

Los sistemas de imágenes de alta tecnología en la cirugía de catarata

High-technology imaging systems in cataract surgery

Yoriel Cuan Aguilar,¹ Eric Montero Díaz,¹ Judith Álvarez Martínez,² Eneida Pérez Candelaria,¹ Taimi Cárdenas Díaz,¹ Iraisí F. Hormigó Puertas¹

¹ Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

² Policlínico Universitario "Felipe I. Rodríguez Ramos". San Antonio de los Baños, Cuba.

RESUMEN

La cirugía de catarata actual se ha convertido en una cirugía refractiva, pues se busca además la corrección del defecto refractivo tanto esférico como cilíndrico en el mismo proceder y, por tanto, la emetropía sin corrección óptica en todas las distancias. Para esto debemos tener una verdadera lectura del astigmatismo corneal total y una identificación correcta del meridiano a tratar. Hoy en día existen dispositivos de avanzada tecnología capaces de brindar estos y otros datos preoperatorios e intraoperatorios de gran confiabilidad. Algunos de estos sistemas como Verion, Callisto Eye y el TrueGuide, utilizan la topografía corneal con registro del limbo y, luego de capturar una imagen preoperatoria, la "recuerdan" durante la cirugía para generar el meridiano objetivo en un monitor o a través del microscopio quirúrgico, y de esta manera ayudar en la alineación precisa de la lente intraocular tórica. Incluso pueden ofrecer imágenes tridimensionales en vivo. Otros, por su parte, utilizan la aberrometría de frente de onda intraoperatoria para ayudar al cirujano a elegir el poder de la lente intraocular tórica y luego alinearla, como los sistemas ORA y Holos IntraOp. Estos instrumentos proporcionan retroalimentación refractiva continua en tiempo real para la corrección astigmática en el mismo acto quirúrgico. Sin dudas, estos sistemas son parte de una revolución tecnológica dentro del campo de la cirugía del cristalino actual que posibilitan una mayor precisión y predicción de los resultados refractivos y constituyen elementos imprescindibles si queremos conseguir una cirugía de catarata de excelencia. Se realiza esta revisión con el objetivo de obtener información acerca de los sistemas de imágenes de alta tecnología que se usan hoy día en la cirugía del cristalino y mostrar sus potencialidades para obtener resultados refractivos posoperatorios más exactos.

Palabras clave: Sistemas de imágenes; topografía; aberrometría; astigmatismo; meridiano.

ABSTRACT

Current cataract surgery has become refractive surgery, for it is also aimed at correcting both spherical and cylindrical refractive defects in the same procedure, thus achieving emmetropia without optical correction at all distances. For this we must have a true reading of the total corneal astigmatism and a correct identification of the meridian to be treated. Today there are advanced technological devices capable of providing these and other preoperative and intraoperative data with great reliability. Some of these systems, such as Verion, Callisto Eye and TrueGuide, use corneal topography with limbus registration and after capturing a preoperative image, they "remember" it during surgery to generate the target meridian on a monitor or through the surgical microscope, thus helping achieve precise alignment of the toric intraocular lens. They can even offer live three-dimensional images. Others, such as the ORA and Holos IntraOp systems, use intraoperative wavefront aberrometry to help the surgeon choose the power of the toric intraocular lens and then align it. These instruments provide continuous refractive feedback in real time for astigmatic correction in the same surgical act. Undoubtedly, these systems are part of a technological revolution within the field of current crystalline lens surgery that enable greater precision and prediction of refractive results and are essential elements if we want to achieve cataract surgery of excellence. This review was conducted to obtain information about high-technology imaging systems currently used in crystalline lens surgery, and show their potential to achieve more accurate postoperative refractive results.

Key words: Imaging systems; topography; aberrometry; astigmatism; meridian.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la cirugía de catarata se ha convertido en una cirugía refractiva pues, además de eliminar el cristalino opacificado, se busca la corrección del defecto refractivo tanto esférico como cilíndrico durante el mismo acto quirúrgico, con el objetivo de alcanzar una emetropía con total independencia de espejuelos.¹

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías y los lentes intraoculares (LIOs) plegables, se ha reducido el tamaño de la incisión en córnea clara, lo que trae consigo reducción del astigmatismo inducido quirúrgicamente, que se traduce en una mejor calidad visual de los pacientes.² Las LIOs multifocales ofrecen la posibilidad de la emetropía en todos los focos, pero la presencia de un astigmatismo puede mermar la calidad visual con este tipo de lentes.¹ El mismo defecto astigmático preoperatorio puede llevar a un empeoramiento de la agudeza visual tanto en las distancias intermedia como cercana.³

Aproximadamente tres de cada cuatro pacientes que se presentan para una cirugía de catarata de rutina tienen un astigmatismo preoperatorio de 0,75 dioptrías o más.⁴ El 60 % de estos pacientes requerirá también corrección del astigmatismo dentro de la

propia cirugía del cristalino.⁵ En este sentido, se ha observado la existencia de un astigmatismo corneal posterior significativo que puede influir sobre el poder corneal.⁶⁻⁸ Existen sistemas automatizados capaces de realizar una lectura del astigmatismo corneal total a través de la medición del astigmatismo posterior de la córnea. Estos dispositivos se han ido incorporando como parte de paquetes integrados con otros sistemas, que ofrecen datos precisos preoperatorios e intraoperatorios de gran confiabilidad.⁹

