

# 샤임플러그 사진기와 빛간섭단층촬영계의 새로운 모듈을 이용한 전안부 계측치 비교

## Comparison of Anterior Segment Measurements between Scheimpflug Camera and New Module of Optical Coherence Tomography

김재민 · 강민석 · 진경현

Jae Min Kim, MD, Min Seok Kang, MD, Kyung Hyun Jin, MD, PhD

경희대학교 의학전문대학원 경희대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Kyung Hee University Hospital, Kyung Hee University School of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** We compared the anterior segment measurements using a Scheimpflug camera (Pentacam® [Oculus Inc., Wetzlar, Germany]) and a new anterior segment module of optical coherence tomography (Cirrus HD-OCT 5000® [Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA]).

**Methods:** Anterior segment measurements were evaluated in 47 eyes of 26 patients who visited for the purpose of cataract surgery. Measurements of the central corneal thickness (CCT), anterior chamber depth (ACD), anterior chamber angle (ACA; nasal and temporal side), and angle to angle distance (ATA) were compared between the Pentacam® and the new anterior segment module of the Cirrus HD-OCT 5000®.

**Results:** The mean CCTs measured by the Pentacam® and the new anterior segment module of the Cirrus HD-OCT 5000® were  $561.68 \pm 31.35 \mu\text{m}$  and  $559.04 \pm 36.43 \mu\text{m}$ , respectively. There was no statistically significant difference ( $p = 0.387$ ) and high correlations in the results using the two methods ( $r = 0.824$ ,  $p < 0.001$ ). The mean ACD measurements using the Pentacam® and Cirrus HD-OCT 5000® were  $2.70 \pm 0.44 \text{ mm}$  and  $2.68 \pm 0.42 \text{ mm}$ , respectively. The measurements were strongly correlated ( $r = 0.981$ ,  $p < 0.001$ ) without a statistically significant difference ( $p = 0.091$ ). The measurements of ACA (nasal and temporal side) and ATA did not differ significantly between the two methods ( $p = 0.109$ ,  $p = 0.153$ ,  $p = 0.322$ , respectively). High correlations were observed between the two methods ( $r = 0.944$ ,  $r = 0.951$ ,  $r = 0.955$ , respectively;  $p < 0.001$  in all groups).

**Conclusions:** There was no significant difference between the CCT, ACD, ACA, and ATA measured by the Pentacam® and the new anterior segment module of the Cirrus HD-OCT 5000® in adult patients. However, there was a low degree of agreement for the CCT. The measurements of ACD, ACA, and ATA can therefore be considered interchangeable when used clinically.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(7):613-621

**Keywords:** Anterior chamber angle, Anterior chamber depth, Central corneal thickness, Cirrus HD-OCT®, Pentacam®

■ Received: 2018. 3. 15.      ■ Revised: 2018. 4. 23.

■ Accepted: 2018. 6. 26.

■ Address reprint requests to **Kyung Hyun Jin, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Kyung Hee University Hospital,  
#23 Kyungheedaero-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Korea  
Tel: 82-2-958-8460, Fax: 82-2-966-7340  
E-mail: khjinmd@khmc.or.kr

\* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

각막두께, 전방 깊이 및 전방각을 포함한 전안부의 안구  
생체계측을 정확히 하는 것은 백내장수술뿐만 아니라 각막  
굴절교정수술, 녹내장 분야 등에 있어서 매우 중요하다.<sup>1,2</sup>  
특히 중심각막두께와 전방 깊이는 인공수정체 삽입을 위한  
도수 계산에 필요하며, 수술 시 인공수정체 삽입 시 수술방  
법을 결정하는 데 중요한 요소가 된다. 또한 잘못된 전방 깊  
이의 측정은 백내장수술 시 목표 굴절력 편향의 20-40%를

차지한다는 보고가 있다.<sup>1,3</sup> 백내장수술 이외에도 각막두께는 굴절교정레이저각막절제술이나 레이저각막절삭가공성형술 시행 시 수술의 종류를 정하거나 술 후 합병증을 예측함에 있어 중요한 요소가 되며, 전방 깊이 및 전방각 측정은 폐쇄각 녹내장의 진단 및 치료에 중요한 정보를 제공한다.<sup>4,5</sup>

이와 같이 전안부 생체계측은 여러 안과분야에서 중요한 의미가 있어 다양한 검사 장비에 의해 계측이 이루어지고 있다. 과거에는 주로 안구에 접촉하는 초음파를 사용한 A-scan이 주로 사용되었고, 현재는 주사 세극등검사계 (slit-scanning tomography), 전안부 빛간섭단층촬영계 (anterior segment optical coherence tomography), 회전 샤임플러그 카메라 (rotating scheimpflug camera), 부분 간섭계 원리를 이용한 IOL master<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Dublin CA, USA) 등이 이용되고 있다.<sup>6-8</sup> 그중 전안부 빛간섭단층촬영계는 적외선을 조사하여 후방에서 산란된 빛의 강도의 차이에 따라 이 구조물을 통과할 때 반사되는 빛을 받아 전안부의 구조물을 측정하는 방법으로 측정 방식이 간단하며 검사 시간이 짧다는 장점으로 유용하게 사용되고 있다. 또한 회전샤임플러그 카메라의 일종인 Pentacam<sup>®</sup> (Oculus Inc., Wetzlar, Germany)은 세극등의 원리를 이용하여 약 30개의 전안부 영상을 3차원적 구조로 재구성하는 각막지형도검사계로서 전, 후면 각막곡률계뿐만 아니라 각막두께 등의 정확한 측정이 가능하다는 장점 때문에 많이 사용되고 있다.<sup>9,10</sup>

최근 성능이 향상된 빛간섭단층촬영계인 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)의 새로운 전안부 모듈이 개발되었으며, 이에 따라 빛간섭단층촬영계 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>과 다양한 검사 장비 사이에 측정치의 정확도 및 일치도에 대해서 여러 연구가 이루어지고 있으나<sup>11,12</sup>, 현재까지는 Pentacam<sup>®</sup>과 새로운 전안부 모듈을 적용한 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>과의 전안부 계측치 비교는 없었으며, 특히 백내장 환자에 대해 비교한 논문은 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 모듈과 Pentacam<sup>®</sup>으로 측정한 중심각막두께, 전방 깊이, 전방각 (비측, 이측), 전방각 사이 거리를 비교하여 두 기기를 임상적으로 대치하여 사용할 수 있는지에 대하여 알아보려고 하였다.

