

Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) Funcionamiento y utilidad en patología macular (I)

Caridad Griño García-Pardo - O.D. nº 8.293 - **Francisco Lugo Quintás** - médico oftalmólogo - **Margarita León** - O.D. 5.679 - **Sara Ligeró** - O.D. - **Jose María Ruiz Moreno** - médico oftalmólogo - **Javier Montero Moreno** - médico oftalmólogo

La OCT (Tomografía de Coherencia Óptica) es una técnica de exploración oftalmológica moderna que se aplica para estudiar "en vivo" el segmento anterior y posterior, aunque en la actualidad su uso es mayor para la obtención de imágenes de la retina. Con un rápido chequeo del paciente se podrá valorar y estudiar a unos niveles, hasta ahora no conseguidos con otros medios, el estado de la retina y al mismo tiempo detectar con gran precisión distintas patologías y su evolución. En este artículo se va a revisar la OCT en cuanto a la base de su funcionamiento.

PALABRAS CLAVE

Tomógrafo de Coherencia Óptica (OCT), patología macular, Interferómetro de Michelson.

INTRODUCCIÓN

La Tomografía de Coherencia Óptica (Optical Coherence Tomography-OCT) es una técnica de diagnóstico por imagen, que permite obtener imágenes tomográficas de tejidos biológicos con una elevada resolución. Se caracteriza por la realización de cortes transversales micrométricos mediante la luz sobre el tejido a estudiar. El funcionamiento de la OCT es similar al del ecógrafo, con la diferencia de que en aquel se utiliza luz en lugar de ondas acústicas. Emplea un instrumento óptico de precisión informatizado ca-

paz de obtener imágenes de alta resolución. Con la última generación de estos aparatos (OCT3) se consigue diferenciar estructuras con una resolución de 10 a 20 micras.

La OCT es especialmente útil en oftalmología, dada la facilidad con que la luz alcanza las estructuras oculares en el segmento anterior y posterior. La ventaja en su aplicación en oftalmología es que la luz incide de forma directa sobre el tejido, sin la necesidad de utilizar un transductor. Para ello se precisa un medio óptico suficientemente transparente que permita obtener una señal detectable. Es una prueba de no contacto en la que el paciente debe mirar un punto de fijación externo o interno.

A pesar de que la OCT se emplea cada vez más para el estudio del segmento anterior y de la papila en el glaucoma, la retina y, específicamente, la macula, sigue siendo su principal aplicación. Las imágenes tomográficas obtenidas permiten el diagnóstico de patologías difíciles de identificar oftalmoscópicamente, pero, además, la capacidad de explorar la misma zona de la retina en diferentes ocasiones hace posible su monitorización.

BASES DEL FUNCIONAMIENTO

Como se mencionó anteriormente, el funcionamiento de la OCT es similar al del ecógrafo. La diferencia está en el tipo de onda empleada en la exploración. En la ecografía



Instrumento de Tomografía Óptica de Coherencia de la casa Carl Zeiss.



se utilizan los ultrasonidos para poder visualizar las estructuras intraoculares y medir las distancias entre ellas. Por el contrario, las técnicas ópticas de imagen como la OCT se basan en la utilización de la luz, lo que permite obtener una resolución de las imágenes 10 veces superior a las ecográficas. La desventaja principal de este tipo de técnica es que la luz se refleja o es absorbida casi en su totalidad por la mayoría de los tejidos biológicos. Por lo tanto, la OCT se limita a los órganos accesibles ópticamente. La OCT representa un método ideal en oftalmología dado el fácil acceso de la luz al ojo. Además, para su empleo no es imprescindible el contacto directo con el globo ocular, lo cual le proporciona una ventaja adicional.

La OCT se basa en el interferómetro de Michelson y la interferometría está basada en un principio análogo al de la ultrasonografía, pero que sustituye las ondas acústicas por haces de luz. Hay que recordar que la velocidad de la luz es casi un millón de veces mayor que la del sonido, siendo esta diferencia la que permite medir estructuras y distancias en la escala de hasta 10 micras (en contraste con la escala de 100 micras característica del ultrasonido).

En OCT, un rayo de luz es dirigido al tejido del cual se debe obtener la imagen y la estructura interna es medida de forma no invasiva, midiendo el retraso en el eco de la luz al ser reflejado de las microestructuras (Figura 1). Se consigue reali-

zando medidas axiales sucesivas en diferentes posiciones transversas. La información final es mostrada como una imagen topográfica bidimensional.

