

저간섭성 반사계와 기존 장비 간의 안구생체계측 및 백내장 수술 후 굴절오차의 비교

Comparison of Ocular Biometry Using Low-Coherence Reflectometry with Other Devices for Intraocular Lens Power Calculation

김지원¹ · 이 훈^{1,2} · 정지원³ · 김진선⁴ · 이형근¹ · 서경률¹ · 김응권¹ · 김태임¹

Ji Won Kim, MD¹, Hoon Lee, MD^{1,2}, Ji Won Jung, MD³, Jin Sun Kim, MD⁴, Hyung Keun Lee, MD¹,
Kyoung Yul Seo, MD, PhD¹, Eung Kweon Kim, MD, PhD¹, Tae Im Kim, MD, PhD¹

연세대학교 의과대학 안과학교실 시기능개발 연구소¹, 가톨릭관동대학교 의과대학 국제성모병원 안과학교실²,
인하대학교 의과대학 안과학교실³, 건양대학교 의과대학 김안과병원 명곡안연구소⁴

*The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, International St. Mary's Hospital, Catholic Kwandong University College of Medicine², Incheon, Korea
Department of Ophthalmology, Inha University School of Medicine³, Incheon, Korea
Myung-Gok Eye Research Institute, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine⁴, Seoul, Korea*

Purpose: To compare axial length (AL) and keratometry (K) using optical low-coherence reflectometry (OLCR, Lenstar LS900[®], Haag-Streit, Bern, Switzerland) with current ocular biometry devices and evaluate the accuracy of intraocular lens (IOL) power calculation.

Methods: In this prospective, comparative observational study of eyes with cataracts, AL and K were measured using an OLCR device (Lenstar LS900[®], Haag-Streit), partial coherence interferometry (PCI, IOL Master[®], Carl Zeiss, Jena, Germany), A-scan (Eyecubed) and automated keratometry (KR-7100, Topcon, Tokyo, Japan). IOL power calculation was performed using the Sanders-Retzlaff-Kraff (SRK/T) formula. The IOL prediction error (PE) was calculated by subtracting the predicted IOL power from the postoperative (PO) IOL power (PO 4 weeks, PO 12 weeks).

Results: A total of 50 eyes of 39 patients with cataracts (mean age 67.12 ± 8.51 years) were evaluated in this study. AL and K were not significantly different between the OLCR device and other devices (analysis of variance [ANOVA], $p = 0.946, 0.062$, respectively). The mean PE in IOL power calculation was $-0.22 \pm 0.50D$ with the OLCR device, $0.08 \pm 0.45D$ with the PCI device and $-0.01 \pm 0.48D$ with A-scan and automated keratometry (ANOVA, $p = 0.006$). The highest percentage of eyes with PE smaller than $\pm 0.5D$ was IOL Master[®] followed by Eyecubed and then Lenstar LS900[®]. The mean absolute PE was not statistically significant among the 3 devices (ANOVA, $p = 0.684$).

Conclusions: Ocular biometry measurements were comparable between the OLCR device and the PCI ultrasound device. However, the IOL power prediction showed significant differences among the 3 devices. Therefore, the differences in application of these devices should be considered.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(10):1558-1565

Key Words: Axial length, IOL-Master, Keratometry, Lenstar LS900, Optical low-coherence reflectometry (OLCR)

■ Received: 2014. 11. 14. ■ Revised: 2015. 6. 3.

■ Accepted: 2015. 7. 31.

■ 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: taeimkim@gmail.com

* This study was presented as a narration at the 111th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2014.

최근 들어 백내장 수술은 단순히 백내장을 제거하고 혼탁해진 수정체를 투명한 인공수정체로 교체하는 수준에서 벗어나 수술을 통해 환자의 굴절상태를 굴절수술 수준으로 정확하게 예측하여 교정하는 것을 목표로 하게 되었다. 따라서 백내장 수술 전 사용할 인공수정체의 도수를 계산하기 위한 안구 생체 계측은 백내장 수술의 성공 여부 및 환

© 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.

자의 만족에 영향을 미치는 가장 중요한 요소로 대두되고 있다. 이전에는 초음파를 이용한 A-scan이 안구 생체 계측에 주로 사용되었으나, 접촉식 측정 방식으로 인한 각막 손상의 가능성 및 검사자에 따른 오차가 크다는 단점이 있어, 최근에는 비접촉의 광학장비식 측정 기계가 사용되고 있다.^{1,2} 현재 널리 사용되고 있는 기기는 부분결합간섭(partial coherence interferometry) 원리를 이용한 IOL Master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)로, 안축장, 각막 굴절률, 전방 깊이, 각막 직경 등의 안구 생체 계측이 가능하며, 기존에 사용하던 초음파를 이용한 A-scan과도 높은 일치도를 보이고 있다.³⁻⁵

