

전안부 빛간섭단층촬영기와 이중샤임플러그 전안부사진기로 측정한 전안부 계측치의 비교

Comparison of Anterior Segment Parameters Obtained by Anterior Segment Optical Coherence Tomography and Dual Rotating Scheimpflug Camera

하대영 · 정지원

Dae Young Ha, MD, Ji Won Jung, MD

인하대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Inha University School of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: To compare the anterior segment measurements with a Galilei[®] dual Scheimpflug analyzer and anterior segment optical coherence tomography (Cirrus OCT[®]).

Methods: Forty-eight eyes of 24 normal young adults were assessed for repeatability with two identical measurements of the central corneal thickness, minimum corneal thickness, anterior chamber depth, and anterior chamber angle using the Galilei[®] dual-Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT[®].

Results: The central corneal thickness, anterior chamber depth, and anterior chamber angle were highly reproducible and repeatable (intraclass correlation coefficient ≥ 0.90). Repeatability of the minimum corneal thickness was slightly lower (intraclass correlation coefficient ≥ 0.69). The mean corneal thickness measured using the Galilei[®] dual Scheimpflug analyzer was $0.26 \pm 7.11 \mu\text{m}$ thinner than that measured using the Cirrus OCT[®], and the mean corneal thickness was $0.37 \pm 7.35 \mu\text{m}$ thicker, but was not statistically significant. The anterior chamber depth was $0.22 \pm 0.08 \text{ mm}$ deeper than the Cirrus OCT[®] ($p < 0.007$), and the anterior chamber angle was $7.87^\circ \pm 1.32^\circ$ larger than the Cirrus OCT[®] ($p = 0.04$). The 95% agreements of the central corneal thickness, anterior chamber depth, and anterior chamber angle between instruments were $85.30 \mu\text{m}$, 1.43 mm , and 27.90° , respectively, and showed a high correlation ($r \geq 0.90$; $p < 0.001$). The repeatability of the minimum corneal thickness was slightly low ($r = 0.69$; $p < 0.001$), and the range of agreement was larger ($109.58 \mu\text{m}$).

Conclusions: The anterior segment measurements obtained with the dual rotating Scheimpflug camera and new anterior segment OCT in normal eyes was comparable and reproducible. However, the agreement ranges of the measured values were relatively large, so it was difficult to exchange values between instruments.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(12):1341-1348

Keywords: Anterior chamber angle, Anterior chamber depth, Anterior segment optical coherence tomography, Corneal thickness, Dual Scheimpflug analyzer

■ Received: 2017. 7. 6. ■ Revised: 2017. 10. 16

■ Accepted: 2017. 11. 20.

■ Address reprint requests to **Ji Won Jung, MD**
Department of Ophthalmology, Inha University Hospital, #27
Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Korea
Tel: 82-32-890-2400, Fax: 82-32-890-2417
E-mail: panch325@hanmail.net

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

전안부 구조의 계측을 시행하는 것은 전안부의 질환을 진단하고 백내장 수술, 녹내장 수술 등에 필요한 자료를 제공하는 데 있어서 필수적이며 이를 위한 여러 장비들이 사용되고 있다. 각막두께측정은 수술의 결정에 중요한 요소이며 수술 전후 각막두께측정으로 원추각막, 각막확장증 등의 합병증을 예측하거나 진단할 수 있다.¹ 각막이식술 후에도 각막두께의 측정은 각막내피 기능을 평가하는 데 있

© 2017 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

어서 중요하다.² 최소각막두께는 굴절수술 전 선별검사와 원추각막 관리에 중요한 역할을 한다.³ 콜라겐 가교 결합 시술 시 내피세포 손상을 피하기 위해 상피화된 각막의 가장 얇은 점이 최소 400 μm 가 되도록 하는 것이 중요하다.⁴ 또한 녹내장에서 안압을 측정할 때 각막두께에 따라 안압을 보정해야 하므로 각막두께의 정확한 측정이 필요하다. 녹내장 환자에서 앞방깊이와 전방각의 관찰은 중요하며 특히 급성 폐쇄각 녹내장의 경우 전방각 구조를 정확히 관찰하는 것이 진단, 치료 및 예후판정에 필수적이다.

현재 전안부를 정량적으로 측정하는 기계로는 A-scan 초음파, 초음파 생체현미경, 회전 샤임플러그 카메라, 전안부 빛간섭단층촬영계 등이 있다. 하지만 여러 장비마다 서로 다른 측정 방법이 사용되고 있어 측정값의 차이가 있을 수 있다.⁵ A-scan의 경우 탐침자가 각막에 접촉하여 검사자 간 가해지는 압력의 차이나 측정위치에 따라 측정값의 차이가 있을 수 있기에⁶ 근래에는 비접촉식 방법으로 전방을 측정하는 장비를 선호하고 있다.

이 중 Galilei[®] (Ziemer, Port, Switzerland)는 dual Scheimpflug camera와 placido topography가 결합된 방식으로 두 개의 Scheimpflug camera가 470 nm의 청색 light-emitting diode (LED) 빛을 이용하여 180° 회전하며 얻는 15-60개의 전안부 이미지를 분석하여 각막, 홍채, 동공, 전방, 렌즈 등의 영상과 생체계측치를 얻을 수 있고 전면각막 곡률계뿐 아니라 후면각막 곡률계를 함께 측정할 수 있어 정확한 각막 곡률치를 얻을 수 있다.⁶⁻⁸

그리고 새로운 버전의 Cirrus OCT[®] (모델 5000, Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)는 저결맞음간섭계(low coherence interferometry)를 이용하여 전안부를 고해상도 단면 영상으로 제공한다. 두 검사기계 모두 비접촉 방식을 사용하여 접촉으로 생길 수 있는 오차를 줄일 수 있고 검사에 소요되는 시간이 적고 측정방법이 편리하다는 장점이 있다.

