

Artefactos en la tomografía de coherencia óptica de dominio espectral en el glaucoma

Pieces of equipment in spectral domain optical-coherence tomography for glaucoma

Elizabeth Arzuaga Hernández^{1*} <http://orcid.org.0000-0003-0662-2049>

Ibraín Piloto Díaz¹

Francisco Y. Fumero González¹

Maikel Batista Peña¹ <http://orcid.org.0000-0002-6013-6650>

Marerneda Domínguez Randulfe¹

Isabel Obret Mendive¹

¹Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia. earzuagah@infomed.sld.cu

RESUMEN

La tomografía de coherencia óptica de dominio espectral (SD-OCT) representa un rol integral en el diagnóstico y tratamiento del glaucoma. La evidencia indica que los artefactos de imágenes SD-OCT son un hallazgo relativamente común en la práctica clínica, por lo que el reconocimiento de estos es fundamental para interpretar los datos con precisión, así como evitar diagnósticos erróneos y conductas terapéuticas equivocadas. La presente revisión describe, proporciona ejemplos y plantea las posibles causas de los artefactos más comunes, así como los errores de interpretación más frecuentes, observados con el uso de SD-OCT Spectralis durante el análisis del nervio óptico.

Palabras clave: Tomografía de coherencia óptica; fibras nerviosas de la retina; artefactos; glaucoma.

ABSTRACT

Spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT) represents an integral role in the diagnosis and treatment of glaucoma. Evidence indicates that SD-OCT imaging artifacts are a relatively common finding in clinical practice, so recognizing them is essential to interpret the data accurately, as well as avoiding misdiagnosis and wrong therapeutic behaviors. This review

describes, provides examples and raises the possible causes of the most common artifacts, as well as the most frequent interpretation errors, observed with the use of SD-OCT Spectralis during optic nerve analysis.

Key words: Optical coherence tomography; nerve fibers of the retina; artifacts; glaucoma.

Recibido: 07/11/2019

Aceptado: 20/12/2019

Introducción

Cuando evaluamos a un paciente con glaucoma, anhelamos la objetividad. La presión intraocular (PIO) es objetiva, pero no es un indicador fiable de daño por glaucoma⁽¹⁾ y no puede brindarnos información acerca de la progresión. El campo visual es muy útil, pero su subjetividad con demasiada frecuencia hace que resulte una prueba frustrante tanto para el médico como para el paciente. Además, es un hecho bien establecido que más del 30-40 % de las células ganglionares se pierden antes de que la perimetría blanco sobre blanco muestre defectos.⁽²⁾ Por su parte, las fotos estereográficas del disco dependen del juicio del facultativo.⁽³⁾ Por eso consideramos que el desarrollo de la tomografía de coherencia óptica (OCT) aborda la necesidad “insatisfecha” de objetividad en el glaucoma, y realmente en la práctica diaria ha aportado mayor consistencia a la evaluación de nuestros pacientes.

Pero interpretar el OCT no es tan simple como solo ver si los valores de la prueba caen fuera del rango normal. Una de las mayores precauciones que un oftalmólogo que intenta interpretar imágenes de OCT tiene que tener, es que se tienen que descartar los artefactos antes de que se pueda aceptar un cambio aparente como real.

Kim y otros⁽³⁾ analizaron la capa de células ganglionares (CCG) de 149 ojos de 77 adultos sanos con dominio espectral OCT y encontraron una tasa de falsos positivos del 40,4 %.

Por otro lado, *Asrani*⁽⁴⁾ relacionó los artefactos de imágenes en el 15,2-36,1 % de los pacientes que estaban siendo evaluados para glaucoma.

En el análisis por sectores se producen más artefactos en el sector temporal superior e inferior del nervio óptico, por la salida de los vasos retinianos mayores que pueden ocasionar atenuación de la señal y crear sombras que hacen más variables los límites de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR).⁽⁵⁾ Por lo tanto, más de una cuarta parte de los pacientes tendrá

artefactos en el análisis de la CFNR y/o CCG con el uso de la tomografía de coherencia óptica de dominio espectral.⁽⁶⁾

La presente revisión describe, proporciona ejemplos y plantea las posibles causas de los artefactos más comunes, así como los errores de interpretación más frecuentes, observados con el uso de SD-OCT Spectralis durante el análisis del nervio óptico. Ser conscientes de la presencia de estos y aprender a reconocerlos, puede ayudar al médico a evitar una interpretación clínica errónea.