## 대상과 방법

2016년 5월부터 2016년 8월까지 백내장수술을 위해 내원한 환자 26명, 47안의 의무기록을 후향적으로 분석하였다 (IRB 승인 번호: KHUH 2018-02-023). 모든 환자는 수술 전에 Pentacam<sup>®</sup>, Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 모듈을 이용하여 전안부 계측치를 측정하였다. Cirrus HD-OCT



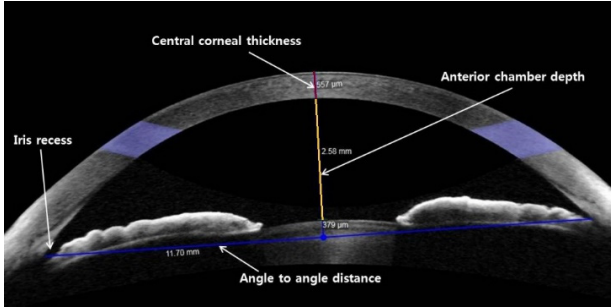
**Figure 1.** Device picture. New anterior segment module that can be attached to Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA).

5000<sup>®</sup> 측정 시 외부 렌즈를 착용한 뒤 측정하였다 (Fig. 1). Pentacam<sup>®</sup>은 모두 quality에서 'OK' 경우만 분석 대상에 포함시켰다. 안과적 수술력, 외상, 녹내장과 같이 전안부 계측치에 영향을 줄 수 있는 경우는 대상에서 제외하였다.

검사는 Pentacam<sup>®</sup>, Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup> 순서로 진행하였다. 고르지 못한 안구표면이나 오랜 검사로 인한 자극감으로 반사눈물분비에 의한 검사 오류를 줄이기 위해 각 검사 5분 전에 2% Povidone (Optagent Eye Drops, Sam-il, Seoul, Korea)를 점안한 뒤 측정하였고, 각 검사마다 5분간 휴식을 거친 뒤 다음 검사를 시행하였다. 검사는 동일한 검사자와 임상 조건 하에서 동일한 장비를 사용하여 실시되었다. 여러 검사 방법마다 측정 시 3회 측정하여 그 평균값을 분석에 이용하였다.

각막 중앙의 전면부 (각막상피)에서 각막 중앙의 후면부 (각막내피)까지의 거리를 중심각막두께 (central corneal thickness, CCT)로, 각막 중앙의 후면부 (각막내피)에서 수정체 중앙의 전면부 (수정체 전방)까지의 거리를 전방 깊이 (anterior chamber depth, ACD)로 정의하였으며, 전방각 사이 거리 (angle to angle distance, ATA)는 전방 수평면에 양끝 iris recess의 꼭짓점을 잇는 거리로 정의하였다. Pentacam<sup>®</sup>으로 측정 시 CCT는 자동 계산된 두께를 이용하였으며, ACD는 internal anterior chamber depth로 계산된 전방 깊이를 이용하였고, ATA는 내장된 Caliber로 측정하였다. Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>에서는 전방 스캔으로 영상을 찍은 후 Cirrus 소프트웨어에서 제공하는 직선측정도구 (linear measurement tool)를 이용하여 수동으로 그어 CCT, ACD 및 ATA를 측정하였다 (Fig. 2).

전방각 (anterior chamber angle, ACA)의 경우, 상측과 하측의 수직 전방각에 대해서는 눈꺼풀별립 시 검사 결과에 영향



**Figure 2.** An example of anterior chamber mode of the Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA). Anterior chamber analysis screen with linear measurement tool of the Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>.

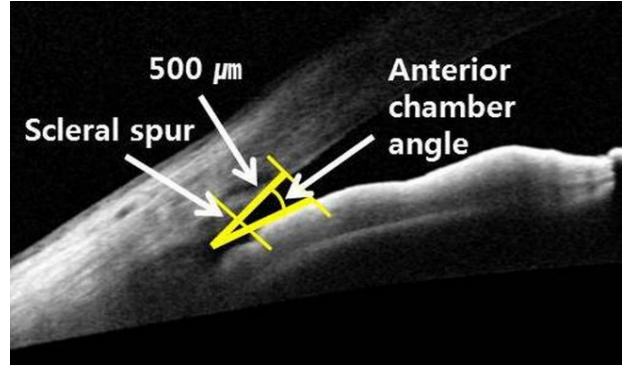
을 줄 수 있어 제외하였고 비측과 이측의 수평 전방각만 측정하였다. Pentacam<sup>®</sup> 촬영 시 전방각 측정값은 360° 방위로 스캔된 이미지 중 수평면에서 얻어진 화상을 바탕으로 내장된 소프트웨어에 의해 자동 계산하였다. Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>으로 측정 시에는 wide angle to angle 스캔을 이용해 공막극에서 500 μm 떨어진 섬유주의 한 점과 그 점에서 그은 수직선이 반대편 홍채와 만나는 지점과 iris recess가 만드는 각도로 측정하였다(Fig. 3).

모든 측정값에 통계는 SPSS 18.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값 및 표준편차를 계산하였다. 각 방법에 대한 측정값 사이의 차이를 Paired *t*-test를 통해 비교하였으며, Pearson correlation을 이용하여 측정 방식 간 상관계수를 구하였다. *p*-value가 0.05 이하인 경우에 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다. 각 검사 방법 간의 일치도는 Bland-Altman plots 분석으로 나타내었으며, 위의 과정을 통해 얻은 각 장비의 전안부 계측치에 대하여 장비 간의 결과값이 서로 얼마나 일치하게 측정되었는지와 각각 한 장비에서 측정한 값이 일관되게 측정되었는지에 대해 한 명의 숙련된 검사자가 2회 측정하여 검사자 내 반복을 급내상관계수(intraclass correlation coefficients, ICC)로 계산하여 평가하였다.