한국인을 대상으로 Galilei[®]로 측정한 각막 계측치의 검사자 내 및 검사자 간 재현성에 대해 알아본 연구⁹와 Galilei[®]와 초음파 생체현미경으로 측정한 각막윤부직경과 앞방깊이를 비교한 연구¹⁰가 있었으나 아직 한국인에게 Cirrus OCT[®]로 측정한 중심각막두께에 대해서는 보고된 바가 없으며 Galilei[®]와 Cirrus OCT[®]로 측정한 앞방깊이 및 중심각막 두께의 비교에 대해서도 연구된 바 없다. 검사기기의 임상 활용도를 알기 위해서는 그 검사장비의 반복성을 평가하는 것이 중요하며, 병원마다 다른 검사기기를 사용할 경우 검사기기 간의 측정치 비교를 위해 검사기기 간 차이의 분석이 필요하다. 따라서 이번 연구를 통해 정상인을 대상으로 Galilei[®]와 Cirrus OCT[®]를 이용하여 중심각막

두께, 최소각막두께, 앞방깊이, 전방각을 측정하여 검사자 내 반복성과 두 검사 장비 간의 차이에 대해서 알아보고자 하였다.

대상과 방법

성인 지원자 24명, 48안을 대상으로 하였으며 대상자는 검사에 영향을 줄 만한 안과 질환 및 수술, 외상의 병력이 없고 세극등 현미경 검사에서 이상 소견이 없었으며 최대 교정시력 1.0 이상인 경우를 대상으로 하였다. 검사에 협조가 되지 않거나 계측이 불가능한 경우는 본 연구에서 제외하였다. 본 연구는 본원 임상연구심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받았다.

전안부 계측 검사는 실내 조명 아래에서 산동하지 않은 대상안에 대해 숙련된 동일한 한 명의 검사자(P.J.B)에 의해 2회씩 시행되었다. Galilei[®]를 이용한 측정은 대상자의 머리와 턱을 검사대에 고정하고 환자의 눈을 주시점을 이용하여 고정 후 빨간 십자표시가 네 개의 흰 점 위에 놓이면서 빨간색의 가로선이 각막상피에 닿을 때 스캔하였고 동공중심이 중앙에 위치하여 각막의 내외측과 상하측이 각각 대칭이 되고 안구의 움직임이 없을 때 측정하였다. Pachymetry 결과지에 나타난 중심각막두께(central corneal thickness)와 최소각막두께(minimum corneal thickness)의 값을 각막두께 측정치로 하였으며 Galilei[®]는 122,000개 이상의 measuring point를 이용하여 최대 60개의 Scheimpflug 스캔을 통해 각막 두께를 분석하며 각막중심 영역(0.0-4.0 mm), 중심옆 영역(4.0-7.0 mm) 및 주변 영역(7.0-8.0 mm)에서의 평균 각막 두께를 측정한다.⁷ Anterior chamber and biometry 결과지의 Aqua depth를 전방 깊이(anterior chamber depth)로, mean angle을 전방각 측정치로 하였다. 전방 깊이 측정은 0.01 mm의 해상도로 각막 내피와 수정체의 전방면 사이의 거리로 계산되었으며 전방각은 Scheimpflug로 측정된 이미지를 바탕으로 상측, 하측, 이측, 비측의 홍채각막각의 평균치를 전방각으로 하였다. 각 전방각은 각막후면과 홍채 표면을 외삽하여 두 개의 선이 교차하는 각으로 측정하였다.

Cirrus OCT[®]는 대상자가 검사기기에 이마와 턱을 붙이고 전방을 똑바로 주시하게 한 후 스캔 너비는 전방 중심에서 전방 주변부 전체가 포함되도록 하고, 스캔 깊이는 각막에서 수정체 전면까지 포함되도록 시행하였다. Cirrus OCT[®]의 pachymetry 결과지에서 제공하는 중심각막두께, 최소각막두께의 값을 측정치로 하였다(Fig. 1). Cirrus OCT[®]의 wide angle to angle scan을 통해 얻은 이미지를 바탕으로 소프트웨어에서 제공하는 angle and caliper tool을 이용하여 중심각막내피의 내측경계면에서 양측 iris recess

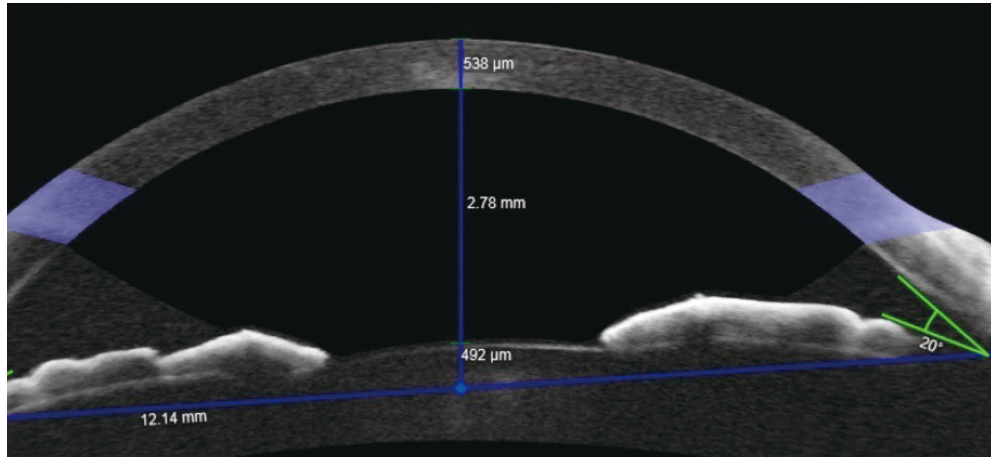


Figure 1. An example of the pachymetry mode of the Cirrus OCT®. Every sector has three values, which indicates the minimum, average, and maximum corneal thicknesses. The average value is representative of each sector.

