

초음파와 두 부분결합간섭계의 안구생체계측의 비교

Comparison of Ocular Biometry Measurements Using A-Scan Ultrasound and Two Types of Partial Coherence Interferometers

하대영 · 이강원 · 정지원

Dae Young Ha, MD, Kang Won Lee, MD, Ji Won Jung, MD

인하대학교 의과대학 안과학교실

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

Purpose: To compare the measurement results of 3 ocular biometry devices, A-scan ultrasound and two types of partial coherence interferometers in normal and cataractous eyes.

Methods: This study included 42 normal eyes and 40 cataractous eye. Axial length and anterior chamber were measured using three ocular biometry measurements, ultrasonography (HiScan[®], Optikon 2000, Rome, Italy), IOL Master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany), and AL-scan[®] (Nidek, Gamagori, Japan), and mean corneal curvature and corneal diameter were measured using two partial coherence interferometers. The results were compared in each group.

Results: Significant differences in measurements existed among the 3 ocular biometry devices (A-scan ultrasound, IOL Master[®] and AL-scan[®]) in normal eyes ($p < 0.001$) and cataractous eyes ($p = 0.034$). However, the measurements were not significantly different between the 2 partial coherence interferometers (IOL Master[®] and AL-scan[®]) in both groups. We confirmed lower agreement among the 3 ocular biometry devices in cataractous eyes compared with normal eyes in terms of a larger range of 95% agreement and error in cataractous eyes.

Conclusions: Significant differences in measurements were observed when using the 3 ocular biometry devices in both normal and cataractous eyes. Because of low agreements between ocular biometry devices in cataractous eyes, complementing the measurements between ocular biometry devices is necessary when measuring cataractous eyes.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(5):757-762

Keywords: AL-scan[®], Axial length, Biometry, IOL Master[®], Partial coherence interferometers

안구 생체계측은 백내장 수술 후 굴절상태에 대해 정확한 예측에 필수적이다. 수술 후 굴절상태는 여러 가지 요인에 영향을 받는데 Olsen¹은 안구길이의 측정오차, 수술 후

전방깊이의 측정오차, 각막곡률반경의 측정오차 등이 영향을 준다고 하였고, 이 중 안구길이 측정오차가 백내장 수술 후 굴절상태 이상의 54%를 차지한다고 하였다. 따라서 백내장 환자에서 정확한 안구길이 측정이 중요하며, 정확한 안구길이 측정을 위해 여러 가지 방법이 있다. 생체계측에 주로 사용되었던 초음파를 이용한 A-scan이 접촉식 측정 방식으로 인한 검사자에 따른 오차가 크다는 단점이 있고^{2,3} 접촉에 의한 각막손상, 통증과 감염 우려 때문에 비접촉 측정이 가능하며, 감염의 위험이 없고, 검사가 쉽고 재현성이 뛰어난 비접촉 광학장비의 사용이 늘어나고 있다.⁴

최근에는 비접촉 광학장비 중 하나인 부분결합간섭계가

■ Received: 2015. 11. 26. ■ Revised: 2016. 2. 12.

■ Accepted: 2016. 4. 12.

■ 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

* This study was presented as a narration at the 114th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2015.

© 2016 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.

주로 사용되고 있으며 부분결합간섭계는 적외선 광선이 같은 축을 갖는 두 개의 coaxial beam으로 나누어져 안구로 들어가서 각막표면과 망막색소상피층에서 각각 반사되며, 이 두 개의 광선 사이의 시간적 연장을 간섭계가 포착하여 안구 계측 정보로 전환하는 원리이다.² 1999년부터 부분결합간섭계 원리를 이용한 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)가 임상에서 사용되었고 이는 760 nm 파장의 적외선과 슬릿광원을 이용하여 각막바깥표면과 수정체에서 반사되어 나오는 빛으로 전방깊이를 측정하고 각막의 2.4 mm zone의 6개의 point에서 각막 곡률값, 수평각막직경을 측정한다.⁵⁻⁸

최근에는 부분결합 간섭계를 이용한 새로운 기기인 AL-scan® (Nidek, Gamamori, Japan)도 개발되었는데 AL-scan®은 830 nm 파장의 적외선 광선과 샤임플러그 이미지를 이용하여 각막 두께 및 전방 깊이를 측정하며 2.4 mm, 3.3 mm의 360° ring에서 각막곡률값을 측정하고 동공 크기, 수평각막직경 등을 20초 동안 측정한다.⁸ 본 연구에서는 정상안과 백내장안 각 그룹 내에서 초음파(HiScan®, Optikon 2000, Rome, Italy)와 두 가지 부분결합간섭계(IOL Master®, AL-scan®)로 측정한 안구생체계측 결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법

