

접촉식 초음파와 부분결합간섭계를 이용한 생체계측시 백내장수술 후 굴절력 예측의 비교

신정아 · 정성근

가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 안과학교실

목적: 접촉식 초음파 방식과 부분결합간섭계를 이용하여 얻은 계측치를 비교하고, 백내장수술 후 굴절력 예측의 정확성을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 수정체유화술과 인공수정체삽입술을 받은 76명, 76안을 대상으로 하였다. 수술 전 접촉식 초음파 방식과 IOL Master®를 이용하여 안축장과 전방깊이를 비롯한 생체계측을 하였다. 술 전에 SRK-T 공식을 이용하여 계산한 예상 굴절력과 백내장수술 2개월 후 굴절검사를 시행하여 얻은 실제 굴절력 간의 오차를 비교하였다.

결과: IOL Master® 방식을 이용할 경우 초음파 방식보다 안축장이 0.09 mm 길게 측정되었지만 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.501$). 평균 절대오차 값을 비교할 때 초음파 방식으로 안축장을 측정한 경우 0.53 ± 0.30 Diopter (D)였고, IOL Master®의 경우 0.55 ± 0.41 D으로 유의한 차이가 없었다($p=0.110$).

결론: 초음파 방식에 비해 IOL Master®로 측정한 안축장이 더 길고, 전방깊이가 더 깊게 측정되었고 이러한 차이는 안축장이 짧을수록 더 커졌으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 인공수정체 도수 계산을 위한 수술 후 굴절력 예측의 정확도는 두 측정방법 간 차이가 없었다.

〈대한안과학회지 2013;54(5):723-727〉

백내장수술 후 높은 환자의 만족도는 정확한 수술 후 굴절력 예측에 달려있다. 정확한 인공수정체 도수계산을 하기 위해서는 술 전 정확한 생체계측과 미세각막절개법과 같은 발전된 수술방법, 적합한 인공수정체 도수를 계산하기 위한 공식이 중요하다.

정확한 인공수정체 도수 계산을 위해 무엇보다 안축장, 각막 굴절력, 전방깊이 등의 정확한 생체계측 값이 필요한데, Olsen¹은 이중 안축장이 술 후 굴절력 결정에 가장 중요한 역할을 한다고 하였으며, 술 후 굴절력 실제오차의 54%가 안축장의 오차 때문이었고, 안축장 계측 시 100 μ m 오차가 생기면 술 후 굴절력은 0.28D의 오차를 보인다고 하였다.

안축장을 측정하는 방법은 주로 접촉식 초음파를 이용한 방법이 사용되어 왔으나 최근 부분결합간섭계 원리를 이용한 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)의

사용이 증가하면서 그 결과가 보고되고 있다. 접촉식 초음파 방식은 생체계측 시 안구에 접촉을 하여 생체계측을 하므로 각막상피 손상과 감염의 위험이 있고, 측정 시 환자에게 불편감을 줄 뿐 아니라 숙련된 검사자가 측정해야 하며,² 생체계측 시 안구 접촉에 의한 각막 함입으로 안축장 측정에 오차가 생길 수 있지만,²⁻⁴ IOL Master®는 이러한 단점을 보완하여 안구에 비접촉으로 생체계측을 하여 더욱 정확한 계측을 할 것으로 기대되고 있다.

하지만 각막 병변이나 후낭하 백내장, 심한 백내장같이 매체의 혼탁이 심한 경우나 주시가 불가능한 경우 IOL Master®로 안축장이 측정이 되지 않아 초음파 방식을 이용한 생체 계측이 필요한데, 이러한 경우가 10-20%에 달한다고 보고되고 있고,⁴ IOL Master®의 도입은 추가 비용 부담이 발생하기 때문에 아직까지도 초음파 방식의 생체계측이 백내장수술에서 중요한 역할을 하고 있다.

IOL Master®와 접촉식 초음파 방식의 생체계측 값을 이용하여 예측한 술 후 굴절력의 정확성을 비교한 기존의 해외 연구를 보면 IOL Master®가 초음파 방식보다 좋거나 대등하다는 보고가 많은 반면,^{5,6} 한국인을 대상으로 한 연구에서는 두 계측기기가 대등한 결과를 보였다는 보고가 많았다.^{7,8}

본 연구에서는 IOL Master®와 접촉식 초음파 방식 백내

■ 접수 일: 2012년 6월 2일 ■ 심사통과일: 2012년 11월 19일
■ 게재허가일: 2013년 3월 5일

■ 책임저자: 정 성 근

서울특별시 영등포구 63로 10
가톨릭대학교 여의도성모병원 안과
Tel: 02-3779-1245, Fax: 02-761-6869
E-mail: eyedoc@catholic.ac.kr

* 이 논문의 요지는 2011년 대한안과학회 제105회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

장수술 후 굴절력 예측의 정확성을 짧은 안축장을 가진 환자들에서 안축장 측정 방법의 차이에 따른 술 후 굴절력 예측의 정확도도 비교하였다.