Una vez que se identifique el astigmatismo sobre un meridiano determinado, se utilizará algún tipo de guía que permita identificarlo exactamente para tener la posibilidad de actuar sobre él. El método menos costoso, pero posiblemente también menos exacto, es colocar marcas de tinta en la córnea.¹⁰ También existe el dispositivo Thermodot, que hace una pequeña marca de cauterio que elimina la necesidad de tinta con duración hasta dos días después.¹¹ La mayor precisión para identificar el meridiano diana durante la cirugía de catarata, la ofrecen los sistemas de guía digital. Con esas tecnologías se identifica el meridiano a tratar con una línea de luz fina, a diferencia de la realizada con la marca de tinta, con mucha mayor precisión.¹¹ Algunos de estos sistemas de alta tecnología utilizan la topografía corneal para generar el meridiano objetivo en un monitor o a través del microscopio quirúrgico. Otros, por su parte, utilizan la aberrometría de frente de onda intraoperatoria para ayudar al cirujano a elegir el poder de la LIO y luego alinear la lente tórica con el eje adecuado.⁹

Existen diferentes procedimientos para reducir el astigmatismo dentro de la misma cirugía de catarata, entre los que se encuentran la realización de la incisión quirúrgica principal en una localización determinada, las incisiones relajantes límbicas (IRLs) y el implante de un LIO tórico. Esta última variante ha demostrado ser una de las alternativas más efectivas y predecibles en la reducción del cilindro refractivo residual.¹⁰⁻¹³ Las LIOs tóricas se consideran lentes Premium. Estas reducen o eliminan eficazmente el astigmatismo y mejoran la visión después de la cirugía de catarata, en algunos casos dramáticamente. Sin embargo, su eje tórico debe estar alineado con precisión en el meridiano objetivo.^{11,14-16} De ahí la importancia de determinar correctamente el astigmatismo total y la localización del meridiano diana con extrema exactitud.⁹ Es por esto que disponer de dispositivos de imágenes que brinden asistencia en la cirugía de catarata a través de una guía digital intraoperatoria se hace casi imprescindible en la actualidad.¹⁷⁻²⁰

Con el objetivo de obtener información actualizada acerca de los sistemas de imágenes de alta tecnología que se usan hoy día en la cirugía del cristalino y mostrar sus potencialidades para obtener resultados refractivos posoperatorios más exactos, realizamos este trabajo de revisión mediante búsquedas en diferentes publicaciones relacionadas con la especialidad en la última década, para la cual fueron utilizadas bases de datos de revistas y sitios webs líderes de Oftalmología.

SISTEMAS DE IMÁGENES DE GUÍA DIGITAL EN CIRUGÍA DE CATARATA

Se realizó una búsqueda de los últimos diez años de diversos artículos y estudios que hacen referencia a los sistemas de imágenes de guía digital intraoperatorio en la cirugía del cristalino. En la última década se han desarrollado varias modalidades de dispositivos de imágenes que pueden proporcionar una guía digital intraoperatoria y ayudan a orientar al cirujano para disminuir tanto el astigmatismo existente como la inducción de nuevo astigmatismo quirúrgico, a través de la alineación tórica de la LIO y en la planificación de las incisiones corneales periféricas. Incluso, algunos de estos dispositivos tienen la capacidad de visualización tridimensional de la cirugía a través de una pantalla de gran formato.¹⁸⁻²⁰

Dentro de estos dispositivos de alta tecnología se encuentran el Callisto Eye con Z-Align (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Alemania), el iTrace con Zaldivar Toric Caliper (Tracey Technologies, Houston, EE.UU.), el software TrueGuide (TrueVision 3D Surgical, Inc., Santa Bárbara, EE.UU.), y el sistema Verion Image Guided (Alcon Laboratories, Ft. Worth, EE.UU.).¹⁷⁻²⁰ También existen otras tecnologías actualmente disponibles que se han ido sumando a la lista anterior y que sin duda alguna han revolucionado la cirugía de catarata actual como los sistemas ORA (WaveTec Vision), Holos IntraOp de Clarity Medical Systems y Cirle Surgical Navigation (Bausch & Lomb Inc., Dornach, Germany).²¹ Pero todos estos dispositivos se basan en dos mecanismos básicos para lograr la orientación digital intraoperatoria: la topografía corneal y la aberrometría de frente de onda intraoperatoria.^{9,11}