2015년 5월부터 6월까지 본원을 내원한, 측정에 영향을 줄 만한 안과 질환 및 수술, 외상의 병력이 없는 환자 중 내원 시 시행한 세극등 현미경 검사에서 확인된 이상 소견이 없고 최대 교정시력 1.0 이상인 경우 정상안으로 선정하였으며 백내장안은 내원 시 시행한 세극등 현미경 검사에서 확인된 백내장 소견과 그로 인한 최대교정시력 0.5 미만인 환자들에서 선정하였다. 안구 길이는 22 mm 이상 26 mm 미만, 평균 각막 곡률값은 41 diopter (D) 이상 47D 미만인 환자들을 선정하였다. 검사에 협조가 되지 않거나 계측이 불가능한 경우는 본 연구에서 제외하였다.

대상자의 양안 중 우안을 선택하였고 검사는 모두 숙련된 한 명의 검사자에 의해 시행되었다. 검사 순서는 먼저 자동각막곡률계를 이용하여 각막곡률을 측정하고 이후 IOL Master®와 AL-scan®, 초음파를 무작위 순서로 검사를 시행하였다. 초음파, IOL Master®, AL-scan® 세 가지 장비를 이용하여 안구길이, 전방깊이, 평균 각막 곡률값(mean keratometry)을 측정하였으며 초음파의 경우 각막 굴절률 측정 기능이 없으므로 각막 곡률값은 Autokeratometer와 두 부분결합간섭계의 측정값을 비교하였다. 두 부분결합간섭계를 사용하여 수평각막직경(white to white diameter)을 측정하였다. 백내장안 중 15안은 이번 연구를 위한 안구계측 측정 뒤에 백내장 수술을 받았으며 동일 술자에 의한 이측 투명 각막절개를 이용한 수정체유화술 및 인공수정체 삽입 수술을 받았다. 수술에는 동일한 인공수정체(Tecnis®, ZCB00, Abbott Laboratories, Abbott Park, IL, USA)를 사용하였다. 인공수정체 도수계산은 Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical (SRK/T) 공식을 이용하였고, 수술 후 4주째 외래 추적 관찰 후 현성굴절검사를 시행하여 술 후 굴절력을 측정하였다. 예측오차는 백내장 수술 전 SRK/T 공식으로 계산한 예상굴절력과 술 후 4주째 측정한 굴절력 간의 차이로 정하였다. 세 장비 간의 예측오차의 비교는 평균 예측오차 값과 예측오차의 절대값의 평균을 analysis of variance (ANOVA)를 이용하여 비교하였다.

통계학적인 분석은 SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 수집한 자료가 정규 분포를 이루는 것을 확인하였다. 세 가지 장비를 이용한 안구길이, 전방깊이, 평균 각막 곡률값 비교를 위해서 repeated-measures analysis of variance (ANOVA)를 사용하였고 두 장비 간 사후 분석은 paired *t*-test를 사용하였다. 두 부분결합간섭계를 이용하여 측정한 수평각막직경의 일치도를 알아보기 위하여 paired *t*-test를 사용하였다. 세 가지 장비 간의 안구길이 측정 일치도는 Bland-Altman plots를 이용하여 분석하였고 *p*값의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

Table 1. Characteristics of normal and cataractous eyes

	Normal eyes	Cataractous eyes	<i>p</i> -value [‡]
No. of eyes	42	40	
Sex (male:female)	28:14	23:17	
Age (years)	36.9 ± 5.6 (21-70)	59.3 ± 10.9 (17-89)	
BCVA (decimal)	1.0 ± 0.0	0.4 ± 0.25	
Spherical equivalent (D)*	-0.27 ± 0.44 (-2.12 ~ 1.25)	0.15 ± 0.47 (-2.50 ~ 1.37)	0.262
Mean keratometric value (D)*	44.05 ± 1.24 (41.13 ~ 46.62)	44.00 ± 1.46 (41.12 ~ 46.50)	0.121
Axial length (mm) [†]	23.93 ± 0.61 (22.34 ~ 24.87)	23.41 ± 0.55 (22.38 ~ 24.78)	0.052

Values are presented as mean ± SD (range) unless otherwise indicated.

