

DOI: <https://doi.org/10.46296/gt.v8i16.0252>

## MODALIDADES DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES EN LA RETINOPATÍA DEL PREMATURO: REVISIÓN CRÍTICA DE LA EVIDENCIA RECIENTE

### RADIOLOGIC IMAGING MODALITIES IN THE DIAGNOSIS OF RETINOPATHY OF PREMATURITY: A CRITICAL REVIEW OF RECENT EVIDENCE

Hernández-Muñoz Diana Marcela <sup>1</sup>; Jaimes-Bautista Jefferson David <sup>2</sup>;  
Rojas-López Álvaro Jesús <sup>3</sup>; Cavadia-Padilla María del Pilar <sup>4</sup>;  
Correa-Guerra Angélica María <sup>5</sup>; Arenas-Meneses Janner Orlando <sup>6</sup>;  
Tellez-Velasco Leidy Johana <sup>7</sup>; Pinilla-Bastidas María Alejandra <sup>8</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Correo: dianitamh117@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9923-5840>.

<sup>2</sup> Universidad del Sinú Seccional Cartagena. Cartagena, Colombia.

Correo: davidmoldred@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5042-9663>.

<sup>3</sup> Universidad del Sinú Seccional Cartagena. Cartagena, Colombia.

Correo: alvaro.rojas2412@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4390-7246>.

<sup>4</sup> Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

Correo: mariacavadia23@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6040-4875>.

<sup>5</sup> Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.

Correo: acorreag96@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-2433-0442>.

<sup>6</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.

Correo: jannerjanner@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-6064-5056>.

<sup>7</sup> Universidad Surcolombiana. Neiva, Colombia.

Correo: ladytellez0831@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0665-6766>.

<sup>8</sup> Institución Universitaria Visión de las Américas. Pereira, Colombia.

Correo: alejandrapbc7@outlook.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-0712-8276>.

### Resumen

La retinopatía del prematuro (ROP) es una enfermedad vasoproliferativa que afecta a neonatos prematuros y constituye una de las principales causas prevenibles de ceguera infantil en todo el mundo. Su diagnóstico estándar, la oftalmoscopia indirecta, requiere especialistas, resulta estresante para el neonato y presenta considerable variabilidad entre observadores. En la última década, se ha explorado el valor de la ecografía modo B, el Doppler de alta frecuencia, la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC) como herramientas complementarias. Una revisión de la literatura identificó estudios clave que muestran que la ecografía B scan detecta con fiabilidad desprendimientos traccionales “en embudo” y complicaciones asociadas en etapas avanzadas de la enfermedad; el Doppler ultrarrápido ha revelado flujos retinianos significativamente mayores en ROP severa, ofreciendo un enfoque cuantitativo para estratificar el riesgo; la RM orbitaria diferencia un desprendimiento de retina sin masa tumoral de un retinoblastoma y la RM cerebral ha asociado la ROP a menor volumen de sustancia blanca y cerebelo y a peores resultados neurocognitivos a los dos años; por último, la TC se reserva para descartar retinoblastoma mediante detección de calcificaciones intraoculares. Aunque estas modalidades no reemplazan el cribado oftalmológico en etapas tempranas, aportan información anatómica y hemodinámica valiosa en casos avanzados y en diagnósticos diferenciales, allanando el camino hacia un manejo más objetivo y multidisciplinario de la ROP.

#### Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de abril de 2025.

Fecha de aceptación: 28 de junio de 2025.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2025.



**Palabras claves:** Retinopatía del Prematuro, Ultrasonografía, Resonancia Magnética, Tomografía Computarizada, Diagnóstico por Imagen.

### Abstract

Retinopathy of prematurity (ROP) is a vasoproliferative disease affecting preterm infants and remains one of the leading preventable causes of childhood blindness worldwide. The standard diagnostic method, indirect ophthalmoscopy, requires specialized expertise, can be stressful for the infant, and shows significant interobserver variability. Over the past decade, ocular B scan ultrasound, high frequency Doppler, magnetic resonance imaging (MRI), and computed tomography (CT) have been investigated as complementary tools. Key studies demonstrate that B scan ultrasound reliably identifies tractional “funnel shaped” retinal detachments and associated complications in advanced ROP; ultrafast Doppler ultrasound reveals markedly increased retinal blood flow in severe cases, offering objective risk stratification; orbital MRI differentiates total retinal detachment without an intraocular mass from retinoblastoma, and cerebral MRI has linked ROP to reduced white matter and cerebellar volumes and poorer neurodevelopmental outcomes at two years; finally, CT is limited to ruling out retinoblastoma by detecting intraocular calcifications. While these imaging modalities do not replace routine ophthalmic screening in early disease, they provide valuable anatomical and hemodynamic information in advanced stages and differential diagnosis, paving the way for a more objective, multidisciplinary approach to ROP management.

**Keywords:** Retinopathy of Prematurity, Ultrasonography, Magnetic Resonance Imaging, Computed Tomography, Diagnostic Imaging.

## 1. Introducción

La retinopatía del prematuro (ROP) es una enfermedad vaso-proliferativa de la retina que afecta a neonatos de bajo peso y edad gestacional temprana. Constituye una de las principales causas de ceguera infantil prevenible a nivel mundial (1). La ROP resulta de una interrupción en la vascularización normal de la retina inmadura, seguida de neovascularización anómala desencadenada por factores como la hiperoxia posnatal y desequilibrios en factores de crecimiento angiogénico (2). Clínicamente, la ROP se clasifica según la localización retiniana

(zonas I, II, III), la severidad (etapas 1 a 5, desde cambios vasculares mínimos hasta desprendimiento total de retina) y la presencia de enfermedad plus (dilatación y tortuosidad vascular en retina posterior) (3). Los avances en el manejo neonatal han aumentado la supervivencia de prematuros extremos, prolongando el periodo en que la retina es susceptible a desarrollar ROP. Actualmente se estima que >50% de los infantes <1250 g presentan algún grado de ROP, y alrededor de 10% progresa a formas severas que amenazan la visión (2). El tamizaje oportuno mediante oftalmoscopia indirecta es

esencial: se inicia aproximadamente entre la 4.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup> semana de vida posnatal en prematuros de riesgo, y requiere oftalmólogos entrenados que examinen rutinariamente el fondo de ojo del neonato (4). Este método ha probado ser eficaz para prevenir ceguera por ROP; no obstante, conlleva desafíos importantes. Por un lado, depende de la disponibilidad de especialistas –un recurso limitado en muchas regiones– y además supone un procedimiento estresante para el neonato (requiere dilatación pupilar, separación de párpados con blefaróstato y exposición a luz intensa). Por otro lado, la evaluación es subjetiva y puede variar entre observadores: por ejemplo, en la interpretación de fotografías retinianas, estudios han reportado discordancias de hasta ~40% en la categorización de plus vs. pre-plus por diferentes expertos (5). Estas limitaciones han motivado la exploración de técnicas complementarias que aporten mayor objetividad y puedan extender el acceso al diagnóstico de ROP en entornos con escasez de oftalmólogos. Las modalidades de diagnóstico por imagen típicamente

empleadas en radiología –principalmente la ecografía ocular, la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC)– ofrecen algunas ventajas potenciales en la evaluación de la ROP. La ecografía ocular (ultrasonido modo B) permite visualizar la retina y vítreo incluso cuando los medios transparentes del ojo están opacos (por ejemplo, por hemorragia vítrea), algo crítico en ROP avanzada. La resonancia magnética proporciona un contraste excelente de tejidos blandos, pudiendo delinear desprendimientos retinianos, visualizar el nervio óptico y al mismo tiempo evaluar el encéfalo del prematuro en busca de lesiones asociadas. La tomografía computarizada destaca en la detección de calcificaciones intraoculares y puede demostrar desprendimientos totales de retina; sin embargo, implica exposición a radiación ionizante, un factor a evitar en neonatos a menos que sea indispensable. Históricamente, estas modalidades se han utilizado principalmente para el diagnóstico diferencial de la leucocoria (reflejo blanquecino pupilar). Por ejemplo, en un lactante con leucocoria

bilateral, la combinación de ecografía ocular (que identifica desprendimientos retinianos y calcificaciones) y TC o RM puede ayudar a distinguir un retinoblastoma (tumor maligno, típicamente calcificado) de un desprendimiento por ROP cicatrizada u otras patologías vasculares como la enfermedad de Coats o la persistencia de vítreo fetal (PFV) (6). En la última década, sin embargo, ha surgido literatura investigando aplicaciones más directas de estas modalidades en la ROP misma: desde estudios ultrasonográficos para tamizaje o monitoreo de la ROP activa, hasta investigaciones con Doppler de la arteria retiniana como marcador objetivo de actividad, y correlaciones entre la presencia/severidad de ROP y hallazgos de neuroimagen (bajo la hipótesis de que la ROP podría ser parte de un síndrome neurovascular del prematuro) (2).

El propósito de esta revisión es reunir y analizar críticamente la evidencia reciente (2015–2025) sobre el papel de la ecografía ocular, la RM y la TC en el diagnóstico, clasificación y seguimiento de la ROP en pacientes humanos. Se hizo

énfasis en estudios de alta calidad metodológica –revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados, y estudios observacionales bien diseñados (cohortes, series de casos amplias)– y se discuten sus hallazgos principales, fortalezas, limitaciones e implicaciones para la práctica clínica.