El principio de interferometría de baja coherencia en el que se basa es un método que puede ser empleado para medir distancias con alta precisión, midiendo la luz reflejada desde los tejidos. Una luz está compuesta por un campo eléctrico y magnético que oscila o varía periódicamente en tiempo y espacio. La luz se propaga a una velocidad que varía en función del medio en que se encuentra. Cuando combinamos dos rayos de luz se observa el fenómeno de la interferencia: los campos de ambos se podrán adicionar constructiva o destructivamente en función de la fase relativa de sus oscilaciones (si se adicionan en fase o fuera de fase, respectivamente).

El interferómetro óptico suma dos ondas electromagnéticas en dos rayos de luz: el de referencia y el de señal. Los rayos se recombinan y el resultante llega al detector, que medirá su potencia. Si se varía la posición del espejo de referencia, podremos medir los ecos de luz que viene de las diferentes estructuras oculares en estudio (Figura 2).

El interferómetro de Michelson está compuesto por una fuente de luz, un divisor de haces, un espejo de referencia y un detector. El primero es un láser de diodo que emite un haz luminoso de banda ancha en el espectro infrarrojo (820 a 830 nm, según la generación del equipo). Este haz se divide en dos haces en el divisor, uno de los cuales irá dirigido al espejo de referencia, que se encuentra a una distancia conocida, y el otro a la retina. Después se compara la luz reflejada desde la retina con la luz reflejada por el espejo de referencia y, cuando ambos reflejos coinciden en el tiempo, se produce el fenómeno de interferencia, que es captado por el detector. Como se conoce la distancia a que

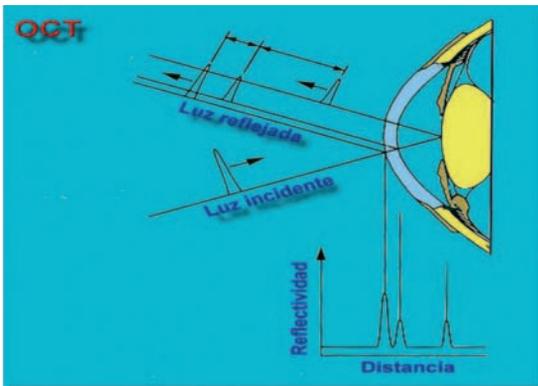


Figura 1. Trazado de rayos del OCT y relación con la reflectividad y la distancia entre las estructuras.

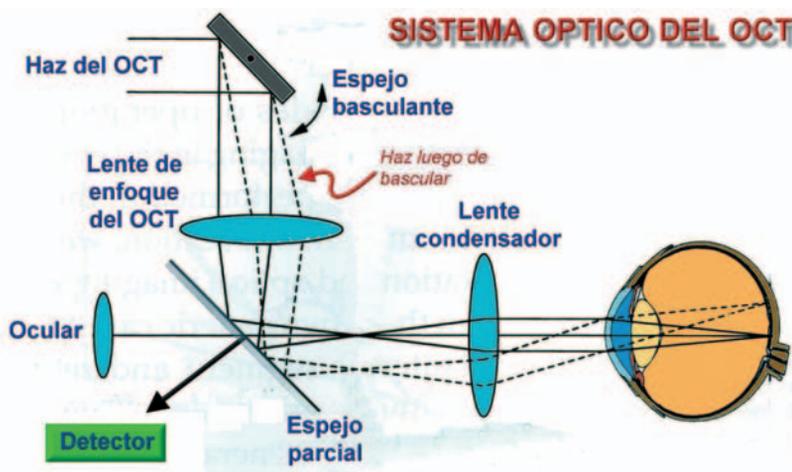


Figura 2. Sistema óptico en el que está basado el OCT.

se encuentra el espejo de referencia, se puede determinar a la que está la estructura de la retina que ha generado un reflejo que coincide con el reflejo que proviene del espejo de referencia. Se realiza una gráfica con las diferentes distancias recibidas por el fenómeno de interferencia y se obtiene una imagen en sentido axial (A-scan). El registro repetido de múltiples A-scan contiguos y su alineación apropiada permite construir una imagen bidimensional (la tomografía) (Figura 3).

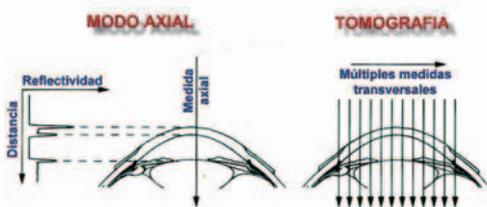


Figura 3. Esquema de la forma en que el tomógrafo realiza las distintas medidas transversales y la diferencia con la ecografía.

