

Evolución de la biometría de coherencia óptica y las nuevas plataformas

Evolution of optical coherence biometry and the new platforms

Zucell Veitía Rovirosa^{1*}

Mario E. Plá Acebedo¹

Eneida de la C. Pérez Candelaria¹

Belkys Rodríguez Suárez¹

Rada Durán Vaquero¹

María de las M. Dueñas Moreno¹

Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia. Correo electrónico: zucella@infomed.sld.cu

RESUMEN

La interferometría de coherencia óptica es un procedimiento esencial para calcular la potencia óptica de la lente intraocular. La presente revisión describe la evolución de la biometría óptica por interferometría, las nuevas plataformas, las características técnicas, los parámetros de calibración, la interpretación de los resultados y las situaciones especiales con indicación de cirugía de catarata. Para efectuar el trabajo fueron consultadas las bases de datos de la plataforma Infomed, específicamente en la Biblioteca Virtual de Salud, *PubMed*, *Cochrane Database-Wiley Online Library*, LILACS y Scielo. El IOL Máster favorece la medición de los

parámetros biométricos oculares, ya que realiza mediciones sólidas y repetibles que incluye fórmulas de cuarta generación para el cálculo de potencia de lentes intraoculares. Actualmente se dispone en el mercado de varias plataformas para la biometría ocular usando los métodos interferométricos de alta resolución que tienen el potencial de mejorar significativamente los resultados refractivos. Estos estudios son de alta predictibilidad, lo cual permite obtener una buena agudeza visual y evita la sorpresa refractiva.

Palabras clave: Interferometría de coherencia óptica; catarata; IOL Master.

ABSTRACT

Optical coherence interferometry is an essential procedure for calculating the optical power of the intraocular lens. The present review describes the evolution of optical biometry by interferometry, the new platforms, technical features, calibration parameters, interpretation of results, and special situations in which cataract surgery is indicated. Information was collected from the databases on the Infomed platform, specifically the Virtual Health Library, PubMed, Cochrane Database-Wiley Online Library, LILACS and Scielo. IOL Master facilitates the measurement of ocular biometric parameters, since it performs solid, repeatable measurements that include fourth-generation formulas for the calculation of intraocular lens power. Several ocular biometry platforms are currently available in the market which use high resolution interferometric methods with the potential to significantly improve refractive results. These studies are characterized by their high predictability, making it possible to obtain good visual acuity and avoid refractive surprise.

Key words: Optical coherence interferometry; cataract; IOL Master.

Recibido: 08/06/2018

Aprobado: 24/07/2018

INTRODUCCIÓN

La cirugía de catarata es el proceder oftalmológico más realizado y la facoemulsificación es la técnica quirúrgica más empleada y de mejores resultados en la práctica oftalmológica para la extracción del cristalino opacificado.^(1,2) Sin embargo, uno de los principales problemas sigue siendo el cálculo con exactitud de la lente intraocular (LIO). La correcta actuación en este paso es esencial para conseguir un buen resultado refractivo.⁽³⁾

Como resultado del gran avance científico-tecnológico en la Oftalmología, se ha desarrollado la biometría, que es la ciencia que estudia las medidas de los fenómenos y los procesos biológicos. Existen dos modos de realizar el cálculo biométrico: por métodos acústicos e interferométricos.^(4,5)

Las técnicas de tomografía computarizada en Oftalmología surgieron con carácter experimental en la década de los 80 del pasado siglo, donde se empezaron a introducir nuevas tecnologías que permitieron la visualización de los tejidos *in vivo* y sin contacto con el ojo del paciente, por la necesidad que tiene la ciencia de obtener resultados histológicos de las estructuras tisulares, y así alcanzar su universo de aplicaciones clínicas. A nivel mundial son principalmente 3 los métodos comercializados para este fin: la tomografía confocal, fabricada por la casa *Heidelberg* (Alemania); la tomografía por polarimetría, de la firma *Laser Diagnostic Technologies* (LDT); y la tomografía de coherencia óptica (OCT), de la casa (*Carl Zeiss-Humphrey*). A partir de la generación del OCT3, estos tomógrafos se han dividido en dos líneas fundamentales: aquellos que brindan imágenes sobre el polo posterior del globo ocular y los que las realizan sobre el segmento anterior.⁽⁶⁾