## 2. Metodología

Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, SciELO, LILACS y otras bases de datos, abarcando publicaciones entre enero de 2015 y mayo de 2025. Se usaron términos MeSH/DeCS en inglés y español (por ejemplo: retinopathy of prematurity, ultrasonography, magnetic resonance imaging, computed tomography, retinopatía del prematuro, ecografía ocular, etc.), combinados con palabras clave libres. Se filtraron resultados a estudios en humanos e idiomas inglés/español. Como criterios de inclusión se consideraron: estudios originales (ensayos controlados, cohortes, casos y controles, series de casos relevantes) y revisiones sistemáticas o metaanálisis que

evaluaran la utilidad de al menos una de las modalidades radiológicas (ecografía, RM, TC) en el diagnóstico, caracterización o manejo de la ROP. Se excluyeron deliberadamente trabajos centrados en modalidades no radiológicas (p. ej., cámaras de retina tipo RetCam, angiografía con fluoresceína, tomografía de coherencia óptica) y aquellos en modelos animales. La selección inicial se basó en títulos y resúmenes, seguida de lectura completa de artículos potencialmente elegibles. De cada estudio incluido se extrajeron datos como: diseño (aleatorizado, observacional, etc.), población (número de neonatos, criterios de inclusión, características demográficas), detalle de la modalidad de imagen utilizada (ej. ecógrafo portátil de 10 MHz, RM 1.5 T, etc.), y hallazgos relevantes relacionados con ROP (sensibilidad/especificidad diagnóstica, correlaciones con hallazgos oftalmológicos o neurológicos, etc.). Dada la heterogeneidad esperada de los estudios (pocos ensayos aleatorizados en este campo), se optó por una síntesis narrativa en

lugar de metaanálisis cuantitativo. Para valorar la calidad de los estudios, se consideraron posibles sesgos: en estudios observacionales, si la selección de pacientes fue consecutiva, si la evaluación de imágenes se hizo enmascarada respecto al diagnóstico oftalmológico, y si se controlaron factores de confusión; en revisiones, adherencia a directrices PRISMA, evaluación crítica de calidad de los estudios fuente, etc. En total, se identificaron 52 referencias únicas tras eliminar duplicados. Tras aplicar criterios de inclusión/exclusión, 34 referencias cumplieron los criterios. De éstas, se priorizaron 18 para la síntesis cualitativa final: 2 revisiones sistemáticas, 1 metaanálisis, 1 ensayo clínico aleatorizado, ~8 estudios observacionales (incluyendo 3 series de casos >100 ojos) y 2 guías/consensos, entre otras. Se agregaron algunas referencias pre-2015 consideradas fundamentales para contexto (marcadas en la bibliografía). Todas las referencias citadas están indexadas en bases de datos académicas internacionales (PubMed, Scopus, SciELO, etc.), y

se presentan en formato Vancouver (números correlativos de aparición).

### 3. Resultados y discusión

#### Ecografía ocular en ROP

La ecografía en modo B (B-scan) es una técnica establecida en oftalmología para evaluar el globo ocular cuando no es posible visualizar el fondo por métodos ópticos. En ROP, su principal utilidad radica en casos avanzados (etapas 4 y 5) en los que opacidades de medios (córnea velada, vítreo hemorrágico, lentes opacos por fibroplasia retrolental) impiden la visualización directa de la retina (7). La ROP etapa 5 se define por desprendimiento total de retina (también llamado fibroplasia retrolental); estos desprendimientos pueden adoptar configuraciones en embudo de diferentes tipos (abierto o cerrado, anterior/posterior). La ecografía permite distinguir dichas configuraciones, lo cual tiene importancia pronóstica y quirúrgica. Por ejemplo, un embudo completamente cerrado (retina desprendida adherida tanto en ora serrata como en disco óptico) conlleva un pronóstico anatómico y

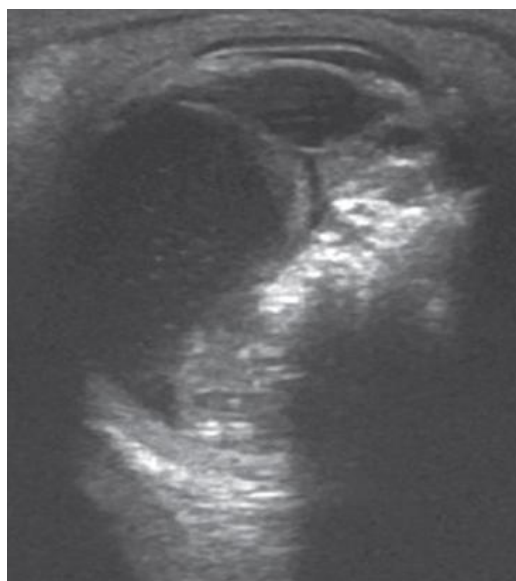
visual muy pobre incluso con tratamiento quirúrgico agresivo, mientras que un embudo abierto en polo posterior podría tener mejor posibilidad de reaplicación retiniana.

Evidencia clínica: Muslubas et al. (2015) publicaron una serie emblemática de 300 ojos con ROP etapa 5 en la que todos los pacientes fueron evaluados con ultrasonido ocular estándar (7). Encontraron que el 81,7% de los ojos presentaban una configuración de desprendimiento tipo embudo cerrado-cerrado (la retina desprendida estaba adherida firmemente tanto en la periferia anterior como en la región del nervio óptico), un 10,7% mostraban embudo abierto-cerrado (abierto posteriormente en papila, pero adherido en ora/periferia anterior), un 5,7% embudo abierto-abierto, y un 2% embudo cerrado-abierto (7). Además, la ecografía identificó con alta sensibilidad varias complicaciones asociadas: hemorragia subretiniana en 25,7% de ojos, bandas de tracción vítrea “en asa” anterior en 24%, presencia de microquistes retinianos (engrosamientos quísticos intrarretinianos) en 2,3%, e incluso

calcificación intraocular puntiforme en 1,3% (7). La Tabla 1 resume estos y otros hallazgos ecográficos típicos, ilustrando la capacidad de la ecografía para detallar la anatomía retiniana en ROP terminal. Muslubas concluyó que la configuración predominante (embudo completamente cerrado en ~4 de cada 5 ojos) explica en parte el mal

pronóstico quirúrgico de estos casos, y enfatizó la importancia de la ecografía para evaluar parámetros asociados al pronóstico (por ejemplo, el diámetro axial ocular, que en ese estudio promedió ~14,7 mm en ROP5, indicando ojos significativamente más pequeños de lo normal) (7).

**Figura 1.**



Ecografía axial ocular modo B se observa en el humor vítreo una masa intravítrea de contornos irregulares y ecogenicidad heterogénea, con múltiples focos hiperecogénicos que generan sombra acústica posterior (microcalcificaciones). Adyacente a esta lesión, se aprecia una membrana ecogénica ondulante con fluido anecoico subyacente, consistente con desprendimiento seroso de retina.

*Fuente: Aerts I, Lumbroso-Le Rouic L, Gauthier-Villars M, Brisse HJ, Fréneaux P, Doz F. Retinoblastoma. EMC Pediatr. 2021;56(1):1–9*

Otro aporte importante provino de Jabbour et al. (publicación clásica de Ophthalmology, 1987), quienes analizaron 184 casos consecutivos de ROP etapa 5 (368 ojos en total) (8). Este estudio histórico demostró que, comparada con la oftalmoscopia indirecta y la

biomicroscopia, la ultrasonografía era la técnica más útil para evaluar la configuración del desprendimiento retiniano y el estado del segmento posterior en ROP terminal (8). En etapas tan avanzadas, el vítreo suele estar opacificado por tejido fibrovascular y sangre, de modo que

el examen ocular directo es prácticamente imposible; el ecógrafo, en cambio, puede “ver” a través de dichas opacidades y mostrar la extensión del desprendimiento y si el nervio óptico se encuentra cubierto por la retina desprendida o libre (criterio que se utiliza para subclasificar etapa 5 en 5A vs 5B). De hecho, la más reciente revisión ICROP3 (Third Edition, 2021) incluye por primera vez subdivisiones de la etapa 5 (5A: retina desprendida que no cubre la papila; 5B: desprendimiento que cubre la papila; 5C: con masas proliferativas anteriores), recomendando apoyo ecográfico para distinguirlas (3). Así, la ecografía B-scan se ha vuelto parte integral de la evaluación de ROP 5 en muchos centros terciarios, pues informa previamente a la cirugía sobre qué tan extensa y adherida está la retina.

Valor preoperatorio: Conocer la configuración del desprendimiento antes de la cirugía vitreorretinal es crucial en ROP. Por ejemplo, un embudo cerrado total indica que la retina está invertida y adherida circunferencialmente, con pronóstico muy pobre de reaplicación incluso si

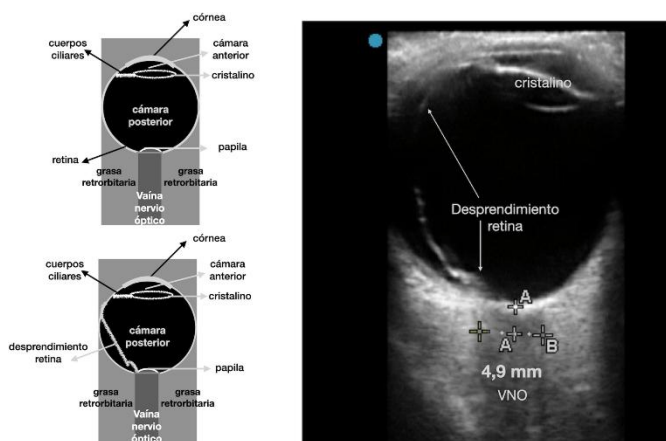
se logra cirugía de lentectomía-vitreotomía. Estudios de diferentes países concuerdan en que la ecografía guía la planificación quirúrgica en ROP etapa 5: el grupo de Muslubas en Turquía y reportes norteamericanos recopilados por Wakabayashi et al. (2022) destacan que el ultrasonido puede revelar hemorragias extensas (que sugieren mayor dificultad para despegar tejidos), o incluso osificación retiniana (calcificación significativa), lo cual podría modificar la técnica o indicar que la intervención es fútil (7)(9). En algunos casos, la ecografía también se emplea intraoperatoriamente mediante sondas pequeñas estériles, para ayudar a localizar retinas regmatógenas residuales o membranas tractivas durante la vitreotomía, aunque esto es poco rutinario.

