

갈릴레이와 세극등 빛간섭단층촬영기로 측정된 전안부계측치의 반복성 및 비교

이원혁¹ · 황영훈² · 김세종² · 이상목² · 유정권³ · 김용연³ · 이주환¹

인제대학교 의과대학 상계백병원 안과학교실¹, 국군수도병원 안과², 고려대학교 의과대학 안과학교실³

목적: Galilei dual-Scheimpflug analyzer와 slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT)로 측정된 전방깊이와 중심각막두께의 반복성과 차이에 대해서 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 젊은 정상인 68명의 68안을 대상으로 Galilei와 SL-OCT로 전방깊이와 중심각막두께를 동일한 검사자가 3회 측정하여 검사자내 반복성을 평가하고 두 기계간의 측정값을 비교하였다.

결과: 두 검사기기로 측정된 전방깊이와 중심각막두께는 모두 높은 반복성을 보였으며(급내상관계수 ≥ 0.994), Galilei로 측정된 전방깊이는 SL-OCT로 측정된 값보다 평균 0.11 ± 0.09 mm, 중심각막두께는 평균 14.01 ± 7.38 μ m 더 높은 소견을 보였다($p < 0.001$). 두 검사기구의 전방깊이와 중심각막두께의 95% 일치도 범위는 각각 0.36 mm, 27.66 μ m이었으며 높은 상관관계를 보였다(상관계수 ≥ 0.89 , $p < 0.001$).

결론: Galilei와 SL-OCT를 이용하여 측정된 전방깊이와 중심각막두께는 높은 검사자내 반복성을 보였으나 두 검사기계 사이에 유의한 차이를 보여 결과 해석 시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2011;52(1):53-59〉

정확한 전안부 구조물의 형태, 크기, 위치에 대한 계측을 시행하는 것은 형태학적인 연구 및 전안부의 질환을 진단, 추적관찰하고 백내장이나 굴절수술에 자료를 제공하는 데 있어서 중요한 가치를 지니고 있어 이를 위한 장비들이 지속적으로 개발되어 왔다.¹⁻⁶ 특히 녹내장 환자에게 전방깊이와 중심각막두께를 정확히 측정하는 것이 녹내장 환자의 평가에 중요하지만 여러 장비마다 측정치에 차이가 있다고 알려져 있다.³⁻⁶

현재 전안부를 정량적으로 측정하는 기계로는 A-scan, 초음파 생체현미경, Orbscan (Orbtek Inc., Salt Lake City, UT, USA), Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany), Galilei dual Scheimpflug analyzer (Ziemer, Port, Switzerland), slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT; Heidelberg Engineering, Dossenheim, Germany), Visante OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA) 등이 있다. A-scan의 경우 각막에 탐침자가 직접 접촉하여 검사자간 가해지는 압력의 차이나 측정위치에 따라 측정값의 변화가 있을 수

있어서⁷ 근래에는 비접촉식 방법으로 전방을 측정하는 검사장비들이 개발되어 사용되고 있다.

Galilei는 dual Scheimpflug camera와 placido topographer가 결합된 방식으로 각막, 홍채, 동공, 전방, 렌즈 등의 영상과 생체계측치를 얻을 수 있다. 그리고 SL-OCT는 비접촉 고해상도의 전안부 빛간섭단층촬영기로 1310 nm 초발광 다이오드를 이용한 저결맞음간섭계(low coherence interferometry)를 이용하여 전안부의 영상과 생체계측치를 측정할 수 있다. 두 검사기계 모두 비접촉 방식을 사용하여 접촉으로 생길 수 있는 오차를 줄일 수 있고 검사에 소요되는 시간이 적고 측정방법이 편리하다는 장점이 있다.

최근 한국인을 대상으로 Galilei로 측정된 각막 계측치의 검사자내 및 검사자간 재현성에 대해 알아본 연구⁸와 Galilei와 초음파 생체현미경으로 측정된 각막윤부직경과 전방깊이를 비교한 연구⁹가 있었으나 아직 한국인에게 SL-OCT로 측정된 중심각막두께에 대해서는 보고된 바가 없으며 Galilei와 SL-OCT로 측정된 전방깊이 및 중심각막두께의 비교에 대해서도 알려진 바가 없다.

