대한안과학회지 2012년 제 53 권 제 6 호
J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(6):833-838
pISSN: 0378-6471
eISSN: 2092-9374
http://dx.doi.org/10.3341/jkos.2012.53.6.833

저간섭성반사계와 부분결합간섭계를 이용한 안구생체계측과 백내장 수술 후 굴절력 예측의 비교

신중원 · 성민철 · 강민호 · 조희윤 · 이윤정

한양대학교 의과대학 안과학교실

목적: 저간섭성반사계(Lenstar LS900®)를 이용하여 백내장안에서 측정한 안축장, 전방깊이, 각막굴절률을 기존 장비들과 비교하고, 백내장 수술 후 굴절률 예측의 정확성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 단일 술자에게 백내장 수술을 시행 받은 32명 32안을 대상으로 저간섭성반사계, 부분결합간섭계, 초음파를 이용하여 안축장, 전방깊이, 각막굴절률을 측정하였다. 인공수정체의 도수결정은 SRK/T 공식을 이용했으며, 예측오차는 최종굴절력에서 예상굴절력을 뺀 차이로 구하였다.

결과: 저간섭성반사계, 부분결합간섭계, 초음파에서 안축장 측정치는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며(p>0.05) 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 저간섭성반사계, 부분결합간섭계에서 전방깊이와 각막굴절률은 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 Bland-Altman plot상 높은 일치율을 보였다. 저간섭성반사계와 비교한 부분결합간섭계와 초음파에서의 절대값 예측오차의 평균은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

결론: 저간섭성반사계를 이용한 안구생체계측 측정치는 부분결합간섭계, 초음파와 높은 일치도를 보였으며, 비교적 정확하게 인공수정체 도수 예측이 가능하였다.

〈대한안과학회지 2012;53(6):833-838〉

백내장 수술 시 인공수정체의 도수 계산에 있어 부분결합간섭(partial coherence interferometry) 원리를 이용한 측정방법이 1990년대 말 소개되었으며, 국소마취제의 점안 없이 비접촉 측정이 가능하고, 감염의 위험이 없으며, 검사가 쉽고 재현성이 뛰어난 장점으로 인해 사용 범위가 확대되고 있다.[1-3] 부분결합간섭의 원리를 이용한 장비인 IOL master® (Carl Zeiss, Jena, Germany)는 760 μm 파장의 적외선 광선을 이용하여 안축장, 각막 굴절률, 전방 깊이, 각막 직경 등의 정보를 획득하여 내장된 소프트웨어를 통해 인공수정체의 도수를 결정한다. 이미 기존의 연구에서 안축장 및 전방 깊이 측정에 있어 IOL master®의 정확성과 재현성이 보고되고 있으며 A-scan과의 높은 일치도를 보고하고 있다.[2-5]

최근 광학을 이용한 안구 생체 계측 장비인 Lenstar LS900® (Haag-Streit, Bern, Switzerland)이 임상에 도입되고 있다. 이 장비는 820 μm 파장의 광원으로 저간섭성반사(optical low-coherence reflectomerty) 원리를 이용하여 안축장, 전방 깊이, 각막 두께, 각막 굴절률, 동공 크기, 수정체 두께, 망막 두께 등의 측정이 가능하다. 한 번의 비접촉식 측정으로 다양한 계측치를 모두 얻을 수 있다. 기존의 연구에서 저간섭성반사계를 이용한 안구 계측치의 정확성과 재현성을 보고하고 있으며 부분결합간섭계 및 A-scan과 높은 일치도를 보고하고 있다.[6-10]

본 연구에서는 백내장안에서 Lenstar LS900®와 IOL master®로 측정한 안축장, 전방깊이, 각막 굴절률을 비교하고, Lenstar LS900®에서 백내장 수술 후 인공수정체 삽입 시 굴절률 예측의 정확성을 IOL master®, A-scan과 비교하여 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2011년 3월부터 4월까지 한양대학교 구리병원 안과에 단일 술자에게 이측 투명 각막 절개를 이용한 백내장 수술을 시행 받은 32명 32안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 후낭 혼탁, 심한 백내장, 환자가 주시를 못하는 등의 이유로 IOL master® 혹은 Lenstar LS900®로 계측이 불가능하였던 경우는 제외하였다. 수술 중 후낭 파열이 있었거나 수정체를 후낭에 넣지 않은 경우도 제외하였

■ 접 수 일: 2011년 7월 25일 ■ 심사통과일: 2011년 10월 7일
■ 게재허가일: 2012년 5월 12일

■ 책 임 저 자: 성 민 철
경기도 구리시 경춘로 153
한양대학교 구리병원 안과
Tel: 031-560-2350, Fax: 031-564-9479
E-mail: goddns76@hanmail.net

다. 본 연구는 한양대학교 구리병원 임상시험심사위원회의 승인을 받았다.

