

RETINA

1. Pruebas diagnósticas. Imagen multimodal

1.9

Angiografía por tomografía de coherencia óptica

Rosa Dolz-Marco¹

¹ MD, PhD, FEBO. Clínicas Oftalvist, Valencia.



OBJETIVOS DEL TEMA

- Profundizar en el conocimiento de la angiografía por tomografía de coherencia óptica.
- Conocer sus beneficios y limitaciones.
- Aprender los puntos clave para una correcta interpretación de las imágenes.

La angiografía por tomografía de coherencia óptica (OCTA, del inglés, optical coherence tomography angiography) es una técnica de imagen que permite la visualización de la angioarquitectura ocular de forma rápida y no invasiva. Su desarrollo, relativamente reciente, es paralelo al perfeccionamiento de la tomografía de coherencia óptica (OCT) estructural, que en los últimos años se ha beneficiado de mejoras a nivel computacional y velocidades de escaneo mayores.

La visualización del tejido vascular ocular ha estado clásicamente acompañada de la realización de una angiografía con administración intravenosa de fluoresceína o verde de indocianina. Estas técnicas de imagen, proporcionan una visualización dinámica de los vasos, con información de los tiempos de circulación, así como el comportamiento del contraste a nivel intravascular (llenado, tinción o fuga) y permiten visualizar grandes áreas de retina en los instrumentos de campo ultra-amplio; sin embargo, son técnicas invasivas dado que requieren de la administración intravenosa de contraste. La OCTA no puede sustituir en este momento a estas técnicas de imagen ya que no proporciona la información dinámica de los vasos, tiene limitaciones en la visualización de los vasos coroideos, y las áreas de escaneo son menores en la mayoría de los casos. Sin embargo, la OCTA es una prueba complementaria a la angiografía convencional, proporcionando información de las distintas capas vasculares en profundidad con una resolución superior a las técnicas de contraste (1).

La OCTA es un cubo de datos tridimensional, compuesto por B-scans con datos estructurales presentados como OCT estructural convencional, y superposición de los datos de señal de flujo. La señal de flujo se obtiene repitiendo en un mismo punto anatómico un número determinado de veces el B-scan, y analizando las diferencias de señal entre esas imágenes. Los píxeles que presentan cambios de intensidad de la señal de OCT, se interpretan como movimiento, y son representados en un color determinado, mientras que los píxeles sin cambios corresponden al resto de tejidos estáticos. El movimiento en la retina, es principalmente secundario al flujo de células sanguíneas en el torrente circulatorio, pero existen excepciones como es el caso de quistes intraretinianos con contenido hiperreflectivo que presenta moléculas en suspensión o la hialoides posterior. La adquisición de un volumen denso de B-scans en un área determinada, da lugar al cubo de datos de OCTA (fig. 1). Es importante tener en mente, que para realizar este tipo de imágenes necesitamos complejos métodos de corrección del movimiento ocular (movimientos sacádicos) y un preciso registro de los distintos B-scans para que el movimiento que detectemos sea únicamente secundario al flujo sanguíneo y poder reducir el falso movimiento (2).