Desde inicios de los años 90 se comenzó a comercializar las primeras versiones de la firma *Carl Zeiss Meditec AG*, en Alemania. La versión 3.02 incorporó las medidas de la queratometría (K) con queratometría automática; en la 4.1 se agregaron los datos de la K en sus diferentes meridianos y profundidad de la cámara anterior (ACD); y la versión 5.4 dispuso de un procesamiento optimizado de señal en el modo de medición de la longitud axial del ojo (ALX). Se integró el estudio de la distancia limbo-limbo o blanco-blanco

corneal o índice *white to white* (WTW) para pacientes con cirugías refractivas previas y se mejoró la toma de los parámetros de forma rápida, que propició una mayor comodidad al paciente. En la primera década del presente siglo se integraron nuevas generaciones como el IOL Máster 500, que precedió a la tecnología actual. La compañía *Zeiss* propuso la línea 700; se agregó la tecnología *OCT SWEPT Source* en la biometría para crear el primer equipo *SWEPT Source Biometry*, que es un sistema tecnológico que no depende de la luz. Es preciso, no invasivo, basado en el principio de la biometría óptica con interferometría de coherencia parcial. Además, a partir de la tercera generación de IOL Master se incorporó una base de datos y una página web con fórmulas de cuarta generación que dan alta predictibilidad y mejores resultados.^(7,8,9)

La exactitud en el cálculo preciso de la potencia dióptrica de la LIO depende de la recogida de datos biométricos preoperatorios: ALX, K, ACD y grosor del cristalino (GC), así como del control de la fabricación de las lentes. Estos parámetros o variables constituyen las principales fuentes de error biométrico que deriva en un poder incorrecto del LIO. Una serie de fórmulas matemáticas se han desarrollado para predecir el poder dióptrico necesario de la lente artificial, teniendo en cuenta la parte anatómica del ojo. Sin embargo, la biometría ocular moderna presenta variabilidad antes y después de la extracción de la catarata.^(10,11,12)

La posibilidad de un estudio rápido, inocuo, de elevada confiabilidad y precisión, han hecho de esta tecnología una herramienta valiosa para satisfacer las expectativas del paciente. La presente revisión describe la evolución de la biometría óptica por interferometría, las nuevas plataformas, las características técnicas, los parámetros de calibración, la interpretación de los resultados y las situaciones especiales con indicación de cirugía de catarata.

MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de los últimos años en diversas bibliografías publicadas sobre el IOL Master y se hizo una reseña acerca de su descripción tecnológica, aplicación práctica y fórmulas de medición para el cálculo del LIO en cirugías de cataratas complejas. Varios han sido los criterios emitidos por eminentes expertos, entre los que se destaca el Dr. *Wolfgang Haigis*, quien dijo que “pocas innovaciones han revolucionado la cirugía de cataratas, y que el IOL Máster es una de ellas”.⁽¹³⁾

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA INTERFEROMETRÍA DE COHERENCIA ÓPTICA

