

접촉식 초음파와 세 가지 광학간섭계를 이용한 생체계측과 백내장수술 후 굴절력의 비교

Comparison of Biometric Measurements and Refractive Results between Applanation Ultrasonography and Three Different Interferometries

문지선¹ · 신정아² · 배지현¹ · 정성근²

Ji Sun Moon, MD¹, Jeong Ah Shin, MD², Gi Hyun Bae, MD¹, Sung Kun Chung, MD, PhD²

삼육서울병원 안과¹, 가톨릭대학교 의과대학 성바오로병원 안과 및 시과학교실²

Department of Ophthalmology, Sahmyook Medical Center¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology and Visual Science, St. Paul's Hospital, College of Medicine,

The Catholic University of Korea², Seoul, Korea

Purpose: To compare ocular biometry and refractive results measured using conventional applanation ultrasonography and 3 different optical interferometries, Lenstar LS900®, AL-Scan® and OA-2000®.

Methods: The biometries of 31 cataractous eyes were measured using ultrasonography, Lenstar LS900®, AL-Scan® or OA-2000®. The axial length, anterior chamber depth and keratometry were measured. The SRK/T formula was used to calculate intraocular lens power. Two months after cataract surgery, the refractive outcome was determined and results from the 4 different biometry methods were compared.

Results: Axial lengths were 23.39 ± 0.95 mm, 23.42 ± 0.98 mm, 23.43 ± 0.98 mm and 23.44 ± 0.98 mm measured using ultrasonography, Lenstar LS900®, AL-Scan® and OA-2000®, respectively with no statistically significant differences observed ($p = 0.996$). The anterior chamber depth and keratometry were 3.14 ± 0.41 mm, 3.10 ± 0.38 mm and 3.13 ± 0.39 mm ($p = 0.936$) and 44.41 ± 1.52 D, 44.54 ± 1.57 D and 44.44 ± 1.52 D ($p = 0.937$) for Lenstar LS900®, AL-Scan® and OA-2000® respectively. There were no statistically significant differences between the 3 optical devices. The mean absolute error of the 4 different devices were not statistically significant ($p = 0.722$).

Conclusions: The ocular biometric measurements and prediction of postoperative refraction using ultrasonography, Lenstar LS900®, AL-Scan® or OA-2000® showed no significant differences.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(11):1720-1727

Key Words: Axial length, OA-2000®, Optical low coherence reflectometry, Partial coherence interferometer, Refractive error

백내장수술 후 시력 향상에 대한 환자들의 기대가 높아짐에 따라 정확한 인공수정체 도수를 계산하기 위한 정밀

한 안구생체계측이 필수적이다. 여전히 접촉식 초음파를 이용한 안축장 측정이 백내장수술 전 검사의 표준으로 여겨지고 있으나 이는 각막에 탐침자가 직접 접촉하는 방식으로 검사자 간 가해지는 압력의 차이나 측정 위치에 따라 측정값의 변화가 있을 수 있다.^{1,2} 최근에는 광학적 방법으로 생체계측을 시행하는 다양한 장비가 임상에도 도입되고 있는데 이들은 비접촉 측정이 가능하여 감염의 위험이 없고, 검사가 쉬우며, 한 번의 검사로 여러 가지 생체계측 변

■ Received: 2015. 6. 19.

■ Revised: 2015. 7. 2.

■ Accepted: 2015. 9. 4.

■ Address reprint requests to **Sung Kun Chung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, St. Paul's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, #180 Wongsan-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02559, Korea
Tel: 82-2-958-2151, Fax: 82-2-960-2150
E-mail: eyedoc@catholic.ac.kr

© 2015 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.

수를 측정할 수 있고, 내장된 프로그램을 이용하여 다양한 공식으로 인공수정체 도수를 계산할 수 있는 장점이 있다.^{3,6}

2008년에 임상에 소개된 Lenstar LS900[®] (Haag-Streit, Bern, Switzerland)는 820 nm 파장의 광선을 이용하여 안구 생체계측을 시행하며 수평각막직경, 각막굴절력, 각막두께, 전방깊이, 동공크기, 안축장, 수정체두께, 망막두께 등을 측정할 수 있는 저간섭성반사계이다.^{3,4} 2012년부터 사용되기 시작한 AL-Scan[®] (Nidek, Gamagori, Japan)은 830 nm 파장의 광선을 이용한 부분결합간섭원리와 샤임플러그(scheimpflug) 이미지를 사용해 한 번의 측정으로 수평각막직경, 각막굴절력, 각막두께, 전방깊이, 동공크기, 안축장 등을 측정한다.^{5,6}

