

# Tema de Revisión con presentación en galería de imágenes

## La tomografía de coherencia óptica en el diagnóstico de enfermedades de la retina y el nervio óptico

Dr. Carlos E. Mendoza Santiesteban,<sup>1</sup> Dra. Rosaralis Santiesteban Freixas,<sup>2</sup> Dr. Alberto González García,<sup>3</sup> Dra. Luisa González Hess,<sup>3</sup> Dra. Yahumara Perdomo Trujillo,<sup>4</sup> Dr. Ernesto Alemañy Rubio,<sup>3</sup> Dr. Frank Eguia<sup>3</sup> y Sergio Vidal Casalís<sup>3</sup>

### Resumen

El autor principal hace una exposición sobre los principales métodos imagenológicos en la oftalmología y sus fundamentos, en especial de la tomografía óptica coherente con el equipo *Stratus 3000*. Con su colectivo de autores presenta una galería de imágenes de la tomografía óptica coherente acompañadas de imágenes de fondo de ojo y los campos visuales, de más de 500 pacientes con diversas enfermedades de retina y nervio óptico, lo que constituye el primer atlas cubano sobre esta entidad.

*Palabras clave:* Tomografía de coherencia óptica, retina; nervio óptico.

Sin duda alguna el desarrollo de las técnicas de exploración imagenológica ha constituido uno de los elementos de mayor desarrollo en el diagnóstico médico en los últimos años. Técnicas como la resonancia nuclear magnética, la tomografía axial computarizada, la ultrasonografía etc., han constituido herramientas revolucionarias al permitir la visualización *in vivo* y de forma nada cruenta de estructuras que escapan a los medios diagnósticos tradicionales e incluso a la imaginación de los propios médicos.

Casi todas las especialidades se han beneficiado de estos avances y la oftalmología no ha estado al margen de tan vertiginoso desarrollo. La década de los 90 significó sin duda un periodo de desarrollo y perfeccionamiento de los medios diagnósticos en oftalmología la que ha sido considerada por algunos especialistas como la década en la que se creció el equivalente a los 30 años que la precedieron. Este avance, íntimamente relacionado al experimentado por la informática, ha permitido revolucionar campos tales como las imágenes del fondo de ojo, las técnicas de angiografías retinales, el estudio del campo visual, la planificación y ejecución de nuevas técnicas de cirugía refractiva etc. Este proceso ha posibilitado además el surgimiento de nuevas herramientas diagnósticas como son las técnicas de tomografía computarizada para el estudio de retina, el nervio óptico y otras estructuras oculares.

Las técnicas de tomografía computarizada de retina y nervio óptico surgen con carácter experimental en los años 80 y alcanzan su universo de aplicaciones clínicas en la década del 90. A nivel mundial son principalmente 3 los métodos comercializados para este fin: la tomografía confocal retinal fabricada por

la casa *Heidelberg* (Alemania) con los equipos comerciales HRT I y HRT II, la tomografía por polarimetría de la firma *laser diagnostic technologies* (LDT) con el equipo de nombre comercial *GDx*, y la tomografía de coherencia óptica (OCT) de la casa (*Carl Zeiss-Humphrey*) con el equipo comercializado como OCT. Todos ellos realizan estudios tomográficos bi y tri-dimensionales de estructuras in vivo de la retina y el nervio óptico lo que ha permitido profundizar significativamente en el diagnóstico de las enfermedades que afectan estos tejidos. El objetivo de esta revisión es dar a conocer los principales equipos de estas técnicas de exploración imagenológicas de retina y nervio óptico y mostrar algunas imágenes del OCT y su correspondencia clínica con el fondo de ojo y el campo visual estático de *Humphrey* en variadas entidades, lo que se exponen en imágenes en la página web de oftalmología [www.sld.cu/sitios/oftalmologia](http://www.sld.cu/sitios/oftalmologia).

## Desarrollo

Con diferencias fundamentales en el tipo de láser que utilizan y en el principio físico para la obtención y análisis de las señales obtenidas, estos equipos han demostrado ampliamente su utilidad.

El *HRT II* usa un láser confocal que genera una serie de 16 a 64 planos de corte coronales con una profundidad axial de 4 mm. Construye excelentes imágenes tridimensionales de la retina y el nervio óptico pero con una resolución axial (resolución en profundidad) de 300  $\mu\text{m}$ , por lo que su mayor utilidad está en el estudio morfométrico del nervio óptico y la capa de fibras nerviosas (CFN). Para esta última asume un plano de referencia arbitrario de 50  $\mu\text{m}$  por debajo del borde superior para establecer el borde inferior de CFN.

El *GDx* usa el principio de la birrefringencia de la CFN para su análisis, pero a pesar de que logra resoluciones axiales en el orden de las 50  $\mu\text{m}$ , su uso se ve afectado por la interposición de otras estructuras oculares birrefringentes como la córnea, el cristalino etc. que cambian de sujeto a sujeto e hizo necesaria la corrección del equipo con compensadores corneales variables. Por otra parte la polarimetría por *GDx* se ve afectada significativamente después de cirugías refractivas por láser (*Lasik*, *Lasek*, *Prk*, etc.), no obstante su uso está también ampliamente distribuido.

