대상으로 초음파 각막두께측정계, Orbscan 및 Pentacam을 이용한 각막두께 측정값을 비교한 보고들이 있었으나, Galilei로 측정한 값에 대해서는 아직 정확한 평가가 이루어지지 않았다.⁸⁻¹¹ 특히 미세각막절개도 대신 펄토초레이저를 이용하여 수술한 라식수술 환자의 경우에 이 측정치들의 양상이 어떠한지에 대한 연구결과도 알려진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 정상인과 펄토초레이저 라식수술 환자를 대상으로 하여 접촉식 각막두께 측정계인 초음파 각막두께측정계와 비접촉식 각막두께 측정계인 Orbscan, Pentacam 그리고 Galilei를 이용하여 중심각막두께를 측정하여 이를 비교해 보고자 하였다.

■ 접 수 일: 2009년 6월 1일 ■ 심사통과일: 2009년 11월 24일

■ 책임저자: 김진형

고양시 일산서구 대화동 2240
인제대학교 일산백병원 안과
Tel: 031-910-7240, Fax: 031-911-7241
E-mail: jhk0924@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제100회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

* 본 논문은 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

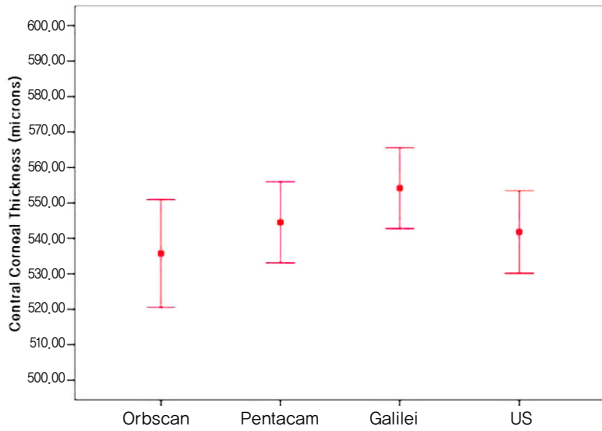


Figure 1. Mean and 95% CI of CCT measurement by Orbscan, Pentacam, Galilei and US in Group I (CI=confidence interval; CCT=central.thickness; US=Ultrasonic pachymetry).

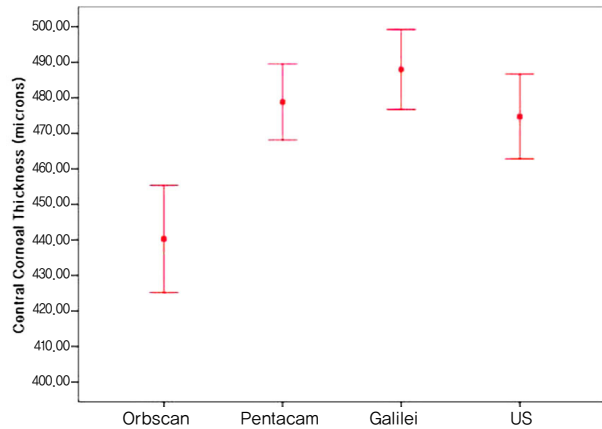


Figure 2. Mean and 95% CI of CCT Measurement by Orbscan, Pentacam, Galilei and US in Group II (CI=confidence interval; CCT=central. thickness; US= Ultrasonic pachymetry).

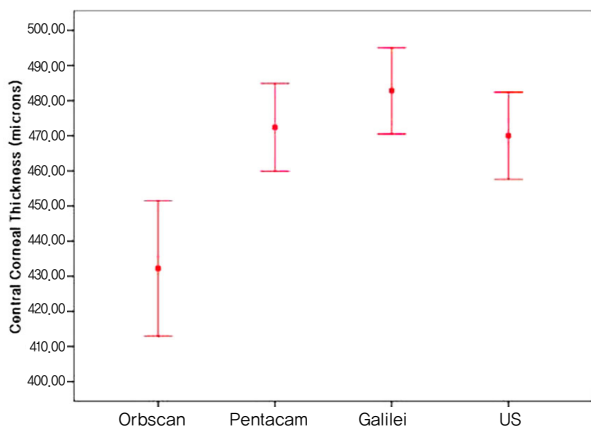


Figure 3. Mean and 95% CI of CCT Measurement by Orbscan, Pentacam, Galilei and US in Group III. (CI=confidence interval; CCT=central. thickness; US=Ultrasonic pachymetry).

대상과 방법

본 연구는 2006년 5월부터 2008년 5월까지 펄초레이저 라식수술(Femtosecond laser assisted LASIK)을 받은 30명(60안)과 안과에서 연구를 위하여 자원한 자 중 피험자 선정기준에 해당되는 정상인 15명(30안)을 대상으로 수술을 받지 않은 정상안 30안(Group I) 및 펄초레이저 라식수술 후 6개월 이내 30안(그룹 II), 펄초레이저 라식수술 후 6개월 이상 경과한 30안(그룹 III)으로 나누어 시행하였다.

