Principios físicos de la ecografía

CAPÍTULO 1

I. Iriarte Posse

BASES FÍSICAS

El sonido es un tipo de onda mecánica longitudinal que precisa un medio de soporte para poder propagarse (no se propaga en el vacío). Las ondas poseen unas propiedades que las definen. Entre las más importantes se encuentran la amplitud, la longitud de onda y la frecuencia (**Fig. 1-1**).

La **amplitud** es la altura de la onda, y se mide en decibelios (dB).

La **longitud de onda** es la distancia en la que tiene lugar un ciclo completo. Ondas sónicas de longitudes de onda más cortas producen imágenes de mayor resolución.

La **frecuencia** es el número de oscilaciones de la onda por segundo. Se mide en hercios (Hz).

No todas las ondas sonoras pueden ser percibidas por el oído humano; sólo aquellas cuya frecuencia se encuentra entre 20 y 20.000 Hz (o 20 KHz) son capaces de estimular nuestros receptores acústicos.

El ultrasonido es una onda acústica con una frecuencia mayor de 20 KHz y, por lo tanto, imperceptible para el ser humano.

Para poder emitir ultrasonidos de manera controlada, son necesarios ciertos cristales que poseen el llamado **efecto piezoeléctrico**. Éste consiste en que, al aplicar una compresión a estos materiales, generan una diferencia de potencial eléctrico en su superficie. De manera inversa, al aplicarles una diferencia de potencial (corriente alterna), los cristales vibran y provocan una onda ultrasónica, que se puede dirigir y propagar a través de un medio.

El fundamento de la ecografía es la transformación en imágenes de las variaciones que sufre el haz ultrasónico al ir atravesando medios de diferente impedancia acústica (la impedancia acústica de un tejido es la resistencia que éste ofrece al paso de un sonido). Cuando la energía ultrasónica atraviesa los tejidos del cuerpo, parte de su energía inicial se va perdiendo a medida que progresa. Sonidos de frecuencias más elevadas sufren una mayor atenuación y, por lo tanto, penetran menos. Esta atenuación se debe, fundamentalmente, a los siguientes fenómenos: absorción, reflexión refracción y dispersión (**Fig. 1-2**).

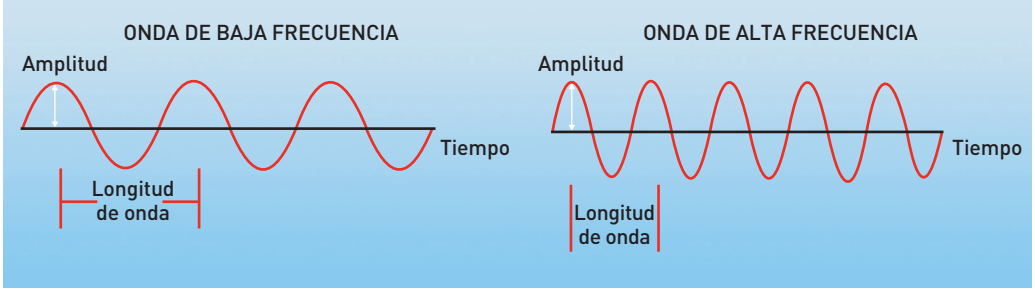


Figura 1-1. Propiedades fundamentales de las ondas. Ejemplos de ondas de baja y alta frecuencia.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

☑ La atenuación del ultrasonido a su paso por los tejidos es la causa principal del deterioro de la imagen en profundidad. Los fabricantes de ecógrafos han implementado diversas mejoras técnicas, pero, en la actualidad, sigue siendo muy difícil la valoración detallada de estas zonas.

Absorción: es uno de los principales mecanismos que provocan la atenuación de la onda sónica. Una parte de la energía de las ondas ultrasónicas se transforma en calor, debido a la fricción de las moléculas del tejido atravesado (**Fig. 1-2**). La absorción es directamente proporcional a la frecuencia utilizada y al tipo específico de tejido atravesado, siendo mínima en el agua (0,002 Db/cm) y elevada en el hueso (20 Db/cm).

Reflexión: Cuando una onda acústica pasa de un medio a otro contiguo de diferente impedancia acústica, se producen habitualmente dos nuevas ondas. Una rebota retornando hacia la fuente productora, produciendo un eco (**Fig. 1-2**): esto se conoce como reflexión. Cuanto mayor sea la diferencia de impedancias, mayor será el eco.

Refracción: La otra onda resultante atraviesa el siguiente medio y experimenta un cambio en su velocidad de propagación. Este cambio de velocidad da lugar a una variación en la dirección de la onda (**Fig. 1-2**), experimentando, por lo tanto, una desviación de un cierto ángulo respecto al de incidencia. Este fenómeno es conocido como refracción.

Dispersión: fenómeno que ocurre cuando el sonido, ante determinados obstáculos o aperturas, en lugar de seguir la propagación en la dirección normal, se dispersa.

■■ TERMINOLOGÍA

Velocidad de propagación: es lo rápido que se desplaza el sonido en un determinado medio, y es dependiente del medio en cuestión. Aunque varía de un tejido a otro, se considera que la velocidad media de propagación del sonido por el cuerpo humano es de 1.540 m/s.

Ganancia: es el grado en que las ondas de ultrasonido captadas por el receptor de la sonda son amplificadas antes de aparecer en la pantalla, y sirve de método habitual para aumentar el brillo de la imagen con escaso deterioro.

Resolución: la resolución espacial de un sistema cualquiera se define por la capacidad que poseen dos puntos próximos en el espacio para ser distinguidos de manera independiente. Se mide en unidades de distancia: cuanta mayor resolución exista, más pequeña será la distancia entre puntos que podemos distinguir. Existen tres tipos de resolución que vamos a contemplar: axial, lateral y temporal.