수술 전 같은 날 대상안 절반에서는 먼저 IOL master®를 이용하여 안구 생체 계측을 시행한 후 Lenstar LS900®를 나중에 검사하였으며 나머지 절반에서는 그 반대로 시행하였다. 각각의 기기에서 안축장, 전방깊이, 각막 굴절률을 측정하였다. 모든 경우에서 가장 마지막으로 A-scan을 시행하였다. 인공수정체의 도수 결정은 SRK/T 공식을 이용했으며, IOL master® 및 Lenstar LS900®의 경우 내장된 소프트웨어를 이용해 계산하였으며, A-scan은 자동굴절검사를 통한 각막 굴절률 계측치를 이용해 계산하였다.

목표 도수는 Lenstar LS900® 예측치를 기준으로 SRK/T 공식으로 -0.5디옵터에 가까운 값으로 정하였으며, 최종 굴절력(final spherical equivalent)은 백내장 수술 후 4-6주 사이에 자동굴절검사를 이용해 측정하였다. 예측오차(prediction error)는 최종 굴절력에서 예상 굴절력을 뺀 차이로 구하였다. 양의 예측오차는 최종 굴절력이 예상보다 원시임을 의미하며, 음의 예측오차는 근시임을 의미한다.

통계학적인 분석은 SPSS 18.0 version을 이용하였으며, 각 기기 간 안축장, 전방깊이, 각막 굴절률의 일치도를 알아보기 위하여 Bland와 Altman의 방법을 이용하였으며, Bland-Altman plot에서 독립변수는 두 검사의 평균으로 종속변수는 두 검사의 차이로 하였다. 평균의 차이를 비교하기 위해 ANOVA 및 paired t-test를 이용하였다. p 값의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

총 32명 32안(남자 16안, 여자 16안)을 대상으로 하였으며, 평균 연령은 64.4 ± 11.8세(39-82세)였다. Lenstar LS900®에서 측정된 안축장은 21.65 ± 1.51 mm, IOL master®에서는 21.63 ± 1.56 mm, A-scan에서는 21.54 ± 1.48 mm였다. Lenstar LS900®와 IOL master®, Lenstar LS900®와 A-scan, IOL master®와 A-scan의 안축장 측정치 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며 (ANOVA, p=0.999, 0.998, 0.994) 높은 상관 관계를 갖는 것으로 나타났다(correalation coefficiency = 0.991, 0.991, 0.987). 전방깊이와 각막 굴절률은 Lenstar LS900®에서 각각 3.24 ± 0.06 mm, 44.31 ± 1.49D이고, IOL master®에서 3.28 ± 0.08 mm, 44.25 ± 1.51D이며, 두 측정치 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(paired t-test, p=0.101, 0.082) (Table 1).

측정 기기 간 안축장의 일치도를 비교한 Bland-Altman plot에서 Lenstar LS900®와 IOL master® Lenstar LS900®와 A-scan 사이의 95% limit of agreement는 -0.42~0.39, -0.38~0.43이며, 각각 1안, 2안을 제외한 모든 측정치는 이 범위 내에 존재했다(Fig. 1). 전방 깊이와(Fig. 2) 각막 굴절률에(Fig. 3) 대한 Lenstar LS900®와 IOL master® 사이의 측정치 비교에서도 Bland-Altman plot상 대부분이 95% limit of agreement 구간 내에 존재해 높은 일치율을 보였다(각각 -0.32~0.23, -0.30~0.42).

Table 1. Biometry measurements by Lenstar LS900®, IOL master®, and A-scan

Parameter	Lenstar LS900®	IOL master®	A-scan
AL (mm)	21.65 ± 1.51	21.63 ± 1.56	21.54 ± 1.48
ACD (mm)	3.24 ± 0.06	3.28 ± 0.08	-
K (D)	44.31 ± 1.49	44.25 ± 1.51	-

Values are presented as mean ± SD.
ACD = anterior chamber depth; AL = axial length; K = keratometry.