## 결 과

대상안은 남자 12명(21안), 여자 14명(26안), 총 47안이었고 평균 연령은 68.19 ± 12.08세(41-88세)였다. 대상안은 우안이 23안, 좌안이 24안이었다.

Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 모듈로 측정된 중심각막두께는 각각 561.68 ± 31.35 μm, 559.04 ± 36.43 μm로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고(*p*=0.387), 높은 상관관계를 보였다(*r*=0.824, *p*<0.001). 전방 깊이는 각각 2.70 ± 0.44 mm, 2.68 ± 0.42 mm로 기기



**Figure 3.** An example of wide angle to angle mode of the Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA). The anterior chamber angle was measured on a line perpendicular to the trabecular meshwork at points 500 μm from the scleral spur.

**Table 1.** Comparison of anterior segment measurements using Pentacam<sup>®</sup> and Cirrus OCT<sup>®</sup>

	Pentacam <sup>®</sup>	Cirrus OCT <sup>®</sup>	<i>p</i> -value <sup>*</sup>	<i>r</i>
CCT (μm)	561.68 ± 31.35	559.04 ± 36.43	0.387	0.824
ACD (mm)	2.70 ± 0.44	2.68 ± 0.42	0.091	0.981
ACA_N (°)	31.25 ± 7.46	30.64 ± 7.76	0.109	0.944
ACA_T (°)	32.80 ± 7.21	32.32 ± 7.18	0.153	0.951
ATA (mm)	11.58 ± 0.50	11.56 ± 0.53	0.322	0.955

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

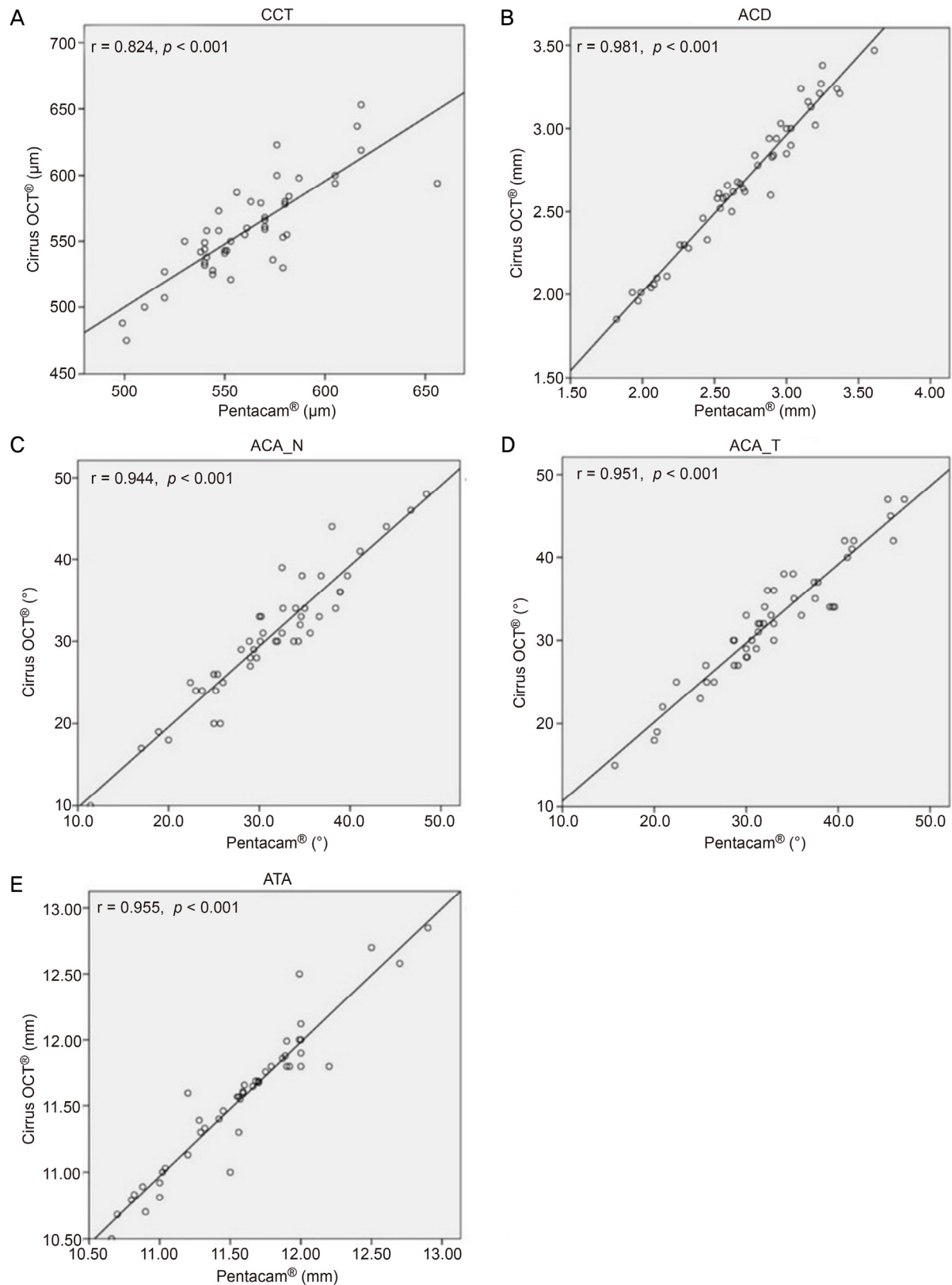
*r* = correlation coefficient; CCT = central corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA\_N = anterior chamber angle (nasal); ACA\_T = anterior chamber angle (temporal); ATA = angle to angle distance.

<sup>\*</sup>Using a paired *t*-test.