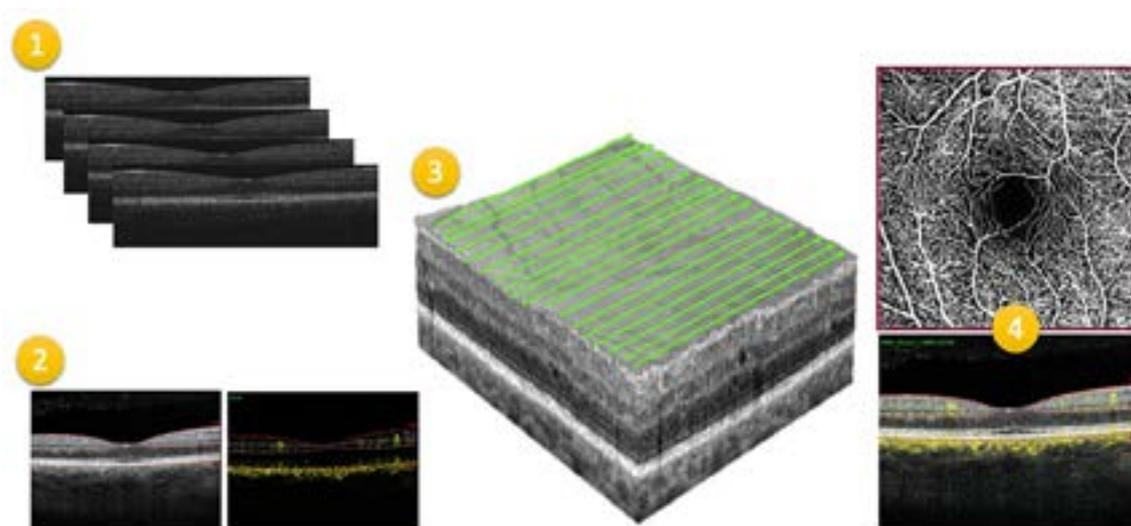


Figura 1: La OCTA se obtiene mediante la repetición de un número determinado de B-scans en un mismo punto (1). Estos B-scans contendrán información estructural y de señal de flujo que se representa con un color determinado, en este caso amarillo (2). La realización de diversos B-scans en un área determinada da lugar a un cubo de información tridimensional (3). La información de la señal de flujo puede representarse transversalmente, en face, arriba o superpuesta a la señal de OCT estructural, abajo (4).

Los cubos de OCTA se pueden visualizar de distintas formas. Por un lado, cada uno de los B-scans con imagen de OCT estructural y superposición de señal de flujo puede ser visualizado. Una reconstrucción transversal de los datos, *en face*, en profundidad de las distintas capas es creada a partir de los distintos B-scans. En la retina, la segmentación de los distintos plexos vasculares es posible, pero cabe destacar que es variable entre los distintos instrumentos disponibles en la actualidad, por lo que las comparaciones directas entre aparatos deben ser limitadas. En líneas generales, podemos distinguir el complejo vascular superficial, compuesto por el plexo capilar radial peripapilar o de la capa de fibras nerviosas y el plexo vascular superficial, y el complejo vascular profundo, compuesto por el plexo capilar intermedio y el plexo capilar profundo (fig. 2) (3). La visualización y segmentación de estas capas en los distintos aparatos puede ser variable dependiendo de la resolución axial (4).

Para un correcto análisis de las imágenes de OCTA, es necesario entender la técnica en sí y sus posibles artefactos (1). Como se ha comentado, el control del movimiento ocular sacádico/microsacádico y las pérdidas de fijación deben ser controladas, así como un correcto registro de las imágenes es necesario para obtener imágenes sin excesivo ruido y para evitar los artefactos de movimiento (1,2,5). Hay otros artefactos que son secundarios a propiedades propias del ojo, como flóculos vítreos que van a producir una sombra en el scan por falta de señal (5). En otros casos, pueden existir errores en la segmentación, que darán lugar a representaciones transversales erróneas (5). Es por ello que es recomendable visualizar tanto las reconstrucciones *en face* como los B-scans para poder detectar estos errores de segmentación y evitar interpretaciones erróneas. Pero sin duda, el principal artefacto de la OCTA es el artefacto de proyección. Éste, correspon-