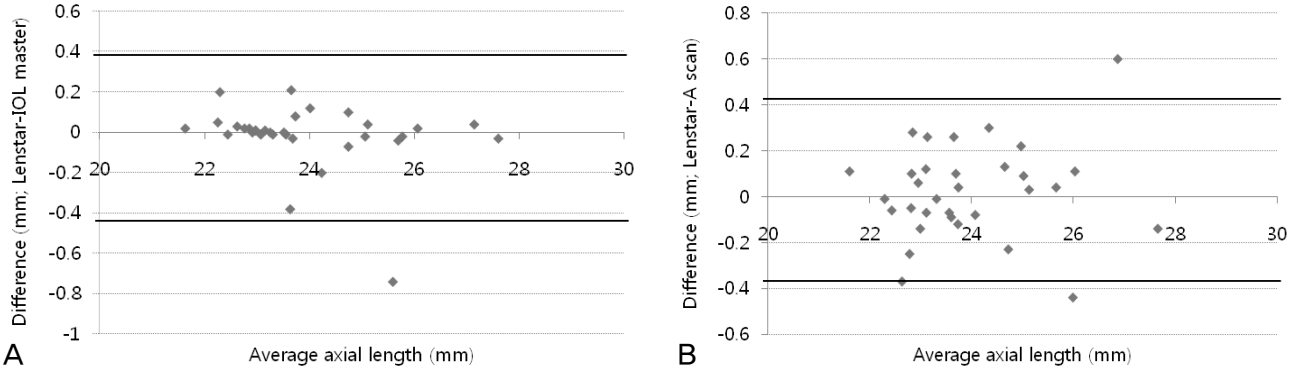

Figure 1. Bland-Altman plot of axial length between Lenstar LS900® and IOL master® (A), and A-scan (B) (95% limits of agreement for axial length difference: Lenstar LS900® - IOL master® [-0.42, 0.39]; Lenstar LS900® - A-scan [-0.38, 0.43]).

www.ophthalmology.org

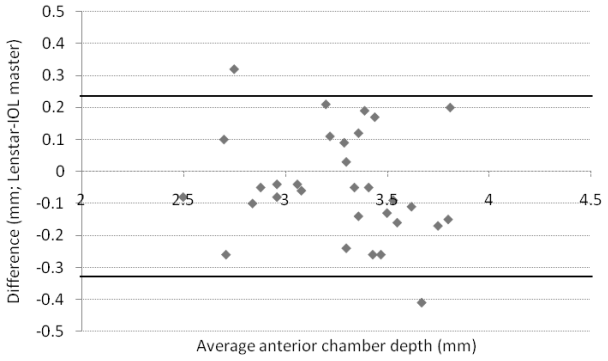

Figure 2. Bland-Altman plot of anterior chamber depth between Lenstar LS900® and IOL master® (95% limits of agreement for axial length difference: Lenstar LS900® - IOL master® [-0.32, 0.23]).

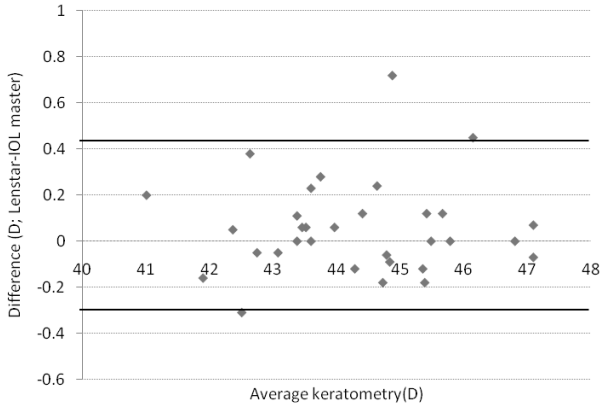

Figure 3. Bland-Altman plot of keratometry between Lenstar LS900® and IOL master® (95% limits of agreement for axial length difference: Lenstar LS900® - IOL master® [-0.30, 0.42]).

Table 2. Comparison of prediction error among Lenstar LS900®, IOL master®, and A-scan

	Prediction error (diopter)			Eyes within (%)			
	PE	Absolute PE	Range	0.5 D	1.0 D	1.5 D	2.0 D
Lenstar LS900®	0.00 ± 0.83	0.64 ± 0.51	-1.85～1.30	56.1	80.5	91.7	100.0
IOL master®	-0.15 ± 0.81	0.62 ± 0.51	-1.91～0.97	48.1	85.2	88.9	100.0
A-scan	0.07 ± 0.90	0.69 ± 0.57	-1.53～1.59	54.6	65.4	88.5	100.0

Values are presented as mean ± SD if not otherwise indicated.
PE = prediction error.