En las etapas 4 de ROP (desprendimientos parciales, 4A extramacular, 4B con desprendimiento macular), la ecografía está menos reportada en la literatura, ya que generalmente el oftalmoscopio puede visualizar la retina periférica suficiente para diagnosticar y decidir tratamiento (p.

ej., decidir una vitrectomía si hay 4B). No obstante, existen situaciones donde el examen oftálmico es subóptimo –p. ej., opacidades corneales o vítreas, mala dilatación pupilar, fibrosis retrolental incipiente– en las que un B-scan confirma la presencia, extensión y localización del desprendimiento. Un aspecto importante es diferenciar un desprendimiento falciforme (traccional localizado) de una

retinosquisis (separación intrarretiniana): esto puede ser difícil clínicamente en ROP, y la ecografía estandarizada ayuda en la distinción (9). Ya a inicios de los 90, Pulido et al. describieron el valor de la ecografía para evaluar ojos con ROP avanzada, diferenciando precisamente desprendimientos vs. retinosquisis y facilitando el plan quirúrgico apropiado (10).

**Figura 2.**



La figura muestra, en su panel izquierdo superior, un esquema de la anatomía normal del globo ocular: se identifican la córnea, la cámara anterior, el cristalino y la retina adherida de manera continua a la pared posterior, rodeada por la grasa retroretinaria y la vaina del nervio óptico. En el dibujo inferior izquierdo, la retina aparece representada como una membrana ecogénica ondulante separada de la pared vítrea por un espacio anecoico, ilustrando el desprendimiento seroso subretiniano. A la derecha, la imagen ecográfica en modo B real del paciente reproduce fielmente este hallazgo: se observa una membrana curvilínea de alta ecogenicidad que flota en el humor vítreo, delimitando un espacio de líquido libre en su cara posterior, junto al cristalino en posición normal; además, se anota la medición vitreo-nervio óptico de 4,9 mm. En conjunto, el esquema y la eco reflejan con claridad la doble línea retiniana y el líquido subretiniano característicos del desprendimiento de retina.

Fuente: Vázquez Martínez JL, de Pedro Baena S, Tapia Moreno R, Centella Hernández T. Ecografía clínica multiventana: diagnóstico inusual en la UCIP. Anales de Pediatría. 2022;96:70–71. doi:10.1016/j.anpedi.2020.11.021

**Ecografía de alta frecuencia (UBM):** Otra modalidad ecográfica es la ultrabiomicroscopía, que emplea frecuencias de 20–50 MHz, enfocándose en segmento anterior y retina periférica. Brent et al. (2002) reportaron dos casos en los que un UBM de 50 MHz pudo visualizar directamente la cresta fibrovascular

típica de ROP en zona II (etapas 2–3) cuando los medios ópticos estaban opacos y la oftalmoscopia era difícil (11). En uno de los bebés, el UBM mostró una fronda neovascular nasal en etapa 3, confirmando actividad proliferativa. Concluyeron que el UBM podría ser útil como método complementario de screening en situaciones donde las

técnicas ópticas fallan (11). Sin embargo, el UBM tiene un campo de visión muy restringido (solo porciones del segmento anterior y ora serrata) y requiere contacto muy cercano al globo (incluso inmersión), lo que lo hace poco práctico en neonatos frágiles. Por tanto, no se adoptó ampliamente para ROP.

**Papel en tamizaje y sensibilidad diagnóstica:** ¿Podría la ecografía sustituir el examen oftalmoscópico en detectar ROP tratable? Hasta la fecha, no existe ningún ensayo controlado que compare ambas estrategias (sería poco ético arriesgarse a pasar por alto enfermedad usando solo ecografía). El pequeño estudio de Jokl et al. (2006) mencionado antes proporciona algo de información: con un 20 MHz portátil lograron alta especificidad pero sensibilidad insuficiente para ROP moderada (11). Es decir, algunos casos de ROP activa no fueron detectados ecográficamente porque la retina seguía aplicada (etapas 1–2) o los signos eran sutiles (neovasos planos sin tracción). Esto concuerda con el consenso clínico actual de que la ecografía no forma parte del protocolo rutinario de tamizaje de

ROP (9). Su lugar está en respaldar el diagnóstico en escenarios especiales, principalmente en ROP avanzada, cuando el examen de retina no es posible o es dudoso. En regiones sin oftalmólogo pediatra, se ha planteado la posibilidad de entrenar personal en ecografía ocular neonatal como filtro inicial: un ultrasonido normal en un prematuro de riesgo podría dar cierta tranquilidad hasta conseguir traslado para examen ocular, mientras que un ultrasonido anormal (detectando un desprendimiento o tracción significativa) precipitaría la derivación urgente. No obstante, tal estrategia aún no ha sido validada formalmente.

#### **Ultrasonido Doppler y flujo ocular:**

Un área de investigación reciente es medir cambios en la perfusión ocular asociados a la ROP. La hipótesis es que en ROP proliferativa (etapas 2–3 con neovasos activos) existiría un aumento del flujo sanguíneo retiniano por la formación de derivaciones (shunts) y la sobreexpresión de VEGF sistémico. Los resultados han sido heterogéneos: Ozcan et al. (2017) midieron flujos en 90 ojos (ROP leve vs no ROP) con Doppler color y no

encontraron diferencias significativas en los índices de la arteria central de la retina (ACR) entre grupos (12). Solo observaron un ligero aumento en la arteria oftálmica en el grupo ROP, pero no en la ACR, interpretando que la hemodinámica ocular basal no cambiaba sustancialmente en ROP leve. En cambio, Hartenstein et al. (2015) estudiaron 42 ojos y sí detectaron incremento de la velocidad sistólica de la ACR en ROP etapa 2, así como aumento de la velocidad media en la vena central retiniana, sugerente de hiperemia ocular en presencia de ROP activa (13). Ese estudio encontró velocidades  $\sim 7,7$  cm/s (ACR) y  $\sim 3,4$  cm/s (VCR) en ROP vs 5,6 y 2,6 cm/s en controles, respectivamente (13). La variabilidad entre estudios puede atribuirse a diferencias en los aparatos (frecuencia del transductor, ajustes de ganancia), en las poblaciones (ROP leve vs severa) e incluso en las condiciones sistémicas de los neonatos durante la medición. Además, la técnica Doppler convencional tiene limitaciones en la pequeña estructura ocular neonatal: la resolución es limitada para vasos tan

cortos, y la necesidad de mantener el transductor fijo para registrar la onda de pulso puede ser difícil en un bebé inquieto. Una limitación importante es la seguridad: los estándares de imágenes oftálmicas (por ejemplo, en ecografía ocular diagnóstica) recomiendan limitar la energía ultrasónica para no dañar estructuras delicadas como el cristalino. Un Doppler sostenido que enfoque la retina con pulsos continuos podría, en teoría, exceder esas recomendaciones si no se maneja con cuidado.

En este contexto, la innovación del ultrasonido de onda plana es prometedora. Silverman et al. publicaron en 2021 los primeros resultados usando esta técnica en ROP (15). Al eliminar la necesidad de enfocar manualmente y lograr altísimas velocidades de cuadro, pudieron registrar secuencias de flujo en la retina en apenas 1–2 segundos de adquisición, reduciendo la exposición. Su estudio piloto (14 neonatos) demostró la factibilidad de medir flujo en la ACR y VCR a través de párpados cerrados, encontrando un aumento consistente de la velocidad sistólica

y diastólica en la ACR y VCR en ojos con ROP etapa 3 respecto a ojos sin ROP (15). Posteriormente, con 50 neonatos, confirmaron estas diferencias y propusieron puntos de corte de velocidad que, combinados con datos clínicos, ofrecen excelente rendimiento diagnóstico para ROP severa (16). Por ejemplo, un modelo que integró edad gestacional, peso al nacer y velocidades Doppler alcanzó 90,4% de AUC para predecir qué ojos tenían ROP tipo 1 (umbral de tratamiento) (16). Es importante recalcar que estos resultados provienen de un único centro de investigación (Columbia University), por lo que generalizarlos requerirá validación independiente. También se deben establecer parámetros estandarizados de seguridad y calibración para que otros equipos reproduzcan la técnica sin riesgos. No obstante, abre una potencial vía a un tamizaje menos subjetivo en el futuro.

**Ventajas y limitaciones de la ecografía:** La ecografía ocular es ampliamente disponible en unidades neonatales, relativamente económica y portátil. No expone a radiación ionizante y se puede realizar de forma rápida junto a la

incubadora. A diferencia del examen oftálmico, no requiere dilatación farmacológica de la pupila ni imponer luces fuertes en la retina, lo que la hace más tolerable para el bebé (14). También ofrece una imagen global de la configuración retiniana (pudiendo evaluar en ejes axial, sagital y transversal), útil para apreciar la extensión tridimensional de los desprendimientos y las tracciones. Sin embargo, su resolución espacial es modesta: estructuras finas o planas (como una pequeña línea de demarcación o neovasos sin tracción) no serán visibles por ultrasonido. Por tanto, en etapas 1–2 de ROP, la ecografía suele resultar normal pese a que ya exista enfermedad en la retina (9). Otra limitación es que la ecografía no evalúa la función visual ni la perfusión superficial de la retina, de modo que complementa pero no reemplaza la evaluación oftalmológica. Su interpretación requiere entrenamiento; no todos los radiólogos están familiarizados con las particularidades del ojo neonatal, por lo que idealmente debe haber colaboración entre oftalmólogos y radiólogos pediátricos para obtener e interpretar estas imágenes. También existen consideraciones prácticas:

ciertas condiciones (como la presencia de aire en la cámara vítrea tras cirugía, o un neonato muy inquieto) pueden degradar la calidad de la imagen ultrasónica.

