

## Utilidad de la tomografía de coherencia óptica en el glaucoma infantil

### Usefulness of Optical Coherence Tomography in Childhood Glaucoma

Victor Leandro Pérez Salas<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0009-0000-0328-377X>

Yanileidy González Blanco<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8471-7820>

Teresita de Jesús Méndez Sánchez<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1589-7784>

Ramona Acosta Guzmán<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4826-29-61>

Yoandra Maceo Salcedo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0005-8056-1397>

<sup>1</sup>Hospital Infantil Sur, Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>2</sup>Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Hospital Pediátrico Provincial Hermanos Cordové. Manzanillo, Granma.

\*Autor para la correspondencia: [leandro.vlps85@gmail.com](mailto:leandro.vlps85@gmail.com)

## RESUMEN

La *tomografía de coherencia óptica* es una técnica de diagnóstico por imagen no invasiva; que se caracteriza por la realización de cortes tomográficos micrométricos mediante la luz sobre el tejido a estudiar; con una resolución espacial superior al ultrasonido y con una alta sensibilidad, lo que ha permitido su uso en varias esferas de la medicina. El objetivo de del estudio fue exponer los últimos avances del uso de la tomografía de coherencia óptica en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma infantil. Se realizó una revisión bibliográfica de documentos y artículos científicos relacionados con el tema, que referían el análisis de la capa de fibras neuroretinianas, de células ganglionares, área de disco y relación copa disco en la tomografía de coherencia óptica, una herramienta fundamental en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma infantil, sin embargo; el conocimiento, actualización de las bases de datos normativas y

su asociación a los elementos clínicos presentes en la enfermedad son pautas importantes para evitar errores diagnósticos.

**Palabras clave:** tomografía de coherencia óptica; glaucoma infantil; células ganglionares; capa de fibras neuroretinianas; disco óptico.

## ABSTRACT

Optical coherence tomography is a non-invasive diagnostic imaging technique characterized by the use of light to perform micrometric tomographic sections on the tissue to be studied. It has a higher spatial resolution than ultrasound and high sensitivity, which has allowed its use in various fields of medicine. The objective of the study was to present the latest advances in the use of optical coherence tomography in the diagnosis and monitoring of childhood glaucoma. A literature review was conducted of scientific documents and articles related to the topic, which referred to the analysis of the neuroretinal fiber layer, ganglion cells, disc area, and cup-to-disc ratio in optical coherence tomography, a fundamental tool in the diagnosis and monitoring of childhood glaucoma. However, knowledge, updating of regulatory databases, and their association with the clinical elements present in the disease are important guidelines for avoiding diagnostic errors.

**Keywords:** optical coherence tomography; childhood glaucoma; ganglion cells; neuroretinal fiber layer; optic disc.

Recibido: 10/02/2025

Aceptado: 10/03/2025

## Introducción

La *tomografía de coherencia óptica* (OCT) del inglés, *Optical Coherence Tomography*, tiene una relevante importancia en los diferentes campos de la oftalmología. Su evolución desde el dominio en el tiempo al dominio espectral y

fuerza de barrido ha permitido el aumento de la profundidad, velocidad de captura y la resolución de las imágenes; lo que permitió la segmentación de las células ganglionares y el reconocimiento de la apertura de la membrana de Brush como elementos importantes para el análisis de los parámetros del disco óptico, a lo que se suma de forma más reciente la angiografía sin contraste.<sup>(1)</sup>

Hoy la OCT es imprescindible para la toma de decisiones clínicas y como criterios de inclusión en diferentes investigaciones relacionadas con el glaucoma. Además, la sociedad científica trabaja sobre la base de unificar los criterios para el reporte de los estudios de la OCT, por lo que se conformó en el 2021 el protocolo APOSTEL (Advised Protocol for OCT Study Terminology and Elements),<sup>(2)</sup> en el cual se agrupan las recomendaciones para la nomenclatura de las estructuras de la retina, así como detalles relacionados con la adquisición y análisis en los reportes científicos.

La utilidad del OCT en el diagnóstico del daño glaucomatoso incluye el análisis estructural en tres localizaciones fundamentales: células ganglionares a nivel macular, capa de fibras nerviosas retiniana (RNFL, *retinal nerve fiber layer*), anillo neuroretiniano y copa en el disco óptico; y análisis vascular en dos localizaciones: parafoveal y peripapilar.

La utilización de esta técnica se ha visto en cierta medida limitada en el glaucoma infantil, ya que los dispositivos de OCT incluyen una base de datos realizada con referencias extraídas de exploraciones realizadas a adultos, lo que limita su aplicación en niños. No se dispone de valores de referencia para niños y adolescentes por debajo de los 18 años de edad. La ausencia de esta base de datos hace que haya una gran falta de conocimiento con respecto a los valores normales en niños sanos.

Dado a los nefastos resultados que puede traer la enfermedad para la vida futura de estos niños, lo que premura un adecuado diagnóstico y seguimiento; se realiza una revisión bibliográfica para exponer los últimos avances en la aplicación de la tomografía de coherencia óptica en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma infantil.

## Métodos

Se realizó una pesquisa de la literatura científica y académica en Google Académico, PubMed, para lo cual se emplearon las siguientes palabras clave: tomografía de coherencia óptica, glaucoma infantil, diagnóstico, células ganglionares, capa de fibras neuroretinianas y disco óptico.

### Principio de funcionamiento de la tomografía de coherencia óptica

La tomografía de coherencia óptica se basa en un principio básico de óptica conocido como interferometría de baja coherencia, que usa la reflexión de la luz infrarroja para obtener imágenes tomográficas de alta resolución. Este rayo de luz es dirigido al tejido del cual se debe obtener la imagen, y la señal óptica es transmitida o reflejada por el tejido biológico. La luz coherente reflejada proporciona información sobre su retraso en las distintas capas de la muestra analizada, lo que permite conocer la localización longitudinal de las diferentes zonas de reflexión, distancia y espesor de las distintas estructuras oculares (escáner axial).

El sistema OCT proporciona múltiples escáneres longitudinales contiguos lo que permite construir un mapa de las zonas de reflexión dimensional (imagen topográfica bidimensional).<sup>(3)</sup> 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.

