

ECOGRAFÍA

La ecografía es una moderna técnica de diagnóstico por imagen que utiliza la propiedad de los ultrasonidos de producir ecos cuando encuentra un tejido distinto a su paso por el organismo.

En los últimos años las técnicas de ultrasonidos han evolucionado de forma espectacular gracias a los progresos combinados obtenidos con los captadores, el comando electrónico y el tratamiento de la señal. Los últimos adelantos están ligados a la aparición de aparatos en tiempo real, a la focalización electrónica y al empleo de memorias de imagen de gran dinámica. Estas mejoras han transformado los primeros ecógrafos en útiles de trabajo prácticos, muy efectivos, en los cuales la formación de imágenes depende de cada vez menos del manipulador.

El desarrollo paralelo de la técnica doppler permitió a partir de entonces explorar la gran mayoría de órganos y estructuras con la exploración funcional cardiovascular. Se ha mostrado inocuidad total de los ultrasonidos, a las potencias acústicas utilizadas para el diagnóstico, y que la relación información-coste de los aparatos de ecografía y doppler es la más ventajosa entre los aparatos por la imagen empleados en medicina.

La ecografía se desarrolló primero en el terreno donde la exploración tradicional utilizaba técnicas traumáticas o de irradiación. Este fue el caso de la **ecografía obstetricia y abdominal**, así como el de **cardioecografía**. La puesta a punto de los captadores de alta frecuencia ha permitido rápidamente aplicar los ultrasonidos en pediatría y para la exploración de órganos superficiales como la **mama, el tiroides, los testículos** o los **músculos**, la última evolución a consistido en el desarrollo de los captadores para la endosonografía (**esófago, recto, vagina**) y para su utilización preoperatorio.

En la actualidad, pocas estructuras u órganos escapan a la exploración por ultrasonidos. No obstante, hay que recordar que el aire y el calcio óseo constituyen barreras para la impedancia acústica, que reflejan casi totalmente la energía ultrasonora incidente y, por tanto no permiten el estudio de las estructuras que están por detrás de ellas (sombra acústica). Sólo utilizando ventanas acústicas favorables, el ecografista asegura un examen completo y de calidad.

La **ecografía del sistema musculotendinoso** se ha beneficiado de los recientes procesos de la técnica ultrasonora y, en particular, del desarrollo de captadores de focalización electrónica de alta frecuencia.

Las indicaciones de esta técnica son múltiples y siguen creciendo día a día. Se considera un método en expansión inocuo, atraumático y sin radiaciones ionizantes, cuyo uso generalizado la hace absolutamente imprescindible de la medicina actual.

La **ecografía abdominal** es una técnica que se ha desarrollado mucho en los últimos años, siendo una técnica de diagnóstico por imagen inocua, fácil de realizar, repetitiva, barata y que permite el estudio de los órganos abdominales de una manera rápida y precisa.

HISTORIA DE LOS ULTRASONIDOS

En el año 1870, Galton investigó los límites de la audición humana, fijando la frecuencia máxima a la que podía oír una persona. Llegó a la conclusión de que los sonidos con frecuencias inaudibles por el ser humano, presentaban fenómenos de propagación similares al resto de las ondas sonoras, aunque con una absorción mucho mayor por parte del aire.

A partir de entonces, se empezó a investigar en temas relacionados con la generación de los ultrasonidos.

Las primeras fuentes artificiales de ultrasonidos aparecieron en la década de 1880. Los hermanos Jacques y Pierre Curie fueron los primeros en descubrir el **efecto piezoeléctrico**, o cambio de la distribución de las cargas eléctricas de ciertos materiales cristalinos tras un impacto mecánico. En esta misma década; Lippmann y Voigt experimentaron con el llamado efecto piezoeléctrico inverso, aplicable realmente a la generación de los ultrasonidos. Otro pionero fue Roentgen que participó en los primeros experimentos con ultrasonidos y publicó varios trabajos en los que describía sus experiencias con sonidos de alta frecuencia.

A lo largo del siglo XX, se han producido grandes avances en el estudio de los ultrasonidos, especialmente en lo relacionado con las aplicaciones: acústicas, subacuáticas, medicina, industria, etc. Concretamente, Langevin lo empleó durante la primera Guerra Mundial para sondeos subacuáticos, realizando un sencillo procesado de las ondas y sus ecos. Richardson y Fessenden, en la década de los años 10 idearon un método para localizar icebergs, con un procedimiento similar al utilizado hoy en día (método de impulsos). Mulhauser y Firestones entre 1933 y 1942 aplicaron los ultrasonidos a la industria y a la inspección de materiales.