En síntesis, la ecografía ocular se ha consolidado en la última década como una herramienta adyuvante esencial en casos avanzados de ROP. Diversos estudios multicéntricos han reforzado su rol: por ejemplo, prácticamente todas las series grandes (de Turquía, EE.UU., India) coinciden en la utilidad del ultrasonido para evaluar desprendimientos totales en ROP5(7)(8). Además, la

investigación en técnicas de ultrasonido de alta frecuencia y Doppler ha abierto la puerta a que, en el futuro, la ecografía aporte no solo información anatómica sino también cuantitativa sobre la actividad de la enfermedad, lo que podría mejorar la objetividad del diagnóstico. La Tabla 1 a continuación presenta una comparación de las modalidades radiológicas –ecografía, RM y TC– en términos de sus aplicaciones principales en ROP, hallazgos característicos, ventajas y limitaciones, basándose en datos reportados en la literatura reciente (7)(10)(6).

**Tabla 1.** Modalidades de imagen en ROP: aplicaciones, hallazgos típicos, ventajas y limitaciones.

| Modalidad                        | Aplicaciones principales en ROP                                                                                                                                                                          | Hallazgos característicos                                                                                                                                                               | Ventajas                                                                                                                                                                   | Limitaciones                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ecografía ocular (B-scan)</b> | Confirmar / caracterizar desprendimientos traccionales totales (etapa 5) y planificar cirugía.<br><br>Diagnóstico diferencial frente a retinoblastoma.<br><br>Seguimiento tras vitrectomía o cerclaje.   | Retina en "embudo" (cerrado o abierto); membranas fibrovasculares; hemorragia vítreo-/subretiniana ocasional; rarísima calcificación.<br><br>Permite medir eje ocular y grosor retinal. | Portátil, rápida, sin radiación ni dilatación pupilar.<br><br>Penetra medios opacos; útil junto a la incubadora y para teleconsulta Repetible para monitorización seriada. | No detecta ROP temprana (etapas 1–2); baja resolución para lesiones planas.<br><br>Operador-dependiente y con cierta subjetividad.<br><br>Solo información anatómica (sin perfusión superficial). |
| <b>Resonancia magnética (RM)</b> | Diferenciar leucocoria por ROP avanzada vs. tumores intraoculares.<br><br>Evaluar cerebro en "visuopatía del prematuro" y otras lesiones neurológicas.<br><br>Mapear proliferación fibrovascular extensa | Membrana retiniana cóncava en "V" invertida sin masa ni calcificación; microftalmía relativa.<br><br>Volúmenes cerebrales (sustancia blanca, cerebelo) reducidos                        | Alta resolución de tejidos blandos (ojo + encéfalo) sin radiación.<br><br>Imágenes multiplanares; distingue líquido, sangre y fibrosis.                                    | Requiere sedación/anestesia y logística compleja.<br><br>Poco sensible para ROP temprana (lesiones planas).<br><br>Alto costo; disponibilidad limitada en UCIN.                                   |

|                                      | antes de cirugía compleja.                                                                                                                                                 | en prematuros con ROP severa.                                                                                                                                                    | Aporta información neurológica simultánea.                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tomografía computarizada (TC)</b> | <p>Confirmar o descartar retinoblastoma en leucocoria al detectar calcificaciones (&gt; 90 % en tumores).</p> <p>Hallazgo incidental ocular en TC neurológica urgente.</p> | <p>Calcificación intraocular hiperdensa en tumores; ausencia de calcio sugiere ROP/Coats.</p> <p>“Doble contorno” del globo en desprendimiento total; microftalmía relativa.</p> | <p>Detección rápida de calcio; muy disponible y adquisición en segundos.</p> <p>Campo amplio (órbitas y cerebro simultáneos); menos susceptible a movimiento.</p> | <p>Radiación ionizante importante en neonatos.</p> <p>Baja resolución retiniana; no muestra ROP precoz o detalles finos.</p> <p>Rol limitado: solo útil cuando se sospecha tumor; no se usa para seguimiento de ROP.</p> |

**Fuente:** Elaboración propia con datos de referencias recientes (7)(10)(6) (ver bibliografía). La tabla compara las modalidades radiológicas discutidas, enfatizando cuándo se utilizan en ROP, qué muestran típicamente, sus ventajas y limitaciones.

## Resonancia magnética en ROP

La resonancia magnética (RM) no forma parte del protocolo estándar de tamizaje de ROP, pero representa una herramienta diagnóstica y de investigación valiosa en ciertos contextos. En la práctica clínica, su uso principal ha sido descartar o confirmar diagnósticos alternativos en lactantes con sospecha de ROP atípica o hallazgos no concluyentes. Un escenario clásico es diferenciar un ojo con ROP cicatrizada (desprendimiento total traccional) de un retinoblastoma avanzado en un contexto de leucocoria bilateral. Clínicamente puede ser difícil distinguirlos en casos extremos, pero la RM brinda evidencia no invasiva: la presencia de un desprendimiento extenso sin masa intraocular y sin calcificaciones sugiere ROP, mientras que la visualización de una

masa que realza con contraste o calcificaciones intralesionales apuntaría a retinoblastoma (6). Otra aplicación de la RM es evaluar el sistema nervioso central de los prematuros con ROP severa, ya que se ha observado que estos neonatos suelen tener complicaciones neurológicas concurrentes (hemorragias cerebrales, injuria hipóxica). La relación entre ROP y neurodesarrollo ha sido objeto de numerosos estudios. Un metaanálisis de 2023 que incluyó decenas de miles de prematuros encontró que aquellos con cualquier grado de ROP presentaban un riesgo significativamente mayor de secuelas neurodesarrollativas (discapacidad cognitiva, parálisis cerebral, problemas de conducta) en la infancia (17). Esto sugiere que la ROP es un marcador de la adversidad sufrida por el prematuro,

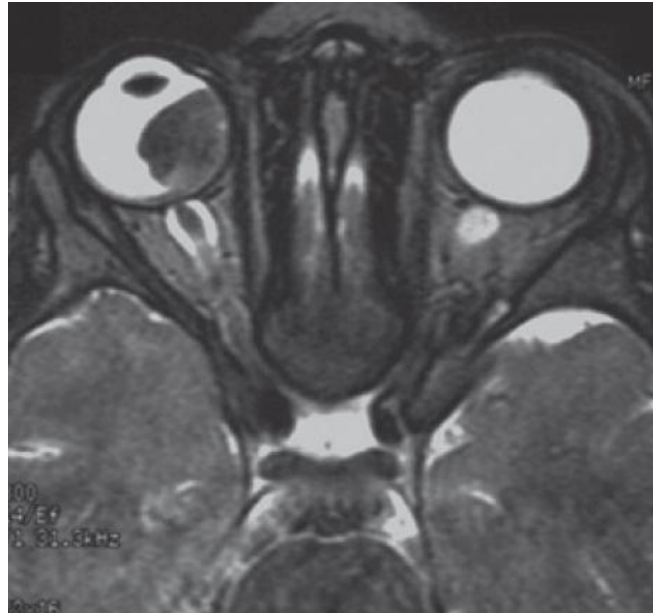
más que una causa directa de daño cerebral. No obstante, para explorar mecanismos comunes, se han empleado herramientas de neuroimagen. Por ejemplo, un estudio de Sveinsdóttir et al. (2018) examinó, mediante RM cerebral al término, a prematuros extremos y halló que la presencia de ROP se asociaba con volúmenes cerebrales menores en ciertas regiones (sustancia blanca y cerebelo), así como con puntuaciones de desarrollo neurocognitivo más bajas a los 2 años (18). Esto respalda la idea de "visuopatía del prematuro" propuesta por Ingvaldsen et al. (2022), que postula que la ROP es solo una manifestación ocular de un trastorno neurovascular sistémico en estos niños (2).

**Hallazgos orbitarios en RM (ROP vs otras leucocorias):** En un globo ocular sano, la retina aplicada es demasiado delgada para diferenciarse en RM de la esclera y coroides. Pero en un desprendimiento total (ROP 5), la retina desprendida engrosada con proliferación fibrosa se puede apreciar. La literatura radiológica describe un signo de "copa invertida"

o en martini para la retina desprendida en PFV, similar a lo visto en ROP: en cortes sagitales, la membrana desprendida forma un triángulo detrás del cristalino (18). En secuencias T1, dicha membrana puede aparecer hiperintensa homogénea si hay sangre o alto contenido proteico; en T2 suele ser relativamente hipointensa respecto al humor vítreo. A diferencia de un retinoblastoma, no se observa una masa nodular intraocular, ni realce tumoral tras contraste, ni calcificaciones. Un artículo de radiología pediátrica señala que la identificación mediante RM de tejido fibrovascular retrolental sin una masa asociada es sugerente de ROP (o PFV) en lugar de tumor (6). En general, la RM orbitaria de un prematuro con ROP 5 confirmará: (a) microftalmía leve (los ojos más pequeños de lo normal para la edad corregida, debido al desarrollo ocular interrumpido); (b) una retina desprendida cóncava, unida al disco óptico (embudo cerrado) con posible hilio fibrovascular; (c) un vítreo opaco o con hemorragias organizadas; (d) ausencia de lesiones ocupantes intraoculares. Estos hallazgos, junto con la historia

neonatal, apuntan a ROP como causa de la leucocoria en vez de un retinoblastoma, por ejemplo.