La biometría óptica se basa en la medición de las distancias entre las estructuras oculares mediante la interferometría de coherencia parcial, o de *Michelson*. El láser de diodo emite un haz luminoso de banda ancha en el espectro infrarrojo (780 a 1055 nm), según la generación del equipo. Este haz se divide en dos haces en el divisor, uno de los cuales es dirigido al espejo de referencia, y el otro a la retina. Esto mide distancias intraoculares no solo paralelas al eje visual, sino también a diferentes ángulos tomando de forma precisa la medición de la longitud axial a valores de 0,3 a 10 micras en una medición escala de 14-39 mm. Se ha confirmado que esta técnica tiene una mayor resolución y precisión en la medición de distancias intraoculares, en comparación con la biometría ultrasónica convencional. Cuando los haces reflejados son llevados de vuelta juntos, se produce un patrón de interferencia. Este patrón es captado por un detector apropiado. La frecuencia depende de la diferencia de los dos haces hasta que se cohesionen. De esta manera, si la diferencia es un múltiplo entero de la longitud de onda (λ), entonces la interferencia positiva ocurre. En caso de que la diferencia sea un múltiplo entero de $\lambda/2$, hay una interferencia negativa. Al instante se realiza una gráfica con las diferentes distancias recibidas y se obtiene una imagen en sentido axial (A-scan). El registro repetido de múltiples A-scan y su alineación adecuada permiten construir una imagen bidimensional. Debe resaltarse, por último, que las medidas ofrecidas por biometría óptica suelen ser más exactas que las utilizadas en otros métodos, principalmente porque mide hasta el epitelio pigmentario de la retina.^(4,14,15,16)

En el pasado se demostró que el IOL Master 500 era el estándar de oro para la biometría ocular. Actualmente su versión 700 puede medir el GC y el grosor central de la córnea (GCC) con altos niveles de repetitividad. Estos valores se pueden utilizar en las últimas fórmulas de cálculo del LIO. Específicamente, esta versión incluye la fórmula *Holladay 2*, que incorpora el GC como una variable adicional en su expresión matemática. El GC es una variable importante en la predicción de la posición efectiva de la lente en ojos con dimensiones inusuales u ojos "extremos". Por lo tanto, la nueva tecnología ayuda a predecir el resultado refractivo de manera más confiable que otros equipos similares en función de la corrección ideal.⁽¹⁷⁾

Antes de iniciar las funciones del IOL Master es necesario realizar la prueba de calibración diario que consta de tres pasos. Existen dos formas de alineación: la gruesa, donde el cabezal de medición se ajusta en el centro, y el patrón de reflexión de las 6 marcas, que debe estar en el centro de la cruz. Aquí se captura una imagen “blanco a blanco” para detectar el borde del iris. La alineación fina ajusta el patrón reflector de 18 marcas en el cabezal de medición. Además, la imagen de referencia se representa vertical y horizontal. La medición se realiza automática o de forma manual según la selección y se obtiene el resultado de la calibración confiable.⁽⁶⁾

La fijación sigue el mismo principio que la alineación fina. Después de terminar la medición, se realiza el control de calidad:

- *Medición exitosa.* Un indicador de calidad verde muestra una medición técnicamente perfecta.
- *Medición incierta.* Un indicador de calidad amarillo indicará que se debe verificar las marcas de medición correspondientes a fondo.
- *Medición fallida.* Un indicador de calidad rojo significa que no se pudieron detectar los resultados de la medición.⁽¹⁸⁾

Deben revisarse para ver si hay artefactos en B-Scans, imágenes desenfocadas, deformadas o errores en los parámetros oculares. Los valores de medición deben verificarse minuciosamente para ver si son confiables. Los mensajes de advertencia deben leerse con precaución.

Los adelantos tecnológicos de la biometría óptica permiten obtener óptimos resultados con alta calidad y reproducibilidad apoyados en fórmulas de *Hoffer Q*, *SRK/T*, *Haigis* y *Holladay II*, que incluyen constantes personalizadas, así como también los programas *Hoffer Program*, *Holladay IOL Consultant* y *Okulix*. Además, se puede utilizar una base de datos incorporada y permite optimizar en una base de datos que tiene más de 300 modelos de LIO que están validados en más de 50 000 cirugías registradas en el equipo.⁽¹⁹⁾

Gracias al desarrollo de los nuevos softwares y a la evolución de las nuevas generaciones de IOL Master existe una mejora de la calidad de la imagen ocular. Las mediciones

comprenden: longitud axial, radios corneales, profundidad de la cámara anterior, grosor del cristalino, el diámetro corneal mediante la medición del diámetro visible, WTW, diámetro pupilar, refracción preoperatoria y edad.^(19,20)

