

VIDEOATLAS DE

ULTRASONIDO NEUROMUSCULOESQUELÉTICO

BIBLIOTECA
DIGITAL

INCLUYE
E-BOOK

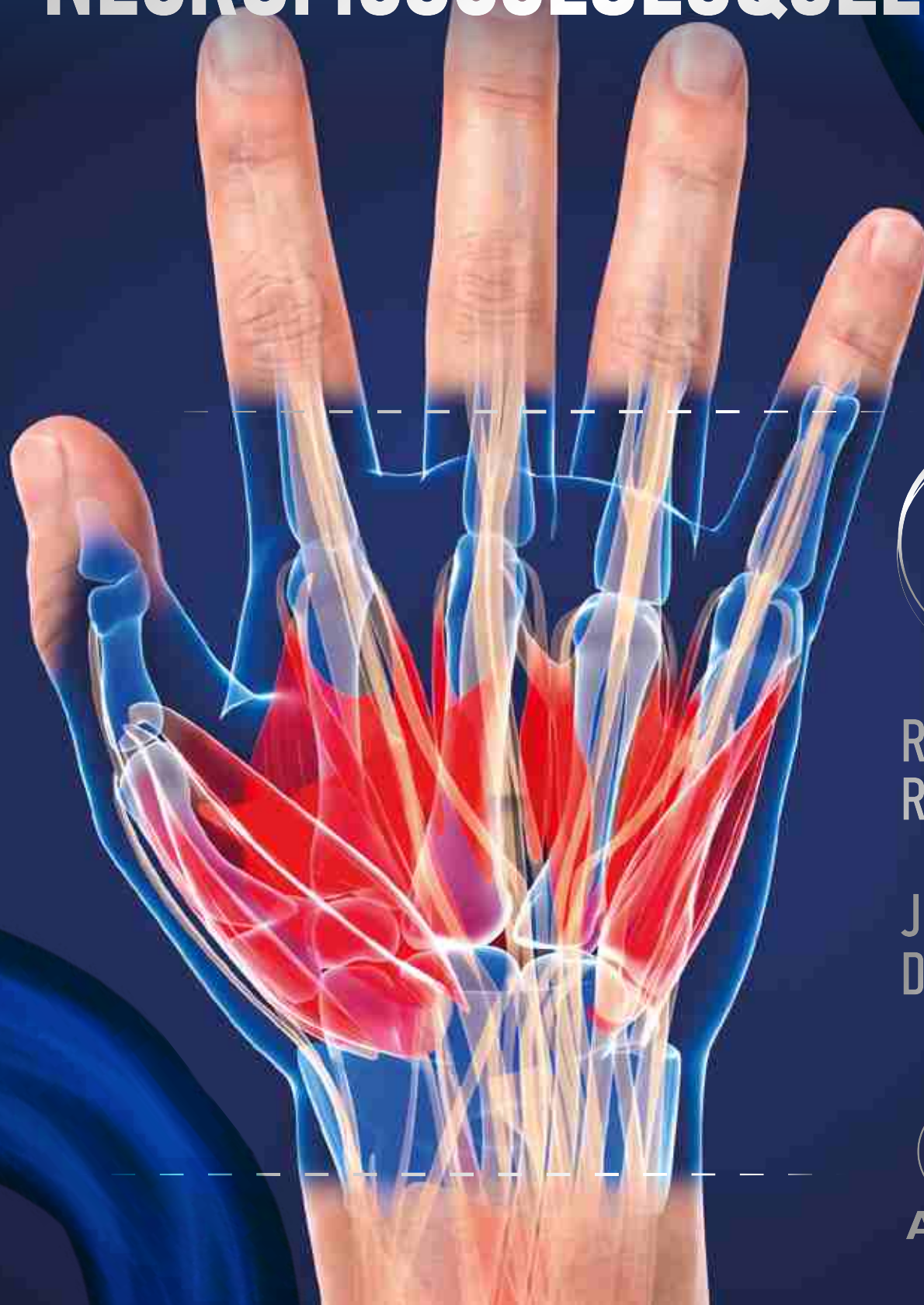
73
VIDEOS

73
VIDEOS

REZA SALMAN
ROGHANI

JOSE JUAN
DIAZ


AMOLCA



Contenidos

1	Conceptos básicos y botones.	1
	José Juan Díaz, Reza Salman Roghani, Padideh Baran y Mohammad R. Nezamabadi	
2	Hombro.	13
	Lynn Kohan, Reza Salman Roghani, José Juan Díaz, Richard Morgan, Ronald Tolchin, Mina Abadir y Tariq Islam	
3	Codo y antebrazo.	35
	Sina Davari Farid, Reza Salman Roghani, Brian Palacios, Mohammad R. Nezamabadi y Naffiseh Jafarian	
4	Muñeca y mano.	59
	Andrew M. Mendelson, Reza Salman Roghani, Megan McGuire, Jasmine Sidhu, Naffiseh Jafarian y Ghazaleh Ebrahimi	
5	Cadera.	79
	Reza Salman Roghani, Jorge E. García-Negrón, Natasha Mehta, Nicole Schneider y Padideh Baran	
6	Rodilla.	97
	Geet Paul, Reza Salman Roghani, Joseph Mouhanna, José Juan Díaz, Jasmine Sidhu y Hein Linn Thant	
7	Tobillo y pie.	117
	Yashar Eshraghi, Reza Salman Roghani, Mihir Nakrani, Ceci Guerrero, Nicole Schneider y Shravan Gupta	
8	Columna lumbar y tronco.	145
	Reza Salman Roghani, John Melendez-Benabe, José Juan Díaz, Nicole Schneider, Somayeh Younesian, Padideh Baran, Amirhossein Foroughianyazdi y Seungwoo Chai	
	Índice alfabético.	167

1

Conceptos básicos y botones

José Juan Díaz, Reza Salman Roghani,
Padideh Baran y Mohammad R. Nezamabadi



1.1. Modos de ultrasonido

Los modos de ultrasonido más comunes en la ecografía neuromusculoesquelética (NMSK, por sus siglas en inglés) son B, M y Doppler (modos de color y potencia).¹

El **modo B**, también conocido como “modo de brillo”, muestra información estructural en una imagen 2D utilizando niveles de escala de grises (es decir, brillo) y es el modo más utilizado en la ecografía NMSK¹ (Figura 1.1).

El brillo de una imagen, conocido como ecogenicidad, viene determinado por el reflejo de las ondas

sonoras. Está influenciado por las características del haz de sonido y la densidad del tejido.

Hiperecoico. Cuando los ecos regresan con una amplitud alta, aparecen más brillantes que el tejido circundante.

Hipoecoico. Cuando hay muy pocos ecos, la estructura parece más oscura que el tejido circundante.

Anecoico. Cuando una estructura no refleja las ondas sonoras, el área correspondiente aparece oscura o negra en la imagen de ultrasonido.

El **modo M**, también conocido como modo de movimiento, es un tipo de ultrasonido que registra los ecos que regresan en una sola línea de la imagen del modo B que se muestra a lo largo del tiempo. El modo M en tiempo real se utiliza con frecuencia en la ecografía para localizar partes del cuerpo en movimiento, como el corazón y sus cavidades, por ejemplo, en la ecocardiografía (Figura 1.2).¹

Doppler color. La ecografía de flujo color es un modo que se aplica al equipo para convertir las ondas sonoras en colores codificados, que luego se superponen a una imagen del modo B correspondiente para codificar con colores el flujo sanguíneo y la movilidad de los tejidos (Figura 1.3).²

Power Doppler. Este modo detecta el movimiento en diferentes niveles de flujo sin investigar la dirección o la velocidad del flujo. Proporciona información adicional para afecciones inflamatorias crónicas, como la epicondilitis lateral y las enfermedades reumatoideas (Figura 1.4).²

J. J. Díaz

Departamento de Medicina Física y Rehabilitación,
Larkin Community Hospital, Nova Southeastern
University, Miami, FL, EE. UU.