검사기구의 임상 활용도를 알기 위해서는 그 검사기구의 반복성을 평가하는 것이 중요하며, 병원마다 다른 검사기구를 사용할 경우 검사기간간의 측정치 비교를 위해 검사기간 차이의 분석이 필요하다. 따라서 저자들은 젊은 정상인을 대상으로 Galilei와 SL-OCT를 이용하여 전방깊이와

■ 접수 일: 2010년 6월 15일 ■ 심사통과일: 2010년 9월 26일
■ 게재허가일: 2010년 12월 9일

■ 책임저자: 황 영 훈

경기도 성남시 분당구 울동 산 13-4
국군수도병원 안과
Tel: 031-725-6270, Fax: 031-706-0987
E-mail: brainh@hanmail.net

중심각막두께를 측정하여 검사자내 반복성과 두 검사기구 간의 차이에 대해서 알아보고자 하였으며 SL-OCT로 측정된 정상 한국인의 중심각막두께 측정치도 알아보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 본원 의학윤리심의위원회의 심의를 거친 후 모든 참가자들에게 검사에 대해서 설명하고 동의서를 받은 후 진행되었으며 2009년 12월부터 2010년 1월까지 본원 안과 외래를 방문한 환자 중 19세에서 25세의 젊은 정상인 남성 68명의 68안을 대상으로 하였다. 대상자에게 최대교정시력, 안압측정, 전안부 검사를 시행하였으며 그 결과 양안 최대교정시력이 1.0 이상, 안압이 21 mmHg 미만이며 세극등현미경 검사를 통한 전안부 검사에서 각막, 홍채 및 전방에 이상소견이 없는 경우를 대상으로 하였다. 안외상, 안내 수술의 과거력이 있는 경우, 고혈압이나 당뇨 등의 전신질환이 있는 경우, 안약을 점안 중인 경우는 연구에서 제외하였다. 환자의 구면수차는 자동굴절검사계(Canon RK-F1; Canon Inc., Japan)을 이용하여 측정하였으며 안축장은 IOLMaster (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)를 이용하여 측정하였다.

Galilei는 대상자의 머리와 턱을 검사대에 고정하고 환자의 눈을 주시점을 이용하여 고정한 후 빨간 십자표시가 네 개의 흰 점 위에 놓이면서 빨간색의 가로선이 각막상피에 닿을 때 촬영하였으며 SL-OCT는 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. 스캔은 눈꺼풀의 영향을 받지 않도록 3시에서 9시 수평 방향으로 시행하였다. 이상의 모든 검사는 한 명의 동일한 검사자에 의하여 3회 반복 시행되었다.

이상의 과정을 통해 얻은 전방깊이와 중심각막두께에 대한 검사자내 반복성을 평가하였으며, 두 검사기기로 각각

측정한 중심각막두께 및 전방깊이 3회 측정치의 평균값을 비교하여 검사기계의 차이도 분석하였다. 반복성은 개체내 표준편차[$2.77 \times \text{within subject standard deviation (Sw)}$], R95], 변동계수[coefficient of variation (CV), $100 \times \text{Sw/overall mean}$], 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)를 계산하여 평가하였다. 두 검사기구간의 일치도는 Bland and Altman plots을 이용하여 분석하였고 Pearson 상관계수를 통해 두 기계 사이의 상관관계에 대해서도 알아보았다.^{10,11} 또한 대상의 굴절이상 정도에 따른 측정치의 차이를 알아보기 위해 대상의 구면수차 값을 이용하여 대상을 중등도 및 고도근시군(구면수차 ≤ -3.00 디옵터), 경도근시군($-3.00 < \text{구면수차} \leq -0.50$ 디옵터), 비근시군(구면수차 > -0.50 디옵터)으로 나누어 측정치를 비교하였다. 대상군간의 측정치 차이비교는 1-way ANOVA를 이용하였으며 유의한 값에 대해서는 Bonferroni 사후분석을 실시하였다. 통계분석은 SPSS version 12.0 (SPSS Inc, Chicago, IL)을 사용하였으며 $p\text{-value} < 0.05$ 인 경우 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