2014년에 소개된 OA-2000[®] (Tomey, Nagoya, Japan)은 기존의 광학간섭계들이 시간 도메인(time domain) 광원을 사용하는 것과는 달리 푸리에 도메인(fourier domain) 광원을 사용하는 저간섭성반사계로 플라시도 링(placido ring)의 반사 이미지를 결합하여 한 번의 측정으로 수평각막직경, 각막굴절력, 각막두께, 전방깊이, 동공크기, 안축장, 수정체 두께 등을 측정할 수 있다. 특히 OA-2000[®]은 푸리에 도메인 광원을 사용하기 때문에 기준 거울(reference mirror)의 움직임 없이 주파수축에서 간섭 정보를 획득하며 감도저하 없이 영상화 속도가 높다는 장점이 있다. Grajciar et al⁷은 실험적으로 고안한 푸리에 도메인 저간섭성반사계로 사람에서 안축장 측정을 시도하였으며 백내장 정도가 심하여 기존의 시간 도메인 광학장비로 측정할 수 없었던 피험자에서 안축장을 측정하였음을 보고하였고 이는 푸리에 도메인 장비의 신호대잡음비(signal to noise ratio)가 시간 도메인 장비보다 높기 때문이라고 설명한 바 있다.

상용화된 OA-2000[®]을 이용한 안구생체계측 및 백내장수술 후 굴절력 예측에 대한 국내외 연구는 아직 없는 상태로 본 연구에서는 접촉식 초음파 방식과 세 가지 광학간섭계 Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]으로 측정한 안축장과 세 가지 광학간섭계의 전방깊이, 각막굴절력을 비교하여 수술 후 굴절력 예측의 정확도를 비교하고자 하였다.

대상과 방법

2015년 2월부터 2015년 3월까지 가톨릭대학교 성바오로병원 안과에서 단일 술자에게 이측 투명 각막절개를 이용한 수정체유화술과 동일한 후방 인공수정체(CLARE[®], Cristallens, Lannion, France) 삽입술을 시행 받은 25명, 31안의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 대상은 남자 12안, 여자 19안이었으며, 환자의 평균 연령은 70.00 ± 10.26세(46-85세)였다. 외상, 눈 속 수술의 과거력, 녹내장, 망막이상 등 시력에 영향을 줄 수 있는 요인과 2D 이상의 각막난시가 있

는 환자는 연구대상에서 제외하였고, 수술 중 후낭파열 등의 합병증이 발생한 경우는 제외하였다. 본 연구는 가톨릭중앙의료원 임상시험심사위원회의 승인을 받았다(IRB No. PC150isi0005).

검사는 한 명의 숙련된 검사자에 의해 시행되었으며, Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®], 접촉식 초음파(PacScan 300A[®], Sonomed Inc., Lake Success, NY, USA)의 순서로 안구생체계측을 시행하였다. 인공수정체 도수 계산은 접촉식 초음파와 세 가지 광학간섭계에서 모두 계산이 가능하고, 표준치와 긴 안축장에서 비교적 정확하다고 알려져 임상에서 흔히 사용되고 있는 SRK/T 공식을 이용하였다.⁸ 접촉식 초음파의 안축장으로 인공수정체 도수 계산 시 각막굴절력은 자동굴절검사(KR-8100[®], Topcon, Tokyo, Japan)로 측정된 값을 이용했으며, A 상수는 제조사에서 제시한 값(118.0)을 사용하였다. Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]의 경우 각 장비가 측정한 안축장과 각막굴절력으로 장비에 내장된 프로그램을 사용해 계산하였다. 목표 도수는 접촉식 초음파를 이용하여 계산한 예측치를 기준으로 정시에 가장 가까운 근시값으로 정하였다.

각 기기들이 예측한 수술 후 굴절력과 수술 후 2개월째 자동굴절검사로 얻어진 실제 굴절력의 구면렌즈 대응치의 차이를 평균 실제오차(Mean Numerical Error, MNE)로 계산하여 음의 값인 경우 수술 전 목표보다 원시화된 것으로, 양의 값인 경우 근시화된 것으로 평가하였다. 또한 실제오차의 절대값을 구하고, 이를 평균하여 평균 절대오차(Mean Absolute Error, MAE)로 정의하여 인공수정체 도수 계산의 정확성을 평가하였다.

자료는 평균과 표준편차, 최소값과 최대값의 범위로 제시하였다. 통계적인 분석은 IBM SPSS Statistics 21 (IBM, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 기기들 간의 비교는 ANOVA를 이용하였고, 유의수준은 0.05 미만으로 하였다. 각 기기 간 안축장, 전방깊이, 각막굴절력의 일치도를 알아보기 위하여 Bland와 Altman의 방법을 이용하였으며, 독립변수는 두 검사의 평균으로, 종속변수는 두 검사의 차이로 하였다.