인공수정체 삽입술 후 Lenstar LS900®를 이용해 계산된 평균 예측오차는 0.00 ± 0.83이며, 절대값 평균 예측오차는 0.64 ± 0.51이었다. IOL master®의 경우 평균 예측오차는 −0.15 ± 0.81이며, 절대값 평균 예측오차는 0.62 ± 0.51이며, A−scan을 이용했을 경우는 평균 예측오차 0.07 ± 0.90이며, 절대값 평균 예측오차는 0.69 ± 0.57이었다. 예측오차가 0.5디옵터 이내의 비율은 Lenstar LS900®에서 56.1%로 가장 높게 나타났으며, 1.0디옵터 이내는 IOL master®에서 85.2%로 가장 높게 나타났다(Table 2). Lenstar LS900®와 IOL master®, Lenstar LS900®와 A−scan, IOL master®와 A−scan 사이에서 비교한 절대값 예측오차의 평균은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(각각 p=0.997, 1.000, 0.999 ANOVA).

고 찰

본 연구에서 저간섭성반사를 이용한 Lenstar LS900®을 이용해 측정한 안축장은 기존의 부분결합간섭을 이용한 IOL master®, 초음파를 이용한 A−scan의 측정값과 높은 일치도를 보였다. Lenstar LS900® 측정치와 나머지 두 기기 간의 상관계수는 각각 0.991, 0.991로 강한 상관 관계를 보였으며, Bland Altman plot에서 매우 좁은 범위의 95% limit of agreement 구간은 확인할 수 있었다. 통계적으로 유의한 안축장의 차이를 보이지는 않았지만 Lenstar LS900®의 경우 IOL master®보다 0.02 mm 길게, A−scan보다 0.11 mm 길게 측정되었다. Holzer et al[9]과 Buckhurst et al[6]은 저간섭성반사계와 부분결합간섭계를 비교한 연구에서 안축장의 높은 일치를 보이며, 저간섭성반사계에서 0.01 mm 긴 측정치를 보인다고 보고하였다. 초음파를 이용한 안축장은 각막에서 망막의 내경계막까지의 거리를 측정하게 되고,[11] 광원을 이용한 두 기기는 각막에서 망막색소상피층까지의 거리를 측정하게 된다.[8] 초음파 측정치와의 일치를 위해 빛 간섭을 이용한 기기는 내부적으로 조정과정을 거치게 되는데, 이때 사용하는 알고리즘이 서로 다르기 때문에 안축장에 미세한 차이가 생길 수 있다. A−scan의 경우 초음파 탐침자를 각막에 대고 검사하는 과정상에서 생기는 각막의 함입으로 인해 안축장이 Lenstar LS900®에서 보다 짧게 측정될 수 있다.[12] Lenstar LS900®과 IOL master®에서 안축장 측정치에서 95% limit of agreement 구간을 벗어나는 1안은 안축장 25.6 mm로 두 측정치의 차이는 −0.74 mm였으며, Lenstar LS900®과 A−scan에서의 범위 바깥의 대상안은 2안이며 각각 안축장과 측정치 간 차이는 (25.99 mm, −0.44), (26.87 mm, 0.6 mm)였다. 측정치 간의 차이가 나는 대상안은 공통적으로 병력상 후낭하 혼

탁이 있고 핵백내장의 정도가 심했으며, 안축장의 길이가 25 mm 이상으로 길었다. 두 측정기기는 광원 파장의 차이가 존재하는데 매체의 혼탁에 따른 파장의 투과성의 차이와 측정대상의 길이가 길어지면서 생기는 오차 등이 복합적으로 작용했을 것으로 추정해 볼 수 있다. 본 연구에서 Lenstar LS900®과 비교했을 때 Bland-Altman plot에서 안축장의 측정치가 95% limit of agreement 구간을 벗어나는 대상안은 IOL master®에서 1안, A-scan에서 2안이며, 이는 전체 대상군의 3.1%, 6.2%에 해당한다. Jasvinder et al[10]은 76안을 대상으로 한 연구에서 Lenstar LS900®과 IOL master® 사이의 안축장 측정치가 95% limit of agreement 구간을 벗어나는 경우가 6안(7.9%), A-scan과의 비교에서는 7안(9.2%)으로 보고하였으며, Hoffer et al[8]은 50안을 통한 연구에서 4안(8%)을 보고하였다. 한편 Holzer et al[9]은 200안의 측정에서 7안(3.5%)의 구간 이탈을 보여 저자들과 유사한 결과를 보고하였다.