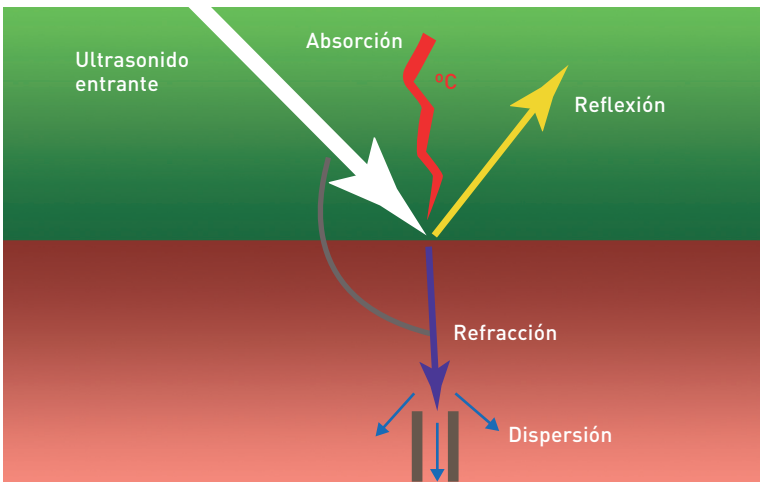


Figura 1-2. Fenómenos causantes de la atenuación del haz ultrasónico a su paso por el cuerpo.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

a) **Resolución axial:** también llamada longitudinal, es la resolución apreciable en la misma dirección del haz ultrasónico. Disminuir la longitud de onda o aumentar la frecuencia del pulso aumentan la resolución axial.
b) **Resolución lateral:** es la capacidad para distinguir dos puntos próximos en una dirección perpendicular al haz ultrasónico. Se ve afectada por la anchura del haz y la profundidad de la imagen, y es mejor en distancias cortas al transductor y en sondas estrechas.
c) **Resolución temporal:** capacidad de detectar el movimiento de un punto a lo largo del tiempo. En lo que respecta al ultrasonido, en Medicina es equivalente a la tasa de refresco. Las habituales van de 30 a 100 Hz. La resolución temporal en los ecógrafos habitualmente mejora al desactivar focos múltiples o disminuyendo la profundidad.

LA ECOGRAFÍA: PASADO Y PRESENTE

La ecografía es una técnica de imagen en constante evolución desde sus inicios. Para una mejor comprensión de su presente, es importante conocer los principales descubrimientos físicos, de ingeniería y médicos que han permitido desarrollarla tal y como hoy la conocemos.

El descubrimiento de los ultrasonidos se puede atribuir a Lazzaro Spallanzani, un biólogo italiano, cuando demostró en 1794 que la habilidad de los murciélagos para volar en la oscuridad era debida a la reflexión, mediante eco, de un sonido inaudible de alta frecuencia que producían.

La primera medición de la velocidad del sonido fue conseguida a través del agua en 1826 por Jean-Daniel Colladon, con un cinturón sumergible. Pero el verdadero impulso en la evolución de las técnicas ecosonoras de alta frecuencia tuvo lugar en París en 1880 con el descubrimiento, por parte de Pierre Curie y su hermano Jacques, del efecto piezoeléctrico que poseían algunos cristales. Ellos detectaron la generación de un potencial eléctrico cuando se producía una compresión mecánica en un cristal de cuarzo.

Gabriel Lippmann descubrió en 1881 la reciprocidad de este efecto, consiguiendo un estrés mecánico como respuesta a la aplicación de una diferencia de voltaje. En ese momento, nació la posibilidad de generar y detectar ultrasonidos.

De esta manera, se desarrolló la fabricación de aparatos sónar, con el propósito de guiar a los submarinos en la Primera Guerra Mundial, especialmente tras el impacto que supuso el hundimiento del Titanic en 1912. El primer sónar fue construido en 1914, en Estados Unidos, por el Canadiense Reginald Fessenden, y era capaz de detectar un iceberg submarino situado a dos millas de distancia.

Sergei Y. Sokolov demostró, en 1928, una técnica de transmisión de ultrasonidos a través de los materiales para detectar desperfectos en metales. Sin embargo, debido a que aún no existían los medios técnicos para utilizar altas frecuencias, la resolución que obtenía con sus sistemas era muy pobre y sus aparatos no tenían una utilidad práctica.

El primer sistema de radar con uso práctico fue inventado en 1935 por Robert Watson-Watt, físico británico. Con la Segunda Guerra Mundial hubo un gran impulso al desarrollo de los sistemas de radar, precursores directos de los sónares bidimensionales y de los sistemas ultrasónicos médicos que aparecieron a finales de 1940.

Se considera que el primer médico que usó los ultrasonidos en el diagnóstico médico fue Karl Theodore Dussik, quien publicó sus primeros experimentos en 1941. Llamó a su técnica Hiperfonografía (**Fig. 1-3 A**). Usaba dos transductores colocados a ambos lados de la cabeza y producía lo que él llamaba ventriculogramas, o imágenes ecográficas de los ventrículos del cerebro (**Fig. 1-3 B**). Sin embargo, más tarde se consideró que dichas imágenes obtenidas se correspondían con artefactos.

En 1951, Douglass Howry y Joseph Holmes construyeron el sistema de ultrasonidos por inmersión en tanque, el primer escáner de ultrasonidos bidimensional en modo B, que demostró la posibilidad de obtener imágenes

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

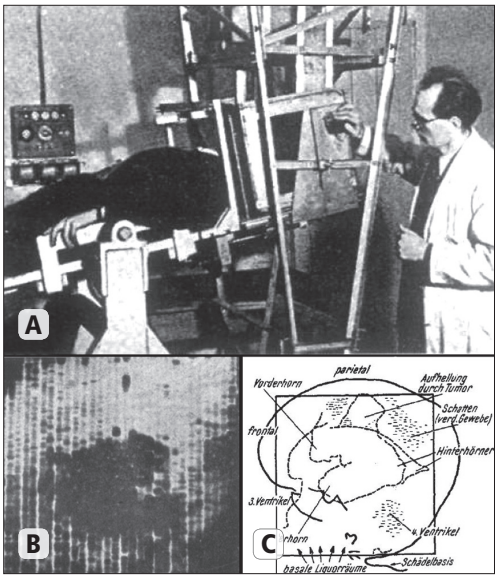


Figura 1-3. **A)** Dussik y su aparato. **B)** Imagen original del ventriculograma obtenido. **C)** Dibujo de la interpretación de los resultados.