대상과 방법

2011년 5월부터 2012년 5월까지 본원에서 동일 술자에 게 이측 투명 각막절개를 이용한 수정체유화술을 시행 받고, 동일한 인공수정체(AKREOS®, MI60, Bausch & Lomb Inc., Rochester, NY, USA)를 후방 삽입한 76명 76안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 외상이나 눈 속 수술의 과거력, 염증, 녹내장, 망막이상 및 기타 시력에 영향을 줄 수 있는 요인이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였고 수술 중 후낭파열 등의 합병증이 발생한 경우는 제외하였다.

한 명의 숙련된 검사자가 수술 전 먼저 IOL Master®를 이용하여 안축장, 전방깊이, 각막 굴절력을 측정하였고, 다음으로 접촉식 초음파(A-scan, UD-6000, Tomey co., Nagoya, Japan)를 이용해 안축장과 전방깊이를 측정하였다. 인공수정체 도수 결정은 SRK-T 공식을 이용하였다. A 상수는 제조사에서 제시한 118.4를 사용하였고, 각막 굴절력은 IOL Master® automated keratometer에서 얻은 값을 사용하였고, 안축장은 두 측정기기의 안축장 값을 각각 대입하였다.

술 후 정시를 목표로 기대굴절 값을 정하였고, 술 후 2개월째 현성 굴절검사를 시행하여 얻어진 술 후 실제 굴절력의 구면렌즈 대응치를 정하였다.

실제 굴절력의 구면렌즈 대응치와 SRK-T 공식으로 계산된 수술 전 예상 굴절력의 구면렌즈 대응치의 차이를 평균 실제오차(mean numerical error, MNE)로 계산하여 음의 값인 경우 술 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 도수계산의 정확성을

평가하였다. 접촉식 초음파 방식과 IOL Master® 간 실제오차의 차이는 평균 실제오차와 평균 절대오차 값을 비교하여 분석하였다.

안축장에 따라 초음파 방식과 IOL master®로 얻은 생체계측 값의 차이가 변한다는 보고를 바탕으로 안축장이 긴 환자에서 두 측정기기를 이용하여 얻은 도수계산의 예측오차 값의 차이를 비교한 연구는 있지만, 상대적으로 안축장이 짧은 환자에서 그 차이를 비교한 보고는 드물어 본 연구에서는 초음파 방식으로 측정한 안축장이 22 mm 미만인 13안의 경우를 따로 분석하였다.

통계학적인 분석은 SPSS 18.0 version을 이용하였다. 두 측정방법으로 얻어진 안축장의 차이는 paired *t*-test를 이용하여 비교 분석하였고, 두 측정방법 간 예측 오차의 비교는 그 절대값을 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 분석하였다. *p*값의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

총 76명, 76안(남자 22안, 여자 54안)을 대상으로 하였고, 모든 수술은 후낭파열 등의 합병증 없이 시행되었으며, 술 후 각막절개창의 방수유출은 관찰되지 않았다. 환자의 평균 연령은 55.8 ± 7.6 세였다. 수술 전 측정한 안축장의 평균은 초음파 방식의 경우 23.82 ± 1.16 mm, IOL Master®로 측정 시 23.91 ± 1.20 mm로, IOL master®로 측정 시 0.09 mm 더 길게 측정되었으나 두 측정치는 유의한 차이가 없었다($p=0.501$). 전방깊이는 각각 2.80 ± 0.64 mm, 2.81 ± 0.56 mm로 역시 IOL master®를 이용할 경우 더 깊게 측정되었으나 통계적으로 유의하지 않았다(Table 1, $p=0.441$).