BCVA = best corrected visual acuity.

*Measurement using Autokeratometer; [†]Measurement using A-scan ultrasound biometry; [‡]Using an unpaired *t*-test.

결 과

정상안 42안, 백내장안 40안을 대상으로 하였으며, 평균 연령은 각각 36.9 ± 5.6 세, 59.3 ± 10.9 세였다(Table 1). 정상안에서 안구길이는 초음파에서 23.93 ± 0.61 mm, IOL Master®에서 23.99 ± 0.63 mm, AL-scan®에서 24.01 ± 0.63

mm로 측정되었고 세 장비 간에 유의한 차이를 보였으며 ($p < 0.001$) 백내장안에서 안구길이는 초음파에서 23.41 ± 0.55 mm, IOL Master®에서 23.63 ± 0.72 mm, AL-scan®에서 23.68 ± 0.75 mm로 측정되어 세 장비 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.034$, Table 2). 안구길이 측정의 장비 간 개별 비교를 보면 두 군 모두에서 두 부분결합

Table 2. Comparison of biometric measurements when using the 3 biometry devices in normal and cataractous eyes

	A-scan ultrasound biometry	IOL Master®	AL-scan®	<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value†		
					IOL Master® and A-scan	AL-scan® and A-scan	IOL Master® and AL-scan®
Normal eyes							
AL (mm)	23.93 ± 0.61	23.99 ± 0.63	24.01 ± 0.63	<0.001	<0.001	<0.001	0.059
ACD (mm)	3.32 ± 0.38	3.29 ± 0.31	3.39 ± 0.37	0.051	0.105	0.141	0.842
Km (D)	44.05 ± 1.24‡	43.84 ± 1.26	43.97 ± 1.27	0.284	0.276	0.279	0.686
WTW (mm)		12.13 ± 0.48	11.78 ± 0.35	<0.001			
Cataractous eyes							
AL (mm)	23.41 ± 0.55	23.63 ± 0.72	23.68 ± 0.75	0.034	0.049	0.034	0.393
ACD (mm)	3.34 ± 0.21	3.45 ± 0.34	3.60 ± 0.48	0.015	0.506	0.027	0.003
Km (D)	44.05 ± 1.24‡	43.84 ± 1.26	43.97 ± 1.27	0.163	0.124	0.635	0.051
WTW (mm)		12.01 ± 0.64	11.57 ± 0.30	0.002			

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

AL = axial length; ACD = anterior chamber depth; Km = mean keratometry; WTW = white to white.

*Using repeated-measures analysis of variance (ANOVA) incorporating, where necessary, a Greenhouse-Geisser correction for non-sphericity;

†Post-hoc analysis using paired *t*-test; ‡Measurement using Autokeratometer.