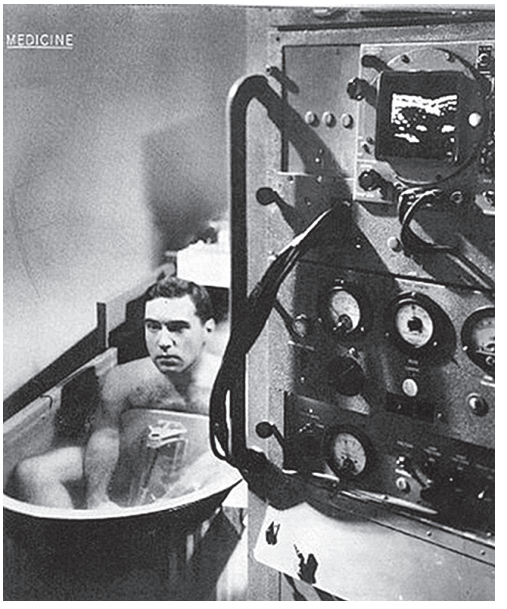


Figura 1-4. Escáner bidimensional en modo B, de Howry y Holmes, de 1951.

en dos dimensiones de las estructuras orgánicas con ultrasonidos. Éste fue el precursor directo de los sistemas de ultrasonidos de los que disponemos en la actualidad. Sin embargo, requería que el paciente estuviera total o parcialmente inmerso en agua, y conseguir un sistema más móvil era una necesidad práctica (**Fig. 1-4**).

El primer artículo de ecografía musculoesquelética fue publicado en el *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* en 1958 por Karl T. Dussik: *«Measurements of articular tissues with ultrasound»*.

Holmes, junto con William Wright y Ralph Meyerdirk, fabricó un escáner de contacto con un brazo que se ponía sobre el paciente, con un transductor que se movía a través de unos raíles suspendidos (**Fig. 1-5**). Posteriormente, se consiguió mover el transductor con unos brazos articulados y salió al mercado por primera vez en 1963.

En 1972, McDonald y Leopold publicaron el primer examen en modo B de una articulación humana.

Gompels y Darlington, en 1981, fueron los primeros en publicar una aspiración articular bajo control ecográfico.

En la década de los noventa, surgieron nuevos desarrollos que llevaron a una mejora real de la calidad de imagen y resolución, entre los cuales cabe destacar, en primer lugar, la digitalización completa de todo el proceso: desde la generación de impulsos hasta la represen-

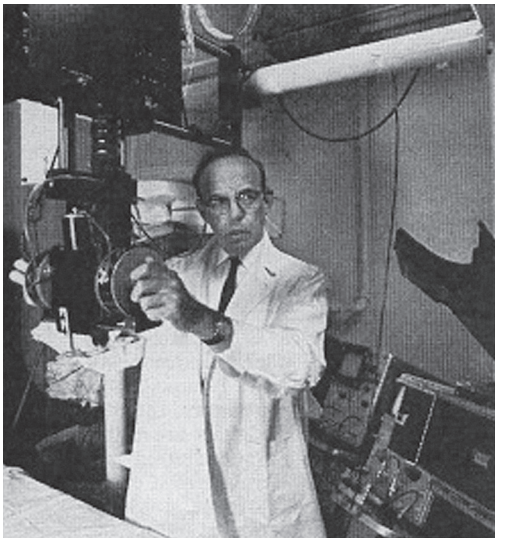


Figura 1-5. Holmes con su modelo de brazo móvil.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.



Figura 1-6. Componentes básicos de un aparato de ecografía.

tación de la imagen en el monitor. Esto no fue técnicamente posible hasta el desarrollo de las computadoras, ya en la segunda mitad de los noventa. El tipo de procesador que se incluía en las máquinas más avanzadas de entonces equivalía en velocidad a un *Pentium 40*. A esto hay que sumar el uso de los nuevos transductores de banda ancha y de apertura amplia, que mejoraban la definición de las estructuras de los tejidos y el rango dinámico.

■■ EQUIPOS Y TRANSDUCTORES

Un ecógrafo se compone de las siguientes partes fundamentales: transductor, CPU, monitor, unidad de almacenamiento, teclado y controles (**Fig. 1-6**).

El **transductor** es la pieza clave del equipo. Se coloca en contacto con la piel del paciente para evaluar las distintas estructuras. Está compuesto por una carcasa hermética que contiene cristales piezoeléctricos (**Fig. 1-7**), capaces de vibrar y generar ondas de sonido cuando son excitados por una corriente eléctrica y de realizar el mecanismo inverso, recibiendo el eco y convirtiéndolo en una señal eléctrica que luego será transformada en una imagen.

En los últimos años, se utilizan transductores formados por polímeros cerámicos que permiten utilizar pulsos de ultrasonidos muy cortos, con una banda más ancha, consiguiendo de esta manera aumentar la resolución de las imágenes sin variar la frecuencia de emisión. Aparte de estas mejoras, los

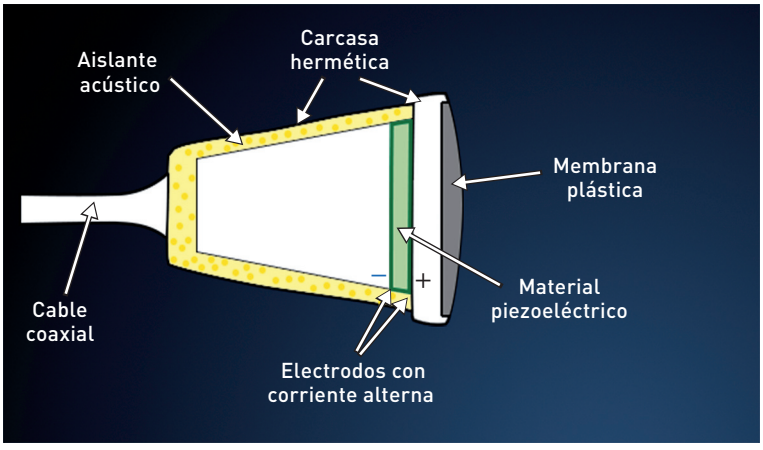


Figura 1-7. Partes principales en un transductor ecográfico.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

transductores de banda ancha permiten trabajar a diferentes frecuencias (7-12 MHz) en vez de en una única, de tal manera que podemos explorar estructuras superficiales y profundas sin necesidad de cambiar la sonda, mejorando así en comodidad y rapidez, sin la necesidad de comprar varias sondas. En la actualidad, los transductores pueden manejar frecuencias muy altas (18 MHz), ideales para el estudio de estructuras superficiales, como poleas flexoras en mano, algunos nervios subcutáneos, etc. Existen además sondas más pequeñas o tipo *stick* (**Fig. 1-8**), ideales para el estudio de estructuras con muchos rebordes óseos (tobillo) o de pequeñas articulaciones (dedos).

