



ULTRASONOGRAFÍA (ECOGRAFÍA OCULAR)

AUTOR

Luigi Bilotto: Brien Holden Vision Institute

PAR REVISOR

James Loughman: Dublin Institute of Technology

INTRODUCCIÓN

Este capítulo incluye una revisión de:

- Introducción
- Teoría
- Instrumentación
- Indicaciones clínicas y contraindicaciones
- Procedimiento
- Hallazgos normales
- Anomalías
- Diagnóstico orbitario

ULTRASONOGRAFÍA

La ecografía ocular, o ultrasonografía, es una técnica comúnmente utilizada para medir las distancias intraoculares, incluyendo la longitud axial, en situaciones clínicas. Adicionalmente, el ultrasonido se ha convertido en una herramienta importante porque puede usarse para detectar y caracterizar los tejidos oculares y orbitarios, incluso en casos de opacidad. De manera diagnóstica, también puede emplearse para, detectar, visualizar y diferenciar masas o cuerpos extraños en las estructuras del ojo.

El ultrasonido ofrece ventajas en comparación con otras técnicas imagenológicas ya que es una técnica no invasiva, no genera radiación a los tejidos ni efectos adversos, es rápida conveniente y de costo moderado. También es útil para observar tejidos blandos. Sin embargo, tiene baja resolución en comparación con otras técnicas (E.j. resonancia magnética o tomografía computarizada) y es muy dependiente de las habilidades del examinador.

TEORÍA

La ecografía ocular emplea energía acústica de alta frecuencia (ondas de sonido) que están generalmente por encima de las frecuencias auditivas (> 20.000 Hz). Las frecuencias típicas empleadas en el diagnóstico oftálmico son de 1 a 25 Mhz. Las frecuencias más altas tienen longitudes de onda más cortas y proveen una mejor resolución espacial que las frecuencias bajas. Sin embargo, las frecuencias bajas (y largas) penetran más profundo en los tejidos antes de que la energía sea absorbida. La frecuencia exacta empleada en el campo de la salud visual depende de la evaluación deseada. En general, el ultrasonido de frecuencia alta se emplea para mediciones del segmento anterior, mientras que las frecuencias bajas se usan para determinar la longitud axial y para evaluar las estructuras retrobulbares.

Las ondas acústicas (sonido) pasan a través de tejidos opacos en diferentes velocidades dependiendo de la densidad acústica del tejido (Tabla 1). La resistencia acústica se refiere a la resistencia del flujo del sonido a través de un medio y es dependiente de la densidad acústica.

En los bordes de cambio de densidad, las ondas se reflejan (eco) o transmiten (refractan) de acuerdo con las propiedades de la interfaz acústica, principalmente su tamaño, forma, uniformidad y resistencia. La resistencia acústica es una función directa de la densidad de tejidos adyacentes. A mayor densidad de un tejido, mayor resistencia de las ondas transmitidas al igual que mayor reflexión de los ecos. La ultrasonografía usa los ecos resultantes y cambios ondulatorios para determinar la localización y características de los diferentes tejidos examinados.

Medio	Velocidad del sonido (m/sec)
Agua	1480
Acuoso (Humor acuoso y vítreo)	1532
Córnea	1550
Tejidos blandos	1550
Cristalino	1640
Hueso	3500

Tabla 14.1: Velocidad en la que las ondas de sonido viajan a través de varios tejidos

Adaptado de: Eskridge JB, Amos JF and Bartlett JD. Clinical Procedures in Optometry. Lippincott, USA. 1991.

Cuando el ultrasonido viaja a través de diferentes medios, puede reflejarse (ecos) y transmitirse (refractados) de una manera similar a la luz, de acuerdo con las propiedades de la interfaz (tamaño, forma, regularidad) y las diferencias en las resistencias acústicas, el límite entre los dos tejidos actúa como un espejo y una superficie refractiva. Como resultado, algunos de los ultrasonidos será reflejados (de acuerdo a la ley de reflexión, es decir, el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia) y algunos serán transmitidos. La ultrasonografía hace uso de los ecos resultantes y los cambios ondulatorios para determinar la localización y características de los diferentes tejidos examinados

Para determinar la posición de una interfase dada en el ojo, el ultrasonido se transmite al ojo desde un transductor que contiene un cristal piezoeléctrico. Los cristales piezoeléctricos tienen dos propiedades importantes. Primero, las superficies de estos cristales se deforman (generando vibraciones acústicas) cuando pasa corriente eléctrica a través del material. La segunda propiedad es que al incidir las ondas sobre el cristal, producen una carga eléctrica que puede registrarse. Además, si el transductor se posiciona de tal forma que las ondas acústicas intersecten las interfases de los tejidos del ojo de manera perpendicular, el sonido se refleja y hace un eco al transductor en proporción a las diferencias en las resistencias acústicas de diferentes tejidos.