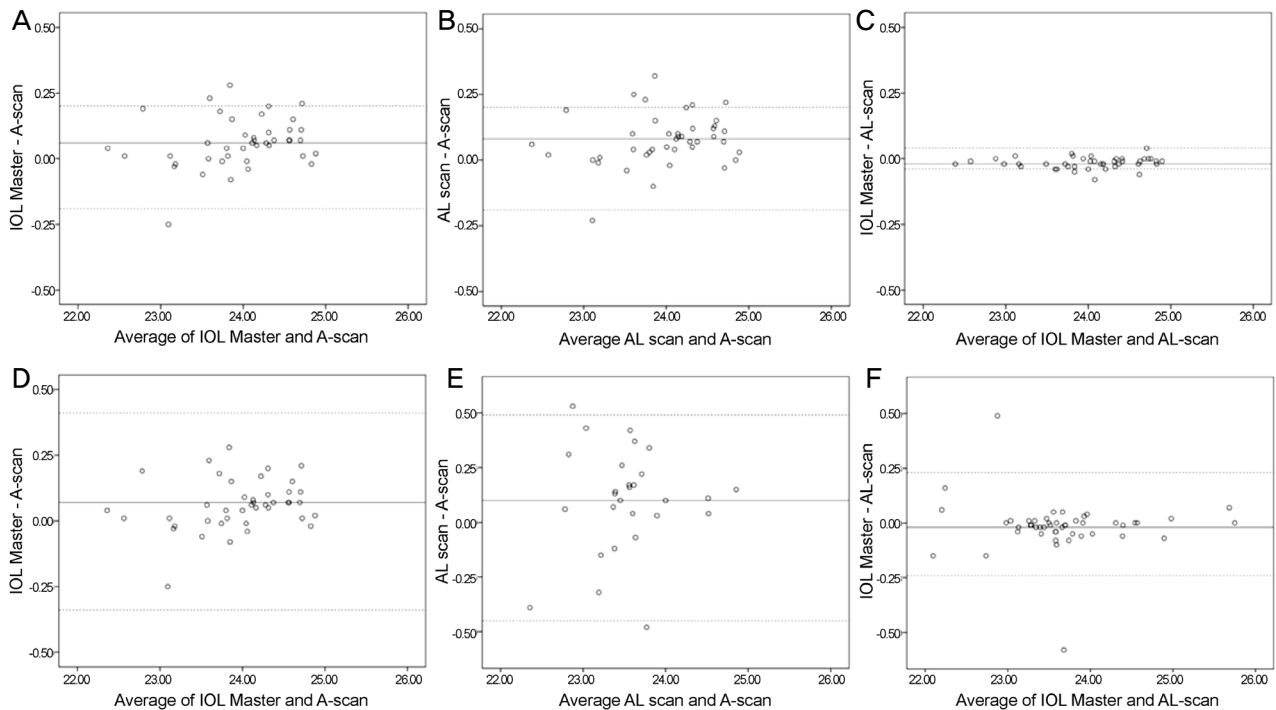


Figure 1. Bland-Altman plots of axial length (mm) showing the agreement among the three devices in normal and cataractous eyes. (A) IOL Master® and A-scan in normal eyes. (B) AL scan and A-scan in normal eyes. (C) IOL Master® and AL scan in normal eyes. (D) IOL Master® and A-scan in cataractous eyes. (E) AL scan and A-scan in cataractous eyes. (F) IOL Master® and AL scan in cataractous eyes showing the 95% limits of agreement for axial length difference: $-0.19 \sim 0.20$ mm, $-0.19 \sim 0.20$ mm, $-0.04 \sim 0.04$ mm, $-0.40 \sim 0.43$ mm, $-0.45 \sim 0.49$ mm and $-0.24 \sim 0.23$ mm, respectively.

Table 3. Comparison of prediction error among the 3 biometry devices

	A-scan ultrasound biometry	IOL Master [®]	AL-scan [®]	p-value*
Mean PE	0.13 ± 0.53	-0.14 ± 0.50	0.00 ± 0.60	0.505
Absolute PE	0.37 ± 0.39	0.41 ± 0.39	0.45 ± 0.36	0.844

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

PE = prediction error.

*Using analysis of variance (ANOVA).

간접계 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($p=0.059$, 0.393) 초음파와 두 부분결합간접계 간에는 정상안($p<0.001$, <0.001)과 백내장안($p=0.049$, 0.034) 모두에서 유의한 차이를 보였다(Table 2).

전방깊이 측정값은 정상안에서 세 장비 간 유의한 차이는 없었다($p=0.051$). 반면 백내장안에서는 세 장비 간의 유의한 차이를 보였고($p=0.015$) 장비 간 개별 비교에서는 AL-scan[®]으로 측정한 경우 다른 두 장비에 비해서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.027$, 0.003) (Table 2). 평균 각막 곡률값은 두 군에서 모두 세 장비 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며($p=0.284$, 0.163) 수평각막직경은 두 군 다 두 부분결합간접계 장비 간 유의한 차이를 보였다($p<0.001$, $p=0.002$) (Table 2).

안구길이에 대한 Bland-Altman plot을 보면 정상안과 백내장안 모두 특히 두 부분결합간접계 간의 일치도가 높으며 각 장비 간의 안구길이 측정값의 일치도가 백내장안에서 정상안보다 떨어짐을 확인하였다(Fig. 1). 심한 백내장 환자 4안에서 IOL Master[®], AL-scan[®] 모두 측정이 되지 않았고 이 경우 두 부분결합간접계 간에 측정 능력에 차이가 없었으며 정상안의 경우 측정되지 않은 경우는 없었다.