La **CPU** es la que procesa y convierte en imágenes las señales recibidas desde el transductor.

A través de los **controles** de la consola, podemos modular las características, tanto del ultrasonido (frecuencia, selección de sonda, profundidad) como de la imagen (rango dinámico, ganancia, etc.), movernos entre los menús del aparato, cambiar de sonda, medir distancias, etcétera.

Teclado: nos permite introducir datos, tanto de los pacientes como de información superpuesta en las imágenes cuando sea de interés.

Unidades de almacenamiento: los avances experimentados en los últimos quince años han permitido almacenar cantidades masivas de datos en un espacio reducido a un costo muy razonable. A pesar de que las grabaciones de vídeo y de imágenes en alta resolución consumen más recursos, las unidades de memoria y la capacidad de procesamiento de las máquinas actuales han ido por delante, manejando estos sin dificultad.

☑ El desarrollo de los procesadores y el incremento constante en las capacidades de almacenamiento que han tenido lugar en los últimos quince años, han permitido gestionar y guardar imágenes de alta resolución, necesarias para la ecografía musculoesquelética. Sin la revolución informática, esto no habría sido posible.



Figura 1-8. Sonda *stick*.

AVANCES TECNOLÓGICOS

Imágenes armónicas de tejidos

Los armónicos en los tejidos se generan en la ecografía pulsada durante la fase de transmisión del pulso, es decir, cuando el ultrasonido se propaga a través de los tejidos. Las imágenes se forman utilizando las señales armónicas que se generan en los tejidos y filtrando las señales de eco producidas por la energía acústica transmitida. Esto se puede conseguir de dos formas: una, usando filtros para imagen principal y armónica; y la segunda, usando dos pulsos simultáneos con 180° de diferencia de fase. La introducción de los armónicos permite una mayor penetración sin pérdida de detalle, obteniendo una imagen más clara en profundidad sin la afectación significativa de la calidad que lleva aparejado el uso de frecuencias bajas.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

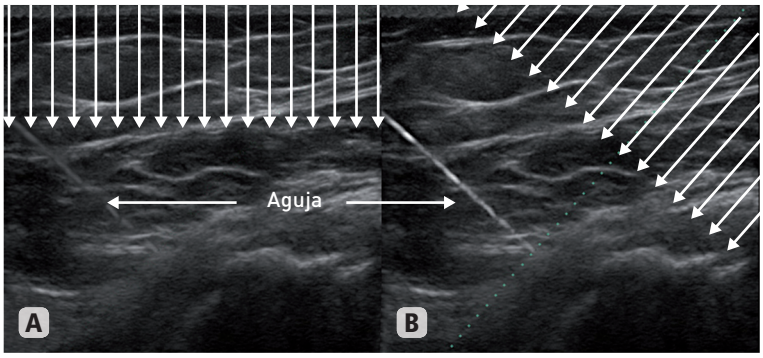


Figura 1-9. **A)** Ecografía convencional. **B)** Angulación del haz para incidir de forma perpendicular a la aguja, mejorando su visibilidad en procedimientos intervencionistas.

Ecografía direccional

Se ha conseguido direccionar el haz ultrasónico de manera oblicua, y es de utilidad en la valoración de estructuras que por su disposición espacial respecto al haz normal producen anisotropía, como algunas inserciones tendinosas. También es útil en la visualización de la aguja en las punciones ecoguiadas, poco visible cuando el ángulo de punción no es perpendicular al transductor (**Fig. 1-9**).

Ecografía compuesta

En la ecografía convencional, los tejidos están expuestos al ultrasonido incidiendo en una única dirección. De esta manera, todos los haces ultrasónicos son paralelos, con la consiguiente aparición de artefactos (**Fig. 1-10**), debidos, por una parte, a la sombra acústica producida por detrás de las estructuras con una alta atenuación y, por otra, a los refuerzos acústicos que se ocasionan por detrás de las estructuras con baja atenuación. Las sombras fuertes pueden dificultar la visión de algunas zonas. Con el fin de evitarlo, se utilizan diferentes ángulos de haz ultrasónico (**Fig. 1-11**) para conseguir una «imagen compuesta» a partir de la adquisición de varias imágenes recogidas, las cuales se solapan y son combinadas para conseguir una imagen única en tiempo real. Se logra, de esta manera, la reducción de artefactos como el granulado, la delineación más nítida de las interfases tisulares, mejor discriminación de las lesiones sobre el fondo, mejora de la resolución y contraste de la imagen.

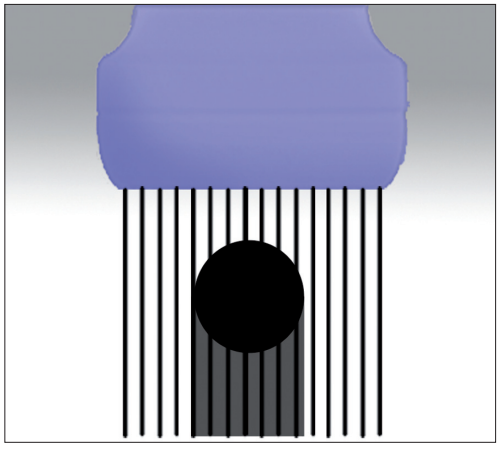


Figura 1-10. Ecografía convencional.