Integrative Spine and Sports,
Fort Lauderdale, FL, EE. UU.

R. S. Roghani (✉)

Departamento de Medicina Física y Rehabilitación,
Larkin Community Hospital, Nova Southeastern
University, Miami, FL, EE. UU.

P. Baran

Departamento de Imagen, University of Miami,
Miami, FL, EE. UU.
Correo electrónico: pxb646@miami.edu.

M. R. Nezamabadi

Neshat Pain Clinic, Fardis, Karaj, Irán.

Figura 1.1. Modo B. Imagen ecográfica en modo B que muestra una vista transversal del túnel carpiano. La imagen muestra diferentes tonos de gris, que indican diferentes densidades de tejido. Se observa una pequeña área circular oscura, la cual representa un espacio ocupado por líquido: la arteria cubital. La textura del fondo es granular, típica de las imágenes ecográficas. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

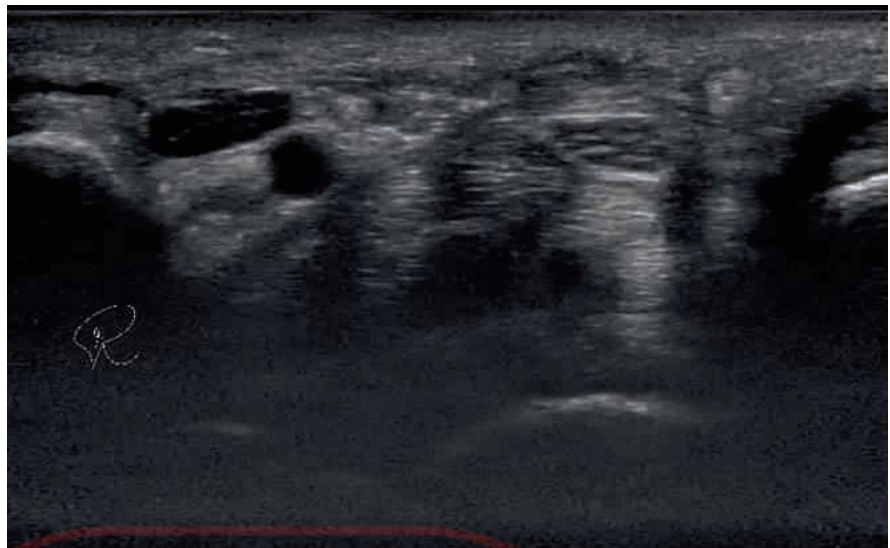


Figura 1.2. Modo M. Imagen ecográfica en modo M del corazón. Se observan patrones de ondas rítmicas que representan el movimiento cardíaco. Debajo del ultrasonido, una línea verde de electrocardiograma muestra los latidos cardíacos correspondientes con intervalos regulares. La imagen ilustra la sincronización entre el movimiento del corazón y la actividad eléctrica. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

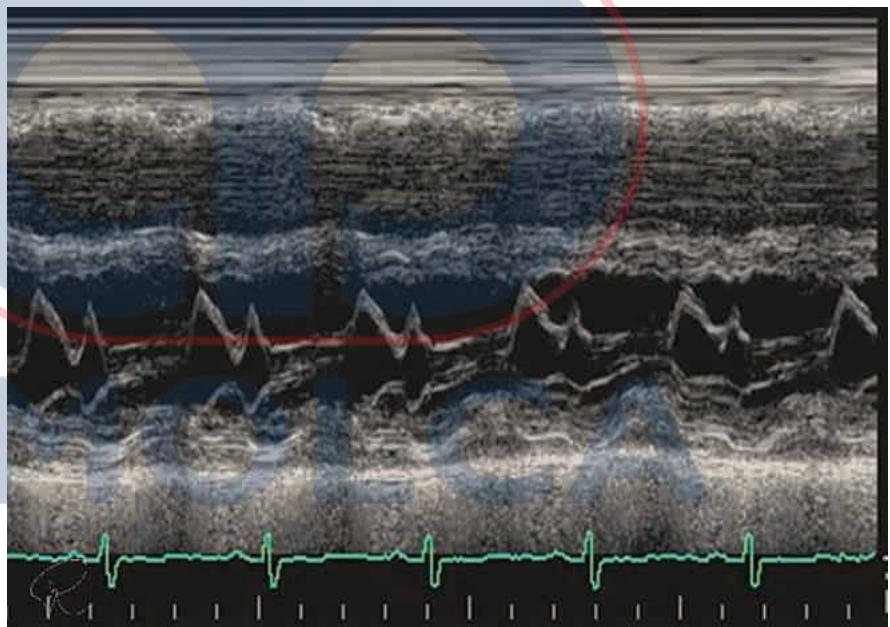
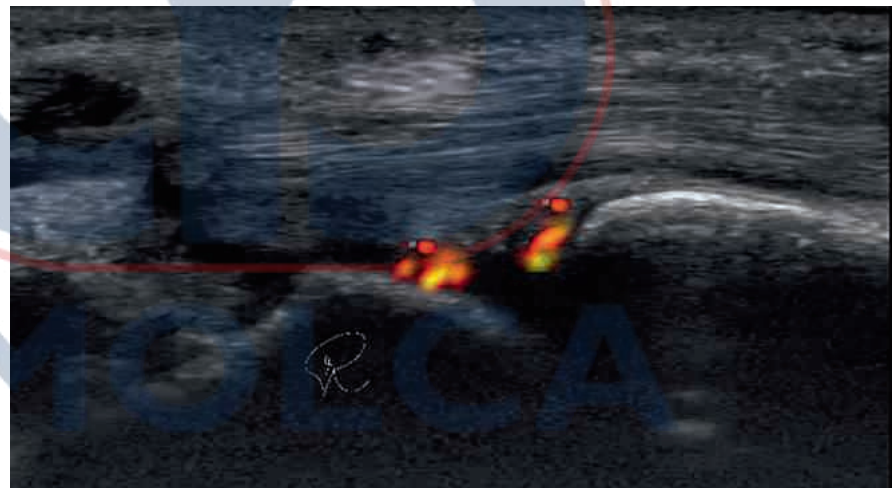


Figura 1.3. Imagen de ultrasonido que muestra una vista transversal de las estructuras internas del cuerpo. La imagen incluye señales Doppler color, con áreas rojas y azules que indican la dirección y la velocidad del flujo sanguíneo. Una escala de colores a la izquierda representa la velocidad del flujo. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



Figura 1.4. Power Doppler. La hiperemia en una articulación CMC afectada por la inflamación en la artritis reumatoide se detecta mediante el Power Doppler. Esta técnica identifica el aumento del flujo sanguíneo, pero no mide la dirección ni la velocidad del flujo. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



1.2. Sondas de ultrasonido

Las sondas lineales, convexas y en forma de palo de *hockey* son transductores de uso común en el campo de la NMSK³ (Figura 1.5).

Sondas lineales. Estos transductores producen ondas cuadradas planas, rectas y de alta frecuencia (7-15 MHz) y se utilizan ampliamente para la ecografía musculoesquelética y vascular, la evaluación de la estructura de los tejidos blandos superficiales y en guía de procedimientos.