저간섭성반사(optical low-coherence reflectometry) 원리를 이용한 Lenstar LS900[®] (Haag-Streit, Bern, Switzerland)는 비교적 최근에 소개된 장비로 IOL Master[®]와 마찬가지로 안축장, 각막 굴절률, 전방 깊이, 각막 직경의 측정이 가능하며, 이에 더해 각막 두께, 수정체 두께, 망막 두께, 동공 크기 등의 측정이 가능하다.⁶ 기존의 연구들에 따르면 저간섭성 반사계는 안구 생체계측에 있어 높은 정확성과 재현성을 보이고 있으나, 부분결합간섭계 및 A-scan (Eyecubed, Ellex, Adelaide, Australia)과의 일치도에 대해서는 다양한 방향의 결과가 보고되고 있다.⁶⁻¹¹

본 연구에서는 백내장 수술 시 인공수정체 도수 결정을 위해 Lenstar LS900[®]와 IOL Master[®], A-scan으로 측정된 안축장을 비교하였고, Lenstar LS900[®]와 IOL Master[®] 및 자동각막곡률계(KR-7100, Topcon, Tokyo, Japan)로 측정된 각막곡률을 비교하였다. 아울러 각각의 장비를 통해 얻은 안구생체계측값으로 계산한 백내장 수술 후 굴절 예측 오차를 비교하여 생체 계측 기기에 따른 백내장 수술 후 굴절률 예측의 정확성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2013년 12월부터 2014년 2월까지 본원에서 백내장 수술을 받은 39명 총 50안을 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 인공수정체는 TECNIS ZCB00 (AMO, Santa Ana, CA,

USA)을 35안에서, HOYA iSert 250 (HOYA, Tokyo, Japan)을 15안에서 사용하였다. Lenstar LS900[®] 또는 IOL Master[®]로 계측이 불가능한 경우, 이전에 굴절 교정술을 받은 경우, 각막 혼탁, 시력에 영향을 미치는 각막 혹은 다른 안질환이 있는 경우, 다초점 인공수정체 또는 난시교정용 인공수정체를 사용한 경우는 본 연구에서 제외하였다.

수술 전 모든 검사는 숙련된 한 명의 검사자(J.B.R)에 의해 시행되었다. 검사 순서는 가장 먼저 자동각막곡률계를 이용하여 각막곡률을 측정하고 이후 IOL Master[®]와 Lenstar LS900[®]를 무작위 순으로 이용하여 안구 생체 계측을 시행하였으며, A-scan을 이용한 안축장의 계측을 마지막으로 시행하였다. 각막곡률은 평균 각막곡률(mean keratometry)과 가파른 측(steep keratometry), 편평한 측(flat keratometry)의 각막곡률로 나누어 분석하였다. A-scan의 경우 각막 굴절률 측정 기능이 없으므로, 자동각막곡률계로 측정된 평균 각막곡률을 인공수정체 도수 계산에 사용하였다.

인공 수정체 도수 결정은 Sanders-Retzlaff-Kraff (SRK/T) 공식을 사용하였다.¹² 최종 굴절 오차는 백내장 수술 후 4주와 12주 뒤에 시행한 자각적 현성 굴절 검사(manifest refraction) 값을 기준으로 분석하였으며, 예측 오차는 최종 굴절오차에서 예상 굴절오차를 뺀 차이로 구하였다.

통계학적 분석은 SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 수집한 자료가 정규 분포를 이루는 것을 확인하였다. 각 기기로 측정된 안축장, 각막곡률의 일치도를 확인하기 위해 Bland-Altman plot을 이용하였고, Analysis of variance (ANOVA)와 Pearson correlation coefficient를 통해 각 기기 계측치 평균의 차이를 비교하고, 상관관계를 분석하였다. 또한 각 기기의 예측 오차와 예측 오차의 절대값을 ANOVA를 통해 비교하였으며, *p*값의 유의 수준은 0.05 미만으로 정하였다.

결 과

총 39명의 환자, 50안(남자 19명, 여자 20명)을 대상으로 하였고, 피험자의 평균 나이는 67.1 ± 8.51세였다. 피험자

Table 1. Comparison of biometric data (axial length, keratometry) by Lenstar LS900[®], IOL Master[®], A-scan and automated keratometry

	Lenstar LS900 [®]	IOL Master [®]	A-scan	Automated keratometry	<i>p</i> -value*
Axial length (mm)	23.63 ± 0.71	23.58 ± 0.68	23.60 ± 0.70	-	0.946
Keratometry (D)					
K1	43.77 ± 1.40	44.18 ± 1.32	-	43.86 ± 1.40	0.302
K2	44.78 ± 1.39	45.49 ± 1.42	-	44.71 ± 1.33	0.009
Average K	44.27 ± 1.36	44.83 ± 1.33	-	44.29 ± 1.34	0.062

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

D = diopters; K = keratometry.

*Analysis of variance (ANOVA).