Los equipos de ultrasonido no emiten ondas de sonido de manera continua. Por el contrario, emplean un procedimiento conocido como “pulso-eco”. Con esta técnica se emite un breve pulso de sonido (generalmente de 1 microsegundo de duración) se emite de manera periódica. Entre pulsos, el equipo registra el tiempo que transcurre desde que se emite hasta que los ecos cargan el cristal. Los tiempos pueden convertirse en distancias entre varias interfases y se prueba multiplicando el tiempo por la velocidad del sonido en los medios respectivos.

El ultrasonido no viaja a una velocidad constante en el ojo. Viaja más rápido en estructuras más densas (E.j. el cristalino 1640m/s) que en estructuras menos densas (E.j. el vítreo; 1530m/s). Sin embargo, cuando un instrumento de ultrasonido se usa para medir la longitud axial, se asume que el sonido viaja a una velocidad constante en el ojo. Con el fin de tener en cuenta las variaciones en la velocidad intraocular, un valor “promedio” para la velocidad del sonido dentro del ojo se emplea (E.j. 1540 m/seg). En pacientes áfacos es necesario asumir una velocidad del sonido menor que la empleada en pacientes normales. La mayoría de equipos de ultrasonido disponibles actualmente incluyen, como opción, montajes operacionales alternativos para pacientes áfacos.

Para el uso oftálmico, el tiempo entre ecos y la fuerza de retorno de los mismos se muestra en tres formas distintas: Modo A, Modo B o modo M.

El modo A (Escaneo A, modo amplitud) o biometría: Es el más simple y comúnmente utilizado. Con esta técnica la fuerza de los ecos producidos por una interfase dada se muestra de manera vertical (Eje Y) relativo a su posición (Tiempo, eje X) a lo largo del ultrasonido.

La fuerza del eco, que se relaciona con el ángulo incidente y la diferencia en las resistencias en la interfase, se refleja en la altura mostrada. Una toma en modo A normal se muestra en la Figura 14.1b.



Figura 14.1a: Realización de una ultrasonografía en Modo A.

Foto cortesía de: International Centre for Eye Health (ICEH), Fotógrafo: B Ramamurthy.

Las desviaciones asociadas con las superficies superior posterior de la córnea, cristalino e interfase vítreorretiniana, permiten medir el grosor corneal, profundidad de la cámara anterior, grosor del cristalino, profundidad de la cámara vítrea y longitud axial. El humor vítreo y acuoso deben verse claros ya que son estructuras homogéneas.

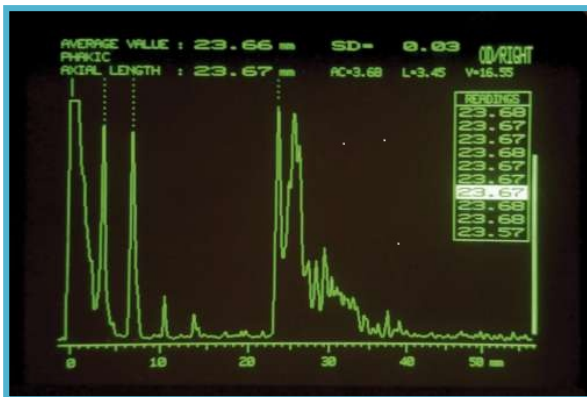


Figura 14.1b: Biometría en modo A

Foto cortesía de : International Centre for Eye Health (ICEH), Fotógrafo: B Ramamurthy.

Modo-B (escaneo B, modo brillo). El modo B se compone esencialmente de muchos puntos de eco resultantes de cientos de escaneos A. En el modo B, la fuerza del eco de retorno se indica mediante un aumento en el brillo del display en función del tiempo o distancia. Las estructuras que producen ecos altos en el Modo- A (tejidos altamente reflectivos) producen puntos brillantes en el Modo B.

