

IOLMaster, Lenstar, Orbscan 및 수동 방법을 이용한 각막윤부직경 비교

정 윤 · 김균형

가천대학교 길병원 안과학교실

목적: 정상안에서 IOLMaster®, Lenstar®, Orbscan II®와 전안부사진기를 이용한 수동측정법으로 측정한 각막윤부직경을 비교하고 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법: 정상안을 가진 31명의 62안을 대상으로 IOLMaster®, Lenstar®, Orbscan II®와 전안부사진기를 이용한 수동측정법으로 각각 1안에 3회씩 각막윤부직경을 측정하였다. 반복성은 변동계수를 통해 비교하였다. 측정방법들간의 비교는 ANOVA, Pearson correlation을 이용하였고 측정방법들 사이의 일치도는 Bland Altman plot을 이용하였다.

결과: Orbscan II®, Lenstar®, IOLMaster® 및 전안부사진기를 이용한 수동측정법으로 측정한 각막윤부직경의 평균값은 각각 11.79 ± 0.46 mm, 12.05 ± 0.38 mm, 12.15 ± 0.36 mm, 12.30 ± 0.40 mm였으며 검사방법간 유의한 차이가 있었다(ANOVA, $p < 0.05$). Orbscan II®를 제외한 다른 측정방법들간에는 강한 양의 상관관계가 있었다(Pearson correlation, $r > 0.8$, $p < 0.05$). 변동계수는 Orbscan II®가 Lenstar®와 IOLMaster® 보다 컸다.

결론: Orbscan II®으로 측정한 각막윤부직경은 다른 측정법들과 상관관계도 낮고 반복성이 상대적으로 낮으므로 기존의 Orbscan II®를 이용한 측정보다 부분결합간접계를 이용한 방법이 새로운 기준으로 고려되어야 할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2013;54(8):1187-1192〉

생체계측의 발달은 전안부 수술 후 굴절상태에 대한 정확한 예측을 가능하게 하여 수술 후 환자의 만족도를 높일 수 있다. 전방의 깊이와 섬모체 고랑의 거리는 유수정체용 인공수정체 삽입술에서 적절한 크기의 인공 수정체를 선택 하는데 중요한 측정치이다.¹⁻³

섬모체 고랑거리 측정은 초음파생체현미경이 정확하다고 알려졌으나⁴ 임상적으로는 측경기(caliper)나 Orbscan II® (Orbtek Inc., Salt Lake City, USA)로 각막윤부직경 (White-to-White, WTW)을 측정하여 근시의 경우 0.5 mm를 더한 값, 원시의 경우 0.5 mm를 뺀 값으로 섬모체 고랑 거리를 유추하여 사용하고 있다.⁵

1999년부터 부분결합간접계 원리를 이용한 IOLMaster® (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)가 임상에서 쓰이기

시작하여 생체계측의 정확성이 높아졌고 굴절교정수술 후 굴절률 예측 정확도를 높였다.⁶ 최근에는 부분결합간접계를 이용한 새로운 기기인 Lenstar® (Haag Streit, Koeniz, Switzerland)가 개발되어 쓰이고 있는데 IOLMaster® 보다 긴 820 nm의 파장을 이용하기에 투과력이 좋다. IOLMaster® 와 달리 각막중심두께, 해부학적 전방 깊이, 수정체두께, 망막두께, 동공크기 등을 한번의 측정으로 모든 계측을 얻을 수 있는 장점이 있다.^{7,8}

본 연구에서는 지금까지 각막윤부직경 측정에 많이 사용한 Orbscan II®, 그리고 최근에 사용하고 있는 부분결합간접계인 Lenstar®, IOLMaster®와 전안부사진기를 이용한 수동측정법을 이용하여 각막윤부직경을 측정하여 비교하고 유용성을 평가하고자 한다.