El sistema óptico de OCT consiste en un interferómetro con una coherencia baja y una fuente de iluminación de ancha amplitud de banda. La fuente de luz es un láser que emite cortos pulsos de luz (longitud de coherencia corta). La luz es

generada por un diodo de infrarrojos (820 nm a 830 nm) de baja coherencia o por una fuente láser de femtosegundo.<sup>(3)</sup>

La luz se divide en dos partes iguales mediante un espejo parcialmente reflectante o divisor de haz: uno que se refleja en un espejo de referencia y que funciona como un rayo de referencia, el camino que recorre la luz es conocido (longitud de referencia) y el otro que se refleja en el tejido a analizar y que funciona como rayo de medida, el cual permite medir diminutas diferencias de camino óptico. La luz reflejada por el tejido se compara con la luz reflejada por el espejo de referencia y, cuando ambos reflejos coinciden en el tiempo se produce el fenómeno de interferencia.

La intensidad de luz reflejada dentro de las estructuras del tejido interfiere de forma constructiva o destructiva con la luz que regresa del espejo de referencia, y esta interferencia de ambos haces es recogida por un fotodetector. La señal detectada por el interferómetro es procesada de forma electrónica y se visualiza en un ordenador.<sup>(3)</sup>

La resolución axial, determinada por la fuente de luz, determina cuales capas de la retina se pueden distinguir con claridad. Mientras que la resolución transversal determina la precisión con la que pueden ser definidas y separadas diversas estructuras. La resolución transversal está determinada por el sistema óptico del ojo, puede ser afectada por el diámetro pupilar y es corregida de forma activa por el sistema de escáner.<sup>(3)</sup>

A medida que se disponen de mejores fuentes de luz, tales como láseres de femtosegundo o de picosegundo, se mejora en profundidad las estructuras que se pueden analizar; y el perfeccionamiento en el *hardware* de los equipos permite conseguir cada vez mejores y más claras imágenes. El cambio ha sido vertiginoso: En 1998 se realizaban 100 escáner por segundo, en la actualidad se realizan 95 000. La resolución axial en 1998 era de 15 micras y en la actualidad está por debajo de las 3 micras. Esto en poco más de dos décadas. El sistema original se conoció como de *dominio tiempo*, y dependía de que cada señal fuera analizada una por una y, tenía la limitante del tiempo de la velocidad en que cada imagen se procesaba.

Cuando en 2008 ya se introducen los equipos de alta definición, se basaban en un espectrómetro que, al descomponer todas las longitudes de onda, mediante un dispositivo, producía una enorme cantidad de información que era procesada mediante las transformaciones de Fourier. Este nuevo concepto se conoce como OCT de *dominio Fourier*, o espectral, y permitió un aumento significativo de la capacidad de análisis. "Antes era un avión de hélice y se convirtió en todo un avión a reacción."<sup>(4)</sup>

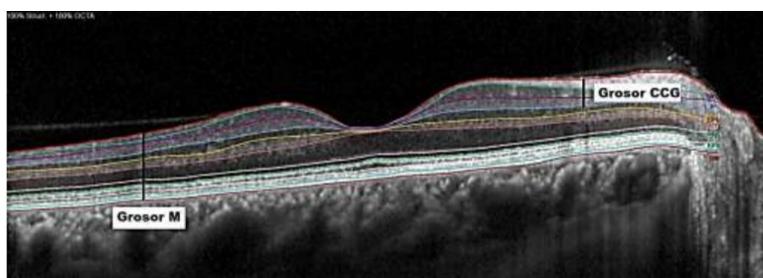
### **Modo de realización del examen en el niño**

Para considerar una captura de OCT válida en el momento que se realiza el examen al paciente, es recomendable explicar en qué consiste la prueba y de qué manera debe colaborar el propio niño. Es importante asegurarse de que coloque bien la cabeza sobre la mentonera y apoye bien la frente. La cabeza no debe estar torcida en ninguno de los tres planos del espacio, en cuyo caso, los valores obtenidos no corresponderían con el cuadrante o sector analizado en realidad. Así se consigue que la imagen obtenida esté bien centrada y sin movimientos. Para que la imagen sea válida, la captura debe realizarse con un escaneo continuo sin áreas blancas (causadas por interrupciones o parpadeos) y con una calidad de imagen adecuada según indica cada casa comercial. Debemos conocer el sexo del paciente, la fecha de nacimiento, el origen y el equivalente esférico (EE) de la refracción ciclopléjica de cada uno de los ojos.<sup>(5)</sup>

### **Uso de la OCT en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma infantil**

Tanto en las neuropatías ópticas glaucomatosas y no glaucomatosas como en las enfermedades neurológicas, la OCT se está convirtiendo en la prueba objetiva de elección en la población pediátrica ya que, con el campo visual solo se pueden obtener pruebas fiables en casos seleccionados y en niños relativamente mayores. En relación con el glaucoma infantil la OCT permite el análisis de la capa de células ganglionares a nivel macular, capa de fibras nerviosas retiniana peripapilar, anillo neuroretiniano y copa en el disco óptico.<sup>(4,6)</sup>

Alrededor del 50 % del total de las células ganglionares de la retina reside en la mácula. La muerte progresiva de las células ganglionares resulta en la pérdida de las conexiones dendríticas (capa plexiforme interna), el cuerpo de la célula (capa de células ganglionares) y de sus axones (RNFL); por lo que el daño glaucomatoso se puede monitorizar en el área macular. El complejo de células ganglionares (GCC) es la suma de la capa de fibras nerviosas retinianas maculares (RFNLM) y la capa de células ganglionares-capax plexiforme interna (GCIP) (fig. 1). A nivel macular en el glaucoma con la OCT se analiza el grosor (GCC).



Fuente: base de datos del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

**Fig. 1** - Exploración mediante tomografía de coherencia óptica del dominio espectral de la mácula. El grosor de las células ganglionares está unido anteriormente por la línea roja (membrana limitante interna) y posteriormente por la línea azul (límite de la capa plexiforme interna). El grosor macular total (grosor M) está unido anteriormente por la membrana limitante interna (línea roja) y posteriormente por el epitelio pigmentario de la retina.

El estudio realizado por *Mahmoudi* y otros,<sup>(7)</sup> demostró que la medición aislada de la capa de los cuerpos de las células ganglionares maculares (GCL) es equivalente a la (GCIP) para la detección del glaucoma. Se necesita una pérdida del 30-50 % de las células ganglionares antes que sea posible evidenciar la disminución de la sensibilidad en el campo visual. El estudio de la GCIP abre oportunidades para la detección de los cambios estructurales antes que los cambios perimétricos.