수술 전 세 장비로 생체계측을 시행하였던 백내장 15안을 대상으로 예측오차를 비교하였다. 각 기기별 예측오차는 초음파, IOL Master[®], AL scan[®] 순으로 각각 0.13 ± 0.53 , -0.14 ± 0.50 , 0.00 ± 0.60 D로 측정되었다. 각 계측 장비별로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 절대 예측오차는 각 계측 기기별로 초음파, IOL Master[®], AL scan[®] 순으로 각각 0.37 ± 0.39 , 0.41 ± 0.39 , 0.45 ± 0.36 D로 측정되었고, 절대 예측오차 역시 예측오차와 마찬가지로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

고 찰

본 연구에서는 정상안과 백내장안에서 초음파(HiScan[®])와 두 가지 부분결합간접계(IOL Master[®], AL-scan[®])로 측정한 안구 생체계측 결과를 비교하고자 하였고 백내장이라는 매체혼탁이 있음으로 인한 세 장비 간 생체계측의 차이가 생기는 것인지를 확인하기 위해 정상안을 대조군으로

삼아 각 그룹 내에서 안구 생체계측을 비교하였다.

정상안과 백내장안에서 모두 안구길이는 세 장비 간에 유의한 차이를 보였지만 두 가지 부분결합간접계의 안구길이 측정은 비교적 일치하는 것을 확인하였다. 초음파의 경우 초음파 probe를 각막에 대고 검사하는 특성으로 각막의 굴림이 생길 수 있고 이로 인해 안구길이가 짧게 측정될 수 있으며⁹ 초음파를 이용한 안구길이가 각막에서 망막의 내 경계막까지의 거리를 측정하는 반면¹⁰ 광원을 이용한 기기는 각막에서 망막색소상피층까지의 거리를 측정하게 되기 때문에¹¹ 안구길이 계측이 차이가 날 수 있다. 반면 같은 원리인 부분결합간접계는 안구길이 측정이 비교적 유사함을 확인하였고 새로운 장비인 AL-scan[®]은 기존의 장비와 비교하여 이전 논문^{9,12}에서처럼 비교 가능함을 확인하였다.

정상안과 백내장안에서의 장비 간 안구길이 측정 차이의 경향성은 비슷하였으나, 백내장안에서 95% 일치도의 범위와 오차의 범위가 더 크게 측정되어 계측장비 간의 일치도가 낮음을 보였다. 이는 부분결합간접계의 경우 백내장안에서 환자의 focusing이 어려워져 더 큰 차이를 보인 것으로 생각할 수 있겠다. 따라서 부분결합간접계를 이용한 안구길이 측정 시 서로 다른 원리인 초음파의 측정값을 함께 고려해야 함을 보여준다.

정상안에서는 세 장비 간의 전방깊이 측정값은 유의한 차이가 없었으나 백내장안에서는 유의한 차이를 보였고, 개별적으로 비교했을 때 AL-scan[®]이 전방깊이를 다른 두 장비에 비하여 더 깊게 측정하는 경향을 보였다. IOL Master[®]는 슬릿 광원을 이용하여 각막바깥표면과 수정체에서 반사되어 나오는 빛으로 전방깊이를 측정하고 AL-scan[®]은 샤임플러그 이미지를 이용하여 전방 깊이를 측정하는 서로 다른 원리를 가진다. 본 연구에서는 샤임플러그 방식의 AL-scan[®] 측정값이 초음파나 IOL Master[®]에 비해 오히려 백내장안에서 더 깊게 측정되었는데, 전방깊이 0.2 mm에 인공수정체 도수가 약 0.1D 만큼 변하는 기존의 문헌에 의하면^{13,14} 이는 큰 차이는 아니지만, 백내장이 진행하여 팽대되었을 때 샤임플러그 방식의 측정 장비가 오히려 다른 장비에 비해 깊게 측정한 것은 의문점이 생기며, 추후 이에 대한 연구가 더 필요할 수 있겠다.

정상안과 백내장안에서 모두 평균 각막곡률값은 세 장비

간 유의한 차이를 보이지 않았다. 각막 곡률값의 측정은 IOL Master[®]가 각막의 2.4 mm zone의 6개의 point에서 각막 곡률값, 수평각막직경을 측정하고⁵⁻⁸ AL scan[®]은 2.4 mm, 3.3 mm의 360° ring에서 수평각막직경을 20초 동안 측정한다. AL scan[®]의 경우 반경 2.4 mm의 K값과 3.3 mm 두 곳의 평균 K값을 구하지만 IOL Master[®]는 반경 2.4 mm의 평균치 K값을 구한다¹⁵는 차이가 있고 이는 중심으로 갈수록 곡률이 큰 각막의 특성상, 좀 더 중심에 가까운 위치에서 측정하는 IOL Master[®]에서 각막곡률이 더 크게 측정될 수 있으나¹⁵⁻¹⁷ 본 연구에서는 장비 간에 차이를 보이지 않았다. 각막 곡률값이 1D 차이가 날 때 인공수정체 도수가 0.8-1.3D 정도 변한다는 보고¹⁸를 고려하면 정상 범위의 각막 곡률값을 갖는 경우, 장비 간의 각막 곡률값의 측정 차이는 임상적으로 큰 차이를 유발하지는 않을 것으로 보인다.