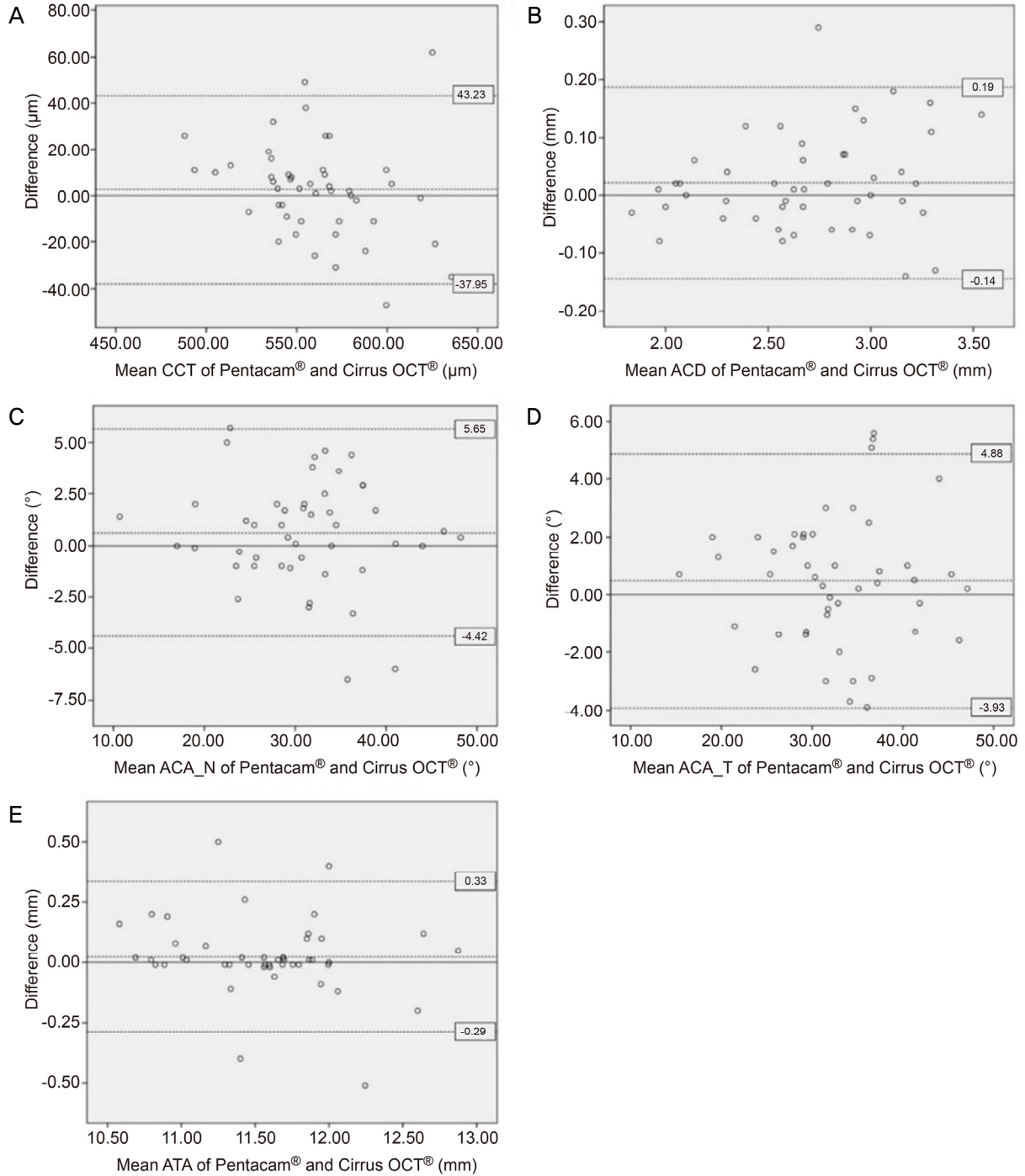
간 유의한 차이를 보이지 않았고(*p*=0.091), 매우 높은 상관관계를 보였다(*r*=0.981, *p*<0.001). 비측 전방각은 각각 31.25 ± 7.46°, 30.64 ± 7.76°, 이측은 각각 32.80 ± 7.21°, 32.32 ± 7.18°로 비측과 이측 모두 유의한 차이를 보이지 않았고(각각 *p*=0.109, *p*=0.153), 양측 모두 높은 상관관계를 보였다(각각 *r*=0.944, *r*=0.951, *p*<0.001 모든 그룹에서). 전방각 사이 거리는 각각 11.58 ± 0.50 mm, 11.56 ± 0.53 mm로 역시 기기 간 유의한 차이를 보이지 않았고(*p*=0.322), 역시 높은 상관관계를 보였다(*r*=0.955, *p*<0.001) (Table 1). 각 검사 방법에 대한 Pearson correlation은 모두 통계학적으로 유의하게 높은 상관관계를 나타내었다(*p*<0.001) (Fig. 4).

Bland-Altman 일치도 분석결과 중심각막두께의 두 기기 간의 95% 일치도 범위는 81.18 μm (-37.95~43.23), 전방 깊이는 0.33 mm (-0.14~0.19), 비측 전방각은 10.07° (-4.42~5.65), 이측 전방각은 8.81° (-3.93~4.88), 전방각 사이 거리는 0.62 mm (-0.29~0.33)로 분석되었다(Fig. 5).

두 측정 장비의 측정값에 대한 일치도를 평가한 결과, Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 급내상관계수 값이



**Figure 4.** Pearson correlation of Pentacam® (Oculus Inc., Wetzlar, Germany) and Cirrus OCT® (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA) in anterior segment parameters. (A) Central corneal thickness (CCT). (B) Anterior chamber depth (ACD). (C) Anterior chamber angle (nasal) (ACA\_N). (D) Anterior chamber angle (temporal) (ACA\_T). (E) Angle to angle distance (ATA).



**Figure 5.** Bland-Altman plots of Pentacam® (Oculus Inc., Wetzlar, Germany) and Cirrus OCT® (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA) in anterior segment parameters. (A) Central corneal thickness (CCT). (B) Anterior chamber depth (ACD). (C) Anterior chamber angle (nasal) (ACA\_N). (D) Anterior chamber angle (temporal) (ACA\_T). (E) Angle to angle distance (ATA).