Sondas convexas o curvas. Estas sondas de baja frecuencia (1-5 MHz) producen imágenes proyectadas o captadas en forma convexa o de abanico y se utilizan principalmente para el ultrasonido de tejidos profundos y de la columna vertebral.

Sondas en forma de palo de *hockey*. Son sondas lineales de ultrasonido de alta frecuencia (7-15 MHz), con una superficie de contacto de menor tamaño, que se utilizan para partes más pequeñas, como los dedos de los pies y las manos.



Figura 1.5. Sondas de ultrasonido. Se muestran tres tipos diferentes de sondas de ultrasonido: una sonda lineal con una superficie plana, una sonda convexa o Convex con una superficie redondeada y una sonda en forma de palo de *hockey* con una superficie de contacto más pequeña. Cada sonda tiene un mango y un cable que se extiende desde él. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

1.3. Plano anatómico

Hay tres formas diferentes de seccionar o dividir el cuerpo: sagital, transversal (también llamada horizontal) y coronal (también llamada frontal). El plano sagital divide el cuerpo en dos mitades, izquierda y derecha; el plano transversal lo divide en las mitades superior e inferior, y el plano coronal lo divide en las mitades anterior y posterior. Estos tres planos principales son perpendiculares entre sí³ (Figura 1.6).

Plano sagital. Cuando los pacientes se acuestan en posición supina, trazamos una línea imaginaria vertical, separando los lados izquierdo y derecho del cuerpo. Esta línea es perpendicular al suelo.

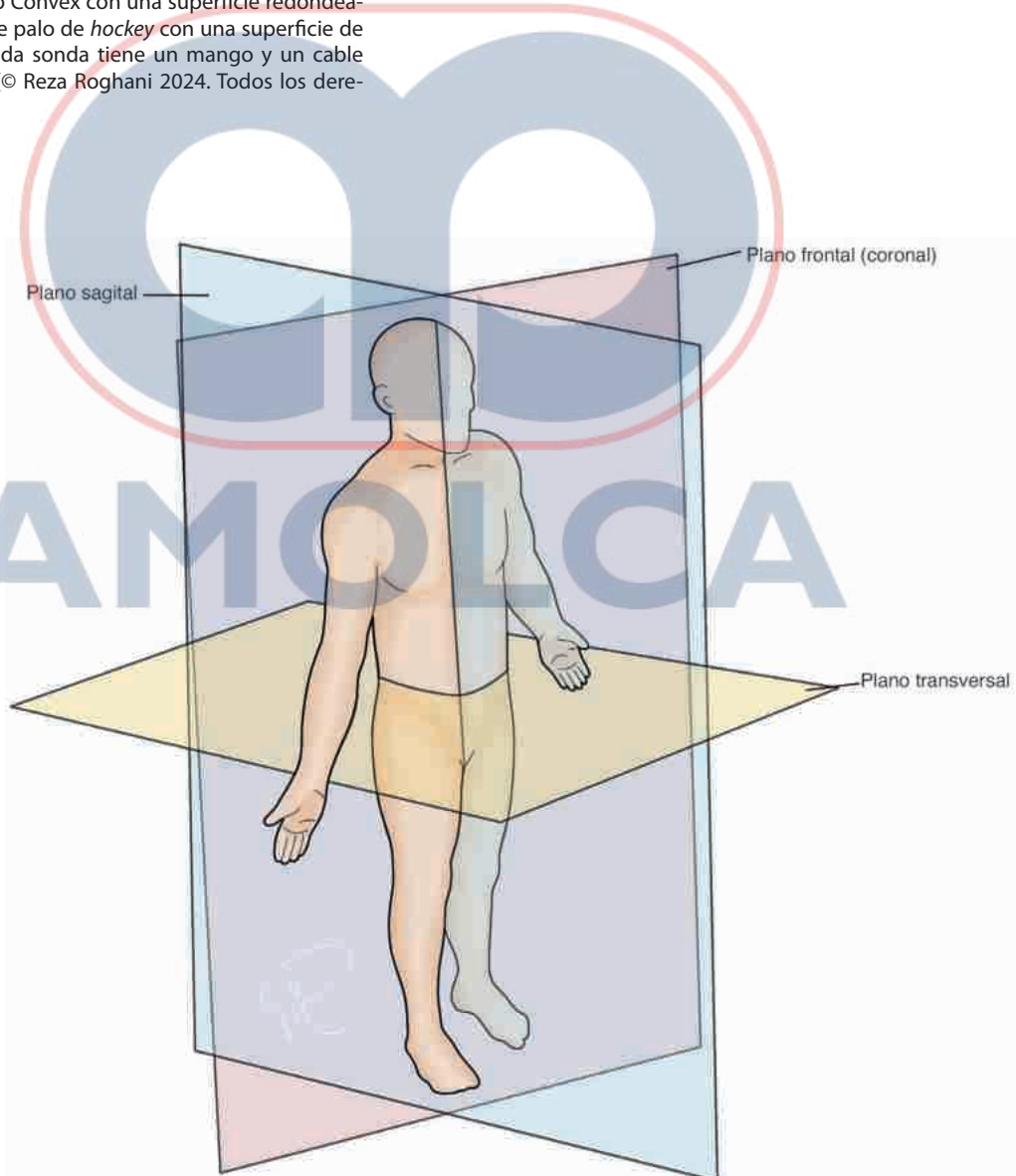


Figura 1.6. Planos anatómicos. Ilustración de una figura humana atravesada por tres planos anatómicos: sagital, frontal (coronal) y transversal. El plano sagital divide el cuerpo en secciones izquierda y derecha, el plano frontal lo divide en secciones delantera y trasera, y el plano transversal lo divide en secciones superior e inferior. Cada plano está etiquetado en consecuencia. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

Plano transversal (plano axial). Discurre paralelo al suelo en el paciente en posición supina y separa la cabeza de los pies o la parte superior de la inferior.

Plano coronal (plano frontal). Cuando un paciente está acostado, una línea horizontal recorre la línea media del cuerpo y divide la parte delantera (anterior) de la parte trasera (posterior).

El plano oblicuo es un tipo de plano anatómico que divide el cuerpo en un ángulo, sin ser paralelo a los planos sagital, coronal ni transversal. Combina elementos de dos o más de estos planos, atravesando el cuerpo en diagonal. El plano oblicuo puede ser útil en contextos quirúrgicos y de diagnóstico por imagen en los que es necesario observar el cuerpo desde ángulos no estándar, lo que permite una visualización más compleja o detallada de las estructuras.

Barrido. Movimiento de la sonda a lo largo de su eje corto para ajustar el campo de la imagen ecográfica y optimizar la visualización (Figura 1.8).

Compresión. El movimiento de la sonda se consigue presionándola mientras se mantiene el contacto y se mantiene perpendicular al área objetivo.