정상안과 백내장안에서 모두 수평각막직경은 두 부분결합간섭계 장비 간에 유의한 차이를 보였다. 이는 이전 보고와 유사한데^{12,19} 부분결합간섭계의 수평각막직경의 측정은 홍채와 공막 사이 영역의 명암 차이를 구별하여 검출된 가장자리에 잘 맞는 원을 정하는 원리로 이루어진다. AL scan[®]은 수평각막직경측정을 위해 525 nm의 light-emitting diode를 사용하여 흐린 가장자리를 표시하게 되는데 이는 조명을 사용하는 IOL Master[®]와 차이가 있으며 이로 인해 두 부분결합간섭계 간의 수평각막직경 측정의 차이가 발생하게 되는 것으로 보인다.

IOL Master[®]로 안구길이를 측정하였을 때 수정체혼탁이 심한 경우 계측의 정확도가 떨어진다고 보고되었다.¹⁵ AL scan[®]은 파장의 중첩을 통한 시간의 차이를 간섭계로 포착하는 원리는 IOL Master[®]와 유사하지만 830 nm의 파장으로 생체 계측을 하기 때문에 IOL Master[®]보다 더 높은 침투력을 가지어 더 높은 생체 계측력을 가질 것이라 예상하였지만⁹ 본 연구에서는 백내장이 심하여 생체계측이 되지 않은 경우는 모두 4안으로 이는 두 장비 모두 동일한 환자였다.

본 연구에서는 결과에 제시하지 않았으나, Lens Opacities Classification System 분류에 근거해 Nuclear opacity grade에 따른 장비 간의 안구길이 측정 차이를 선형회귀분석을 통하여 분석해 보았는데, Nuclear grade가 증가할수록 세 장비 중 AL scan[®]과 초음파 간의 안구길이 측정 차이만 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았으며, 이는 환자 수가 적으므로 더 많은 환자와 다양한 백내장 정도의 환자군에서 추후 추가적인 연구가 필요하겠다.

수술 후 굴절력의 예측오차 값은 세 장비 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 추적 관찰한 환자 수가 적어 결론을 내기에는 한계점이 있다. 하지만 최근 발표된 다른 연구에

서도 본 연구에서처럼 두 장비 간에 생체계측값의 유의한 차이가 적었고 계산된 IOL measure 값을 통해 수술예측력의 차이가 두 장비 간에 적었다고 발표하였으며¹² 평균적인 안구길이를 가진 백내장 환자군에서 IOL Master[®]과 AL scan[®]은 수술 예측력에서 비슷한 결과를 보여주었다.²⁰ 실제 수술 결과를 가지고 AL-scan[®]을 기존의 장비와 비교하여 평가한 자료는 아직 많지 않으나, 추후 환자 수술 결과치를 이용한 두 장비 간의 비교가 더욱 더 필요하겠다.