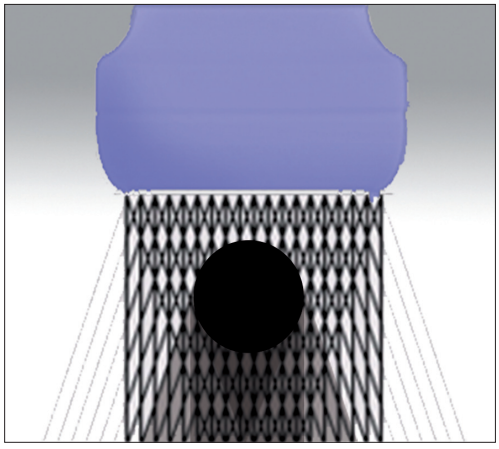


Figura 1-11. Ecografía compuesta.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

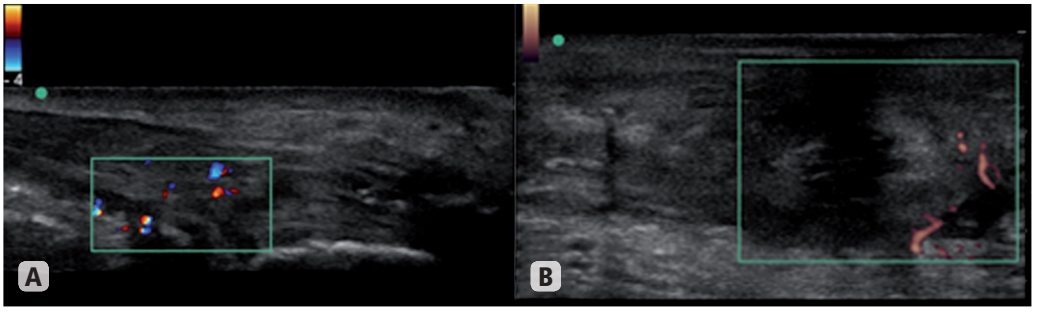


Figura 1-12. **A)** Doppler normal en tendón que muestra la microvascularización. **B)** El *power* Doppler muestra mayor sensibilidad para la detección de pequeños vasos.

Doppler

El efecto Doppler debe su nombre a Christian Doppler, matemático y físico austríaco que en 1842 describió el comportamiento diferente en la frecuencia de una onda dependiendo de si la fuente que la produce se acerca o aleja del observador.

Cuando el haz de ultrasonido se refleja al incidir sobre una estructura en movimiento, lo hace con una frecuencia diferente. Este cambio se puede registrar, permitiendo detectar flujos en el interior de los vasos (**Fig. 1-12**).

El Doppler de banda ancha proporciona una imagen más definida de la microvasculatura periférica. El *power* Doppler es más sensible que el convencional para detectar flujos de baja velocidad, aunque no informa de la dirección del flujo.

Elastografía

La Elastografía busca valorar de manera cuantitativa la consistencia dura o blanda de una estructura estudiada. Mide la deformación de un tejido como respuesta a la compresión externa, en la cual sufren un mayor aplastamiento los tejidos blandos que los duros. Se comparan dos secuencias, con y sin compresión ligera de los tejidos, bajo la sonda convencional. Según las variaciones en cada estructura, les es asignado un color: desde el rojo, los más elásticos, al azul, los más duros (**Fig. 1-13**). En la actualidad, aún no se ha incorporado esta técnica de rutina al estudio ecográfico del aparato locomotor; pero, a medida que mejoren técnicamente los aparatos y se vaya ganando en experiencia, es probable que pase a ocupar un mayor protagonismo en el estudio habitual, complementándolo.

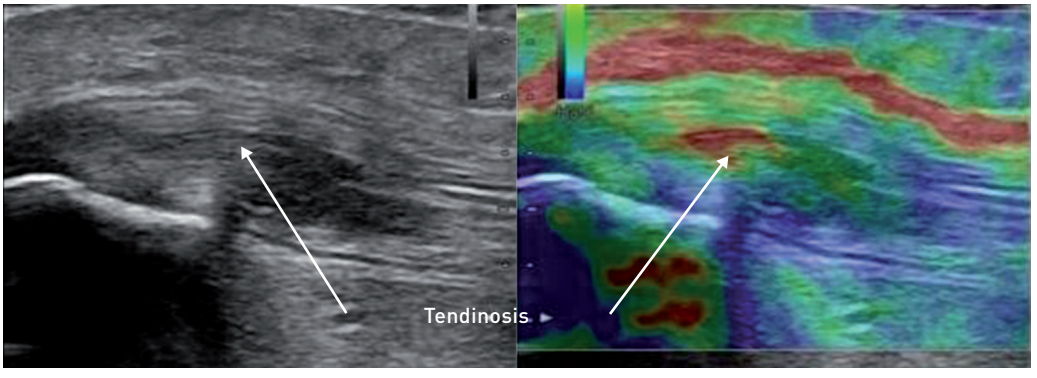


Figura 1-13. Elastografía en tendón cuadricipital, con reblandecimiento intratendinoso (en rojo) por degeneración.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

Imagen en 3D

Se pueden obtener imágenes ecográficas en 3D utilizando sondas convencionales, equipadas con un pequeño sensor de posición electromagnético o transductores especializados (más voluminosos y difíciles de manejar, pero más exactos). Recientemente se han introducido sondas de volumen en rangos de frecuencia adecuados para estructuras musculoesqueléticas, por lo que se abre un campo nuevo que habrá que ver como evoluciona.

Campo de visión ampliado

Cuando se examinan estructuras grandes en ecografía musculoesquelética, como quistes, amplias roturas musculares, hematomas, etc., al usar una ventana visual pequeña, condicionada por el tamaño del transductor lineal (máximo de 4-6 cm), la percepción espacial del examinador se ve limitada. Esto es aún más evidente cuando un tercero, habitualmente médico prescriptor, trata de interpretar la imagen impresa.

Los ecógrafos modernos incorporan *software* que permite la reconstrucción panorámica a partir de la adquisición seriada de múltiples imágenes durante el desplazamiento del transductor a lo largo de un segmento. Para ello, una vez decidida el área a explorar, el examinador desplaza la sonda a lo largo de la zona deseada. El ecógrafo procesa digitalmente las imágenes sucesivas y realiza la reconstrucción en una imagen final de la longitud deseada (**Fig. 1-14**).