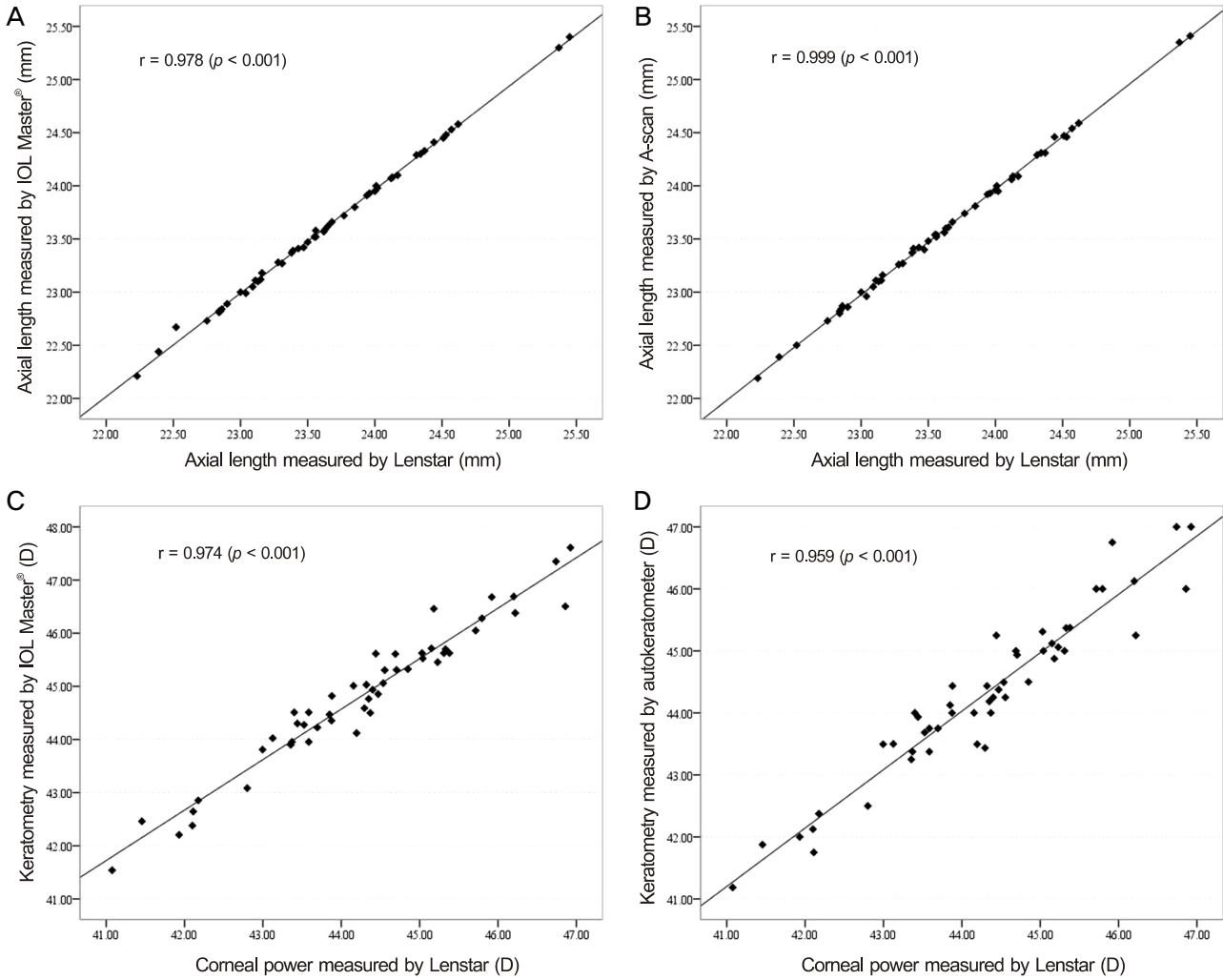


Figure 1. Correlation between biometric data (axial length, keratometry) measured by Lenstar LS900[®] and other devices (Pearson correlation analysis). Axial length measured by Lenstar LS900[®] and IOL Master[®] (A) and A-scan (B). Keratometry measured by Lenstar LS900[®] and IOL Master[®] (C) and autokeratometer (D).

의 나이, 안축장, 각막곡률은 Kolmogorov-Smirnov test로 검정하였을 때 모두 $p > 0.05$ 로 정규분포를 가정할 수 있었다. 안축장 측정치의 평균은 Lenstar LS900[®]에서 23.63 ± 0.71 mm, IOL Master[®]에서는 23.58 ± 0.68 mm, A-scan에서 23.60 ± 0.70 mm였다. 각각의 장비로 측정된 안축장을 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 (ANOVA, $p = 0.946$) (Table 1). 또한 Pearson 상관계수는 Lenstar LS900[®]과 IOL Master[®]는 0.978, Lenstar LS900[®]과 A-scan은 0.999로 각각의 기기 간에 서로 높은 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$, 0.001) (Fig. 1). 각 기기로 측정된 안축장의 일치도를 Bland-Altman plot으로 비교하였을 때, Lenstar LS900[®]과 IOL Master[®], Lenstar LS900[®]과 A-scan의 측정치 차이의 평균은 $+0.026$ mm, $+0.030$ mm였으며, 95% limit of agreement는 $-0.043 \sim 0.094$ mm, $-0.017 \sim 0.077$ mm로 각 2안, 4안을 제외한 모든 측정치가 이 범위

내에 존재하여 높은 일치율을 보였다. 가로축은 두 기기로 측정된 안축장의 평균, 세로축은 두 기기로 측정된 안축장의 차이로 하여 상관 분석을 하였을 때, Lenstar LS900[®]과 IOL Master[®] 간에 Pearson 상관계수는 0.524로 나타나 안축장이 클수록 기기 간의 오차가 커지는 상관성을 보였으며 ($p < 0.001$), Lenstar LS900[®]과 A-scan의 상관계수는 0.214로 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다 ($p = 0.136$) (Fig. 2).