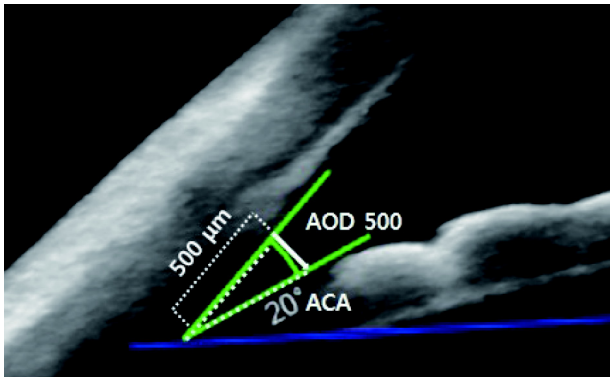


Figure 2. The angle opening distance 500 was measured on a line perpendicular to the trabecular meshwork at points 500 μm from the scleral spur. The anterior chamber angle (ACA) was measured on this image (white dotted line). AOD = angle opening distance.

를 연결한 선까지의 거리로 앞방깊이를 측정하였고 공막극에서 500 μm 떨어진 섬유주의 한 점과 그 점에서 그은 수직선이 반대편 홍채와 만나는 지점과 iris recess가 만드는 각도로 전방각을 측정하였으며 전방각은 좌우 전방각의 평균값으로 하였다(Fig. 2).

검사 전에 눈을 깜박거리게 하여 눈물층을 균일하게 하였으며, 속눈썹이 각막을 가리지 않게 눈을 크게 뜨도록 지시한 후 안구에 압박이 가해지지 않도록 조심스럽게 눈꺼풀을 벌리면서 측정하였다. 대개 한 번의 스캔으로 정확한 이미지가 얻어지나, 그렇지 않은 경우에는 반복적으로 시행하여 눈꺼풀에 가려진 부분이 있거나 동공과 각막 중심이 중앙에 위치하지 않은 사진은 제외하고 가장 선명한 사진을 선택하였다.

이상의 과정을 통해 얻은 각 장비의 중심각막두께 및 최소각막두께와 앞방깊이와 전방각 4가지 전안부 계측 지표에 대하여 2회 측정하여 검사자 내 반복성을 평가하였다.

반복성은 변동계수(coefficient of variation, CV)와 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)를 계산하여 평가하였다. 두 장비의 전안부 계측의 4가지 지표에 대하여 장비 간의 차이 값은 Galilei® 측정값에서 Cirrus OCT® 측정값을 뺀 것으로 계산하였으며 두 장비 간의 계측값 차이의 통계적 유의성은 paired *t*-test로 평가하였다. Bland and Altman plots를 이용하여 검사기기 간의 일치도를 평가하였으며 Pearson 상관계수를 통해 두 기계 사이의 상관관계도 평가하였다.^{11,12} 통계분석은 SPSS version 12.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였으며 *p*-value<0.05인 경우 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

전체 대상자는 총 24명 48안이었고 남자는 10명, 여자는 14명이었으며 평균 나이는 35.4 ± 12.1 세였고 현성굴절검사상 평균 구면렌즈 대응치는 -0.27 ± 0.44 D였다. Galilei®와 Cirrus OCT®로 측정한 각 장비의 4가지 전안부 계측 지표에 대한 반복성을 평가한 결과 중심각막두께는 Galilei®의 경우 CV가 0.06%, ICC 0.99였고 Cirrus OCT®는 CV 0.06%, ICC 0.98로 두 장비 모두 높은 반복성을 보였다. 최소각막두께의 반복성은 Galilei®의 경우 CV 0.06%, ICC 0.81이었고 Cirrus OCT®는 CV 0.07%, ICC 0.90로 중심각막두께에 비하여 낮았다. 앞방깊이의 반복성은 Galilei®의 경우 CV 0.13%, ICC가 0.95였고, Cirrus OCT®의 경우 CV가 0.11%, ICC가 0.98로 두 검사기구 모두에서 높은 반복성을 보였으며 전방각은 Galilei®의 경우 CV 0.14%, ICC 0.96, Cirrus OCT®는 CV 0.27%, ICC 0.92로 높은 반복성을 보였다(Table 1).

Galilei®와 Cirrus OCT®로 측정한 평균 중심각막두께는

Table 1. The repeatability of biometric parameters using the two instruments

Parameters	Coefficient of variation (%)		ICC (95% CI)	
	Galilei®	Cirrus OCT®	Galilei®	Cirrus OCT®
CCT (μm)	0.06	0.06	0.995 (0.990-0.997)	0.980 (0.963-0.989)
MCT (μm)	0.06	0.07	0.814 (0.663-0.897)	0.903 (0.824-0.946)
ACD (mm)	0.13	0.11	0.950 (0.910-0.972)	0.985 (0.974-0.992)
ACA (°)	0.14	0.27	0.962 (0.932-0.979)	0.924 (0.863-0.958)

ICC = intraclass correlation coefficient; CI = confidence interval; CCT = central corneal thickness; MCT = minimum corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA = anterior chamber angle.