En el modo B, la orientación espacial del transductor cambia sistemáticamente. La orientación del transductor y del display se coordinan de forma tal que el ecógrafo Modo B se observe como un corte transversal del globo ocular (dos imágenes dimensionales). La figura a continuación, muestra un escaneo B obtenido a lo largo del meridiano vertical de un ojo normal. En sistemas B más sofisticados, la sonda oscila en 2 dimensiones, permitiendo que se genere una ecografía tridimensional del ojo.

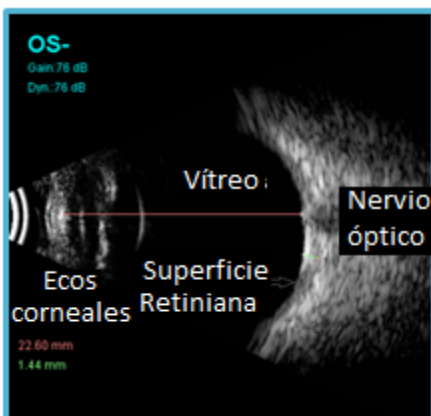


Figura 14.2: Modo B

Foto cortesía de:: LV Prasad Eye Institute.

Aunque es un procedimiento más invasivo, brinda una representación más gráfica de las posiciones relativas y como resultado, está reemplazando al Modo A como la técnica más comúnmente utilizada. Sin embargo, el Modo B siempre ha tenido un procedimiento más complejo. Por ejemplo, en lugar de solo sostener el transductor en contacto con el ojo o párpados (como se hace con el escaneo A) se requiere una técnica de inmersión, en la que el paciente en posición supino, usa unas gafas semejantes a las de buceo sin el visor plástico. Las gafas se llenan con solución salina y la sonda se coloca en la solución. La interfaz líquida entre la sonda y el ojo permite que la sonda se remueva (usualmente mediante un equipo mecánico programable) sin perder el contacto acústico con el ojo. Recientemente, las sondas B se han hecho de forma tal que el transductor esté completamente sellado entre de la sonda (1.5 cm de diámetro) y rote en un punto dentro de la sonda de forma tal que se pueda hacer un escaneo de la zona posterior del ojo con solo poner en contacto la sonda con los párpados del paciente.

Modo M (escaneo M, modo de movimiento). En el modo M, la posición y fuerza de los ecos se muestra como puntos brillantes en el display. Sin embargo, en comparación con el modo B, el transductor se mantiene quieto y el osciloscopio (o película o papel fotosensible) se mueve en “tiempo real”. Con esta técnica, el movimiento de los tejidos asociado a la acomodación, cambios en la presión sanguínea, etc., puede observarse con el tiempo. Generalmente se emplea para determinar las propiedades magnéticas de los cuerpos extraños

INSTRUMENTACIÓN

La unidad del ultrasonido consiste de un transmisor, un transductor, un receptor y una unidad de video. El transmisor genera pulsos eléctricos cortos que se envían al transductor con el elemento piezoeléctrico, un material polarizado (E.j. cristal) que puede cambiar de forma y vibrar mecánicamente bajo un estímulo eléctrico generando ondas de ultrasonido. De manera contraria, los ecos que retornan deforman el elemento lo que genera una señal eléctrica que se envía al receptor.

El receptor es un equipo similar a un radio que en esencia captura y amplifica las frecuencias de sonido recibidas. El sistema de video consiste de un osciloscopio que permite la visualización de las señales registradas. La unidad de escaneo B tiene un motor que mueve (oscila) el transductor a lo largo del eje (con el fin de generar múltiples escaneos A).

Los ultrasonogramas de interés se registran cuando la visión dinámica es necesaria y generalmente se guardan de manera electrónica.

La mayoría de sistemas de ultrasonido permiten que el examinador realice un escaneo A y B de manera simultánea. Un vector generalmente escanea la selección de un eje de interés. El sistema contiene un dial **de escaneo de vectores**, que puede utilizarse para seleccionar cualquier eje en una imagen bidimensional al igual que igualar áreas específicas y determinar la amplitud de los picos o **reflectividad** de ese tejido.

La amplitud o ganancia del ultrasonido puede ajustarse para incrementar o reducir la intensidad de los ecos de retorno. El aumento de la ganancia retorna señales de sonido muy débiles; esto aumenta la sensibilidad del procedimiento pero aumenta los niveles de ruido o artefactos. Disminuir la ganancia “retira” los tejidos menos acústicos del escaneo y mejora la visibilidad de los tejidos más densos (que siguen siendo brillantes). El ajuste de la ganancia es diferente al del brillo o ajuste de la escala de grises que modifica el contraste total de la imagen.

INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES CLÍNICAS

El ultrasonido brinda una descripción precisa de las estructuras normales y anormales incluso cuando la estructura en cuestión no puede evaluarse ópticamente con la luz visible. Aunque cada procedimiento puede hacerse individualmente, el modo A y B en conjunto brindan la evaluación ultrasónica más completa. El modo A brinda la mejor evaluación de las resistencias acústicas entre los tejidos para dar mediciones precisas de las estructuras y lesiones intraoculares.

El modo B brinda una imagen bidimensional del ojo y permite una evaluación topográfica y cinética de las estructuras y lesiones oculares. La ecografía topográfica revela y documenta la localización, forma, bordes y relaciones geográficas de las lesiones mientras que varios tipos de ecografía cinética determinan la vascularidad, movilidad y consistencia de las lesiones.

Indicaciones		Contraindicaciones
Modo A	Modo B	Modo A & Modo B
Evalúa la longitud axial del ojo	Evalúa el fondo de ojo en medios opacos	Cirugía intraocular reciente
Evalúa la profundidad de la cámara anterior	Evalúa el fondo en casos de pupila no dilatada	Lesión perforante
Evalúa el grosor corneal	Evalúa las lesiones oculares y orbitarias	Disrupción corneal (+/-)
Cálculo del poder de lentes intraoculares	Evalúa la enfermedad de la cabeza del nervio óptico (elevación)	
Diferenciación de tumores intraoculares	Vista alrededor de tejidos orbitarios (E.j. músculos)	
	Detecta y diferencia tumores oculares	
	Localiza cuerpos extraños intraoculares	
	Caracteriza los desprendimientos de retina	
	Evalúa ojos con trauma	

Tabla 14.2: Indicaciones y contraindicaciones para la ultrasonografía en Modo A y B.

PROCEDIMIENTO

MODO-A

El paciente se sienta en un equipo similar a una lámpara de hendidura. Una sonda similar a la del tonómetro de Goldman se apoya sobre la córnea o una sonda manual se coloca directamente sobre la córnea. Los ajustes preliminares del equipo incluyen insertar los datos del paciente y queratometría, eligiendo el modo automático de biometría o paquimetría e identificando el estado fáquico.

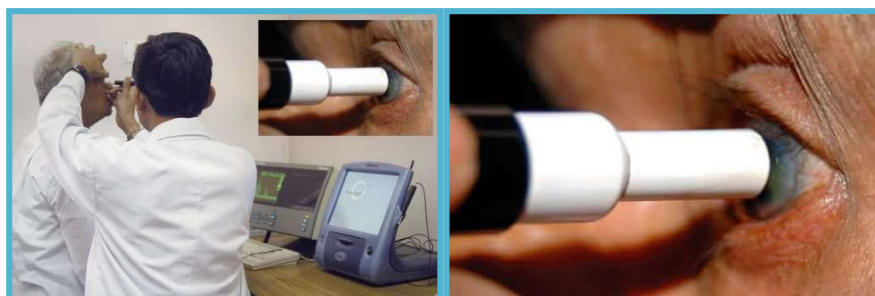


Figura 14.3: Modo A en montaje manual

Foto cortesía de: International Centre for Eye Health (ICEH), Fotógrafo: B Ramamurthy

Primero el ojo debe estar bajo anestesia y la sonda debe esterilizarse. Una gota de solución salina se puede usar para probar la punta de la sonda, pero, la película lagrimal generalmente es un medio aceptable para que la transmisión de las ondas se de. Se le pide al paciente que fije un estímulo distante mientras que el examinador pone en contacto la sonda con el centro de la córnea. Debe tenerse cuidado para evitar la fuerza excesiva sobre el globo y asegurar que la sonda se mantenga perpendicular al centro de la córnea. Una vez que la sonda está alineada de forma apropiada, las ondas de sonido pasan por los contenidos oculares y se reflejan de nuevo en las interfaces de la superficie.