결 과

수술 전 측정한 안축장의 평균은 접촉식 초음파(A-scan)의 경우 23.39 ± 0.95 mm, Lenstar LS900[®]은 23.42 ± 0.98 mm, AL-Scan[®]은 23.43 ± 0.98 mm, OA-2000[®]은 23.44 ± 0.98 mm로 초음파 방식이 가장 짧게 측정되었으나 네 측정치 간에 유의한 차이가 없었으며($p=0.996$) 강한 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(A-scan:Lenstar LS900[®], A-scan:

Table 1. Biometry measurements by A-scan, Lenstar LS900®, AL-Scan® and OA-2000®

	A-scan	Lenstar LS900®	AL-Scan®	OA-2000®	p-value*
AL (mm)	23.39 ± 0.95	23.42 ± 0.98	23.43 ± 0.98	23.44 ± 0.98	0.996
ACD (mm)	-	3.14 ± 0.41	3.10 ± 0.38	3.13 ± 0.39	0.936
Mean K (D)	-	44.41 ± 1.52	44.54 ± 1.57	44.44 ± 1.52	0.937

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

AL = axial length; ACD = anterior chamber depth; K = keratometry.

*p-value based on analysis of variance (ANOVA).

AL-Scan®, A-scan:OA-2000®, Lenstar LS900®:AL-Scan®, Lenstar LS900®:OA-2000®, AL-Scan®:OA-2000®의 순으로 $r=0.995, 0.994, 0.995, 0.999, 1.000, 0.999$) (Table 1).

Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000®으로 측정된 전방 깊이가 평균치는 각각 3.14 ± 0.41 mm, 3.10 ± 0.38 mm, 3.13 ± 0.39 mm였고 통계적으로 유의한 차이가 없었으며($p=0.936$), 높은 상관관계를 보였다(Lenstar LS900®:AL-Scan®, Lenstar LS900®:OA-2000®, AL-Scan®:OA-2000®의 순으로 $r=0.967, 0.966, 0.968$). Lenstar LS900®의 2.3 mm 반경, AL-Scan®의 2.4 mm 반경, OA-2000®의 2.5 mm 반경에서 평균 각막굴절력은 각각 44.41 ± 1.52 D, 44.54 ± 1.57 D, 44.44 ± 1.52 D로 통계적으로 유의한 차이가 없었고($p=0.937$), 높은 상관관계를 보였다(Lenstar LS900®:AL-Scan®, Lenstar LS900®:OA-2000®, AL-Scan®:OA-2000®의 순으로 $r=0.973, 0.975, 0.977$) (Table 1).

측정기기 간 안축장의 일치도를 비교한 Bland-Altman plot에서 A-scan:Lenstar LS900®, A-scan:AL-Scan®, A-scan:OA-2000®, Lenstar LS900®:AL-Scan®, Lenstar LS900®:OA-2000®, AL-Scan®:OA-2000® 사이의 95% limit of agreement (LoA)는 각각 $-0.23 \sim -0.17$, $-0.26 \sim -0.17$, $-0.25 \sim -0.14$, $-0.10 \sim -0.06$, $-0.08 \sim -0.03$, $-0.10 \sim -0.80$ mm로 대부분이 이 구간 내에 존재해 높은 일치율을 보였다(Fig. 1). 전방깊이(Fig. 2)와 각막굴절력(Fig. 3)에 대한 Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000® 사이의 측정치 비교에서도 Bland-Altman plot 상 대부분이 95% LoA 구간 내에 존재해 높은 일치율을 보였다(Lenstar LS900®:AL-Scan®, Lenstar LS900®:OA-2000®, AL-Scan®:OA-2000® 순으로 전방깊이는 $-0.17 \sim -0.24$, $-0.20 \sim -0.21$, $-0.22 \sim -0.16$ mm, 각막굴절력은 $-0.85 \sim -0.58$, $-0.67 \sim -0.61$, $-0.58 \sim -0.79$ D).

인공수정체삽입술 후 굴절력의 평균 실제오차(MNE)는 접촉식 초음파, Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000®에서 각각 0.08 ± 0.69 D, 0.39 ± 0.65 D, 0.26 ± 0.57 D, 0.28 ± 0.66 D로 모두 술 후 굴절치의 근시화 경향을 보였다. 평균 절대오차(MAE)는 접촉식 초음파, Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000®의 순으로 0.51 ± 0.44 D, 0.61 ± 0.44 D, 0.52 ± 0.34 D, 0.59 ± 0.40 D였고, 술 후 굴절력 예측의 정확도에 유의한 차이가 없었다($p=0.722$). 각각의 방법에 따른 결과의

분포를 보면 절대오차가 0.50D 이내의 비율은 접촉식 초음파, Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000®에서 각각 58%, 42%, 58%, 52%로 초음파 방식과 AL-Scan®에서 가장 높게 나타났으며, 1.00D 이내는 각각 84%, 78%, 94%, 81%로 AL-Scan®에서 가장 높게 나타났다(Table 2).