SISTEMAS DE GUÍA QUIRÚRGICA QUE USAN LA TOPOGRAFÍA

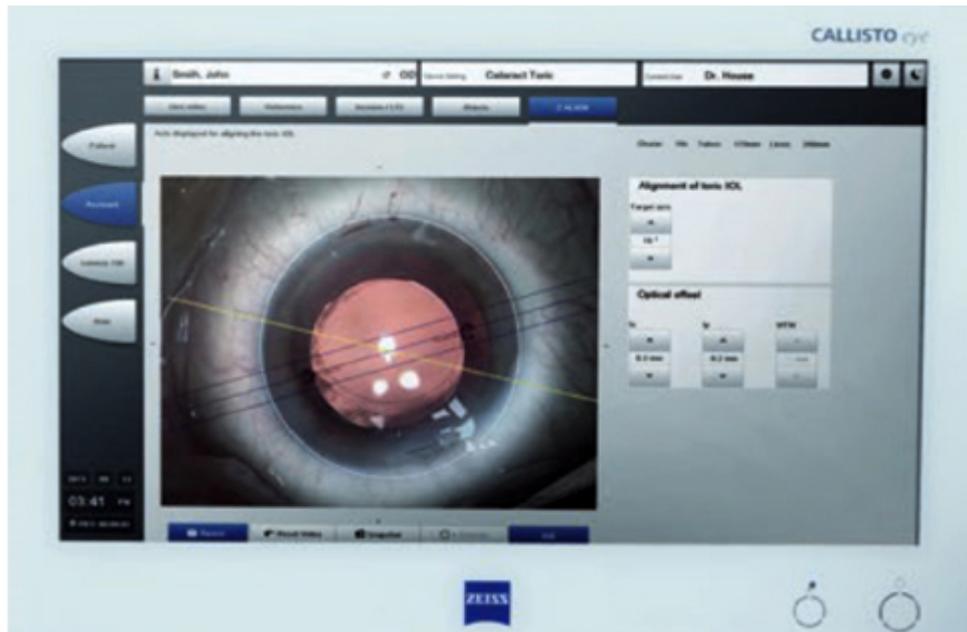
Los sistemas Zeiss Cataract Suite Markerless, TrueGuide y Verion, son tres sistemas de guía quirúrgica de alta tecnología disponibles en el mercado actualmente, que junto al sistema Cirle Surgical Navigation de más reciente aparición, se consideran un gran paso de avance en la cirugía de catarata moderna por toda la información que aportan durante el acto quirúrgico.²¹ Estos sistemas continúan combinando la huella dactilar del iris con el registro límbico de alta tecnología, ya que se puede modificar la anatomía conjuntival con el uso de diversas sustancias, pero la anatomía periférica del iris se mantiene de manera consistente.^{21,22} La *Zeiss Cataract Suite Markerless* obtiene toda la información con el biómetro IOLMaster, que mide la longitud axial del ojo y la queratometría (K), los que plasma en una imagen del ojo. Esta requiere solo el uso integrado de equipamiento Zeiss: IOLMaster, Callisto Eye y el microscopio OPMI Lumera 700.^{9,23}

El Callisto Eye (Fig. 1) funciona como un puente que conecta a los modelos de IOLMaster 500 y 700 con el microscopio Lumera, lo que permite al cirujano acceder a datos biométricos preoperatorios y planear en el salón de operaciones, pues la información puede ser mostrada ya sea a través de los oculares o en una pantalla adjunta al microscopio.^{21,24}

El Callisto Eye importa una imagen de referencia digital de alto contraste obtenida por el biómetro IOLMaster para determinar el eje de referencia y proporcionar un seguimiento ocular intraoperatorio mediante registro automático.^{9,17,23} A través de este aparece el eje en el binocular en forma de una carretera de dos carriles, lo que hace que sea muy fácil alinear la lente.^{11,22} El pedal del microscopio Lumera se puede utilizar para controlar la visualización de las diferentes herramientas de guía en los oculares y un sistema de seguimiento integrado garantiza que las plantillas digitales superpuestas ajusten los cambios en el movimiento ocular.²¹

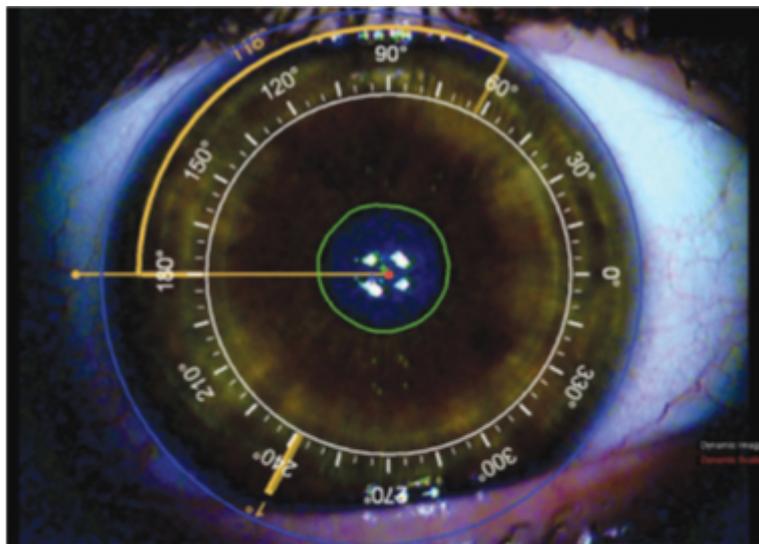
Las funciones de asistencia quirúrgica de este sistema incluyen a la incisión quirúrgica principal, las IRLs, la capsulorrexis y la alineación de la LIO tórica. La función K Track permite a los cirujanos visualizar la curvatura corneal a través de un queratoscopio incorporado. Esto puede ser útil en casos como los trasplantes de córnea.²¹ Dispone además de funciones de grabación y edición bidimensionales, que son útiles para la docencia y para revisar casos. Sin embargo, el sistema carece de capacidad de capturar datos de la superficie posterior de la córnea.^{9,17,21}