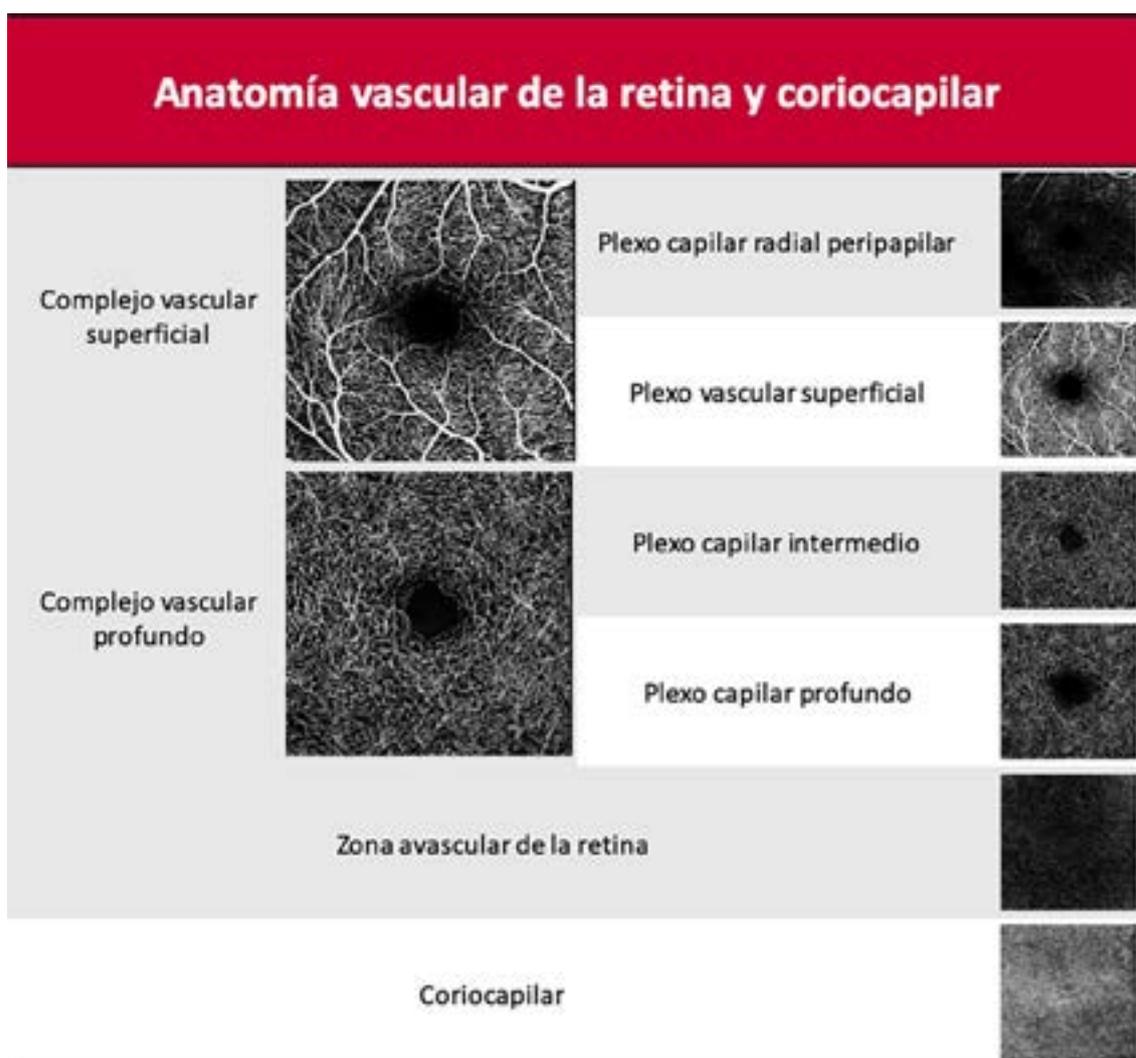


Figura 2: Las distintas capas vasculares de la retina y coriocapilar se muestran en la figura.

de a la presencia de un «reflejo» de señal de flujo irreal más profundo al tejido que realmente está produciendo dicha señal de flujo. La OCTA utiliza luz para crear las imágenes oculares, mostrando los tejidos, pero también sus sombras; al analizar el movimiento de las células sanguíneas dentro de los vasos sanguíneos, obtenemos señal de flujo, pero en profundidad, también podemos obtener cambios en la señal de OCT correspondiendo a las sombras que produce el movimiento de esas células, objetivándose también como señal de flujo (fig. 3). El artefacto de proyección, es por tanto inherente a la técnica de OCTA. Dada la importancia de la presencia de esta falsa señal de flujo, diversas técnicas para corregir este artefacto se han descrito, pero siempre se ha de tener en mente a la hora de analizar las imágenes para reconocer y diferenciar la señal de flujo real de la señal de flujo proyectada.