Table 2. A comparison of biometric measurements using the two instruments on the study subjects

Parameters	Galilei®	Cirrus OCT®	p-value*	Mean difference ± SD	95% Limits of agreement†
CCT (μm)	539.41 ± 33.03	539.67 ± 35.20	0.67	-0.26 ± 7.11	-42.91, 42.39
MCT (μm)	530.06 ± 32.71	529.69 ± 37.66	0.56	0.37 ± 7.35	-54.42, 55.16
ACD (mm)	3.31 ± 0.43	3.09 ± 0.34	0.01	0.22 ± 0.08	-0.49, 0.94
ACA (°)	35.32 ± 4.85	27.44 ± 7.53	0.04	7.87 ± 1.32	-6.07, 21.83

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

Mean difference = mean difference between two instruments; SD = standard deviation; CCT = central corneal thickness; MCT = minimum corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA = anterior chamber angle.

*Using a paired t-test; †Limits of agreement is defined as mean difference ± 1.96 standard deviations.

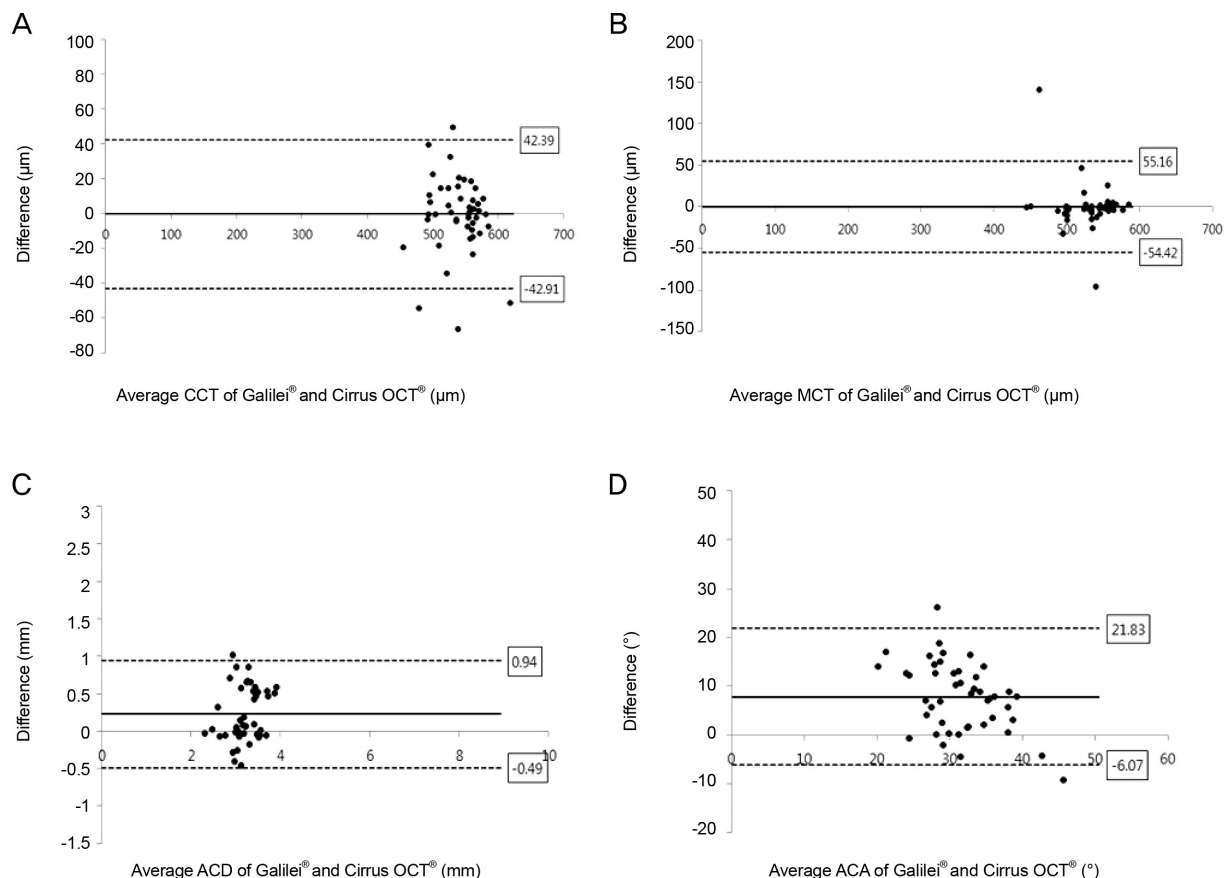


Figure 3. Bland Altman plots between the parameters of the two instruments. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement. (A) The average central corneal thickness using the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT®. (B) The average minimum corneal thickness using the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT®. (C) The average anterior chamber depth using the Galilei® dual-Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT®. (D) The average anterior chamber angle using the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT®. CCT = central corneal thickness; MCT = minimum corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA = anterior chamber angle.