El Sistema iTrace mide preoperatoriamente la topografía corneal y la queratometría del paciente; muestra los datos de la topografía corneal y un retículo superpuesto en una fotografía de la córnea y del limbo del paciente. La herramienta Zaldivar Toric Caliper puede usarse para calcular la diferencia angular en grados entre el meridiano más curvo (eje buscado para la LIO tórica) y las marcas o puntos de referencias iridianos o limbares, tanto en la zona nasal como temporal. Esta información se puede imprimir y llevar al salón de operaciones para la orientación intraoperatoria durante la alineación de la LIO tórica (Fig. 2).¹⁷



Fuente: Carl Zeiss Meditec AG, 2015
([https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/0D2B0B8201B86B28C1257BF6002FB70D/\\$FILE/zeiss_cataract_suite_markerless_en_32_010_0002ii.pdf](https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/0D2B0B8201B86B28C1257BF6002FB70D/$FILE/zeiss_cataract_suite_markerless_en_32_010_0002ii.pdf)).

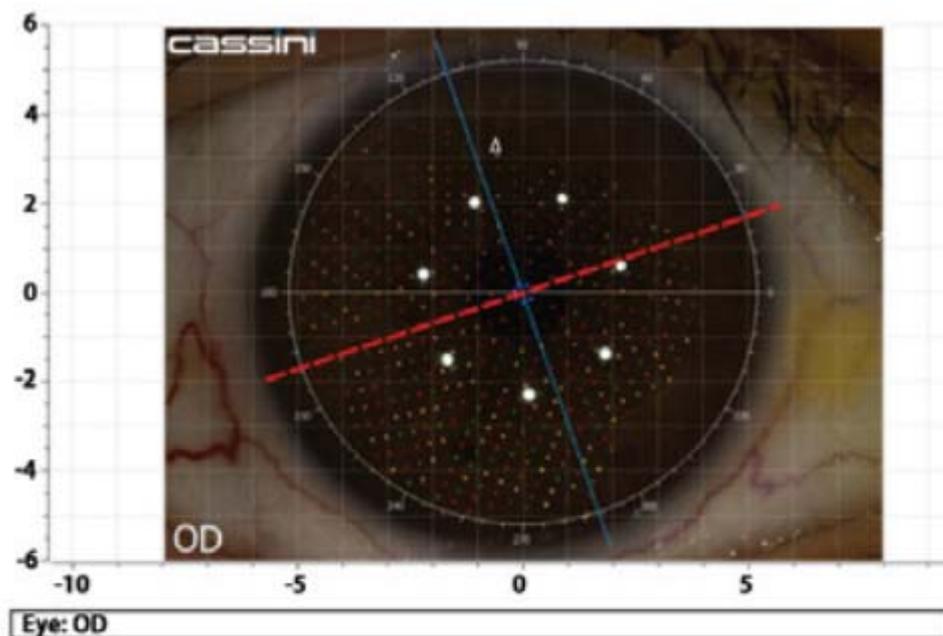
Fig. 1. El Callisto Eye funciona como puente que conecta al IOLMaster con el microscopio Lumera.



Fuente: Ventura BV, Wang L, Weikert MP, Robinson SB, Koch DD. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. *Arq Bras Oftalmol.* 2014;77(2): 125-31 (<http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20140032>).

Fig. 2. Imagen del iTrace con el uso de la herramienta Zaldivar Toric Caliper.

El Sistema TrueGuide es otra de estas tecnologías guiado por ordenador, el cual es compatible con cualquier microscopio quirúrgico. Este sistema proporciona un circuito cerrado desde la planificación y la orientación quirúrgica en tiempo real, con un sistema de visualización tridimensional (3 D) de alta definición que lo hace único. Está basado en la nube, que permite la entrada de datos del paciente en cualquier lugar, mejora el flujo de trabajo y reduce el riesgo de errores de transferencia; también actúa como un sistema de archivo.^{9,22} Todos los sistemas vienen con capacidades de grabación y edición en segunda dimensión (2 D) y 3 D. El software TrueGuide utiliza una fotografía preoperatoria importada digitalmente y un registro intraoperatorio con una vista 3 D en vivo que permite la orientación quirúrgica intraoperatoria digital y la alineación de las LIOs tóricas. Es capaz de compensar cualquier ciclotorción sin necesidad de marcado ocular preoperatorio.¹⁷ El topógrafo i-Optics Cassini (i-Optics, The Hague, Netherlands) se utiliza para obtener la imagen preoperatoria de alta resolución del ojo del paciente (Fig. 3).¹⁷



Fuente: Ventura BV, Wang L, Weikert MP, Robinson SB, Koch DD. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. *Arq Bras Oftalmol.* 2014;77(2): 125-31 (<http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20140032>).

