

# ARCHIVOS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE OFTALMOLOGÍA

[www.elsevier.es/oftalmologia](http://www.elsevier.es/oftalmologia)



## Editorial

# Correlación de la tomografía de coherencia óptica con la histología retiniana

## Correlation of optical coherence tomography with retinal histology

I. Pinilla<sup>a</sup>, J.M. Ruiz-Moreno<sup>b,\*</sup> y N. Cuenca<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Oftalmología, Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza, Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud, España

<sup>b</sup> Departamento de Oftalmología, Universidad de Castilla la Mancha, Visum Alicante, Alicante, España

<sup>c</sup> Departamento de Fisiología, Microbiología y Genética, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Alicante, España

La tomografía de coherencia óptica (OCT) es una herramienta fundamental en la práctica clínica. Su introducción ha revolucionado las pruebas de imagen en el campo de la oftalmología, y la han hecho indispensable no solo para el estudio y diagnóstico de determinadas enfermedades sino para la toma de decisiones terapéuticas, valoración funcional postquirúrgica... Consigue cortes bi- o tridimensionales midiendo el retardo en la transmisión de la luz reflejada sobre un espejo de referencia y la cantidad de luz absorbida o reflejada por las capas de la retina basándose en el principio de la interferometría<sup>1</sup>. Los tomógrafos de dominio espectral o Fourier, gracias al aumento de la velocidad de adquisición, proporcionan imágenes de mayor resolución y más reproducibles, reduciendo los artefactos producidos por el movimiento ocular y mejorando la delimitación de las distintas capas de la retina<sup>2</sup>.

Desde el uso generalizado de los tomógrafos de dominio espectral (SD-OCT), nos hemos acostumbrado a hablar de las líneas de hiperrefringencia y de su correlación con las capas de la retina. Sin embargo, no existe unanimidad en esta correlación histológica entre grupos, ni siquiera en trabajos del mismo grupo. La mayor reflexión de la luz se produce en las capas donde las fibras o estructuras membranosas se distribuyen de forma perpendicular a la luz incidente o donde existen uniones intercelulares. Si los elementos tisulares son paralelos a la luz, la dispersan o reflejan en menor medida. Así, la capa de fibras nerviosas de la retina, por su distribución

perpendicular a la luz incidente, genera una línea hiperrefringente en la retina interna. Las capas nucleares y plexiformes quedan definidas como líneas de baja o media refringencia. Dado que una correcta interpretación de la OCT es de gran relevancia en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las enfermedades retinianas, es fundamental determinar la exacta naturaleza de cada una de las bandas observadas en la OCT.

En los tomógrafos de alta resolución, la retina externa se presenta como cuatro líneas hiperrefringentes paralelas separadas por líneas de reflectancia media. La línea más interna, la menos evidente en la representación tomográfica, correspondería a la membrana limitante externa (MLE). La siguiente línea es a la que nos referimos como la línea de unión de segmentos internos y externos (IS-OS) de los fotorreceptores. Pero ¿por qué la unión entre ellos tiene que generar una banda de hiperrefringencia tan ancha? La unión entre el segmento interno y externo, al ser un límite, implicaría una estrecha línea de reflexión, por debajo de la capacidad de resolución de los actuales SD-OCT, sin embargo la llamada banda IS-OS tiene un tamaño similar a las demás bandas. Por otra parte si la reflexión de la banda (IS-OS) fuera debida a las membranas de los discos de los segmentos externos, esta se produciría en toda su longitud llegando hasta las células del epitelio pigmentario. Además le hemos dado un gran valor relacionándola con la recuperación de la agudeza visual en varias enfermedades retinianas después de la cirugía. Lo que igual no nos

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [josemaria.ruiz@uclm.es](mailto:josemaria.ruiz@uclm.es) (J.M. Ruiz-Moreno).

hemos parado a pensar es que la desaparición de los segmentos externos no tendría por qué tener valor pronóstico en la recuperación funcional. Hay muchas enfermedades en las que desaparecen, como en las primeras horas después de un desprendimiento de retina<sup>3</sup>. Pero los segmentos externos son estructuras que el fotorreceptor, una vez recuperada su función, es capaz de volver a generar. Además tenemos que tener en cuenta que, en la zona foveal, la longitud de los segmentos internos y externos de los fotorreceptores es relativamente similar. ¿Cómo podríamos explicar que la disposición de esta línea esté más cercana a la MLE que al epitelio pigmentario de la retina (EPR)?