Si el modo A se activa de manera automática, el sistema hará un sonido cuando el alineamiento sea correcto, indicando que se ha tomado una lectura. El examinador debe remover la sonda y registrar la lectura. Deben tomarse 5 lecturas en cada ojo. El sistema hace un promedio de las lecturas de la longitud axial, profundidad de la cámara anterior y grosor corneal. Las lecturas queratométricas y de longitud axial, pueden manipularse matemáticamente para calcular el poder de un lente intraocular.

MODO- B

El paciente debe estar cómodamente sentado, o acostado. La sonda puede usarse con el ojo abierto o cerrado. Ya que las ondas de sonido de alta frecuencia no se transmiten en el aire, la sonda debe unirse al párpado con un agente viscoso, una solución viscosa que no forma gotas (generalmente metilcelulosa). El paciente no debe sentir incomodidad durante el procedimiento cuando se realiza con el párpado cerrado. Para procedimientos con el ojo abierto el anestésico debe instilarse antes y si es necesario, durante el procedimiento. La evaluación inicial se realiza con la mayor ganancia en decibeles (sensibilidad), de forma tal que incluso los ecos débiles de objetos de baja densidad acústica puedan detectarse.

Hacer una ultrasonografía B requiere que el examinador realice escaneos, axiales, transversales y longitudinales del globo ocular para ubicar lesiones oculares. La sonda utilizada tiene un marcador en su punta, que designa el área presentada en la región superior del display del escaneo B. Para **las tomas axiales**, el paciente debe fijar en posición primaria y la sonda debe ponerse con el marcador en la parte superior para secciones verticales y nasal para secciones horizontales. En **tomas transversas**, la sonda se debe situar en el limbo y dirigir posteriormente. En un solo movimiento de arco uniforme, se mueve del limbo al canto externo, escaneando la pared opuesta del globo desde el polo posterior a la ora serrata (postero-anterior). El escaneo se repite alrededor del limbo (360°) para asegurar una evaluación completa del globo. Las **tomas longitudinales** generan una imagen anteroposterior de la pared ocular opuesta a lo largo de un solo meridiano, el cuerpo ciliar y el nervio óptico. El marcador se orienta hacia la córnea.

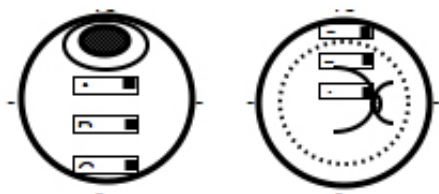


Figura 14.4: Representación gráfica de una toma transversa que muestra la posición de la sonda en el globo y el área ocular examinada



Figura 14.5: Representación gráfica de una toma longitudinal que muestra la posición de la sonda en el globo ocular y el área examinada

HALLAZGOS NORMALES


MOD0-A

El display común muestra los ecos a la izquierda provenientes de la córnea y los siguientes desde las superficies anterior y posterior del lente. Los ecos que se ven a la derecha son del complejo retina-coroides-esclera. La longitud axial y profundidad de la cámara anterior se describen en la parte superior derecha de la pantalla.

MOD0- B

En la evaluación del ojo sano, la región anterior del ojo no se muestra con claridad (Fig 14.2). La cápsula posterior del cristalino puede observarse al extremo izquierdo de la pantalla. Lo tejidos del nervio óptico y vítreo reflejan poco el sonido y se denominan **sonolucientes o ecolucientes**. Estas estructuras se ven oscuras en contraste con las estructuras que reflejan bien el sonido, que se observan de color blanco o como sombras grises. El nervio óptico horizontal en forma de V, es una estructura de guía importante en la ultrasonografía en modo B. La retina se observa como una superficie cóncava uniforme, que se vuelve indistinguible de los ecos provenientes de la coroides y la esclera.

Las **propiedades acústicas** de diferentes tejidos ayudan al diagnóstico de anomalías. Las sustancias acústicamente más densas (E.j. calcio) generan reflexiones incluso en ganancias bajas.

