

IOL Master 700과 500, 초음파의 안구 생체계측 및 백내장 술 후 굴절력 비교

Comparison of Ocular Biometry and Refractive Outcomes Using IOL Master 700, IOL Master 500, and Ultrasound

유태근 · 최문정 · 이형근 · 서경률 · 김응권 · 김태임

Tae Keun Yoo, MD, Moon Jung Choi, MD, Hyung Keun Lee, MD, PhD, Kyung Yul Seo, MD, PhD,
Eung Kweon Kim, MD, PhD, Tae-im Kim, MD, PhD

연세대학교 의과대학 안과학교실 시기능연구소

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare the new swept-source optical coherence tomography based IOL Master 700 to both the partial coherence interferometry based IOL Master 500 and ultrasound A-scan in terms of the ocular biometry and the prediction of postoperative refractive outcomes.

Methods: A total 67 eyes of 55 patients who received cataract surgery were included in our study. The axial length, anterior chamber depth, and keratometry were measured using IOL Master 700, IOL Master 500, and A-scan. The predictive errors, which are the differences between predictive refraction and post-operative refraction 1 month after surgery, were also compared.

Results: Axial length measurements were not successful in 5 eyes measured using IOL Master 700 and in 12 eyes measured using IOL Master 500. The mean absolute postoperative refraction predictive errors were 0.63 ± 0.50 diopters, 0.66 ± 0.51 diopters, and 0.62 ± 0.51 diopters for IOL Master 700, IOL Master 500, and A-scan, respectively, and these values exhibited no statistically significant differences. The mean axial lengths were 24.25 ± 2.41 mm, 24.24 ± 2.40 mm, and 24.22 ± 2.39 mm; the mean anterior chamber depths were 3.09 ± 0.39 mm, 3.17 ± 0.39 mm, and 3.15 ± 0.46 mm; and the mean keratometry values were 44.12 ± 1.82 diopters, 44.57 ± 2.10 diopters, and 43.98 ± 1.84 diopters for the IOL Master 700, IOL Master 500, and A-scan groups, respectively. None of these parameters showed statistically significant differences between the three groups. Regarding pair-wise comparison, there were significant differences between the IOL Master 700 and the other devices.

Conclusions: The ocular biometric measurements measured using IOL Master 700, IOL Master 500, and A-scan showed no significant differences. However, IOL Master 700 demonstrated a superior ability to successfully take biometric measurements compared to IOL Master 500. Therefore, IOL Master 700 is capable of measuring ocular biometry for cataract surgery in clinical practice.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(5):523-529

Keywords: A-scan, Biometry, Cataract, Intraocular lens, IOL Master 700

■ Received: 2017. 1. 12. ■ Revised: 2017. 3. 19.

■ Accepted: 2017. 4. 25.

■ Address reprint requests to **Tae-im Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Severance Hospital, #50-1
Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541
E-mail: tikim@yuhs.ac

지금까지 안축장의 측정, 각막 굴절력의 계산을 위한 여러 가지 기기들이 개발되어 왔다.¹ 초음파를 이용한 접촉식 A-scan은 이전부터 가장 널리 사용되어 온 안축장의 측정 방법이며 10 MHz의 주파수의 초음파 탐촉자를 이용하여 전방 깊이 및 안구의 길이를 측정하는 방식이다.² 하지만 접촉식 방식으로 인하여 각막 변형에 의한 오차, 각막 손상

이 발생될 수 있으며, 검사자에 따른 오차가 크다는 단점을 가진다. IOL Master 500은 백내장수술을 위한 생체계측에서 널리 사용되고 있는 장비이다. 부분결합간섭계를 이용한 이 기기는 적외선 광선을 이용하여 반사되는 광선들의 시간차를 이용하여 안구의 길이를 측정하는데 IOL Master 500의 도입으로 정확하고 재현성 높은 안구 생체계측이 가능하여 더 정확한 백내장수술 후 굴절력 예측이 가능해졌다.³ 그러나 수정체의 혼탁이 심할 경우 검사치가 얻어지지 않는 경우가 있고, 시력이 나쁜 경우 중심와가 아닌 다른 부분에 적외선 광선이 반사되어 부정확한 안축장 측정이 이루어질 수도 있다.