Artefactos más comunes

Los factores que se asocian a la presencia de artefactos son los siguientes:

- *Edad avanzada.*
- *Mala agudeza visual.* Puede interferir con la cooperación del paciente durante el estudio.⁽⁷⁾
- *Diámetro pupilar < 2 mm.* Estudios recientes no encontraron cambios significativos en el grosor de la CFNR antes y después de la dilatación, lo que sugiere que los resultados de Spectralis no deberían verse afectados por el tamaño de la pupila.^(8,9) Sin embargo, recomendamos, especialmente si se observan artefactos con el tamaño normal de la pupila, dilatar para disminuir la variabilidad.
- *Catarata severa.* A medida que aumenta la severidad de la catarata es más probable que la exploración contenga al menos un artefacto porque disminuye la intensidad de la señal.^(2,7) Curiosamente, estudios recientes reportan que los pacientes pseudofáquicos tienen una mayor frecuencia de artefactos en comparación con los ojos normales. Quizás la opacidad de la cápsula posterior sutil que no es visualmente significativa puede disminuir la transmisión de la fuente de luz y afectar la fuerza de la señal. Otra posibilidad es que el LIO por sí mismo puede causar la dispersión de la luz fuera de la superficie frontal o posterior de la lente, y esto puede degradar la intensidad de la señal.⁽⁷⁾
- *Glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA) y en estadio avanzado.* El adelgazamiento de la capa de fibra del nervio retinal glaucomatoso está asociado con una disminución de la reflectividad de estas, lo que hace más difícil la determinación automática de su espesor.^(3,7)
- *Miopía elevada.* Hasta el 50% de los miopes de moderado a alto tendrán escáneres

OCT repetidamente anormales.⁽¹⁰⁾ Esto realmente es un problema, porque los pacientes con miopía tienen un mayor riesgo de desarrollar glaucoma y, por tanto, las mediciones precisas de la CFNR son importantes.^(10,11,12)

Algunos de los artefactos más frecuentes y su clasificación en relación con la causa aparente que los provoca

- *Intensidad de la señal.* Este parámetro determina la calidad de la imagen. En el caso de la plataforma Spectralis una $Q < 15$ se considera que no es adecuada. Se ha demostrado que por cada unidad de pérdida de la señal hay una disminución de 2 micras del grosor de la CFNR en pacientes sanos,⁽¹³⁾ lo cual, en muchos casos, puede hacer la diferencia entre un análisis normal y el *bordeline* de uno fuera de límites normales. Las causas más comunes que pueden ocasionarla son: el ojo seco, las opacidades corneales, la catarata y las opacidades vítreas.^(6,13) Por tanto, si la exploración es borrosa, le sugerimos al técnico que le pida al paciente que parpadee o pruebe con lágrimas artificiales. Esto no ayudará si el problema es una catarata temprana o una opacidad corneal.

- *Colocación incorrecta del círculo de la CFNR.* En las imágenes de fondo infrarrojas, debemos observar que la zona a estudiar esté incluida completamente, y lo más centrada posible^(4,6,14) (Fig. 1).

- *Truncamiento de las imágenes.* Imposibilidad de traer la imagen al centro de la ventana de adquisición. Este artefacto, generalmente no puede identificarse en la impresión final y solo nos percatamos de su presencia cuando se examinan las imágenes en bruto.^(2,6)