Ventajas y desventajas de la interferometría de coherencia óptica

El IOL Master es una técnica de no contacto que tiene múltiples ventajas respecto a los biómetros anteriores, entre los que se destacan: evitar las distorsiones y errores que pueden producir la depresión corneal de la biometría ultrasónica de contacto. No requiere de anestesia local ni de dilatación pupilar y no lleva implícito riesgo de infección ni de lesiones corneales; detecta el ojo derecho e izquierdo de modo automático, es útil en ojos con opacidades corneales, estafilomas posteriores, pacientes con miopía elevada, hipermetropía, astigmatismos, pacientes fáquicos, afáquicos y pseudofáquicos, pacientes con *piggyback*, sorpresas refractivas y ojos que contienen aceite de silicona. Es un procedimiento fácil, rápido, no se necesita que el paciente cambie su posición y es operativo bajo todas las condiciones luminosas. No hay que variar la velocidad del haz de luz y es válido en pacientes pseudofáquicos.^(2,6,7)

Principales ventajas del IOL Master 700:^(21,22,23)

1. Primer Biómetro *SWEPT Source Biometry*® de la *Zeiss* con Tecnología de OCT de barrido. Presenta una pantalla *multitouch* que permite manipularlo por *smartphone* o *tablet*.
2. Ofrece imágenes OCT de toda la ALX del ojo, desde el vértice de la córnea hasta el epitelio pigmentario de la retina, lo que permite la identificación de geometrías irregulares en los ojos de los pacientes en un estadio inicial y ayuda a identificar algunas patologías retinianas.
3. Realiza 2 000 escáner por segundo y permite comprobar si la fijación es correcta. Permite realizar una calibración gruesa y fina antes de comenzar los estudios. Su configuración óptica inteligente permite mediciones sólidas y repetibles, especialmente con pacientes inquietos.

4. Posee un biómetro con queratometría telecéntrica. La opción de imagen de referencia elimina la necesidad del marcado pre y posoperatorio del eje de astigmatismo en el ojo antes de implantar la LIO tórica.
5. Esta tecnología es totalmente compatible con las versiones anteriores y ofrece acceso a la base de datos completa del “Grupo de Usuarios de Biometría de Interferencia de Láser” (ULIB) por sus siglas en inglés, donde se dispone de más de 300 modelos de LIO.

El IOL Master es un método no invasivo, sencillo y rápido, pero tiene algunas limitaciones, pues no puede atravesar medios muy opacos (leucoma corneal, catarata densa o blanca, hemorragia vítrea) o falla en la medición de pacientes con patologías retinianas severas (defectos del epitelio pigmentario de la retina), aunque se han realizado estudios en cataratas brunescentes, subcapsulares, polares posteriores y cataratas maduras con aceite de silicona con agudeza visual mejor corregida (AVMC) desde movimiento de manos (MM) hasta 0,1. En todas se logró realizar las mediciones con la versión 700.^(21,22)

Un estudio clínico comparativo realizado por *R. Varsits* y otros,⁽²⁴⁾ reportaron 1 226 ojos de 613 pacientes que utilizaron el ZEISS IOL Master 700 y se logró una tasa de penetración de cataratas en más del 92 % de los casos examinados. Esto demuestra que la cantidad de pacientes que utilizan los métodos de medición por ultrasonido puede reducirse con el uso de esta técnica, lo que propicia un ahorro de tiempo en los estudios preoperatorios.