**Figura 3.**



*En la imagen de RM ponderada en T2 se observa en el globo ocular izquierdo una masa exofítica de señal intensa, con pequeños focos oscuros en su interior que corresponden a microcalcificaciones, asociada a un importante desprendimiento seroso de la retina en forma de abanico. La morfología y estas características sugieren el diagnóstico de un retinoblastoma.*

*Fuente: Aerts I, Lumbroso-Le Rouic L, Gauthier-Villars M, Brisse HJ, Sastre-Garau X, Doz F. Retinoblastoma. EMC Pédiatr. 2014;49(1):1–9.*

### **Hallazgos cerebrales y desarrollo**

**neurológico:** Como mencionamos, hay una creciente evidencia que vincula la ROP con alteraciones del desarrollo cerebral. Por un lado, es posible que la misma inmadurez e inestabilidad sistémica que conduce a ROP también afecte al cerebro (p. ej., bajos niveles de IGF-1 en prematuros extremos podrían simultáneamente predisponer a ROP y a menor crecimiento

cerebral). Por otro lado, tratamientos de ROP como la fotocoagulación retiniana o los anti-VEGF intravítreos podrían tener impactos sistémicos sutiles. En cualquier caso, los estudios de neuroimagen buscan desenmarañar estas relaciones. Sveinsdóttir 2018, ya citada, es particularmente ilustrativa: reportó que incluso ROP leves (etapas 1–2 que no requerían tratamiento) se asociaron a volúmenes cerebrales

más pequeños en neonatos a término comparados con prematuros sin ROP (18). Esto sugiere que la ROP puede ser un indicador de pronóstico neurológico y no solo oftalmológico. Otros estudios con DTI (imagen por tensor de difusión) han sugerido retrasos en la mielinización de la vía óptica en bebés con ROP severa, aunque es difícil separar el efecto de comorbilidades (ej., la retinopatía severa suele coexistir con la displasia broncopulmonar, que en sí afecta el desarrollo cerebral). En conjunto, estos hallazgos enfatizan que un prematuro que desarrolla ROP merece seguimiento multidisciplinario: además del oftalmólogo, un neurólogo pediatra o neonatólogo del desarrollo debería evaluar hitos motores, visuales centrales (descartar ceguera cortical) y cognitivos en la infancia temprana.

**Anti-VEGF y RM:** Un tema actual es si la terapia antiangiogénica intravítrea (p. ej., bevacizumab, ranibizumab) en ROP conlleva cambios en el encéfalo detectables por imagen. Estudios en animales han mostrado reducción de densidad

vascular cerebral tras anti-VEGF sistémico, pero en humanos los datos son escasos. Un subanálisis del ensayo RAINBOW (2019) no encontró diferencias significativas en desarrollo neurológico a los 2 años entre niños tratados con ranibizumab vs láser, aunque los números eran pequeños. En el metaanálisis 2023, se vio una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo láser en puntaje cognitivo moderado (17), pero con evidencia de muy baja calidad. La RM funcional o de perfusión podría en el futuro investigar si hay cambios temporales en la perfusión cerebral tras inyecciones de anti-VEGF en prematuros (por ejemplo, disminución transitoria del flujo en arterias cerebrales), pero al momento no hay estudios publicados al respecto.

**Limitaciones de la RM:** A pesar de su gran aporte en la comprensión de la ROP, la RM tiene barreras prácticas que restringen su uso clínico en este contexto. La principal, como se indicó, es la necesidad de sedación/anestesia en un paciente delicado. Los neonatos prematuros con problemas respiratorios pueden

desestabilizarse incluso con anestesia breve, por lo que someterlos a una RM solo para “confirmar” ROP (si ya se sospechaba clínicamente) no está justificado. De hecho, las guías de ROP no mencionan la RM salvo en contexto de investigación o para diagnósticos diferenciales importantes. Otra limitante es que la información ocular que provee suele ser redundante: cuando la ROP es visible en RM (desprendimiento grado 5), el oftalmólogo ya la ha diagnosticado con certeza. En cambio, cuando la ROP está en etapas tratables (2–3), la RM no la identificará. Así, su valor añadido en el cuidado directo de ROP es bajo. Distinto es su valor académico para correlacionar retina y cerebro, lo cual es innegable y valioso.

En conclusión, la RM en ROP se reserva para casos especiales: leucocorias atípicas donde se quiera excluir tumor simultáneo, o como parte de protocolos de investigación que busquen indicadores neurológicos en prematuros con ROP. Los hallazgos de la última década (como la asociación ROP-cerebelo) refuerzan la recomendación de que un prematuro

con ROP severa reciba seguimiento neurológico, pero no implican un cambio en la estrategia de tamizaje ocular en sí.

### **Tomografía computarizada en ROP**

La tomografía computarizada (TC) tiene un papel muy limitado en la evaluación de la ROP, debido principalmente a la preocupación por la radiación en pacientes pediátricos y a su baja sensibilidad para detalles intraoculares comparada con otras modalidades. Históricamente, la TC se usó en las décadas de 1980–90 para evaluar leucocoria, con el fin específico de detectar calcificaciones sugestivas de retinoblastoma. En la actualidad, con la disponibilidad generalizada de ultrasonido y RM, la necesidad de TC se ha reducido drásticamente.

En el contexto de ROP, la situación típica que podría justificar una TC es la siguiente: un lactante prematuro con antecedentes de ROP tratados (con láser o anti-VEGF) que posteriormente desarrolla signos poco habituales en un ojo (por ejemplo, una masa visible o inflamación no explicada). Ante la mínima duda de un retinoblastoma

concomitante, se indicaría neuroimagen. La TC orbitaria detecta con alta sensibilidad las calcificaciones que se presentan en más del 90% de los retinoblastomas (6), confirmando prácticamente el diagnóstico si se hallan. Su ausencia, junto con un desprendimiento total visto en TC, en un paciente con antecedentes neonatales compatibles, haría el diagnóstico de ROP (u otra pseudotumor) mucho más probable. Por ejemplo, la literatura radiológica indica que la presencia de calcio en la TC de un niño <3 años con leucocoria es virtualmente diagnóstica de retinoblastoma (6). Por el contrario, en ROP terminal el desprendimiento total aparece en TC como una membrana de densidad de partes blandas tras el cristalino, pero sin focos cálcicos. Un artículo del American Journal of Roentgenology (AJR) que revisa leucocoria infantil señala precisamente este enfoque: en retinoblastoma, la TC muestra calcificaciones intralesionales en la mayoría de casos, mientras que en ROP no (6). A veces, el radiólogo puede notar también microftalmía (ojo más pequeño) y

desprendimiento total sin masa, datos a favor de ROP o PFV.

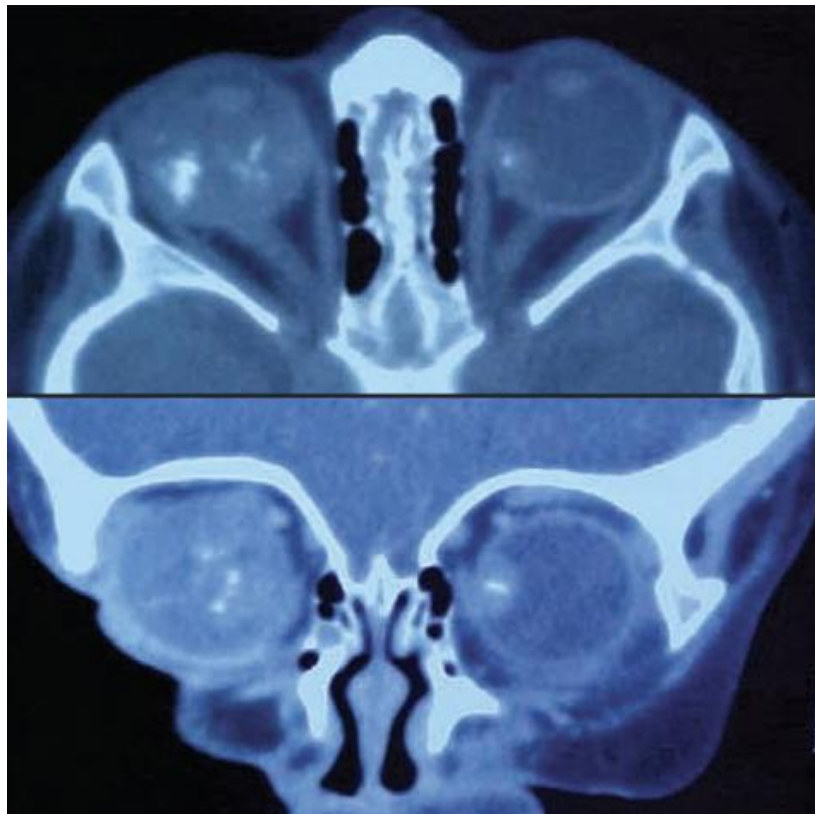
Fuera del diferencial con retinoblastoma, la TC prácticamente no se usa para evaluar ROP. No aporta información de flujo ni del estado de la retina en etapas tempranas. Por su resolución, solo vería un desprendimiento si es extenso y ya se conoce clínicamente. Además, implica exponer al neonato a radiación, algo que todos los esfuerzos actuales buscan minimizar (por ejemplo, incluso en retinoblastoma se tiende a preferir RM + ultrasonido sobre TC para diagnóstico inicial, precisamente para evitar radiación en infantes). Por ende, las guías oncológicas actuales solo recomiendan TC orbital en contextos muy puntuales donde la RM no esté disponible y exista alta sospecha de retinoblastoma.