Bajo la conocida línea de unión de los segmentos internos y externos tendríamos otra línea hiperrefringente que, o bien correspondería a los terminales de los segmentos externos, o a la conocida como la membrana de Verhoeff, descrita por este autor relacionándola con las uniones apicales de las células del EPR. Sin embargo, si realmente esta línea de hiperrefringencia correspondiera a las uniones apicales del EPR, ¿por qué tiene que estar separada de la cuarta línea de hiperrefringencia, que representaría las células del EPR y la membrana de Bruch? Y si solo se trata de los terminales de los segmentos externos, ¿por qué es tan claramente diferenciable?

Richard Spaide y Christine Curcio, en su trabajo publicado por la revista *Retina* en el 2011<sup>4</sup>, evalúan la correlación anatómica con las líneas de hiperrefringencia que observamos habitualmente en nuestros tomógrafos. Utilizando reproducciones de la retina externa de la región foveal y perifoveal, han correlacionado sus esquemas con los hallazgos obtenidos con los tomógrafos Spectralis (Heidelberg, Alemania) y Cirrus (Carl Zeiss, EE. UU.). Con su modelo han concluido que la conocida línea IS-OS no es tal. Se trata en realidad de los elipsoides de los conos, localizados en la porción más externa del segmento interno de estos fotorreceptores. Los elipsoides están repletos de mitocondrias, y estas estructuras membranosas, que en el cono adoptan una disposición especial, con una morfología más fina y alargada, pueden ser las causantes de la línea de hiperreflectividad. La misma interpretación de esta banda fue realizada utilizando tomografía de alta resolución y pancorrección de aberraciones<sup>5</sup>. Si esta banda corresponde efectivamente a los elipsoides, su importancia en el análisis de la OCT sigue siendo vital ya que una pérdida de las mitocondrias determina inexorablemente la muerte de los fotorreceptores. La tercera línea tampoco parece corresponder a lo que pensábamos. A nivel de la porción apical de las células del EPR, la célula del epitelio establece sus contactos con los conos mediante unas extensiones apicales, formando invaginaciones que recubren el segmento externo del cono al que nos referimos como el cilindro de contacto. Si es esta unión la que genera la reflectividad, justificaría que la tercera y cuarta capas a nivel de la fovea central estén prácticamente unidas, ya que la aposición entre las células a nivel foveal es mucho mayor.

En su análisis sí que llegan a la conclusión de que la primera capa hiperrefringente es la MLE; la segunda corresponde a los elipsoides de los fotorreceptores, que podríamos denominar elipsoides de los segmentos internos (ESI); la tercera, a las invaginaciones de las prolongaciones de las células del epitelio pigmentario con la porción externa de los segmentos

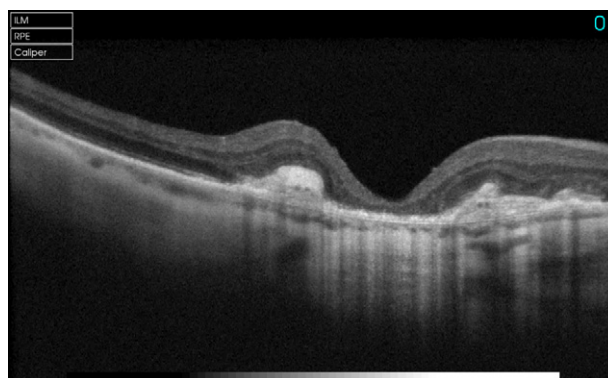
externos y que la cuarta banda está principalmente generada por el EPR, aunque precisan que no pueden establecer la contribución de la membrana de Bruch. La membrana de Bruch, al ser en realidad una membrana basal, tanto por su reducido espesor como por su composición es improbable que pueda producir una banda de hiperreflectividad destacable cuando está unida al EPR.