고 찰

백내장수술 후 환자의 만족도는 수술 후 굴절력 예측의 정확도에 달려 있으며 이를 위해 안구생체계측, 수술 술기의 발전, 적합한 인공수정체 도수 계산 공식이 필수적이다. 다초점 인공수정체나 난시교정 인공수정체 삽입을 계획하고 있다면 더욱 그러하다. Olsen⁹은 백내장수술 후 요구되는 굴절력에 이르지 못하는 이유로 안축장의 측정오차(54%), 술 후 효과적인 인공수정체 삽입위치에 대한 예측 오차(38%), 각막굴절력의 측정오차(8%) 등이 영향을 준다고 하였고, 각막곡률반경과 안축장 측정에 1 mm 측정 오차가 생긴다면 각각 5.7D와 2.7D의 굴절오차가 발생한다고 보고하였다.

본 연구에서 네 가지 장비를 이용한 안축장 측정치는 접촉식 초음파, Lenstar LS900®, AL-Scan®, OA-2000®의 순서로 짧게 측정되었으나 통계적 유의성은 없었다($p=0.996$). 각 장비들은 서로 강한 양의 상관관계를 보였으며 Bland-Altman plot에서 매우 좁은 범위의 95% LoA 구간을 확인할 수 있었다. 가장 좁은 95% LoA 구간을 보였던 장비는 Lenstar LS900®과 OA-2000®이었으며, 이들은 안축장 측정에 동일한 방식을 사용하는 저간섭성반사계이다(Table 3). 접촉식 초음파는 검사 과정상 생기는 각막의 함입으로 안축장이 짧게 측정될 수 있고,¹ 초음파를 이용한 안축장이 각막에서 망막의 내경계막까지의 거리를 측정하는 반면 광원을 이용한 기기는 각막에서 망막색소상피층까지의 거리를 측정하기 때문에 안축장이 서로 다르게 측정될 수 있다.^{10,11} 본 연구에서는 접촉식 초음파와 여러 광학간섭계 사이의 안축장 측정치에 차이가 없었는데 기존의 연구에서도 초음파와 광학장비 간 안축장 측정치에 차이가 없었다는 보고가 있어,^{12,13} 장비를 사용하는 검사자의 숙련도 및 여러 가지 요인들이 결과에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