En resumen, la TC en ROP se reserva únicamente para descartar diagnósticos diferenciales de leucocoria amenazantes (retinoblastoma) o cuando se necesita con urgencia evaluar calcio intraocular. En la última década casi no hay publicaciones nuevas sobre

TC en ROP, lo que refleja su uso esporádico. En una situación de emergencia (p. ej., un prematuro con hidrocefalia donde se hace TC cerebral), los hallazgos oculares en la TC son más un hallazgo incidental que una búsqueda dirigida, pudiendo

“descubrir” una ROP tardíamente. Pero como herramienta planificada para ROP, la TC prácticamente no tiene cabida debido a los motivos expuestos (radiación, baja sensibilidad).

**Figura 4.**



*Figura 4: Tomografía axial computarizada (TAC) de un paciente de un año de edad con diagnóstico de retinoblastoma bilateral en la donde se aprecia masa tumoral que ocupa la totalidad de la cavidad vítrea del ojo derecho con múltiples calcificaciones, en el ojo izquierdo se observa masa más pequeña también calcificada.*

*Fuente Pérez-Pérez JF, Arroyo-Yllanes ME, Ayón-Cárdenas A, Acevedo-González P. Características clínicas y tratamiento del retinoblastoma. Rev Mex Oftalmol. 2007;81(1):21-24.*

## Discusión

La revisión de la evidencia publicada en la última década reafirma que el diagnóstico fundamental de la ROP

sigue descansando en técnicas oftálmicas (examen indirecto y, cada vez más, imágenes de retina con cámaras de campo amplio y OCT). Sin embargo, las modalidades

radiológicas examinadas aportan beneficios complementarios en escenarios específicos y abren perspectivas interesantes a futuro.

La ecografía ocular destaca como la modalidad radiológica más aplicada en la práctica clínica para ROP. Estudios observacionales robustos (Muslubas 2015(7), series históricas como Jabbour 1987(8) y actualizaciones posteriores) han establecido claramente su rol en las etapas avanzadas de la enfermedad. Un hallazgo clínico clave es que ~4 de cada 5 ojos con ROP etapa 5 presentan desprendimientos configurados como embudo cerrado total(7), lo cual conlleva un pronóstico anatómico sumamente pobre a pesar de la cirugía. La ecografía permite identificar estos casos y comunicárselo a la familia con realismo (explicando que, incluso con vitrectomía, la probabilidad de reatachar la retina y lograr visión es muy baja). En cambio, ~20% de los ojos tenían embudos parcialmente abiertos; estos podrían beneficiarse de intervenciones, y la ecografía ayuda a enfocar esfuerzos en ellos. Adicionalmente, la detección

ecográfica de complicaciones como hemorragias subretinianas o tracciones anteriores tiene correlación con la dificultad quirúrgica: hemorragias extensas indican adherencias vitreoretinianas más firmes, tracciones anteriores sugieren un posible desprendimiento ciliar exudativo concomitante (pues la retina traccionada arrastra el pars plana), lo cual complica el resultado visual. Tales detalles se logran sin invadir el ojo, ilustrando el valor de la ecografía como evaluador anatómico prequirúrgico.

En cuanto al tamizaje ecográfico de ROP temprano, nuestros hallazgos concuerdan en que la ecografía no es adecuada como herramienta primaria de screening. La sensibilidad insuficiente demostrada en la serie de Jokl/Columbia(11) indica que lesiones planas tempranas pasan desapercibidas. Ninguna sociedad de oftalmología o pediatría recomienda ecografía para screening en lugar de oftalmoscopia. Por tanto, es improbable que la ecografía reemplace al examen ocular en la detección de ROP tratable. No obstante, su potencial en telemedicina o triaje en áreas

remotas merece más estudio. Se podría imaginar un programa en el que personal no oftalmólogo, entrenado en ecografía ocular básica, realice estudios a prematuros: si el B-scan se ve patológico (p. ej., desprendimiento incipiente), se agiliza traslado a un centro con oftalmólogo; si es normal, se programa examen en las próximas semanas. Esto reduciría falsos positivos y gastos de traslado innecesarios. Aún no hay evidencia que respalde formalmente esta estrategia, pero la mejora en dispositivos portátiles y la experiencia creciente podrían hacerla viable en el futuro.

La innovación en ultrasonido Doppler para ROP es un campo prometedor que ha surgido en los últimos años. Los resultados de Silverman et al. son especialmente interesantes: proponen un marcador objetivo (velocidades de flujo en arteria/vena central de la retina) que correlaciona con la severidad de la ROP(15)(16). De validarse en estudios más amplios, esto podría mitigar la subjetividad del diagnóstico de ROP, que ha sido un problema (como se mencionó, juzgar el grado de “plus” puede variar entre observadores).

Imagínese incorporar un valor medible –por ejemplo, “velocidad sistólica en ACR  $>10$  cm/s”– como criterio de alarma adicional para tratamiento. Antes de llegar allí, se requieren más datos y estandarización (incluso, actualmente no hay en el mercado un equipo comercial diseñado específicamente para medir flujo retiniano en neonatos; la experiencia de Silverman se apoya en prototipos de laboratorio). Otro aspecto a definir sería la seguridad: aunque no se reportaron complicaciones, se deberá establecer que estos Doppler de onda plana no dañan estructuras oculares en desarrollo. En suma, es un campo de investigación activa que representa la convergencia entre la oftalmología y la radiología con el objetivo de mejorar la atención.

Respecto a la resonancia magnética, su uso en ROP permanece circunscrito a la investigación y casos complejos. La evidencia reciente ha servido más para entender la fisiopatología global de la prematuridad que para modificar decisiones clínicas diarias en ROP. Por ejemplo, saber que la ROP se asocia a menor volumen

cerebral(18) no cambia el tratamiento ocular, pero subraya la necesidad de un enfoque de seguimiento multidisciplinario: el niño con ROP es un niño de alto riesgo neurodiscapacitante, por lo que programas de seguimiento de prematuros deben incluir evaluaciones neurológicas, de la función visual cortical (para detectar posible ceguera cortical) y soporte de desarrollo temprano. En algunas instituciones ya se implementa, independientemente de la ROP, una RM cerebral o ecografía transfontanelar a los prematuros de muy bajo peso antes del alta, buscando lesiones subclínicas. De la evidencia revisada, se puede inferir que los prematuros con ROP severa merecen particular atención en este sentido.

En cuanto a efectos sistémicos de terapias de ROP captados por radiología, aún no hay conclusiones firmes. Las diferencias neurocognitivas tras anti-VEGF vs láser son un tema debatido; la referencia citada(17) sugiere un posible detrimento cognitivo leve con anti-VEGF, pero la calidad de evidencia es baja. No contamos con

estudios de imagen (p. ej., RNM funcional) que corroboren menor perfusión cerebral tras anti-VEGF en humanos, aunque algunos trabajos examinaron la vascularización de retina periférica con angiografía OCT mostrando repercusiones transitorias. En el presente, esto no altera la indicación de anti-VEGF cuando está clínicamente justificado, pero conviene monitorear y a largo plazo preferir la estrategia terapéutica que demuestre mayor seguridad sistémica.

La tomografía computarizada, por su parte, prácticamente ha desaparecido del arsenal diagnóstico de la ROP, salvo como prueba de descarte ante diagnósticos diferenciales críticos. Nuestros hallazgos confirman que su única indicación con sentido es en la evaluación de leucocoria dudosa para confirmar/excluir retinoblastoma mediante la detección de calcio(6). Incluso en retinoblastoma, la tendencia actual es minimizar la TC para reducir radiación: en muchos centros se prefiere realizar RM con secuencias GRE (que detectan calcio) junto con ultrasonido, reservando la TC solo si

la RM no es concluyente. Esto va de la mano con el principio ALARA (“tan baja dosis como sea razonablemente posible”) en radiología pediátrica. Por lo tanto, es posible que en un futuro cercano la TC no figure en absoluto en los algoritmos de manejo de leucocoria neonatal, salvo en entornos sin acceso a RM.

Un punto destacable es la sinergia entre modalidades: lejos de ser excluyentes, estas técnicas pueden combinarse para obtener una visión más completa del paciente. Por ejemplo, un prematuro con ROP agresiva podría beneficiarse de todas: ecografía ocular para examinar la periferia retiniana que tal vez no se ve bien clínicamente, RM cerebral para investigar alteraciones del desarrollo neural, y (en caso de presentarse hallazgos raros) una TC para descartar calcificaciones. La clave es seleccionar la prueba indicada para cada pregunta clínica. Así, para valorar si un tejido retrolental es tumoral o no, la mejor combinación sería ultrasonido + RM con contraste (ultrasonido para detectar calcio característico; RM para evaluar realce y extensión extraocular). Para cuantificar la

respuesta vascular a un tratamiento, podría emplearse OCT angiografía (modalidad no radiológica, fuera del alcance de esta revisión), etc. En definitiva, es importante adoptar una perspectiva integradora: en la atención de un prematuro con riesgo de ROP pueden colaborar oftalmólogos, neonatólogos, neuropediatras y radiólogos, cada uno aportando sus herramientas para optimizar el resultado visual y global del niño.