대상과 방법

전신 질환 및 안과적 질환이 없는 정상 성인 31명의 62안을 대상으로 하였다. 안과적 질환 및 수술의 과거력이 있는 경우, 12시간 이내에 콘택트렌즈를 착용한 경우는 대상에서 제외하였다. 자동굴절검사기(ARK-510A, NIDEK Co., Japan)를 이용하여 굴절 이상의 정도를 측정하였으며 세극 등현미경검사, 안압측정, 안저검사를 시행하여 안과적 질환

■ Received: 2013. 2. 2. ■ Revised: 2013. 3. 29.
■ Accepted: 2013. 6. 20.
■ Address reprint requests to **Kyun Hyung Kim, MD**
Department of Ophthalmology, Gachon University Gil Medical Center, #21 Namdong-daero 774beon-gil, Namdong-gu, Incheon 405-760, Korea
Tel: 82-32-460-3751, Fax: 82-32-460-3358
E-mail: tigerme@naver.com

* This study was presented as a narration at the 30th Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgeons 2012.

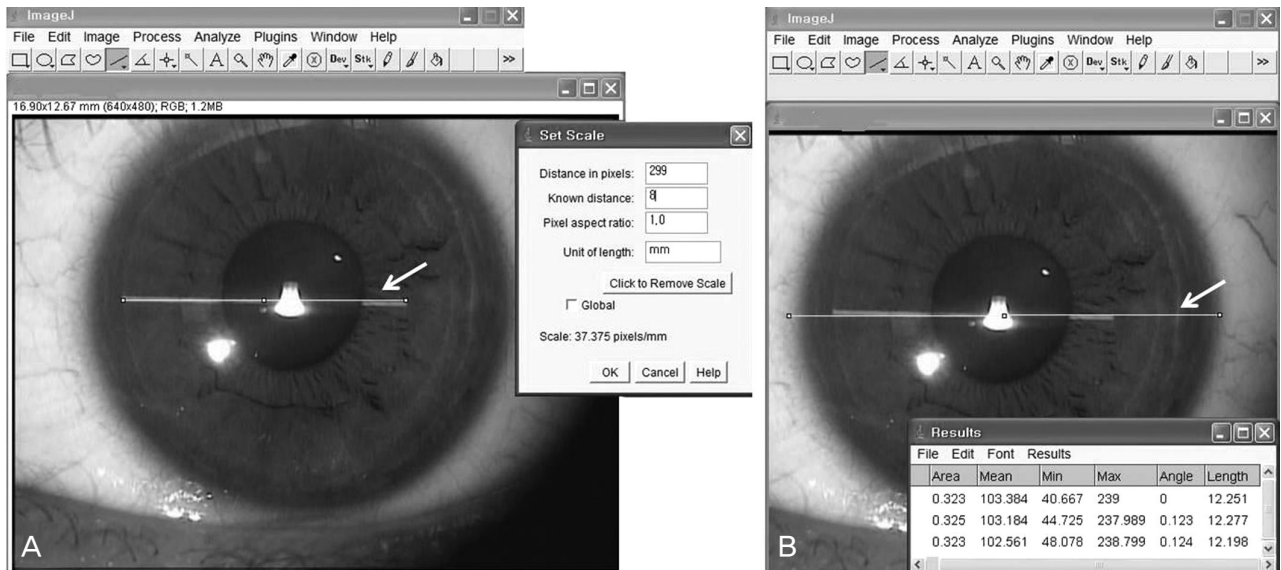


Figure 1. Setting scale (pixels/mm) with 8 mm guide line (white arrow) (A). Calculating horizontal WTW (white arrow) by image analysis program (Image J 1.44p) (B).

이 없는 것을 확인하였다.

전안부사진기를 이용한 각막윤부직경의 수동측정은 먼저 전안부사진을 촬영한 후 수평 수술적 각막윤부(surgical limbus)의 가장 바깥 부위 사이를 측정하였다. 촬영하는 동안 대상자가 검사기 내의 주시점을 바라보게 하여 주시를 유지하면서 CCD color camera (KP-D20AU, Hitachi Kokusai Electric Inc. Japan)를 이용하여 Slit lamp로 8.0 mm horizontal guide line과 함께 전안부 사진을 찍었다. Image analysis program (Image J 1.44p, Wayne Rasband national institutes of health, USA)을 이용하여 8.0 mm guide line의 해당하는 수평거리의 pixel 수를 구한 후 수평 각막윤부직경에 해당하는 pixel 수를 측정하여 실제 길이를 구하였다. 수평 각막윤부직경은 수직방향의 두 각막윤부를 연결하는 선의 수직이등분선으로 정하였다(Fig. 1). 그 후 Orbscan II®, IOLMaster®, Lenstar®를 이용하여 각막윤부 직경을 측정하였으며 모든 검사는 대상 안을 동일한 검사자에 의해 세 번의 생체계측을 시행하여 평균을 기록하였다.