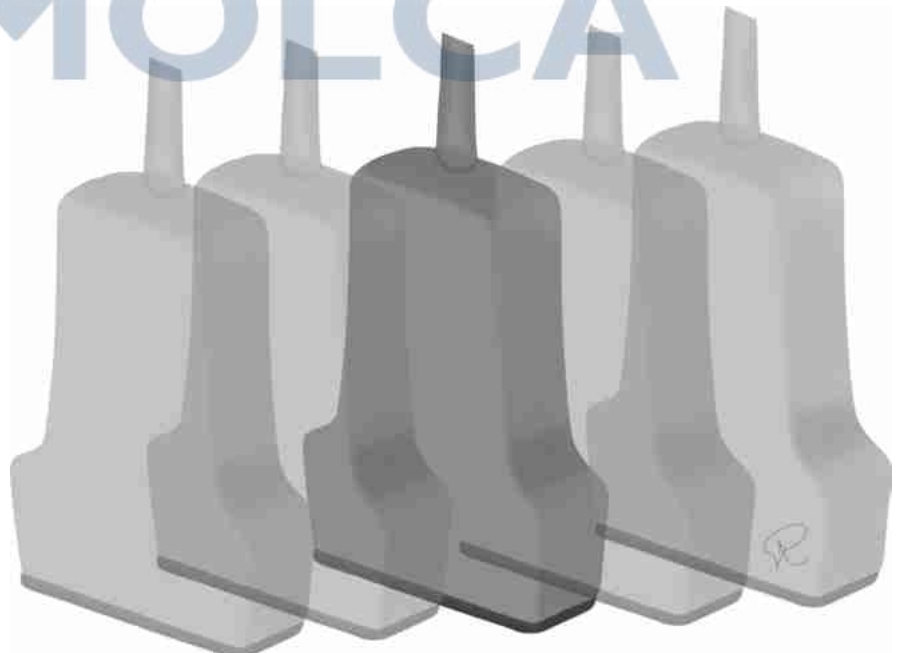
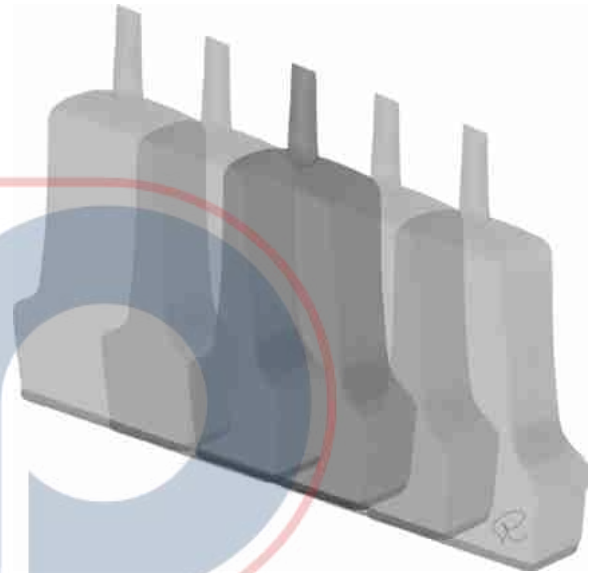
Rotación. Gire la sonda en sentido horario o antihorario, asegurándose de que el centro permanezca fijo

1.4. Manipulación de la sonda

Deslizamiento. Se refiere al proceso de exploración del tejido a lo largo de una sola línea, paralela al eje longitudinal de la sonda. La sonda de ultrasonido se mueve a lo largo del cuerpo, manteniendo la alineación con su orientación, lo que permite obtener imágenes longitudinales del tejido. Esta técnica proporciona una exploración continua, capturando toda la longitud de estructuras como músculos, tendones, ligamentos o nervios (Figura 1.7).

Figura 1.7. Diapositiva de sonda. Secuencia de cinco sondas semitransparentes superpuestas y dispuestas en línea, mostrando el deslizamiento de la sonda. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

Figura 1.8. Barrido de la sonda. Serie de cinco imágenes de la sonda, cada una alineada a lo largo del mismo eje corto, que demuestra el movimiento de barrido de la sonda. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



en el centro de la imagen, mientras que la superficie de la sonda permanece en contacto con la superficie del cuerpo (Figura 1.9).

Balanceo. En esta técnica la sonda de ultrasonido se inclina o balancea suavemente hacia adelante y hacia atrás alrededor de su eje central. Este movimiento se puede utilizar para ajustar el ángulo de insonación o para visualizar mejor las estructuras, especialmente en áreas con contornos irregulares o ángulos difíciles. El

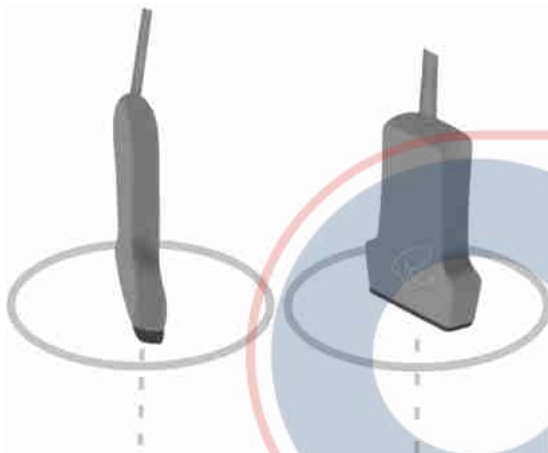


Figura 1.9. Rotación de la sonda. Serie de dos imágenes de la sonda que muestra la rotación en sentido antihorario de la misma, con el centro fijo en el mismo lugar. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

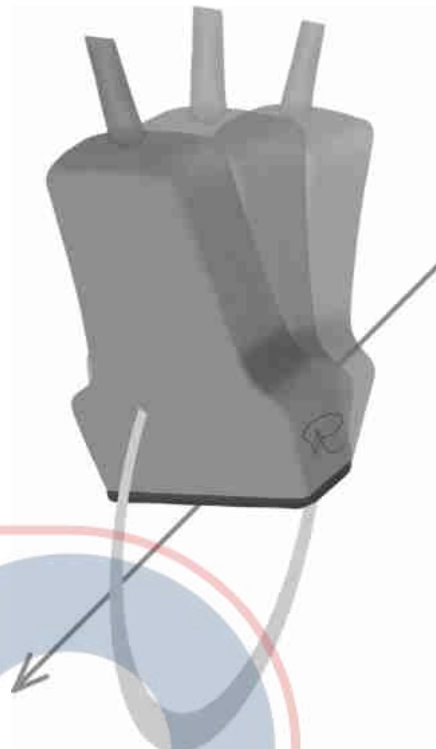


Figura 1.11. Exploración en abanicado. Serie de tres imágenes que muestra la inclinación de la sonda alrededor de su eje longitudinal mientras mantiene su punto de contacto, lo que ilustra eficazmente el proceso de abanico de la sonda. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

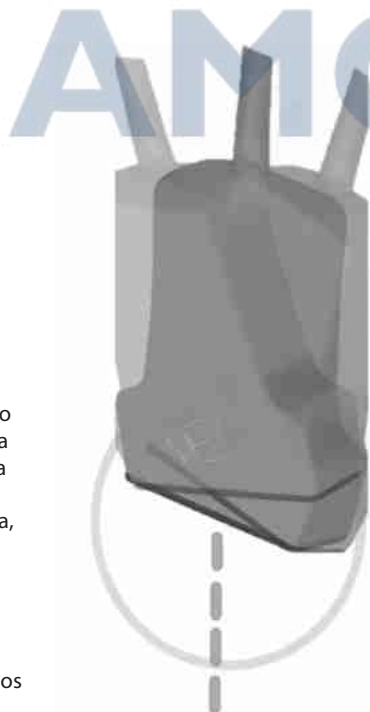


Figura 1.10. Balanceo de la sonda. Secuencia de tres imágenes de la sonda que muestra la técnica de talón-punta, en la que la sonda mantiene el contacto con el cuerpo para ilustrar el balanceo de la sonda. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

balanceo de la sonda puede ayudar a optimizar la calidad de la imagen, garantizar una mejor cobertura del área que se está explorando y capturar una representación más precisa del tejido o la estructura (Figura 1.10).

Abanicado. Ajuste el ángulo de la sonda a lo largo de su eje corto sin cambiar su punto de contacto con la superficie del cuerpo (Figura 1.11).