최근 IOL Master 700이 파장가변 빛간섭단층촬영 기술을 기반으로 하여 더 정확한 안구 생체계측을 목표로 개발되었다.⁴ 이 장비는 레이저 광원의 파장을 변화시키며 안구 생체계측을 할 수 있으며, 신호 대 잡음비가 기존 장비들보다 뛰어나 측정에 대한 투과력이 뛰어난 것으로 알려져 있다.⁵ 또한 안구 단면을 영상으로 확인할 수 있으며, 영상을 기반으로 하여 정확한 안축장을 측정할 수 있는데 이전 해외 연구들은 IOL Master 700이 IOL Master 500과 마찬가지로 높은 재현성과 측정 정확성을 보였으며, 두 장비의 측정 길이 간의 높은 일치성을 보였다고 보고하였다. 또한 후낭밀 백내장 및 중증도 이상의 핵백내장에서 IOL Master 700이 IOL Master 500보다 높은 측정 성공률을 보였다고 보고하였다.

아직까지 국내에서 IOL Master 700과 IOL Master 500의 안구 생체계측 및 백내장 수술 후 굴절력의 비교하는 연구 결과는 지금까지 발표되지 않았으며, 또한 국내 및 국외에서 IOL Master 700과 A-scan의 안구 생체계측 결과를 비교한 연구는 없었다. 본 연구에서는 지금까지 안구 생체계측에 많이 사용되고 있는 IOL Master 500, A-scan, 그리고 최근 개발된 IOL Master 700을 이용하여 생체 계측 및 백내장수술 후 굴절력을 비교하고 그 유용성을 평가하고자 한다.

대상과 방법

본 연구는 2016년 5월 1일부터 2016년 5월 31일까지 본원에서 백내장수술을 받은 환자 중 수술 전 IOL Master 500 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), Master 700 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), 초음파 A-scan (Eyecubed, Haag-Streit UK, Essex, UK) 검사를 모두 시행한 환자들을 대상으로 후향적 의무기록 분석을 통해 이뤄졌다. 이 연구는 본원 연구윤리 심의위원회의 승인을 받고 헬싱키선언을 준수하여 진행되었다. 세극등 현미경 검사를 통하여 노인성 백내장을 진단 받은 환자 중 40세 이상의 정

상 망막 소견을 가진 환자를 대상으로 하였다. 대상자 중 선천적인 안구의 이상, 굴절 수술의 과거력, 홍채 이상, 망막 부종, 각막 혼탁이 동반된 환자들은 연구에서 제외하였다. 또한 수술 중 전낭 확장 혹은 후낭 파열 등의 합병증이 발생한 경우와 수술 후 각막 절개창에서 방수 유출이 있었던 경우는 연구 대상에서 제외하였다. 백내장수술 전 검사를 위해 내원한 당일에 IOL Master 500, Master 700, 초음파 A-scan의 순서로 검사를 진행하였다. A-scan의 경우 숙련된 한 사람의 검사자에 의하여 진행하였으며, 자동각막곡률 측정 장비를 이용하여 측정한 각막 굴절률을 이용하여 수술 후 예상 굴절력을 계산하였다. 모든 환자는 각막절개를 통한 수정체 유화술 및 인공수정체 내내 삽입술을 받았다. 수술에는 동일한 인공수정체 TECNIS ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana, CA, USA)를 사용하였으며, 인공수정체 굴절력 예측은 Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical (SRK/T) 공식을 사용하였다. 초음파의 경우 초음파 방식에 특화된 A constant인 118.8을 이용하여 SRK/T 공식을 계산하였으며, IOL Master 500, Master 700의 경우 IOL Master에 특화된 A constant인 119.4를 계산에 이용하였다. 술자에 대한 맞춤형 상수(personalized A constant)를 이용한 SRK/T 계산은 시행하지 않았다. 수술 한 달 뒤 자동 굴절력 측정 장비 (FA-6500, Jiahui Co., Shanghai, China)를 이용하여 수술 후 굴절력을 측정하였고 각각 기기의 예상 굴절력과 차이를 구하여 굴절력에 대한 예측 오차를 계산하였다. 각 기기 간의 예측 오차를 비교할 때 원시 방향 오차와 근시 방향 오차가 합산되었을 때 서로 상쇄되는 것을 막기 위해 오차의 절대값을 구하고 이를 이용하여 평균 절대오차를 계산하였다.

세 장비 간의 측정 값들은 one-way analysis of variance (ANOVA)를 이용하여 비교하였고 세 장비를 동시에 비교할 경우 한 장비에서라도 결측 값이 있으면, 해당 안은 비교 계산에서 제외하였다. 두 장비 간의 비교는 paired *t*-test를 이용하였으며 두 장비 간의 안축장, 전방 깊이, 평균 각막 굴절력 비교는 Bland-Altman 그래프를 이용하여 분석하였다. 통계 분석은 MedCalc version 16.8 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgium)을 이용하였으며, 유의수준은 *p*값이 0.05보다 작을 때 의미 있는 것으로 하였다.