펄초레이저를 이용한 라식(Femtosecond laser assisted LASIK)은 IntraLase FS laser (60kHz, AMO, CA, USA)와 Intralase Software를 사용하여 컴퓨터 제어방식으로 일정한 두께로 각막절편을 만든 후 엑시머레이저 (Technolas 217 Z100 excimer laser, Bausch & Lomb, U.S.A)를 이용하여 6.0 mm의 광학부로 조사하여 각막실질을 절삭하였다. 본 연구는 환자 및 자원자의 동의를 얻은 후 진행하였으며, 각막질환, 백내장, 녹내장, 망막질환, 약시 등의 안과적 질환이 있거나 안과수술 기왕력이 있는 환자는 연구에서 제외하였다.

중심각막두께는 서로 다른 4가지 각막두께 측정계인 Orbscan II (Bausch & Lomb, Rochester, NY), Pentacam (OCULUS, Wetzlar, Germany), Galilei (Ziemer Group; Port, Switzerland)와 초음파 각막두께측정기(Advent, Mentor O&O, Norwell, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 동일 검사자가 비접촉 방식의 Orbscan, Pentacam, Galilei를 순서대로 먼저 각 3회씩 측정한 후 평균값을 측정값으로 하였다. Orbscan은 제작사에서 추천한 보정인자(acoustic equivalent factor)인 0.92 대신 정상안에서 측정된 새로운 보정인자(acoustic equivalent correction factor)인 0.95를 사용하여 각막두께를 계산하였다. 그리고 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon, Purrs, Belgium)으로 점안 마취한 후에 접촉 방식의 초음파 각막두께측정계 (default velocity:1640 m/s)를 5회 측정한 후 평균값을 측정값으로 하였다.

통계학적 분석은 SPSS/PC 12.0 (SPSS Inc, Chicago, Ill)를 사용하였으며 네 가지 기계 사이의 각막두께 측정값의 차이에 대한 비교는 one way ANOVA와 Scheffé multiple comparison test를 이용하였고, $P<0.05$ 일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다. 또 초음파 각막두께 측정계와 다른 기계들 간에 중심각막두께 평균값 차이와 그 상관관계를 알아보기 위해 Bland-Altman plots 및 Pearson 연관계수를 이용하여 연관성을 평가하였다.

Table 1. Characteristics of the study groups

	Group I [†]	Group II [‡]	Group III [§]
Patients (eyes)	30	30	30
Sex (M:F)	5:10	2:13	2:13
Age (mean)	27.45±7.49	29.33±7.49	25.92±4.25
Manifest refractive error (SE) (D)*	-4.50±1.72	-4.25±1.65	-4.19±1.61
SE Correction (D)*		-4.64±1.70	-4.51±1.64
Follow-up duration (Month)		5.80±4.33	11.23±7.26

* SE=spherical equivalent; [†] I=unoperated eyes; [‡] II=eyes 1 to 6 months after Femtosecond laser-assisted LASIK; [§] III=eyes 6 months or more after Femtosecond laser-assisted LASIK.

Table 2. Corneal thickness measurements in normal and post-femtosecond laser-assisted LASIK eyes using orbscan II, pentacam, galilei and ultrasound pachymetry (Mean±SE, μ m)

Group	Orbscan	Pentacam	Galilei	US*	P value
I [†]	535.8±40.7 [‡]	544.5±30.7	554.2±30.4	541.8±31.3	0.202
II [‡]	440.3±40.3 [‡]	478.8±28.6	488.0±30.1	474.7±32.1	.000 [#]
III [§]	432.2±51.7 [‡]	472.5±33.5	482.8±32.9	470.0±33.3	.000 [#]

* US=ultrasound; [†] I=unoperated eyes; [‡] II=eyes 1 to 6 months after Femtosecond laser-assisted LASIK; [§] III=eyes 6 months or more after Femtosecond laser-assisted LASIK; [‡] Corrected Orbscan value=raw Orbscan value \times 0.95 of custom acoustic correction factor; [#] $p < 0.05$; one-way ANOVA was used.

결 과

대상 환자의 평균연령은 그룹 I에서 27.45±7.49세, 그룹 II에서 29.33±7.49세 그리고 그룹 III에서 25.92±4.25세 이었으며 이들의 성별 분포는 그룹 I의 경우 남자 5명, 여자 10명이었으며 그룹 II, III의 경우 남자 2명, 여자 13명이었다. 평균구면렌즈 대응치는 그룹 I이 -4.50±1.72D, 그룹 II, III에서 -4.25±1.65D, -4.19±1.61D 이었고, 펌토초레이저 라식수술 안에서 근시 교정량의 평균구면렌즈 대응치는 그룹 II, III에서 -4.64±1.70D, -4.51±1.64D 이었다. 펌토초레이저 라식수술 후 평균 경과관찰 기간은 그룹 II, III에서 5.80±4.33개월, 11.23±7.26개월 이었다(Table 1).