De acuerdo al metaanálisis realizado por *Kansal* y otros,<sup>(1)</sup> el valor diagnóstico del grosor de GCIP es igual al de la RNFL; siendo los de mayor predicción

diagnóstica el valor global y los sectores superior, inferior, supero e ínfero temporal. Muñoz<sup>(8)</sup> en su estudio plantea un aumento de la GCIP con el aumento del equivalente esférico (EE).

Los autores plantean la posibilidad de un diagnóstico precoz al identificar la pérdida del cuerpo celular antes que la pérdida axonal, mediante el estudio de las células ganglionares, correlacionando esto con los defectos iniciales que se ubican en la región paracentral (10-20 grados) del campo visual.

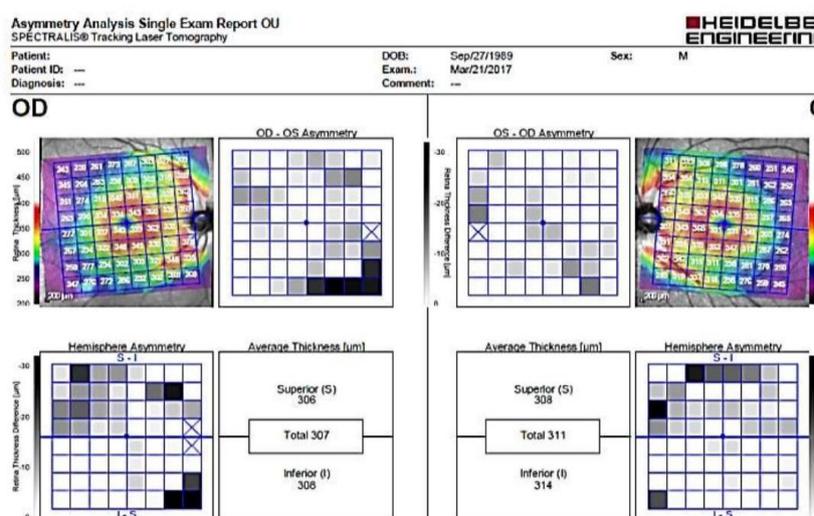
Factores como la existencia de mayor distancia entre la fóvea y el defecto de la RNFL, defecto estrecho de la RNFL, presencia de escalón nasal periférico aislado y otros parámetros como la refracción, la longitud axial, el área del disco, la calidad de la imagen y la etnia pueden influir negativamente en los resultados, dado que la base de datos normativa no se encuentra ajustada para ello.<sup>(9)</sup>

Existen cuatro protocolos de espesor macular derivados de la OCT disponibles en el mercado, que ahora se utilizan para complementar las mediciones de la RNFL y la cabeza del nervio óptico (ONH, por sus siglas en inglés *optic nerve head*) en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma. Los dispositivos difieren en las áreas muestreadas, así como en las capas que evalúan:

- RTVue FD-OCT Optovue. Realiza un análisis del GCC. Brinda un mapa de grosor y de significancia codificado por colores. Además, una tabla resumen proporciona valores del grosor promedio, superior e inferior de este complejo.
- Spectralis SD-OCT (Heidelberg Engineering, Inc., Heidelberg, Alemania). Incorpora el análisis de asimetría del polo posterior, que permite cuantificar de forma independiente todas las capas retinianas en la mácula, incluidas las mediciones separadas de las tres capas más afectadas por el glaucoma: RNFL GCC y capa plexiforme interna (IPL, por sus siglas en inglés *inner plexiform layer*).<sup>(10,11)</sup> La forma en que este tipo de análisis aislado de células ganglionares mejora la capacidad diagnóstica glaucomatosa sigue sin estar clara. Para interpretar correctamente este protocolo, se debe comprobar el mapa de color y el gráfico de escala de grises, en busca de cualquier asimetría entre el hemisferio

superior e inferior. La OCT compara el grosor entre las mitades superior e inferior de la mácula; normalmente la mitad inferior tiene un grosor mayor (fig. 2).

El principal problema de este parámetro, es que no mide específicamente el GCC, que es el que se afecta en el glaucoma, sino todo el espesor de la mácula. Así que pudiera aparecer reducido en trastornos que afecten las capas externas de la retina, lo que podría actuar como un factor de confusión al evaluar la presencia de daño glaucomatoso.<sup>(10,11)</sup>

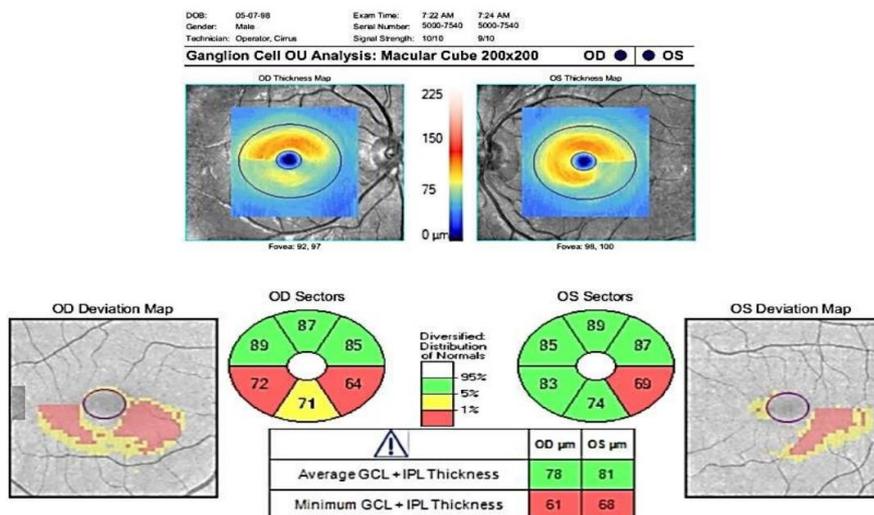


Fuente: base de datos del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

**Fig. 2** - Se muestra en la imagen de asimetría del hemisferio cómo el grosor macular inferior sigue un patrón típicamente arciforme, muy sugestivo de glaucoma. El mapa de grosor aparece en rojo/naranja a lo largo de los bloques de fibras nerviosas temporal superior e inferior, así como a lo largo de la capa de células ganglionares (anillo rojo), alrededor de la fovea. La misma fovea, así como la retina periférica, aparecen en color morado, provocado por valores fisiológicamente más delgadas. Los cuadrados grises representan áreas más delgadas que en el hemisferio contrario. Se observan asimetrías que se presentan en patrones de arcos y conectadas.