결 과

연구에 포함된 총 55명(남자 19명, 여자 36명) 환자의 67안을 대상으로 백내장수술을 진행하였으며, 대상자들의 평균 연령은 68.9 ± 10.9 세였다. 초음파를 이용한 A-scan의 경우 연구에 참가한 67안에 대하여 모두 생체 계측에 성공

하였으나, IOL Master 700은 67안 중 5안에서 실패하여 성공률 92.5%를 보였고, IOL Master 500은 67안 중 12안에서 실패하여 성공률 82.1%였다(Fig. 1). 수술 전 검사에서 측정된 안축장의 경우 IOL Master 700에서 24.25 ± 2.41 mm, IOL Master 500에서 24.24 ± 2.40 mm, A-scan에서 24.22 ± 2.39 mm로 측정되었으며, 세 장비 간에 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p=0.997$) (Table 1). 전방 깊이의 경우 IOL Master 700에서 3.09 ± 0.39 mm, IOL Master 500에서 3.17 ± 0.39 mm, A-scan에서 3.15 ± 0.46 mm로 측정되었으며, 역시 세 장비 간에 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p=0.469$) (Table 1). 각막 굴절력의 경우 IOL Master 700에서 44.12 ± 1.82 diopter, IOL Master 500에서 44.57 ± 2.10 diopter였다. A-scan의 인공수정체 도수 계산에 사용된 자동 각막 굴절력 측정 장비에서는 각막 굴절력

이 43.98 ± 1.84 diopter로 측정되었으며, 세 장비 간에 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p=0.274$) (Table 1).

인공수정체 삽입술 후 예측 굴절력을 이용하여 계산한 평균 예측 오차는 A-scan에서 0.62 ± 0.51 diopter로 가장 작은 값을 보였다. IOL Master 700에서 0.63 ± 0.50 diopter, IOL Master 500에서 0.66 ± 0.51 diopter로 측정되어 IOL Master 700이 IOL Master 500보다 더 작은 평균 예측 오차값을 보였다. 그러나 세 장비 간의 통계적인 유의한 차이는 없었다($p=0.972$) (Table 1). 평균 예측 오차의 분포를 살펴보았을 때, 0.5 diopter 미만으로 측정된 환자 수는 A-scan, IOL Master 700 및 IOL Master 500에서 각각 27명(49.1%) 27명(49.1%), 25명(45.5%)이었다(Fig. 2). 평균 예측 오차가 1.5 diopter 이상으로 측정된 환자수는 A-scan, IOL Master 700 및 IOL Master 500에서 3명(5.5%), 3명

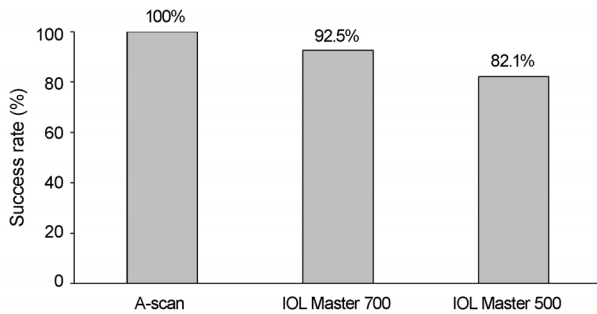


Figure 1. Ocular biometry measurement success rate obtained with IOL Master 700, IOL Master 500, and Ultrasound A-scan. Axial length measurements were not successful in 5 eyes measured using IOL Master 700 and in 12 eyes measured using IOL Master 500.

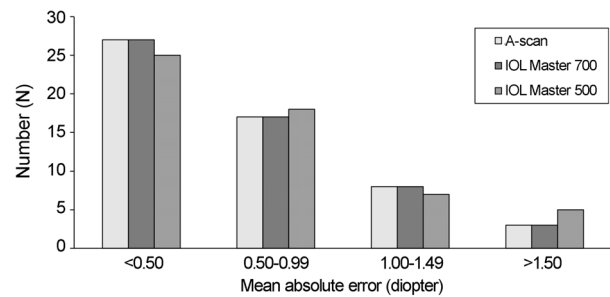


Figure 2. Histogram of mean absolute postoperative refractive error for A-scan, IOL Master 700, and IOL Master 500. The mean absolute postoperative refraction predictive errors exhibited no statistically significant differences between the three groups.