네 가지 측정법으로 잰 중심각막두께 값의 비교

그룹 I-III에서 Orbscan, Pentacam, Galilei 그리고 초음파 각막두께측정계로 측정된 중심각막두께 측정값의 평균과 95% 신뢰구간의 범위는 다음과 같았다(Fig. 1, 2, 3). 그룹 I에서 중심각막 두께(평균값±표준편차)는 Orbscan에서 535.8±40.7 μ m, Pentacam은 544.5±30.7 μ m, Galilei는 554.2±30.4 μ m, 초음파 각막두께측정계는 541.8±31.3 μ m으로 Galilei, Pentacam, 초음파 각막두께측정계, Orbscan 순으로 두껍게 측정되었으나, 측정값들끼리 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P=.202$, one way ANOVA, Table 2). 그룹 II에서 중심각막 두께(평균값±표준편차)는 Orbscan에서 440.3±40.3 μ m, Pentacam은 478.8±28.6 μ m, Galilei는 488.0±30.1 μ m, 초음파 각막두께측정계는 474.7±32.2

μ m 이었으며, 측정값 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($P=.000$, one way ANOVA, Table 2), 그룹 III에서 Orbscan는 432.2±51.7 μ m, Pentacam은 472.5±33.5 μ m, Galilei는 482.8±32.9 μ m, 초음파 각막두께측정계는 470.7±33.3 μ m 이었고, 측정값 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P=.000$, one way ANOVA, Table 2). 펌토초레이저 라식수술을 받은 II, III군 모두 정상안에서와 같이 각막두께는 Galilei, Pentacam, 초음파 각막두께측정계, Orbscan 순으로 두껍게 측정되었다. 그룹 II에서 Orbscan의 중심각막두께의 평균값은 Galilei보다 47.7 μ m, Pentacam보다 38.5 μ m 그리고 초음파 각막두께측정계보다 34.4 μ m 얇게 측정되었고($P<.001$ and $P<.001$ and $P=.001$, respectively, one-way ANOVA and Scheffé multiple comparison test), 그룹 III에서 Orbscan의 중심각막두께의 평균값은 Galilei보다 50.6 μ m, Pentacam보다 40.2 μ m 그리고 초음파 각막두께측정계보다 37.8 μ m 얇게 측정되었다($P<.001$ and $P=.001$ and $P=.001$, respectively, one way ANOVA and Scheffé multiple comparison test). 그룹 II와 III간의 초음파 각막두께측정계와 Orbscan의 차이값이 통계적으로 다른지를 검증해 보았을 때 유의한 차이는 없었다($P=.812$, paired t -test).

비접촉성 각막두께 측정법들의 정확도 및 초음파 각막두께 측정값과의 일치성

초음파 각막두께 측정값을 황금 기준으로 두고 각각의 측정값들과 유의한 차이가 있는지를 one way ANOVA

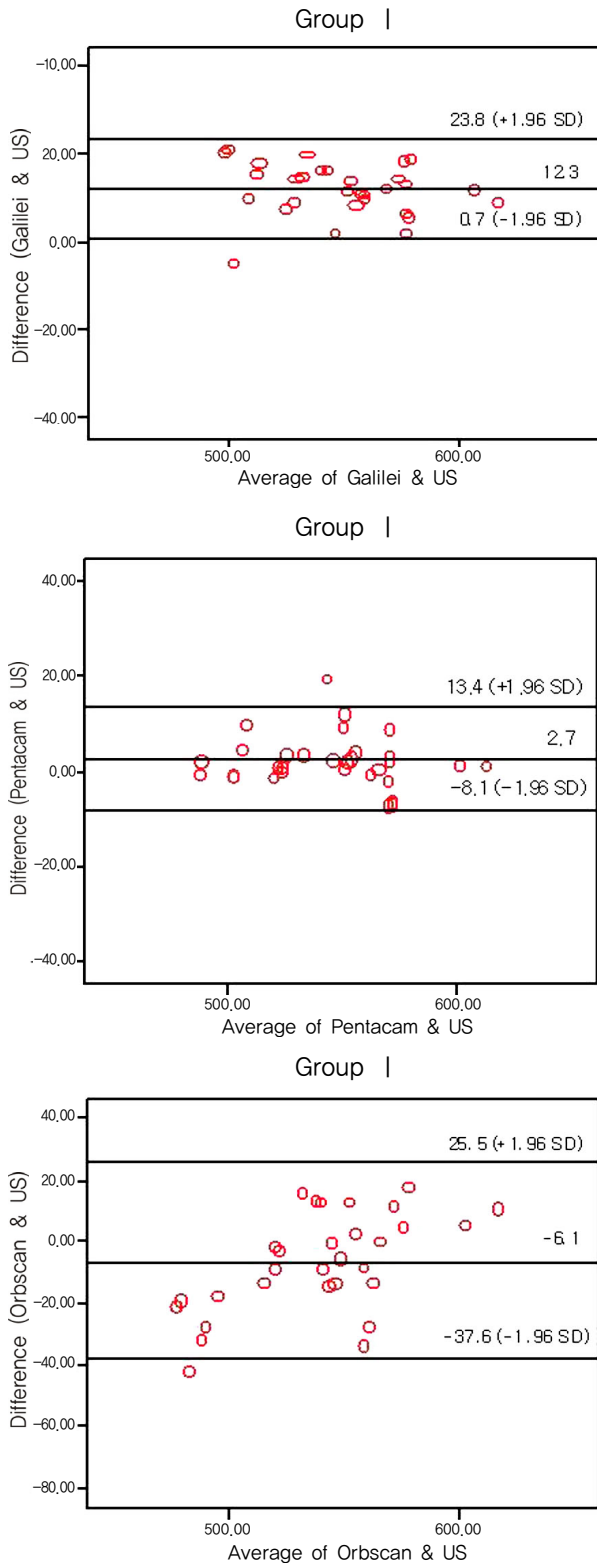


Figure 4. Bland-Altman plots of Galilei, Pentacam and Orbscan CCT readings against US measurement in Group I. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement (LoA).