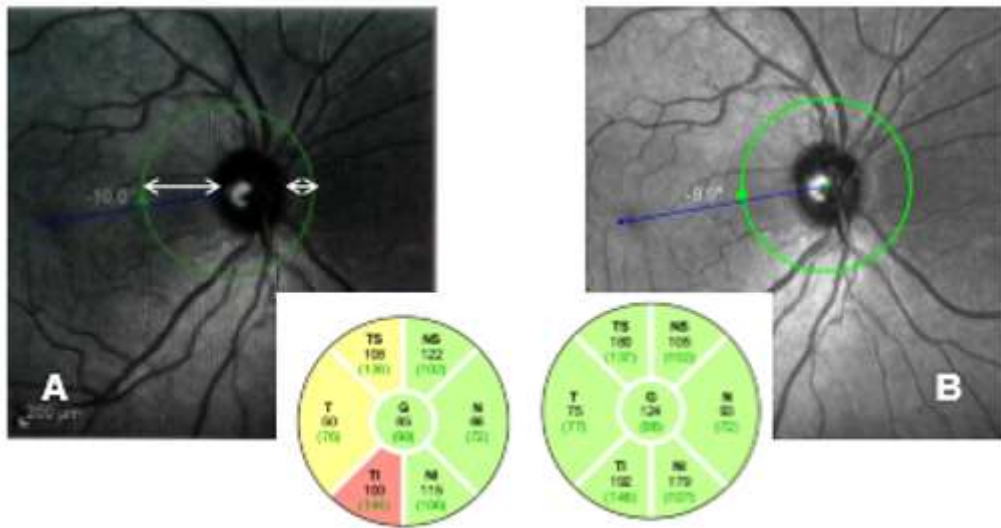


Fig. 1 – A) El escáner peripapilar no está correctamente centrado sobre la cabeza del nervio óptico y, por consiguiente, el área explorada de la capa de fibras nerviosas de la retina aparece artificialmente más delgada. B) Este es el mismo paciente una vez corregido el error.

Artefactos de segmentación

La segmentación es el proceso mediante el cual el software OCT identifica los bordes del CFNR para que pueda informar de su grosor.^(5,7) Todas las plataformas OCT comercialmente disponibles tienen software de segmentación excelente, pero pueden haber errores en algunos pacientes^(2,5) (Fig. 2).

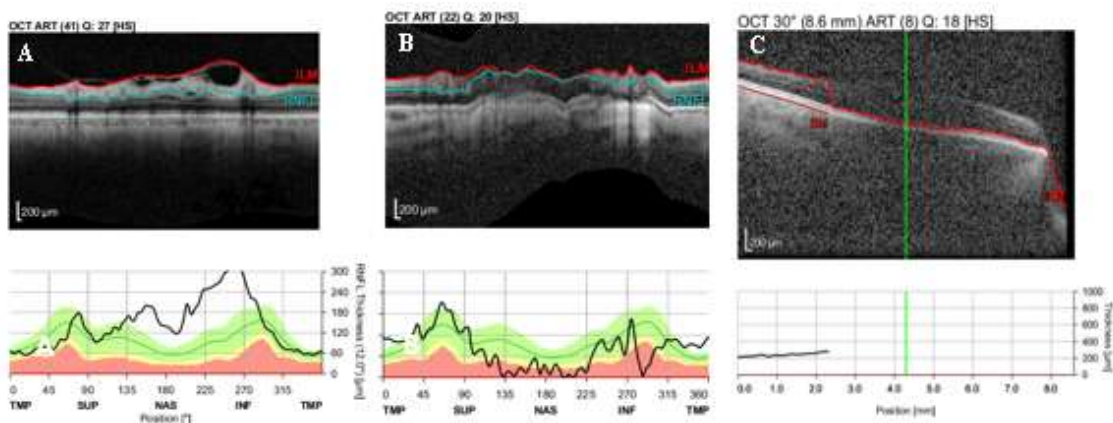


Fig. 2 - El software falla al intentar delinear correctamente la CFNR. A. CFNR anterior incorrectamente segmentada. B. CFNR posterior incorrectamente segmentada. C. Fracaso para segmentar completamente los bordes de la CFNR.

Artefactos asociados con imágenes faltantes

La presencia de flóculos vítreos, al ubicarse en el círculo de escáner, provoca que falten partes de la exploración. En esas áreas faltan los datos y los valores de la CFNR, y si se generara

alguno, se debe ignorar.^(4,7) Se puede alejar pidiéndole al paciente que realice movimientos oculares breves, inmediatamente después de la adquisición del escáner (Fig. 3). Este tipo de error es obvio si nos fijamos en la exploración. Sin embargo, el médico puede no tomarse el tiempo para detenerse y mirar, o puede no darse cuenta de la importancia del hallazgo.