Table 1. Mean axial length, anterior chamber depth, keratometry, and absolute goal diopter error obtained with IOL Master 700, IOL Master 500, and Ultrasound A-scan

	IOL Master 700	IOL Master 500	A-scan	p-value
Axial length (mm)	24.25 ± 2.41	24.24 ± 2.40	24.22 ± 2.39	0.997
Anterior chamber depth (mm)	3.09 ± 0.39	3.17 ± 0.39	3.15 ± 0.46	0.469
Keratometry (diopter)	44.12 ± 1.82	44.57 ± 2.10	$43.98 \pm 1.84^*$	0.274
Absolute postoperative refraction predictive error (diopter)	0.63 ± 0.50	0.66 ± 0.51	0.62 ± 0.51	0.972

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

*Measured using auto keratometer.

Table 2. Differences of axial length, anterior chamber depth, keratometry between IOL Master 700 and other devices

	Difference	Mean \pm standard deviation	Standard error of mean	Range	p-value
Axial length (mm)	IOL Master 700 - IOL Master 500	0.01 ± 0.05	0.01	-0.13 to 0.09	0.045
	IOL Master 700 - A-scan	0.04 ± 0.04	0.01	-0.10 to 0.16	0.023
Anterior chamber depth (mm)	IOL Master 700 - IOL Master 500	-0.08 ± 0.17	0.02	-0.61 to 0.44	0.001
	IOL Master 700 - A-scan	-0.06 ± 0.21	0.03	-0.54 to 0.31	0.011
Keratometry (diopter)	IOL Master 700 - IOL Master 500	-0.45 ± 0.33	0.04	-1.25 to 0.66	<0.001
	IOL Master 700 - Auto keratometer	0.13 ± 0.33	0.04	-0.60 to 1.02	0.001