각각 측정방법의 반복성을 알아보기 위해 변동계수(coefficient of variation: 표준편차/평균 $\times 100$, %)를 구하여 비교하였다. 변동계수는 서로 다른 평균과 표준편차를 가졌을 때 산포도를 비교하는 수치로 변동계수가 낮을수록 반복성이 높다. 측정방법 사이의 일치도를 평가하기 위해 Bland Altman plot를 이용하였고 95% 신뢰도는 측정치의 ± 1.96 standard deviation으로 하였다.

통계적인 분석은 윈도우용 SPSS (version 12.0, SPSS INC. Chicago, IL, USA)와 MedCalc (version 12.0, MedCalc Software bvba, Mariakerke, Belgium)를 사용하였다. 각막

윤부직경 측정치의 평균 비교는 paired *t*-test로 검증하였고, 각 측정치의 상관관계는 Pearson correlation test를 이용하였다. 측정방법 간 전체 평균 차이를 ANOVA를 이용하여 비교하였고 사후 검증은 Scheffe's test를 시행하였다. *p* 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의성이 있다고 평가하였다.

결 과

대상자는 여자 13명(26안), 남자 18명(36안)으로 총 31명 62안이었으며, 평균 나이는 26.9 ± 4.5 (20-40)세였고, 평균 구면렌즈 대응치는 -3.23 ± 2.81 (+0.7 ~ -8.50)디옵터였다.

Orbscan II®, Lenstar®, IOLMaster® 및 전안부사진기를 이용한 수동측정법으로 측정한 각막윤부직경 평균값이 각각 11.79 ± 0.46 mm, 12.05 ± 0.38 mm, 12.15 ± 0.36 mm, 12.30 ± 0.40 mm였으며(Table 1) 측정방법간 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(ANOVA, $p < 0.05$). 측정방법 간 유의한 차이를 확인하기 위하여 Scheffe's test로 사후 검증한 결과 Orbscan II®로 측정한 경우가 다른 모든 측정방법들에 비해 유의하게 작게 측정됨을 알 수 있었다.

변동계수는 Orbscan II® 3.90%, 수동측정법 3.25%, Lenstar® 3.15%, IOLMaster® 2.96%였으며, Orbscan II® 보다는 부분결합간섭계인 Lenstar®와 IOLMaster®가 반복성이 좋았다(Table 1).

검사 방법들 중 2가지 측정치의 차이를 비교하였을 때, Orbscan II®와 Lenstar®는 -0.26 ± 0.52 , Orbscan II®와 IOLMaster®는 -0.36 ± 0.52 , Orbscan II®와 수동측정법

Table 1. Summary of white to white diameter measurements

Instrument	Mean \pm SD (mm)	Range (mm)	CV (%)
Orbscan II [®]	11.79 \pm 0.46	11.3 to 13.3	3.90
Lenstar [®]	12.05 \pm 0.38	11.32 to 12.92	3.15
IOLMaster [®]	12.15 \pm 0.36	11.47 to 12.83	2.96
Manual	12.30 \pm 0.40	11.24 to 13.26	3.25

SD = standard deviation; mm = millimeters; CV = coefficient of variation.