Al comparar las distintas tecnologías utilizadas para la medición estándar según parámetros morfométricos, se encontró que la longitud axial medida por IOL MASTER 700 (Zeiss) tuvo una precisión de 0,01 mm, comparando con el OA-2000 (Tomey), que registró 0,03 mm, y *Aladdin platform* de la (Topcon) con 0,05 mm. Otros parámetros como la CA tuvieron una alta repetitividad al igual que el GC en comparación con el Tomey y el Topcon.⁽¹⁸⁾

Aplicaciones para LIO Tórico: ZEISS Cataract Suite sin marcador

El *ZEISS Cataract Suite* es un componente del IOL Master 700 sin marcador para la implantación de LIO tórico. Se toma una imagen del ojo junto con la medición de

queratometría por el equipo, se marca la referencia del eje astigmático del paciente en relación con la posición del globo ocular utilizando pequeños vasos sanguíneos en la esclerótica como puntos de referencia. El *ZEISS CALLISTO* favorece que coincida con la imagen para la alineación con el ojo del paciente y rastrea continuamente la imagen para proporcionar superposiciones de asistencia. El eje del objetivo se muestra como una superposición en la imagen en vivo, vista a través de un microscopio *OPMI LUMERA* para una alineación LIO tórica sin marcas y de forma precisa. Esta combinación evita los pasos de marcado manual en la cirugía de catarata y es un avance en la implantación de LIO tórica.⁽²⁵⁾

Otra de las aplicaciones novedosas de esta tecnología para el cálculo del LIO es la Suite Haigis, y se basa en una combinación de cuatro fórmulas: Haigis, Haigis-L en cirugías refractivas por LASIK, Haigis-T para el cálculo de LIO tórico y Haigis-TL para LIO tórico en LASIK. Dependiendo de las lentes seleccionadas (es decir, LIO tórico y no tórico), se aplican Haigis y Haigis-T. Para LIO tórico, se aplica Haigis-T y para LIO esférico se usa Haigis. Las LIO tóricas y no tóricas se pueden calcular en cualquier momento y de forma simultánea. El IOL Master 700 integra las últimas fórmulas de Barrett: Barrett Universal II, True-K y Toric, en una suite. Por lo tanto, puede beneficiarse de las fórmulas de última generación que también incorporan la superficie corneal posterior.^(23,26)

Cálculo con IOL Master en pacientes vitrectomizados

La biometría óptica permite realizar las mediciones sin ninguna corrección especial, en ojos fáquicos o afáquicos que contengan aceite de silicona. Sin embargo, una catarata subcapsular posterior, una catarata muy densa, leucomas corneales centrales o hemorragias vítreas muy densas pueden hacer poco confiable la medición con esta técnica.⁽²⁾

Si el aceite de silicona va a ser retirado, se pueden realizar cálculos estándares del poder del LIO. Si el aceite va a permanecer indefinidamente, se deben realizar ajustes en la potencia del LIO para evitar hipermetropía posoperatoria significativa. Al tomar en cuenta las características de estos pacientes, vemos la importancia de realizar un cálculo del LIO lo más preciso posible, con el mínimo margen de error, que favorezca la recuperación de la agudeza visual y una mejoría de su calidad de vida.⁽²⁷⁾

Lo ideal en todo paciente que será vitrectomizado es realizar biometría y cálculo de LIO previo a la vitrectomía vía pars plana (VPP), pues se garantiza una medición exacta y real del eje ocular antero-posterior.⁽²⁷⁾ Si la cavidad vítrea está llena de aceite de silicona, la velocidad media ultrasónica es menor que un ojo normal por el alto índice de refracción de este respecto al vítreo. La velocidad media ultrasónica en pacientes fágicos sin patologías es de 1 532 m/s, mientras que la velocidad media ultrasónica del aceite de silicona de 5 000 Cst en el ojo fágico es de 1 140 m/s y en el afágico de 1 052 m/s, en un ojo de 23,5 mm de ALX. La velocidad ultrasónica varía de acuerdo con el tamaño del ojo. Un ojo con mayor ALX, alto miope, presentaría una velocidad media menor.⁽²⁰⁾

Métodos de biometría precisa en pacientes con vitrectomía vía pars plana^(25,27,28,29)