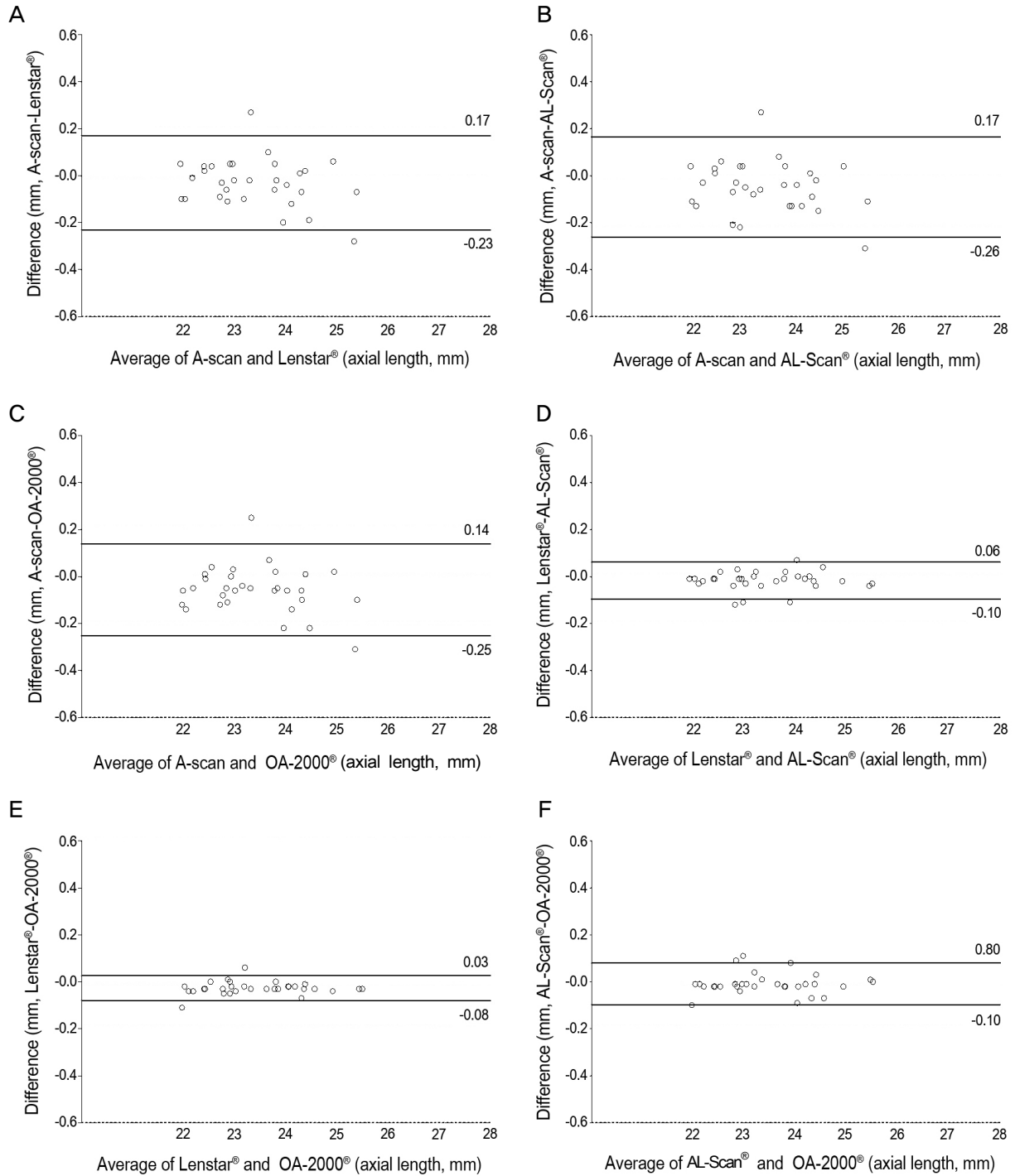


Figure 1. Bland-Altman plots showing the agreement between axial length (mm) obtained by 4 different devices. (A) A-scan and Lenstar LS900®, (B) A-scan and AL-Scan®, (C) A-scan and OA-2000®, (D) Lenstar LS900® and AL-Scan®, (E) Lenstar LS900® and OA-2000®, (F) AL-Scan® and OA-2000®. 95% limits of agreement for axial length difference are -0.23 ~ 0.17 mm, -0.26 ~ 0.17 mm, -0.25 ~ 0.14 mm, -0.10 ~ 0.06 mm, -0.08 ~ 0.03 mm and -0.10 ~ 0.80 mm.

Lenstar LS900®과 OA-2000®은 안축장 측정 시와 같이 빛 간섭을 이용하여 각막과 수정체에서 생기는 파장의 최고치로 전방깊이를 측정하고, AL-Scan®은 샤임플러그 원리

로 얻은 안구의 전방영상을 분석하여 전방깊이 및 각막 중심두께를 측정한다(Table 3). 본 연구에서는 AL-Scan®, OA-2000®, Lenstar LS900®의 순으로 전방깊이가 얇게 측