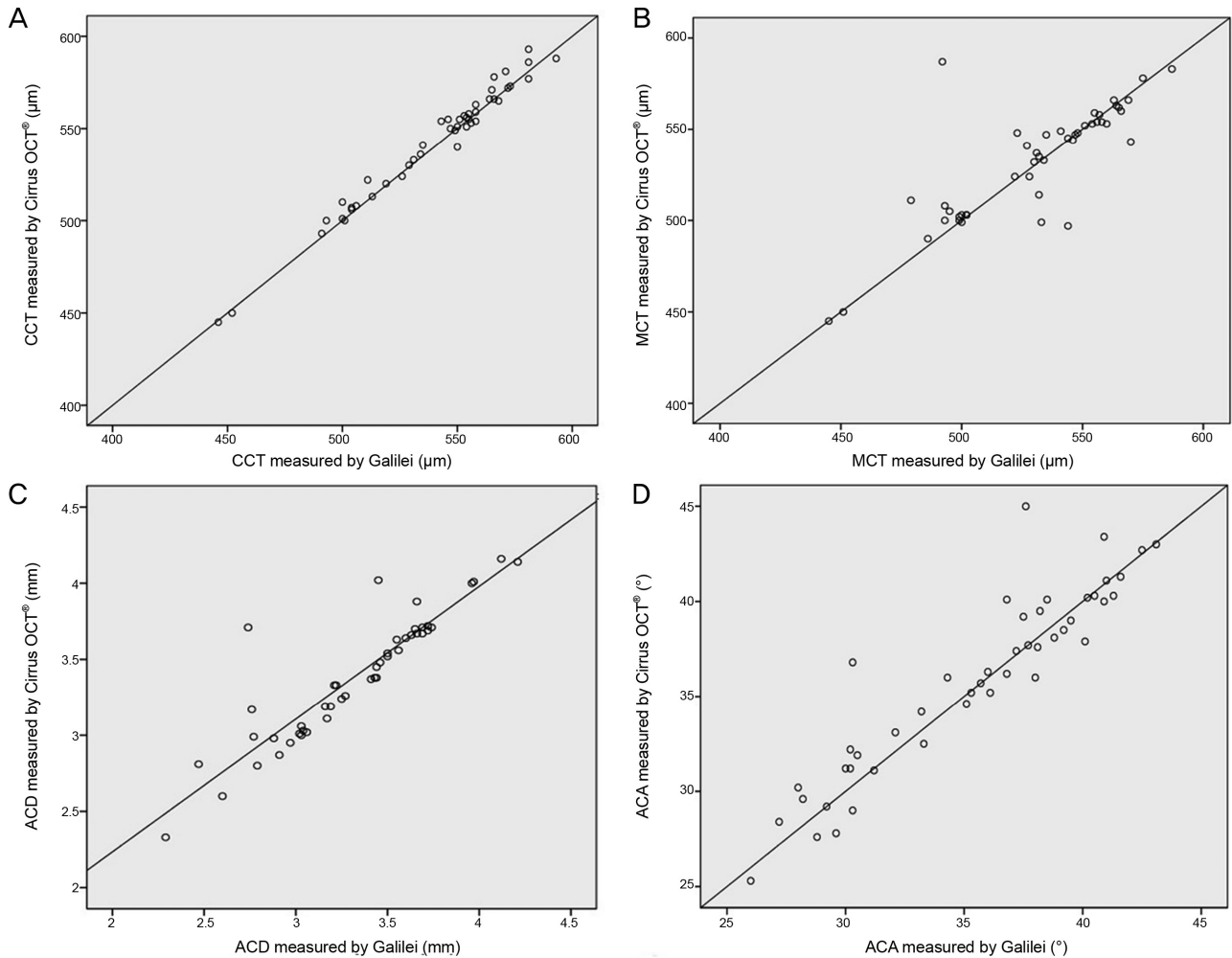


Figure 4. Scattergram showing correlations of the anterior chamber depth, central corneal thickness, minimum corneal thickness, and anterior chamber angle using the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT®. (A) The correlation of central corneal thicknesses between the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT® ($r = 0.99$; $p < 0.01$). (B) The correlation of the minimum corneal thickness between the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT® ($r = 0.69$; $p < 0.01$). (C) The correlation of the anterior chamber depth between the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT® ($r = 0.90$; $p < 0.01$). (D) The correlation of the anterior chamber angle between the Galilei® dual Scheimpflug analyzer and Cirrus OCT® ($r = 0.92$; $p < 0.01$). CCT = central corneal thickness; MCT = minimum corneal thickness; ACD = anterior chamber depth; ACA = anterior chamber angle.

539.41 ± 33.03, 539.67 ± 35.20 μm였고 두 장비 간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p -value=0.67) (Table 2). Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 장비 간의 중심각막두께 측정치의 95% 일치도 범위는 85.3 μm (-42.91~42.39 μm)였으며 상관분석에서 높은 상관관계($r=0.99$, p -value<0.00)를 보였다(Fig. 3). 평균 최소각막두께는 각각 530.06 ± 32.71, 529.69 ± 37.66 μm로 측정되었으며(p -value = 0.56), Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 장비 간의 최소각막두께 측정치의 95% 일치도 범위는 109.58 μm (-54.42~55.16 μm)로 중심각막두께에 비해 크나, 두 장비 사이에 비교적 뚜렷한 양의 상관관계를 보였다($r=0.693$, p -value<0.00) (Table 2, Fig. 3, 4).