Table 2. The comparison of the WTW diameter measurement among the devices

Measurement	Mean difference \pm SD (mm)	<i>p</i> -value*	95% limit of agreement (mm)	Pearson correlation	<i>p</i> -value†
Orbscan II [®] -Lenstar [®]	-0.26 \pm 0.52	<0.001	-0.39 ~ 0.13	0.231	0.071
Orbscan II [®] -IOLMaster [®]	-0.36 \pm 0.52	<0.001	-0.49 ~ 0.23	0.203	0.114
Orbscan II [®] -manual	-0.51 \pm 0.52	<0.001	-0.65 ~ 0.38	0.269	0.034
Lenstar [®] -IOLMaster [®]	-0.10 \pm 0.20	<0.001	-0.16 ~ 0.05	0.857	<0.001
Lenstar [®] -manual	-0.26 \pm 0.17	<0.001	-0.30 ~ 0.21	0.906	<0.001
IOLMaster [®] -manual	-0.16 \pm 0.20	<0.001	-0.20 ~ 0.10	0.867	<0.001

SD = standard deviation; mm = millimeters.

*Paired *t*-test; †Pearson correlation.

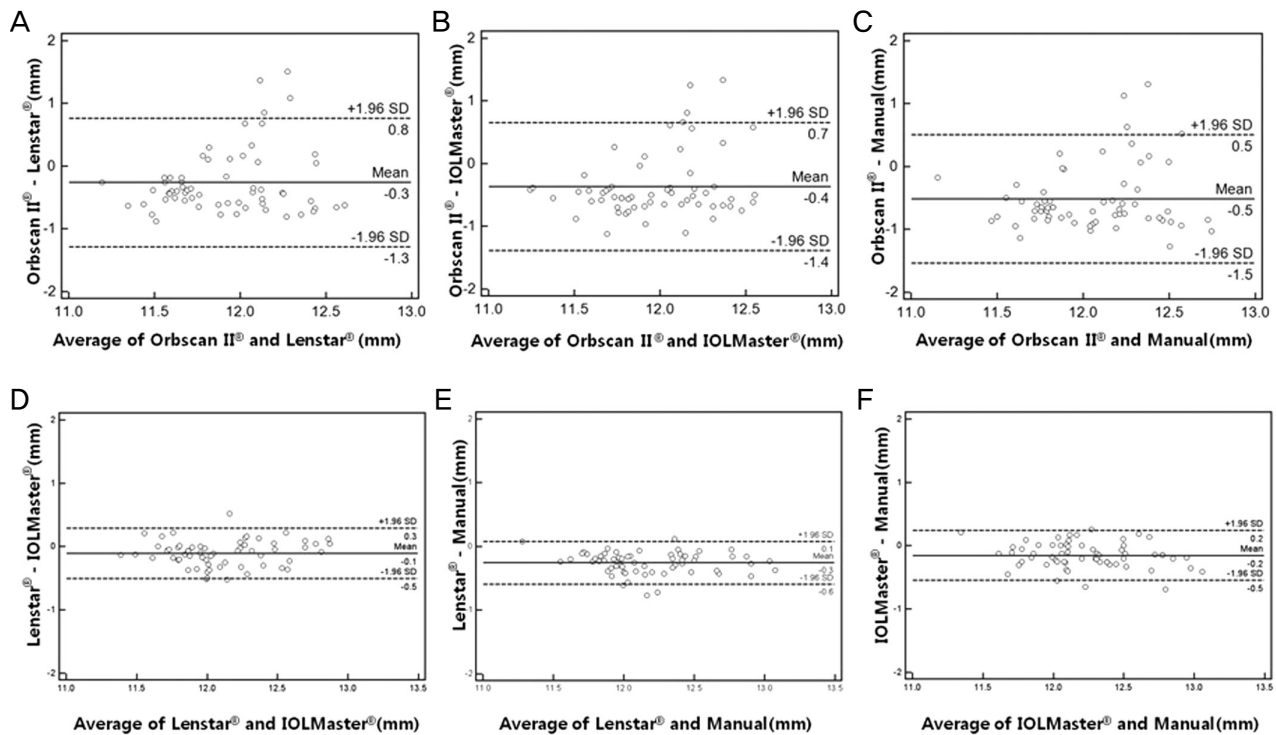


Figure 2. Bland-Altman plots for WTW measurements obtained using the 4 methods (Orbscan II[®], Lenstar[®], IOLMaster[®] and manual). The middle lines indicate means and the lines above and below represent 95% limits of agreement.