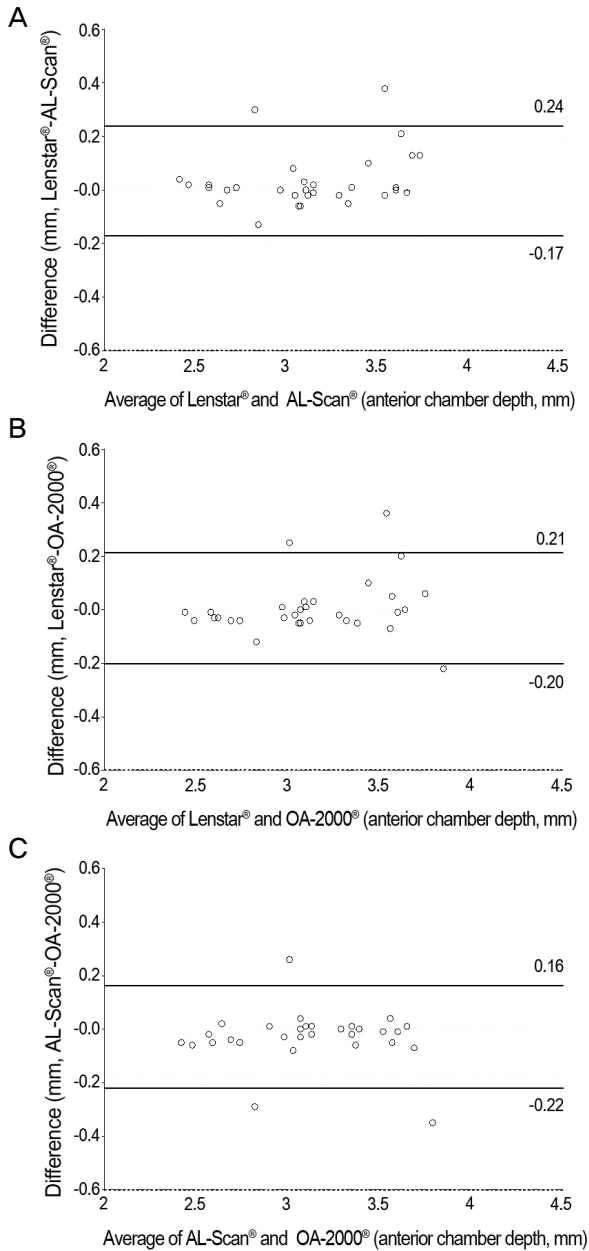


Figure 2. Bland-Altman plots showing the agreement between anterior chamber depth (mm) obtained by 3 different optical devices. (A) Lenstar LS900® and AL-Scan®, (B) Lenstar LS900® and OA-2000®, (C) AL-Scan® and OA-2000®. 95% limits of agreement for anterior chamber depth difference are -0.17 ~ 0.24 mm, -0.20 ~ 0.21 mm and -0.22 ~ 0.16 mm.

정되었으나 통계적 유의성은 없었고 ($p=0.936$), 높은 상관 관계를 보였다. Szalai et al¹⁴의 연구에서도 샤임플러그 원리를 이용한 전방깊이 측정치가 빛 간섭 원리를 이용한 것보다 더 낮게 측정되었으나 높은 일치도를 보였는데, 이는 장비 간 측정원리가 다른 것에 기인한 것으로 생각된다 하였다.

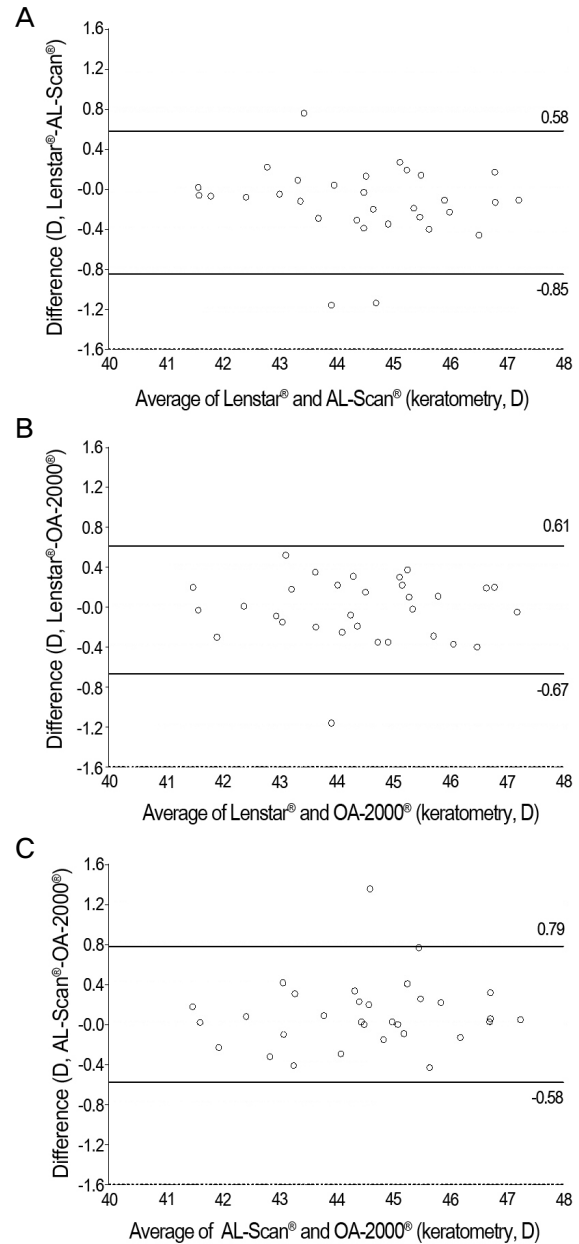


Figure 3. Bland-Altman plots showing the agreement between keratometry (D) obtained by 3 different optical devices. (A) Lenstar LS900® and AL-Scan®, (B) Lenstar LS900® and OA-2000®, (C) AL-Scan® and OA-2000®. 95% limits of agreement for keratometry difference are -0.85 ~ 0.58 D, -0.67 ~ 0.61 D and -0.58 ~ 0.79 D.

각막굴절력 측정에 있어 Lenstar LS900®는 2.3 mm, 1.65 mm 구역에서 각각 16개의 점을 분석하며, AL-Scan®은 2.4 mm, 3.3 mm 구역에서 각각 360개의 점을, OA-2000®은 3.0 mm, 2.5 mm, 2.0 mm 구역에서 ring topo 방식으로 분석한다(Table 3). 본 연구에서는 Lenstar LS900®의 2.3 mm 반경, AL-Scan®의 2.4 mm 반경, OA-2000®의 2.5 mm 반경에

Table 2. Refractive results: comparison of A-scan, Lenstar LS900®, AL-Scan® and OA-2000®