19세에서 25세의 한국인 남성 68명의 68안을 대상으로 하였으며 전체대상의 평균 나이는 20.94 ± 1.55 세(19~25세)였고 평균 구면수차값은 -2.31 ± 2.40 디옵터($-7.50 \sim +2.50$ 디옵터), 평균 안축장은 24.92 ± 1.38 mm ($22.5 \sim 29.2$ mm)였다.

Galilei와 SL-OCT로 측정한 평균 전방깊이는 각각 3.33 ± 0.20 , 3.22 ± 0.19 mm였으며 평균 중심각막두께는 각각 556.82 ± 27.34 , 544.90 ± 33.06 μm 이었다. 대상군을 구면수차 값에 따라 중등도 및 고도근시군, 경도근시군, 비근시군의 세 군으로 나누었을 때 두 기기로 측정한 각막두께는 구면수차값에 따른 유의한 차이를 보이지 않았고 전방깊이는 Galilei의 경우 세 군 모두에서 유의한 차이를 보

Table 1. Comparison of anterior chamber depth (ACD) and central corneal thickness (CCT) measured by Galilei and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT) among the three groups

	Moderate to high myopia group (n = 23)	Low myopia group (n = 33)	Non-myopic group (n = 12)	P-value	Post hoc
Galilei					
ACD (mm)	3.41 ± 0.19	3.33 ± 0.18	3.15 ± 0.20	0.001	MM/LM > NM ($p = 0.001$ for MM>NM, 0.023 for LM>NM)
CCT (μm)	547.87 ± 19.54	558.65 ± 24.20	569.25 ± 41.27	0.077	
SL-OCT					
ACD (mm)	3.27 ± 0.18	3.22 ± 0.19	3.10 ± 0.14	0.030	MM > NM ($p = 0.025$)
CCT (μm)	525.80 ± 30.90	547.13 ± 24.86	555.58 ± 46.74	0.092	

P-value: 1-way ANOVA; MM = moderate to high myopia group; LM = low myopia group; NM = non-myopic group; Post hoc = bonferroni post hoc analysis.

Table 2. Anterior chamber depth (ACD) and central corneal thickness (CCT) measurement repeatability of Galilei and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT)

	Galilei	SL-OCT
ACD (mm)		
Mean \pm SD	3.33 \pm 0.20	3.22 \pm 0.19
R95	0.05	0.04
CV %	0.58	0.45
ICC (95% CI)	0.994 (0.991 to 0.996)	0.997 (0.995 to 0.998)
CCT (μ m)		
Mean \pm SD	556.82 \pm 27.34	544.90 \pm 33.06
R95	3.41	7.13
CV %	0.22	0.47
ICC (95% CI)	0.999 (0.998 to 0.999)	0.998 (0.996 to 0.999)

SD = standard deviation; R95: repeatability = $Sw \times 2.77$ (95% of differences between 2 measures for the same subject would be expected to be less than this value); CV = coefficient of variation; ICC = intraclass correlation coefficient; CI = confidence interval.

Table 3. Pair-wise comparison of anterior chamber depth (ACD) and central corneal thickness (CCT) measurements obtained by Galilei and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT)

Pairwise comparison	Mean difference \pm S	*P-value	Pearson correlation coefficient	†P-value	95% limit of agreement
ACD (mm)					
Galilei – SL-OCT	0.11 \pm 0.09	< 0.001	0.89	< 0.001	-0.07 to 0.29
CCT (μ m)					
Galilei – SL-OCT	14.01 \pm 7.38	< 0.001	0.98	< 0.001	1.67 to 29.33

SD = standard deviation.