CONCEPTO DE ULTRASONIDOS

Es cualquier sonido por encima de lo audible por el ser humano.

Los sonidos se clasifican en función del oído humano en Infrasonido, Sonido Audible y Ultrasonido. De esta manera tenemos:

INFRASONIDO: Todo sonido por debajo de lo audible por el oído humano, es decir, por debajo de los 20 hertzios (Hz)

SONIDO AUDIBLE: Todo sonido audible que se encuentra dentro de lo audible por el oído humano, es decir, entre 20 y 20000 Hz

ULTRASONIDO: Todo sonido que se encuentra por encima de lo audible por el oído humano, es decir, por encima de los 20000 Hz

No obstante, en la naturaleza existen muchos ejemplos de especies que se pueden transcribir (transmitir y recibir) por ultrasonidos. Los murciélagos y algunos insectos tienen órganos sensoriales ultrasónicos muy desarrollados que funcionan aproximadamente a 120 KHz. Sin embargo, no existen fuentes de ultrasonidos naturales conocidas con el rango de frecuencia empleado en la ecografía diagnóstica médica o con fines terapéuticos, que es de 1 a 15 Mhz.

Así sabemos que existen dos utilidades sanitarias para los ultrasonidos que son:

ULTRASONOTERAPIA: Terapia por ultrasonidos.

ULTRASONODIAGNOSTICO: Diagnóstico por ultrasonidos. Esta es la llamada ecografía.

FISICA DE LOS ULTRASONIDOS

Todas las aplicaciones diagnósticas de los ultrasonidos están basadas en la detección y representación de la **energía acústica reflejada por interfases** en el interior del organismo. Estas interacciones proporcionan la información necesaria para generar imágenes del organismo de alta resolución en escala de grises, así como para representar información relacionada con el flujo sanguíneo. Las propiedades peculiares de imagen de los ultrasonidos los han convertido en un método de obtención de imágenes relevante y versátil. Por desgracia, el uso de material de ecografía moderno y caro no garantiza la obtención de estudios de alta calidad con valor diagnóstico. La obtención del beneficio máximo de esta compleja tecnología requiere una combinación de habilidad, con conocimiento de los principios físicos que dotan a los ultrasonidos de sus propiedades diagnósticas peculiares. El usuario debe conocer los fundamentos de las interacciones de la energía acústica con los tejidos, así como los métodos y el instrumental empleados para producir y optimizar la representación de los ultrasonidos. Con este conocimiento el usuario puede recopilar la máxima información en cada exploración y evitar problemas y errores diagnósticos provocados por la omisión de información o por la interpretación equivocada de los artefactos.

La ecografía convencional y la ecografía doppler están basadas en la **dispersión de la energía sónica por interfases formadas por materiales de propiedades diferentes mediante interacciones gobernadas por la física acústica**. Para generar imágenes con ultrasonidos se emplea la amplitud de la energía reflejada y las desviaciones de la frecuencia en los ultrasonidos de retrodispersion proporciona información sobre objetivos en movimiento como la sangre. Para producir, detectar y procesar los datos de ecografía hay que controlar numerosas variables, muchas de ellas

bajo control directo del operador. Para ello, el operador debe conocer los métodos empleados para generar datos de ecografía y la teoría y manejo del instrumental que detecta, representa y almacena la información acústica generada durante las exploraciones clínicas.

ACÚSTICA BÁSICA

LONGITUD DE ONDA Y FRECUENCIA

El sonido es el resultado de la mecánica que viaja a través de la materia en forma de onda produciendo compresión y rarefacción alternas. Las ondas de presión se propagan por desplazamiento físico limitado del material a través del que se trasmite el sonido.

Los cambios de presión en el tiempo definen las unidades básicas para medir el sonido:

La distancia entre puntos correspondientes en la curva tiempo presión se define como **longitud de onda**.

El tiempo para completar un ciclo se denomina **período**, el número de ciclos completos por unidad de tiempo es la **frecuencia** de sonido.

La frecuencia y el período mantienen una relación inversa.

En la naturaleza las frecuencias acústicas se encuentran en un rango entre menos de 1 Hz y más de 100.000 Hz (100kHz). La audición humana se limita a la parte inferior de este rango, entre 20Hz y 20.000Hz. El ultrasonido se diferencia del sonido audible solo por su frecuencia y es entre 500 y 1000 veces mayor que es sonido que podemos oír en condiciones normales. La frecuencia de los sonidos empleados en aplicaciones diagnósticas oscilan entre 2 y 15 MHz, aunque están investigándose frecuencias hasta de 50 y 60 MHz para ciertas aplicaciones

de imagen especializadas. Por lo general, las frecuencias utilizadas para la imagen por ultrasonidos son mayores que las empleadas para el doppler. Con independencia de la frecuencia, se aplican los mismos principios de la acústica.

