

IMAGEN CUANTITATIVA DEL SEGMENTO ANTERIOR DEL OJO

Área Temática- Física Aplicada a Ciencias de la Visión

Susana Marcos

Instituto de Óptica "Daza de Valdés, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

No cabe duda de que las técnicas de imagen del segmento anterior del ojo constituyen una herramienta fundamental de diagnóstico y evaluación para el oftalmólogo. Hasta hace poco el uso de estas técnicas proporcionaba fundamentalmente información cualitativa sobre ciertas patologías. Sin embargo, el desarrollo de nuevas técnicas de cuantificación abre una nueva era de evaluación y tratamiento basado en imagen. La obtención de medidas estructurales y geométricas precisas en el ojo permite el desarrollo de modelos de ojo individualizados para cada paciente, lo cual permitirá incrementar la predictibilidad de los procedimientos

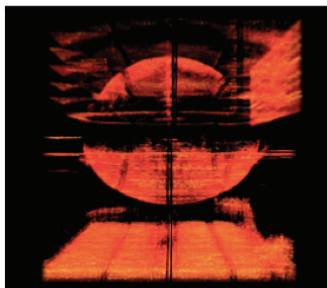
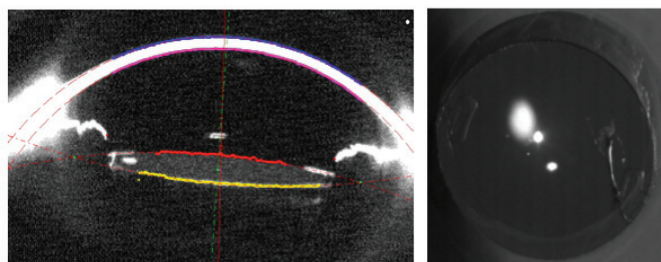


Imagen tridimensional in vitro de una cristalino de cerdo mediante sOCT
Adaptado a partir de de Castro et al. Optics Express 2010

de cataratas y refractivos. A continuación se mencionan algunas técnicas, muchas de ellas aún prototipos en laboratorios experimentales, que permiten obtener información geométrica y estructural cuantitativa de los componentes oculares.

Imagen de Purkinje y Scheimpflug: facometría y medidas del posicionamiento de lentes intraoculares

La imagen de Purkinje (basada en las reflexiones de una fuente de luz en la cara anterior de la cornea y anterior y posterior del cristalino) permite la medida de los radios de curvatura del cristalino (facometría) y de la inclinación y



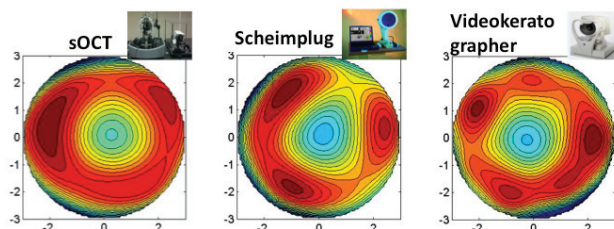
Imágenes de Scheimpflug (izquierda) and Purkinje (derecha) en un ojo pseudofáquico. Herramientas de cuantificación permiten la estimación de la inclinación y descentramiento de la lente intraocular. Adaptado a partir de de Castro et al. JCRS 2007

descentramiento del cristalino en pacientes fáquicos y de lentes intraoculares en pacientes pseudofáquicos. Esta información es particularmente importante en la evaluación de nuevos modelos de lentes intraoculares. La

imagen de Scheimpflug es otra tecnología que proporciona información sobre la anatomía de la cornea y del cristalino. En los sistemas comerciales de Scheimpflug, sin embargo, la información geométrica solo está cuantificada para la cornea. En general, estas imágenes sufren de distorsión geométrica (por la configuración geométrica del instrumento) y de distorsión óptica (por el hecho de observar las superficies del cristalino a través de las superficies refractantes de la cornea), de modo que es preciso aplicar algoritmos de corrección de distorsión para la obtención de datos cuantitativos. Ambos sistemas (Scheimpflug y Purkinje) han proporcionado datos importantes sobre el posicionamiento de lentes intraoculares in vitro.

Tomografía de coherencia óptica del cristalino: geometría y Gradiente de Índice

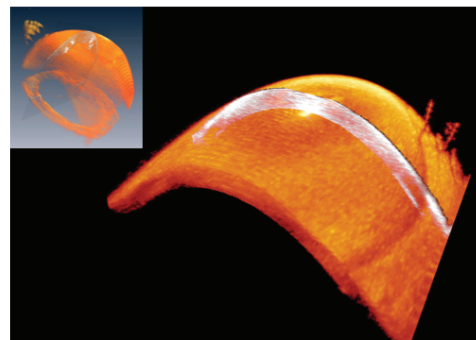
La tomografía de coherencia sobrepasa a la imagen de Scheimpflug en resolución y velocidad. La técnica de OCT proporciona medidas del camino óptico entre interfases (producto de la distancia por el índice de refracción). La técnica de OCT ha sido aplicada satisfactoria-



Comparación de mapas de elevación de la cornea anterior a partir OCT cuantitativo (de desarrollo propio), Imagen de Scheimpflug (Pentacam, Oculus) y Videoqueratografía de anillos de placido (Atlas, Zeiss) en el mismo ojo. Adaptado a partir de Ortiz et al. Biomedical Optics Express 2012

mente a la reconstrucción de la distribución del Gradiente del Índice (GRIN), del cristalino obteniéndose por primera vez de manera óptica, su

perfil tridimensional in vitro, y los cambios del perfil de GRIN con la edad y la acomodación en humanos. La caracterización completa (geometría y GRIN) mediante OCT del cristalino del ojo es vital para la comprensión del mecanismo de acomodación y presbicia (y su potencial compensación).