- Cirrus HD-OCT Ganglion Cell Analysis (GCA) (Carl Zeiss Meditec, Inc.): segmenta automáticamente las células ganglionares y las capas plexiformes internas (GC-IPL) de las capas retinianas restantes, pero omite la RFNL. Posteriormente, el sistema mide el grosor de estas dos capas retinianas dentro de un área de anillo elíptico (radio vertical de 2

mm, radio horizontal de 2,4 mm) de 14,13 mm, centrado en la fóvea, que corresponde al área de mayor densidad (fig. 3).



Fuente: base de datos del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

**Fig. 3** - El protocolo Cirrus HD-OCT macular cube 200 × 200 proporciona un grosor regional de la GC-IPL en seis sectores en forma de cuña. Los valores de la GC-IPL macular se muestran en un mapa de grosor codificado por color en el que los colores "más cálidos" representan valores más gruesos, y los colores "más fríos" representan valores más delgados.

- Topcon Maestro 3D OCT-1: Se introdujo en el mercado de Estados Unidos de América. en el año 2013. Ofrece tanto un escaneo de GCC como de GC-IPL. Se ha demostrado que la obtención de imágenes del GCC mejora la precisión diagnóstica en el glaucoma en comparación con el grosor macular total y funciona muy bien en comparación con la exploración RNFL.<sup>(12)</sup>

Es importante destacar que los valores de grosor no deben ser comparados entre OCT diferentes, ya que cada uno tiene sus propias referencias anatómicas y estas no siempre tienen que coincidir. Detectar o confirmar daño glaucomatoso

precoz es muy sensible en hipertensos oculares, sospecha de glaucoma y glaucoma de tensión normal.<sup>(12,13)</sup>

En el caso de la plataforma Spectralis puede usarse como una métrica el grosor macular general, la asimetría entre ojos, la progresión a lo largo del tiempo, así como los patrones arqueados de pérdida de la RNFL que se extienden desde la mácula hacia la ONH. Solo en el glaucoma, el cambio del grosor macular es típicamente arciforme; no adquiere esta disposición cuando se afecta por otras enfermedades.<sup>(14)</sup>

En el caso del sistema CIRRUS se recomienda identificar en el patrón de células ganglionares formas típicas, denominadas “en caparazón de caracol”. Son formas típicas de los defectos que vemos en la zona inferior. Es importante señalar que cuantificar la pérdida del cuerpo celular ganglionar en la mácula permite la detección temprana del daño glaucomatoso, en algunos casos incluso 5 años antes de que se pueda detectar el daño funcional. En niños con glaucoma, el uso del OCT es atractivo, y se han demostrado medidas de grosor macular más bajas, que reflejan el rendimiento de la RFNL peripapilar.<sup>(15,16)</sup> El hallazgo anterior es especialmente importante, porque generalmente en este grupo no se obtienen campos visuales confiables.

El análisis del grosor de RFNL es el pilar diagnóstico más utilizado para la determinación del glaucoma, considerado como estándar de oro en la OCT polo posterior. La colección de haces de la RFNL es más gruesa en los cuadrantes superior e inferior del disco, por lo que estas zonas son particularmente vulnerables al daño glaucomatoso.

El grosor disminuye de forma significativa con la edad y por ello los resultados se comparan con bases de datos normativas según la edad para clasificar la probabilidad de encontrarse dentro o fuera de la normalidad; tanto el valor global como en el análisis por cuadrantes y por sectores horarios. El grosor global de RNFL difiere como promedio 6 micras entre caucásicos, afroamericanos y asiáticos.<sup>(1)</sup> Referente a la asimetría interocular, se reporta que diferencias superiores a 9-12 micras son estadísticamente fuera de los límites normales y pueden representar una neuropatía óptica glaucomatosa temprana.<sup>(10,17,18)</sup> Es

importante recordar que la asimetría en el tamaño del disco puede explicar fisiológicamente la asimetría interocular en el grosor de la RNFL.

Con respecto al estudio de las características del disco óptico, la OCT permite la medición certera de su borde, del anillo neuroretiniano y de la copa. Automáticamente la OCT mide la distancia entre la apertura de la membrana de Bruch (BMO) y la membrana limitante interna lo que define el grosor del anillo neuroretiniano, tomándose su menor distancia como el parámetro BMO-MRW (Bruch's membrane openingbased minimal rim width). La medición se realiza en los 360 grados y se compara con la base de datos normativa.

Diversos estudios demuestran que el valor de BMO-MRW y el grosor de la RNFL peripapilar son similares y que esta primera es superior a la GCIP para diferenciar entre sujetos sanos y con glaucoma incipiente. *Vázquez y otros*<sup>(19)</sup> notifican que su valor en el sector inferotemporal es el de mayor capacidad diagnóstica de la OCT. El parámetro BMO-MRW parece tener mejor eficiencia que la RNFL para diferenciar individuos miopes sanos y glaucomatosos, principalmente en las miopías mayores de -6 dioptrías.

El parámetro BMO-MRW tiene utilidad para evaluar la regla ISNT (el grosor del anillo neuroretiniano es mayor en el sector inferior que en el superior, este mayor que el nasal y este mayor que el temporal, en sujetos normales). El valor diagnóstico de esta regla utilizando BMO-MRW resultó ser superior que su aplicación en la fotografía para distinguir entre discos ópticos normales y glaucomatosos; además de poder aplicarla cuando el anillo es imposible de distinguir mediante oftalmoscopia, como ocurre en los discos inclinados.<sup>(20,21)</sup>

La asimetría en el tamaño del disco puede justificar de forma fisiológica las asimetrías en las características de anillo neuroretiniano y de copa entre ambos ojos. Todos estos parámetros mostraron también correspondencia con el defecto medio y el patrón de desviación del campo visual; donde el área de anillo mostró la mejor correspondencia y el volumen de la copa la menor. Los hallazgos en C/D vertical también se han destacado por su capacidad diagnóstica.<sup>(21)</sup> La asimetría en la razón C/D es un signo clínico importante para el diagnóstico precoz del glaucoma, en ausencia de causas que justifiquen su presencia como son la anisometropía, la miopía u otras anomalías del disco óptico.