Contamos en la actualidad con plataformas OCTA de dominio espectral y otras de fuente de barrido (swept-source). Para cada una de estas plataformas, se han desarrollado distintos algoritmos, adaptada a las distintas características del aparato: longitud de onda de la fuente de luz, velocidad de adquisición, eye-tracker, etc. La presencia de esta

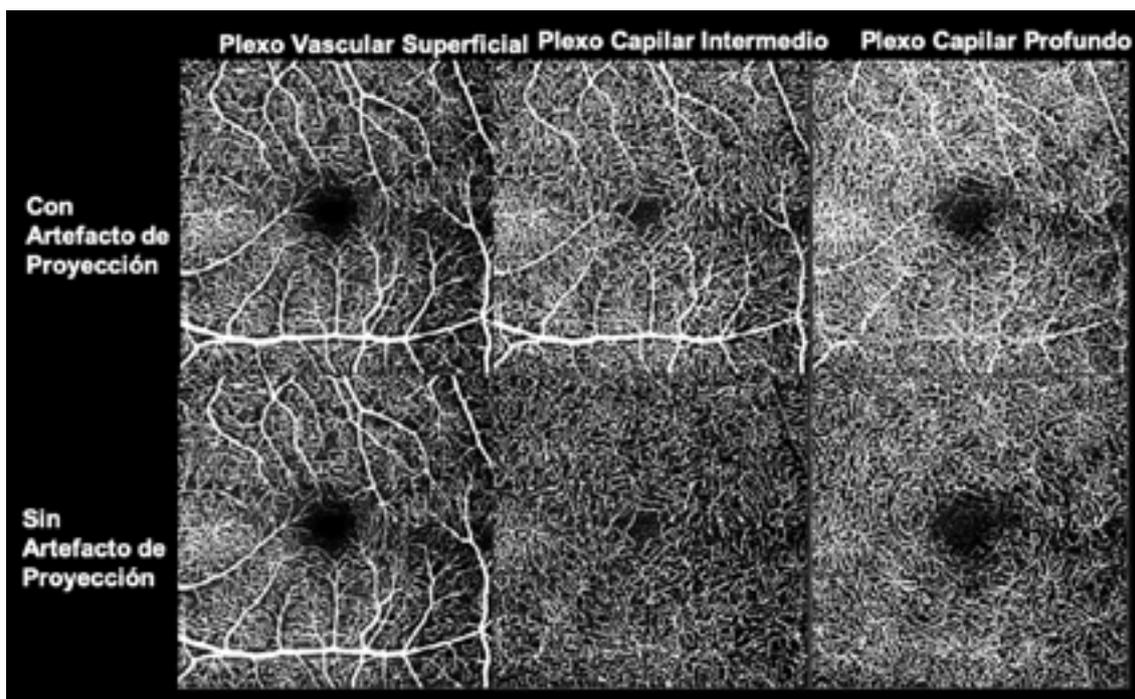


Figura 3: El artefacto de proyección consiste en la detección de señal de flujo proveniente de estructuras más superficiales y es secundario a la detección de cambios en la señal de OCT por el movimiento de las sombras de esas estructuras superficiales en movimiento.

gran variabilidad, limita la posibilidad de comparar entre sí la información obtenida con los distintos aparatos (6).

Las aplicaciones de esta técnica son múltiples dentro del campo de la oftalmología, pero sin duda la mayor aplicación en los últimos años se ha dado en campo de la patología retiniana. En las patologías vasculares retinianas (retinopatía diabética, oclusiones vasculares, telangiectasia macular, ...) nos centraremos en el análisis de datos en los distintos plexos vasculares retinianos. Podemos analizar de forma detallada y cualitativa la región avascular foveal (ZAF) y la zona perifoveal, así como la presencia de alteraciones en la densidad capilar vascular en cada uno de los plexos vasculares, incluyendo la interfase vítreo-retiniana para la detección de neovascularizaciones retinianas. Paralelamente, diversos métodos de cuantificación de la señal de flujo han sido descritos, midiendo en la mayoría de los casos áreas de isquemia, área y circularidad de la ZAF y densidad vascular. De nuevo, hay varios métodos descritos, sin haberse consolidado un consenso respecto a la cuantificación estandarizada, por lo que cabe recordar que cada sistema va a proporcionar información diferente y por tanto las comparaciones directas entre plataformas distintas deben ser evitadas. En cuanto a las patologías que causan neovascularización macular (degeneración macular asociada a la edad, alta miopía, espectro paquicoroideo, uveítis, distrofias, telangiectasia macular...), el análisis va a centrarse en general en la región avascular de la retina. La segmentación de esta zona va a poner de manifiesto la presencia de esa neovascularización en la mayoría de los casos. Para un correcto análisis, debemos mirar no sólo la reconstrucción *en face* sino también los distintos B-scans. Por último, una de las zonas que más atención ha tenido ha sido