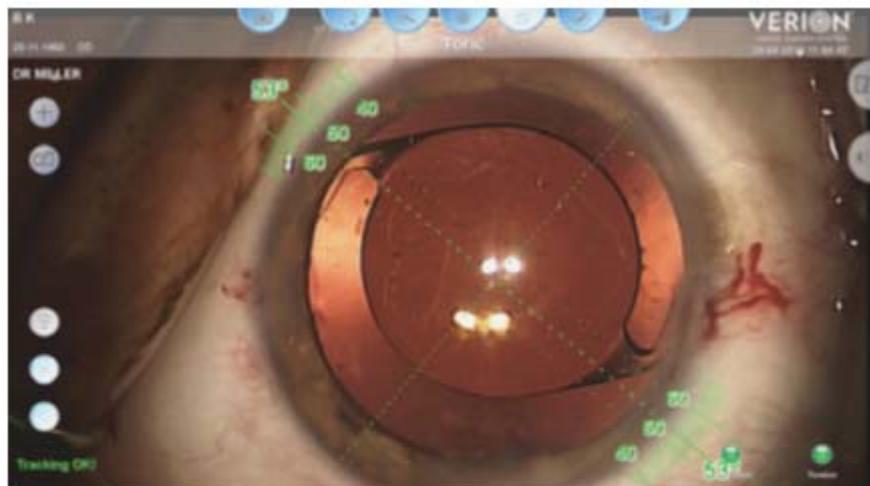
Fig. 3. Topografía Cassini superpuesta sobre una fotografía de la córnea y limbo del paciente. La línea azul corresponde con el meridiano más curvo del paciente y la línea roja al meridiano más plano.

El TrueGuide puede proporcionar valores topográficos y astigmáticos. Una imagen a color de alta resolución del ojo sugiere el plan de tratamiento y la LIO para usar; haciendo cálculos en tiempo real para vincular la ubicación de la incisión a la posición de la LIO y de esta forma tener un bajo astigmatismo residual posquirúrgico. Con el seguimiento en vivo, el sistema se puede utilizar sin problemas con oculares o se puede ver el ojo en pequeños monitores o en una pantalla 3 D más grande. Según expertos, estas dos últimas opciones de vista fuera del eje pueden tomarle al cirujano algún tiempo para adaptarse.⁹

El software está disponible para guiar el tamaño y la ubicación de la capsulorrexis, los arcos de las IRLs manuales, la zona óptica, el eje y la alineación tórica de la LIO. Además, la superposición de imágenes con pupila no dilatada ayuda a encontrar el centro pupilar para el centrado correcto del LIO, que es especialmente útil con implantes multifocales. Con la opción de la pantalla 3 D, un número creciente de cirujanos del segmento anterior y algunos cirujanos innovadores de vítreo-retina, están pasando a la cirugía dirigida 3 D sin la necesidad de los oculares tradicionales.²¹ La última integración de esta tecnología fue con la plataforma de femtosegundo Lensar (Lensar Inc., Orlando, FL, USA) para ayudar a los cirujanos a planificar la colocación de las incisiones láser y evitar la ciclotorción.^{21,22}

El Sistema Verion Image Guided consiste en una Unidad de Referencia preoperatoria y un dispositivo de planificación, que captura y utiliza una imagen de alta resolución del ojo para determinar los valores de K, el diámetro del limbo, el tamaño, la localización pupilar y otros datos biométricos.^{21,23} La Unidad de Referencia detecta, además, automáticamente los vasos esclerales y del limbo, la pupila y las características del iris.⁹ Facilita la alineación adecuada sin necesidad de marcas oculares preoperatorias y el seguimiento del ojo en tiempo real durante la cirugía, pues hace coincidir la imagen preoperatoria con el ojo en vivo en el salón de operaciones, utilizando como referencia los detalles anatómicos previamente detectados.^{17,23}

La información de la Unidad de Referencia se visualiza en el Marcador Digital Verion, que se puede utilizar en la mayoría de los microscopios quirúrgicos y con el láser de femtosegundo LenSx (Alcon). Los datos de guía pueden visualizarse en una pantalla 2 D o a través del microscopio quirúrgico (Fig. 4).^{9,12} También hace otras planificaciones importantes como las guías para las IRLs, para la capsulorrexis y para alinear un LIO multifocal al final de la cirugía.^{9,12}



Fuente: Ventura BV, Wang L, Weikert MP, Robinson SB, Koch DD. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. Arq Bras Oftalmol. 2014;77(2): 125-31 (<http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20140032>).