Diversos estudios poblacionales han demostrado que la asimetría C/D mayor de 0,1 está presente en menos del 8 % de la población y la asimetría mayor de 0,2 en menos del 5 % y hasta menos del 1 % de los sujetos normales, según la población estudiada. La asimetría C/D mayor de 0,2 se utiliza como criterio de exclusión de la muestra de sujetos sanos en los estudios epidemiológicos y ensayos clínicos relacionados con el glaucoma, debido a la importancia de este parámetro en el diagnóstico de glaucoma.<sup>(22)</sup>

Recientemente se confirmó en un estudio,<sup>(22)</sup> que la relación C/D mayor se relaciona con un daño glaucomatoso más avanzado en el campo visual; y que la solidez de esta asociación varía según la etnia siendo superior en los pacientes de color de la piel negra. Acorde a este hallazgo, sería importante incorporar una base de datos normativa según la etnia en la interpretación de la significación de los resultados

El rechazo nasal de los vasos centrales de la retina a nivel del disco óptico es un hallazgo frecuente en la neuropatía óptica glaucomatosa. *Sawada* y otros<sup>(23)</sup> utilizaron la ventaja de obtener imágenes de profundidad mejorada (EDI, enhanced-depth imaging) mediante OCT, ratificando que el desplazamiento nasal de los vasos es mayor en pacientes con glaucoma que en sujetos normales. Además, encontraron que aquellos pacientes con mayor desplazamiento nasal presentan una angulación mayor de los vasos al pasar por la lámina cribosa, lo que se relaciona con campos visuales significativamente más afectados.

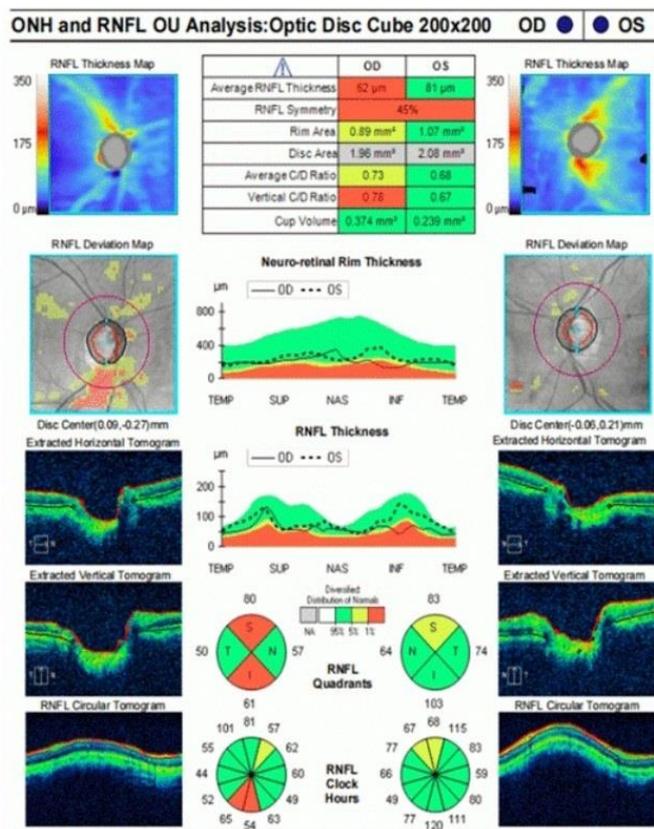
La miopía cada vez es más frecuente en la población mundial, alcanzando cifras epidémicas. Dicha condición constituye un factor de riesgo para el glaucoma; aunque no se conocen claramente sus mecanismos fisiopatogénicos. La miopía se asocia a formas atípicas de discos ópticos y cambios en el polo posterior; así como a diferentes anomalías del campo visual. En este sentido, se ha propuesto que es valiosa la exploración de las células ganglionares y de BMO-MRW; considerándose estos resultados superiores al análisis de la RNFL.<sup>(20)</sup>

Otros autores encuentran que en la miopía axial existe adelgazamiento de la RNFL promedio, GCIP promedio y mínimo, así como de los parámetros no temporales de la RNFL y de la GCIP; por lo que se justifica considerar el estado

refractivo en los pacientes sospechosos de glaucoma.<sup>(24)</sup> En los pacientes miopes, en los que las características estructurales y el campo visual muestran formas atípicas, el diagnóstico precoz de daño glaucomatoso solo puede realizarse mediante la evaluación de cambios significativos en el tiempo.

La compensación de factores relacionados con el disco óptico (relación, orientación y área), la fovea (distancia y ángulo), la densidad de los vasos retinianos, el error de refracción y la edad reducen la variabilidad de las mediciones y pueden mejorar el diagnóstico del glaucoma.

Los elementos referidos anteriormente son mostrados en la tomografía de coherencia óptica en el mapa de capa de fibras nerviosas (Nerve Fiber Layer Map, en sus siglas en inglés) (fig. 4). Esta es una imagen topográfica de la disposición de las fibras. Su aspecto típico es de alas de mariposa, con sus colores rojo y amarillo, dependiendo del grosor en cada punto de la capa. Luego tenemos el mapa de desviación, (RNFL Deviation Map), que muestra las desviaciones de la normativa. Vemos dos círculos rojos, uno delimita la excavación y el más externo el área de cálculo del grosor de la capa de fibras nerviosas.



Fuente: base de datos del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

**Fig. 4** -Cirrus™ 5000HD-OCT (versión 11.0, Carl Zeiss Meditec, Inc., Dubin, CA (Optic Disc Cube Protocol 200 x200). Análisis del grosor de fibras neuroretiniana (RNFL). A continuación se presenta el grosor del anillo neurosensorial, que presenta la comparación de ambos ojos. Luego por debajo nos presenta el gráfico de grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina en la presentación temporal-superior-nasal-inferior-temporal (TSNIT), esto es, el grosor detallado en cada uno de las zonas principales y su comparación con la normativa vigente. Luego por debajo del TSNIT presenta esta misma data en forma de cuadrantes y horaria. Esta información se estudia comparándola con la normativa.

Es importante destacar que la zona más sensible a cambios en las sospechas de glaucoma es la zona horaria de las VII horas. A ambos lados nos presenta escáneres verticales extraídos del cubo de información del nervio óptico. Los

bordes del disco y de la capa de epitelio pigmentario se marcan en negro y los de la limitante interna y la excavación en rojo.<sup>(4,6)</sup>

De acuerdo a los estudios utilizados para la normativa en adultos, el valor normal del promedio de grosor de la capa de fibras nerviosas, con el Cirrus son de 75 a 107,2 micras. La simetría entre ambos ojos debe estar entre el 76 y el 95%. El área del anillo neurosensorial se considera normal entre 1,015 y 1,615 mm<sup>2</sup>.