은 -0.51 ± 0.52 , Lenstar[®]와 IOLMaster[®]는 -0.10 ± 0.20 , Lenstar[®]와 수동측정법은 -0.26 ± 0.17 , IOLMaster[®]와 수동측정법은 -0.16 ± 0.20 차이가 있었다(paired *t*-test, $p < 0.05$). Orbscan II[®]를 제외한 다른 측정방법들간에는 강한 양의 상관관계가 있었다(Pearson correlation, $r > 0.8$, $p < 0.05$)(Table 2). Bland-Altman plot에서는 Orbscan II[®]

와 다른 모든 측정 방법들간에 넓은 범위의 95% limit of agreement 구간을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

고 찰

유수정체용 인공수정체는 고도 근시의 굴절 이상 교정에

최근 많이 사용되는 방법으로 시술이 비교적 간편하고 조절 기능을 보존할 수 있는 장점이 있다.⁹ 수술 전 생체 계측이 시력 예후와 합병증 방지에 중요하며, 그 중 섬모체 고랑 거리는 유수정체 인공수정체 삽입술에서 인공수정체의 크기를 결정하는 수치로 중심원개(central vault)에 있어서 중요한 역할을 한다. 섬모체 고랑 거리에 비해 인공수정체가 크면 vault가 커지며 광학부가 동공 쪽으로 밀려 색소 분산 증후군과 동공 차단 녹내장 등을 일으킬 수 있다.^{10,11} 유수정체 인공수정체가 섬모체 고랑 길이에 비해 작으면, vault가 작아 전방하 백내장이 발생할 수 있고 난시 교정 렌즈를 삽입한 경우에는 인공 수정체가 회전하여 시력 교정 효과가 떨어질 수 있다.³

1990년대에 diode laser 방식을 이용하여 빛간섭단층촬영과 비슷한 원리를 이용한 부분결합간섭계(partial coherence interferometry)인 IOLMaster[®]가 개발되었다. IOLMaster[®]는 적외선 영역(wavelength 780 nm)의 광선을 이용하여 광학적으로 생체계측을 하며 해상도는 ± 0.02 nm이고 정확도는 30 μ m이다.^{12,13} 기존의 초음파 기기와는 달리 각막의 곡률, 전방깊이 등의 정보도 제공한다.^{14,15} Lenstar[®]는 IOLMaster[®]가 diode laser를 이용하여 부분결합간섭을 만드는 것과는 다르게 superluminescence diode laser를 이용하여 부분결합간섭을 만든다.^{8,15} IOLMaster[®]보다 긴 820 nm의 파장을 이용하여 한번의 측정으로 모든 계측을 얻을 수 있으며 각막중심두께, 전방깊이, 수정체 두께, 망막두께, 동공 크기 측정이 가능하다.¹⁵

부분결합간섭계를 이용한 생체계측에 대한 기존 연구들이 있었으며 Cruysberg et al¹⁶은 건강한 수정체 76안에 대해서 Visante anterior-segment optical coherence tomography[®], Lenstar[®], IOLMaster[®]를 이용하여 측정값들의 재현성을 비교하였고, Holzer et al⁷은 200개의 건강한 수정체안에서 Lenstar[®], IOLMaster[®]로 생체 계측한 값들의 정확성을 비교하였다. 이외에 여러 연구에서 Lenstar[®]와 IOLMaster[®]는 기존의 초음파생체현미경과 비슷한 재현성, 반복성, 굴절예측치의 정확성을 지녔다고 보고하였다.¹⁶⁻¹⁸

본 연구는 임상적으로 주로 사용하였던 Orbscan II[®] 뿐만 아니라 부분결합간섭계인 Lenstar[®], IOLMaster[®] 및 전안부사진기를 이용한 수동측정법으로 측정한 각막윤부직경을 비교한 점에서 유일하며 각 측정 방법당 3회씩 측정하여 평균값을 비교하였다. 측정방법간 유의한 차이가 있었으며 (ANOVA, $p < 0.05$) 사후 검증 결과 Orbscan II[®]로 측정한 각막윤부직경이 다른 모든 측정방법들보다 짧게 측정되어 차이가 있음을 확인하였다.