Galilei®와 Cirrus OCT®로 측정한 평균 앞방깊이는 각각 3.31 ± 0.43, 3.09 ± 0.34 mm로 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p -value=0.00), Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 장비 간의 앞방깊이 측정치의 95% 일치도 범위는 1.43 mm (-0.49~0.94 mm)였고 높은 상관관계를 보였다($r=0.90$, p -value<0.00). Galilei®와 Cirrus OCT®로 측정한 평균 전방각은 각각 35.32 ± 4.85, 27.44 ± 7.53°였고 두 장비 간에 유의한 차이가 있었으며(p -value=0.04), Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 검사장비 사이의 중심각막두께 측정치의 95% 일치도 범위는 27.9° (-6.07°~21.83°)였다. 두 장비 간의 전방각 측정치는 높은 상관관계($r=0.92$, p -value<0.00)를 보였다(Table 2, Fig. 3, 4).

고 찰

정확한 전안부 측정은 각막굴절교정수술이나 녹내장수술, 굴절교정수술, 녹내장의 진단 등에 중요하며 최근 빈도가 증가하고 있는 프리미엄 인공수정체 사용 등과 더불어 그 중요성이 더 부각되고 있다. Olsen and Thorwest¹³의 연구에서는 백내장수술 후 요구되는 굴절력에 이르지 못하는 이유로 안구깊이의 측정오차(54%), 수술 후 앞방깊이의 예측오차(38%), 각막굴절력의 측정오차(8%) 등이 영향을 준다고 하였다. 앞방깊이와 전방각은 녹내장 발생과 밀접한 관계가 있으며 특히 전방 깊이가 얇고 전방각이 작은 경우 폐쇄각 녹내장의 발생 빈도가 높다고 알려져 있다.^{14,15} 일반적으로 앞방깊이는 세극등으로 전방의 중심부와 주변부의 깊이를 관찰하고 초음파나 각막지형도 등의 장비를 이용하여 측정한다.^{16,17} 전방각경검사가 전방각의 평가에 있어 현재 참고 표준이지만 주관성, 술기에 필요한 훈련이 요구된다는 점 및 임상상의 간의 높은 변동성과 같은 단점 때문에 보다 사용이 편리하고 객관적인 검사가 요구되고 있다. 그러나 검사방법이나 검사자에 따라 그 값의 차이가 크다고 알려져 있으며³ 특히 Galilei[®]와 Cirrus OCT[®]로 측정한 중심 및 최소 각막두께, 앞방깊이, 전방각 등의 검사 장비 간의 비교에 대하여 아직 보고된 바가 없다. 검사장비의 반복성과 서로 다른 기기 간의 차이를 분석하는 것은 관련 분야의 진단 및 수술에 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 Galilei[®]와 새로운 버전의 Cirrus OCT[®]로 측정한 중심각막두께, 최소각막두께, 앞방깊이, 그리고 전방각의 검사자 내 반복성과 두 장비 간의 차이를 알아보려고 하였다.

먼저 각막두께 측정 부분에 대하여 두 장비의 결과를 비교해 보면, 중심각막두께 및 최소 각막두께 모두 두 장비 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. Scheimpflug 원리의 장비와 전안부 OCT 장비 간에 각막두께를 비교한 기존의 문헌들을 살펴보면 Ponce et al¹⁸은 정상안에서 Pentacam[®]과 Visante OCT[®]에 의한 중심각막두께 측정값이 본 연구에서처럼 두 장비 간에 중심각막두께의 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 중심각막두께에 비해 최소각막두께는 Bland and Altman 일치도 분석 결과 95% 일치도 범위가 더 크고 두 장비 측정값 사이에 상관도가 감소함을 확인하였다.

두 장비의 최소각막두께의 일치도가 중심각막두께에 비해 떨어지는 이유를 추정해 보면 회전하는 Scheimpflug 카메라는 공기-눈물층 경계면과 각막후면 표면 사이의 각막두께를 측정하기 때문에¹⁹ 눈물층 상태에 따라 오차가 발생할 수 있으며 이는 특히 중심부보다는 주변부에서 오차가 발생할 가능성이 높을 수 있을 것이다. Spectral domain

OCT의 고해상도가 각막 가장자리의 식별을 향상시키기 때문에 Scheimpflug 카메라에서 얻은 최소각막두께 측정치보다 재현성이 더 좋을 수 있으며 실제로 Galilei[®]로 측정한 최소각막두께의 경우 재현성이 Cirrus OCT[®]에 비해서도 낮았다. 또한 두 장비의 중심을 정하는 기준에도 차이가 있는데, Galilei[®]의 경우 윤부중심으로 중심각막두께를 측정하며 Cirrus OCT[®]는 소프트웨어에서 제공하는 Caliper tool을 이용하여 scleral spur angle 각 끝점에 위치시켜 중심부를 잡는다. 이러한 위치의 기준의 차이로 중심각막두께 측정치의 차이가 생길 수 있으며 중심부에서 다소 떨어진 최소각막두께 값의 측정 오차 역시 발생할 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 눈꺼풀이 중심 각막에는 영향을 미치지 않으나 위쪽이나 아래쪽 동공의 바깥 부분에는 약간의 변형을 일으킬 수 있다.²⁰ 이와 같은 요인들이 본 연구에서 통제되지 않았기에 각막두께 측정에 영향을 주었을 것으로 사료되며 특히 최소각막두께 측정에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 최소각막두께의 편차가 큰 것도 이런 영향에 의한 것으로 생각될 수 있으며 각막의 수직스캔 영상을 얻을 때 각막 중심부보다 주변부가 눈꺼풀에 의한 허상이 더 생기기 쉽다.²¹ 그리고 광학 축을 중심으로 카메라가 회전하기 때문에 각막 중심부에서 주변부보다 Scheimpflug 이미지가 더 많이 겹쳐지기 때문에 중심부에 비해 주변부의 신뢰성이 저하되는 것도 최소각막두께의 큰 편차를 설명할 수 있다.²²