1.5. Funciones de la máquina de ultrasonido

En esta sección se ofrece una descripción general de las funciones esenciales de un equipo de ultrasonido. Se puede acceder a estas funciones mediante teclas físicas o digitales, y la información proporcionada es general para garantizar su relevancia en la mayoría de los dispositivos. Es fundamental familiarizarse con estas funciones cuando se trabaja con equipos de ultrasonido.⁴

Encendido/apagado. Esta función permite al usuario encender o apagar el dispositivo. Muchos dispositivos también tienen un modo de suspensión.

Seleccionar/cambiar sondas. Elige el paciente, la sonda y el tipo de examen.

Desplazamiento (*rack ball* o bola de desplazamiento). Una función de desplazamiento, como una bola de seguimiento, le permite mover el cursor por una imagen o un menú. La bola de desplazamiento le permitirá recorrer los últimos segundos de la imagen después de que esta se haya congelado.

Congelar (*freeze*). Esta tecla detiene el funcionamiento del ultrasonido y fija la imagen visible en ese momento.

Guardar (*save*). Guarda una imagen o un *videoclip* en el disco duro.

Ganancia. Modifica la potencia total de los ecos de retorno, lo que afecta al brillo de la imagen.

Compensación de ganancia de tiempo. Ajusta la intensidad de los ecos que regresan a diferentes profundidades para crear una imagen de ultrasonido iluminada de manera uniforme.

Cambio de modo. Al pulsar el botón del modo M en la máquina, esta cambiará al modo M. Del mismo modo, al pulsar el botón Doppler, el modo cambiará a Doppler en color, y así sucesivamente. Normalmente, cuando se seleccionan diferentes modos (como el modo B junto con el Doppler o el modo M), la mayoría de las computadoras están configuradas para mostrar una pantalla “doble”.

Profundidad. Para ajustar la profundidad del haz ultrasónico, puede aumentarla o disminuirla según sea necesario.

Enfoque (*foco*). Modificar o añadir zonas focales mejora la calidad de la imagen a profundidades específicas.

1.6. Artefactos

Las imágenes de ultrasonido captadas por las máquinas pueden mostrar elementos que no existen, conocidos como artefactos. Estos artefactos pueden facilitar o dificultar la comprensión visual de la imagen por parte del intérprete. A continuación, se muestran algunos ejemplos de artefactos comunes que se observan con frecuencia.⁵

Sombras. Las estructuras que absorben el sonido pueden reflejarlo total o parcialmente, lo que da lugar a una señal más débil procedente de un reflector fuerte o una estructura absorbente (Figura 1.12).

Sombra en los bordes. Cuando se utilizan imágenes de ultrasonido, los márgenes de las estructuras circulares, como las formaciones quísticas o los grandes vasos, a menudo aparecen poco claros debido a una fina sombra acústica. Esto se debe a que las ondas sonoras se reflejan tangencialmente en la superficie curva o la pared quística, lo que permite que solo unos pocos ecos regresen al transductor (Figura 1.13).

Realce posterior. Fenómeno en la ecografía en el que las estructuras situadas detrás de una zona de contenido líquido, como un quiste o un vaso sanguíneo, aparecen más brillantes (hiperecoicas) debido a la reducción

Figura 1.12. Sombra. Imagen de ultrasonido que muestra la sección transversal de un antebrazo. El texto “corteza del radio” está etiquetado en rosa, lo que indica la ubicación del hueso radio. Dos flechas blancas señalan los reflejos debajo de la corteza ósea, donde las ondas sonoras no pueden penetrar, lo que demuestra el artefacto de sombra. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

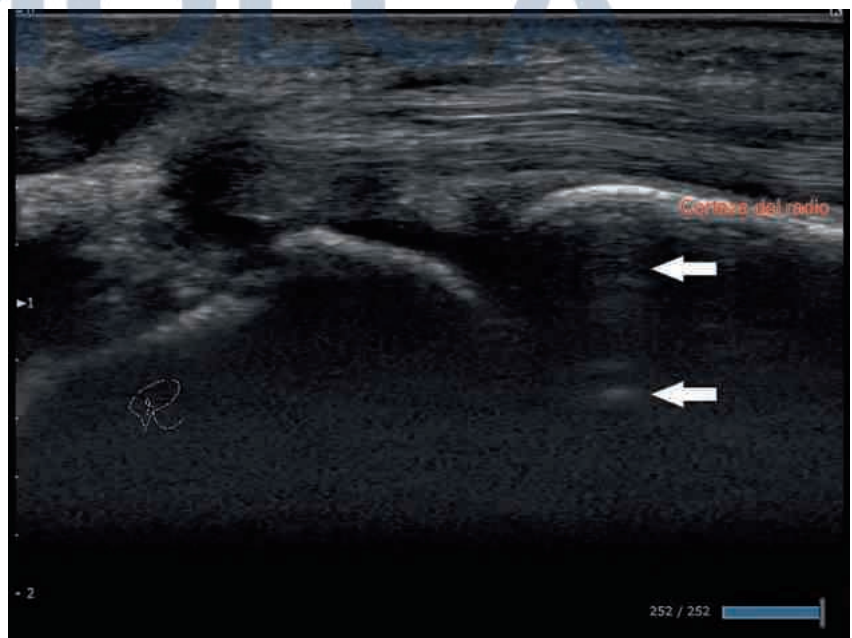


Figura 1.13. Sombra de borde. Imagen ecográfica que muestra una vista transversal del tejido del túnel carpiano, con tres flechas blancas que resaltan una fina sombra acústica debajo del borde de la arteria cubital. Esto ilustra el artefacto de sombra de borde. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

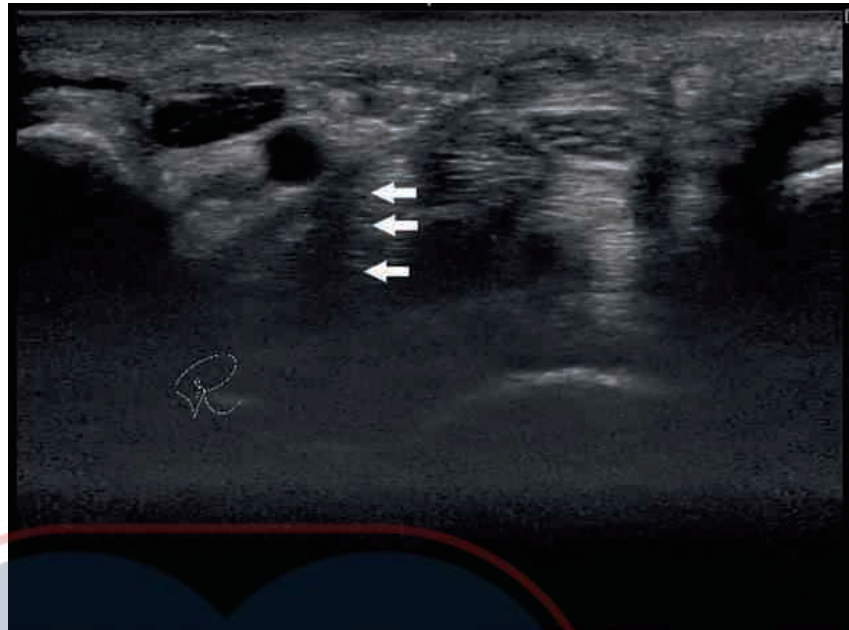


Figura 1.14. Realce posterior. Imagen ecográfica que muestra una vista transversal del antebrazo distal con un área circular oscura etiquetada como "UA" en el lado derecho, que indica la arteria cubital. Dos flechas blancas señalan líneas hiperecoicas debajo de la arteria cubital. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



de la atenuación de las ondas ultrasónicas. Dado que el líquido permite que las ondas sonoras lo atraviesen con una resistencia mínima, llega más energía a los tejidos más profundos, lo que provoca un aumento de la ecogenicidad en la región posterior. Este artefacto se observa comúnmente en quistes simples y otras estructuras anecoicas, lo que ayuda a su identificación y diferenciación de las masas sólidas (Figura 1.14).