Lenstar LS900®과 IOL master® 사이에 전방 깊이 및 각막 굴절률의 상관 계수는 각각 0.911, 0.982이며, Bland Altman plot상 좁은 범위의 95% limit of agreement를 보여 높은 일치도를 보이는 것을 확인하였다. Holzer et al[9]과 Chen et al[7]은 두 기기에서 측정한 전방 깊이와 각막 굴절률에 대해 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. Lenstar LS900®는 안축장 측정 시와 같은 빛 간섭을 이용하여 각막과 수정체에서 생기는 파장의 peak를 이용하여 전방 깊이를 측정한다. 반면 IOL master®는 전방 깊이 측정을 위해 빛 간섭의 원리를 이용하지 않고, 0.7 mm의 비스듬히 비추는 슬릿 광원을 이용해 각막의 바깥 표면에서 수정체 사이의 영상을 분석하여 거리를 측정한다.[6] Hoffer et al[8]은 전방 깊이에 있어 두 기기의 일치도가 안축장과 각막 굴절률의 일치도에 비해 떨어진다고 보고하고 있으며, 이는 두 기기의 측정 원리의 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

술 후 굴절력의 예측오차의 절대값의 평균은 A-scan, Lenstar LS900®, IOL master® 순으로 높게 나타났으나 (0.69, 0.64, 0.62D), 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지는 않는 것으로 조사되었다. Lenstar LS900®과 IOL master®를 비교한 Hoffer et al[8]의 연구에서도 유사한 결과를 보여주고 있으며, 평균 절대값 예측오차는 0.455 ± 0.32 vs. 0.461 ± 0.31D이며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서 예측오차가 전반적으로 더 큰 것의 원인으로는 인공수정체 도수 계산 시 사용한 공식이 Hoffer의 연구에서는 Hagis였으며, 본 연구에서는 SRK/T를 사용한 점, 그리고 사용한 인공수정체의 종류가 다른 점을 생각해 볼 수 있다.

IOL master®에서 생체계측의 원리는 760 μm의 적외선 광선이 같은 축을 갖는 두 개의 coaxial beam으로 나누어져 안구로 들어가서 각막표면과 망막색소상피층에 각각 반사되며, 이 두 개의 광선 사이의 시간적 연장을 간섭계(interferometer)에 의해 포착하여 안구 계측 정보로 전환하는 것이다.[13] Lenstar LS900®은 파장의 중첩을 통한 시간의 차이를 간섭계로 포착하는 원리는 IOL master®와 유사하지만 Gaussian-shaped spectrum을 가지는 super-luminescent diode laser를 사용하여 820 μm의 광원으로 생체 계측을 하기 때문에 더 높은 해상력을 가진다.[6] Lenstar LS900®은 안구 생체 계측에 있어 IOL master®가 제공하는 안축장, 전방 깊이, 각막 굴절률, white to white 측정치뿐만 아니라 중심각막두께, 수정체두께, 망막두께, 동공크기 등의 다양한 정보도 같이 측정할 수 있는 장점이 있다. IOL master®의 경우 한 번 측정 시 한 종류의 계측치 밖에 얻을 수 없지만, Lenstar LS900®은 한 번의 측정으로 모든 계측치가 측정된다.[6-11,14-16]

단점으로는 측정시간이 오래 걸리게 되는데, Chen et al[7]의 보고에 의하면 환자 정보 입력 시작부터 측정 후 결과물을 출력하는 데까지 총 소요시간이 Lenstar LS900®의 경우 203.2초, IOL master®는 84.2초로 통계적으로 유의한 차이를 보인다고 하였다. 또 다른 한계점으로 Lenstar LS900®을 통한 생체 계측 시 후낭하 백내장이 존재하거나 백내장의 정도가 심할 경우 측정이 불가능한 경우가 생기는데, Chen et al[7]은 전체의 6%에서 측정이 불가했다고 보고하고 있으며 Buckhurst et al[6]은 10%로 보고하고 있다. 하지만 IOL master®와 비교 시 큰 차이는 보이지 않았다.[6,7]