1. Se mide la longitud axial previa a la realización de VPP.
2. El método ultrasónico produce una fuerte atenuación de este y se obtiene una ALX falsamente aumentada, por lo que se debe usar un factor de corrección para evitar errores en el cálculo del LIO. Cuando se mide un ojo fágico con aceite de silicona y se usa una velocidad de 1 548 m/s se multiplica el valor obtenido por 73,57 % para encontrar un valor real de la ALX antes de introducirlo en la fórmula biométrica. Cuando se mide un ojo afágico con aceite de silicona, se multiplica el valor obtenido por 68,66 % para encontrar la ALX real. Se mencionan otros valores de corrección en la literatura.
3. ALX del ojo adelfo constituye otra de las variantes, aunque resultaría más predecible si el paciente tuviera estudios refractivos previos con los que pudiera verificarse la similitud entre ambos ojos, pues algunos pacientes presentan anisometropía axial. Las fórmulas más usadas son las de cuarta generación, porque se basan en un método de análisis de regresión de multivariantes y esto las hace más efectivas. Dentro de estas se destacan la Holladay II y la Haigis.⁽²⁷⁾

Al realizar la evaluación de estos pacientes, vemos la importancia de realizar un cálculo del LIO lo más preciso posible, con el mínimo margen de error, que favorezca la recuperación de la agudeza visual y una mejoría de su calidad de vida.⁽²⁹⁾

Por todos los elementos anteriormente señalados, consideramos que el oftalmólogo dedicado a cirugía de segmento anterior debe dominar las aplicaciones del IOL Máster como una herramienta pre y posoperatoria que ya se ha hecho imprescindible, con vistas a elevar la calidad de los implantes de LIO. Es la única tecnología abierta para futuros perfeccionamientos y desarrollo en aplicaciones biométricas. No todo está dicho; la bibliografía del tema apunta a un mayor desarrollo en los años venideros que tiene como atenuante la poca accesibilidad a esta tecnología en otros países por su elevado costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Koopman S. Cataract Surgery Devices - Global Pipeline Analysis, Competitive Landscape and Market Forecasts to 2017. London, UK: GlobalData; 2013 [acceso: 04/04/2018]. Disponible en: <https://www.asdreports.com/shopexd.asp?id=25116>
2. Cabrera J, Barojas WE. Comparación de eficacia y límites entre el IOL Máster y el ultrasonido de inmersión en el cálculo del lente intraocular en pacientes con cataratas. *Rev Mex Oftalmol.* 2009;83(6):360-5.
3. Agarwal A, Fan S, Invernizzi A, Do DV, Nguyen QD, Harms NV, et al. Characterization of retinal structure and diagnosis of peripheral acquired retinoschisis using high-resolution ultrasound B-scan. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2016;254(1):69-75.
4. Torres Hernández L. Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la lente intraocular [Tesis]. España: Universidad de Valladolid; 2012.
5. Labiris G, Giarmoukakis A, Patsiamanidi M, Papadopoulos Z, Kozobolis VP. Mini-monovision versus multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(1):53-7.
6. Akman A, Asena L, Gür G, Güngör S. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Brit J Ophthalmol.* 2015;5(1):1-5.
7. Savini G, Hoffer KJ, Shammas HJ, Aramberri J, Huang J, Barboni P. Accuracy of a new swept-source optical coherence tomography biometer for IOL power calculation and comparison to IOL Master. *J Refract Surg.* 2017;33(10):690-5.