Fig. 4. Marcador digital Verion en una vista en vivo del ojo del paciente.

Con la plataforma LenSx ayuda a los cirujanos a desarrollar planes de tratamiento en términos de construcción de la herida quirúrgica, incisiones arqueadas limbares, posicionamiento de lentes tóricas y selección del poder de la LIO, teniendo en cuenta errores de ciclotorsión, mientras el ojo está acoplado al láser.²³ Verion también incluye la comunicación inalámbrica del pedal con el Sistema Centurion Vision (Alcon).⁹

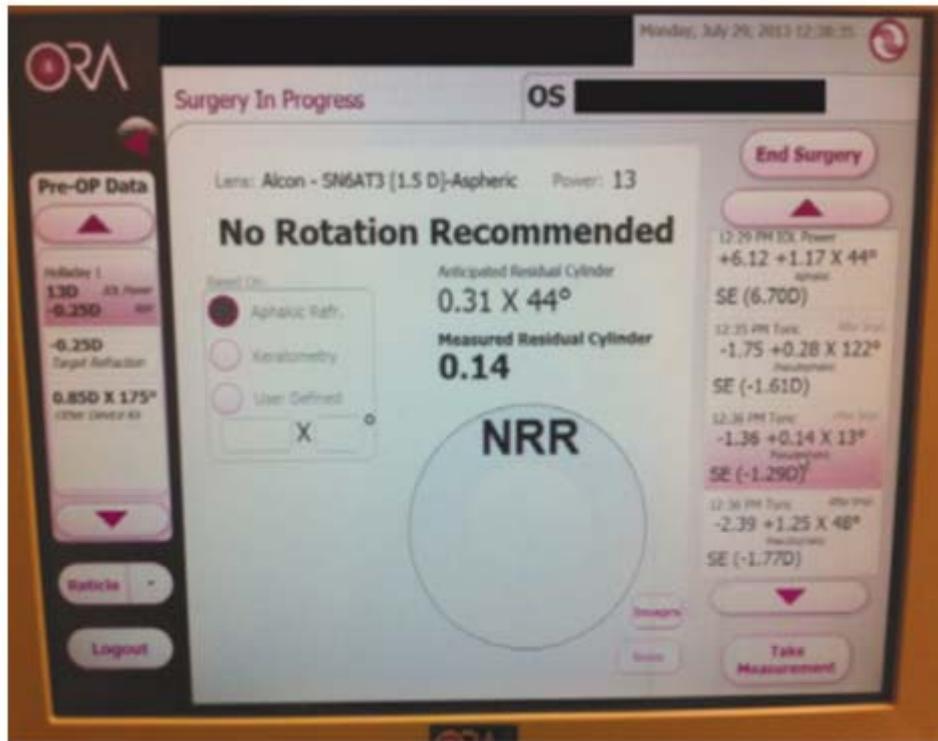
La ventaja de este sistema es la integración de la imagen de referencia, las lecturas queratométricas y la planificación de la cirugía preoperatorias, con la guía digital y la orientación intraoperatorias superpuestas sobre una vista del ojo en vivo.^{12,20,25} Sin embargo, el sistema todavía carece de la capacidad de medir la longitud axial del ojo. El cálculo de la potencia de la lente debe realizarse por separado.⁹

El Sistema Cirle Surgical Navigation (Bausch & Lomb Inc., Dornach, Germany), es uno de los sistemas de su tipo de más reciente invención y está diseñado para proporcionar una guía tridimensional usando los binoculares del microscopio durante la cirugía de catarata.²¹ Este sistema proyecta automáticamente puntos de referencia tridimensionales, retículas y plantillas de guía a través de los oculares del microscopio. A medida que el oftalmólogo mira el campo quirúrgico, los gráficos digitales siguen al ojo y parecen estar flotando libremente encima de este en 3 D. Esto responde a las guías de imagen Holotagging de Cirle y a la tecnología de adquisición de imágenes StereoCapture.²¹ Sin embargo, este novísimo sistema combina la huella dactilar del iris con el registro límbico de alta tecnología como sus predecesores.²² El sistema es independiente, con una gran pantalla táctil que los cirujanos usan para planificar y controlar las distintas funciones del software y para ver la biometría preoperatoria y otros datos importantes. También hay un pedal controlado por el cirujano para activar y desactivar las diferentes características digitales visualizadas a través de los oculares.²¹

SISTEMAS QUE USAN ABERROMETRÍA POR FRENTE DE ONDA INTRAOPERATORIA

El Sistema ORA es probablemente el más evolucionado de las tecnologías en esta categoría. La unidad de captura de imágenes del dispositivo se conecta a la parte inferior del microscopio quirúrgico y emplea interferometría para medir el estado refractivo del ojo durante la cirugía. ORA puede capturar datos refractivos sobre el ojo en estado afáquico y pseudofáquico, que luego se muestran a través de una pantalla táctil independiente. Los datos se muestran como una refracción con esfera, cilindro y eje.²¹ Determina la magnitud y el eje del astigmatismo después de la remoción de la catarata y las IRLs (Fig. 5). La entrada de información pre y posoperatoria en el sistema de datos ayuda a optimizar el cálculo de potencia ORA IOL para cada modelo de lente y cirujano.⁹