PROPAGACION DE SONIDO

La mayoría de las aplicaciones clínicas de los ultrasonidos emplean descargas breves o pulsos de energía que se transmiten al cuerpo, donde se propaga a través del tejido. Las ondas de presión acústica pueden viajar en una dirección perpendicular a la dirección de las partículas desplazadas (ondas trasversales), pero en el tejido y en los fluidos, la propagación del sonido se realiza en dirección del movimiento de las partículas (ondas longitudinales). La velocidad a la que se desplaza la onda de presión a través del tejido es muy variable y esta influenciada por las propiedades físicas del tejido. La velocidad de propagación esta determinada de forma relevante por la resistencia del medio a la compresión. Esta viene determinada por la densidad del medio y por su rigidez o elasticidad. La velocidad de propagación aumenta al aumentar la rigidez y disminuye al aumentar la densidad. La velocidad de propagación en el organismo puede considerarse constante para un tejido determinado y no se modifica por la frecuencia o la longitud de onda del sonido. En el cuadro de velocidades de propagación típicas de diferentes materiales. Se supone que la velocidad de propagación del sonido en el organismo es de 1540 m/s. esta cifra es el promedio de las determinaciones obtenidas en tejidos normales. Aunque se trata de un valor representativo de la mayoría de los tejidos blandos, algunos tejidos, como el pulmón con aire y la grasa, tienen una velocidad de propagación sustancialmente menor, y otros, como el hueso, una velocidad superior. Debido a que algunos tejidos normales tienen

velocidad de propagación bastante diferente del valor promedio, la representación de estos tejidos puede estar sujeta a errores o artefactos de medición

MEDICION DE LA DISTANCIA

La velocidad de propagación es un valor particularmente importante en ecografía clínica y resulta crítico para determinar la distancia entre una interfase reflectante y el transductor. Gran parte de la información utilizada para generar una imagen ecográfica esta basada en una medición exacta del tiempo. Si se trasmite un pulso de ultrasonidos al organismo y se mide el tiempo. Si se trasmite un pulso de ultrasonidos al organismo y se mide el tiempo hasta que la vuelve el eco, resulta sencillo calcular la profundidad de la interfase que genera el eco, siempre que conozcamos la velocidad de propagación del sonido en ese tejido. Por ejemplo, si el intervalo de tiempo para la transmisión de un pulso hasta que vuelve el eco es de 0,145ms y la velocidad del sonido es de 1540m/s, la distancia que ha recorrido el sonido debe ser de 22,33cm $\rightarrow (1540\text{m/s} \times 100\text{cm/m} \times 0,000145\text{s} = 22,33\text{cm})$. Dado que el tiempo medido comprende el tiempo que tarda el sonido en llegar a la interfase y en volver por el mismo camino hasta el transductor, la distancia desde el transductor hasta la interfase reflectante es $22,33\text{cm}/2 = 11,165\text{cm}$. Por este motivo, la precisión de esta medición esta influida por el grado de correlación entre la velocidad del sonido supuesta y la real en dicho tejido.

IMPEDANCIA ACUSTICA

Los ecógrafos diagnósticos modernos se basan en la detección y representación del sonido reflejado o ecos. También es posible obtener imágenes basadas en la transmisión de los ultrasonidos, pero no se emplea en la clínica por el momento. Para producir un eco debe existir una interfase reflectante. El sonido que atraviesa un medio completamente homogéneo no encuentra interfases que reflejen el sonido, por lo que el medio será anecoico o quístico. En la unión entre tejidos o materiales con diferentes propiedades físicas existen interfases acústicas. Estas interfases son responsables de la reflexión de una proporción variable de la energía sónica incidente. Así, cuando los ultrasonidos atraviesan de un tejido a otro o encuentran la pared de un vaso o células sanguíneas circulantes, se refleja parte de la energía acústica incidente.

El grado de reflexión o retrodispersión (dispersión de retorno) está determinado por la diferencia en las impedancias acústicas de los materiales que forman la interfase. La **impedancia acústica Z** , viene determinada por el producto de la densidad, del medio que propaga el sonido por la velocidad de propagación del sonido en dicho medio. Las interfases con gran diferencia de impedancia acústica, como la del tejido con el aire y el hueso, reflejan casi toda la energía incidente, mientras que las interfases entre tejidos con menor diferencia de impedancia acústica, como la interfase entre el músculo y la grasa, reflejan sólo una parte de la energía incidente, permitiendo el paso del resto. Igual que sucede con la velocidad de propagación, la impedancia acústica está determinada por las propiedades de los tejidos implicados y es independiente de la frecuencia.