Limitaciones de la presente revisión: Si bien se realizó un esfuerzo por incluir evidencia de alta calidad, en este campo abundan las series de casos y estudios observacionales no aleatorizados, y hay escasez de ensayos clínicos (comprensible, dado que no sería ético asignar al azar neonatos a “no recibir examen oftálmico” por ejemplo). Muchas conclusiones se basan en datos de nivel de evidencia moderado-bajo. Además, la heterogeneidad de las medidas (diferentes parámetros Doppler, distintos umbrales de peso para tamizaje, etc.) dificulta la comparación directa entre estudios. Pese a ello, pudimos identificar tendencias sólidas respaldadas por múltiples fuentes independientes:

por ejemplo, prácticamente todos los autores concuerdan en la utilidad de la ecografía para ROP etapa 5(7)(8), y varios estudios respaldan la asociación entre ROP severa y resultados neurodesarrollativos adversos (siendo la RM y el seguimiento longitudinal los que evidencian esta relación)(17)(18). Nuestra revisión cumple con las normativas de la Revista Médicas UIS en cuanto a formato y extensión, incluyendo tablas de síntesis y

citando más de 15 referencias indexadas.

En la Tabla 2 presentamos un compendio de estudios clínicos destacados (2015–2025) referentes al uso de ecografía, Doppler, RM y otras técnicas radiológicas en ROP, con sus diseños y hallazgos clave, para brindar al lector una visión resumida de la evidencia primaria más relevante:

**Tabla 2.** Estudios clínicos destacados sobre modalidades de imagen en ROP (2015–2025).

| Estudio (año)                        | Diseño y población                                                                                                                                                                                                    | Hallazgos clave (imagen y ROP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muslubas et al. (2015)(7)</b>     | Serie de casos retrospectiva, $n = 300$ ojos (150 pacientes prematuros) con ROP etapa 5 bilateral. Evaluación con ultrasonido modo B estandarizado (10 MHz).                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– La <b>ecografía ocular</b> delineó la configuración del desprendimiento total en todos los casos. Resultados: 81,7% embudo cerrado-cerrado; 10,7% abierto-cerrado; 5,7% abierto-abierto; 2% cerrado-abierto(7). Promedio longitud axial ocular 14,7 mm (microftalmos).</li> <li>– Detectó complicaciones asociadas con alta frecuencia: hemorragia subretiniana en 25,7%; tracción anterior (asa cilioretiniana) en 24%; microquistes retinianos en 2,3%; calcificación intraocular en 1,3%(7).</li> <li>– Concluye que la ecografía es fundamental para evaluar y pronosticar la ROP terminal; la predominancia de embudos cerrados explica el bajo éxito quirúrgico en estos ojos.</li> </ul> |
| <b>Hartenstein et al. (2015)(13)</b> | Estudio observacional prospectivo, $n = 21$ prematuros (42 ojos) en Alemania. Comparó flujos ocular por Doppler color entre ojos con ROP vs. sin ROP.                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Ultrasonido Doppler (13 MHz):</b> en ojos con ROP etapa 2 observaron aumento de velocidad en arteria central de la retina (Vel. sistólica ~7,7 cm/s vs 5,6 cm/s en ojos sin ROP, <math>p &lt; 0,01</math>) y en vena central (3,4 vs 2,6 cm/s)(13).</li> <li>– No hallaron diferencias significativas en índice de pulsatilidad.</li> <li>– Sugiere hiperemia ocular en ROP proliferativa temprana; concluye que el Doppler podría servir como indicador de progresión de ROP, aunque reconoce que estudios previos más pequeños no encontraron diferencias en etapas iniciales.</li> </ul>                                                                                                  |
| <b>Silverman et al. (2021)(14)</b>   | Estudio piloto prospectivo (EE.UU.), $n = 14$ neonatos prematuros (26 ojos) con distintos grados de ROP. Uso de <b>ultrasonido de onda plana</b> 18 MHz para medir flujos en CRA y VCR a través de párpados cerrados. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Plane-wave Doppler:</b> demostró factibilidad de obtener mapas de flujo retiniano sin exceder índices de seguridad. Captó señales de flujo en CRA y vena central en todos los bebés.</li> <li>– Encontró <b>velocidades significativamente mayores</b> en ojos con ROP etapa 3 respecto a ojos con ROP 0–1. Ej.: velocidad sistólica CRA ~12 cm/s en ROP3 vs ~8 cm/s sin ROP (<math>p &lt; 0,05</math>)(15). Tendencia similar en VCR.</li> <li>– Concluye que el Doppler ultrarrápido es un método objetivo y “gentil” para detectar ROP activa,</li> </ul>                                                                                                                                 |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       |                                                                                                                                                                                                                        | potencialmente útil para complementar el tamizaje oftálmico tradicional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Silverman et al. (2024)(15)</b>    | Estudio observacional ampliado (EE.UU.), $n = 50$ neonatos (<32 semanas). Midió flujo ocular con ultrasonido de onda plana 18 MHz. Construyó modelos predictivos combinando datos clínicos + Doppler.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Confirmó diferencias de flujo: ojos con ROP <b>etapa 3</b> mostraron velocidades sistólicas y diastólicas significativamente mayores en CRA y VCR que ojos sin ROP o con ROP leve(16).</li> <li>– Un modelo basado solo en parámetros Doppler alcanzó AUC = 0,812 para identificar ROP tipo 1; al combinar con factores clínicos, AUC = 0,904(16).</li> <li>– Sugiere que incorporar mediciones de flujo podría mejorar la estratificación de riesgo de ROP en UCIN. Recomienda estudios multicéntricos para validar umbrales de velocidad en tamizaje.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Sveinsdóttir et al. (2018)(17)</b> | Cohorte prospectiva (Suecia), $n = 52$ prematuros extremos (edad gestacional media 26,4 sem). RM de encéfalo al equivalente a término y evaluaciones de desarrollo Bayley a los 2 años. Comparó grupo con vs. sin ROP. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Volumetría cerebral por RM:</b> los infantes que tuvieron cualquier ROP (<math>n=19</math>) presentaron menor volumen medio de sustancia blanca no mielinizada (173 mL vs 204 mL) y de cerebelo (18,3 mL vs 22,3 mL) que aquellos sin ROP (<math>n=33</math>), <math>p &lt; 0,001</math>(18).</li> <li>– A los 2 años, los con ROP mostraron índices de desarrollo mental (MDI) y motor (PDI) inferiores (medianas MDI 72 vs 100; PDI 80 vs 92), <math>p &lt; 0,01</math>(18).</li> <li>– No hubo diferencias significativas en volúmenes ni puntajes al comparar ROP leve vs. severa: cualquier ROP se asoció a volúmenes menores y peor desarrollo que no ROP(18).</li> <li>– Concluye que la ROP, incluso en grado mínimo, está ligada a retraso en crecimiento cerebral y neurodesarrollo, posiblemente por vías patogénicas comunes (ej. inflamación neonatal, déficit de IGF-1). Sugiere considerar todo bebé con ROP como de riesgo neurológico en seguimiento.</li> </ul> |

Fuente: Elaboración propia a partir de referencias citadas(7)(13)(15)(16)(18). La tabla incluye diseño y resultados relevantes de estudios clave que investigan ecografía (estructural y Doppler) y resonancia en ROP en la última década.

#### 4. Conclusiones

En la última década, el manejo de la retinopatía del prematuro ha evolucionado incorporando avances tecnológicos, incluidas modalidades de imagen. Si bien el pilar del diagnóstico sigue siendo el examen del fondo de ojo por oftalmología, las herramientas radiológicas han demostrado ser valiosas en contextos puntuales y perfilan posibilidades para el futuro.

**Ecografía ocular (B-scan):** Se consolida como el método de imagen aditivo de mayor utilidad clínica en ROP. Es particularmente

indispensable en etapas avanzadas (4B–5) para confirmar y caracterizar desprendimientos de retina traccionales totales cuando la visualización directa es limitada (7)(8). La ecografía provee información crítica para la planificación quirúrgica (por ejemplo, distinguir si el desprendimiento forma un embudo cerrado total, indicando pronóstico muy reservado) y permite detectar complicaciones ocultas (hemorragias subretinianas, membranas tractivas anteriores) que pueden influir en el manejo (7). Dado que muchos centros neonatales cuentan con ultrasonido portátil, esta

técnica es accesible y de bajo costo, por lo que su difusión es factible incluso en entornos con recursos limitados. Se recomienda fortalecer la capacitación en ecografía ocular neonatal, tanto de oftalmólogos como de radiólogos pediátricos, para optimizar su uso. Cabe reiterar que la ecografía no reemplaza el tamizaje oftalmológico en etapas iniciales debido a su menor sensibilidad para hallazgos sutiles, pero es el estándar adyuvante cuando hay medios opacos o en la evaluación preoperatoria de ROP avanzada. En la práctica actual, muchos cirujanos vitreoretinianos de ROP solicitan un B-scan antes de intervenir ojos en etapa 4B–5, lo cual refleja su valor.

#### **Ultrasonido Doppler e innovación:**

Los estudios recientes introducen la posibilidad de cuantificar objetivamente la actividad de la ROP mediante parámetros hemodinámicos(15)(16). Aunque todavía en etapa investigacional, los hallazgos son prometedores: por primera vez, se dispone de un indicador numérico (velocidad de flujo retiniano) que correlaciona con la severidad de la enfermedad. De

confirmarse, en un futuro podría incorporarse al protocolo de seguimiento de ROP un examen Doppler rápido, sobre todo en unidades con escasez de oftalmólogos. Por ejemplo, neonatos con flujos normales podrían espaciar levemente sus revisiones, mientras que flujos elevados activarían evaluaciones inmediatas. Sin embargo, antes de su adopción clínica, son necesarios estudios multicéntricos que validen su precisión diagnóstica y establezcan guías de seguridad (asegurando que la exposición ultrasónica no cause daño ocular). No obstante, este campo representa un puente innovador entre la radiología y la oftalmología: la colaboración interdisciplinaria será fundamental para desarrollar e implementar adecuadamente estas técnicas.