*P-value = paired *t* test; †P-value = pearson correlation.

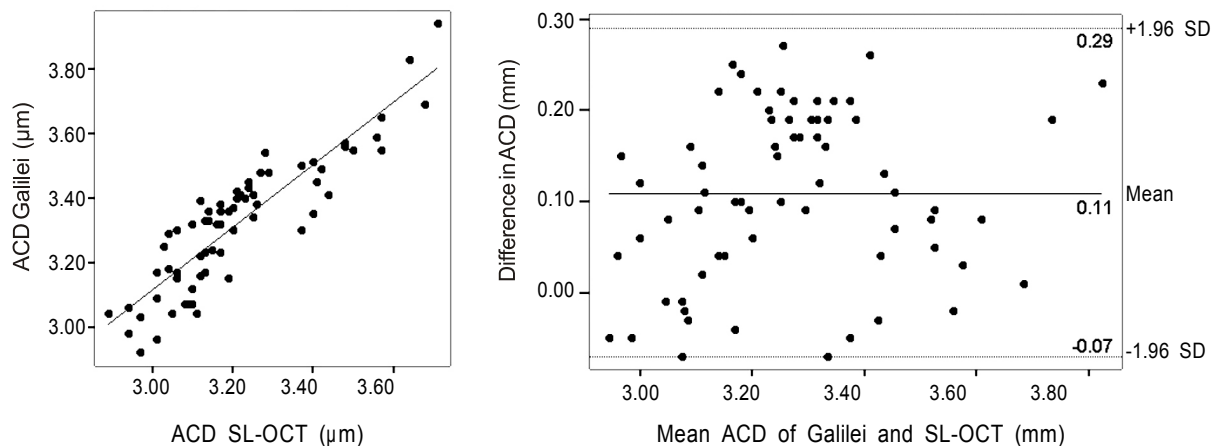


Figure 1. Scatter plot and Bland-Altman plot of anterior chamber depth (ACD) measurement by Galilei and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT).

였으나 SL-OCT의 경우 중등도 및 고도근시군과 비근시군 사이에만 유의한 차이를 보였다(Table 1).

두 검사기구의 전방깊이 측정에 대한 반복성을 평가한 결과 Galilei의 경우 R95가 0.05, CV가 0.58%, ICC가 0.994이었고, SL-OCT의 경우 R95가 0.04, CV가 0.45, ICC가 0.997로 두 검사기구 모두에서 높은 반복성을 보였다(Table 2). Galilei와 SL-OCT로 측정한 중심각막두께의 반복성은 Galilei의 R95가 3.14, CV 0.22%, ICC 0.999이

었고 SL-OCT는 R95가 7.13, CV 0.47%, ICC 0.998로 두 검사기구 모두 높은 반복성을 보였다(Table 2).

두 검사기구로 측정한 전방깊이를 비교한 결과 Galilei로 측정한 값이 SL-OCT 측정치보다 0.11 \pm 0.09 mm 더 깊게 측정되었으며(*p*-value < 0.001), Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 검사기구간의 전방깊이 측정치의 95% 일치도 범위는 0.36 mm (-0.07~0.29 mm)이었고 상관계수 0.89의 높은 상관관계를 보였다(Table 3, Fig. 1). 중심