각막곡률의 경우, Lenstar LS900[®]으로 측정된 flat K (K1)는 43.77 ± 1.40 디옵터(D), IOL Master[®]로 측정된 K1이 44.18 ± 1.32 D, 자동각막곡률계로 측정된 K1은 43.86 ± 1.40 D였다. Steep K (K2)는 각각 44.78 ± 1.39 D, 45.49 ± 1.42 D, 44.71 ± 1.33 D였으며, 평균 각막곡률은 각각 44.27 ± 1.36 D, 44.83 ± 1.33 D, 44.29 ± 1.34 D였다 (Table 1). 각 기기 간의 K1 및 평균 각막곡률에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 (ANOVA, $p = 0.302$, 0.062), K2는 Lenstar

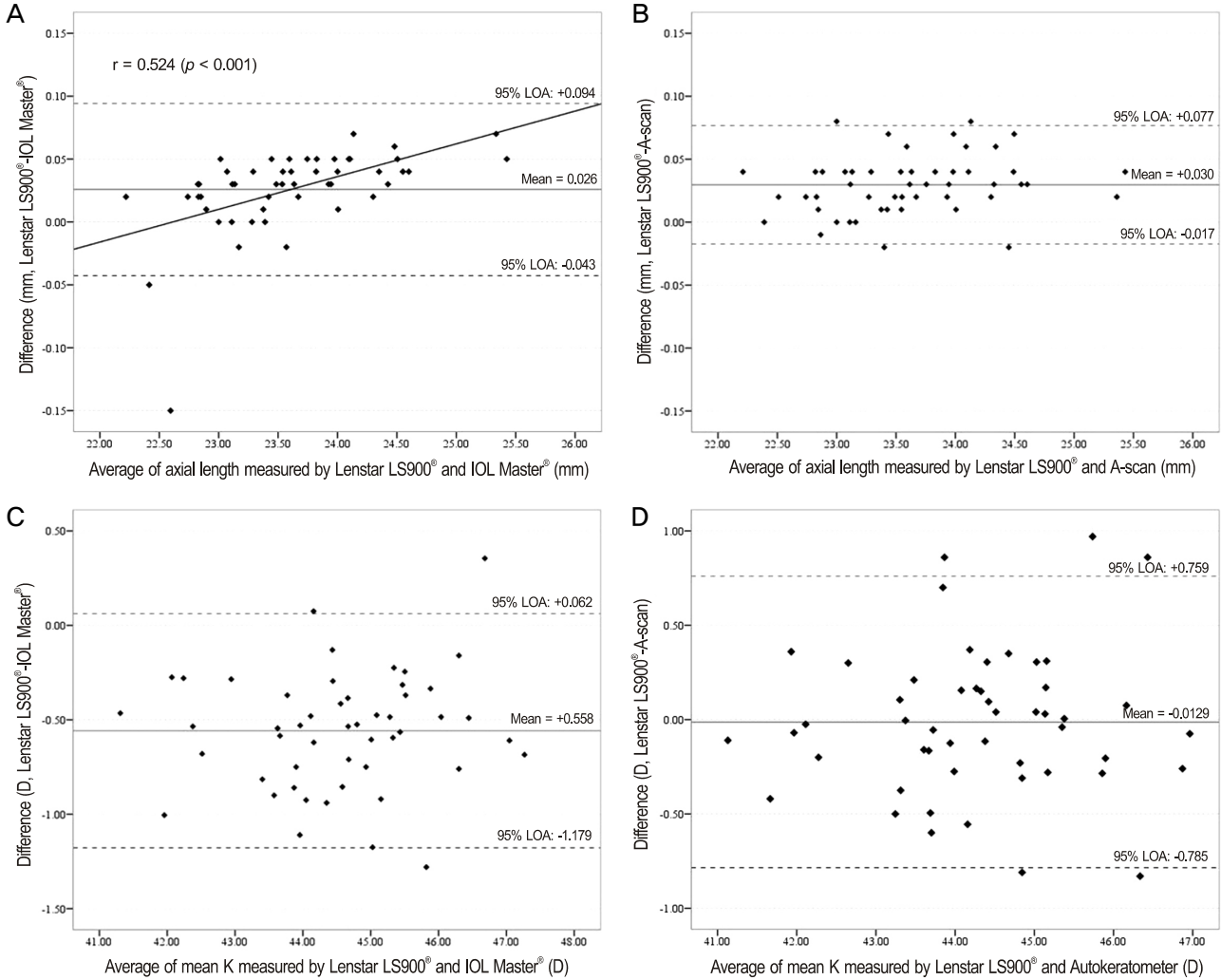


Figure 2. Bland-Altman plot of axial length between Lenstar LS900® and IOL Master® (A), Lenstar LS900® and A-scan (B), keratometry between Lenstar LS900® and IOL Master® (C), Lenstar LS900® and autokeratometer (D). LOA = limit of agreement.