중심각막두께는 0.898, 전방 깊이는 0.990, 비측 전방각은 0.971, 이측 전방각은 0.975, 전방각 사이의 거리는 0.976으로 모두 높은 신뢰를 보였다(Table 2). 또한 각각의 장비의 측정값에 대한 반복을 평가한 결과, Pentacam®과 Cirrus HD-OCT 5000®의 급내상관계수 값이 각각 중심각막두께는

0.899, 0.910, 전방 깊이는 0.950, 0.903, 비측 전방각은 0.970, 0.962, 이측 전방각은 0.965, 0.924, 전방각 사이의 거리는 0.908, 0.986으로 두 기기 모두 높은 반복과 재현을 보여 각 기기 모두 측정하는 값이 매우 신뢰할 만한 결과를 나타냈다(Table 3).



## 고 찰

정확하게 전안부 영상을 계측하고 측정, 평가하는 것은 안과 내에서 여러 분야의 진단 및 치료 결정에 중요한 역할을 한다. 이를 위해서 여러 가지 기계들이 개발되어 사용되고 있으며, 현재까지 주로 사용되고 있는 기계로는 초음파 생체현미경, 회전샤임플러그 카메라인 Pentacam®, 전안부 빛간섭단층촬영계인 Visante OCT® (Carl Zeiss Meditec, Dublin CA, USA) 등을 들 수 있다. 그러나 연구에 따라 전안부에 대한 계측치 값의 차이가 크고 일관되지 않은 결과 값을 보이는 경우가 있는 연구 결과도 많다.<sup>13-15</sup> 본 연구에서는 동시에 비교하여 평가했던 적이 없었던 Pentacam®과 최근 개발된 Cirrus HD-OCT 5000®의 새로운 전안부 모듈의 전방 계측치를 백내장 환자에서 비교하고자 하였다.

중심각막두께에서 본 연구의 경우 Pentacam®과 Cirrus HD-OCT 5000®의 측정값이 각각  $561.68 \pm 31.35 \mu\text{m}$ ,  $559.04 \pm 36.43 \mu\text{m}$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 ( $p=0.387$ ), Pentacam®의 측정치가  $2.64 \mu\text{m}$  정도 두껍게 측정되었다(Table 1). 또한 95% 일치도 범위는  $81.18 \mu\text{m}$  ( $-37.95 \sim 43.23$ )로 넓게 나타났다. Ha and Jung<sup>12</sup>, Kim et al<sup>16</sup>은 이중회전샤임플러그 사진기와 Cirrus HD-OCT®의 전안부 빛간섭단층촬영계 간의 중심각막두께를 비교하였으며,

**Table 2.** Intercorrelation of each method for anterior segment measurements

ICC (95% CI) (Pentacam®-Cirrus OCT®)	
CCT ( $\mu\text{m}$ )	0.898 (0.816-0.943)
ACD (mm)	0.990 (0.982-0.995)
ACA_N (°)	0.971 (0.947-0.984)
ACA_T (°)	0.975 (0.952-0.986)
ATA (mm)	0.976 (0.955-0.988)

ICC = intraclass correlation coefficient; CI = confidence interval; CCT = central corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA\_N = anterior chamber angle (nasal); ACA\_T = anterior chamber angle (temporal); ATA = angle to angle distance.

**Table 3.** Intraexaminer repeatability of each method for anterior segment measurements

	ICC (95% CI)	
	Pentacam®	Cirrus OCT®
CCT ( $\mu\text{m}$ )	0.899 (0.821-0.942)	0.910 (0.892-0.931)
ACD (mm)	0.950 (0.921-0.970)	0.903 (0.824-0.946)
ACA_N (°)	0.970 (0.930-0.988)	0.962 (0.932-0.979)
ACA_T (°)	0.965 (0.941-0.980)	0.924 (0.865-0.952)
ATA (mm)	0.908 (0.889-0.927)	0.986 (0.967-0.992)

ICC = intraclass correlation coefficient; CI = confidence interval; CCT = central corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA\_N = anterior chamber angle (nasal); ACA\_T = anterior chamber angle (temporal); ATA = angle to angle distance.

두 검사 기기 간의 측정값은 유의한 차이를 보이지 않았으며 높은 재현이 나타났다는 보고가 있어 본 연구 결과와 비슷함을 알 수 있었다. 또한 Borrego-Sanz et al<sup>17</sup>의 연구에서 Pentacam®으로 켈 각막두께 값은  $565.36 \mu\text{m}$ 로, O'Donnell et al<sup>18</sup>의 연구에서 Visante OCT®로 켈 각막두께 값은  $556.67 \mu\text{m}$ 로 보고된 바 있어 본 연구에서 두 가지 검사기기에서 측정 한 값과 유사한 결과를 보였다. 같은 연구에서 95% 일치도 범위도  $-49.11 \sim 25.61$ 로 역시 넓게 나타났음을 보고하였다. Fu et al<sup>19</sup>이 보고한 연구에서는 Pentacam®과 Visante OCT®를 이용하여 50안에서 중심각막두께를 측정하였는데, Pentacam®으로 측정한 중심각막두께가 Visante OCT®에 의한 측정값보다  $18.53 \mu\text{m}$  더 두껍게 측정되었으며, 두 기기 간 95% 일치도 범위도  $34.7 \mu\text{m}$ 로 넓게 나타났다. 따라서 이전 연구에서도 Pentacam®의 측정값이 좀 더 두껍게 측정되는 경향이 있음을 알 수 있다.

이런 결과의 차이가 나타나는 원인에 대하여 아직 확실하게 밝혀진 바는 없다. 가능성이 높은 원인 중의 하나는 두 기기 간 측정 방법의 차이일 것이다. 전안부 빛간섭단층촬영계의 경우 각막의 전면과 후면에서 반사되는 빛을 이용하는 반면 Pentacam®은 각막두께를 측정할 때 눈물층을 포함하여 계측하기 때문에 중심각막두께를 더 두껍게 측정하는 것으로 보인다. 또 다른 원인 중의 하나는 Pentacam®은 중심각막두께가 프로그램에 의하여 자동적으로 측정되는 반면에 전안부 빛간섭단층촬영계는 전안부의 촬영을 통해 얻은 이미지를 수동으로 각막두께를 측정하는 방식으로 측정자에 따라 측정값이 달라질 가능성이 있다.