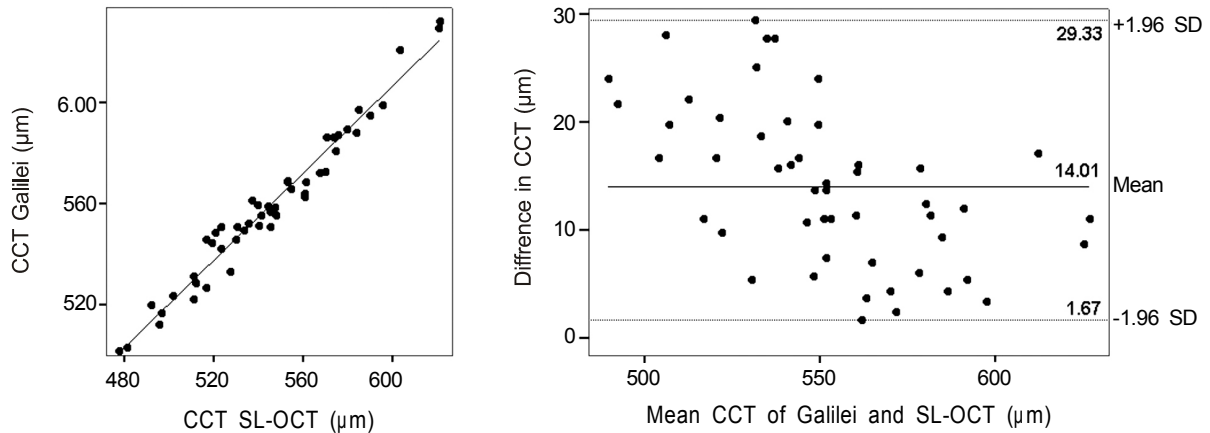


Figure 2. Scatter plot and Bland-Altman plot of central corneal thickness (CCT) measurement by Galilei and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT).

각막두께는 Galilei가 SL-OCT보다 $14.01 \pm 7.38 \mu\text{m}$ 더 두껍게 측정하였고($p\text{-value} < 0.001$), Bland and Altman 일치도 분석 결과 두 검사기구간의 중심각막두께 측정치의 95% 일치도 범위는 $27.66 \mu\text{m}$ ($1.67 \sim 29.33 \mu\text{m}$)이었으며 높은 상관관계(상관계수 0.98)를 보였다(Table 3, Fig. 2).

고 찰

전방깊이와 중심각막두께의 측정은 백내장수술, 굴절교정수술, 녹내장의 진단 등에 중요하다. 그러나 검사방법이나 검사자에 따라 그 값의 차이가 크다고 알려져 있으며^{7,12} 특히 Galilei와 SL-OCT로 측정한 전방깊이와 중심각막두께의 검사기구간의 차이에 대해서 아직 보고된 바가 없다. 검사기구의 반복성과 서로 다른 기기간의 차이를 분석하고 한국인에서의 정상치를 보고하는 것은 관련분야의 수술 및 진단에 중요하다. 따라서 저자들은 Galilei와 SL-OCT로 측정한 전방깊이와 중심각막두께의 검사자내 반복성과 두 장비간의 차이, 그리고 정상치를 알아보고자 하였다.

Lee and Jun⁸이 Galilei를 이용하여 평균 28.1세(22~38세), 평균굴절이상 -1.84 디옵터($-8.0 \sim +3.0$)의 정상인을 대상으로 시행한 연구에 의하면 평균 중심각막두께는 $560.8 \pm 28.84 \mu\text{m}$ 이었고, 높은 검사자내 및 검사자간 재현성을 보여 본 연구의 결과와 비슷한 결과를 보였다. Wang et al¹³은 평균 36세(23~62세)의 정상인을 대상으로 3명의 다른 검사자가 Galilei와 Pentacam으로 전안부 계측치를 측정하여 그 재현성을 연구하였는데, 그 결과에 의하면 Galilei로 측정한 중심각막두께는 평균 $556 \pm 31 \mu\text{m}$ 이었고, 재현성은 변동계수 0.25, 급내상관계수 0.999로 본 연구와 거의 일치하는 결과를 보였다. 또한 Galilei로 측정한 전방깊이는

평균 $2.97 \pm 0.41 \text{ mm}$, 재현성은 변동계수 0.69, 급내상관계수 0.996으로 역시 본 연구의 결과와 비슷한 정도의 재현성을 보였다. 하지만 전방깊이는 본 연구의 $3.33 \pm 0.20 \text{ mm}$ 보다 얇은 양상을 보였다. Menassa et al¹⁴은 Galilei와 Orbscan으로 평균 39세(23~63세)의 정상인에게 중심각막두께를 측정하였는데 그 결과 Galilei로 측정한 중심각막두께가 $551.7 \pm 36.6 \mu\text{m}$ 이었고, 높은 검사자내 및 검사자간 재현성을 보여 역시 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.