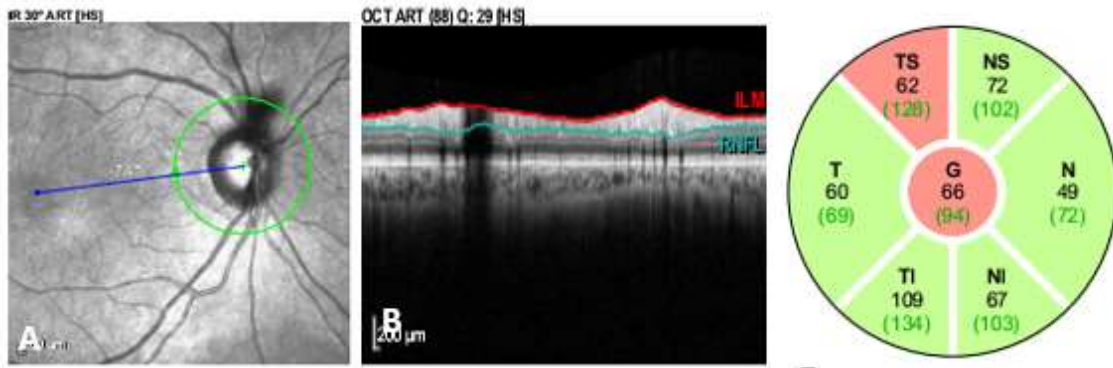


Fig. 3 - Truncamiento abrupto de los bordes laterales. Este tipo de artefacto se produce cuando los bordes de la capa de fibra nerviosa de la retina están borrosos y fuera de la impresión rectangular de la pantalla, relacionado con el movimiento del paciente.

Artefactos asociados a condiciones oculares

- *Atrofia peripapilar (PPA)*. Es una anomalía común, que a menudo se observa en pacientes de edad avanzada y con glaucoma.^(2,11) Por lo general, el círculo de exploración de OCT es más grande que la mayoría de las atrofiaciones de este tipo, y por tanto las exploraciones no se afectan.⁽⁶⁾ Sin embargo, en los pacientes que tienen áreas muy grandes de PPA, sugerimos tener especial cuidado al interpretar las medidas (Fig. 4).

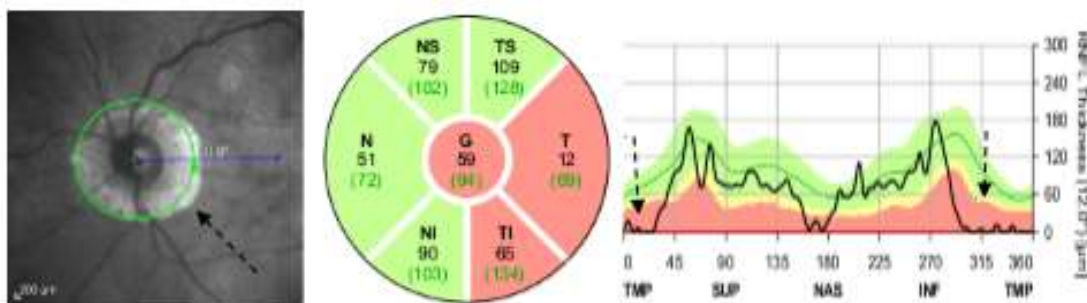


Fig. 4 - Paciente con área extensa de atrofia peripapilar, que sobrepasa el círculo de exploración. El OCT lo escanea y brinda mediciones erróneas.

- *Estafiloma posterior*. Con frecuencia impide obtener mediciones útiles, debido a la longitud axial del ojo, excesivamente larga. Kim y otros⁽³⁾ realizaron un estudio donde evaluaron el efecto del estafiloma en las mediciones de espesor de CFNR, y en él se confirmó que esta patología interfirió de forma significativa con la transmisión precisa de la señal durante el escaneo, lo que afectó la segmentación exacta de la CFNR.

- *Fibras de mielina*. Es un hallazgo raro, presente en 0,3 a 0,6 % de la población. En teoría deberían causar un aumento en el espesor de la capa de fibras, pero en su lugar pueden provocar medidas más delgadas⁽⁴⁾ (Fig. 5).

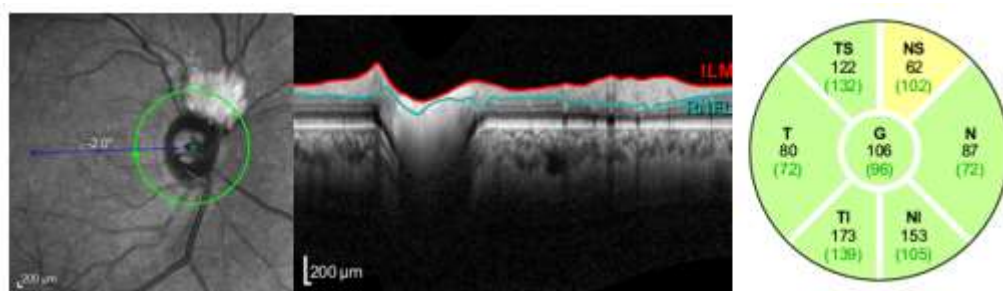


Fig. 5 - Paciente portador de fibras de mielina, con medidas artificialmente más delgadas debido a la segmentación incorrecta de sus bordes.