전방 깊이 측정값을 비교해 보면, 각각 Pentacam®에서  $2.70 \pm 0.44 \text{ mm}$ , Cirrus HD-OCT 5000®에서  $2.68 \pm 0.42 \text{ mm}$ 로 측정되어 기기 간 유의한 차이를 보이지 않았고( $p=0.091$ ), 두 군과의 차이도  $0.02 \text{ mm}$  정도로 거의 차이가 나지 않았다. 두 기기 간의 95% 일치도는  $0.33 \text{ mm}$  ( $-0.14 \sim 0.19$ )로 나타났다. 이전 연구를 보면, Pentacam®과 전안부 빛간섭단층촬영계를 비교한 논문에서는 주로 전안부 빛간섭단층촬영계를 Visante OCT®로 하였고 두 검사기기 간의 비교 연구는 다양한 결과가 있었다. Doors et al<sup>20</sup>, Dinc et al<sup>21</sup>은 Pentacam®보다 Visante OCT®의 전방 깊이가 유의하게 크게 나와서 서로 대체 가능하지 않다는 보고가 있었던 반면에 Yazici et al<sup>22</sup>에 따르면 두 기기로 측정한 전방 깊이는 유의한 차이가 없다고 보고하였으며 95% 일치도 범위도  $-0.27 \sim 0.20$ 으로 높은 일치도를 나타내 서로 대체 가능하다는 보고도 있어, 후자의 경우가 본 연구와 비슷한 결과가 나온 것을 알 수 있다. Pentacam®에서 측정한 전방 깊이 값을 다른 연구와 비교해 보면, Rabsilber et al<sup>23</sup>에서는 전체적인 평균 전방 깊이는  $2.93 \pm 0.36 \text{ mm}$ 로 측정되었지만 나이 그룹별로 분별했을 때 본

연구의 평균 나이와 비슷한 연령대인 60-77세에서는  $2.76 \pm 0.37$  mm로 비슷한 연구 결과가 나왔다. Visante OCT<sup>®</sup>로 측정된 눈문을 보면, Shin et al<sup>24</sup>에서 백내장 환자에서 수술 전에 측정된 전방 깊이는  $2.75 \pm 0.41$  mm로 계측된 결과가 있으며, Lee and Choi<sup>25</sup>에서는 한국인 성인을 대상으로 전방 깊이를 재었을 때 남자는  $3.06 \pm 0.26$  mm 여자는  $3.05 \pm 0.30$  mm로 측정되었으나 연령이 높아질수록 전방 깊이가 줄어드는 경향을 보여서 60세 이상에서는 남자  $2.89 \pm 0.23$  mm, 여자  $2.86 \pm 0.28$  mm로 계측되어 전방 깊이는 남녀 간에 유의한 차이가 존재하지는 않았지만 연령의 증가에 따라 얕아졌음을 증명하였다. 따라서, 본 연구에서의 Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>에서 측정된 전방 깊이 값이 연령대를 보정해보면 이전 연구와 비슷한 결과가 나온다고 볼 수 있다.

Pentacam<sup>®</sup>과 전안부 빛간섭단층촬영계가 측정된 전방 깊이 값이 유의한 차이를 보인 이전 연구와 유의한 차이가 나지 않는 본 연구의 차이점을 비교해 보면, 전안부 빛간섭단층촬영계에서 수동으로 전방 깊이를 측정하는 부분에서 위치의 기준 차이가 있을 수 있다. 또 다른 원인으로는 Han and Kim<sup>26</sup>이 보고한 바에 따르면, 백내장을 가진 환자에서 신체계측치와 안구계측치를 비교하였을 때 신장이 클수록 전방 깊이가 깊어진다는 연구 결과가 있어 이전 연구들에서 비교 대상군 간의 신장 차이가 보정이 되지 않아 서로 다른 결과가 도출되었을 가능성도 있다.

전방각의 경우 Kim et al<sup>27</sup>의 보고에 따르면, 전안부 Spectralis OCT<sup>®</sup> (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)와 Pentacam<sup>®</sup>에서 상측과 하측 전방각 평균값을 비교하였을 때 이측과 비측 전방각 평균값과 비교하여 더 낮은 상관관계를 보였고, Yi et al<sup>28</sup>의 연구에서도 이측 및 비측 전방각 측정 시 높은 상관관계를 보였다는 결과가 있었다. 두 기기 모두 상, 하측 스캔 시에 눈꺼풀에 의해 빛이 완전히 통과하지 못하여 홍채, 공막, 전방각, iris recess의 윤곽이 불분명해져 측정치의 오차가 발생하였을 가능성이 있다. 따라서 환자의 전방각 비교 측정 시에 눈꺼풀 조작에 영향을 덜 받는 이측, 비측에서 전방각을 측정하는 것이 오차를 줄일 수 있는 방법으로 생각되어 상, 하측 전방각은 본 연구의 측정값에서 제외하고 비측, 이측 전방각만을 비교하였다.

Mou et al<sup>29</sup>에서 Pentacam<sup>®</sup>과 Visante OCT<sup>®</sup>를 비교하였을 때 정상인, 폐쇄각 환자 모두에서 두 기기 모두 유사한 폐쇄각 진단 능력과 재현을 보여준다는 보고가 있었다. 또한 Lee et al<sup>30</sup>은 22세부터 63세까지의 정상 성인 64명 126안을 대상으로 EAS-1000<sup>®</sup> Scheimpflug camera (Nidek, Aichi, Japan)를 이용하여 전방각을 남자  $32.719^\circ$ , 여자  $31.661^\circ$ 로 보고하였으며, Rabsilber et al<sup>23</sup>은 Pentacam<sup>®</sup>으로 전방각 측정 시 최대  $34.17 \pm 5.19^\circ$ , 최소  $29.25 \pm 6.02^\circ$ 로 보고된 바