한편, Sandler et al¹⁵이 SL-OCT를 이용하여 시행한 연구에서 2명의 다른 검사자가 평균 32세(18~58세)의 정상인에게 측정한 평균 중심각막두께는 각각 0.556 ± 0.020 , $0.557 \pm 0.019 \text{ mm}$ 이었고, 급내상관계수는 0.948에서 0.995로 본 연구의 결과와 거의 일치하였다. SL-OCT로 측정한 평균 전방깊이는 각각 3.12 ± 0.36 , $3.13 \pm 0.38 \text{ mm}$, 급내상관계수는 0.972에서 0.987로 본 연구와 비슷한 재현성을 보였으나 전방깊이는 본 연구보다 얇게 측정되었다.

본 연구에서 Galilei와 SL-OCT를 이용하여 측정한 평균 전방깊이는 각각 3.33 ± 0.20 , $3.22 \pm 0.19 \text{ mm}$ 로 측정되었다. Galilei를 이용하여 전방깊이를 측정한 예전 연구들의 결과들을 살펴보면, 평균 27.4세의 정상인을 대상으로 한 Salouti et al¹⁶의 연구에서는 $3.22 \pm 0.05 \text{ mm}$, Han and Jun⁹이 평균 30.2세, 평균구면수차 -2.74 디옵터의 정상인들 대상으로 한 연구에서는 $3.1 \pm 0.29 \text{ mm}$ 로 측정되어 본 연구에서 측정된 전방깊이가 이전 결과들에 비해 더 깊게 측정되는 경향을 보였다. 또한 Sandler et al¹⁵이 평균 32세의 정상인에게 SL-OCT로 측정한 전방깊이도 3.12 ± 0.36 , $3.13 \pm 0.38 \text{ mm}$ 로 본 연구보다 얇게 측정되었다. 이처럼 본 연구에서 두 검사기구로 측정한 전방각깊이가 모두 다른 연구들에 비해서 깊게 측정된 이유는 다른 연구들의 대상군에 대한 구면수차, 안축장 결과가 부족하여 본 연

구와 직접 비교하기 어렵지만 대상군의 나이, 성별, 구면수차, 안축장 등의 차이에 의한 것일 가능성이 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서 Galilei와 SL-OCT로 측정한 평균 중심각막두께는 각각 556.82 ± 27.34 , 544.90 ± 33.06 μm 로 측정되었다. Galilei를 이용한 예전 연구들의 결과를 살펴보면 Menassa et al¹⁴이 시행한 연구에서는 551.7 ± 36.6 μm , Wang et al¹³이 보고한 연구에서는 556 ± 31 μm , Park et al¹⁷이 시행한 연구에서는 554.2 ± 30.4 μm 로 예전 연구 결과들과 본 연구의 결과가 거의 일치하게 나타났다. SL-OCT의 경우, Li et al¹⁸이 평균 33.1세의 정상인을 대상으로 시행한 연구에서는 SL-OCT로 측정한 중심각막두께가 평균 548.3 ± 30.1 μm 로 본 연구와 거의 일치했으나 Wirbelauer et al¹⁹이 평균 61세(14-87세)의 대상에게 SL-OCT로 중심각막두께를 측정한 결과는 평균 533 ± 53 μm 로 본 연구의 결과보다 얇게 측정되었다.