LS900®이나 자동각막곡률계보다 IOL Master®에서 더 크게 나타났다(ANOVA, $p=0.009$) (Table 1). 평균 각막곡률에 대한 장비 간의 Pearson 상관계수는 IOL Master®와 Lenstar LS900®은 0.974, 자동각막곡률계와 Lenstar LS900®은 0.959로 모두 비교적 높은 상관관계를 보였다($p<0.001$, 0.001) (Fig. 1). Bland-Altman plot 상에서는 Lenstar LS900®과 IOL Master®, Lenstar LS900®과 자동각막곡률계의 측정치 차이의 평균은 -0.558D, -0.0129D였으며, 각각 3안, 5안을 제외하고는 모두 95% limit of agreement 구간 안에 존재했다(각각 -1.179~0.062D, -0.785~0.759D). 가로축은 두 기기로 측정한 각막곡률의 평균, 세로축은 두 기기로 측정한 각막곡률의 차이로 상관 분석을 하였을 때, Lenstar LS900®과 IOL Master®, A-scan 간에 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다(Pearson correlation coefficient=0.108, 0.062, $p=0.455$, 0.667) (Fig. 2).

세 장비 간의 술 후 굴절력 예측 오차는 술 후 4주에 측정한 최종 굴절오차가 Lenstar LS900®으로 예상한 굴절오차보다 0.15D 근시로 (Range [-1.30~1.02]), A-scan과 IOL Master®의 예상 굴절오차보다는 각각 0.07D, 0.15D만큼 원시로 나타났고(Range [-0.96~1.28D], [-0.69~1.25D]), 통계적으로 유의한 차이를 보였다(ANOVA, $p=0.003$). 술 후 12주에는 최종 굴절오차가 술 후 4주에 비하여 좀 더 근시로 변화되어, 세 기기의 오차는 각각 Lenstar LS900®과 A-scan에서 각각 0.22D, 0.01D 근시(Range [-1.28~1.00D], [-0.93~1.28D])로, IOL Master®에서 0.08D 원시로 나타났으며(Range [-0.76~1.21D]), 역시 통계적으로 유의한 차이가 있었다(ANOVA, $p=0.006$). 하지만, 술 후 굴절력 예측 오차의 절대값은 술 후 4주와 12주에서 각각 Lenstar LS900®에서 $0.41 \pm 0.27D$, $0.41 \pm 0.36D$, IOL Master®에서 $0.34 \pm 0.30D$, $0.36 \pm 0.27D$, A-scan에서 $0.34 \pm 0.28D$, $0.37 \pm 0.30D$ 로 Lenstar LS900®에서 가장 컸

Table 2. Comparison of PE among LS900®, IOL Master® and A-scan

	Lenstar LS900®	IOL Master®	A-scan	p-value*
PE (D)				
4 weeks	-0.15 ± 0.47	0.15 ± 0.43	0.07 ± 0.44	0.003
12 weeks	-0.22 ± 0.50	0.08 ± 0.45	-0.01 ± 0.48	0.006
Absolute PE (D)				
4 weeks	0.41 ± 0.27	0.34 ± 0.30	0.34 ± 0.28	0.388
12 weeks	0.41 ± 0.36	0.36 ± 0.27	0.37 ± 0.30	0.684
Range (D)				
4 weeks	-1.30 ~ 1.02	-0.69 ~ 1.25	-0.96 ~ 1.28	
12 weeks	-1.28 ~ 1.00	-0.76 ~ 1.21	-0.93 ~ 1.28	
Eyes within (%)				
±0.25D	4 weeks	34	46	52
	12 weeks	44	46	46
±0.5D	4 weeks	70	80	84
	12 weeks	68	78	70
±1.0D	4 weeks	94	94	96
	12 weeks	91	98	98
±1.5D	4 weeks	100	100	100
	12 weeks	100	100	100

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

PE = prediction error; D = diopters.

*Analysis of variance (ANOVA).

지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(ANOVA, $p=0.388, 0.684$). 술 후 굴절력 예측 오차의 절대값이 1.0D 이하인 환자의 비율은 Lenstar LS900®과 A-scan, IOL Master®에서 술 후 4주에 각각 94%, 96%, 94%였으며, 12주에 각각 91%, 98%, 98%였다(Table 2).

고 찰

본 연구에서는 Lenstar LS900®을 이용하여 측정된 안구 생체 계측치를 기준에 사용되던 기기인 IOL Master®와 A-scan 혹은 자동각막곡률계의 계측치와 비교 분석하고 최종적으로 백내장 수술 후 굴절 예측치의 정확도를 평가하였다.