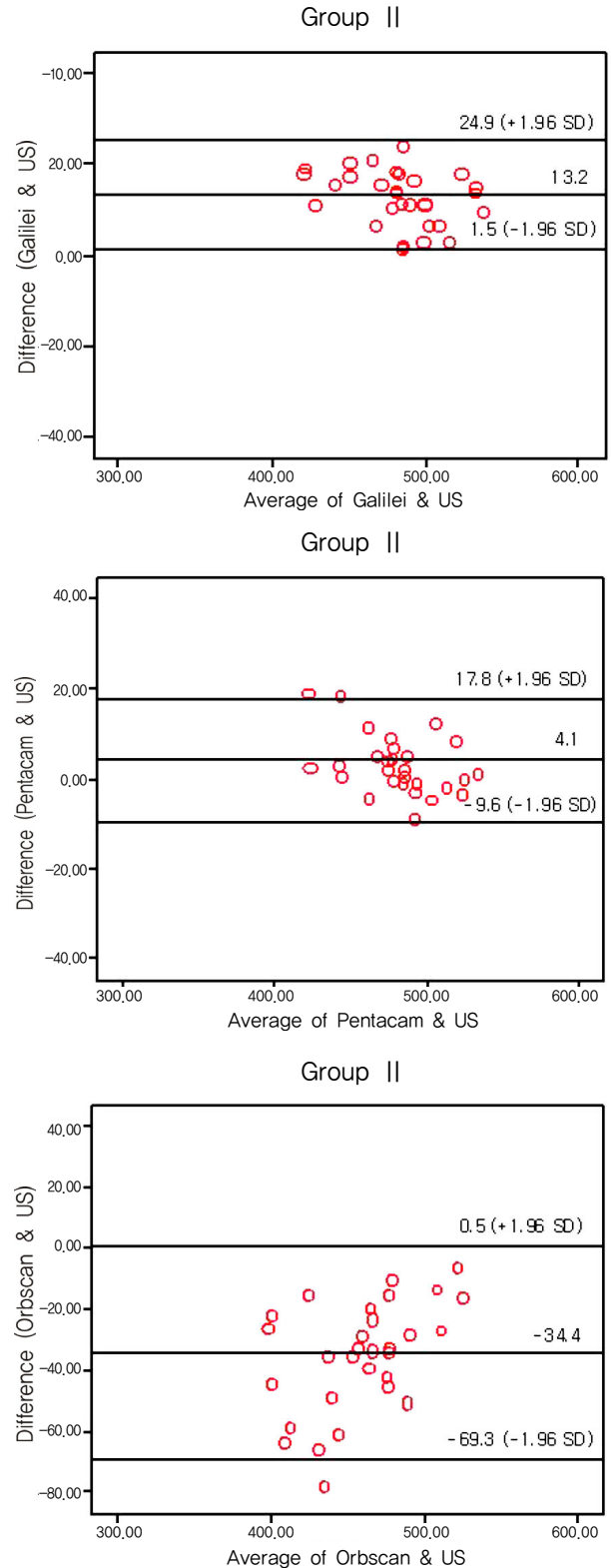


Figure 5. Bland-Altman plots of Galilei, Pentacam and Orbscan CCT readings against US measurement in Group II. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement (LoA).