la capa coriocalilar. Es posible detectar áreas focales de isquemia de esta fina capa en casos de uveítis posterior o espectro paquicoroideo, y se han publicado numerosos análisis al respecto en diversas patologías. Cabe destacar, que el epitelio pigmentario de la retina ejerce una importante influencia en la señal de flujo por lo que el análisis de esta capa y las conclusiones que extraigamos, aún con los instrumentos swept-source, debe ser cuidadoso.

El futuro de esta técnica de imagen parece ir de la mano del aumento del área de escaneo, siendo para ello necesarias velocidades de adquisición aún mayores. Por otro lado, el análisis automatizado de parte de la gran cantidad de datos de los cubos tridimensionales puede hacer más plausible su uso en la práctica clínica habitual. Del mismo modo, el análisis cuantitativo se puede beneficiar en gran medida de técnicas de inteligencia artificial para poder sacar el máximo rendimiento a los datos.

En conclusión, la OCTA es una herramienta no invasiva, complementaria al resto de modalidades de imagen, que proporciona una visualización detallada y de alta resolución de la arquitectura vascular ocular con resolución en profundidad. Su uso a nivel retiniano ha proporcionado valiosa información en patologías tan prevalentes como la retinopatía diabética o la degeneración macular asociada a la edad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, Sadda SR, Staurengi G. Optical coherence tomography angiography. *Prog Retin Eye Res.* 2018 May; 64: 1-55.
2. Rocholz R, Corvi F, Weichsel J, Schmidt S, Staurengi G. OCT Angiography (OCTA) in Retinal Diagnostics. *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology.* Springer; 2019. ISBN-13: 978-3-030-16637-3
3. Campbell JP, Zhang M, Hwang TS, Bailey ST, Wilson DJ, Jia Y, Huang D. Detailed Vascular Anatomy of the Human Retina by Projection-Resolved Optical Coherence Tomography Angiography *Sci Rep.* 2017 Feb 10;7: 42201.
4. Hirano T, Chanwimol K, Weichsel J, Tepelus T, Sadda S. Distinct Retinal Capillary Plexuses in Normal Eyes as Observed in Optical Coherence Tomography Angiography Axial Profile Analysis. *Sci Rep.* 2018 Jun 20; 8(1): 9380.
5. Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK. Image artifacts in optical coherence tomography angiography. *Retina.* 2015 Nov; 35(11): 2163-80.
6. Corvi F, Pellegrini M, Erba S, Cozzi M, Staurengi G, Giani A. Reproducibility of Vessel Density, Fractal Dimension, and Foveal Avascular Zone Using 7 Different Optical Coherence Tomography Angiography Devices. *Am J Ophthalmol.* 2018 Feb; 186: 25-31.

PREGUNTA TIPO TEST

(pulse en la flecha para comprobar las respuestas)

1. Respecto a la angiografía por tomografía de coherencia óptica (OCTA):

- a) La OCTA sustituye completamente a la angiografía fluoresceínica.
- b) La OCTA precisa de la inyección de contraste para visualizar correctamente la capa coriocalilar.
- c) La OCTA es una prueba no invasiva.
- a) La OCTA proporciona información tridimensional.
- e) La OCTA se basa en la microscopía ultrasonográfica.

2. La angiografía por tomografía de coherencia óptica (OCTA):

- a) La OCTA permite visualizar exclusivamente el plexo vascular superficial.
- b) La OCTA es útil en el manejo de la retinopatía diabética ya que permite analizar la zona avascular foveal con mucho detalle.
- c) La OCTA permite analizar membranas neovasculares y medir su área.
- d) El artefacto de proyección es secundario al movimiento del paciente durante la adquisición de la imagen.
- e) Las imágenes de OCTA pueden aportar información cuantitativa y cualitativa.