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

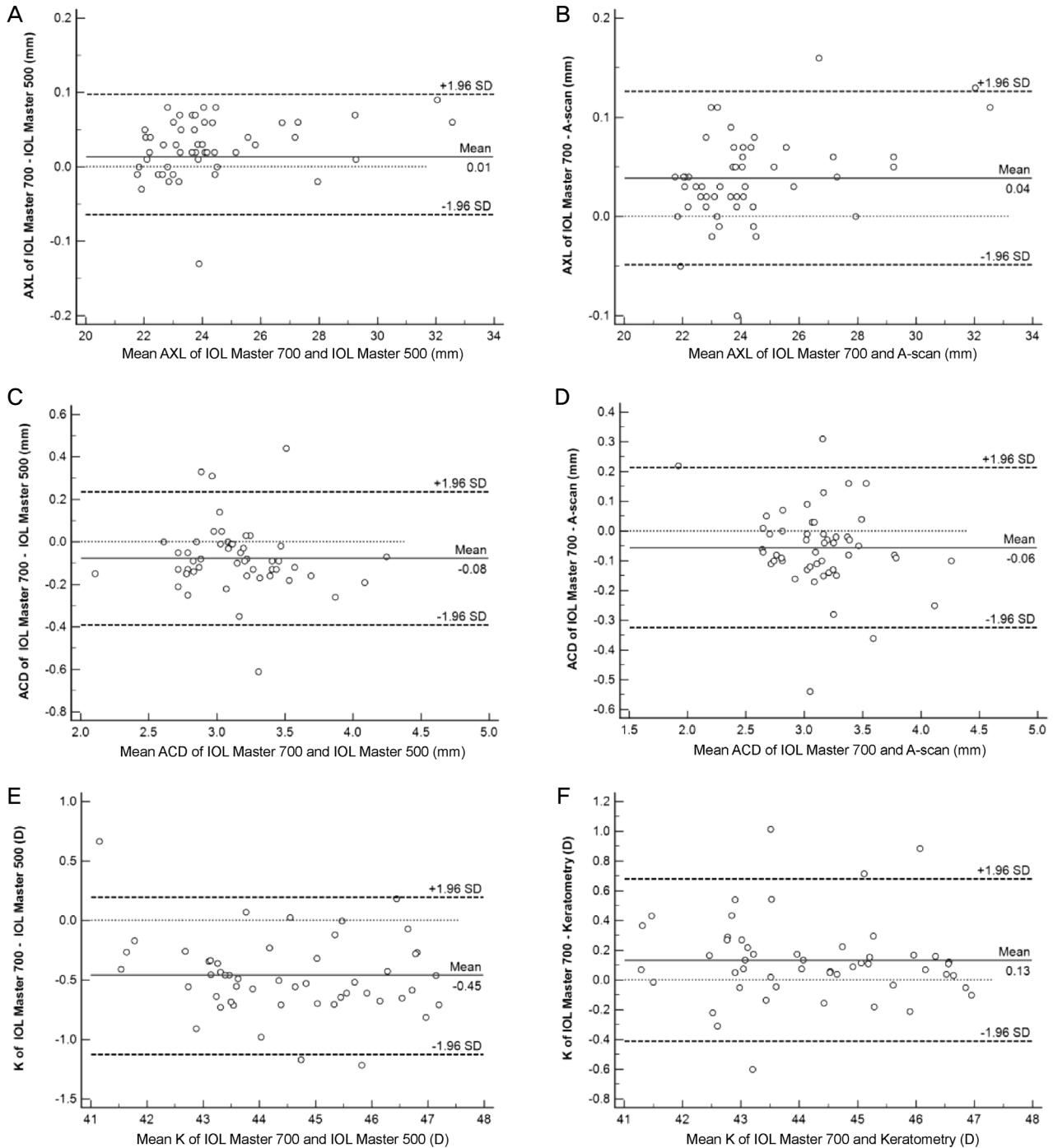


Figure 3. Bland-Altman plots comparing IOL Master 700 with IOL Master 500 and with A-scan. The middle lines indicate means and the dot lines above and below represent 95% limits of agreement. (A) Axial length with IOL Master 700 and IOL Master 500. (B) Axial length with IOL Master 700 and A-scan. (C) Anterior chamber depth with IOL Master 700 and IOL Master 500. (D) Anterior chamber depth with IOL Master 700 and A-scan. (E) Corneal power with IOL Master 700 and IOL Master 500. (F) Corneal power with IOL Master 700 and A-scan. SD = standard deviation. AXL = axial length; ACD = anterior chamber depth; K = corneal power from keratometry.

(5.5%), 5명(9.1%)이었다. 측정 방법들의 재현성을 확인하기 위해 변동 계수(coefficient of variation)를 계산하였고, 안축장의 경우 세 기기 모두에서 9.9%로 측정되어 차이가

없었으며, 전방 깊이의 경우 A-scan, IOL Master 700 및 IOL Master 500에서 각각 14.6%, 12.6%, 12.3%로 측정되었다.

IOL Master 700과 나머지 장비의 개별적인 비교에서는 모든 측정치에서 유의한 차이가 관측되었다(Table 2). 안축장의 경우 IOL Master 700은 IOL Master 500에 비하여 0.01 ± 0.05 mm 더 길게 측정하였고($p=0.045$), A-scan에 비하여 0.04 ± 0.04 mm 더 길게 안축장 길이를 측정하였다($p=0.023$). 전방 깊이의 경우 IOL Master 700은 IOL Master 500에 비하여 0.08 ± 0.17 mm 더 짧게 측정하였고($p=0.001$), A-scan에 비하여 0.06 ± 0.21 mm 더 짧게 안축장을 측정하였다($p=0.011$). 각막 굴절력은 IOL Master 700로 측정하였을 때 IOL Master 500과 비교하였을 때 -0.45 ± 0.33 diopter 차이를 보였고($p<0.001$), A-scan에 비교하였을 때 0.13 ± 0.33 diopter 차이를 보였다. Bland-Altman plot을 보면 IOL Master 700은 안축장, 전방 깊이, 각막 굴절력 측정에 있어 나머지 두 기계와 높은 일치도를 보이는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3).

고 찰

최근 백내장수술은 단순한 백내장 제거를 통한 시력 회복이 아닌 정확한 굴절 교정을 목표로 하고 있으며, 이에 따라 정확한 생체계측의 중요성이 점점 커지고 있다. 이에 여러 가지 서로 다른 방법을 이용하여 안축장, 전방 깊이를 측정하는 장비들이 소개되었으며, 새로운 기술 도입을 통한 기존 장비들의 단점을 극복하려는 시도들이 계속되고 있다. 본 연구는 최근 소개된 파장가변 빛간섭단층촬영 기법을 적용한 IOL Master 700과 기존에 생체계측을 위해 많이 사용되고 있는 IOL Master 500과 초음파를 이용한 A-scan 간의 안축장 및 전방 깊이, 수술 후 굴절력 예측값을 비교하기 위해 시행되었다. 그 결과 IOL Master 700이 IOL Master 500에 비하여 더 높은 생체계측 성공률을 보였으며, 안축장, 전방 깊이, 수술 후 굴절력 예측에서 세 종류의 장비들 모두 우수한 결과를 보였다.