La necesidad de clarificar y unificar la nomenclatura de las capas de la OCT con una base histológica es imprescindible a la hora de realizar una buena interpretación que pueda determinar el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades retinianas. Como todo trabajo, puede plantear discusión, además de que los autores comentan que sus resultados no dejan de ser preliminares. El establecimiento definitivo de la correlación OCT/histología habrá que tenerlo en cuenta cuando analicemos los resultados de nuestras OCT en la clínica.

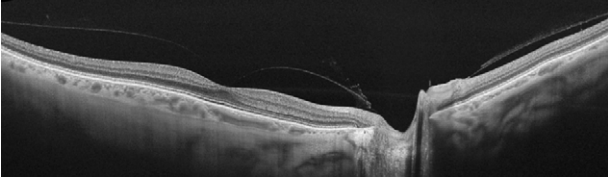
En un futuro próximo, la llegada de nuevos sistemas de OCT con mayores longitudes de onda nos permitirá analizar mejor estructuras más profundas y hasta ahora poco conocidas y estudiadas como la coroides. Spaide et al.<sup>6</sup> han modificado la adquisición de los datos del SD-OCT para mejorar la visualización de la coroides, permitiendo medir su espesor y diferenciar la coriocapilar de la capa de grandes vasos. De manera semejante es posible identificar una línea de hiperreflectividad que podría corresponder a la membrana de Bruch (su grosor está por debajo de la capacidad de resolución de los actuales SD-OCT) cuando esta está separada del EPR o en ojos con atrofia del EPR (fig. 1).

La densa estructura vascular de la coroides y su pigmentación limitan la penetración de las ondas de los sistemas actuales de OCT; sin embargo, en casos con atrofia del EPR y coroides se permite la identificación de la esclerótica. Las fronteras de la OCT están aún por establecer ya que los nuevos sistemas de OCT con longitudes de onda mayores (cercanas a 1.060 nm), con más capacidad de penetración, logran obtener imágenes a un mismo tiempo desde el vítreo hasta la esclerótica, con alta resolución y con gran detalle permitiéndonos estudiar, como puede apreciarse en la figura 2, desde la interfase vítreo-retiniana al espesor coroideo<sup>7</sup>.

La correlación de las líneas de hiperreflectividad con sus correspondientes estructuras retinianas en distintas



**Figura 1** – Scan retiniano enfocado en coroides mostrando hipotéticamente la membrana de Bruch (Topcon 3D-OCT 2000).



**Figura 2 – Imagen obtenida con el prototipo Swept-Source OCT de Topcon, en el que podemos obtener scans de mayor longitud (12 mm), de gran resolución (resolución axial de 8  $\mu$ s en el tejido) y de mayor penetración (podemos ver hasta la esclerótica).**

enfermedades es un reto de futuro que ayudaría a mejorar el diagnóstico y pronóstico de las enfermedades retinianas.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Blumenthal EZ, Williams JM, Weinreb RN, Girkin CA, Berry CC, Zangwill LM. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements by use of optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2000;107:2278–82.
2. Drexler W, Fujimoto JG. State-of-the-art retinal optical coherence tomography. *Prog Retin Eye Res*. 2008;27:45–88.
3. Fisher SK, Lewis GP, Linberg KA, Barawid E, Verardo MR. Cellular remodeling in mammalian retina induced by retinal detachment. En: Kolb H, Fernandez E, Nelson R, editores. *Webvision: the organization of the retina and visual system* (internet). Salt Lake City, UT: University of Utah Health Science Center; 1995.
4. Spaide RF, Curcio CA. Anatomical correlates to the bands seen in the outer retina by optical coherence tomography: literature review and model. *Retina*. 2011;31:1609–19.
5. Fernández EJ, Hermann B, Povazay B, Unterhuber A, Sattmann H, Hofer B, et al. Ultrahigh resolution optical coherence tomography and pancorrection for cellular imaging of the living human retina. *Opt Express*. 2008;16:11083–94.
6. Spaide RF, Koizumi H, Pozzoni MC. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2008;146:496–500.
7. Hirata M, Tsujikawa A, Matsumoto A, Hangai M, Ooto S, Yamashiro K, et al. Macular choroidal thickness and volume in normal subjects measured by swept-source optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52:4971–8.