Mediante el uso de fórmulas biométricas patentadas y nomogramas personalizados, puede usar los datos afáquicos para seleccionar la potencia de la LIO adecuada para el paciente. Los datos pseudofáquicos son útiles para posicionar LIO tóricas, realizar IRLs de forma manual y valorar la apertura de IRLs creados con femtoláser. Esta tecnología está demostrando ser especialmente útil en ojos largos y cortos así como casos de cirugía refractiva corneal previa donde la obtención de valores queratométricos precisos puede ser un desafío.²¹



Fuente: Ventura BV, Wang L, Weikert MP, Robinson SB, Koch DD. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. *Arq Bras Oftalmol.* 2014;77(2):125-31 (<http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20140032>).

Fig. 5. ORA puede capturar datos refractivos en ojos en estado afáquico y pseudofáquico, que luego se muestran en la pantalla como una refracción con esfera, cilindro y eje.

ORA es considerado especialmente útil para determinar el astigmatismo de la superficie corneal posterior y para refinar el eje de una lente tórica. El dispositivo dirá si se debe rectificar la alineación de una manera u otra y cuando no se recomienda ninguna rotación adicional. Dispone de un procesador de imágenes más rápido, que produce algo más cercano al video que las fotografías fijas; tarda mucho menos, dependiendo de las irregularidades de la superficie ocular y de la cooperación del paciente.^{21,22}

El Sistema Holos Intraop es un aberrómetro intraoperatorio diseñado para tomar en tiempo real las refracciones del ojo durante la cirugía tanto en los estados afáquicos como pseudofáquicos. Las lecturas afáquicas están destinadas a guiar la selección correcta de la potencia del LIO, y las lecturas pseudofáquicas pueden ayudar al cirujano a manejar las incisiones arqueadas y a colocar las lentes tóricas para dejar el ojo con el menor astigmatismo posible. Las mediciones de frente de onda obtenidas por Holos son únicas en la forma en que el sistema puede capturar regiones selectas del frente de onda con análisis de datos algorítmicos detallados.²¹

Tanto el sistema ORA como el Holos IntraOp tienen la posibilidad real de poder desarrollar algoritmos que se correlacionen estrechamente con el error refractivo posoperatorio, lo que podría hacer desaparecer las costosas pruebas preoperatorias en un futuro inmediato.^{9,22} Sin embargo, los pacientes que han sufrido una queratotomía radial todavía pueden representar un desafío para la aberrometría de

frente de onda intraoperatoria. Además, por estar los aberrómetros montados directamente en el fondo de los microscopios quirúrgicos, ocupan más espacio y a menudo necesitan ser envueltos en plástico estéril, lo que agrega otro paso durante la cirugía que puede retardarla.⁹

EL FUTURO DE LOS SISTEMAS DE IMÁGENES

Los expertos prevén que la integración sinérgica entre estos sistemas de imágenes sea el futuro de estas tecnologías en la cirugía de catarata. Existe cierta semejanza entre los sistemas, pero cada uno tiene características únicas.^{9,18,22,26} Incluso, en comparaciones que se han establecido entre algunos de ellos, no se ha podido determinar la superioridad de un sistema sobre el otro.²⁷ También con los láseres de femtosegundo se prevé una mayor integración y está llamada a ser el siguiente paso para crear un proceso de planificación y ejecución quirúrgicos sin fisuras.^{9,18,22,26}

La incorporación de estos sistemas de imágenes de alta tecnología a la cirugía de catarata, unidos a los demás adelantos tecnológicos actuales, constituyen una revolución tecnológica dentro del campo de la cirugía del cristalino, que posibilitará una mayor precisión y predicción de los resultados refractivos buscados para nuestros pacientes. Estas tecnologías se harán imprescindibles si queremos conseguir una cirugía de catarata de excelencia, para responder a los niveles más altos de exigencias.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cristóbal JA, Del Buey MA. Corrección del astigmatismo en la cirugía del cristalino. Capítulo 101. En: Centurión V, Nicoli C, Chávez ME. Cristalino de las Américas - La cirugía del cristalino Hoy. Editorial Jaypee- Highlights Medical Publishers, Inc.; 2016.
2. Alió JL, Rodríguez- Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery *versus* coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology*. 2005; 112(11):1997-2003.
3. Stangoniannis DE, Stangoniannis DC. Calidad de visión en cirugía de catarata. Capítulo 6. En: Centurión V, Nicoli C, Chávez ME. Cristalino de las Américas- La Cirugía del Cristalino Hoy. Edición en Español. Editorial Jaypee- Highlights Medical Publishers, Inc.; 2016.
4. Khan MI, Muhtaseb M. Prevalence of corneal astigmatism in patients having routine cataract surgery at a teaching hospital in the United Kingdom. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(10):1751–5.
5. Cristóbal JA, Mateo A, Faus F. Bases del astigmatismo. En: Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Madrid: Ed Mac Line. 2006: 33-40.