Reverberación. Cuando las ondas sonoras chocan con capas altamente reflectantes antes de regresar al transductor, rebotan entre las dos capas, provocando

ecos y reverberaciones. Un ejemplo es la reverberación que se produce cuando se inserta una aguja en el tejido para realizar una inyección (Figura 1.15).

Cola de cometa. Es como un eco en la parte delantera y trasera de un reflector potente, como una bala.

Efecto espejo. Artefacto común en la ecografía en el que aparece una imagen duplicada e invertida de una estructura en el lado opuesto de un reflector potente, como la corteza ósea. Esto ocurre cuando las ondas sonoras rebotan en una superficie altamente reflectante antes de regresar al transductor, creando la ilusión de

Figura 1.15. Reverberación. Imagen ecográfica que muestra una vista transversal de la muñeca; cinco flechas blancas señalan una estructura en forma de escalera que aparece más brillante en el ultrasonido, con áreas más oscuras entre ellas situadas debajo de la corteza ósea. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

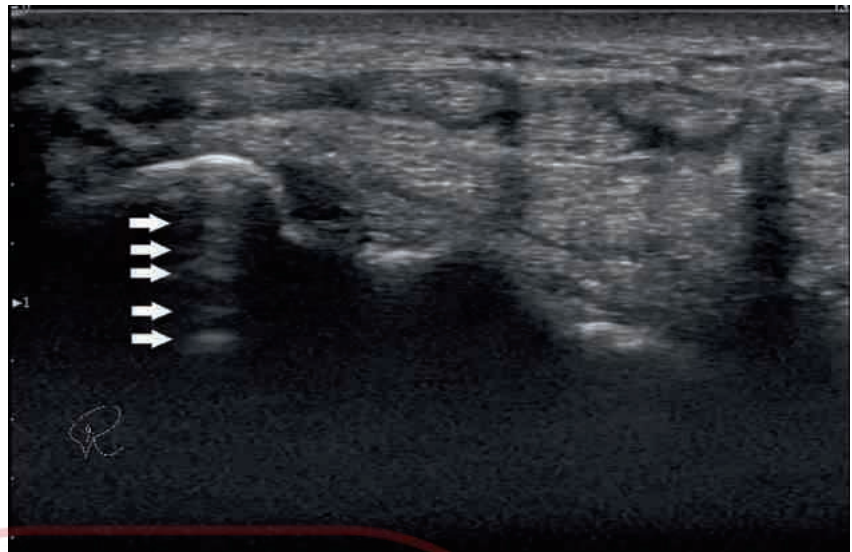
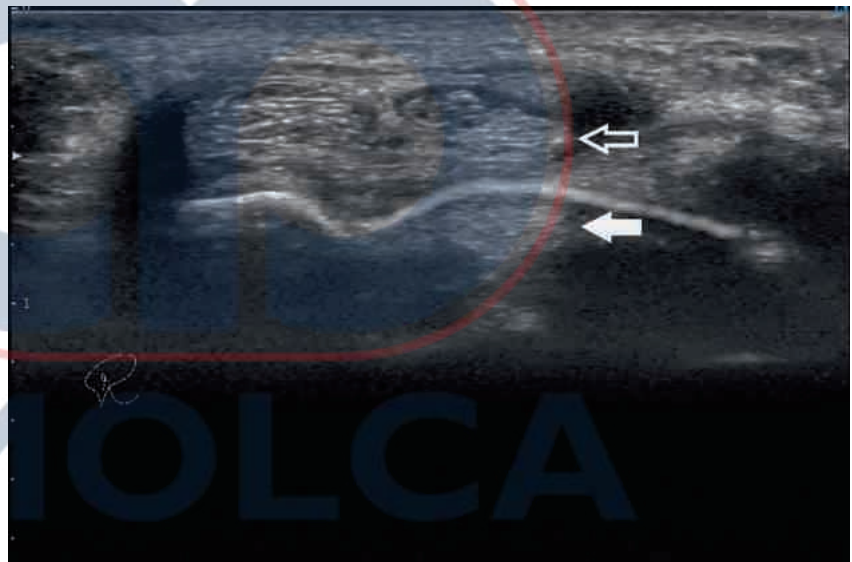


Figura 1.16. Efecto espejo. Imagen ecográfica que muestra una vista transversal de la muñeca, con dos flechas blancas: una hueca indica el tendón flexor profundo de los dedos y otra sólida señala su imagen especular debajo de la corteza del hueso radio. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



una estructura adicional más allá del límite anatómico real (Figura 1.16).

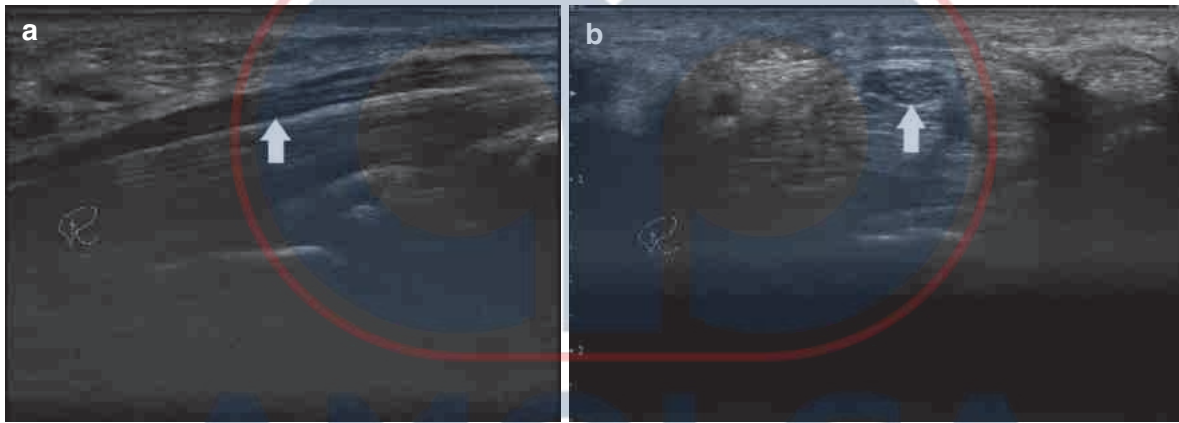
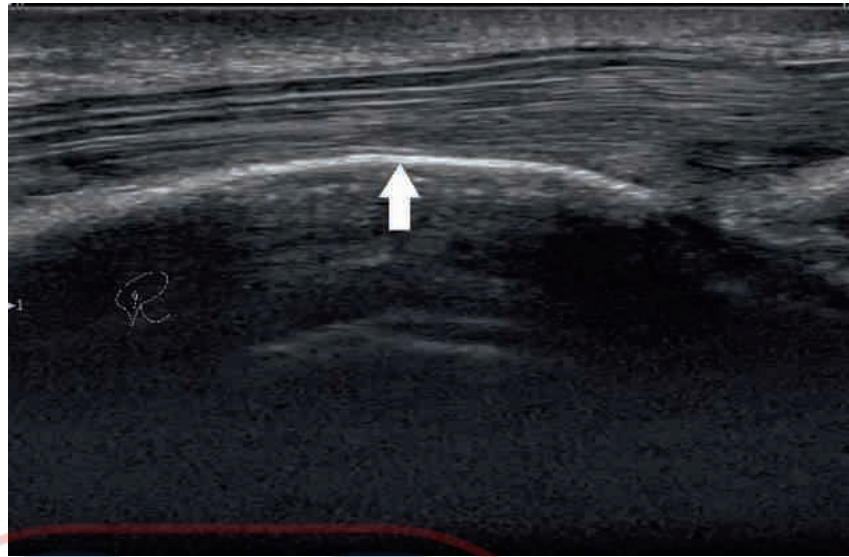
Anisotropía. Artefacto común en la ecografía musculoesquelética en el que la ecogenicidad de una estructura, como un tendón o un ligamento, cambia en función del ángulo del haz de ultrasonidos. Cuando el transductor es perpendicular a la estructura, esta aparece brillante (hiperecoica). Sin embargo, a medida que el ángulo se desvía, la estructura se vuelve más oscura (hipoecoica), lo que puede simular una patología. Este artefacto es especialmente notable en tendones, ligamentos y nervios, por lo que es necesario colocar la sonda con cuidado para garantizar una interpretación precisa.