<ul style="list-style-type: none"> • Calcio • Retina, Coroides, esclera • Haemorrugia • Tejido vítreo 	 Aumento de la densidad acústica (Eco más brillante)
---	---

ANOMALÍAS

ANOMALÍAS DEL CUERPO VÍTREO

El vítreo normalmente es sonoluciente y por tanto se ve oscuro y transparente en la ultrasonografía, especialmente en pacientes jóvenes. En pacientes mayores, las opacidades y desprendimiento del vítreo posterior se verá en los escaneos A & B con baja reflectividad. Los hallazgos anormales en el vítreo, como tejido fibroproliferativo, hemorragias, membranas y debris inflamatorio se verán como áreas irregulares o grises. Los hallazgos más densos como hialosis asteroide (depósitos de calcio) o cuerpos extraños continúan viéndose en el escaneo como una disminución de la sensibilidad

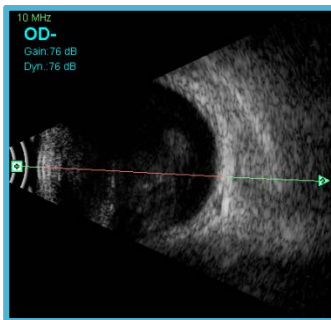


Figura 14.6a: Hemorragia vítrea

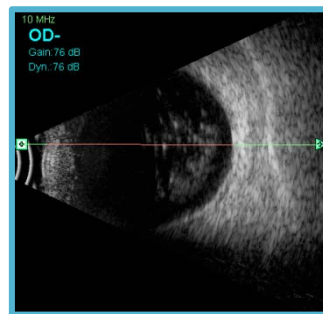


Figure 14.6b: Hialosis asteroide

Cortesía de : LV Prasad Eye Institute.

ANOMALÍAS RETINIANAS

El desprendimiento de retina (DR) se observa como una membrana delgada plegada, separada de la coroides y la esclera (Fig 14.7). Muchos escaneos en planos seriados se requieren para obtener una extensión tridimensional completa del DR. Un DR plano es difícil de ver por el poco espacio entre el desprendimiento y la coroides. Un DR buloso es de forma convexa y se extiende al vítreo anterior con adhesiones a la cabeza del nervio óptico y la ora serrata nasal y temporal. Un DR de retina reciente se mueve con los movimientos oculares, por el contrario los desprendimientos de retina más antiguos no se mueven debido a la proliferación de tejido fibroso. La retina desprendida muestra alta reflectividad mientras que el espacio subyacente es generalmente sonoluciente a no ser de que exista una hemorragia.

With classic retinoschisis, B-scan will differentiate an isolated “blister” from one with an underlying RD (Fig.14.8). Con la retinosquisis clásica, el escaneo B diferencia un “blister” aislado de uno asociado a un DR.

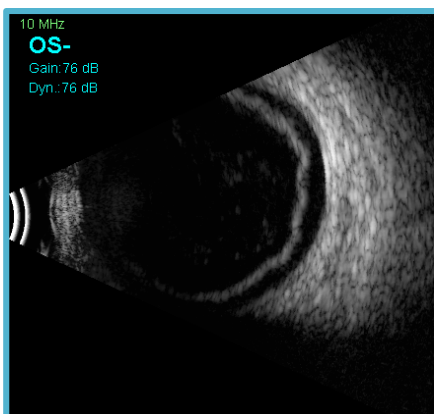


Figura 14.7: Desprendimiento de retina típico

Foto cortesía de: LV Prasad Eye Institute.

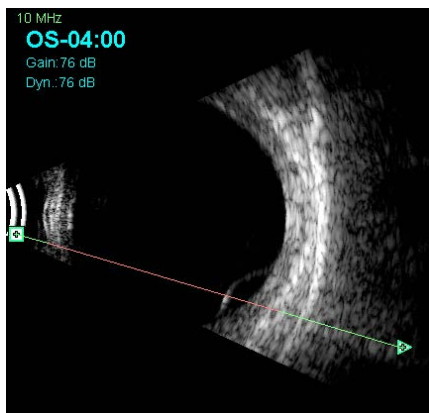


Figura 14.8: Retinosquiasis típica

Foto cortesía de : LV Prasad Eye Institute

TUMORES INTRAOCULARES

El retinoblastoma en niños puede detectarse generalmente en niños con un desprendimiento de retina, inflamación o hemorragia vítrea. El retinoblastoma que es acústicamente denso, tiene alta reflectividad y puede diferenciarse usando un escaneo B. El coristoma osea, un tumor de huesos raro en la coroides, también se puede diagnosticar acústicamente debido a su alta reflectividad.

Los tumores coroides pueden diferenciarse de desprendimientos coroides con fluidos serosos o sangre. Algunas características diferencian melanomas malignos de carcinomas metastásicos, hemangioma y hemorragia subretinal.