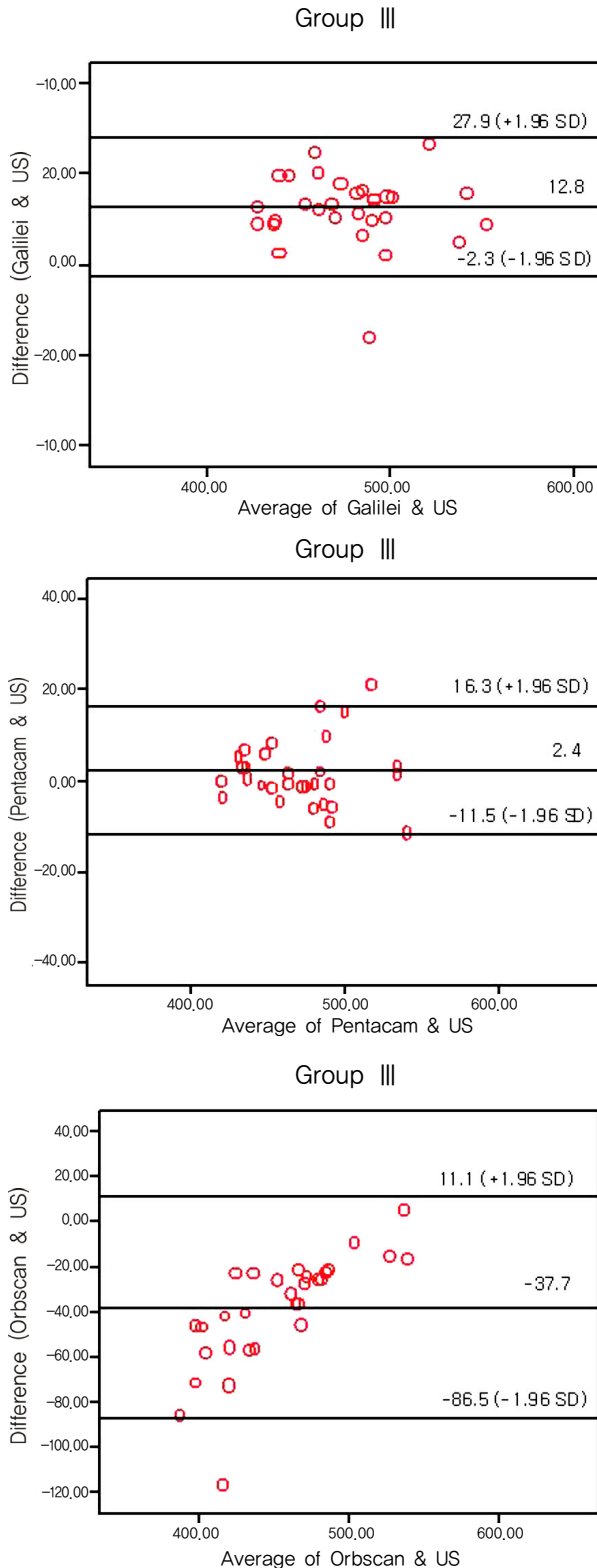


Figure 6. Bland-Altman plots of Galilei, Pentacam and Orbscan CCT readings against US measurement in Group III. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement (LoA).

and Scheffé multiple comparison test에 의해 측정된 결과 그룹 I에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 그룹 II와 III에서 초음파 각막두께측정계와 Orbscan의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다($P<.001$, Table 3). 그룹 I, II, III 모두에서 초음파 각막두께측정계와 Pentacam, 초음파 각막두께측정계와 Galilei는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>.05$, Table 3).

초음파 각막두께 측정계와 다른 측정계들 사이의 측정값 간의 일치성을 알아보기 위해 측정값 차이의 범위를 비교하는 Bland-Altman plots을 시행하고, 각 측정값간의 상관관계를 알아보았다(Fig. 4, 5, 6). 그룹 I에서 초음파 각막두께 측정계와 Orbscan, Pentacam 그리고 Galilei와의 평균값의 차이는 20 μm 이내로 비슷한 중심각막두께 측정값의 신뢰구간을 보였고, 각각의 측정값은 초음파 각막두께값과 강한 양의 상관관계를 보였다(Pearson correlation, $r=.982$, $r=.984$, $r=.932$, $p<.001$, Table 3). 그룹 II, III에서 각막두께 측정계와 Pentacam 그리고 Galilei와의 차이는 10 μm 이내로 비슷한 중심각막두께 측정값의 신뢰구간을 보였고, 각각의 측정값은 초음파 각막두께값과 강한 양의 상관관계를 보였다(Pearson correlation, $r=.983$, $r=.980$, $p<.001$ in Group II; $r=.972$, $r=.977$ in Group III, Table 3). 그러나 각막두께 측정계와 Orbscan의 차이는 그룹 II에서 0.5 μm ~69.3 μm 으로 69.8 μm 의 넓은 신뢰구간의 범주값을 보였으며, 그룹 III에서 11.1 μm ~86.5 μm 으로 97.6 μm 의 넓은 신뢰구간의 범주값을 보였지만, 각각의 측정값은 초음파 각막두께값과 양의 상관관계가 있었다.(Pearson correlation, $r=.903$, $p<.001$ in Group II; $r=.918$, $p<.001$ in Group III, Table 3).

고 찰

본 연구의 결과에 의하면, 중심각막두께측정에 있어 현재까지 보편적인 기준으로 생각되고 있는 초음파 각막두께 측정계의 결과치와 비접촉식 측정계인 Orbscan, Pentacam, Galilei로 측정된 값이 수술을 하지 않은 정상안에서는 서로 간에 의미 있는 차이가 없고 일치성이 높다. 그러나 펄스레이저 라식수술을 받은 경우 초음파 각막두께 측정계와 Pentacam, Galilei로 측정된 값은 강한 양의 상관관계를 보이며 비슷한 중심각막두께를 보였지만 Orbscan으로 측정된 값은 통계적으로 유의하게 얇게 측정되는 경향을 보였다.