초음파 방식 생체계측은 기기에 의해 생성된 초음파가 안구를 통과하면서 각막의 전, 후면, 수정체의 전, 후면, 그리고 망막과 같이 성질이 다른 조직의 경계면에서 반사되어 이를 탐침자를 이용해 수신하여 측정하는 원리이다. 각막 후면과 수정체 전면의 시간차를 측정하여 전방깊이를 측정할 수 있고, 망막에서 반사되는 초음파의 시간차를 측정하면 안축장을 측정할 수 있다. 반면 IOL Master 500은 측부에서 슬릿 램프 광원을 조사한 이미지를 분석하여 전방 깊이를 측정한다. 하지만 IOL Master 700은 파장가변 빛간섭단층촬영 기법을 이용하여 각막, 전방, 수정체 영역의 단면 영상을 분석하여 생체 계측에 필요한 전방깊이, 수정체 두께 등을 측정할 수 있다. IOL Master 500은 760 nm

파장의 적외선 광선을 이용하여 이중 빔 부분 간섭계 원리를 이용하여 안축장을 측정하게 된다. IOL Master 700은 1,050 nm 파장 레이저를 사용하며, 6개의 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°의 회전 단면들에서의 측정치를 이용하여 안축장의 길이를 측정한다. 긴 파장의 레이저를 사용하여 수정체 혼탁에 의한 산란을 줄이고 더 높은 투과력을 얻을 수 있다.⁶

본 연구는 IOL Master 700을 초음파를 사용하여 A-scan과 생체계측 결과를 비교한 최초의 연구로 의미가 있다. 본 연구에서는 두 장비 간의 높은 정확도와 일치성을 확인할 수 있었다. 이는 이전 IOL Master 500과 A-scan의 측정치를 비교하는 연구와 유사한 결과이다.² 하지만 국내에서 진행된 연구에서는 IOL Master 500과 A-scan의 생체계측에 차이가 있었다고 보고하였다.^{7,8} A-scan의 경우 각막에 초음파 탐침자를 정확한 각도로 접촉하여 측정해야 하기 때문에 시행이 어려우며 검사자 간의 차이가 있을 수 있어, IOL Master 500이 생체 계측 장비의 표준으로 자리잡아 왔다. 앞으로는 IOL Master 500과 마찬가지로 간편하게 환자의 생체계측이 가능하면서 보다 생체계측 성공률이 높은 IOL Master 700이 실제 임상에서 더 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 특히 IOL Master 700은 환자의 협조가 잘 이루어지지 않아도 안구의 중심축을 영상분석을 통해 찾아주기 때문에 일부 환자에서는 더 정확한 측정이 이루어질 것으로 예상된다.

기존 IOL Master 500은 백내장수술 전 생체계측에서 그 재현성과 정확도를 인정받고 가장 많이 사용되고 있는 기기로 760 μ m 파장의 적외선 광선을 통해 광학적으로 안축장을 측정한다.⁹ 하지만 후낭밀 백내장 및 중증도 이상의 핵백내장에서 이 광선의 투과력이 떨어져 이 경우들에서 안축장의 측정에 어렵다는 단점이 있었다. 본 연구에서는 IOL Master 700은 IOL Master 500보다 더 많은 환자들에서 안축장 측정에 성공하였다. 80안을 대상으로 한 IOL Master 700과 Lenstar 900을 비교한 국외 연구에서는 두 장비의 생체 계측에는 거의 차이가 없으나 IOL Master 700이 생체 계측 결과 획득에 더 큰 장점이 있다고 보고하고 있다.¹⁰ 또한 100안을 대상으로 한 같은 장비들의 비교 연구에서도 두 장비 모두 정확하게 생체계측을 시행하나 IOL Master 700에서 더 적은 측정 실패가 있었다고 보고하였다.¹¹ IOL Master 700과 IOL Master 500 간의 생체계측 결과를 비교한 국외 연구에서도 IOL Master 700이 더 많은 후낭밀 백내장 및 중증도 이상의 핵백내장에서 생체계측에 성공하였다고 서술하고 있다.⁴ 이들 연구에서 모두 IOL Master 700의 재현성과 측정의 정확성을 언급하고 있어 IOL Master 700은 생체 계측에 대한 신뢰성을 인정 받았다고 할 수 있겠다.