Lesión	Estructura interna (Células)	Reflectividad interna	Atenuación del sonido
Melanoma	Pequeño y regular	Baja a media	Significativa
Metástasis	Irregular	Variable	Variable
Hemangioma	Grande y regular	Alta	Mínima

Table 14.3: Respuesta de varias lesiones cuando se realiza la ultrasonografía

ANOMALÍAS DE LA CABEZA DEL NERVIÓ ÓPTICO

Las condiciones que resultan en la elevación de la cabeza del nervio óptico, como el papiledema, papilitis y drusen del disco óptico pueden apreciarse ultrasónicamente. Los cuerpos drusenoides generalmente dan la apariencia de racimos de uvas (Fig 14.9 a y b). Sin embargo, los drusen profundos no son visibles al ojo humano y son la causa más común de pseudo-papiledema. La ultrasonografía muestra la alta reflectividad del calcio dentro de las drusas y la reflexión continua del sonido a medida que aumenta la sensibilidad.

La papilitis y el papiledema son difíciles de diferenciar ultrasónicamente aunque un leve nivel de fluido subretinal puede verse con el papiledema. El estafiloma peripapilar se observa como una depresión cóncava en la cabeza del nervio óptico.

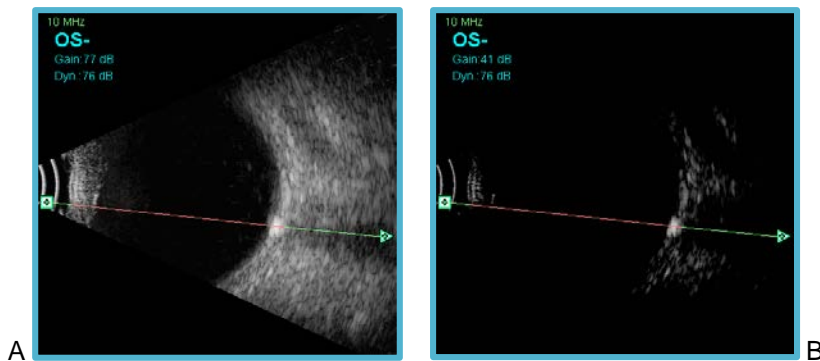


Figura 14.9a. y b.: Drusen de la cabeza del nervio óptico

CUERPO EXTRAÑO INTRAOCULAR

La ultrasonografía se emplea para localizar cuerpos extraños y evaluar sus propiedades magnéticas. La localización requiere de una disminución de la ganancia en decibeles con amplitudes altas de los ecos generadas por la mayoría de cuerpos extraños de ecos de baja amplitud emanados de los tejidos circundantes. Los cuerpos extraños magnéticos pueden identificarse usando un display ultrasónico de movimiento del cuerpo extraño cuando se acerca un imán al ojo a la altura de la pars plana. El hallazgo de un cuerpo extraño intraocular metálico es una contraindicación obvia para realizar resonancia magnética.

DISLOCACIÓN O SUBLUXACIÓN DEL CRISTALINO

El cristalino subluxado o dislocado secundario a un trauma o enfermedad sistémica asociada es difícil de percibir mediante oftalmoscopia. La ultrasonografía es útil en estos casos.

FORMA DEL GLOBO OCULAR Y VARIACIÓN DE LA FORMA

Los ojos con medios opacos y especialmente bajas presiones intraoculares son sugestivos de ptisis bulbi. La ultrasonografía muestra tejido desordenado de alta reflectividad.



DIAGNÓSTICO ORBITARIO

La ultrasonografía de la órbita es útil cuando hay proptosis o exoftalmos, pliegues coroideos o estrías retinianas, atrofia óptica idiopática o papiledema, palpación de quistes o masas, microoftalmos y sospecha de cuerpo extraño orbitario. En la órbita, lo anormal se ve oscuro sobre un fondo blanco de grasa orbitaria (contrario al ojo que lo anormal es blanco sobre un fondo oscuro). Las anomalías que se ven negras pueden ser masas, cuerpos extraños o cambios inflamatorios.

Los músculos extraoculares en la órbita son sonolucientes y se ven de color negro. Un aumento en el tamaño o infiltración de los músculos conlleva a una anomalía haciéndolos ver blanco en la ultrasonografía.

BIBLIOGRAFÍA

- Eskridge JB, Amos JF and Bartlett JD. Clinical Procedures in Optometry. Lippincott, USA. 1991.