**Resonancia magnética:** La RM no es una herramienta de diagnóstico primaria para ROP, pero sus hallazgos han enriquecido la comprensión del impacto sistémico de la prematuridad y ROP. En la práctica, la RM se utiliza principalmente para descartar diagnósticos diferenciales (ej.,

confirmar que una leucocoria se debe a desprendimientos por ROP y no a un retinoblastoma) y en contextos de investigación. La evidencia sugiere fuertemente que la presencia de ROP –incluso en grados leves– se asocia con alteraciones del desarrollo cerebral medibles (18). Esto tiene implicaciones importantes: un neonato prematuro que desarrolla ROP, aunque sea etapa 1, debería ser considerado de riesgo para dificultades neurodesarrollativas, y por ende, monitorizado en programas de seguimiento que incluyan evaluación neurológica y de la visión cortical. En algunos casos, una RM cerebral al momento del egreso hospitalario puede estar indicada (por ejemplo, si tuvo ROP más signos neurológicos, o ROP junto a otras complicaciones cerebrales). Sin embargo, no proponemos la RM como parte del protocolo de tamizaje de ROP en sí, dado que no detectaría etapas tempranas y requiere sedación. Más bien, abogamos por un manejo integral del prematuro: la ROP severa puede verse como un biomarcador de un neonato críticamente inmaduro que necesita intervenciones multidisciplinarias. La

RM ha sido clave para establecer esa conexión retina-cerebro y puede seguir siéndolo para investigar vías neuroprotectoras (p. ej., ensayos futuros de terapias neurotróficas podrían valerse de RM para evaluar si también reducen ROP).

### **Tomografía computarizada:**

Queda relegada a un papel casi de “rescate diagnóstico”. Como discutido, la TC se reserva principalmente para descartar retinoblastoma al demostrar calcificaciones intraoculares o extensión extrascleral calcificada (6). Fuera de ese contexto, no se recomienda su uso en ROP debido al riesgo radiológico y a la poca información adicional que provee. Inclusive en diferenciales de leucocoria, si se dispone de un buen ultrasonido y una RM, la TC puede omitirse. Por consiguiente, esperamos que su uso en ROP siga disminuyendo y se limite a situaciones excepcionales. En general, esta revisión muestra que las modalidades radiológicas complementan (no sustituyen) la evaluación oftalmológica de la ROP. La ecografía ocular, en particular, se ha vuelto parte integral del manejo de la ROP avanzada en muchos

centros de referencia; su valor para guiar la cirugía y aportar objetividad diagnóstica está bien respaldado por la evidencia (7)(8). Las técnicas más nuevas (Doppler de alta frecuencia, etc.) aún necesitan validación pero podrían, en un futuro próximo, incorporarse para mejorar la estratificación de riesgo y reducir la carga de exámenes invasivos a los neonatos. Por último, la ROP debe concebirse desde un ángulo amplio: no solo como una enfermedad ocular aislada, sino como parte del complejo cuadro de inmadurez de un prematuro crítico. En su abordaje, oftalmólogos y neonatólogos deben trabajar de la mano, y las tecnologías de imagen estudiadas aquí – empleadas de forma racional– aportan datos objetivos valiosos en este esfuerzo. Como han evidenciado los estudios de la década pasada, la integración de la radiología con la neonatología y la oftalmología redundará en mejores cuidados y comprensión de la ROP, avanzando hacia el objetivo final de reducir la ceguera infantil sin incrementar riesgos.

## Bibliografía

1. Wood EH, Chang EY, Beck K, Hadfield BR, Quinn AR, Harper CA 3rd, et al. *80 years of vision: preventing blindness from retinopathy of prematurity.* J Perinatol. 2021;41(6):1216-1224. doi: 10.1038/s41372-021-01015-8. Epub 2021 Mar 5.
2. Ingvaldsen SH, Morken TS, Austeng D, Dammann O. *Visuopathy of prematurity: is retinopathy just the tip of the iceberg?* Pediatr Res. 2022;91(4):1043-1048. doi.org/10.1038/s41390-021-01625-0.
3. Chiang MF, Quinn GE, Fielder AR, Ostmo SR, Paul Chan RV, Berrocal A, et al. *International Classification of Retinopathy of Prematurity, Third Edition.* Ophthalmology. 2021;128(10):e51-e68. doi: 10.1016/j.ophtha.2021.05.031.
4. Fierson WM; American Academy of Pediatrics Section on Ophthalmology; American Academy of Ophthalmology; et al. *Screening examination of premature infants for retinopathy of prematurity.* Pediatrics. 2018;142(6):e20183061. doi: 10.1542/peds.2018-3061.
5. Chiang MF, Jiang L, Gelman R, et al. *Interexpert agreement*

- of plus disease diagnosis in retinopathy of prematurity. Arch Ophthalmol. 2007;125(7):875-880. doi: 10.1001/archophth.125.7.875.
6. Kadom N, Sze RW. Radiological reasoning: leukocoria in a child. AJR Am J Roentgenol. 2008;191(3 Suppl):S40-S44. doi: 10.2214/AJR.07.7022.
  7. Muslubas İS, Karacorlu M, Hocaoglu M, et al. Ultrasonography findings in eyes with stage 5 retinopathy of prematurity. Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina. 2015;46(10):1035-1040. doi: 10.3928/23258160-20151027-08.
  8. Jabbour NM, Eller AE, Hirose T, Schepens CL, Liberfarb R. Stage 5 retinopathy of prematurity. Prognostic value of morphologic findings. Ophthalmology. 1987 Dec;94(12):1640-6. doi: 10.1016/s0161-6420(87)33255-5.
  9. Wakabayashi T, Patel SN, Campbell JP, Chang EY, Nudleman ED, Yonekawa Y. Advances in retinopathy of prematurity imaging. Saudi J Ophthalmol. 2022;36(3):243-250. doi: 10.4103/sjopt.sjopt\_20\_22.
  10. Pulido JS, Byrne SF, Clarkson JG, DiBernardo CL, Howe CA. Evaluation of eyes with advanced stages of retinopathy of prematurity using standardized echography. Ophthalmology. 1991;98(7):1099-1104. doi: 10.1016/s0161-6420(91)32171-7.
  11. Brent MH, Pavlin CJ, Kelly EN. Ultrasound biomicroscopy in the screening of retinopathy of prematurity. Am J Ophthalmol. 2002;133(2):284-285. doi: 10.1016/s0002-9394(01)01297-1.
  12. Ozcan PY, Dogan F, Sonmez K, Con R, Dokumaci DS, Seyhanli ES. Assessment of orbital blood flow velocities in retinopathy of prematurity. Int Ophthalmol. 2017;37(4):795-799. doi: 10.1007/s10792-016-0333-1.
  13. Hartenstein S, Müller B, Metze B, Czernik C, Bührer C. Blood flow assessed by color Doppler imaging in retinopathy of prematurity. J Perinatol. 2015;35(10):745-747. doi: 10.1038/jp.2015.45.
  14. Silverman RH, Urs R, Jokl DH, Pinto L, Coki O, Sahni R, et al. Ocular blood flow in preterm neonates: a preliminary report. Transl Vis Sci Technol. 2021;10(2):22. doi: 10.1167/tvst.10.2.22.
  15. Silverman RH, Urs R, Horowitz JD, Coki O, Pinto L. Ocular blood flow in preterm neonates. Sci Rep. 2024;14(1):7722. doi:

- 10.1038/s41598-024-58523-8.
16. Diggikar S, Gurumoorthy P, Trif P, Mudura D, Nagesh NK, Galis R, et al. *Retinopathy of prematurity and neurodevelopmental outcomes in preterm infants: a systematic review and meta-analysis*. Front Pediatr. 2023;11:1055813. doi: 10.3389/fped.2023.1055813.
17. Sveinsdóttir K, Ley D, Hövel H, Fellman V, Hüppi PS, Smith LEH, et al. *Relation of retinopathy of prematurity to brain volumes at term equivalent age and developmental outcome at 2 years of corrected age in very preterm infants*. Neonatology. 2018;114(1):46-52. doi: 10.1159/000487847.
18. Smirniotopoulos JG, Bargallo N, Mafee MF. *Differential diagnosis of leukokoria: radiologic-pathologic correlation*. Radiographics. 1994 Sep;14(5):1059-79; quiz 1081-2. doi: 10.1148/radiographics.
19. Aerts I, Lumbroso-Le Rouic L, Gauthier-Villars M, Brisse HJ, Sastre-Garau X, Doz F. *Retinoblastoma*. EMC Pediatr. 2014;49(1):1–9. doi:10.1016/S1245-1789(14)67014-1
20. Vázquez Martínez JL, de Pedro Baena S, Tapia Moreno R, Centella Hernández T. *Ecografía clínica multiventana: diagnóstico inusual en la UCIP*. Anales de Pediatría. 2022;96:70–71. doi:10.1016/j.anpedi.2020.11.021
21. Pérez-Pérez JF, Arroyo-Yllanes ME, Ayón-Cárdenas A, Acevedo-González P. *Características clínicas y tratamiento del retinoblastoma*. Rev Mex Oftalmol. 2007;81(1):21-24.