기존 연구에서 Ho et al¹²은 라식 후 Pentacam으로 측정된 중심 각막두께가 초음파 각막두께측정계에 비해 7.5 μm 정도 얇게 측정되는 반면 Orbscan로 측정된 값은 초음파 각막두께측정계와 의미 있는 차이가 없다고 보고하였다. 반

Table 3. Mean difference, limit of agreements and pearson correlation in corneal thickness measurements for galilei, pentacam, orbscan and ultrasound pachymetry in group I, II and III

Group and measurement	Mean difference (μm)	95% Limit of agreements (μm)	P Value	Pearson correlation (R)($p<.001$)
Group I [†]				
Galilei-US*	12.3	-10.2, 34.9	0.487	0.982
Pentacam-US*	2.7	-19.9, 25.3	0.989	0.984
Orbscan-US*	-6.1 ^{II}	-28.6, 16.5 ^{II}	0.897	0.932
Group II [‡]				
Galilei-US*	13.2	-9.0, 35.5	0.412	0.983
Pentacam-US*	4.1	-18.2, 26.4	0.964	0.980
Orbscan-US*	-34.4 ^{II}	-56.7, -12.1 ^{II}	0.001 [#]	0.903
Group III [§]				
Galilei-US*	12.8	-13.2, 38.9	0.573	0.972
Pentacam-US*	2.4	-23.6, 28.5	0.995	0.977
Orbscan-US*	-37.8 ^{II}	-63.8, -11.7 ^{II}	0.001 [#]	0.918

*US=ultrasound; [†]I=unoperated eyes; [‡]II=eyes 1 to 6 months after Femtosecond laser-assisted LASIK; [§]III=eyes 6 months or more after Femtosecond laser-assisted LASIK; ^{II}Corrected Orbscan value=raw Orbscan value \times 0.95 of custom acoustic correction factor; [#] $p<0.05$; one-way ANOVA and Scheffé multiple comparison test was used.

면 Hassan and Mehravarani¹³은 라식 전 Orbscan, Pentacam, 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심 각막두께는 유의한 차이가 없는 반면 라식 후 Orbscan로 측정한 값이 Pentacam 및 초음파 각막두께측정계에 비해 유의하게 얇게 측정되었다고 보고하였고, Kim et al¹⁴은 라식 후 Pentacam은 초음파 각막두께 측정계와 의미 있는 차이가 없었으나 Orbscan은 얇게 측정된다고 보고하였다. 또 Cheng et al¹⁵은 라식 전 Orbscan과 초음파 각막두께측정계의 중심 각막두께 측정값의 의미있는 차이가 없는 반면 라식 후에는 Orbscan의 측정값이 유의하게 얇게 측정되었다고 보고하였다. 이와 같이 Orbscan, Pentacam으로 측정한 라식수술 전, 후의 중심 각막두께값은 기존의 연구에서 다양한 결과를 보여주었다.

이러한 결과들은 일반 미세각막절개도로 수술한 라식안에 대한 결과이고 최근에 보편화되고 있는 펌토초레이저 라식 수술 후의 결과는 아직 연구되어진 바가 없으며, 또한 가장 최근에 나온 비접촉식 각막두께측정계인 Galilei의 측정치에 대한 연구 또한 필요한 상황이다. Galilei는 2대의 Scheimpflug 카메라가 180도씩 분리되어 회전하면서 각막두께를 측정함으로써 경사각으로 scan 시 발생할 수 있는 오차를 보완하면서 중심각막 뿐 아니라 주변부 각막도 정확하게 각막 두께의 정보를 제공하고 있으며, 각막두께 측정시 미세움직임에 대한 오차도 1대의 Scheimpflug 카메라를 사용하는 Pentacam보다 정확하게 보정할 수 있다는 보고가 있다.⁷ 이에 보다 정확한 중심각막두께 측정값에 대한 필요성이 점점 높아지고 있는 현 시점에서 그 정확도에 대한 검토가 필요하다.

본 연구에서 정상안(그룹 I)을 보면 서로 다른 4가지 장

비에서 중심각막두께 평균값은 Galilei, Pentacam, 초음파 각막두께측정계, Orbscan 순으로 두껍게 측정되었고, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며($P=0.202$), 초음파 각막두께 측정계의 평균값과 통계학적으로 높은 일치성을 보였다(Fig. 1, 4). 그러나 펌토초레이저 라식수술안(그룹 II, III)을 보면 서로 다른 4가지 장비에서 중심각막두께 평균값은 통계적으로 유의한 차이를 보였고($P<.000$), Orbscan의 중심각막두께가 Pentacam, Galilei, 초음파 각막두께측정계보다 통계적으로 유의하게 얇게 측정되었으며 초음파 각막두께 측정값과의 일치성도 낮았다. 이는 일반 라식수술 후 Orbscan의 측정값이 다른 측정법에 비해 얇게 측정된다는 기존의 연구와 일치하였다. 그러나 수술 경과 후 6개월 이내인 그룹 II와 6개월 이상인 그룹 III에서 이런 양상이 동일하고 그 측정치 차이값도 일정한 것으로 나타난 것은 기존 연구와 다른 점이기도 하다.¹⁵ 주목할 만한 것은 Orbscan이 펌토초레이저 라식수술안(그룹 II, III)에서도 초음파 각막두께측정계와 비교해 보았을 때 낮게 측정되는 경향을 보였는데 이는 일반 라식수술 환자에서 Orbscan이 보정인자(acoustic equivalent factor)의 사용에도 불구하고 각막두께가 더 낮게 측정되었다는 여러 가지 보고의 결과와 일치한다.¹⁵⁻¹⁷ Orbscan에서 사용되는 광학적 각막두께 측정은 각막조직을 통한 반사된 흩어진 광선의 측정에 의존하므로 각막매질에 혼탁이 있거나 광학적인 접촉면(optical interface)이 있으면 광선이 방해 받아 측정이 어려워진다는 단점이 있다. Orbscan system이 광학적인 접촉면 변화나 각막 투명도의 소실에 의해 영향을 받을 수 있다는 보고들도 있다.^{18,19} 특히 각막실질의 혼탁이 중요한 역할을 하는 것으로 보이는데 각막두께의 저측정이 단지 각막 앞면의 윤곽