본 연구에서 IOL Master 700은 다른 두 장비에 비하여 안축장은 더 길게 측정하였고, 전방의 깊이는 더 짧게 측정하였다. Akman et al⁴은 IOL Master 700에서 IOL Master 500보다 전방의 길이가 0.08 mm 더 짧게 측정되었고, 그 차이가 통계적으로 유의하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 그러나 안축장 역시 0.005 mm 더 짧게 측정되었다고 발표하여 본 연구와 차이를 보였다. Srivannaboon et al¹²은 같은 장비의 비교에서 IOL Master 700이 IOL Master 500보다 더 긴 전방깊이와 더 긴 안축장을 측정하였으나 통계적인 유의성은 없었다고 발표하였다. 그러나 두 장비 간의 생체 계측이 아주 높은 일치성을 보였다는 것은 앞선 모든 연구들에서 공통적으로 확인할 수 있었다. 전방 깊이의 경우 IOL Master 700은 빛간섭단층촬영을 이용하여 안구 단면 영상을 분석하여 전방 깊이를 측정하는데 반하여, IOL Master 500은 슬릿 램프 광원을 비스듬하게 비추어 각막과 수정체 사이의 거리를 측정하기 때문에 차이가 생겼을 것으로 추정된다. 각막의 꼭대기에서 망막 중심과까지의 거리인 안축장은 정확하게 측정될 경우 안구 내에서 가장 긴 거리가 측정되기 때문에 IOL Master 700이 IOL Master 500보다 더 정확하게 중심축에서의 거리를 측정한 것으로 생각된다. IOL Master 500의 경우 환자들이 기계의 광원을 주시하지 않을 경우 중심축에 측정에 필요한 위치에 위치하지 않을 수 있고, 이에 따라 측정 오차가 발생할 수 있다. 그러나 IOL Master 700은 영상 분석을 통하여 중심축의 위치를 찾고 안구의 중심축을 더 정확하게 찾아 그 거리를 측정한다. Hirschschall et al¹³은 IOL Master 700이 단순히 생체 계측을 할 뿐만 아니라 망막 영역의 영상을 직접 분석하기 때문에 수술 전 망막 질환을 진단할 수 있다고 제안하였다. 임상에 적용될 경우 단순히 안축장의 측정뿐만 아니라 안구 내 병변까지 확인할 수 있어 시력 예후를 예측하는 데 도움이 될 것으로 예상된다.

한편 각막 굴절력의 평균값은 IOL Master 700이 IOL Master 500보다 그 크기가 작으며, 자동각막 굴절력 측정 기기에서 측정된 값에 가까운 것을 확인할 수 있다. IOL Master 700과 IOL Master 500 모두 각막 굴절력의 측정은 광원을 각막에 투사하여 그 곡률을 측정하는 텔레센트릭 (telecentric) 각막 곡률 측정 방법을 채택하고 있다.¹⁴ 그러나 IOL Master 500은 각막 중심의 2.5 mm 부위 6개 점을 측정하는데 반해, IOL Master 700은 각막 중심에서 1.5, 2.4, 3.2 mm 떨어진 각각의 6개 점, 총 18개의 점들을 기준으로 각막 곡률을 측정한다.¹⁵ 두 기기의 측정값의 차이는 이전 Akman et al⁴의 연구에서도 나타나는데, IOL Master 700에서 IOL Master 500보다 유의하게 각막 굴절률이 감소해 있는 것을 확인할 수 있다.

본 연구의 제한점은 단일 기관에서 비교적 적은 환자를 대상으로 연구가 진행된 것과 SRK/T 하나의 공식을 이용했다는 점, 비교적 짧은 경과 관찰 기간 결과를 확인한 것이 되겠다. 추후 더 많은 수의 환자를 대상으로 다양한 굴절력 예측 공식을 이용한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 결론적으로 파장가변 빛간섭단층촬영 기법에 기반한 새로운 IOL Master 700으로 기존의 모델에서 측정이 불가능했던 경우도 많은 경우 측정이 가능해졌다. 이러한 술 전 안구 생체계측에서 유용성을 바탕으로 IOL Master 700은 향후 술 전 안구생체계측에 더 유용한 수단이 될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- 1) Mylonas G, Sacu S, Buehl W, et al. Performance of three biometry devices in patients with different grades of age-related cataract. *Acta Ophthalmol* 2011;89:e237-41.
- 2) Rose LT, Moshegov CN. Comparison of the Zeiss IOLMaster and applanation A-scan ultrasound: biometry for intraocular lens calculation. *Clin Exp Ophthalmol* 2003;31:121-4.
- 3) Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004;81:27-34.
- 4) Akman A, Asena L, Güngör SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br J Ophthalmol* 2016;100:1201-5.
- 5) Telenkov SA, Mandelis A. Fourier-domain biophotoacoustic sub-surface depth selective amplitude and phase imaging of turbid phantoms and biological tissue. *J Biomed Opt* 2006;11:044006.
- 6) McAlinden C, Wang Q, Gao R, et al. Axial length measurement failure rates with biometers using swept-source optical coherence tomography compared to partial-coherence interferometry and optical low-coherence interferometry. *Am J Ophthalmol* 2017;173:64-9.
- 7) Shin DH, Lim DH, You JY, et al. Formula comparison for intraocular lens power calculation using IOL master and ultrasound for the ZCB00 IOL. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:527-33.
- 8) Ha DY, Lee KW, Jung JW. Comparison of ocular biometry measurements using a-scan ultrasound and two types of partial coherence interferometers. *J Korean Ophthalmol Soc* 2016;57:757-62.
- 9) 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.
- 10) Arriola-Villalobos P, Almendral-Gómez J, Garzón N, et al. Agreement and clinical comparison between a new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer and an optical low-coherence reflectometry biometer. *Eye (Lond)* 2017;31:437-42.
- 11) Kurian M, Negalur N, Das S, et al. Biometry with a new swept-source optical coherence tomography biometer: Repeatability and agreement with an optical low-coherence reflectometry device. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:577-81.
- 12) Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, Loket S. Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomog-