El OCT de alta definición Cirrus nos ofrece además el Guided Progression Analysis (GPA), el análisis guiado de la progresión en el glaucoma, que tras disponer de dos análisis de base y total permite estudiar las variaciones de deterioro o de progreso del mapa del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, del promedio del grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y del promedio de la relación excavación-disco. Estos valores nos permiten además realizar un análisis de regresión que nos permitirá de un pronóstico en la evolución de la enfermedad.<sup>(4,6)</sup>

Se define como progresión un cambio mayor que la variabilidad esperada para el parámetro y la prueba concreta que se está utilizando. La detección de la progresión del glaucoma con la OCT sigue siendo un desafío porque al evaluar los cambios estructurales a lo largo del tiempo es difícil discriminar entre el daño estructural glaucomatoso y la variabilidad de la medición o la pérdida estructural relacionada con la edad. En este sentido, la OCT macular abre otras posibilidades, por lo que es útil con más rapidez en la enfermedad o ya en los estadios muy avanzados.<sup>(25)</sup>

En glaucomas leves, la OCT nos va a servir para confirmar, en casos de duda, cuando no estemos seguros de si hay progresión estructural o no. La detección de la progresión en mapas de grosor macular se realiza mediante gráficos de comparación entre mapas en diferentes puntos de tiempo. Las pérdidas glaucomatosas son detectables por su forma arqueada en los mapas de sustracción. Esa es la característica típica del glaucoma.<sup>(12)</sup>

Si está en la misma región donde ha cambiado la capa de fibra nerviosa, refuerza o confirma que el cambio es causado por glaucoma. Entre los ojos con glaucoma avanzado, el análisis del GCC puede ser una mejor alternativa sobre el análisis de la RNFL para monitorear la progresión.<sup>(12)</sup> En estos casos, las mediciones de

la RNFL peripapilar no son útiles, por el efecto “suelo”, que se ha estimado alrededor de las 50-60 micras (Cirrus), y 40 micras (Spectralis).<sup>(26)</sup>

Los investigadores postularon que el paquete papilomacular es más resistente al daño glaucomatoso que el RNFL peripapilar y, por lo tanto, puede continuar mostrando cambios en las últimas etapas de la enfermedad. El parámetro GC-IPL es el último que alcanza el “suelo o piso”, lo que sugiere que es la medida más informativa para garantizar el monitoreo del glaucoma terminal.<sup>(25)</sup>

### **Evaluación de las bases normativas del OCTy su uso en la población pediátrica**

Pese a que, con los años, la captura y calidad de la imagen de los diferentes dispositivos, así como los sistemas de segmentación y los *softwares*, ha mejorado sustancialmente, se han incluido pocos cambios en las bases de datos normativas. Tanto es así que, hasta el momento actual, no existe ningún modelo comercializado de OCT que incluya una base de datos normativa para población pediátrica, lo que limita mucho su uso y, sobre todo, su interpretación en este grupo de edad.<sup>(27)</sup>

El objetivo principal de las bases de datos normativas es permitir comparar los parámetros obtenidos con la normalidad y así poder obtener un informe con código de 49 colores que nos oriente en el diagnóstico. Esto también permite monitorizar los cambios que pudieran aparecer a lo largo del tiempo. En general, las OCT suelen asignar el color verde a los valores de grosor situados entre los percentiles 5 y 95, utilizando estos valores como valores de referencia de normalidad.<sup>(28)</sup>

Esta limitación implica que, pese a que se obtenga un mapa de grosor en las OCT realizadas a niños, los códigos de colores que aparecerán en los informes de análisis se asignarán comparando los resultados con la base de datos normativa de adultos. Ante esta situación, la primera pregunta que nos deberíamos hacer es si los valores de referencia de adultos y niños son similares. Con respecto a este punto, existen en la bibliografía estudios que apuntan a que esto no es así, sino todo lo contrario.<sup>(27)</sup>

Con respecto al grosor de la RNFL peripapilar es mayor en niños que en adultos según algunos autores.<sup>(29,30)</sup> Otros estudios encontraron resultados muy similares.<sup>(31,32)</sup> Un estudio realizado en un grupo de niños de 5 a 18 años en España, con OCT Topcon 3D-2000 (Topcon Corporation, Tokio, Japón) para el análisis del GCC, observó que, si esta OCT tuviese incluida una base de datos normativa para niños, se detectarían más casos de grosores anormalmente bajos de GCC.<sup>(27)</sup>

Muñoz<sup>(8)</sup> en su estudio de concordancia entre la base de adultos y pediátrica para el grosor de las RNFL con la OCT Topcon 3D 2000 (Topcon Corporation, Tokio, Japón), al evaluar las categorías de colores asignadas a los 4 cuadrantes observó que el 60,3 % de los ojos incluidos en el estudio se le asignó una categoría inferior de color teniendo en cuenta la base de datos pediátricas en vez de la de adultos. El 13,5 % de los evaluados como normales en la base de adultos se catalogaron por debajo del 5 percentil en la base pediátrica y el 31,8 % que se le asignó por encima del 95 percentil en la base de adulto fue normal en la base de datos pediátrica. Igual falta de correlación encontró para el grosor macular y el del GCC. Por lo que recomienda al uso de una base de datos normativa para población pediátrica siempre.

Por otra parte, Totan<sup>(33)</sup> encontró un grosor de la RNFL y GCC mayor en niños que en adultos reportando un grosor de 96,9 micras más menos 10,21micras. Por tanto, los mapas de grosor que actualmente muestran las OCT no serían válidos en el examen oftalmológico de un paciente menor de 18 años de edad. Tejeda<sup>(5)</sup> al comparar la categoría de color asignada al GCC por la base de datos de adultos, y la base de datos pediátrica de su estudio, encontró que el *software* actual que incluye la base de datos de adultos identificó solo 1 de cada 7 valores que se encontraban por debajo de la muestra en estudio.