두 번째로 앞방깊이와 전방각 측정 부분에 대하여 두 장비의 측정값 사이에 유의한 상관성은 보이나 측정값에 유의한 차이가 있음이 확인되었다. 앞방깊이는 각각 3.31 ± 0.43 , 3.09 ± 0.34 mm로 측정되어 Galilei[®]가 Cirrus OCT[®]보다 약 0.22 mm 더 깊게 측정하였다. 전방 깊이를 측정할 때 검사 장비 간에 각막 내피와 수정체 전방의 경계를 설정하는 방법의 차이에 의한 가능성을 생각해 볼 수 있으며 Galilei[®]의 경우 앞방깊이 측정은 장치에 의해 자동으로 계산되나 Cirrus OCT[®]의 경우 Caliper tool을 이용하여 수동으로 측정하며 이 Caliper는 약 40 μ m의 두께를 가지고 있어 여기에서 앞방깊이 측정치의 차이가 유발될 수 있을 것으로 생각된다.

전방각은 Galilei[®]가 Cirrus OCT[®]보다 $7.87 \pm 1.32^\circ$ 더 크게 측정하였고 이 차이는 통계적으로 유의하였다. 전방각 측정은 Galilei[®]의 경우 Scheimpflug로 측정된 이미지를 바탕으로 상측, 하측, 이측, 비측의 홍채각막각의 평균치를 전방각으로 하였고 각 전방각은 각막후면과 홍채 표면을 외삽하여 두 개의 선이 교차하는 각으로 측정한다. 반면 Cirrus OCT[®] 전안부 OCT의 경우 공막극에서 500 μ m 떨어진 섬유주의 한 점과 그 점에서 그은 수직선이 반대편 홍채

와 만나는 지점과 iris recess가 만드는 각도로 전방각을 측정하므로 두 기기 간의 전방각 plane이 정확하게 일치한다고 할 수 없다. 또한 Galilei[®]로 측정한 전방각 수치는 기계로 자동 측정되나 Cirrus OCT[®]의 경우 Caliper tool을 이용하여 수동으로 측정해야 하므로 이에 따른 오차가 발생할 수 있다. 470 nm의 청색 LED 빛을 이용하는 Galilei[®]는 Cirrus OCT[®]보다 짧은 파장의 빛을 사용함으로써 홍채, 공막 및 각막혼탁을 통과하지 못하고 과다노출을 일으켜서 홍채, 공막, 전방각의 윤곽이 불분명해지는 특성이 있는데 이러한 점이 측정치의 차이를 가져왔을 수도 있다.²³ 하지만 Grewal et al²⁴은 180° 회전하는 Scheimpflug camera의 전안부 이미지를 분석하여 얻은 앞방깊이, 전방각 수치가 전안부 OCT의 전방 단면의 단일 교차 이미지를 분석하여 얻은 앞방깊이, 전방각 수치보다 좁은 전방각을 예측하는데 더 우월하다고 보고하기도 하였다. 본 연구에서 Cirrus OCT[®]로 측정한 전방각은 $27.44 \pm 7.53^\circ$ 로 비슷한 연령의 정상안 전방각을 Spectralis OCT로 측정한 다른 연구²⁵보다 10° 가량 좁게 나왔는데 Caliper tool을 이용하여 수동으로 전방각 측정 시 오차가 많이 생긴 것으로 보이며 상측, 하측, 이측, 비측의 홍채각막각의 평균치를 전방각으로 한 Galilei[®]의 수치보다 신뢰도가 낮을 것으로 생각한다.

본 연구는 검사자 간(inter-observer) 및 방문시기(inter-visit)에 따른 재현성을 평가하지 못했고 각막두께의 측정에 있어 기준측정방법으로 널리 쓰이고 있는 초음파 각막두께 측정계의 결과와 비교하지 못한 점이 한계이며 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다. 그리고 본 연구는 병원에 내원한 환자 중 일부 지원자를 대상으로 하였기 때문에 대상군의 평균 나이가 약 35세로 안과 환자 모집단을 대변하지 못한다는 점과 연구에서는 검사에 소요된 시간을 따로 측정하지 못하여 검사 시간에 따른 주시점 이탈로 인한 결과 오차 가능성을 비교할 수는 없었다는 한계가 있다. 다만 대상자 평균 연령을 고려해 볼 때 검사 협조도가 비교적 좋았기 때문에 검사 시간에 따른 큰 오차는 적을 것으로 생각된다.