1.7. Ecogenicidad

La ecogenicidad es un término utilizado para describir la capacidad de un tejido para reflejar o transmitir ondas ultrasónicas a otros tejidos. En función de su ecogenicidad, una estructura puede clasificarse como hiperecoica (aparece en blanco en la pantalla debido a una mayor reflexión), hipoecoica (aparece en gris en la pantalla debido a una mayor transmisión) o anecoica (aparece en negro en la pantalla).⁶ Las diferentes estructuras musculoesqueléticas presentan ecogenicidades variables en la ecografía debido a su composición y capacidad para reflejar las ondas sonoras.

Figura 1.17. Ecogenicidad ósea.

Imagen ecográfica que muestra una vista longitudinal del radio distal en el antebrazo. Una flecha blanca destaca la corteza ósea, que aparece como una línea brillante e hiperecoica con sombra acústica posterior. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

**Figura 1.18.** Ecogenicidad del nervio. Dos imágenes ecográficas, etiquetadas como (a) y (b), muestran las vistas del eje largo y del eje corto del túnel carpiano, con flechas blancas que resaltan el nervio mediano. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

Hueso. Aparece como una línea cortical brillante (hiperecoica) con sombreado completo debajo debido a su alta impedancia acústica (Figura 1.17).

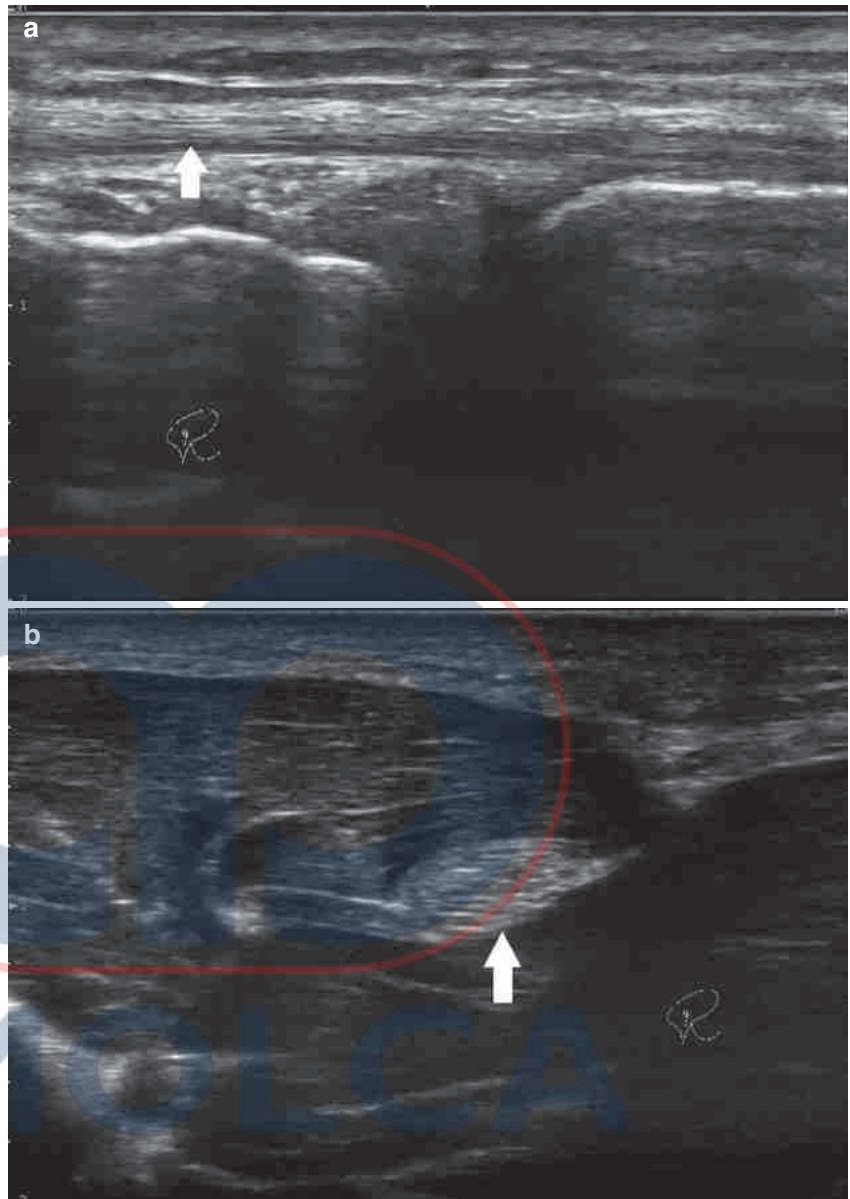
Cabe señalar que el ultrasonido solo puede evaluar las superficies externas de los huesos en fracturas menores que presentan una rotura clara en la línea hiperecoica. No obstante, investigaciones recientes han demostrado que el ultrasonido es fiable para detectar erosiones óseas articulares. En algunos casos, se ha descubierto que el ultrasonido identifica más erosiones que la radiografía.

Nervios. Cuando se escanean axialmente, los nervios pueden aparecer como manchas lineales dispuestas en patrones paralelos en las imágenes de ultrasonido. Estas manchas se conocen como fascículos neuronales, que se distinguen del tejido circundante debido a su naturaleza hipoeicoica. Aparecen más oscuras en comparación con

el tejido circundante. Están separadas por bandas hiperecoicas (más brillantes) que corresponden a las capas de tejido conectivo. Cuando se observan en sección transversal, los nervios tienen un aspecto de panal de abeja que consiste en regiones hipoeicoicas esféricas rodeadas por un fondo hiperecoico (Figura 1.18).

Tendones. En las imágenes ecográficas, los tendones presentan un patrón fibrilar característico. En el plano longitudinal, aparecen como líneas hiperecoicas paralelas (fibras de colágeno) dentro de un fondo ecogénico intermedio (matriz proteoglicana). En el plano transversal, los tendones son puntos brillantes y punteados dentro de una estructura hiperecoica, circular u ovoide. Debido a su naturaleza anisotrópica, la ecogenicidad de los tendones varía con el ángulo del haz de ultrasonido. Para una visualización óptima, es necesario que el haz

Figura 1.19. Ecogenicidad del tendón. Dos imágenes de ultrasonido, etiquetadas como (a) y (b), muestran la eminencia tenar de la mano. (a) Una flecha destaca el tendón flexor largo del pulgar en el eje largo. (b) El mismo tendón se muestra en el eje corto. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).



sea perpendicular a las fibras del tendón, a diferencia de los nervios, que mantienen su ecogenicidad de forma más consistente en diferentes ángulos (Figura 1.19).