본 연구의 결과에 의하면 Galilei가 SL-OCT보다 전방깊이의 경우 약 0.11 mm, 중심각막두께의 경우 약 14.01 μm 더 크게 측정하는 경향을 보였다. 이와 같은 검사기구간의 차이가 나타난 이유는 아직 확실하지 않으나 몇 가지 가능성을 생각해볼 수 있을 것이다. 우선 Galilei가 SL-OCT보다 중심각막두께를 더 두껍게 측정한 이유로 SL-OCT가 인지하는 각막의 경계가 실제 앞쪽 각막경계보다 아래쪽에 위치하기 때문일 가능성을 고려해야 할 것이다. Li et al¹⁸이 Visante OCT와 SL-OCT를 이용하여 중심각막두께를 측정한 결과 검사장비에 내장된 자동측정치보다 각막의 OCT 단면영상을 이용해서 수동으로 측정한 값이 더 두껍게 측정되었다. 즉, OCT가 자동으로 탐지하는 각막의 앞쪽 경계가 실제보다 더 아래이기 때문에 다른 장비로 측정한 중심각막두께보다 얇게 측정되었을 가능성을 고려해야 할 것이다. SL-OCT의 경우 Visante OCT보다 수동측정값과 자동측정값 사이의 차이가 크지 않은 것으로 보고되어¹⁸ 본 연구에서는 SL-OCT의 중심각막두께를 기구 자체에 내장되어 있는 프로그램으로 자동 분석하고 수동으로 측정하지는 않았는데 향후 SL-OCT나 Visante OCT의 수동 측정치와 Galilei 측정치를 비교하는 추가 연구도 필요할 것으로 생각한다. Doors et al²⁰은 SL-OCT와 비슷한 원리를 이용하는 Visante OCT와 Galilei와 비슷한 원리를 이용하는 Pentacam으로 측정한 전방깊이를 비교하였는데 그 결과 Visante OCT로 측정한 전방깊이가 Pentacam으로 측정한 전방깊이보다 더 깊게 측정되었다. 반면, Yi et al²¹이 시행한 연구에서는 Visante OCT로 측정한 전방깊이와 Pentacam으로 측정한 전방깊이 사이에 차이가 없었다. 이처럼 같은 검사장비를 이용한 연구들끼리도 서로 다른 결과를 보이고

있으며, 본 연구에서는 Doors et al²⁰의 연구 결과와 반대로 SL-OCT로 측정한 전방깊이보다 Galilei로 측정한 전방깊이가 더 깊었는데 그 이유로는 첫째, 전방깊이 측정 시 검사기구간에 각막내피나 수정체전낭의 경계를 설정하는 알고리즘의 차이에 의한 가능성, 둘째, 대상의 안축장, 구면수차, 나이 등의 요인, 셋째, 검사자의 검사방법에 의한 요인 등을 고려해야 할 것이다.