ARTEFACTOS SONOGRÁFICOS

Los artefactos son imágenes que no se corresponden con estructuras reales y que pueden llevar a errores de interpretación. Se producen por ciertos fenómenos físicos durante la generación de imágenes. El ecografista debe conocerlos y detectarlos cuando proceda.

Anisotropía

Es, posiblemente, el artefacto más importante en ecografía. Cuando el ultrasonido incide a 90° sobre una estructura de composición fibrilar ordenada, se aprecia una imagen hiperecogénica característica. Según va variando el ángulo de incidencia y va siendo menos perpendicular, una parte de la señal ultrasónica no retorna al transductor y se genera una imagen progresivamente más hipoecoica (**Fig. 1-15**). Esto es especialmente importante en ciertas inserciones tendinosas, que por el ángulo que adoptan pueden simular una degeneración si no variamos repetidas veces la posición del transductor y puede, por lo tanto, llevar a malinterpretar los hallazgos.

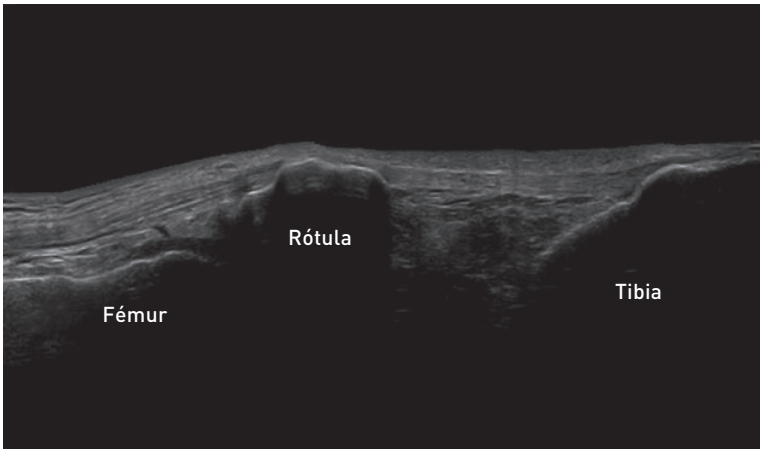


Figura 1-14. Campo de visión ampliado que nos permite ver en la misma imagen el fémur, el tendón cuadricipital, la rótula, el tendón rotuliano y la tibia.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

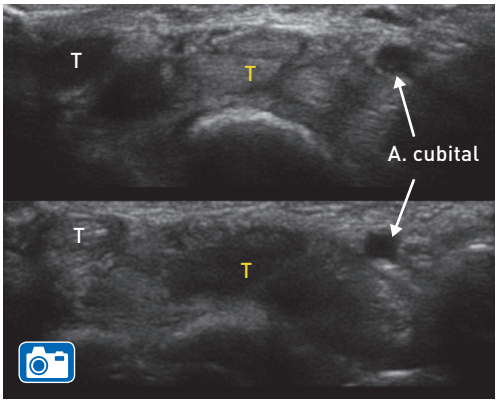


Figura 1-15. Anisotropía: arriba, los tendones flexores discurren perpendiculares al haz y se ven hiperecogénicos; abajo, con haz oblicuo, se ven hipoecogénicos (T amarilla). Ocurre lo contrario por su diferente orientación con el flexor *carpi radialis* (T blanca).

La anisotropía es característica del tendón, aunque también ocurre en ligamentos y músculos, pero de manera menos llamativa.

Reverberación o imagen en «cola de cometa»

Ciertos materiales muy reflectantes hacen que, cuando el haz ultrasónico incide sobre ellos, aparezcan detrás de los mismos unas imágenes hiperecogénicas que se repiten y disminuyen paulatinamente de intensidad con la distancia (**Fig. 1-16**). Es característico de metal, cristal y pequeñas burbujas de aire en el seno de un medio sólido.

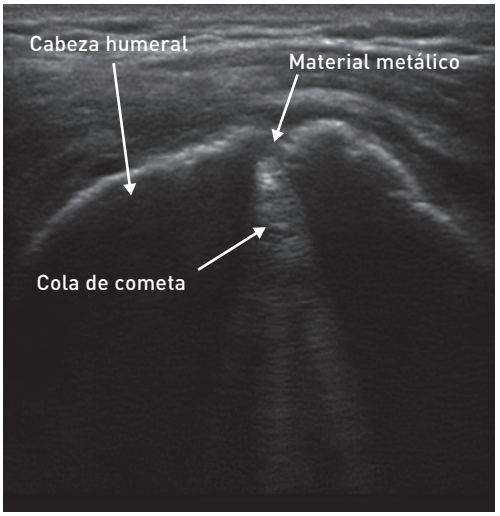


Figura 1-16. Artefacto en cola de cometa producido por material quirúrgico metálico en el hombro.

Sombra acústica

Cuando la impedancia es muy alta en una estructura y no deja pasar el ultrasonido o lo absorbe, detrás de ésta se observa una sombra anecoica que se prolonga en profundidad (**Fig. 1-17**). Es la imagen típica de calcificaciones, aire y hueso.

Refuerzo acústico posterior

Se produce cuando el ultrasonido atraviesa un medio homogéneo que transmite muy bien el ultrasonido y, por lo tanto, no produce apenas atenuación. Las estructuras in-

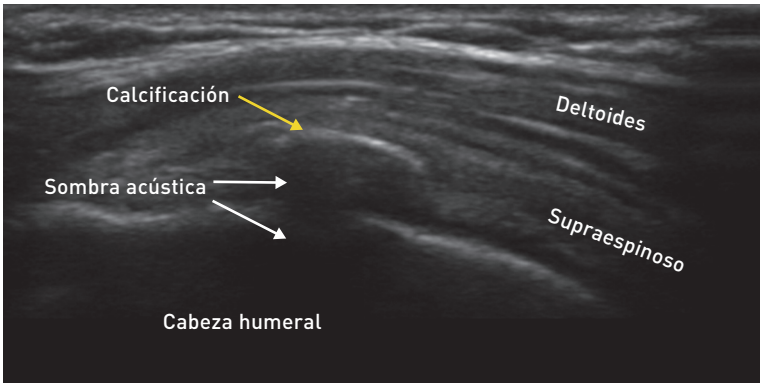


Figura 1-17. Tendinitis calcificante en tendón supraespinoso. Obsérvese la sombra acústica bajo la calcificación que borra la cortical de la cabeza humeral.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