안축장 측정치는 Lenstar LS900®에서 IOL Master®보다 0.05 mm 길게, A-scan보다 0.03 mm 길게 측정되었으나, 통계적으로 의미 있는 차이는 보이지 않았다. 단, Lenstar LS900®과 IOL Master®의 비교에서 안축장이 길어질수록 두 기기의 오차가 커지는 결과를 보였다. Lenstar LS900®과 IOL Master®는 비접촉식으로 광원을 이용하여 망막의 색소상피층까지의 거리를 측정하는 원리를 사용하고 있으며, 이와 달리 A-scan은 초음파를 이용하여 안구에 직접 접촉한 뒤 망막의 내경계막까지의 거리를 측정하기 때문에 A-scan에서 안축장이 더 짧게 측정될 수 있다. 또한, Jasvinder et al¹³의 연구에 따르면 Lenstar LS900®과의 비교에서 A-scan은 IOL Master®보다 일치도가 낮은 것으로 보고되었다. 그러나 본 연구 결과는 이와 달리 각기 다른 검사 방법에 따

라 안축장의 길이가 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 A-scan의 경우 검사자의 숙련도에 영향을 많이 받을 수 있어 상대적으로 오차가 클 수 있다는 점을 원인으로 들 수 있겠다.

현재까지 보고된 연구들에서도 세 가지 안구 생체계측장비를 이용한 안축장 측정치의 차이에 대하여 서로 다른 결과를 보이고 있다. Buckhurst et al⁶에 의해 시행된 연구 결과에 따르면 Lenstar LS900®과 IOL Master®의 안축장 측정치는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 임상적 의의를 생산해 낼 정도의 큰 차이는 아니라는 결론을 제시했으며, 아울러 본 연구와 마찬가지로 안축장이 큰 눈일수록 기기 간의 큰 차이를 보인다는 보고도 함께 하였다. 반면, Chen et al⁹과 Holzer et al¹¹, Salouti et al¹⁴ 등에 따르면 두 기기의 안축장은 통계학적으로 유의한 차이가 없다고 보고한 바 있다. 국내 보고에 따르면, 본 연구에서 사용된 세 기기를 이용하여 측정된 안축장 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으나,¹⁵ 대상안의 평균 안축장이 21.65 mm로 측정되어, 평균적인 안축장에 비하여 매우 짧은 환자들을 대상으로 얻은 결과이므로 선택 편의(selection bias)의 가능성이 있을 수 있다. 또한 안축장이 길수록 기기 간의 안축장 측정 결과의 오차가 증가한다는 본 연구의 결과를 고려할 때, 이러한 가능성은 더 크다. 이와는 달리 본 연구에서는 평균 안축장이 23.61 mm로 보다 평균적인 안축장을 가진 환자들을 대상으로 각 기기의 측정치의 일치도를 조사한 연구라는 것에 그 의의가 있다고 하겠다. 또한 국내 보

고에서는 안축장이 21.65 mm로 짧은데도 불구하고 SRK/T 공식을 사용하여 인공수정체 도수를 계산하였다. 안축장이 22 mm 미만일 경우 SRK/T 공식의 정확도가 평균적인 안축장에서보다 떨어지며, 이러한 점이 술 후 예측 오차의 비교에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 본 연구에서도 SRK/T 공식을 사용하였으며, 기존의 연구에 비하여 대상 환자군에 더 적합한 공식을 선택하여 보다 정확하게 예측 오차에 대한 분석을 할 수 있었다고 생각된다. 또 다른 차이점은 기존 연구에서 술 후 4주 뒤의 예측 오차를 분석한 데 반해, 본 연구에서는 술 후 12주까지 예측 오차를 관찰하여 술 후 각막 상태의 회복과 수정체 위치의 변동을 고려했을 때 보다 정확한 최종 굴절 오차를 계산할 수 있었다.