REFRACCIÓN

Otro fenómeno que puede suceder cuando el sonido pasa de un tejido con una velocidad de propagación acústica determinada a otro con una velocidad mayor o menor es un cambio en la dirección de la onda de sonido. Este cambio en la dirección de propagación se denomina refracción.

La refracción es importante porque es una de las causas de registro erróneo de una estructura de imagen ecográfica. Cuando un aparato de ultrasonidos detecta un eco asume que el origen del eco está en línea directa con el traductor. Si el sonido ha sufrido refracción, el eco detectado y representado en la imagen podría proceder de una profundidad o localización diferente de la que se muestra en la pantalla. Si se sospecha este fenómeno, el aumento del ángulo barrido para que sea perpendicular a la interfase reduce al mínimo el artefacto.

ATENUACIÓN

Conforme la energía acústica atraviesa un medio uniforme se produce trabajo y finalmente se transfiere energía al medio trasmisor en forma de calor. La capacidad para realizar trabajo esta determinada por la magnitud de la energía acústica producida. La potencia acústica, expresada en Vatios, describe la magnitud de la energía acústica producida por unidad de tiempo. Aunque la medición de la potencia nos da una idea de la energía relacionada con el tiempo, no tiene en cuenta la distribución espacial de la energía. Para describir la distribución espacial de la potencia se emplea la intensidad, la cual se calcula dividiendo la potencia por el área en la que se distribuye la potencia.

La atenuación de la energía sónica conforme atraviesa el tejido tiene gran importancia clínica porque influye en la profundidad del tejido a la

que puede obtenerse información útil. Esto afecta a la selección del traductor y a varios ajustes del instrumental controlados por el operador, como la compensación de la ganancia de tiempo (o profundidad), atenuaron de la potencia de salida y niveles de ganancia del sistema.

La atenuación se mide en unidades relativas. Por lo general se usan los decibelios para comprobar niveles diferentes de potencia o intensidad de los ultrasonidos.

El sonido pierde energía conforme atraviesa el tejido y las ondas de presión pierden amplitud conforme se alejan de su fuente. La transferencia de energía al tejido debida al calor (absorción) y la pérdida de energía por reflexión y dispersión contribuyen a la atenuación del sonido. Por tanto, la atenuación es el resultado de los efectos combinados de absorción, dispersión y reflexión. La atenuación depende de la frecuencia de insolación así como de la naturaleza del medio de atenuación. Las frecuencias altas se atenúan mas rápidamente que las frecuencias bajas y la frecuencia del transductor es el determinante principal de la profundidad útil a la que puede obtenerse información con los ultrasonidos. La atenuación determina la eficiencia con la que los ultrasonidos penetran en un tejido específico y varía considerablemente en los tejidos normales.

APARATOS DE DIAGNÓSTICO POR ULTRASONIDO

EL ECÓGRAFO

El ecógrafo es el aparato con el que se realizan las ecografías.

Consta de:

- Unidad de procesamiento: recoge la información que le suministra la sonda, la transforma en impulsos eléctricos y la expresa en una imagen.
- Monitor: es la pantalla en la cual se refleja la imagen que nos da la Unidad de Procesamiento.
- Transductor: pieza fundamental del ecógrafo. Es una sonda exploratoria que aplicada sobre la superficie corporal del paciente emite el haz de ultrasonidos y capta los ecos del organismo.

Es cualquier dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Su funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico.

Efecto piezoeléctrico: cuando un material cristalino apropiado es sometido a estimulación eléctrica, el cristal se expande a lo largo de ese eje. Si la polaridad de la señal eléctrica se invierte, el cristal se contrae. Si la señal eléctrica oscila a una frecuencia alta, el cristal se expandirá y contraerá alternativamente a la misma frecuencia, produciendo ultrasonidos.

En esa situación, la cara del cristal se comporta como el cono de un altavoz de alta fidelidad, y ese movimiento mecánico produce un ultrasonido con la misma frecuencia que la señal eléctrica aplicada. En términos más precisos, un transductor ultrasónico convierte la señal eléctrica en movimiento mecánico y el movimiento mecánico en ultrasonido.

- Efecto piezoeléctrico inverso: es la secuencia inversa.

El ultrasonido que choca con un material cristalino adecuado transfiere la energía de compresión y rarefacción en forma de contracción y expansión del cristal. Esto causa a su vez una señal eléctrica oscilante.