변화와 각막실질 경계면의 간섭효과만이 중요한 역할을 하는 LASIK군보다 각막혼탁이 흔한 PRK 군에서 더욱 높게 나타났기 때문이다.^{16,20} 또한 펌토초레이저로 만든 각막절편은 미세각막절개도로 만든 것보다 보다 더 균일하고 정확하다는 보고를 참고하자면, 이는 펌토초레이저 라식수술 후 Orbscan의 측정값이 미세각막절개도를 이용한 것보다 각막 투명도에 덜 영향을 받을 것이라 생각해 볼 수 있다.²¹ 따라서 저자들은 펌토초레이저군과 일반 LASIK군에서의 양상에 차이가 있는지를 비교하는 연구도 진행 중이다.

그러므로 Orbscan은 정상안에서 각막두께를 측정하는 데에는 적합하지만 라식수술과 같은 굴절교정수술에서 정확한 각막두께의 측정에는 다른 각막두께 측정계들과 보정이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 관심 있게 보았던 Galilei의 측정값은 정상안이나 펌토초레이저 수술 안에서 가장 두껍게 측정되는 경향을 보였고, 초음파와 각막두께측정값과의 일치성도 높은 편임을 알 수 있었다. Pentacam과 Galilei를 비교해 보면 그룹 I에서 Pentacam은 초음파와 각막두께측정계와 각막두께의 평균값 차이가 2.7 μm 였고, Galilei는 12.3 μm 였으며, 그룹 II에서는 Pentacam은 초음파와 각막두께측정계와 각막두께 평균값의 차이가 4.1 μm 였고, Galilei는 13.2 μm 였다. 그룹 III에서는 Pentacam은 초음파와 각막두께측정계와 각막두께의 평균값 차이가 2.4 μm 였고, Galilei는 12.8 μm 였다. 중심각막두께 측정의 표준인 초음파와 각막두께측정계와 비교해 보았을 때 Pentacam 그리고 Galilei는 각막두께 평균값의 차이는 높은 상관 관계를 보이며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($P>.05$), Pentacam이 Galilei보다 초음파와 각막두께측정계와 더 비슷한 각막두께의 측정값을 나타냈다.

본 연구에서는 정상안과 펌토초레이저 라식수술 안에서 서로 다른 4가지 각막두께 측정계를 통해 중심각막두께의 측정값을 비교해 보았다. 접촉식 방식인 초음파와 각막두께측정계가 중심각막두께 측정의 표준으로 사용되고 있으나 Pentacam 그리고 최근에 나온 이중 샴플러그 전안부 사진기(Dual Scheimpflug analyzer)인 Galilei는 비접촉 방식이므로 마취가 필요 없고, 각막 접촉에 대한 환자의 불안감이 없으며, 접촉으로 인한 감염 위험성이 없고, 라식과 같은 각막굴절교정수술 중 또는 수술 직후 각막의 직접적인 접촉이 없이도 바로 각막두께변화를 측정할 수 있는 장점을 가진다. 또한 초음파와 각막두께측정계와 비교해 정상안 및 펌토초레이저 라식수술안에서 중심각막두께의 평균값이 유의하게 차이가 나지 않고, 높은 상관관계를 보여주고 있어 정상안 및 굴절교정수술 후 환자에서도 각막두께 측정에 적합할 것으로 사료된다. 또 비접촉 방식인 Orbscan의 경