En el estudio realizado por Roldan y otros<sup>(34)</sup> encontraron un rango de grosor de la RNFL entre 64 a 177 micras, mayor que lo registrado en la base de datos normativa para adultos con el mismo dispositivo de OCT, sin diferencias estadísticamente significativas entre sexos; área de disco con valores entre 1,52 y 3,14 micras, superando los valores descritos en adultos y de GCC entre 74 y 96

micras lo que se relacionaba con las aparecidas en la literatura, aunque con ciertas diferencias mínimas sugerentes a los cambios étnicos.

Ante la duda no se debe establecer el diagnóstico de una enfermedad solo con la imagen o el mapa de grosor que aporta la OCT. Lo mejor en ese caso sería evaluar si existe algún cambio a lo largo del seguimiento del paciente. Debido a la diferencia de estos valores con respecto a la edad se debe tener en cuenta otros datos clínicos del paciente como, la agudeza visual, la presión intraocular, la paquimetría y el aspecto del segmento anterior y posterior del ojo.

El análisis de la capa de fibras neuroretinianas, de células ganglionares, área de disco y relación copa disco en la OCT son una herramienta fundamental en diagnóstico y seguimiento del glaucoma infantil, sin embargo; el conocimiento, actualización de las bases de datos normativas y su asociación a los elementos clínicos presentes en la enfermedad, son pautas importantes para evitar errores diagnósticos.

## Referencias bibliográficas

1. Kansal V, Armstrong JJ, Pintwala R, Hutnik C. Optical coherence tomography for glaucoma diagnosis: An evidence based meta-analysis. PLoS One. 2018;13(1):e0190621. DOI: [10.1371/journal.pone.0190621](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190621)
2. Aytulun A, Cruz-Herranz A, Aktas O, Balcer LJ, Balk L, Barboni P, et al. APOSTEL 2.0 recommendations for reporting quantitative optical coherence tomography studies. Neurology. 2021;97(2):68–79. DOI: [10.1212/WNL.00000000000012125](https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000012125)
3. Gurrea MC, Justicia AM. 37. Principios para la Interpretación de las Imágenes de Tomografía de Coherencia Óptica. Secoir.org. [acceso 22/05/2025]. Disponible en: <https://secoir.org/wp-content/uploads/2022/09/2011-Cap-37-Principios-para-la-interpretacion-de-las-imagenes-de-tomografia-de-coherencia-optica>.
4. Stern Diaz H. La tomografía de coherencia óptica en oftalmología. ANALES RAM Internet Real Academia. 2019 [acceso 20/10/2024];3(136) Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7507590>

5. Muñoz A, Tejeda P. Tomografía de coherencia óptica en población pediátrica: diferencias con la población adulta y pautas a tener en cuenta a la hora de interpretar los mapas de grosor. Hospital Universitario. Madrid Acta Estrabológica. 2020 [acceso 20/10/2024]:97–106 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=18020>
6. Oftalmologoaldia. ¿Qué nos dice la tomografía de coherencia óptica, acerca de la progresión?. Oftalmólogo al Día. 2023[acceso 20/10/2024]. Disponible en: <https://oftalmologoaldia.com/que-nos-dice-la-tomografia-de-coherencia-optica-acerca-de-la-progresion/>
7. Mahmoudi GS, Mohammadzadeh V, Martinyan J, Edalati K, Zhou B, Yaldazadeh D. Comparison of GCL and GCIP L measures for detection of early glaucoma. Comparison of GCL and GCIP L Measures for Detection of Early Glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2021[acceso 20/10/2024];62(8). Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2773501>
8. Muñoz A. Estudio de Tomografía de coherencia óptica ocular en niños sanos: nervio óptico, mácula y capa de células ganglionares[tesis doctoral]. [España]: Universidad Complutense de Madrid;2019[acceso 20/10/2024].Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/11220>
9. Palazon-Cabanes A, Palazon-Cabanes B, Garcia-Medina JJ, Alvarez-Sarrion A, del-Rio-Vellosillo M. Normative database of the superior–inferior thickness asymmetry for all inner and outer macular layers of adults for the posterior pole algorithm of the Spectralis SD-OCT. J Clin Med. 2023;12(24):7609. DOI: [10.3390/jcm12247609](https://doi.org/10.3390/jcm12247609)
10. Rezapour J, Walker E, Belghith A, Bowd C, Fazio MA, Jiravarnsirikul A, et al. Diagnostic accuracy of optic nerve head and macula OCT parameters for detecting glaucoma in eyes with and without high axial myopia. Am J Ophthalmol. 2024;266:77–91. DOI: [10.1016/j.ajo.2024.04.022](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2024.04.022)
11. Muñoz FJ, Koutsoulidis A, Triviño C, Rebolleda G, Cabarga C. Aplicaciones del análisis de la mácula con OCT en el Glaucoma. En: Muñoz FJ, Rebolleda G, Díaz M Tomografía de Coherencia Óptica. Madrid: Sociedad Española de Oftalmología; 2011. p. 661–6.

12. San Pedro MJB, Sosuan GMN, Yap-Veloso MIR. Correlation of macular ganglion cell layer + inner plexiform layer (GCL + IPL) and circumpapillary retinal nerve fiber layer (cRNFL) thickness in glaucoma suspects and glaucomatous eyes. *Clin Ophthalmol.* 2024;18:2313–25. DOI: [10.2147/OPTH.S439501](https://doi.org/10.2147/OPTH.S439501)
13. Xu X-Y, Lai K-B, Xiao H, Lin Y-Q, Guo X-X, Liu X. Comparisons of ganglion cell-inner plexiform layer loss patterns and its diagnostic performance between normal tension glaucoma and primary open angle glaucoma: a detailed, severity-based study. *Int J Ophthalmol.* 2020;13(1):71–8. DOI: [10.18240/ijo.2020.01.11](https://doi.org/10.18240/ijo.2020.01.11)
14. Zeimer R, Asrani S, Zou S, Quigley H, Jampel H. Quantitative detection of glaucomatous damage at the posterior pole by retinal thickness mapping. A pilot study. *Ophthalmology.* 1998;105(2):224-31. DOI: [10.1016/s0161-6420\(98\)92743-9](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(98)92743-9)
15. Hess DB, Asrani SG, Bhide MG, Enyedi LB, Stinnett SS, Freedman SF. Macular and retinal nerve fiber layer analysis of normal and glaucomatous eyes in children using optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2005;139(3):509–17. DOI: [10.1016/j.ajo.2004.10.047](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2004.10.047)
16. Dhabarde KA, Kende RP, Rahul NV, Surabhi, Nangare AR. Structure-function relationship and diagnostic value of macular ganglion cell complex measurement using Fourier-domain OCT in glaucoma. *Indian J Ophthalmol.* 2024;72(3):363-9. DOI: [10.4103/IJO.IJO\\_771\\_23](https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_771_23)
17. Kambayashi M, Saito H, Araie M, Enomoto N, Murata H, Kikawa T, *et al.* Effects of deep optic nerve head structures on Bruch's membrane opening- minimum rim width and peripapillary retinal nerve fiber layer. *Am J Ophthalmol.* 2024;263:99–108. DOI: [10.1016/j.ajo.2024.02.017](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2024.02.017)
18. Zhang XJ, Wang YM, Jue Z, Chan H-N, Lau YH, Zhang W, *et al.* Interocular symmetry in retinal nerve fiber layer thickness in children: The Hong Kong Children Eye Study. *Ophthalmol Ther.* 2023;12(6):3373–82. DOI: [10.1007/s40123-023-00825-7](https://doi.org/10.1007/s40123-023-00825-7)
19. Vazquez LE, Bye A, Aref AA. Recent developments in the use of optical coherence tomography for glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol.* 2021;32(2):98-104. DOI: [10.1097/ICU.0000000000000733](https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000733)