술 후 굴절력의 평균 실제오차(MNE)는 접촉식 초음파로 측정하여 계산한 경우 0.32 ± 0.23 D, IOL master®로 측정한 경우 0.30 ± 0.51 D로 두 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고($p=0.740$), 두 측정방법 모두 술 후 굴절치의 근시화 경향을 보였다. 평균 절대오차(MAE)는 초음파 방식으로 측정한 경우 0.53 ± 0.30 D였고, IOL master®

Table 1. Comparison of the mean axial length and anterior chamber depth measured with A-scan and IOL master®

		A-scan	IOL master®	<i>p</i> -value [‡]
All eyes (n = 76)	AXL (mm)	23.82 ± 1.16	23.91 ± 1.20	0.501
	ACD (mm)	2.80 ± 0.64	2.81 ± 0.56	0.441
Group I* (n = 13)	AXL (mm)	21.66 ± 0.45	21.78 ± 1.01	0.217
	ACD (mm)	2.52 ± 0.72	2.54 ± 0.66	0.442
Group II† (n = 63)	AXL (mm)	24.02 ± 1.24	24.09 ± 1.39	0.335
	ACD (mm)	3.01 ± 0.45	3.05 ± 0.56	0.282

Values are presented as mean \pm SD.

AXL = mean axial length; ACD = anterior chamber depth.

*ALX < 22 mm; †AXL \geq 22 mm; ‡Paired *t*-test.

Table 2. Refractive errors measured with A-scan and IOL master® of each group according to axial lengths

		A-scan	IOL master®	p-value [‡]
All eyes (n = 76)	MNE (D)	0.32 ± 0.23	0.30 ± 0.51	0.740
	MAE (D)	0.53 ± 0.30	0.55 ± 0.41	0.110
Group I* (n = 13)	MNE (D)	-0.17 ± 0.52	-0.08 ± 0.84	0.306
	MAE (D)	0.53 ± 0.30	0.56 ± 0.45	0.211
Group II† (n = 63)	MNE (D)	0.39 ± 0.30	0.25 ± 0.41	0.498
	MAE (D)	0.44 ± 0.32	0.40 ± 0.36	0.566

Values are presented as mean ± SD.

AXL = mean axial length; MNE = mean numeric error; MAE = mean absolute error.

*ALX < 22 mm; †AXL ≥ 22 mm; ‡Wilcoxon signed rank test.

Table 3. Percentage of cases predicted to within ±0.50 D, ±1.00 D, and ±1.50 D of each group

		Eye within		
		0.50 D	1.00 D	1.50 D
All eyes (n = 76)	A-scan	62%	84%	95%
	IOL master®	61.5%	86%	96%
Group I* (n = 13)	A-scan	57%	77%	89%
	IOL master®	56%	75%	96%
Group II† (n = 63)	A-scan	64%	88%	97%
	IOL master®	65%	90%	96%

*ALX < 22 mm; †AXL ≥ 22 mm.

의 경우 $0.55 \pm 0.41\text{D}$ 으로 술 후 굴절력 예측의 정확도에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2, $p=0.110$). 각각의 방법에 따른 결과의 분포를 보면 평균 절대오차(MAE)가 0.50D 미만인 경우는 초음파 방식의 경우 62%, IOL master®의 경우 61.5%였으며, 1.00D 미만은 각각 88%, 90%이고, 1.50D 미만은 각각 96%, 97%였다(Table 3).

안축장에 따라 분류한 I군은 총 13안이 포함되었으며, 접촉식 초음파와 IOL Master®를 이용해 측정한 평균 안축장은 각각 $21.66 \pm 0.45\text{ mm}$, $21.78 \pm 1.01\text{ mm}$ 로 두 측정방법 간 유의한 차이는 없었다($p=0.217$). II군은 총 63안이었으며, 평균 안축장은 접촉식 초음파로 측정한 경우 $23.88 \pm 1.83\text{ mm}$ 이고, IOL Master®를 사용한 경우 $24.07 \pm 1.79\text{ mm}$ 로 역시 두 측정방법에 유의한 차이는 없었지만($p=0.094$), 두 측정방법 간 차이가 0.09 mm로, 안축장이 22 mm로 짧았던 I군의 0.12 mm에 비해 상대적으로 작았다.

I군에서 두 가지 기기로 얻은 계측값으로 계산한 평균 실제오차와 평균 절대오차를 비교하여 보면, 초음파 방식을 이용한 경우 각각 $-0.09 \pm 0.52\text{D}$, $0.53 \pm 0.30\text{D}$ 였고, IOL Master®의 경우 각각 $-0.08 \pm 0.84\text{D}$, $0.56 \pm 0.45\text{D}$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.306$, 0.211). 정상 안축장을 가진 II군은 초음파를 이용하였을 때는 평균 실제오차가 $0.39 \pm 0.30\text{D}$, 절대 실제오차는 $0.44 \pm 0.32\text{D}$ 였고, IOL Master®를 이용하였을 때는 각각 $0.25 \pm 0.41\text{D}$, $0.40 \pm 0.36\text{D}$ 로 II군에서도 두 측정방법 사이의 정확도에 유의한 차이는 없었다($p=0.498$, 0.566). 다만, 안축장이

22 mm 미만으로 짧았던 I군은 정상안에 비해 두 측정방법으로 계산한 술 후 굴절력이 모두 약간의 원시화 경향을 보였다.