REFERENCES

- 1) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1992;18:125-9.
- 2) Santodomingo-Rubido J, Mallen EA, Gilmartin B, Wolffsohn JS. A new non-contact optical device for ocular biometry. Br J Ophthalmol 2002;86:458-62.
- 3) Kim JW, Lee H, Jung JW, et al. Comparison of ocular biometry using low-coherence reflectometry with other devices for intraocular lens power calculation. J Korean Ophthalmol Soc 2015;56:1558-65.
- 4) Drexler W, Hitzenberger CK, Baumgartner A, et al. Investigation of dispersion effects in ocular media by multiple wavelength partial coherence interferometry. Exp Eye Res 1998;66:25-33.
- 5) Drexler W, Findl O, Menapace R, et al. Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. Am J Ophthalmol 1998;126:524-34.
- 6) Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. Br J Ophthalmol 2009;93:807-10.
- 7) Hitzenberger CK. Optical measurement of the axial eye length by laser Doppler interferometry. Invest Ophthalmol Vis Sci 1991;32:616-24.
- 8) Kwag JY, Choi SH. Comparison of ocular biometry measured by ultrasound and two kinds of partial coherence interferometers. J Korean Ophthalmol Soc 2011;52:169-74.
- 9) Kim SI, Kang SJ, Oh TH, et al. Accuracy of ocular biometry and postoperative refraction in cataract patients with AL-scan(R). J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:1688-93.
- 10) Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2000;238:765-73.
- 11) Hoffer KJ, Shammas HJ, Savini G. Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length. J Cataract Refract Surg 2010;36:644-8.
- 12) Huang J, Savini G, Li J, et al. Evaluation of a new optical biometry device for measurements of ocular components and its comparison with IOLMaster. Br J Ophthalmol 2014;98:1277-81.
- 13) Lackner B, Schmidinger G, Skorpik C. Validity and repeatability of anterior chamber depth measurements with Pentacam and Orbscan. Optom Vis Sci 2005;82:858-61.
- 14) Utine CA, Altin F, Cakir H, Perente I. Comparison of anterior chamber depth measurements taken with the Pentacam, Orbscan IIz and IOLMaster in myopic and emmetropic eyes. Acta Ophthalmol 2009;87:386-91.

- 15) Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL Master(R) and A-scan ultrasound: refractive results of 96 consecutive cases. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:27-32.
- 16) Chung JK, Choe CM, You YS, Lee SJ. Biometry with partial coherence interferometry and ultrasonography in high myopes. J Korean Ophthalmol Soc 2006;47:355-61.
- 17) Whang WJ, Byun YS, Joo CK. Comparison of refractive outcomes using five devices for the assessment of preoperative corneal power. Clin Experiment Ophthalmol 2012;40:425-32.
- 18) Eibschitz-Tsimhoni M, Tsimhoni O, Archer SM, Del Monte MA. Effect of axial length and keratometry measurement error on intra-ocular lens implant power prediction formulas in pediatric patients. J AAPOS 2008;12:173-6.
- 19) Huang J, McAlinden C, Su B, et al. The effect of cycloplegia on the lenstar and the IOLMaster biometry. Optom Vis Sci 2012;89:1691-6.
- 20) Kaswin G, Rousseau A, Mgarrech M, et al. Biometry and intra-ocular lens power calculation results with a new optical biometry device: comparison with the gold standard. J Cataract Refract Surg 2014;40:593-600.

= 국문초록 =

초음파와 두 부분결합간섭계의 안구생체계측의 비교

목적: 정상안과 백내장안에서 초음파(HiScan[®], Optikon 2000, Rome, Italy)와 두 가지 부분결합간섭계(IOL Master[®], Carl Zeiss, Jena, Germany; AL-scan[®], Nidek, Gamagori, Japan)로 측정한 안구 생체계측 결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 정상안 42안, 백내장안 40안을 대상으로 각 그룹 내에서 초음파, IOL Master[®], AL-scan[®] 3가지 장비를 이용하여 안구 길이, 전방깊이를 측정하였고 자동각막곡률계와 두 가지 부분결합간섭계를 이용하여 평균 각막곡률값을 측정하였으며 두 부분결합간섭계를 이용하여 수평각막직경을 측정하여 비교하였다.

결과: 정상안에서 초음파, IOL Master[®], AL-scan[®]으로 측정한 안구길이는 세 장비 간 유의한 차이가 있었고($p < 0.001$), 두 부분결합간섭계 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 백내장안에서도 측정한 안구길이는 세 장비 간에 유의한 측정값의 차이가 있었으나($p = 0.034$) 두 부분결합간섭계 측정값은 유의한 차이는 없었다. 정상안에 비해 백내장안에서 95% 일치도의 범위와 오차의 범위가 크게 측정되어 백내장안에서 세 장비 간의 일치도가 정상안에 비해 낮음을 확인하였다.

결론: 정상안, 백내장안 두 군에서 모두 세 장비 간에 안구생체계측에 유의한 차이가 있었지만 두 부분결합간섭계 사이에는 안구길이를 포함한 측정값이 비교적 일치함을 확인하였다. 정상안에 비해 백내장안에서 장비 간의 일치도가 낮아 백내장안에서의 생체계측 측정에는 장비 간의 상호 보완이 필요하다 하겠다.

〈대한안과학회지 2016;57(5):757-762〉