- raphy-based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography-based optical biometer. J Cataract Refract Surg 2015; 41:2224-32.
- 13) Hirnschall N, Leisser C, Radda S, et al. Macular disease detection with a swept-source optical coherence tomography-based biometry device in patients scheduled for cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2016;42:530-6.
- 14) Karunaratne N. Comparison of the Pentacam equivalent keratometry reading and IOL Master keratometry measurement in intraocular lens power calculations. Clin Exp Ophthalmol 2013;41: 825-34.
- 15) Hoffer KJ, Hoffmann PC, Savini G. Comparison of a new optical biometer using swept-source optical coherence tomography and a biometer using optical low-coherence reflectometry. J Cataract Refract Surg 2016;42:1165-72.

= 국문초록 =

IOL Master 700과 500, 초음파의 안구 생체계측 및 백내장 술 후 굴절력 비교

목적: 백내장수술 시 빛간섭단층촬영 기법에 기반한 IOL Master 700 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)과 기존 모델인 IOL Master 500 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) 및 A-scan (Eyecubed, Haag-Streit UK, Essex, UK)을 이용한 안구생체계측과 이를 토대로 시행한 백내장수술의 굴절률 예측의 정확도를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 백내장수술을 시행 받은 55명 67안을 대상으로 수술 전 IOL Master 700, IOL Master 500 및 A-scan을 이용하여 측정된 안축장, 전방깊이, 각막 굴절력을 비교하였다. 인공수정체의 도수 결정은 Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical (SRK/T) 공식을 이용하였으며, 백내장수술 후 4주 후 자동굴절 검사기로 측정된 굴절값에서 예상 굴절력을 뺀 차이의 절대값을 이용하여 오차를 계산하였다.

결과: 측정된 67안 중 IOL Master 700에서 5안 및 IOL Master 500에서 각각 12안의 안구생체계측이 실패하였다. IOL Master 700, IOL Master 500 및 A-scan 세 모델에서 측정된 굴절값에 대한 절대값 예측 오차는 각각 0.63 ± 0.50 diopter, 0.66 ± 0.51 diopter 및 0.62 ± 0.51 diopter로 역시 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.972$). IOL Master 700, IOL Master 500 및 A-scan 세 모델에서 안축장의 평균은 각각 24.25 ± 2.41 mm, 24.24 ± 2.40 mm, 24.22 ± 2.39 mm 전방 깊이는 각각 3.09 ± 0.39 mm, 3.17 ± 0.39 mm 및 3.15 ± 0.46 mm, 각막 굴절률도 각각 44.12 ± 1.82 diopter, 44.57 ± 2.10 diopter 및 43.98 ± 1.84 diopter로 IOL Master 700과 나머지 장비의 개별적인 비교에서는 안축장, 전방 깊이, 각막 굴절률에서 유의한 차이가 관측되었다.

결론: 백내장수술 전 안구생체계측 시, IOL Master 700의 예측도를 기존 IOL Master 500 및 A-scan과 비교한 결과, IOL Master 700과 나머지 두 기기의 개별적인 안구생체계측에서는 측정값의 유의한 차이가 있었으나, 백내장수술 후 굴절력 예측에는 세 기기 간의 유의한 차이가 없었다. 그러나 IOL Master 700이 기존의 모델에 비해 측정 성공률이 높았다. 따라서, IOL Master 700 측정이 향후 술 전 안구생체계측에 더 유용한 수단이 될 수 있다.

〈대한안과학회지 2017;58(5):523-529〉