	Prediction error (diopter)			Number of eyes within (%)			
	MNE	MAE	Range	±0.50 D	±1.00 D	±1.50 D	±2.00 D
A-scan	0.08 ± 0.69	0.51 ± 0.44	-1.50 ~ 1.41	18 (58)	8 (84)	5 (100)	-
Lenstar LS900®	0.39 ± 0.65	0.61 ± 0.44	-0.89 ~ 1.54	13 (42)	11 (78)	5 (94)	2 (100)
AL-Scan®	0.26 ± 0.57	0.52 ± 0.34	-0.97 ~ 1.39	18 (58)	11 (94)	2 (100)	-
OA-2000®	0.28 ± 0.66	0.59 ± 0.40	-1.10 ~ 1.35	16 (52)	9 (81)	6 (100)	-

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

MNE = mean numerical error; MAE = mean absolute error.

Table 3. Technical information of three optical interferometries

	Lenstar LS900®	AL-Scan®	OA-2000®
Optical interference	OLCR	PCI	OLCR
Applications	AL, ACD, CCT, LT, KM, WTW, PS, RT	AL, ACD, CCT, LT, KM, WTW, PS	AL, ACD, CCT, LT, KM, WTW, PS, topography
AL (range, mm)	14-32/0.01	14-40/0.01	14-40/0.01
US optional (mm)	-	12-40/0.01	13-45/0.01
ACD, principal	OLCR	Scheimpflug	OLCR
KM measurement	(16 points × 2 circles) φ 2.3 mm/φ 1.65 mm	(360 points × 2 rings) φ 3.3 mm/φ 2.4 mm	(Placido ring, 2,500 points) φ 3.0 mm/φ 2.5 mm
Auto tracking	No	Yes (3 D)	Yes (3 D)
IOL calculation	SRK/T, Holladay, Hoffer Q, Haigis	SRK-II, SRK/T, Holladay, Hoffer Q, Bingham, Haigis	SRK II, SRK/T, Holladay, Hoffer Q, Haigis, Haigis optimized, Haigis standard
LASIK support	Shammas-PL	Camellling-Calossi, Shammas-PL	Shammas-PL

OLCR = optical low coherence reflectometry; PCI = partial coherence interferometry; AL = axial length; ACD = anterior chamber depth; CCT = central corneal thickness; LT = lens thickness; KM = corneal curvature; WTW = White to white; PS = pupil size; RT = retinal thickness; US = ultrasound; IOL = intraocular lens; LASIK = laser-assisted *in-situ* keratomileusis; SRK = Sanders/Retzlaff/Kraff; T = third-generation; PL = post-LASIK.

서 평균 각막굴절력이 유의한 차이를 보이지 않았고($p=0.937$), Bland-Altman plot 상 좁은 범위의 95% LoA를 보이는 것을 확인하였다. 기존 국내 연구에서도 Kim et al¹⁵은 AL-Scan®과 IOL master® 간의, Shin et al¹⁶은 Lenstar LS900®과 IOL master® 간의 평균 각막굴절력 측정치에 차이가 없다고 보고하였다.

술 후 굴절력 예측오차의 절대값 평균은 접촉식 초음파, AL-Scan®, OA-2000®, Lenstar LS900®의 순으로 낮게 나타났다. 그러나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다($p=0.722$). 기존의 국내 연구에서 Shin and Chung¹⁷은 A-scan과 IOL master® 사이의 굴절력 예측 정확도에 차이가 없다고 보고하였다. Kim et al¹⁵의 연구에서는 A-scan, IOL master®, AL-Scan®의 세 가지 방법이, Kwag and Choi¹⁸의 연구에서는 cuScan® RxP, Lenstar LS900®, IOL Master®가 절대 예측 오차에 통계적으로 유의한 차이가 없다고 하였다. 본 연구는 기존의 연구와 연구대상 장비가 다르지만, 기존 연구와 유사한 결과 및 술 후 근시화 경향을 보이고 있다.

OA-2000®은 푸리에 도메인 저간섭성반사계로 기준 거울의 움직임 없이 주파수축에서 간섭 정보를 획득하며 감도 저하 없이 빠른 영상획득이 가능하여 기존의 시간 도메인

광학장비에 비해 향상된 측정속도와 민감도를 기대할 수 있다. 시간 도메인 장비가 1초에 약 10개의 A-scan 영상을 획득하나 OA-2000®은 1초에 약 1,000개의 A-scan 영상을 얻을 수 있으며, 측정시간의 감소로 환자의 눈 움직임 유발 오차를 줄일 수 있다. Grajciar et al⁷은 실험적으로 고안한 푸리에 도메인 저간섭성반사계가 시간 도메인 부분결합간섭계인 IOL Master®에 비해 100배 빠른 측정속도와 4.5배의 해상력을 보였다고 보고하였다. 또한 OA-2000®은 B-scan의 활용이 가능하여 기존의 광학장비로 측정이 어려운 진행된 백내장 안에서 최고의 음파를 반향하는 부위를 탐지하여 안축장을 측정할 수 있다. 각막형태검사도 탑재되어 있어 세극등현미경 상에서 판단하기 어려운 조기 원추각막, 각막굴절교정수술 후 상태, 불규칙 각막난시에 대한 발견이 가능하다는 장점이 있다.