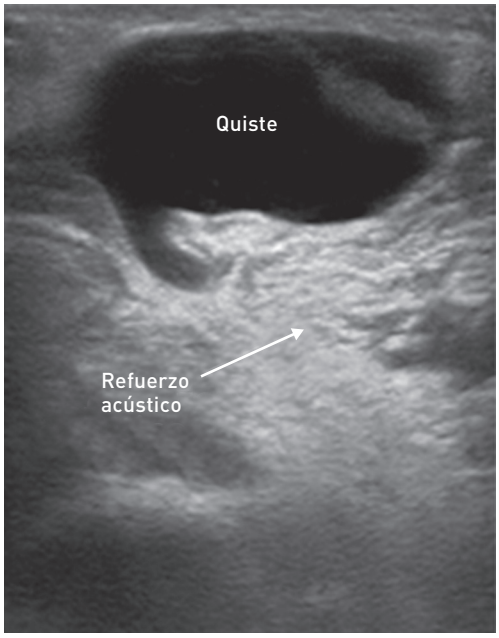


Figura 1-18. Quiste de Baker en el hueco poplíteo. Obsérvese la hiperseñal acústica posterior.

mediatamente posteriores se dibujan con más intensidad (**Fig. 1-18**). Este efecto aparece, por ejemplo, en gangliones o quistes.

Sombra de ángulo crítico

Cuando el haz sónico incide sobre una superficie curvada, al hacerlo de manera tangencial, es muy escaso o nulo el eco que se refleja en los extremos; por ello, obtenemos una sombra (**Fig. 1-19**). Es la imagen típica de muchos tendones en el eje transversal.

☑ Los artefactos ecográficos pueden confundirnos y hacernos malinterpretar una imagen, pero también ayudarnos en el diagnóstico. Dependiendo del tipo de artefacto, por ejemplo, podemos valorar de qué material está compuesto un cuerpo extraño.

PROS Y CONTRAS DE LA ECOGRAFÍA

La ecografía, como cualquier otra técnica de imagen, presenta ventajas e inconvenientes. A continuación comentaremos las más importantes.

Ventajas

Para poder realizar una ecografía, no es necesario adaptar ninguna estancia; son suficientes un pequeño espacio y una camilla. Los progresos técnicos han permitido fabricar aparatos portátiles con una buena calidad de imagen, que pueden diagnosticar *in situ* lesiones deportivas o ayudar en quirófano a la realización de ciertas técnicas intervencionistas. Esto es impensable con otras técnicas de imagen.

El paso del ultrasonido por el cuerpo humano con las intensidades utilizadas en diagnóstico carece de efectos deletéreos conocidos, y permite repetir la ecografía las veces que estimemos necesarias, dando una información evolutiva valiosa. Es la técnica de elección en pacientes embarazadas.

Los precios de venta de ecógrafos y transductores han descendido paulatinamente, es-

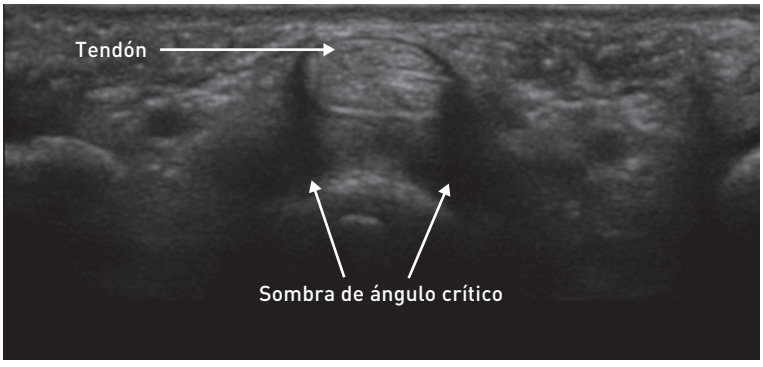


Figura 1-19. Sombra de ángulo crítico en tendones flexores de la mano.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

pecialmente en los últimos cinco años; por ello, un número creciente de profesionales realiza ecografía. Este fenómeno está provocando un desarrollo de gran magnitud de la técnica, que es comparativamente económica, en términos de costo/beneficio.

Se trata de una técnica dinámica: se pueden contraer, tensar y comprimir estructuras bajo la visión directa del transductor en tiempo real. Permite, además, guiar agujas y catéteres, todo ello sin emisión de radiaciones ionizantes.

La calidad de imagen en ciertas estructuras, como algunos tendones y ligamentos, es superior, en ocasiones, a la de las demás técnicas. Es realmente útil en procedimientos mínimamente invasivos, como biopsias, infiltraciones y algunas técnicas quirúrgicas sencillas.

Desventajas

Ciertas estructuras no se pueden valorar adecuadamente con ecografía. Aquellas situadas en profundidad, intraarticulares o intraóseas, son muy difíciles de visualizar de manera fiable con ecografía y, por lo tanto, no se recomienda su utilización en estos casos (LCA, LCP, meniscos, músculos rotadores de la cadera, algunas zonas cartilaginosas que no se pueden exponer adecuadamente, lábrum, etc.).

Otras estructuras se pueden valorar, pero son difíciles, sobre todo en lesiones leves, como roturas de espesor parcial de ciertos tendones, y hacen falta un ecografista con mucha experiencia y una máquina moderna con unos transductores adecuados.

Los transductores son una pieza clave en el equipo, pero son caros y delicados, por lo que es preciso manejarlos con mucha precaución.

En ecografía musculoesquelética se valoran campos de visión pequeños (de alrededor de 4 cm), por lo que es difícil realizar una interpretación espacial en las lesiones de grandes dimensiones en su totalidad (fracturas de huesos largos, angulaciones, etc.).

Es una técnica que requiere una curva de aprendizaje larga para poder llegar a ser bien realizada.