Dinc et al¹⁹은 Orbscan II[®]가 IOLMaster[®] 보다 각막윤부직경이 작게 측정된다고 보고하였고, Oh et al²⁰은 Orbscan

II[®]로 측정한 각막윤부직경이 35 MHz 초음파생체현미경으로 측정한 섬모체 고랑 거리와 연관성이 없다고 보고하였다. 본 연구에서도 측정방법 사이의 상관분석결과 Orbscan II[®]는 나머지 세가지 방법과 상관관계가 낮았고 나머지 세가지 방법간에는 강한 양의 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. Bland-Altman plot에서도 Orbscan II[®]와 나머지 모든 측정 방법들간에 넓은 범위의 95% limit of agreement 구간을 보여 신뢰도가 낮음을 확인할 수 있었기에 Orbscan II[®]로 각막윤부직경을 측정하여 유수정체용 인공수정체의 크기를 결정하였던 통상적인 방법은 새로운 대안을 고려할 필요가 있다.

반복성이 높을수록 시간을 두고 같은 검사자에 의해서 생체 계측된 값의 차이가 적음을 의미하며 여러 연구들에서 기존 다른 측정방법보다 IOLMaster[®]나 Lenstar[®]가 반복성과 정확성이 좋다고 보고하고 있다.¹²⁻¹⁷ 본 연구에서도 Orbscan II[®]이 부분결합간섭계보다 변동계수가 커서 반복성이 좋지 않았기에 부분결합간섭계를 이용하는 방법이 유리하다고 생각할 수 있다. 이는 부분결합간섭계인 IOLMaster[®]와 Lenstar[®]는 홍채에 초점을 맞추고 하나의 연속된 이미지를 얻어 각막윤부직경을 측정하지만 Orbscan II[®]는 각막에 초점을 맞추고 140개로 나뉘어진 이미지를 조합한 후 각막윤부직경을 측정하기에 이러한 차이점이 생체계측 시 정확도에 영향을 줄 수 있으리라 생각한다.

유수정체용 인공수정체는 대부분 고도근시 환자를 대상으로 시행하지만 본 연구에서는 고도근시 환자와 정상인을 포함하여 각막윤부직경을 측정하였다. Lee and Jin²¹의 초음파생체현미경을 이용한 연구에 따르면 굴절 이상이 섬모체 고랑 거리 값에 영향을 미치지 않는다고 보고하고 있어 본 연구의 결과가 고도근시 환자의 유수정체용 인공수정체 결정시에도 적용될 수 있으리라 생각한다.

추후 부분결합간섭계로 측정하여 결정한 유수정체용 인공수정체로 수술하였을 때 굴절 예후나, 술 후 만족도 등에 대한 연구가 추가적으로 필요하며 좀 더 많은 임상례에서 그 결과를 비교해 보아야 할 것이다. 결론적으로 각막윤부직경은 Orbscan II[®]에서 가장 작게 측정되었고 다른 측정법들과 상관관계도 낮고 반복성이 떨어지는 경향을 보여 임상적 이용에 이러한 측정 방법들간의 차이를 고려하여야 할 것이며 기존의 Orbscan II[®]을 이용한 측정보다 부분결합간섭계인 Lenstar[®], IOLMaster[®]를 이용한 방법이 새로운 대안으로 고려되어야 할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Allemann N, Chamon W, Tanaka HM. Myopic angle-supported in-