저자들은 본 연구는 Lenstar LS900®과 IOL master®, A-scan에서의 안구 생체 계측치를 비교 분석하였고, 계측치를 바탕으로 인공수정체 도수 예측에 있어 백내장 수술 후 세 기기 간의 정확성을 비교하였다. 각 기기 간 측정치는 높은 일치도를 보였으며, 비교적 정확하게 인공 수정체 도수예측이 가능하였다. 하지만 상대적으로 대상 환자군이 적으며, 한 명의 술자에 의해 시행되었으며, 하나의 인공수정체의 종류 및 도수 계산 공식을 사용한 점은 실제 임상에 적용 시 제한점으로 작용할 수 있다. 향후 다수의 환자를 대상으로 한 여러 공식과 인공수정체를 사용한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1) Findl 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.
2) Drexler W, Findle O, Menapace R, et al. Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. Am J

Ophthalmol 1998;126:524-34.
3) 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.
4) Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOL Master. Ophthalmic Physiol Opt 2001;21:477-83.
5) Choi JH, Roh GH. The reproducibility and accuracy of biometry parameter measurement from IOL Master. J Korean Ophthalmol Soc 2004;45:1665-73.
6) Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Shah S, et al. A new optical low coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients. Br J Ophthalmol 2009;93:949-53.
7) Chen YA, Hirnschall N, Findl O. Evaluation of 2 new optical biometry devices and comparison with the current gold standard biometer. J Cataract Refract Surg 2011;37:513-7.
8) Hoffer KJ, Shammas HJ, Savini G. Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length. J Cataract Refract Surg 2010; 36:644-8.
9) Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. Br J Ophthalmol 2009;93:807-10.
10) Jasvinder S, Khang TF, Sarinder KK, et al. Agreement analysis of LENSTAR with other techniques of biometry. Eye (Lond) 2011;25:717-24.
11) Haigis W, Lege B, Miller N, et al. 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) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.
13) 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.
14) Rabsilber TM, Jepsen C, Auffarth GU, et al. Intraocular lens power calculation: clinical comparison of 2 optical biometry devices. J Cataract Refract Surg 2010;36:230-4.
15) Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the Lenstar LS 900 non-contact biometer. Br J Ophthalmol 2010;94:106-10.
16) Rohrer K, Frueh BE, Wälti R, et al. Comparison and evaluation of ocular biometry using a new noncontact optical low-coherence reflectometer. Ophthalmology 2009;116:2087-92.

=ABSTRACT=

Comparison of Ocular Biometry and Postoperative Refraction in Cataract Patients Between Lenstar® and IOL Master®

Joong Won Shin, MD, Mincheol Seong, MD, PhD, Min Ho Kang, MD,
Hee Yoon Cho, MD, PhD, Yoon Jung Lee, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Hanyang University Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, Guri, Korea

Purpose: To compare axial length, anterior chamber depth, and keratometric measurements of an optical low-coherence reflectometry device with those of other ocular biometry devices and evaluate the accuracy of predicting postoperative refraction.
Methods: A total of 32 eyes in 32 patients who received cataract surgery were included in the present study. The axial length, anterior chamber depth, and keratometry were measured by optical low-coherence reflectometry (Lenstar LS900®), partial coherence interferometry (IOL master®), and ultrasound. The SRK/T formula was used to calculate IOL power, and predictive error that subtracts predictive refraction from postoperative refraction was compared among ocular biometry devices.
Results: Axial length, anterior chamber depth, and keratometry had a strong correlation and demonstrated no statistically significant differences between Lenstar LS900® and other devices. The Bland–Altman plots showed a high degree of agreement between Lenstar LS900® and other devices. The mean absolute prediction errors in Lenstar LS900® and IOL master® were not significantly different.
Conclusions: The ocular biometric measurements and prediction of postoperative refraction using Lenstar LS900® were as accurate as IOL master® and ultrasound.
J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(6):833-838

Key Words: Lenstar LS900, Ocular biometry, Optical low coherence reflectometry

---

Address reprint requests to **Mincheol Seong, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Hanyang University Guri Hospital
#153 Gyeongchun-ro, Guri 471-701, Korea
Tel: 82-31-560-2350, Fax: 82-31-564-9479, E-mail: goddns76@hanmail.net