6. Oshika T, Tomidokoro A, Tsuji H. Regular and irregular refractive powers of the front and back surfaces of the cornea. *Exp Eye Res.* 1998;67(4):443–7.
7. Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of posterior corneal astigmatism according to axis orientation of anterior corneal astigmatism. *PLoS One.* 2015;10(1):0117194.
8. Goggin M, Zamora-Alejo K, Esterman A, van Zyl L. Adjustment of anterior corneal astigmatism values to incorporate the likely effect of posterior corneal curvature for toric intraocular lens calculation. *J Refract Surg.* 2015;31(2):98–102.
9. Stuart A. High-Tech Toric IOL Axis Alignment. *EYENET*; 2015 [citado 4 de abril de 2018]:40-5. Disponible en: <https://www.aao.org/eyenet/article/high-tech-toric-iol-axis-alignment>
10. Farooqui JH, Koul A, Dutta R, Shroff NM. Comparison of two different methods of preoperative marking for toric intraocular lens implantation: bubble marker *versus* pendulum marker. *Int J Ophthalmol.* 2016;9(5):703–6.
11. Kent C. Toric IOLs: nailing the target meridian. Surgeons explain how to provide your patients with outstanding results using these lenses. *Review of Ophthalmology*; 2017 [citado 4 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/toric-iols-nailing-the-target-meridian>
12. Davison JA, Potvin R. Refractive cylinder outcomes after calculating toric intraocular lens cylinder power using total corneal refractive power. *Clin Ophthalmol.* 2015;9:1511–17.
13. Hirnschall N, Gangwani V, Crnej A, Koshy J, Maurino V, Findl O. Correction of moderate corneal astigmatism during cataract surgery: toric intraocular lens *versus* peripheral corneal relaxing incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(3):354–61.
14. Visser N, Berendschot TT, Bauer NJ, Nuijts RM. Vector analysis of corneal and refractive astigmatism changes following toric pseudophakic and toric phakic IOL implantation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(4):1865-73.
15. Visser N, Bauer NJ, Nuijts RM. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(4):624-37.
16. Doors M, Budo CJ, Christiaans BJ, Luger M, Marinho AA, Dick HB, et al. Artiflex Toric foldable phakic intraocular lens: short-term results of a prospective European multicenter study. *Am J Ophthalmol.* 2012;154(4):730-9.
17. Ventura BV, Wang L, Weikert MP, Robinson SB, Koch DD. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. *Arq Bras Oftalmol.* 2014;77(2):125-31.
18. Holzer M. Evaluation of image guidance system during cataract and refractive surgery. *ASCRS ASOA Symposium and Congress*; 2015 [citado 4 de abril de 2018]. Disponible en: <https://ascrs.confex.com/ascrs/15am/webprogram/Paper17342.html>
19. Coleman M, Stark W, Daoud Y. A comprehensive guide to managing astigmatism in the cataract patient. *Exp Rev Ophthalmol* 2014;9:539-44.
20. Elhofi AH, Helaly HA. Comparison between digital and manual marking for toric intraocular lenses. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(38):1618.

21. Robert J. Weinstock. The latest and greatest in intraoperative guidance tools. *Cat Refract Surg Tod.* 2014 [citado 4 de abril de 2018]. Disponible en: <https://crstoday.com/articles/2014-jun/the-latest-and-greatest-in-intraoperative/>

22. Browne AW, Osher RH. Optimizing precision in toric lens selection by combining keratometry techniques. *J Refract Surg.* 2014; 30: 1: 67-72.

23. Bethke W. The integrated cataract surgical suite. *Review of Ophthalmology.* 2014 [citado 4 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/the-integrated-cataract-surgical-suite>

24. Zeiss Cataract Suite markerless. Products designed to work together for markerless toric IOL alignment. Carl Zeiss Meditec AG, 2015. [https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/OD2B0B8201B86B28C1257BF6002FB70D/\\$FILE/zeiss_cataract_suite_markerless_en_32_010_0002ii.pdf](https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/OD2B0B8201B86B28C1257BF6002FB70D/$FILE/zeiss_cataract_suite_markerless_en_32_010_0002ii.pdf)

25. Woo YJ, Lee H, Kim HS. Comparison of 3 marking techniques in preoperative assessment of toric intraocular lenses using a wavefront aberrometer. *J Cat Refr Surg.* 2015; 41: 1232-40.

26. Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cat Refr Surg.* 2012; 38(12): 2080-7.

27. Hura AS, Osher RH . Comparing the Zeiss Callisto Eye and the Alcon Verion Image Guided System Toric Lens Alignment Technologies. *J Refract Surg.* 2017; 33(7): 482-7.

Recibido: 03 de enero de 2018.

Aprobado: 16 de julio de 2018.

Yoriel Cuan Aguilar. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba. Correo electrónico: yoriel.cuan@infomed.sld.cu