Artefactos de movimiento

El ojo normalmente tiene cinco microsaccades por segundo, así que a menos que haya un seguimiento de la imagen, el artefacto de movimiento es muy probable, incluso con el paciente más cooperativo.

Para contrarrestar este hecho, la plataforma Spectralis cuenta con el *TruTrack™ Active Eye Tracking* o sistema de seguimiento de la mirada, que utiliza dos haces de luz que mantienen el escaneado láser siempre en la posición deseada,⁽¹⁵⁾ y minimiza en gran medida la ocurrencia de este tipo de artefactos.

Errores de interpretación

Si no estamos conscientes de que todas estas realidades pueden suceder en un equipo tan novedoso como el OCT, sin duda realizaremos una mala interpretación de los resultados:

-*Enfermedad roja*: es cuando la OCT equivocadamente indica que algo es anormal, pero todo está bien.^(4,16) Los ojos miopes se asocian con un mayor porcentaje de clasificaciones diagnósticas anormales porque las bases de datos normativas se ajustan

típicamente solo por edad y no por longitud axial o error refractivo.⁽¹⁰⁾ Es importante señalar que estadísticamente diferente de la media normal, no significa anormal. Pero además, la longitud axial excesivamente larga hace que sea difícil adquirir una buena imagen, y por otro lado la esquisis retiniana miópica presente en estos pacientes afecta el espesor de CFNR peripapilar⁽¹⁰⁻¹²⁾ (Fig. 6).

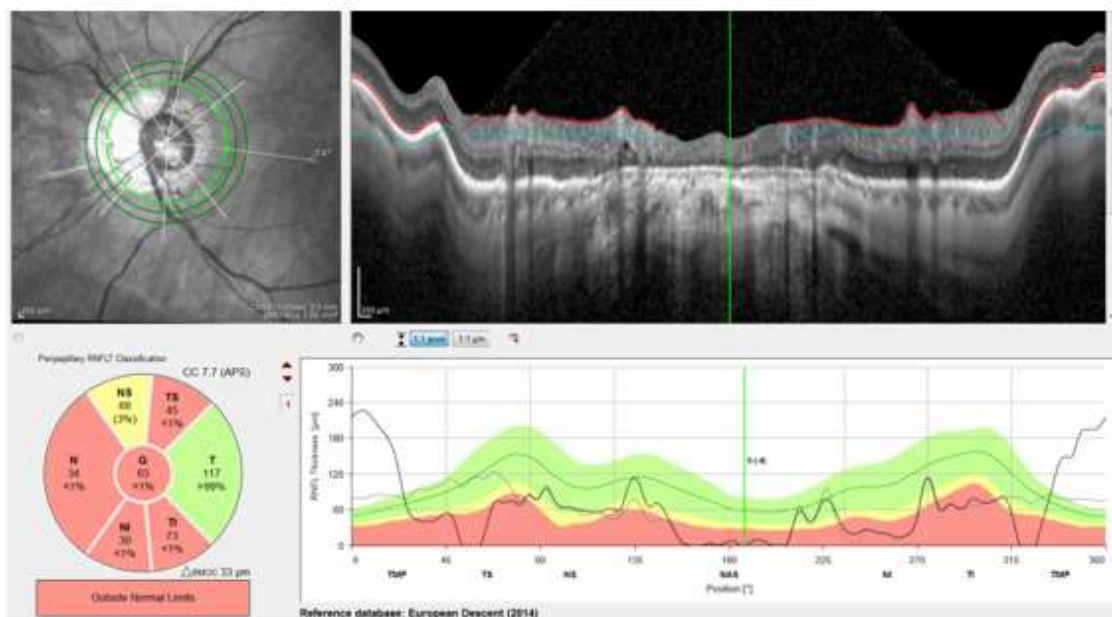


Fig. 6 - Paciente miope con ausencia completa de la capa de fibra nerviosa de la retina en varios sectores, lo que resulta que no es posible debido al efecto suelo.