La OCT ha sido la última de estas técnicas en aparecer, pero su desarrollo, crecimiento y perfeccionamiento en los últimos 10 años la han convertido para muchos como la técnica tomográfica de elección para el estudio de la retina y el nervio óptico al conseguir resolver en los modelos más recientes imágenes de 1  $\mu\text{m}$  de resolución axial.

Muestra del desarrollo de esta técnica es la monumental obra de Schuman y otros recientemente publicada en su segunda edición<sup>1</sup> y múltiples trabajos que a diario aparecen sobre la utilidad de la OCT en el estudio de diferentes entidades de la retina que por medios convencionales no se lograba siempre un acertado diagnóstico y en especial en el estudio de las capas de fibras ganglionares.<sup>2-16</sup> Actualmente se trabaja en modelos para estudios muy precisos del segmento anterior.

La tomografía de coherencia óptica se desarrolla en la década del 80 en el *Massachusetts Institute of*

*Technology* (MIT) de Boston, y desde entonces han sido múltiples sus aplicaciones no sólo en el campo de la medicina sino en el de las ciencias en general. Dentro de la medicina la oftalmología ha sido el área de mayor desarrollo de esta tecnología, pero otras disciplinas tales como la cardiología, la gastroenterología, las neurociencias etc, también han sido beneficiadas con nuevos medios diagnósticos al poder ser incorporados sus dispositivos en endoscopios de casi todo tipo para la realización de *biopsias ópticas* en tejidos sospechosos por patologías múltiples.

Para muchos el OCT constituye una de las herramientas más revolucionarias en el diagnóstico oftalmológico de los últimos años al permitir la visualización, *in vivo* y sin contacto con el paciente, de estructuras tisulares, sólo vistas con anterioridad en cortes histológicos de retinas de cadáver, con una resolución de alrededor de 8  $\mu\text{m}$  (para el modelo comercial OCT3 o *Stratus 3000*).

Para los que por vez primera se acercan a estas imágenes resulta casi increíble estar viendo entre 8 y 9 capas de la retina en cortes de profundidad axial de alrededor de 2 mm, que incluyen las capas más internas de la coroides, la retina y las estructuras vítreas posteriores. Los cortes a nivel del nervio óptico proporcionan imágenes de alto valor acerca de la capa de fibras nerviosas (con detección muy precisa de los bordes anterior y posterior), la retina peripapilar y la morfología del disco óptico, lo que posibilita el cálculo de variables morfométricas de alto valor diagnóstico. Las imágenes que sobre el segmento anterior se obtienen incluyen; imágenes del espesor corneal y sus estructuras, imágenes del ángulo irido corneal, cara anterior del cristalino etc.

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 (retina, nervio óptico, vítreo) y los que las realizan sobre el segmento anterior (córnea, ángulo iridocorneal, cristalino etc). Tres generaciones de OCT han salido al mercado desde el inicio de los años de 1990. Hoy en día el OCT3 tiene el nombre comercial *Stratus 3 000*, el equipo de mayor resolución disponible, aunque una nueva generación (High Resolution OCT) está en fases de experimentación clínica.

El principio básico de funcionamiento de esta tecnología es la interferometría de baja coherencia y ha sido comparado con propósitos didácticos, para su entendimiento por los oftalmólogos, a la ultrasonografía ocular ampliamente conocida. Las imágenes bidimensionales del OCT, de forma análoga a las del modo *B* de ultrasonografía, se forman por la suma de múltiples imágenes de modo *A* lineales denominadas *A-scan* las cuales, en número de 128 a 764, se unen para formar una imagen bidimensional de barrido de OCT. Esta es precisamente una de las fundamentales ventajas que esta tecnología presenta sobre sus competidoras al muestrear el mayor número de puntos en profundidad (resolución axial) y permitir nítidas imágenes del interior de los tejidos.

En la ilustración siguiente se presenta un corte histológico de retina en la región macular y en un corte en ese mismo lugar con el OCT 3. Casos ejemplos sobre la utilidad en el diagnóstico de diversas entidades de retina y nervio óptico, estudiados por los colaboradores, son mostradas en la galería de imágenes sobre neurooftalmología y retina de la página web [www.sld.cu/sitios/oftalmología](http://www.sld.cu/sitios/oftalmología) que incluye su correlato con el campo visual y la imagen de fondo de ojo, como complemento de este trabajo (fig.

1).