El transductor esta formado por varios componentes:

- o la carcasa proporciona soporte estructural los componentes internos, de forma que el dispositivo puede ser manipulado sin grandes cuidados.

- o La cara del conjunto transductor es una ventana acústica protectora diseñada para adaptarse al cristal activo y transmitir el haz ultrasónico al paciente a través del acoplamiento acústico.

- o La capa adaptadora con impedancia acústica intermedia entre la de la cara y del tejido para mejorar la transmisión de ultrasonido en el tejido al reducir la reflectividad superficial puede conectarse.

El elemento activo del transductor es el cristal piezoeléctrico. El material más utilizado es el **titanato circonato de plomo**.

Para optimizar la eficacia de la transmisión y recepción del ultrasonido, el grosor del cristal debe ser igual a la mitad o la cuarta parte de la longitud de onda.

También tiene gran importancia el diámetro de la cara del cristal. Un método para enfocar el haz ultrasónico consiste en dar forma al cristal y a la cara.

En ecografía de pulso – eco es importante no permitir que la fuente de ultrasonido reverbere o resuene. En consecuencia, el cristal piezoeléctrico lleva en el dorso un material diseñado para amortiguar el movimiento del cristal, de forma que cuando se elimine el estímulo eléctrico, el cristal deje de moverse inmediatamente. El cristal piezoeléctrico y el material del dorso están rodeados por un aislante

acústico para confinar mejor el haz ultrasónico. Las señales eléctricas son transmitidas a través de un conector localizado en la parte posterior del traductor, a cada cara del cristal piezoeléctrico. Las caras del cristal están recubiertas con material conductor de la electricidad.

La forma del cristal controla el foco del haz ultrasónico enfocándolo más o menos. Los transductores de cara plana producen un haz relativamente ancho. Conforme la cara del traductor se hace más cóncavo, el haz se localiza más. Los haces también pueden enfocarse con las lentes acústicas que aprovechan la propiedad de refracción del sonido para cambiar la dirección de la onda sónica y están fabricadas de distintos materiales.

Los aparatos de ecografía utilizan el principio de reflexión de la energía ultrasonora en las interfases, separando los medios de impedancia acústica diferente.

La imagen se forma a partir del barrido del plano explorado por el haz de ultrasonidos, a un ritmo y siguiendo las orientaciones que dependen del captador utilizado.

Básicamente se distinguen tres tipos de captadores según la forma de desplazamiento del haz ultrasonoro:

El barrido mecánico sectorial, en el cual el transductor emisor-receptor de ultrasonidos está activado por un movimiento oscilante, o rotativo, y forma una imagen en sector cuyo ángulo es del orden de 90° . Este tipo de barrido es adecuado para la exploración cardíaca y abdominal y requiere un material de acoplamiento para el examen de los tejidos superficiales en razón del campo explorado, muy estrecho en contacto con el captador.

El barrido electrónico sectorial requiere una pequeña barra de transductores finamente alineados. Alimentado cada transductor con señales electrónicas linealmente desfasadas, es posible orientar el haz

emitido sin movimiento mecánico. Estos captadores se encuentran limitados a frecuencias ultrasonoras relativamente bajas a causa de la compleja realización de los transductores, que deben ser de muy pequeñas dimensiones. También en este caso la exploración de las estructuras superficiales requiere la interposición de un material de acoplamiento.

El barrido electrónico lineal, sobre barra plana o curva de transductores, permite trasladar el haz de ultrasonidos por conmutación electrónica a lo largo de la barra. El desplazamiento del haz es lineal o sectorial siguiendo la forma de la barra utilizada. Las sondas de barrido lineal son adecuadas para la exploración de órganos y tejidos superficiales, debido a que este nivel la superficie de contacto es cómoda. La tecnología empleada permite el desarrollo de captadores de alta frecuencia.

Los diversos barridos descritos proporcionan imágenes en tiempo real a cadencias de registro que varía de 15 a 50 imágenes/seg., siguiendo las dimensiones del campo explorado. La calidad de las imágenes depende de las resoluciones axial y lateral del haz de ultrasonidos. La resolución axial está determinada por la duración del impulso ultrasonoro, es decir, por la frecuencia de los ultrasonidos y el amortiguador del transductor. La resolución lateral está ligada a la focalización del captador. En la actualidad, la mayoría de los captadores combinan una focalización mecánica en medio del campo con una focalización electrónica regulable automática (focalización a continuación de ecos). Clásicamente, para un captador de 5Mhz se obtiene una resolución axial del orden de 0,5mm y una resolución lateral de 1,5 a 2mm.