우는 정상안에서는 다른 기계들과 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 펌토초레이저 라식수술안에서 유의하게 낮게 측정되는 경향을 보여 다른 각막두께 측정계들과 보정이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Binder PS. Ectasia after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2003;29:2419-29.
- 2) Price FW Jr, Koller DL, Price MO. Central corneal pachymetry in patients undergoing laser in situ keratomileusis. Ophthalmology 1999; 106:2216-20.
- 3) Iskander NG, Peters NT, Penno EA, Gimbel HV. Postoperative complications in laser in situ keratomileusis. Curr Opin Ophthalmol 2000;11:273-9.
- 4) Miglior S, Albe E, Guareschi M, et al. Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central corneal thickness. Br J Ophthalmol 2004;88:174-7.
- 5) Solomon OD. Corneal indentation during ultrasonic pachymetry. Cornea 1999;18:214-5.
- 6) Rufer F, Schroder A, Arvani MK, Erb C. Central and peripheral corneal pachymetry-standard evaluation with the Pentacam system. Klin Monatsbl Augenheilkd 2005;222:117-22.
- 7) Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, et al. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. J Cataract Refract Surg 2008;34:1742-47.
- 8) Kang PS, Kim JD, Yang YS. Comparison of corneal thickness measurements with the orbscan and ultrasonic pachymetry. J Korean Ophthalmol Soc 2000;41:1697-703.
- 9) Kim SH, Cho JH, Song BJ. Accuracy of Orbscan Pachymetry Measurements and Ultrasonic Pachymetry before and after LASIK with Orbscan II® Topography. J Korean Ophthalmol Soc 2002; 43:2513-8.
- 10) Kwon M, Seoung Y, Hur D. Pachymetric measurements using orbscan after excimer refractive surgery. J Korean Ophthalmol Soc 2004;45:899-907.
- 11) Shin YJ, Kim, NH, Kim, DH. Comparison of Pentacam with Orbscan. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:637-41.
- 12) Ho T, Cheng AC, Rao SK, et al. Central corneal thickness measurements using Orbscan II, Visante, ultrasound, and Pentacam pachymetry after laser in situ keratomileusis for myopia. J Cataract Refract Surg 2007;33:1177-82.
- 13) Hashemi H, Mehravaran S. Central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan II, and ultrasound devices before and after laser refractive surgery for myopia. J Cataract Refract Surg 2007;33:1701-7.
- 14) Kim SW, Byun YJ, Kim EK, Kim TI. Central corneal thickness measurements in unoperated eyes and eyes after PRK for myopia using Pentacam, Orbscan II, and ultrasonic pachymetry. J Refract Surg 2007;23:888-94.
- 15) Cheng AC, Rao SK, Tang E, Lam DS. Pachymetry assessment with Orbscan II in postoperative patients with myopic LASIK. J Refract Surg 2006;22:363-6.

- 16) Prisant O, Calderon N, Chastang P, et al. Reliability of pachymetric measurements using Orbscan after excimer refractive surgery. *Ophthalmology* 2003;110:511-5.
- 17) Yaylali V, Kaufman SC, Thompson HW. Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1345-50.
- 18) Giessler S, Duncker GI. Orbscan pachymetry after LASIK is not reliable. *J Refract Surg* 2001;17:385-7.
- 19) Boscia F, La Tegola MG, Alessio G, Sborgia C. Accuracy of Orbscan optical pachymetry in corneas with haze. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:253-8.
- 20) Fakhry MA, Artola A, Belda JJ, et al. Comparison of corneal pachymetry using ultrasound and Orbscan II. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:248-52.
- 21) von Jagow B, Kohnen T. Corneal architecture of femtosecond laser and microkeratome flaps imaged by anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:35-41.

=ABSTRACT=

Central Corneal Thickness Measured by Four Different Methods in Normal and Post-Femtosecond Laser-Assisted LASIK Eyes

Se Hoon Park, MD, Suk Kyue Choi, MD, Do Hyung Lee, MD, PhD, Jin Hyoung Kim, MD

Department of Ophthalmology, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Korea

Purpose: To compare corneal pachymetry assessment using four measurement methods in normal and post-femtosecond laser-assisted LASIK eyes.

Methods: Central corneal thickness was measured sequentially using Orbscan II, Pentacam, Galilei and ultrasonic pachymetry in 30 normal, non-surgical eyes (Group I), 30 eyes one to six months after femtosecond laser-assisted LASIK (Group II), and 30 eyes six months or longer after femtosecond laser-assisted LASIK (Group III).

Results: In Group I, corneal thickness measurements were similar for all four methods ($P=0.202$, one way ANOVA). In Groups II and III, corneal thickness measurements were significantly different ($P=0.000$, respectively, one way ANOVA). Compared to the Pentacam, Galilei and ultrasonic pachymetry, Orbscan significantly underestimated the corneal thicknesses in Groups II and III ($P<0.005$, respectively, one way ANOVA).

Conclusions: Central corneal thicknesses of normal eyes were similar for all four measurements, therefore corneal thickness measurements before refractive surgery using all four measurements is suitable. However measurements obtained with the Orbscan II were thinner than those obtained with the Pentacam, Galilei or ultrasonic pachymetry in post femtosecond laser-assisted LASIK eyes. Further studies are needed to determine which instrument is more accurate in measuring central corneal thickness before and after refractive surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(3):320-327

Key Words: Central corneal thickness, Femtosecond laser assisted LASIK, Galilei, Orbscan, Pentacam

Address reprint requests to **Jin Hyoung Kim, MD**

Department of Ophthalmology, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine

#2240 Ilsan Seo-gu, Daehwa, Goyang 411-706, Korea

Tel: 82-31-910-7240, Fax: 82-31-911-7241, E-mail: jhk0924@hanmail.net