지금까지 보고된 다른 연구들과 달리 본 연구에서는 대상군이 19세에서 25세로 비슷한 연령대이고 성별은 모두 남성이었기 때문에 나이와 성별에 의한 교란요인을 배제할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구의 결과는 젊은 한국인 남성의 녹내장 진단이나 굴절교정수술관련 자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 여성과 중년 이후의 대상에 대한 자료를 제공하지 못한 점과 검사자간(inter-observer) 및 방문시기(inter-visit)에 따른 재현성을 평가하지 못한 부분, 그리고 각막두께의 측정에 있어 기준측정방법으로 널리 쓰이고 있는 초음파 각막두께측정계의 결과와 비교하지 못한 것은 본 연구의 한계점이며 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로, Galilei와 SL-OCT를 이용하여 측정한 전방깊이와 중심각막두께의 검사자내 반복성은 높게 나타났다. 하지만 각각의 검사장비에서 측정된 전방깊이와 중심각막두께는 유의한 차이를 보여 결과 해석 시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Kim YY, Jung HR. Clarifying the nomenclature for primary angle closure glaucoma. *Surv Ophthalmol* 1997;42:125-36.
- 2) Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1356-70.
- 3) Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* 2000;44:367-408.
- 4) Reddy AR, Pande MV, Finn P, El-Gogary H. Comparative estimation of anterior chamber depth by ultrasonography, Orbscan II, and IOL master. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1268-71.
- 5) Vetrugno M, Cardascia N, Cardia L. Anterior chamber depth measured by two methods in myopic and hyperopic phakic IOL implant. *Br J Ophthalmol* 2000;84:1113-6.
- 6) 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.
- 7) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:235-42.
- 8) Lee YE, Jun RM. Parameters obtained by Galilei in normal subjects. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1611-6.
- 9) 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.
- 10) Bland JM, Altman DG. Measurement error. BMJ 1996;313:744.
- 11) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986;1:307-10.
- 12) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1992;18:125-9.
- 13) 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.
- 14) 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;34:1742-7.
- 15) Sandler SF, Zelefsky JR, Dorairaj S, et al. Intra-observer and inter-observer reliability and reproducibility of slit-lamp-adapted optical coherence tomography for evaluation of anterior chamber depth and central corneal thickness. Ophthalmic Surg Lasers Imaging 2008;39:299-303.
- 16) Salouti R, Nowroozadeh MH, Zamani M, et al. Comparison of anterior chamber depth measurements using Galilei, HR Pentacam, and Orbscan II. Optometry 2010;81:35-9.
- 17) Park SH, Choi SK, Lee DH, Kim JH. Central corneal thickness measured by four different methods in normal and post-femtosecond laser-assisted LASIK eyes. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:320-7.
- 18) Li H, Leung CK, Wong L, et al. Comparative study of central corneal thickness measurement with slit-lamp optical coherence tomography and Visante optical coherence tomography. Ophthalmology 2008;115:796-801.
- 19) Wirbelauer C, Thannhauser CL, Pham DT. Influence of corneal curvature on central and paracentral pachymetry with optical coherence tomography. Cornea 2009;28:254-60.
- 20) Doors M, Cruysberg L, Berendschot T, 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.
- 21) 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.

=ABSTRACT=

Comparison and Repeatability of Anterior Segment Parameters Obtained by Galilei and Slit-lamp Optical Coherence Tomography

Won Hyuk Lee, MD¹, Young Hoon Hwang, MD², Se Jong Kim, MD², Sang Mok Lee, MD, PhD²,
Chungkwon Yoo, MD, PhD³, Yong Yeon Kim, MD, PhD³, Joo Hwa Lee, MD, PhD¹

Department of Ophthalmology, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, The Armed Forces Capital Hospital², Seongnam, Korea

Department of Ophthalmology, Korea University College of Medicine³, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the repeatability and comparability of anterior chamber depth (ACD) and central corneal thickness (CCT) measurements obtained by Galilei dual Scheimpflug analyzer (Ziemer, Port, Switzerland) and slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT; Heidelberg Engineering, Dossenheim, Germany).

Methods: ACD and CCT were measured by Galilei and SL-OCT in 68 eyes of 68 healthy young subjects. Each measurement was performed 3 times by a single examiner, and the repeatability of 3 consecutive measurements was analyzed. ACD and CCT measurements were compared between the 2 devices.

Results: Both Galilei and SL-OCT showed high repeatability (ICCs ≥ 0.994) for ACD and CCT measurements. The mean ACD and CCT measured by Galilei were greater than SL-OCT measurements by 0.11 ± 0.09 mm and 14.01 ± 7.38 μ m, respectively. The 95% limit of agreement values for ACD and CCT measurements were 0.36 mm, 27.66 μ m, respectively, and were highly correlated (correlation coefficients ≥ 0.89 , $p < 0.001$).

Conclusions: Although the repeatability of each device was high, ACD and CCT obtained by Galilei and SL-OCT were significantly different. These differences should be considered when interpreting ACD and CCT measurements obtained by the 2 devices.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(1):53-59

Key Words: Anterior chamber depth, Central corneal thickness, Galilei dual Scheimpflug analyzer, Slit-lamp optical coherence tomography

Address reprint requests to **Young Hoon Hwang, MD**

Department of Ophthalmology, The Armed Forces Capital Hospital

#13-4 Yul-dong, Bundang-gu, Seongnam 463-040, Korea

Tel: 82-31-725-6270, Fax: 82-31-706-0987, E-mail: brainh@hanmail.net