고 찰

백내장수술에 있어 환자들의 시력 향상에 대한 요구는 지속적으로 증가하고 있어 무엇보다 정확한 술 후 굴절력 예측이 필요하다. 정확한 인공수정체 도수의 결정을 위해서는 정확한 생체계측뿐 아니라 인공수정체 도수계산 공식의 개발, 정밀한 인공수정체 품질 관리가 중요하다.⁶ 더 정확한 인공수정체 도수결정을 위해 안축장과 각막굴절력을 이용하여 술 전 전방깊이를 예측하는 SRK-T, Hoffer Q, Holladay 1 등 3세대 공식이 널리 쓰이고 있고, 여기에 술 전 전방깊이를 실측하여 인공수정체 도수를 결정하는 Haigis 공식까지 발표되어 공식에 의한 오차를 줄이면서,⁹⁻¹¹ 더욱 더 정확한 생체계측기기가 필요하게 되었다.

1992년 부분결합간섭계의 원리를 이용한 IOL master®가 도입되면서 기존 접촉식 초음파 방식과 비교하는 연구가 시행되고 있는데, 공통적으로 접촉식 초음파에 비해 IOL master®를 사용할 경우 안축장이 0.1-0.5 mm 가량 길게 측정된다고 하였다.^{5,11} 본 연구에서도 IOL master®를 사용하여 안축장을 측정한 경우 접촉식 초음파 방식에 비해 0.15 mm 길게 측정되어, 기존의 보고와 유사한 결과를 보였다. 이와 같은 측정값 차이는 두 기기의 계측방법에 의한

것으로 생각되는데, 접촉식 초음파의 경우 초음파의 반사면이 내경계막이고, 측정 시 각막에 탐침자를 접촉하며 생기는 각막 함입으로 안축장의 단축효과가 있을 수 있는 데 비해 IOL master[®]는 반사면이 망막색소상피층이고, 비접촉성 계측기구이므로 각막함입의 가능성이 없다.^{12,13}

술 후 굴절력 예측에 대한 기존 보고를 살펴보면, IOL master[®]가 초음파를 이용한 방법보다 좋다는 보고도 많지만,^{11,14-16} 두 측정기기 간 유사한 정확도를 보였다고 하는 연구도 있다.¹⁷ 본 논문에서도 두 계측기기를 사용한 군에서 평균 실제오차와 평균 절대오차의 차이가 보이지 않았다. 다만 술 후 목표 굴절치에서 $\pm 1.0D$ 이내의 오차를 보이는 환자의 비율이 IOL master[®]를 이용한 경우 접촉식 초음파를 이용한 경우보다 높았지만 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 저자들은 짧은 안축장의 눈에서 생체계측의 차이와 술 후 굴절력 예측의 정확성을 평균 안축장의 환자들과 비교하기 위해 접촉식 초음파 방식으로 측정한 안축장이 22.0 mm 이하인 눈을 따로 분석하였다. 안축장이 22.0 mm 이하였던 환자군과 22.0 mm 이상이었던 환자군 모두에서 술 후 굴절력 예측의 정확성은 접촉식 초음파를 이용한 경우와 IOL Master[®]를 이용한 경우 두 기기 사이에 차이가 없음을 알 수 있었다. 또한 안축장이 길이에 따른 인공수정체 공식의 정확성에 차이가 있다고 알려져 있어, 이에 의한 오차를 줄이기 위해 짧은 안축장의 눈에서 비교적 정확하다고 알려져 있는 Hoffer Q 공식을 이용하여 술 후 굴절력을 예측하였을 때도 안축장이 짧을수록 평균 절대오차(MNE)가 커지는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

Häsemeyer et al¹⁴은 IOL Master[®]를 이용하여 측정한 평균 안축장이 23.26 mm인 환자를 대상으로 한 연구에서 SRK-T 공식을 이용하여 계산한 술 전의 예측치와 술 후 실측치 간의 평균 절대오차가 $0.57 \pm 0.54D$ 라고 하였다. 이러한 평균 절대오차가 안축장에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이며($p=0.022$), 안축장이 짧을수록 큰 오차를 보인다고 하였다. 하지만 안축장에 따른 도수 예측의 오차의 관련성에는 상반되는 보고들도 있어 좀더 많은 환자들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각한다.^{14,17} 본 연구 역시 안축장이 22.0 mm 짧은 대상 환자군이 17안으로 적어, 좀더 많은 임상례에서 결과를 비교해 보아야 할 것으로 생각한다.