Fibras musculares. Cuando se observan longitudinalmente, los músculos aparecen menos reflectantes en la ecografía (hipoecoicos) y muestran bandas ecogénicas lineales del perimio. En las imágenes transversales, estas bandas aparecen como puntos ecogénicos que se asemejan a una noche estrellada (Figura 1.20). Debido a la orientación variable de las fibras musculares, son susceptibles a errores de anisotropía, al igual que los tendones.

Vasos y quistes líquidos. En las imágenes de ultrasonido, los vasos suelen aparecer como estructuras

anecoicas (oscuras) con bordes bien definidos, arterias que muestran un flujo pulsátil y venas que muestran compresibilidad bajo presión. El ultrasonido Doppler se utiliza a menudo para visualizar el flujo sanguíneo, revelando patrones de color que diferencian el flujo arterial y el venoso (Figura 1.21). Los quistes líquidos, como los quistes sinoviales o ganglionares, también son anecoicos y suelen aparecer redondos u ovalados con bordes lisos, mostrando a menudo un realce acústico posterior debido a la baja atenuación de las ondas sonoras que atraviesan el líquido. Estos quistes suelen carecer de ecos internos, a menos que se compliquen por una hemorragia o una infección.

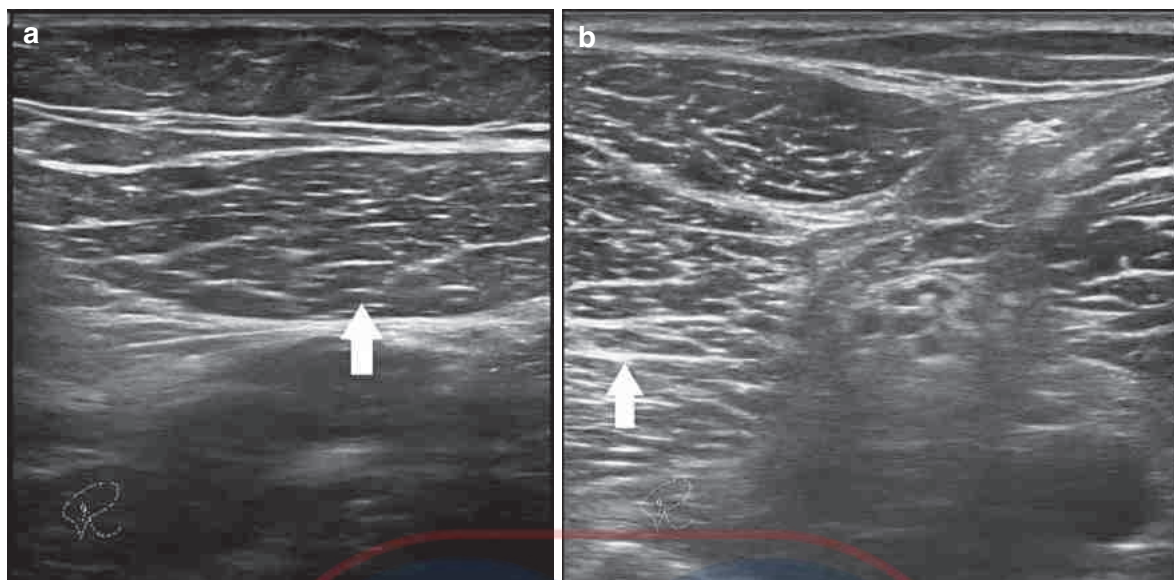


Figura 1.20. Ecogenicidad muscular. Dos imágenes de ultrasonido, etiquetadas como (a) y (b), muestran diferentes vistas del tejido muscular. (a) Las flechas resaltan las fibras musculares hipoeoicas en el eje largo. (b) El perimysio que rodea las fibras musculares aparece de forma prominente en un patrón de “noche estrellada” en el eje corto. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

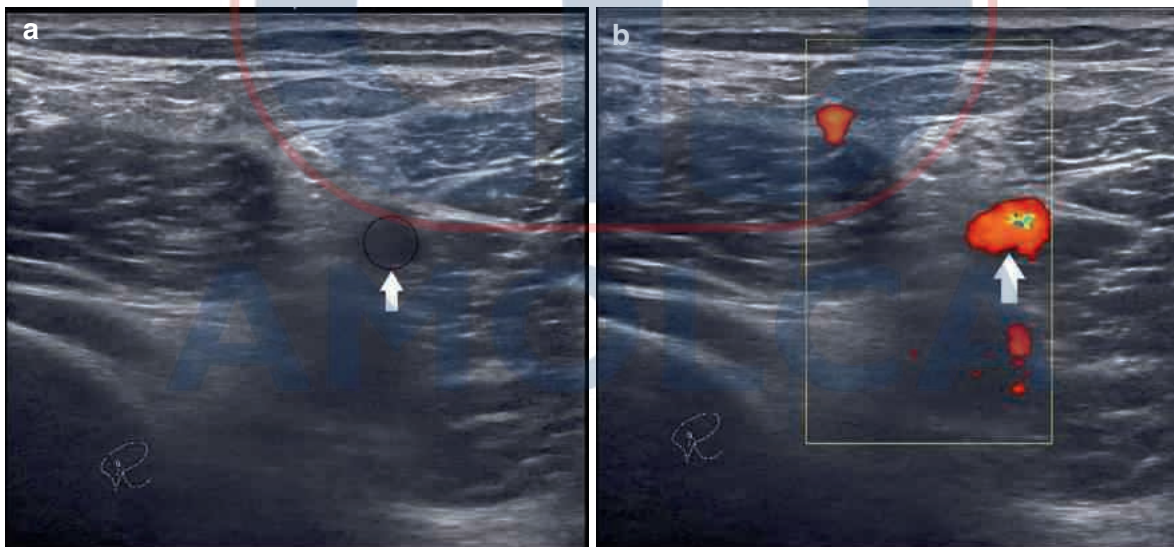


Figura 1.21. Ecogenicidad de los vasos. Dos imágenes ecográficas, etiquetadas como (a) y (b), muestran la región poplítea. La imagen (a) es una imagen en modo B que muestra un área encerrada en un círculo con una flecha blanca que señala la arteria poplítea. La imagen (b) utiliza imágenes Doppler en color para resaltar el flujo sanguíneo en rojo y amarillo dentro de la misma área encerrada en un círculo, nuevamente marcada con una flecha blanca. (© Reza Roghani 2024. Todos los derechos reservados).

Referencias

1. Edelman SK. Understanding ultrasound physics. 4th ed. E.S.P. Ultrasound; 2012.
2. Grogan SP, Mount CA. Ultrasound physics and instrumentation. In: StatPearls. StatPearls Publishing; 2024.
3. Jacobson JA. Fundamentals of musculoskeletal ultrasound. 3rd ed. Elsevier; 2017.
4. Rumack CM, Levine D, editors. Diagnostic ultrasound. 6th ed. 2-volume set. Elsevier; 2024.
5. Baston CM, Moore C, Krebs EA, Dean AJ, Panebianco N. Physics and knobology. In: Pocket guide to POCUS: point-of-care tips for point-of-care ultrasound. McGraw-Hill Education; 2018.
6. Hendee WR, Ritenour ER. Diagnostic ultrasound imaging: Inside out. 2nd ed. Elsevier; 2012.