8. Huang J, Savini G, Hoffer KJ, Chen H, Lu W, Hu Q, et al. Repeatability and interobserver reproducibility of a new optical biometer based on swept-source optical coherence tomography and comparison with IOL Master. *Brit J Ophthalmol.* 2017;101(4):493-8.
9. Mengchan S. Biometric measurements in the crystalline lens: applications in cataract surgery [Tesis]. España: Universidad de Valladolid. Facultad de Medicina; 2017.
10. Labiris G, Sideroudi H, Rousopoulos K, Kozobolis VP. Cohesive *versus* dispersive-cohesive ophthalmic viscosurgical device in torsional intelligent phaco. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(3):681-2.
11. Rozema JJ, Wouters K, Mathysen DG, Tassignon MJ. Overview of the repeatability, reproducibility, and agreement of the biometry values provided by various ophthalmic devices. *Am J Ophthalmol.* 2014;158(6):1111-20.
12. López de la Fuente C, Sánchez Cano A, Segura F, Pinilla I. Comparison of anterior segment measurements obtained by three different devices in healthy eyes. *Biomed Res Int.* 2014 [acceso: 04/04/2018]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/498080/abs/>
13. Haigis W. Intraocular lens calculation after refractive surgery for myopia: Haigis-L formula. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(10):1658-63.
14. Hui S, Yi L. Comparison of two optical biometers in intraocular lens power calculation. *Indian J Ophthalmol.* 2014;62(9):931.
15. Labiris G, Ntonti P, Ntitsos K, Katsanos A, Sideroudi H, Kozobolis V. Comparison of the biometric measurements calculated with Zeiss iOL-Master and Wavelight OB-820. *Clinical Ophthalmology*; 2017 [acceso: 04/04/2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5408945/>
16. Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Shah S, Naroo SA, Davies LN, Berrow EJ. A new optical low coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients. *Br J Ophthalmol.* 2009;93(7):949-53.
17. Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chirapapaisan N, Lertsuwanroj B, Chongchareon M. Accuracy of Holladay 2 formula using IOLMaster parameters in the absence of lens thickness value. *Graef Arch Clin Experim Ophthalmol.* 2013;251(11):2563-7.

18. Aramberri J. IOLMaster 700: Clinical experience. España: Universidad de Barcelona; 2015.
19. Hernández Silva JR, Río Torres M, Ramos López M, Curbelo Cunill L, Ramos Pereira Y, Santiesteban García I, et. al. Faco chop en la facopremium. Rev Cubana Oftalmol. 2014 [acceso: 04/04/2018]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762014000200009
20. Soler Fernández FL, Pascual Segarra J, Ribeiro F. Fuentes de Error en Queratometría y Biometría. En: Centurión V. Cristalino de las Américas-La cirugía del cristalino hoy. Panamá: Jaypee-Highlights Medical Publishers; 2016. p. 86-108.
21. Park CY, Do JR, Kim SH, Lim CY, Chuck RS. The effect of head tilt on keratometric measurement using the IOLMaster. Eye (Lond). 2013;27(12):1411-7.
22. Prager TC, Hardten DR, Fogal BJ. Enhancing intraocular lens outcome precision: an evaluation of axial length determinations, keratometry, and IOL Formulas. Ophthalmol Clin N Am. 2006;9(1):435-48.
23. Aristodemou P, Knox-Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Intraocular lens formula constant optimization and partial coherence interferometry biometry: Refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2011;37(1):50-62.
24. Varsits R, Hirschall N, Doeller B, Findl O. Increasing the number of successful axial eye length measurements using swept-source optical coherence tomography technology compared to conventional optical biometry. Europ Soc Cat Refract Surg. 2016;17(1):52-3.
25. Bethke W. The Integrated Cataract Surgical Suite. Review Ophthalmol. 2014;21(2):18-9.
26. Abulafia A. Accuracy of the Barrett True-K formula for intraocular lens power prediction after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy for myopia. J Cat Refr Surg. 2016;42(3):363-9.
27. Corcóstegui G. Cirugía combinada de catarata con vitrectomía posterior. En: Lorente R, Mendiente J. Cirugía del Cristalino. LXXIV Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología. Madrid: Ed Soc Esp Oftalmol; 2009. p. 1298-1303.

28. Kim M, Kim HE, Lee DH, Koh HJ, Lee SC, Kim SS. Intraocular lens power estimation in combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy in eyes with epiretinal membranes: a case-control study. *Yons Med J.* 2015;56(3):805-11.

29. Garcés Fernández A, Veitía Rovirosa Z, López Hernández I. Cirugía de catarata en pacientes vitrectomizados. *Rev Cubana Oftalmol.* 2013 [acceso: 10/05/2018]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S086421762013000300012&script=sci_arttext&tlng=en

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.