20. Wang G, Zhen M, Liu S, Qiu K, Liu C, Wang J, *et al.* Diagnostic classification of Bruch's membrane opening-minimum rim width and retinal nerve fiber layer thickness in myopic eyes by optical coherence tomography. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:729523. DOI: [10.3389/fmed.2021.729523](https://doi.org/10.3389/fmed.2021.729523)
21. Park DY, Lee EJ, Han JC, Kee C. Applicability of ISNT rule using BMO-MRW to differentiate between healthy and glaucomatous eyes. *J Glaucoma*. 2018;27(7):610–6. DOI: [10.1097/ijg.0000000000000970](https://doi.org/10.1097/ijg.0000000000000970)
22. Zhao P, Li Y, Eslami M, Kazeminasab S, Fazli M, Sharma V. The Impact of Race on the Relationship Between Cup-To-Disc Ratio and Glaucomatous Visual Field Loss. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022;63(7):1660-A0155. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2783380>
23. Sawada Y, Araie M, Shibata H, Iwase T. Nasal displacement of retinal vessels on the optic disc in glaucoma associated with a nasally angled passage through lamina cribrosa. *Sci Rep*. 2021;11(1):4176. DOI: [10.1038/s41598-021-83720-0](https://doi.org/10.1038/s41598-021-83720-0)
24. Miller GD, Abu-Qamar O, Salim S. Evaluation of retinal nerve fiber layer, ganglion cell-inner plexiform layer, and optic nerve head in glaucoma suspects with varying myopia. *J Glaucoma*. 2021;30(5):e213–21. DOI: [10.1097/IJG.0000000000001834](https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001834)
25. Lavinsky F, Wu M, Schuman JS, Lucy KA, Liu M, Song Y, *et al.* Can macula and optic nerve head parameters detect glaucoma progression in eyes with advanced circumpapillary retinal nerve fiber layer damage? *Ophthalmology*. 2018;125(12):1907–12. DOI: [10.1016/j.ophtha.2018.05.020](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.020)
26. Bowd C, Zangwill LM, Weinreb RN, Medeiros FA, Belghith A. Estimating optical coherence tomography structural measurement floors to improve detection of progression in advanced glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2017;175:37-44. DOI: [10.1016/j.ajo.2016.11.010](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.11.010)
27. Muñoz-Gallego A, De la Cruz J, Rodríguez-Salgado M, Torres-Peña JL, de-Lucas-Viejo B, Ortueta-Olartecoechea A, *et al.* Assessment of macular ganglion cell complex using optical coherence tomography: Impact of a pediatric reference database in clinical practice. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2019;47(4):490–7. DOI: [10.1111/ceo.13418](https://doi.org/10.1111/ceo.13418)

28. Noval S, El-Dairi M, Contreras I. Tomografía de Coherencia Óptica en la infancia. Interpretación del análisis macular, de la CFNR y del disco óptico. En: Tomografía de Coherencia Óptica LXXXVII Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología. Sociedad Española de Oftalmología; 2011 [acceso 20/10/2024]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/17206/files/TESIS-2014-105.pdf>
29. Raffa L, AlSwealh SS. Normative optical coherence tomography reference ranges of the optic nerve head, nerve fiber layer, and macula in healthy Saudi children. Saudi Med J. 2023;44(12):1269–76. DOI: [10.15537/smj.2023.44.12.20230517](https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.12.20230517)
30. Söhnel T, Meigen C, Hiemisch A, Wahl S, Ziemssen F, Truckenbrod C, et al. Normative data for macular and retinal nerve fibre layer thickness in healthy German children and adolescents using optical coherence tomography. Ophthalmic Physiol Opt. 2023;43(4):922–34. DOI: [10.1111/opo.13123](https://doi.org/10.1111/opo.13123)
31. Incekalan K. Optical coherence tomography angiography in healthy children: normative data and age-related changes in microvascular structure of the optic disk and macula. International ophthalmology. 2022;42:2373–83. DOI: [10.1007/s10792-022-02236-2](https://doi.org/10.1007/s10792-022-02236-2)
32. Krumova S, Sivkova N, Marinov V, Koleva-Georgieva D, Voynikova D. Normal reference ranges of optical coherence tomography parameters in children. Folia Med (Plovdiv). 2020;62(2):338–44. DOI: [10.3897/folmed.62.e46678](https://doi.org/10.3897/folmed.62.e46678)
33. Totan Y, Güragaç FB, Güler E. Evaluation of the retinal ganglion cell layer thickness in healthy Turkish children. J Glaucoma. 2015;24(5):e103-8. DOI: [10.1097/IJG.000000000000168](https://doi.org/10.1097/IJG.000000000000168)
34. Roldan CR, Portillo HBL, Anau NS. Valoración de la capa de fibras nerviosas retinianas (CFNR), área de disco y capa de células ganglionares (CCG) por medio de tomografía de coherencia óptica en población pediátrica. Revista de Sanidad Militar. 2019 [acceso 20/10/2024];73(1):58-64. Disponible en: <https://revistasanidadmilitar.org/index.php/rsm/article/view/11>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.