있다. Lee and Choi<sup>25</sup>는 Visante OCT<sup>®</sup>로 전방각을 측정하였고 남성에서는  $34.8 \pm 5.4^\circ$ , 여성에서는  $33.4 \pm 9.1^\circ$ 로, 전방각은 남자에 비해 여자가 유의하게 얕은 것과 연령의 증가에 따라 얕아지는 것을 보고하였다. Kim et al<sup>27</sup>은 전안부 Spectralis OCT<sup>®</sup>와 Pentacam<sup>®</sup>의 전방각 비교 시  $-9.6 \sim 8.6^\circ$ 로 높은 일치도를 보인 결과를 발표하였다. 본 연구에서 Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 전방각 측정값을 비교해 보면, 비측 전방각은 각각  $31.25 \pm 7.46^\circ$ ,  $30.64 \pm 7.76^\circ$ , 이측은 각각  $32.80 \pm 7.21^\circ$ ,  $32.32 \pm 7.18^\circ$ 로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 95% 일치도 범위에서 비측 전방각은  $10.07^\circ$  ( $-4.42 \sim 5.65$ ), 이측 전방각은  $8.81^\circ$  ( $-3.93 \sim 4.88$ )로 더 높은 일치도를 보인 것으로 보아 위의 전반적인 이전 연구 결과와 비교했을 때 큰 차이가 없는 것을 볼 수 있다.

본 연구에서 측정된 전방각 사이 거리를 보면, Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>에서 각각  $11.58 \pm 0.50$  mm,  $11.56 \pm 0.53$  mm로 역시 기기 간 유의한 차이를 보이지 않았으며 ( $p=0.322$ ), 95% 일치도 범위는  $0.62$  mm ( $-0.29 \sim 0.33$ )로 분석되었다. 최근 여러 기기에서 전방각 사이를 비교한 Kim et al<sup>31</sup>은 Pentacam<sup>®</sup>은  $11.86 \pm 0.45$  mm, Visante OCT<sup>®</sup>는  $11.70 \pm 0.47$  mm로 유의한 차이가 없고, 95% 일치도 범위는  $-0.83 \sim 1.14$ 로 보고하였다. 또한 한국 성인의 전방각 사이 거리를 Visante OCT<sup>®</sup>로 본 Lee and Choi<sup>25</sup>의 연구에서 남자는  $11.54 \pm 0.55$  mm, 여자는  $11.39 \pm 0.57$  mm로 측정되어 이전 두 연구 결과 모두 본 연구의 결과와 비슷하며 특히 95% 일치도 면에서 본고의 연구 결과가 더 높은 일치도가 나온 것을 알 수 있다.

본 연구의 제한점은 표본 크기가 상대적으로 작고 노년층 환자를 대상으로 하여 연구 대상자의 연령 범위가 넓지 못한 점이 있겠다. 또한 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 측정 모듈은 수동으로 전안부 계측치를 측정해야 하는 측정자 간의 오차가 있을 수 있다.

이 연구는 Pentacam<sup>®</sup>과 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 모듈의 전안부 계측치를 비교한 연구로, 임상에서 많은 빈도로 사용되고 두 기기를 비교했다는 점에서 의의가 있겠다. 결론적으로 중심각막두께, 전방 깊이, 전방각 및 전방각 사이의 거리에 대해서 두 기기 간에 모두 유의한 차이가 없었고 높은 상관관계를 보였으며, 급내상관계수에서 두 기계 간의 측정값에 대한 일치의 신뢰도가 높게 나타났고 두 기기 각각의 반복과 재현도 모두 높게 나타났다. 하지만 95% 일치도 범위에서 중심각막두께 측정 비교 시 일치도가 높지는 않아 측정치를 대치하여 사용할 때는 주의가 필요할 것으로 생각된다. 앞으로 임상에서 노년층 환자 검사 시 Pentacam<sup>®</sup>뿐만 아니라 Cirrus HD-OCT 5000<sup>®</sup>의 새로운 전안부 모듈로 전방 깊이, 전방각 및 전방각 사이의 거리