평균 각막곡률과 Flat K의 경우, Lenstar LS900[®], IOL Master[®]와 자동각막곡률계 사이에는 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, Steep K는 Lenstar LS900[®]과 자동각막곡률계의 측정치가 IOL Master[®]보다 통계적으로 작게 측정되었다. 각막곡률의 측정에 영향을 미치는 요소는 측정범위의 직경, 굴절 상수, 측정 원리 및 각막곡률 계산 방식의 차이 등이 있다. 본 연구에 사용된 자동각막곡률계(KR-7100)는 3.0 mm의 직경 안에서 적외선에 의해 거울에 반사된 상이 카메라에 입력되어 각막곡률을 측정하는 방식이다.¹⁶ 반면, Lenstar LS900[®]과 IOL Master[®]는 두 기기 모두 light-emitting diode (LED) 광원을 각막 표면에 비추었을 때 나타나는 패턴을 분석하여 각막곡률을 측정한다. IOL Master[®]는 2.5 mm 직경의 원에 있는 6개의 광원으로 각막곡률을 측정하게 되며, 기존의 연구에서 IOL Master[®]로 측정한 각막곡률이 자동각막곡률계에서 측정한 값보다 크다는 결과가 보고되고 있다.^{17,18} 이는 중심으로 갈수록 곡률이 큰 각막의 특성상, 좀 더 중심에 가까운 위치에서 측정하는 IOL Master[®]에서 각막곡률이 더 크게 측정되기 때문이다.^{18,19} Lenstar LS900[®]의 경우 2개의 원에 각각 16개씩 나뉜, 총 32개의 광원을 각막에 조사하며, 그 중 바깥 원은 직경이 2.3 mm, 안쪽의 원은 직경이 1.65 mm이다.⁷ 본 연구에서 Lenstar LS900[®]은 자동각막곡률계나 IOL Master[®]보다 더 좁은 범위에서 측정함에도 불구하고, 각막곡률은 자동각막곡률계와 유사하고, IOL Master[®]보다는 더 작은 수치를 나타내었다. Buckhurst et al⁶, Hoffer et al¹⁰, Holzer et al¹¹의 연구에서도 IOL Master[®]보다 Lenstar LS900[®]에서 각막곡률이 더 작게 측정된다는 결과를 보고하였다. 이들은 Lenstar LS900[®]과 IOL Master[®]에서 각막곡률을 계산할 때 사용하는 굴절 상수가 기기 간에 서로 다른 것이 두 기기 간의 각막곡률 측정치의 차이를 가져오는 중요한 원인일 것으로 제시하였다(n=1.3375, IOL Master[®], 자동각막곡률계, n=1.332, Lenstar LS900[®]).^{6,20} 또 다른 원인으로는 IOL

Master[®]에서는 6개의 광원을 이용하고, Lenstar LS900[®]은 32개의 광원을 이용하여 각막곡률을 측정한다는 측정 원리의 차이를 들 수 있다. Lenstar LS900[®]은 이렇게 자동각막곡률계 또는 IOL Master[®]보다 중심에 가까운 위치의 측정 범위에서 많은 개수의 광원을 사용함으로써, 근시 교정 굴절 수술을 받은 환자를 비롯하여 각막 중심부에 변형이 있는 환자의 각막 굴절률을 보다 정확히 측정할 수 있을 것으로 생각된다.^{7,8,21}

본 연구에서 안축장과 각막곡률은 각 대상자에 대하여 1명의 검사자에 의해 1회 시행하였으며, 추후 여러 명의 검사자 또는 1명의 검사자에 의한 반복 측정을 시행하여 보다 정확한 비교 연구를 할 수 있을 것으로 생각된다.

술 후 굴절 예측 오차는 백내장 수술 후 4주와 12주 뒤 시행한 현성 굴절검사값과 예측 굴절오차값을 비교하여 분석하였다. 술 후 12주 뒤 예측 오차의 평균은 Lenstar LS900[®]과 A-scan에서 각각 $-0.22 \pm 0.50D$, $-0.01 \pm 0.48D$ 로 예측한 것보다 근시인 결과를 보였으며, IOL Master[®]에서는 $0.08 \pm 0.45D$ 로 예측한 것보다 술 후 굴절오차가 원시인 결과를 보였다. 술 후 굴절력 예측 오차의 절대값을 비교 분석한 결과에서는 세 기기 간에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($0.41 \pm 0.36D$ versus $0.37 \pm 0.30D$, $0.36 \pm 0.27D$). 술 후 12주 뒤 예측 오차의 절대값이 0.25D와 0.5D 이내의 비율은 IOL Master[®]에서 가장 높았고(46%, 78%), 그 다음으로 A-scan (46%, 70%), Lenstar LS900[®] (44%, 68%) 순서로 나타났다(Table 2).

안축장과 평균 각막곡률은 각 기기 간에 유의한 차이를 보이지 않으나, 예측 오차는 차이를 보였다. 이와 관련하여 예상할 수 있는 원인은 각 장비마다 생체계측치로 인공수정체 도수를 계산할 때 자체적인 소프트웨어 사용 시 각 수치 반영 정도에 차이가 있어, 비록 안축장과 평균 각막곡률은 통계학적으로 유의한 수준의 차이를 보이지 않았다 하더라도 최종 인공수정체 도수의 예측은 유의한 차이를 보일 수 있었을 것이다. 기존 연구에서 예측 오차를 비교한 경우는 드물었으며, 예측 오차의 절대값을 비교 분석한 연구 결과는 기기 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다는 보고가 많았다.^{10,15} Stattin et al²²의 연구에서는 기기 간의 예측 오차에 통계적으로 유의한 차이가 있더라도 그 크기가 작아 임상적으로 인공수정체 도수 결정에 영향을 미치지 않는다는 결과를 보였다. 본 연구에서도 각 기기 예측 오차의 평균이 Lenstar LS900[®], IOL-master[®]에서 각각 -0.22 , $0.08D$, A-scan에서 $-0.01D$ 로 임상적으로 의미 있는 차이는 아니었다. 실제로 세 기기 모두 대부분의 환자에서 예측 오차의 절대값이 1.0D 이내에 포함되었다(A-scan; 98%, IOL-master[®]; 98%, Lenstar LS900[®]; 91%).