결론적으로 IOL Master[®]를 이용한 경우와 접촉식 초음파 방식을 이용한 경우 백내장 술 후 굴절력의 예측의 정확도는 차이가 없었다. 따라서 매체의 혼탁 등으로 인해 IOL Master[®]의 사용이 어려운 경우에는 여전히 접촉식 초음파 방식이 유용한 술 전 생체계측 방법이 될 수 있을

것이다.

참고문헌

- 1) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1992;18:125-9.
- 2) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.
- 3) Findle O, Drexler W, Menapace R, et al. Improved prediction of intraocular lens power using partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2001;27:861-7.
- 4) 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.
- 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) Findl O, Drexler W, Menapace R, et al. High precision biometry of pseudophakic eyes using partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 1998;24:1087-93.
- 7) Kim HJ, Joo CK. Comparison of IOM Master, A-scan and Orbscan 2 for measurement of axial length and anterior chamber depth. J Korean Ophthalmol Soc 2003;44:1519-27.
- 8) Choi JH, Roh GH. The reproducibility and accuracy of biometry parameter measurement from IOL Master[®]. J Korean Ophthalmol Soc 2004;45:1665-73.
- 9) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens power calculation formula. J Cataract Refract Surg 1990;16:333-40.
- 10) Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23:1356-70.
- 11) 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.
- 12) Rajan MS, Keilhorn I, Bell JA. Partial coherence laser interferometry vs conventional ultrasound biometry in intraocular lens power calculations. Eye (Lond) 2002;16:552-6.
- 13) Auffarth GU, Tetz MR, Biazid Y, Völcker HE. Measuring anterior chamber depth with Orbscan Topography System. J Cataract Refract Surg 1997;23:1351-5.
- 14) Häsemeyer S, Hugger P, Jonas JB. Preoperative biometry of cataractous eyes using partial coherence laser interferometry. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2003;241:251-2.
- 15) Packer M, Fine IH, Hoffman RS, et al. Immersion A-scan compared with partial coherence interferometry: outcomes analysis. J Cataract Refract Surg 2002;28:239-42.
- 16) Kiss B, Findl O, Menapace R, et al. Refractive outcome of cataract surgery using partial coherence interferometry and ultrasound biometry: clinical feasibility study of a commercial prototype II. J Cataract Refract Surg 2002;28:230-4.
- 17) Song BY, Yang KJ, Yoon KC. Accuracy of partial coherence interferometry in intraocular lens power calculation. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:775-80.

=ABSTRACT=

Comparison of the Refractive Results Measured by Ultrasound and Partial Coherence Interferometers

Jeing Ah Shin, MD, Sung Kun Chung, MD, PhD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, Yeouido St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea*

Purpose: To compare ocular biometry measured by applanation ultrasonography and IOL Master[®], and evaluate the accuracies of the refractive outcome after cataract surgery.

Methods: The biometries of 76 cataractous eyes were measured using ultrasonography and IOL Master[®]. The SRK-T formula was employed to predict the patient's implanted IOL power. Two months after cataract surgery, the refractive outcome was determined, and results from the 2 different biometry methods were compared.

Results: There were no statistically significant differences in axial length (AXL) and anterior chamber depth (ACD) between ultrasonography and IOL Master[®] ($p = 0.501$). When using ultrasonography, the mean absolute error (MAE) of the ultrasonography and IOL Master[®] was 0.53 ± 0.30 diopter (D), 0.55 ± 0.41 D, respectively. The difference between the 2 biometry methods was not statistically significant ($p = 0.110$).

Conclusions: Although the difference was not statistically significant, AXL measured by IOL Master[®] was longer and ACD measured by IOL Master[®] was deeper than when measured by A-scan. This difference was more pronounced in patients with a short AXL. The accuracy of IOL power calculation was similar between the 2 devices.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(5):723-727

Key Words: A-scan, Axial length, IOL Master[®], Partial coherence interferometer, Refractive error

Address reprint requests to **Sung Kun Chung, MD, PhD**

Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea, Yeouido St. Mary's Hospital

#10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea

Tel: 82-2-3779-1245, Fax: 82-2-761-6869, E-mail: eyedoc@catholic.ac.kr