를 측정해도 큰 무리가 없으며 서로 대체 가능할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1356-70.
- Alió JL, de la Hoz F, Pérez-Santonja JJ, et al. Phakic anterior chamber lenses for correction of myopia; a 7-year cumulative analysis of complications in 263 cases. *Ophthalmology* 1999;106:458-66.
- Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- Ou RJ, Shaw EL, Glasgow BJ. Keratectasia after laser in situ keratomileusis (LASIK): evaluation of the calculated residual stromal bed thickness. *Am J Ophthalmol* 2002;134:771-3.
- Kashiwagi K, Tokunaga T, Iwase A, et al. Agreement between peripheral anterior chamber depth evaluation using the van Herick technique and angle width evaluation using the Shaffer system in Japanese. *Jpn J Ophthalmol* 2005;49:134-6.
- Youn SM, Lim SH, Lee HY. Measurement comparison of anterior segment parameters between AL-Scan(R) and Pentacam(R). *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:801-8.
- Konstantopoulos A, Hossain P, Anderson DF. Recent advances in ophthalmic anterior segment imaging: a new era for ophthalmic diagnosis? *Br J Ophthalmol* 2007;91:551-7.
- Sakata LM, Wong TT, Wong HT, et al. Comparison of Visante and slit-lamp anterior segment optical coherence tomography in imaging the anterior chamber angle. *Eye (Lond)* 2010;24:578-87.
- Chen D, Lam AK. Intrasection and intersession repeatability of the Pentacam system on posterior corneal assessment in the normal human eye. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:448-54.
- Miranda MA, Radhakrishnan H, O'Donnell C. Repeatability of corneal thickness measured using an Oculus Pentacam. *Optom Vis Sci* 2009;86:266-72.
- Cheong YJ, Lee BR, Han KE, Jun RM. Corneal thickness measurements using 2 kinds of spectral domain optical coherence tomography, Pentacam, ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2016;57:1527-34.
- Ha DY, Jung JW. Comparison of anterior segment parameters obtained by anterior segment optical coherence tomography and dual rotating Scheimpflug camera. *J Korean Ophthalmol Soc* 2017;58:1341-8.
- Jea SY, Jung SC, Oum BS. Quantified values of anterior chamber depth and angle measurements using ultrasound biomicroscopy and topography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:97-104.
- Park YS, Ahn H, Kim NR, et al. Comparison of measurement of anterior segment parameters between Scheimpflug camera and ultrasound biomicroscopy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1847-52.
- Dada T, Sihota R, Gadia R, et al. Comparison of anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for assessment of the anterior segment. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:837-40.
- Kim DW, Yi KY, Choi DG, Shin YJ. Corneal thickness measured by dual Scheimpflug, anterior segment optical coherence tomography, and ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:1412-8.
- Borrego-Sanz L, Sáenz-Francés F, Bermudez-Vallecilla M, et al. Agreement between central corneal thickness measured using Pentacam, ultrasound pachymetry, specular microscopy and optic biometer Lenstar LS 900 and the influence of intraocular pressure. *Ophthalmologica* 2014;231:226-35.
- O'Donnell C, Hartwig A, Radhakrishnan H. Comparison of Central Corneal Thickness and Anterior Chamber Depth Measured Using LenStar LS900, Pentacam, and Visante AS-OCT. *Cornea* 2012;31:983-8.
- Fu J, Wang X, Li S, et al. Comparative study of anterior segment measurement with Pentacam and anterior segment optical coherence tomography. *Can J Ophthalmol* 2010;45:627-31.
- Doors M, Cruysberg LP, Berendschot TT, et al. Comparison of central corneal thickness and anterior chamber depth measurements using three imaging technologies in normal eyes and after phakic intraocular lens implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:1139-46.
- Dinc UA, Gorgun E, Oncel B, et al. Assessment of anterior chamber depth using Visante optical coherence tomography, slitlamp optical coherence tomography, IOL Master, Pentacam and Orbscan IIz. *Ophthalmologica* 2010;224:341-6.
- Yazici AT, Bozkurt E, Alagoz C, et al. Central corneal thickness, anterior chamber depth, and pupil diameter measurements using Visante OCT, Orbscan, and Pentacam. *J Cataract Refract Surg* 2010;26:127-33.
- Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU. Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:456-9.
- Shin CJ, Lee JE, Kim JY, Tchah HW. Changes in anterior chamber depth and angle after phacoemulsification measured by anterior segment optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:353-8.
- Lee DG, Choi SH. Measurement of anterior segment using visante OCT in Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:542-50.
- Han JY, Kim YC. Relation between ocular biometry and anthropometric parameters in adult Koreans with cataracts. *J Korean Ophthalmol Soc* 2016;57:1205-9.
- Kim TG, Moon SW, Yang JH, Jin KH. Clinical usefulness of UBM in the sitting position in anterior chamber depth and angle measurements. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:1007-16.
- Yi JH, Lee H, Hong S, et al. Anterior chamber measurements by Pentacam and AS-OCT in eyes with normal open angles. *Korean J Ophthalmol* 2008;22:242-5.
- Mou D, Fu J, Li S, et al. Narrow- and open-angle measurements with anterior-segment optical coherence tomography and Pentacam(TM). *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010;41:622-8.
- Lee JH, Park WC, Rho SH. The effects of pilocarpine on the anterior chamber depth and angle. *J Korean Ophthalmol Soc* 1994;35:572-9.
- Kim SK, Kim HM, Song JS. Comparison of internal anterior chamber diameter imaging modalities: 35-MHz ultrasound biomicroscopy, Visante optical coherence tomography, and Pentacam. *J Cataract Refract Surg* 2010;26:120-6.



---

= 국문초록 =

## 샤임플러그 사진기와 빛간섭단층촬영계의 새로운 모듈을 이용한 전안부 계측치 비교

**목적:** 샤임플러그 사진기(Pentacam® [Oculus Inc., Wetzlar, Germany])와 빛간섭단층촬영계(Cirrus HD-OCT 5000® [Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA])의 새로운 전안부 모듈을 이용하여 전방 계측치를 비교해 보고자 하였다.

**대상과 방법:** 백내장수술을 목적으로 내원한 환자 26명, 47안을 대상으로 전방 계측치를 측정하였다. Pentacam®과 Cirrus HD-OCT 5000®의 새로운 전안부 모듈을 이용하여 중심각막두께, 전방 깊이, 전방각(비측, 이측), 전방각 사이 거리를 측정하여 비교하였다.

**결과:** Pentacam®과 Cirrus HD-OCT 5000®의 새로운 전안부 모듈로 측정한 중심각막두께는 각각  $561.68 \pm 31.35 \mu\text{m}$ ,  $559.04 \pm 36.43 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 두 결과값에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고( $p=0.387$ ), 높은 상관관계를 보였다( $r=0.824$ ,  $p<0.001$ ). 전방 깊이는 각각  $2.70 \pm 0.44 \text{ mm}$ ,  $2.68 \pm 0.42 \text{ mm}$ 로 기기 간 차이를 보이지 않았고( $p=0.091$ ), 매우 높은 상관관계를 보였다( $r=0.981$ ,  $p<0.001$ ). 두 가지 방법으로 측정한 전방각(비측, 이측)과 전방각 사이 거리는 모두 유의한 차이를 보이지 않았고(각각  $p=0.109$ ,  $p=0.153$ ,  $p=0.322$ ), 모든 그룹에서 높은 상관관계를 보였다(각각  $r=0.944$ ,  $r=0.951$ ,  $r=0.955$ ,  $p<0.001$  in all groups). Bland Altman plot으로 분석한 일치도는 중심각막두께만을 제외하고 모두 높게 측정되었다.

**결론:** 노년층 환자에서 샤임플러그 사진기와 빛간섭단층촬영계의 새로운 전안부 모듈로 측정한 중심각막두께, 전방 깊이, 전방각, 전방각 사이 거리는 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 중심각막두께는 낮은 일치도를 보여 기기 간 상호 대치가 어려울 수 있으나, 전방 깊이, 전방각, 전방각 사이의 거리에서는 높은 일치도를 보여 임상적으로 대치하여 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2018;59(7):613-621〉

---