- traocular lenses; two-year follow-up. *Ophthalmology* 2000;107:1549-54.
- 2) Gimbel HV, Ziemba SL. Management of myopic astigmatism with phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:883-6.
 - 3) Sanders DR, Schneider D, Martin R, et al. Toric Implantable Collamer Lens for moderate to high myopic astigmatism. *Ophthalmology* 2007;114:54-61.
 - 4) Choi KH, Chung SE, Chung TY, Chung ES. Ultrasound biomicroscopy for determining visian implantable contact lens length in phakic IOL implantation. *J Refract Surg* 2007;23:362-7.
 - 5) Rosen E, Gore C. Staar Collamer posterior chamber phakic intraocular lens to correct myopia and hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:596-606.
 - 6) Connors R 3rd, Boseman P 3rd, Olsson RJ. Accuracy and reproducibility of biometry using partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:235-8.
 - 7) Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. *Br J Ophthalmol* 2009;93:807-10.
 - 8) Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the LENSTAR LS 900 non-contact biometer. *Br J Ophthalmol* 2009;94:106-10.
 - 9) Jiménez-Alfaro I, Gómez-Tellería G, Bueno JL, Puy P. Contrast sensitivity after posterior chamber phakic intraocular lens implantation for high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2001;17:641-5.
 - 10) Gonvers M, Bornet C, Othenin-Girard P. Implantable contact lens for moderate to high myopia: relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:918-24.
 - 11) Jiménez-Alfaro I, Benítez del Castillo JM, García-Feijó J, et al. Safety of posterior chamber phakic intraocular lenses for the correction of high myopia: anterior segment changes after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2001;108:90-9.
 - 12) Eleftheriadis H. IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 2003;87:960-3.
 - 13) Vogel A, Dick HB, Krummenauer F. Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry : intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1961-8.
 - 14) Kielhorn I, Rajan MS, Tesha PM, et al. Clinical assessment of the Zeiss IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:518-22.
 - 15) 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.
 - 16) Baumeister M, Terzi E, Ekici Y, Kohnen T. Comparison of manual and automated methods to determine horizontal corneal diameter. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:374-80.
 - 17) Nemeth G, Hassan Z, Szalai E, et al. Comparative analysis of white-to-white and angle-to-angle distance measurements with partial coherence interferometry and optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1862-6.
 - 18) Freeman G, Pesudovs K. The impact of cataract severity on measurement acquisition with the IOLMaster. *Acta Ophthalmol Scand* 2005;83:439-42.
 - 19) Dinc UA, Oncel B, Gorgun E, et al. Assessment and comparison of anterior chamber dimensions using various imaging techniques. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010;41:115-22.
 - 20) Oh J, Shin HH, Kim JH, et al. Direct measurement of the ciliary sulcus diameter by 35-megahertz ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 2007;114:1685-8.
 - 21) Lee SC, Jin KH. Ciliary sulcus size according to refractive error using ultrasound biomicroscopy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:2093-8.

=ABSTRACT=

Comparison of White-to-White Diameters Measured by IOLMaster, Lenstar, Orbscan, and a Manual Method

Yun Jung, MD, Kyun Hyung Kim, MD

Department of Ophthalmology, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea

Purpose: To compare and evaluate device efficacy using white-to-white (WTW) diameter measurements by IOLMaster[®], Lenstar[®], Orbscan II[®], and a manual method with anterior segment photographs in normal eyes.

Methods: Three sets of WTW diameter measurements were obtained from 62 normal eyes of 31 patients, using the Orbscan II[®], Lenstar[®], IOLMaster[®], and a manual method with anterior segment photographs. Repeatability of each device was evaluated by coefficient of variation. ANOVA and Pearson's correlation were used to compare the differences among the devices. Bland Altman plot was performed to assess measurement agreement among the devices.

Results: The mean WTW distance was 11.79 ± 0.46 mm with Orbscan II[®], 12.05 ± 0.38 mm with Lenstar[®], 12.15 ± 0.36 mm with IOLMaster[®], and 12.30 ± 0.40 mm with a manual method. There were significant differences in the results among the methods (ANOVA, $p < 0.05$). There were significant correlations between the devices except Orbscan II[®] (Pearson's correlation, $r > 0.8$, $p < 0.05$). The coefficient of variation of Orbscan II[®] was larger than those of Lenstar[®] and IOLMaster[®].

Conclusions: The WTW measurement using Orbscan II[®] has low correlations with other devices and lower repeatability. Our findings suggest that partial coherence interferometry should be considered as a new standard.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1187-1192

Key Words: Biometry, Partial coherence interferometry, White-to-white

Address reprint requests to **Kyun Hyung Kim, MD**

Department of Ophthalmology, Gachon University Gil Medical Center
#21 Namdong-daero 774beon-gil, Namdong-gu, Incheon 405-760, Korea
Tel: 82-32-460-3751, Fax: 82-32-460-3358, E-mail: tigerme@naver.com