결론적으로, Galilei[®]와 Cirrus OCT[®]를 이용하여 측정한 중심각막두께 및 최소각막두께 앞방깊이와 전방각의 검사자 내 반복성은 비교적 높았다. 중심각막두께와 최소각막두께는 각 장비 간의 유의한 차이는 없었으나 일치도 범위가 각각 $85.30 \mu\text{m}$, $109.58 \mu\text{m}$ 로 측정치를 서로 상호교환하는 것은 불가능함을 확인할 수 있었다. 각각의 검사장비에 측정된 앞방깊이와 전방각은 유의한 차이를 보여 결과 해석 시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) 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; discussion 409-10.
- 2) Yau CW, Cheng HC. Microkeratome blades and corneal flap thickness in LASIK. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2008;39:471-5.
- 3) Huang J, Pesudovs K, Wen D, et al. Comparison of anterior segment measurements with rotating Scheimpflug photography and partial coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:341-8.
- 4) Coskunseven E, Jankov MR 2nd, Hafezi F. Contralateral eye study of corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in patients with keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:371-6.
- 5) Ryu HW, Kim KR, Chung SK. Comparison of A-scan, Scheimpflug camera, and Orbscan for measurement of anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1287-91.
- 6) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:235-42.
- 7) Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:425-30.
- 8) Patel RP, Pandit RT. Comparison of anterior chamber depth measurements from the Galilei Dual Scheimpflug Analyzer with IOLMaster. *J Ophthalmol* 2012;2012:430249.
- 9) Lee YE, Jun RM. The intra and inter-examiner repeatability of corneal parameters obtained by GALILEI(TM) in normal subjects. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1611-6.
- 10) Han KE, Jun RM. Measurement of white-to-white diameter and anterior chamber depth by dual Scheimpflug camera. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:169-74.
- 11) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 12) Bland JM, Altman DG. Measurement error. *BMJ* 1996;313:744.
- 13) Olsen T, Thorwest M. Calibration of axial length measurements with the Zeiss IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1345-50.
- 14) Alsbirk PH. Primary angle-closure glaucoma. Oculometry, epidemiology, and genetics in a high risk population. *Acta Ophthalmol Suppl* 1976;54:5-31.
- 15) Shaffer RN. A suggested anatomic classification to define the pupillary block glaucomas. *Invest Ophthalmol* 1973;12:540-2.
- 16) Pereira FA, Cronemberger S. Ultrasound biomicroscopic study of anterior segment changes after phacoemulsification and foldable intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2003;110:1799-806.
- 17) Cosar CB, Sener AB. Orbscan corneal topography system in evaluating the anterior structures of the human eye. *Cornea* 2003;22:118-21.
- 18) Prospero Ponce CM, Rocha KM, Smith SD, Krueger RR. Central and peripheral corneal thickness measured with optical coherence tomography, Scheimpflug imaging, and ultrasound pachymetry in normal, keratoconus-suspect, and post-laser in situ keratomileusis eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1055-62.
- 19) Amano S, Honda N, Amano Y, et al. Comparison of central corneal thickness measurements by rotating Scheimpflug camera, ultrasonic pachymetry, and scanning-slit corneal topography. *Ophthalmology*

- 2006;113:937-41.
- 20) Lieberman DM, Grierson JW. The lids influence on corneal shape. *Cornea* 2000;19:336-42.
- 21) Marsich MW, Bullimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea* 2000;19:792-5.
- 22) Khoramnia R, Rabsilber TM, Auffarth GU. Central and peripheral pachymetry measurements according to age using the Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:830-6.
- 23) Lee DG, Choi SH. Measurement of anterior segment using Visante OCT in Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:542-50.
- 24) Grewal DS, Brar GS, Jain R, Grewal SP. Comparison of Scheimpflug imaging and spectral domain anterior segment optical coherence tomography for detection of narrow anterior chamber angles. *Eye (Lond)* 2011;25:603-11.
- 25) 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.

= 국문초록 =

전안부 빛간섭단층촬영기와 이중샤임플러그 전안부사진기로 측정된 전안부 계측치의 비교

목적: Galilei® dual-Scheimpflug analyzer와 Anterior segment optical coherence tomography (Cirrus OCT®)로 측정된 전안부 계측치의 비교 및 반복성에 대해서 알아보려고 하였다.

대상과 방법: 정상인 24명의 48안을 대상으로 Galilei®와 Cirrus OCT®로 중심각막두께, 최소각막두께, 앞방깊이, 전방각을 동일한 검사자가 2회 측정하여 검사자 내 반복성을 평가하고 두 기계 간의 측정값을 비교하였다.

결과: 두 검사기기로 측정된 중심각막두께, 앞방깊이, 전방각은 모두 높은 반복성을 보였으며(급내상관계수 ≥ 0.90) 최소각막두께의 반복성은 다소 낮았다(급내상관계수 ≥ 0.69). Galilei®로 측정된 중심각막두께는 Cirrus OCT®로 측정된 값보다 평균 $0.26 \pm 7.11 \mu\text{m}$ 만큼 얇았고, 최소 각막두께는 평균 $0.37 \pm 7.35 \mu\text{m}$ 더 두껍게 측정하였으나 통계적 유의성은 없었다. 앞방깊이는 Cirrus OCT®로 측정된 값보다 평균 $0.22 \pm 0.08 \text{ mm}$ 깊었고($p < 0.007$), 전방각은 $7.87^\circ \pm 1.32^\circ$ 더 큰 소견을 보였다($p = 0.04$). 두 검사기구의 중심각막두께, 앞방깊이, 전방각의 95% 일치도 범위는 각각 $85.30 \mu\text{m}$, 1.43 mm , 27.90° 였으며 최소각막두께의 일치도의 범위는 다소 컸다($109.58 \mu\text{m}$).

결론: 정상안에서 서로 다른 원리의 전안부 계측장비로 측정된 결과가 비교적 상응하는 결과를 보였고 두 장비 모두 재현성이 우수함을 알 수 있으나 계측치의 일치도 범위가 다소 커 장비 간 수치의 상호교환은 어려움을 확인하였다.

〈대한안과학회지 2017;58(12):1341-1348〉