본 연구는 Lenstar LS900[®]을 이용하여 측정된 안구 생체 계측치를 기존에 주로 사용되던 IOL Master[®]와 A-scan에서 측정된 계측치와 비교 분석하였고, 각 기기를 사용하여 예측 굴절오차와 술 후 실제 굴절오차의 차이를 분석해 각 기기의 인공수정체 도수 계산의 정확도를 비교하였다. 각 기기 간에 안축장 측정치 및 평균 각막곡률은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 술 후 굴절 예측 오차를 계산했을 때, Lenstar LS900[®]과 A-scan은 예측보다 근시인 결과를, IOL Master[®]는 예측보다 원시인 결과를 얻었으나, 임상적으로 의미 있는 차이는 아니었으며, 굴절 예측 오차의 절대값은 세 기기 간에 의미 있는 차이가 없었다. 본 연구를 토대로 향후에 보다 다양한 범위의 안축장을 가진 환자들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) 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.
- 2) Hill W, Angeles R, Otani T. Evaluation of a new IOLMaster algorithm to measure axial length. J Cataract Refract Surg 2008;34:920-4.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 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) 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.
- 8) Zhao J, Chen Z, Zhou Z, et al. Evaluation of the repeatability of the Lenstar and comparison with two other non-contact biometric devices in myopes. Clin Exp Optom 2013;96:92-9.
- 9) Chen YA, Hirschschall 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.
- 10) Hoffer KJ, Shammas HJ, Savini G. Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length. J Cataract Refract Surg 2010;36:644-8.
- 11) Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. Br J Ophthalmol 2009;93:807-10.
- 12) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 1990;16:333-40.
- 13) Jasvinder S, Khang TF, Sarinder KK, et al. Agreement analysis of LENSTAR with other techniques of biometry. Eye (Lond) 2011;25:717-24.
- 14) Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, et al. Comparison of the ultrasonographic method with 2 partial coherence interferometry methods for intraocular lens power calculation. Optometry 2011;82:140-7.
- 15) 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.
- 16) Mehravaran S, Asgari S, Bigdeli S, et al. Keratometry with five different techniques: a study of device repeatability and inter-device agreement. Int Ophthalmol 2014;34:869-75.
- 17) Huynh SC, Mai TQ, Kifley A, et al. An evaluation of keratometry in 6-year-old children. Cornea 2006;25:383-7.
- 18) 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.
- 19) Carney LG, Mainstone JC, Henderson BA. Corneal topography and myopia. A cross-sectional study. Invest Ophthalmol Vis Sci 1997;38:311-20.
- 20) Speicher L. Intra-ocular lens calculation status after corneal refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol 2001;12:17-29.
- 21) Bjeloš Rončević M, Bušić M, Cima I, et al. Intraobserver and interobserver repeatability of ocular components measurement in cataract eyes using a new optical low coherence reflectometer. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2011;249:83-7.
- 22) Stattin M, Zehetner C, Bechrakis NE, Speicher L. Comparison of IOL-Master 500 vs. Lenstar LS900 concerning the calculation of target refraction: a retrospective analysis. Ophthalmology 2015;112:444-50.

= 국문초록 =

저간섭성 반사계와 기존 장비 간의 안구생체계측 및 백내장 수술 후 굴절오차의 비교

목적: 백내장이 있는 눈에서 저간섭성반사계(Lenstar LS900[®], Haag-Streit, Bern, Switzerland)를 이용해 측정한 안축장과 각막곡률을 기존 장비로 측정된 값과 비교하고, 술 후 굴절예측의 정확도를 평가하였다.

대상과 방법: 백내장 수술이 예정된 39명 50안에서 저간섭성반사계, 부분결합간섭계(IOL Master[®]), 초음파(Eyecubed), 자동각막곡률계(KR-7100)를 이용하여 안축장과 각막곡률을 측정하였다. 예측 오차는 술 후 4주와 12주의 최종 굴절오차에서 예상 굴절오차를 뺀 차이로 계산하였다.

결과: 저간섭성반사계, 부분결합간섭계, 초음파로 측정한 안축장의 평균은 각각 23.63 ± 0.71 , 23.58 ± 0.68 , 23.60 ± 0.70 mm로, 장비 간 비교에서 유의한 차이는 없었다($p=0.946$). 각막곡률의 비교에서도 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.062$). 각 장비로 측정한 안축장과 각막곡률로 계산된 술 후 12주의 평균 예측 오차는 Lenstar LS900[®], A-scan에서 각각 0.22D, 0.01D 근시로, IOL Master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)에서 0.08D 원시로 나타났으며(analysis of variance [ANOVA], $p=0.006$), 예측 오차가 $\pm 0.5D$ 이내의 비율은 IOL Master[®]에서 가장 높았고, 그 뒤로 A-scan, Lenstar LS900[®] 순서였다. 굴절예측 오차의 절대값은 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.684$).

결론: 저간섭성반사계를 이용한 안구생체계측 시, 안축장 및 각막곡률은 기존 장비와 의미 있는 차이를 보이지 않았으나 술 후 굴절예측 오차는 차이를 보여 임상적용 시 고려해야 할 것이다.

<대한안과학회지 2015;56(10):1558-1565>