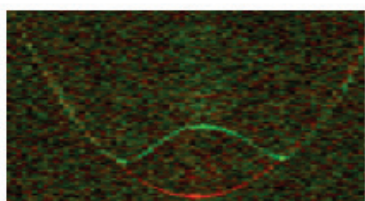


Reconstrucción tridimensional de la cornea y corte bidimensional en un sujeto normal (imagen grande) y en un paciente implantado con anillos intraestromales (imagen pequeña), tras la aplicación de algoritmos de corrección de la distorsión de barrido y la distorsión óptica, y herramientas de procesamiento de imagen descritas en Ortiz et al. Optics Express 2010, Biomedical Optics Express 2011 y Biomedical Optics Express 2012

Tomografía de coherencia Óptica tridimensional: Topografía de superficies y biometría ocular 3D

Las imágenes de OCT sufren de distorsión de barrido (asociada a la arquitectura de barrido del instrumento) y distorsión óptica, de modo que las imágenes originales no son cuantitativas. La aplicación de algoritmos de trazado de rayos en tres dimensiones permite la cuantificación de las imágenes del segmento anterior. Estos algoritmos, en combinación con algoritmos de eliminación de ruido, segmentación automática, detección y ajuste de superficies, permiten la obtención de mapas topográficos cuantitativos de todas las superficies oculares in vivo, así como biometría tridimensional, segmentación y caracterización de implantes corneales e implantes intraoculares, etc... La

topografía basada en OCT se ha probado comparable a la topografía obtenida por otros métodos estado del arte (una vez compensadas las distorsiones), y se ha aplicado satisfactoriamente al análisis topográfico corneal en queratoconos, antes y después de la implantación de anillos intraestromales (obteniéndose mapas topográficos cuantitativos de la topografía corneal posterior a través de los segmentos de anillo), aberrometría corneal, topografía del



Deformación de una sección bidimensional de la cornea normal con un pulso de aire de un tonómetro de no contacto. Adaptado de Dorronsoro et al. Biomedical Optics Express 2012

cristalino in vivo, o caracterización de lentes intraoculares (monofocales y acomodativas).

Tomografía de coherencia Óptica dinámica: medidas de la biomecánica corneal basadas en imagen.

La alta rapidez de adquisición de datos del OCT espectral (hasta 100.000 A-scans/s) permite la captura de eventos dinámicos en la córnea. En combinación con un pulso de aire (de un tonómetro de no contacto) se ha obtenido, a tiempo real, la deformación de corneas in vitro e in vivo. La cuantificación de estas imágenes ha permitido, de una manera directa, la obtención de parámetros relacionados con la biomecánica corneal, sensibles a la modulación de la biomecánica corneal mediante tratamientos corneales (por ejemplo, cross-linking).

MÁS INFORMACIÓN

P. Rosales, M. Dubbelman, S. Marcos, R. van der Heijde. Crystalline radii of curvature from Purkinje and Scheimpflug imaging". J. Vision, 6, 1057-1067 (2006)

A. de Castro, P. Rosales, S. Marcos. Tilt and decentration of intraocular lenses in vivo from Purkinje and Scheimpflug imaging- a validation study. J Cataract Refract Surg 33, 418–429 (2007)

A de Castro, S Ortiz, E Gamba, D Siedlecki, S. Marcos. Three-dimensional reconstruction of the crystalline lens gradient index from OCT Imaging. Optics Express 18, 21905-21917 (2010)

A. de Castro, D. Siedlecki, D. Borja, S. Uhlhorn, JM Parel, F. Manns, S. Marcos. Age-dependent variation of the gradient index profile in human crystalline lenses. J.Mod. Optics, 58, 1781–1787 (2011)

I. Grulkowski, M. Gora, M. Szkulmowski, I. Gorczynska, D. Szlag, S. Marcos, A. Kowalczyk, M. Wojtkowski. Anterior segment imaging with

Spectral OCT system using a high-speed CMOS camera. Opt. Express., 17, 14842–4858 (2009)

S Ortiz, D Siedlecki, I Grulkowski, L Remon, D Pascual, M Wojtkowski, S Marcos. Optical distortion correction in OCT for quantitative ocular anterior segment by three-dimensional imaging. Opt. Express 18, 3, 2782–2796 (2010)

S. Ortiz, D. Siedlecki, P. Pérez-Merino, N. Chia, A. de Castro, M. Szkulmowski, M. Wojtkowski, S. Marcos. Corneal topography from spectral optical coherence tomography (sOCT). Biomed. Opt. Express 2, 3232-3247 (2011)

S. Ortiz, P. Pérez-Merino, N. Alejandro, E. Gamba, I. Jimenez-Alfaro, S. Marcos. Quantitative OCT-based corneal topography in keratoconus with intracorneal ring segments. Biomed. Opt. Express (2012), In press

C. Dorronsoro, D. Pascual, P. Pérez-Merino, S. Kling, S. Marcos. Dynamic OCT measurement of corneal deformation by an air puff in normal and cross-linked corneas. Biomed. Opt. Express, 3, 473-487 (2012)