Existen aún unos aparatos muy sencillos que no dan imagen y por tanto no pueden llamarse ecógrafos, sirven exclusivamente para detectar el movimiento, están basados en el efecto doppler continuo. Constan de un cristal que produce ultrasonidos de una determinada frecuencia y otro que detecta la frecuencia reflejada. Basta entonces con restar ambas frecuencias y pasar la frecuencia producto de la resta que es audible, a un altavoz para poder escuchar el movimiento.

Pero lo que realmente ha revolucionado este campo son los ecógrafos que transforman los ecos en imágenes diagnósticas, lanzando un corto pulso ultrasónico y recogiendo después los ecos que este pulso ha producido en los distintos tejidos que ha atravesado.

- **Transductores:** los ecógrafos utilizan el mismo cristal para producir el pulso y para detectar los ecos. Se debe utilizar la máxima frecuencia posible, ya que la frecuencia alta mejora la exactitud en la dirección del haz y la resolución. Sin embargo si se quiere explorar un órgano profundo se debe reducir la frecuencia, ya que estas frecuencias muy altas penetran muy poco.

El transductor viene preparado para una frecuencia óptima de funcionamiento. Casi siempre entre 1,5 y 5 MHz que son las más usadas, aunque en ocasiones en oftalmología es posible utilizar frecuencias un poco más altas.

- **Medios de control:** en los aparatos de ultrasonidos usados en diagnóstico médico es posible cambiar una serie de elementos para adecuarlos a la zona concreta a estudiar. Se puede controlar o cambiar:

Sonda utilizada, pudiendo usar las de mayor frecuencia y focos cortos para zonas poco profundas y reservar las de frecuencias más bajas con menor resolución pero con mayor capacidad de penetración para zonas más profundas.

Ganancia total o intensidad de ultrasonidos, aplicados dependiendo de las características de la zona.

Curva de ganancias de profundidad. Los sonidos se van atenuando conforme penetran en los tejidos. De forma independiente a la proporción de ecos debidos a un cambio

En el medio atravesado, los ecos más lejanos serán siempre más débiles que los más cercanos. Se hace necesaria una amplificación selectiva mayor en los ecos lejanos que en los cercanos, para lo que vemos en pantalla dependa mas de la proporción de ultrasonido reflejado que de la distancia donde se ha producido.

La supresión de pequeños ecos, permite limpiar la imagen de ruidos y pequeños ecos producidos por estructuras sin interés que pueden entorpecer el diagnóstico.

TIPOS DE ECOGRAFOS

Por su nivel de información existen:

Ecógrafos analógicos, en los que la imagen aparece en su lugar y su correspondiente nivel de gris en una pantalla.

Ecógrafos digitales, se basan en la digitalización de la imagen. Una imagen puede ser dividida en múltiples pequeños cuadrados y a cada uno de ellos se le puede asignar un valor numérico (digitalización). Una vez transformada en números, los ordenadores pueden tratar esa imagen suavizando contornos, aplicando algoritmos de eliminación de ruidos, optimizando la presentación, archivándola en soportes informáticos magnéticos o de láser y permitiendo al operador utilizar diversas facilidades para afinar el diagnóstico.

Por el retraso de imagen pueden ser:

Ecógrafos de tiempo real, que permiten observar la imagen en el mismo momento en que se está tomando. Puede visualizarse el movimiento de la zona que estamos explorando.

Estos aparatos utilizan un sistema de barrido automático, mecánico o electrónico, para justar el recorrido del barrido a la aparición de la imagen en pantalla.

Los ecógrafos de tiempo real más usados son los de barrido sectorial, con sondas que giran o que oscilan todas ellas con codificadores de posición.

La ventaja de éstos es la posibilidad de un mayor tamaño de cristal y el poder aprovechar mejor las “ventanas acústicas” que el organismo nos ofrece. Por ejemplo visualizar el hígado entre dos costillas o explorar el útero a través de la vejiga llena de orina que atenúa menos los ultrasonidos.

En los ecógrafos de tiempo real es posible “congelar una imagen” que nos interesa, dejándola fija en pantalla para poder estudiarla con más cuidado y, en su caso, fotografiarla.

Ecógrafos de tiempo diferido, en los que se forma una imagen estática bajo un control más directo del operador. Están cediendo su puesto, predominante hasta hace unos años, a los ecógrafos a tiempo real.

TECNICA DE EXPLORACION

El paciente debe tener desnuda la parte a explorar y esa zona se cubrirá con algún gel comercial o aceite, para conseguir un adecuado contacto entre sonda y piel. Se tienen que evitar los gases y si la exploración es de pelvis, la vejiga debe estar llena. Se usará la sonda adecuada para la zona a estudiar con la mayor frecuencia posible que nos permita alcanzarla.