IMAGEN TOMOGRÁFICA

Cada A-scan abarca una profundidad de 2 mm y se compone de 500 a 1024 puntos, según el equipo. En cada barrido se pueden hacer entre 100 y 512 A-scan, aunque algunos protocolos para barrido rápido de la mácula o de la papila, incluidos en los equipos de última generación, se componen de un total de 768 A-scan, distribuidos en seis tomogramas radiales, es decir, 128 A-scan por cada tomograma radial. En este tipo de protocolos de barrido rápido, la resolución de cada tomograma radial se encuentra por debajo del máximo posible, pero tienen la gran ventaja de permitir la obtención de los seis tomogramas radiales en un solo barrido, con la consiguiente mejora en su centro y la ventaja adicional de la rapidez en la realización de la prueba.

Una imagen tomográfica individual está compuesta por un

total de puntos que fluctúa entre 50.000 y 524.288, según el modelo del equipo utilizado, el protocolo y las características del barrido. La resolución transversal calculada es de aproximadamente 20 micras y está en relación no sólo con el número de A-scan por tomograma, sino también con la longitud de éstos; en consecuencia, un mayor número de A-scan distribuidos en una menor longitud generará la mayor resolución transversal posible.

Un dato a tener en cuenta es que la técnica está limitada por opacidades de los medios oculares, como la hemorragia de vítreo, catarata o turbidez vítreo. Pero no está afectado por aberraciones oculares o pupila poco dilatada.

Cada medida longitudinal muestra el comportamiento de una porción de tejido frente a un haz de luz y se expresa en función de la reflectividad presente. Si es alta implica un bloqueo parcial o total al paso de luz (sangre, exudados lipídicos, fibrosis), mientras que si es baja expresa poca o nula resistencia de los tejidos al paso de luz (edema, cavidades quísticas). Las imágenes resultantes vienen expresadas en una falsa escala de color donde el espectro blanco-rojo señala una alta reflectividad, mientras el azul-negro corresponde a una baja reflectividad (Figura 4).



Figura 4. Esquema de colores que representa la reflectividad de las estructuras del ojo.

CONCLUSIONES

La OCT utiliza una técnica óptica de imagen basada en el Interferómetro de Michelson. Con la utilización de la luz obtenemos imágenes con una resolución 10 veces mayor a las obtenidas hasta ahora con cualquier método. La base

de su funcionamiento apoyada en el principio de interferometría de baja coherencia, como hemos comentado anteriormente, así lo demuestra.

Se obtienen a través de la OCT distintos cortes transversales de la zona de la retina que se analiza y, mediante un código de colores, observaremos las diferentes estructuras de la retina.

Por lo tanto, la OCT es un método especialmente sensible para el estudio de la retina y particularmente para el estudio de la mácula. Gracias a su gran resolución podemos detectar y realizar el seguimiento de patologías maculares, ya que hasta ahora ninguna técnica había sido tan precisa.

BIBLIOGRAFÍA

- Thomas D, Duguid G. OCT: a review of the principles and contemporary uses in retinal investigation. *Eye* 2004;18:561-570.
- Hee MR, Puliafito CA, Duker JS et al. Topography of diabetic macular edema with OCT. *Ophthalmology* 1998;105:360-370.
- Wilkins JR, Puliafito CA, Hee MR, et al. Characterization of epiretinal membrane using OCT. *Ophthalmology* 1996;103:2142-2151.
- Hee MR, Puliafito CA, Wong C. et al. OCT of macular holes. *Ophthalmology* 1995;102:748-756.
- Haouchine B, Massin P, Tadayoni R, et al. Diagnosis of macular pseudoholes and lamellar macular holes by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2004;138:732-9.
- Iida T, Hagimura N, Sato T, et al. Evaluation of central serous chorioretinopathy with OCT. *Am J Ophthalmology* 2000;129:16-20.
- Hee MR, Baumal CR, Puliafito CA, et al. OCT of age-related macular degeneration and choroidal neovascularization. *Ophthalmology* 1996;103:1260-1270.
- Massin, P., Allouch, C., Haouchine, B. y cols. Optical coherence tomography of idiopathic macular epiretinal membranes before and after surgery. *Am J Ophthalmol* 2000; 130: 732-739.
- Manual del usuario de Stratus OCTTM. Modelos OCT3 y 3000. Carl Zeiss Meditec Inc.
- Dr. Santiago Abengochea. Tomografía de coherencia óptica. *Oftalmología Práctica*, 14:28-44.
- Técnicas Diagnósticas en oftalmología. Año 2003. Prous Science, SA. Capítulo Segmento Posterior.