-*Enfermedad verde*: es cuando los datos OCT no muestran ningún signo de anomalía, pero el ojo está afectado⁽⁴⁾ (Fig. 7).

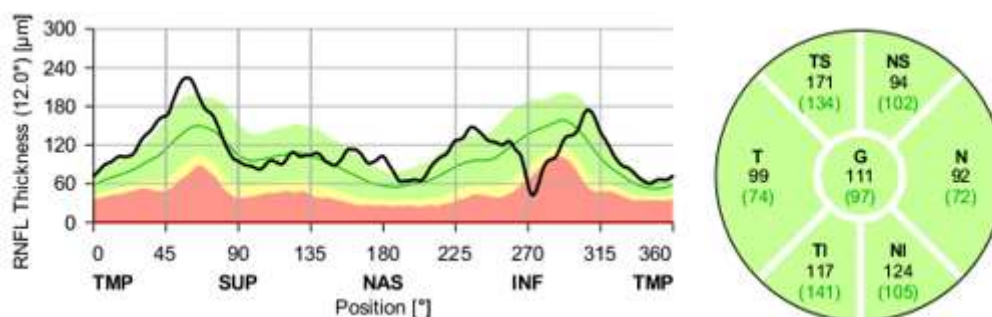


Fig 7. Paciente hipertenso ocular, con una pérdida focal de CFNR en el sector inferotemporal. En este caso, toda la impresión es verde, y da la falsa idea de que no hay daño presente, porque a pesar de la pérdida focal, al promediar el cuadrante, se mantuvo en el rango normal.

Los errores de interpretación clínica incluyen también el fracaso en reconocer patrones de pérdida no glaucomatosos como los observados en la neuritis óptica, las distrofias retinianas, la neuropatía óptica isquémica y la oclusión de las venas hemirretinianas o en causas tóxicas o nutricionales de la atrofia óptica.^(4,6)

Artefactos de progresión falsa

Hay otros 3 grandes artefactos que causan dificultad para el monitoreo de la progresión con OCT:

-Desprendimiento vítreo posterior (DVP): A medida que el vítreo se aparta de la retina puede provocar que la CFNR parezca más gruesa por la tracción.^(3,7) Luego, cuando se desprende, la CFNR puede parecer de repente más delgada, ya que la tracción ha sido liberada y la CFNR ha vuelto a su espesor normal, y esto podría parecer progresión.^(3,4,6,7) Por lo tanto, uno tiene que estar en capacidad de ver la interfaz del vítreo con la CFNR, en el escaneo en bruto, antes de aceptar este cambio como progresión.

-Membrana Epirretinal: el software del equipo puede identificar el límite superior de la MER como el del borde superior del CFNR o como la membrana limitante interna de la retina, lo que conduce a mediciones erróneas de CFNR.^(4, 6,7) La liberación de la membrana epirretiniana puede crear una falsa apariencia de progresión, que el facultativo puede perderse si no examina cuidadosamente las imágenes en bruto.

-Uveítis: En los pacientes con esta patología, la CFNR puede parecer normal debido a la inflamación.^(17,18) Pero cuando la uveítis es controlada, la CFNR que había parecido normal debido a la inflamación, parece ahora mucho más delgada, ya que la hinchazón ha desaparecido.⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ El factor de desempate en estos casos sería apoyarnos en el estudio de la mácula y correlacionar con el campo visual.⁽¹⁾

La OCT tiene un tremendo potencial para el manejo del glaucoma, pero necesitamos ser conscientes de la presencia de artefactos. La mayoría de estos son fácilmente identificables en la impresión final en las exploraciones de grosor macular (83,8 %) y CFNR (87,3 %). Sin embargo, aquellos que no son evidentes en la impresión final siguen siendo una preocupación importante y pueden conducir a errores significativos en la evaluación clínica. Es posible que sea necesario volver a adquirir las exploraciones o corregir manualmente los errores de segmentación, aunque consuman mucho tiempo, para una mejor atención clínica. Las mejoras

continuas en los algoritmos de software y segmentación proporcionarán con certeza datos cuantitativos de espesor cada vez más fiables. La imagen oftálmica es un complemento importante para el diagnóstico clínico, pero los resultados de los dispositivos de imagen deben ser evaluados críticamente en relación con los artefactos de la imagen y las limitaciones de la tecnología y sus bases de datos normativas.