Deben hacerse múltiples cortes en distintas proyecciones para asegurar una adecuada visualización de toda la zona.

SEMINOLOGIA

Conociendo bien la anatomía ecográfica de la región se trata de identificar las alteraciones que aparezcan analizando las imágenes patológicas, sus bordes, tamaño, localización exacta y mayor o menor presencia de ecos en su interior.

Es muy importante observar los ecos de entrada y los de salida del haz, así como si produce sombra acústica o si por el contrario los ecos posteriores se encuentran reforzados.

CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DE UNA IMAGEN LÍQUIDA Y UNA SÓLIDA.

Si analizamos un líquido homogéneo, no se observan ecos en su interior. La atenuación del haz es menor, por lo que los ecos de salida y los de detrás de la estructura aparecerán reforzados por la curva de ganancia.

Los aspectos diferenciales más importantes son los ecos de salida y los posteriores a la imagen. Un líquido con zonas sólidas en su interior tendrá ecos en el interior pero mantendrá un fuerte eco de salida y refuerzo por detrás.

Cuanto más irregular sea una estructura o mayor sea su diferencia de impedancia, mayor será también la dificultad de paso de los ultrasonidos, lo que permitirá con frecuencia diagnosticar un cálculo, una burbuja de aire o una lesión calcificada.

La forma de la sombra y de los ecos de salida, así como los que forman la imagen, pueden variar dependiendo del método de barrido empleado.

Si la interfase está muy angulada respecto a la entrada del haz, por ejemplo la pared lateral de un quiste, los ecos que se producen no pueden detectarse pues salen en dirección distinta.

LIMITACIONES DE LA TÉCNICA

Si el haz de ultrasonidos encuentra en su camino un medio de impedancia muy distinta se reflejará en su totalidad. Es lo que ocurre en el aire y en menor medida con el hueso.

Una simple burbuja de aire es capaz de detener el haz e impedir el estudio produciendo una fuerte sombra, y desde luego es imposible el estudio de un pulmón aireado.

Además, determinados medios se ven deformados por transmitir los ultrasonidos a velocidad diferente. El hueso se estrecha mientras que la grasa subcutánea aparece mayor.

ARTEFACTOS

Pueden observarse en la imagen ultrasónica algunos puntos que no responden a estructura alguna, son los artefactos que pueden provenir de ruido electrónico inherente al aparato que nos produce sobre todo en aparatos analógicos, una sombra que debe borrarse con supresión de ecos pequeños.

También pueden observarse ecos secundarios en zonas cercanas a donde se ha producido un fuerte eco.

Esos pequeños ecos que van debilitándose al alejarse no deben confundirnos.

A veces, en ecos intensos puede producirse el fenómeno del doble eco, que consiste en que un eco intenso y cercano puede rebotar de nuevo en el transductor y otra vez en la misma interfase, apareciendo en imagen como un eco de la misma forma, justo al doble de distancia.

EFFECTOS BIOLOGICOS

Aunque la ecografía diagnóstica se introdujo en la práctica obstétrica en 1966 y hoy día es una herramienta clínica de uso habitual y se consideran inocuos a intensidades diagnósticas, los médicos siguen utilizando los ultrasonidos de forma muy precavida ya que nunca se saben los posibles efectos que pueden descubrir o derivar de un uso excesivo.

➤ Mecanismos de acción:

Mecanismos de acción es una expresión empleada por los radiobiólogos para describir la forma en que la radiación produce un efecto biológico. Para el ultrasonido, el mecanismo de acción es la elevación de temperatura, la cavitación y diversas formas de estrés relacionadas con la viscosidad.

- **Efectos térmicos:** puede elevar la temperatura del tejido a través de agitación molecular y los procesos de relajación. Se requieren niveles de intensidad muy elevados para producir una elevación mensurable de la temperatura en el tejido como es lógico, el peligro por elevación de la temperatura puede dar lugar a cambios estructurales en las macromoléculas y las membranas, así como a variaciones en las tasas de las reacciones bioquímicas. Estos efectos térmicos se pueden observar, o se persiguen a veces en el caso de la terapéutica con ultrasonidos.

- **Cavitación:** cuando una suspensión acuosa como el tejido es irradiada con ultrasonido y si las fuerzas de relajación son lo suficientemente violentas, se formaran diminutas burbujas de gas o cavidades. Al aumentar la cavitación se absorbe más energía del haz ultrasonido incidente. La cavitación puede dar lugar a la rotura de los

enlaces moleculares y a la producción de radicales libres H^+ y OH^- por disociación del agua.