Lenstar LS900®과 AL-Scan®의 경우 기존의 연구에서 계측의 재현성이 확인되었으나^{4,6} 본 연구에서는 OA-2000®의 재현성과 반복성에 대한 결과를 계산할 수 없다는 것이 한계점이 될 수 있다. 향후 OA-2000®의 재현성과 반복성을 평가하는 것이 필요할 것이며, 다수의 환자를 대상으로 다양한 인공수정체 도수 계산 공식과 여러 가지 인공수정체

를 사용한 연구가 진행된다면 임상적으로 좀 더 유용할 것으로 생각한다.

저자들은 본 연구에서 백내장수술 전 검사로서 접촉식 초음파와 Lenstar LS900®, AL-Scan®, 새로운 저간섭성반사 계인 OA-2000®을 이용한 안축장, 전방깊이, 각막굴절력 계측치를 비교 분석하였고, 백내장수술 후 굴절력 예측의 정확성을 비교하였다. 각 기기 간 측정치는 높은 일치도를 보였으며, 비교적 정확하게 인공수정체 도수예측이 가능하였다. 본 연구를 통해 새로운 광학장비인 OA-2000®과 기존의 Lenstar LS900®, AL-Scan® 모두 백내장수술에 있어서 유용한 술 전 계측 방법이 될 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:235-42.
- Tehrani M, Krummenauer F, Blom E, Dick HB. Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:741-6.
- Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. *Br J Ophthalmol* 2009;93:807-10.
- Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the Lenstar LS 900 non-contact biometer. *Br J Ophthalmol* 2010;94:106-10.
- Kaswin G, Rousseau A, Mgarrech M, et al. Biometry and intraocular lens power calculation results with a new optical biometry device: comparison with the gold standard. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:593-600.
- 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.
- Grajciar B, Pircher M, Hitzemberger CK, et al. High sensitive measurement of the human axial eye length in vivo with Fourier domain low coherence interferometry. *Opt Express* 2008;16:2405-14.
- Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:63-71.
- Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- 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.
- Hoffer KJ, Shammas HJ, Savini G. Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:644-8.
- 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.
- Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOLMaster. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21:477-83.
- Szalai E, Berta A, Hassan Z, Módis L Jr. Reliability and repeatability of swept-source Fourier-domain optical coherence tomography and Scheimpflug imaging in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:485-94.
- 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.
- Shin JW, Seong M, Kang MH, et al. Comparison of ocular biometry and postoperative refraction in cataract patients between Lenstar(R) and IOL Master(R). *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:833-8.
- Shin JA, Chung SK. Comparison of the refractive results measured by ultrasound and partial coherence interferometers. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:723-7.
- Kwak 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.

= 국문초록 =

접촉식 초음파와 세 가지 광학간섭계를 이용한 생체계측과 백내장수술 후 굴절력의 비교

목적: 접촉식 초음파와 세 가지 광학간섭계를 이용하여 얻은 생체계측치를 비교하고, 백내장수술 후 굴절력 예측의 정확성을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 백내장수술을 시행 받은 31안을 대상으로 접촉식 초음파, Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]을 이용하여 안축장, 전방깊이, 각막굴절력을 측정하였다. SRK/T 공식으로 인공수정체 도수를 결정했으며 예상 굴절력과 백내장수술 2개월 후의 실제 굴절력 간의 오차를 비교하였다.

결과: 접촉식 초음파, Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]으로 측정된 안축장의 평균은 각각 23.39 ± 0.95 mm, 23.42 ± 0.98 mm, 23.43 ± 0.98 mm, 23.44 ± 0.98 mm였으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.996$). Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]의 전방깊이는 각각 3.14 ± 0.41 mm, 3.10 ± 0.38 mm, 3.13 ± 0.39 mm ($p=0.936$), 평균 각막굴절력은 각각 $44.41 \pm 1.52D$, $44.54 \pm 1.57D$, $44.44 \pm 1.52D$ ($p=0.937$)로 모두 유의한 차이가 없었다. 네 가지 계측 방법에서 평균 절대오차는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.722$).

결론: 접촉식 초음파, Lenstar LS900[®], AL-Scan[®], OA-2000[®]을 이용하여 측정한 안축장, 전방깊이 및 각막굴절력은 높은 일치도를 보였으며, 백내장수술 후 굴절력 예측의 정확도는 네 가지 측정 방법 간 차이가 없었다.

〈대한안과학회지 2015;56(11):1720-1727〉