Referencias bibliográficas

1. Kim KE, Jeoung JW, Park KH, Kim DM, Kim SH. Diagnostic classification of macular ganglion cell and retinal nerve fiber layer analysis: differentiation of false-positives from glaucoma. *Ophthalmology*. 2015;122(3):502–10.
2. Dharwadkar S, Nayak BK. Optical coherence tomography in glaucoma-I. *J Clin Ophthalmol Res*. 2017;5(1):51-63.
3. [Kim NR](#), [Lim H](#), [Kim JH](#), [Rho SS](#), [Seong GJ](#), [Kim CY](#). Factors associated with false positives in retinal nerve fiber layer color codes from spectral-domain optical coherence tomography. [Ophthalmology](#). 2011;118(9):1774-81.
4. Asrani S, Essaid L, Alder BD, Santiago-Turla C. Artifacts in spectral-domain optical coherence tomography measurements in glaucoma. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(4):396-402.
5. Mansberger SL, Menda SA, Fortune BA, Gardiner SK, Demirel S. Automated segmentation errors when using optical coherence tomography to measure retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2017;174:1-8
6. [Chen JJ](#), [Kardon RH](#). Avoiding Clinical Misinterpretation and Artifacts of Optical Coherence Tomography Analysis of the Optic Nerve, Retinal Nerve Fiber Layer and Ganglion Cell Layer. [J Neuroophthalmol](#). 2016;36(4):417-38.
7. Liu Y, Simavli H, Que CJ, et al. Patient characteristics associated with artifacts in Spectralis optical coherence tomography imaging of the retinal nerve fiber layer in glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2015;159(3):565–576.
8. Savini G, Carbonelli M, Parisi V, Barboni P. Effect of pupil dilation on retinal nerve fibre layer thickness measurements and their repeatability with Cirrus HD-OCT. *Eye (Lond)*. 2010;24(9):1503-8.
9. Massa GC, Vidotti VG, Cremasco F, Lupinacci AP, Costa VP. Influence of pupil dilation on retinal nerve fibre layer measurements with spectral domain OCT. *Eye (Lond)*. 2010;24(9):1498-502.

10. Mohammad Salih PA. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in myopic eyes by spectral-domain optical coherence tomography. *J Glaucoma*. 2012;21(1):41–4.
11. Zhao JJ, Zhuang WJ, Yang XQ, Li SS, Xiang W. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness distribution in Chinese with myopia measured by 3D-optical coherence tomography. *Int J Ophthalmol*. 2013;6(5):626–31.
12. Savini G, Barboni P, Parisi V, Carbonelli M. The influence of axial length on retinal nerve fibre layer thickness and optic-disc size measurements by spectraldomain OCT. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(1):57–61.
13. Vizzeri G, Bowd C, Medeiros FA, Weinreb RN, Zangwill LM. Effect of signal strength and improper alignment on the variability of stratus optical coherence tomography retinal nerve fiber layer thickness measurements. *Am J Ophthalmol*. 2009;148(2):249–55.
14. Cheung CYL, Yiu CKF, Weinreb RN, et al. Effects of scan circle displacement in optical coherence tomography retinal nerve fiber layer thickness measurement: a RNFL modelling study. *Eye Lond Engl*. 2009;23(6):1436–41.
15. Lara J, Ispa C, Muñoz FJ, Rebolleda G. OCT Spectralis (Heidelberg Instruments). En: FJ Muñoz, Rebolleda G, Díaz M. *Tomografía de Coherencia Óptica*. Madrid: Sociedad Española de Oftalmología; 2011. p. 85-91.
16. Chong GT, Lee RK. Glaucoma *versus* red disease: imaging and glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol*. 2012;23(2):79–88.
17. Asrani S, Moore D, Jaffe G. Paradoxical changes of retinal nerve fiber layer thickness in uveitic glaucoma. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(7):877-80.
18. Moore D, Jaffe G, Asrani S. Retinal nerve fiber layer thickness measurements: uveitis; a major confounding factor. *Ophthalmology*. 2015;122(3):511-7.
19. Chhablani J, Krishnan T, Sethi V, Kozak I. Artifacts in optical coherence tomography. *Saudi J Ophthalmol*. 2014;28(2):81–7.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.