■■ ORIENTACIÓN DE LAS IMÁGENES

Cuando vemos una imagen ecográfica impresa o en la pantalla, si no se tiene cierta experiencia, puede ser difícil reconocer el área de estudio a la que corresponde. Para ello, es de utilidad el icono con la marca de la sonda colocada en la zona de exploración (**Fig. 1-20**).

Se deben tener en cuenta los siguientes principios a la hora de orientar la imagen, aunque con la experiencia, y debido en ocasiones a la falta de tiempo, no se suelan acometer:

- La parte superior de la imagen corresponde a la piel, y la inferior a la camilla; aunque parezca evidente, conviene re-

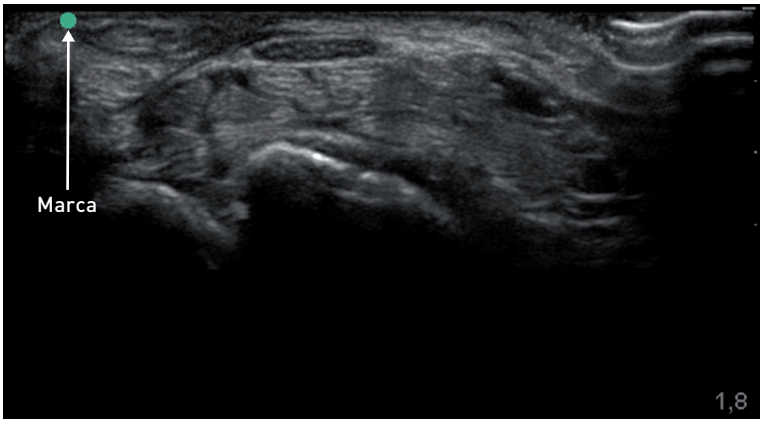


Figura 1-20. Ejemplo de marca de la sonda situada habitualmente en la parte superior izquierda para ayudar en la orientación.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

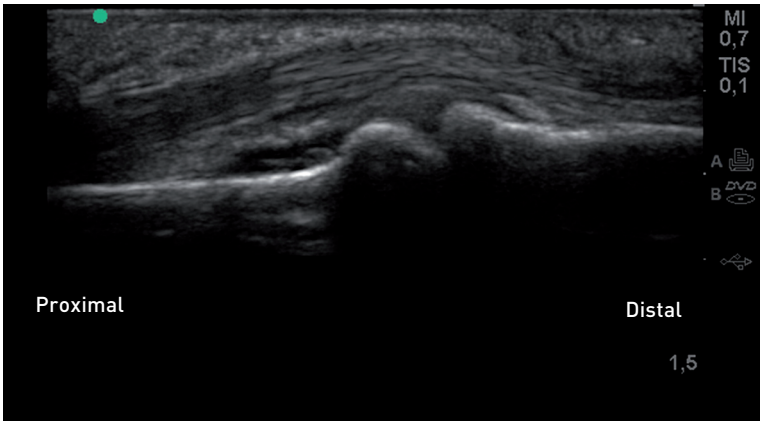


Figura 1-21. Ecografía correctamente orientada, la izquierda de la imagen corresponde a la zona proximal (en este caso de un dedo de la mano) y la derecha la distal.

cordarlo. Todos los equipos disponen de una opción en el menú de invertir la imagen de arriba abajo y viceversa, por si al operador le resulta más cómodo estudiar ciertas estructuras profundas dadas la vuelta para que parezcan más superficiales. Este cambio no modifica la resolución de la imagen. También es de utilidad en el estudio Doppler en los casos en los que el espectro está por debajo de la línea base y se corta; al darle la vuelta se observa completamente, aunque con valores negativos.

- En el corte longitudinal, para una mayor uniformidad universal, la izquierda de la pantalla debería corresponder a la zona proximal, y la derecha, a la distal (**Fig. 1-21**).
- En el corte transversal, la imagen que se reproduce es como si el paciente se visualizara desde abajo: la parte izquierda de la imagen es la derecha del paciente, y viceversa. El ecógrafo puede, al igual que en el caso mencionado anteriormente, invertir la imagen de manera horizontal.
- En la sonda existe una luz o marca en uno de los extremos del transductor; esta marca debe coincidir con la que los equipos presentan a la parte superior izquierda de la pantalla. El objetivo es evitar equivocaciones por una colocación de la sonda del revés, lo que podría inducir a errores de interpretación y, por lo tanto, diagnósticos (**Fig. 1-22**).
- Por último, y para complementar las imágenes, los equipos permiten indicar con texto, y en muchas ocasiones iconos, la zona estudiada, permitiendo informar adecuadamente al receptor de la prueba.

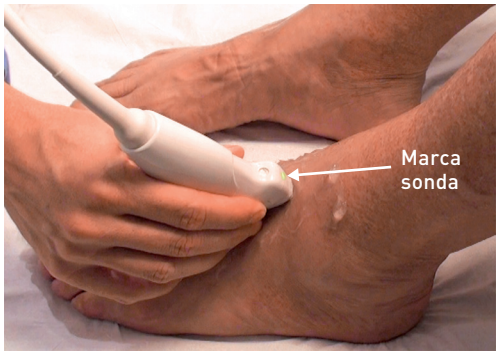


Figura 1-22. Orientación adecuada del transductor durante la ecografía. Se coloca la marca del transductor en dirección proximal.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.

RESUMEN

- La ecografía se basa en el sonido y, por lo tanto, es una técnica inocua. Punto a punto, y píxel a píxel, se ve una imagen en pantalla que es la representación del eco que provocan los sonidos, los cuales están sometidos a numerosos fenómenos (absorción, reflexión, refracción, etc.) y pueden verse artefactados por las condiciones del medio o de los tejidos (refuerzos, sombras, reverberaciones) que nos deben mantener alerta para no diagnosticar de forma incorrecta.
- Gracias al trabajo y el desarrollo de numerosos científicos a lo largo de la historia, disponemos de estas eficaces máquinas que nos hacen llegar más allá en nuestra práctica médica. Este capítulo quiere ser un pequeño homenaje a todas aquellas personas que han hecho esto posible.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

- **Vídeo 1-15:** Anisotropía.

Ecografía Musculoesquelética. SEMG ©2015. Editorial Médica Panamericana.