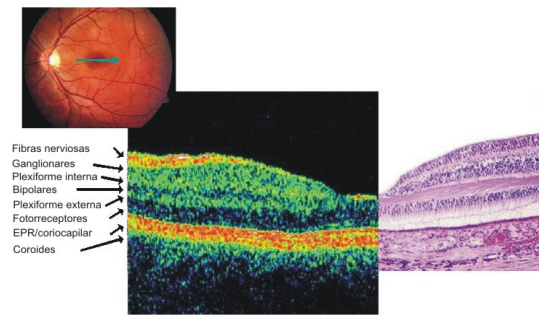


Fig. 1. Tomógrafo de coherencia óptica *Stratus-3000*. Corte a nivel de mácula.

## Summary

### Optic coherence tomography in the diagnosis of the retina and optic nerve diseases

The main author exposes the main imaging methods used in ophthalmology and their foundations, specially the optic coherence tomography with the Stratus 3000 equipment. Together with the other authors, he presents a gallery of images of the optic coherence tomography accompanied with images of the fundus oculi and the visual fields of more than 500 patients with different diseases of the retina and optic nerve, which constitute the first Cuban atlas on this entity.

*Key words:* Optic coherence tomography/exposure, fundus oculi, visual fields.

## Referencias bibliográficas

1. Schuman JS, Puliafito CA, Fujimoto JG. Optical coherence tomography of ocular diseases. 2.ed. USA Ed Slack Incorporated, 2004.
2. Schenk JO, Brezinski ME. Ultrasound induced improvement in optical coherence tomography (OCT) resolution. Proc Natl Acad Sci U S A. 2002; 99(15):9761-4.
3. Wojtkowski M, Leitgeb R, Kowalczyk A, Bajraszewski T, Fercher AF. In vivo human retinal imaging by Fourier domain optical coherence tomography. J Biomed Opt. 2002; 7(3):457-63.
4. Ophir A. Optical coherence tomography measurement of nerve fiber layer thickness and the likelihood of a visual field defect. Am J Ophthalmol. 2003; 135(5):744-5.
5. Wakitani Y, Sasoh M, Sugimoto M, Ito Y, Ido M, Uji Y. Macular thickness measurements in healthy subjects with different axial lengths using optical coherence tomography. Retina. 2003; 23(2):177-82.
6. Kanamori A, Nakamura M, Escano MF, Seya R, Maeda H, Negi A. Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. Am J Ophthalmol. 2003; 135(4):513-20.
7. Schuman JS, Wollstein G, Farra T, Hertzmark E, Aydin A, Fujimoto JG, Paunescu LA. Comparison of optic nerve head measurements obtained by optical coherence tomography and

- confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol.* 2003; 135(4):504-12.
8. Medeiros FA, Moura FC, Vessani RM, Susanna R Jr. Axonal loss after traumatic optic neuropathy documented by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2003; 135(3):406-8.
  9. Ge J, Luo R, Guo Y. Corrective change of retinal thickness measured by optical coherence tomography and histologic studies. *Yan Ke Xue Bao.* 1999;15(3):153-78.
  10. Villain MA, Greenfield DS. Peripapillary nerve fiber layer thickness measurement reproducibility using optical coherence tomography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2003;34(1):33-7.
  11. Mok KH, Lee VW, So KF. Retinal nerve fiber layer measurement by optical coherence tomography in glaucoma suspects with short-wavelength perimetry abnormalities. *J Glaucoma.* 2003; 12(1):45-9.
  12. Furuichi M, Kashiwagi K, Tsukahara S. Variance between program versions in measuring optic nerve fiber layer thickness using optical coherence tomography. *Ophthalmologica.* 2002; 216(6):409-14.
  13. Mok KH, Lee VW, So KF. Retinal nerve fiber layer measurement of the Hong Kong Chinese population by optical coherence tomography. *J Glaucoma.* 2002; 11(6):481-3.
  14. Carpineto P, Ciancaglini M, Zuppari E, Falconio G, Doronzo E, Mastropasqua L. Reliability of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography in normal and glaucomatous eyes. *Ophthalmology.* 2003; 110(1):190-5.
  15. Guedes V, Schuman JS, Hertzmark E, Wollstein G, Correnti A, Mancini R, Lederer D, Voskanyan S, Velazquez L, Pakter HM, Pedut-Kloizman T, Fujimoto JG, Mattox C. Optical coherence tomography measurement of macular and nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous human eyes. *Ophthalmology.* 2003; 110(1):177-89.
  16. Greenfield DS, Bagga H, Knighton RW. Macular thickness changes in glaucomatous optic neuropathy detected using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol.* 2003; 121(1):41-6.

Recibido: 18 de agosto de 2005. Aprobado: 21 de octubre de 2005.

Dr. *Carlos E. Mendoza Santiesteban*. Instituto de Neurología y Neurocirugía. Calle 29 No. 739 esquina a D, El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>1</sup> **Especialista I Grado en Neurofisiología. Diplomado en Neurooftalmología y Retina.**

<sup>2</sup> **Doctora en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Oftalmología. Investigadora Titular y Profesora Auxiliar y Consultante.**

<sup>3</sup> **Especialista de I Grado en Oftalmología .**

<sup>4</sup> **Licenciada en Tecnología de la Salud en la rama de Oftalmología.**