Estrés de viscosidad: cuando existe una interfase hística, la viscosidad de los tejidos a uno y otro lado de la interfase probablemente no será igual. Conforme el ultrasonido interacciona a lo largo de esa interfase las diferencias de viscosidad dan lugar a una fuerza conocida como estrés de viscosidad, ejercida en la frontera. En las capas celulares próximas a esa frontera se producen movimientos del fluido a pequeña escala, denominados microtorrentes, como una forma de estrés de viscosidad. Estas formas de estrés pueden trastornar las membranas y las células en la región de la interfase.

Efectos sobre el tejido vivo: si la intensidad del ultrasonido es lo suficientemente elevada se pueden producir muchos efectos como trastornos en los enlaces químicos y degradación de las macromoléculas, y existe también la posibilidad de que se produzcan aberraciones cromosómicas y muerte celular. Para observar esos efectos son necesarias intensidades del ultrasonidos superiores a $10W/cm^2$, suministradas durante considerables períodos de tiempo.

La exposición de todo el cuerpo al ultrasonido sólo se produce durante el embarazo; la exposición fetal durante la primera parte del embarazo puede considerarse como una exposición corporal completa. Algunos estudios con ratones y ratas utilizando ultrasonidos de intensidad excepcionalmente alta han demostrado efectos perjudiciales mensurables, efectos que no se han observado en seres humanos.

Relaciones dosis – respuesta: tras la aplicación de niveles diagnósticos de ultrasonidos no se han observado ninguno de los resultados que acabamos de citar como resultado de la exposición corporal total, ni tampoco efectos moleculares o celulares. El ultrasonido diagnóstico se emite en el rango de intensidad de 1 a $10 mW/cm^2$.

El nivel de dosis mínima con el que se han observado efectos en especímenes experimentales es de 100 mW/cm², y esos efectos suelen aparecer tras muchas horas de radiación continua. La elevación del nivel de intensidad más bajo necesario para producir algún efecto está en función del tiempo. Cuanto más alta sea la intensidad, más corta será la exposición necesaria para producir un efecto. Sin embargo, a intensidades en el rango de ultrasonido diagnóstico, no se ha demostrado que se produzca ningún efecto con cualquier tiempo de exposición. En consecuencia, se acepta que los efectos biológicos inducidos por ultrasonido tienen un umbral.

TIPOS DE ECOGRAFÍAS

Los principales tipos de estudios ecográficos son:

- ✓ Ecografía abdominal
- ✓ Ecografía pélvica (vejiga, próstata)
- ✓ Partes blandas (tiroides, mama, musculotendinosa)
- ✓ Ecografía rectal, anal
- ✓ Ecografía obstétrica / ginecológica
- ✓ Eco cardiografía
- ✓ Ecografía de trasplante
- ✓ Ecografía intervencionalista (punciones, drenajes)
- ✓ Ecografía vascular
- ✓ Ecografía introperatoria

ECOGRAFIA MUSCULOTENDINOSA

Hoy en día la ecografía se ha convertido en una técnica complementaria fundamental en la consulta de reumatología ya que permite, a través de la imagen, la evaluación de distintos elementos anatómicos del aparato locomotor: tendones, músculos, articulaciones, etc. No sólo es una herramienta útil en el diagnóstico de algunos procesos reumáticos, sino también en el tratamiento y seguimiento de las lesiones. No en vano se considera el ecógrafo como el “fonendoscopio” del reumatólogo.

PIEL:

Se corresponde con líneas hiperecogénicas, regulares, de algunos milímetros de espesor.

GRASA SUBCUTÁNEA

Su importancia y, por consiguiente, su aspecto ecográfico varía en función de la obesidad, del sexo y de la región examinada. Si su espesor es importante (mayor de 1cm), la grasa subcutánea es hipoecogénica, incluso anacogénica, dado que se comporta como medio homogéneo con pocas interfases. Si es de poco espesor se convierte en heterogénea y, por tanto, mas ecogénica que la grasa que está distribuida de forma irregular. En situaciones intermedias, la grasa subcutánea tiene una estructura reticulada mixta.

HUESO

La superficie ósea es muy reflectante a los ultrasonidos, a causa del acusado cambio de impedancia acústica que representa respecto a los tejidos blandos. Como, además, la débil energía acústica que penetra en el hueso es absorbida con rapidez, éste actúa verdaderamente como un espejo

para los ultrasonidos. Aparece una línea hiperecogénica, regular, que corresponde al entorno externo. Detrás de esta línea, las estructuras que pueden observarse corresponden a imágenes fantasmas relacionadas con los ecos de repetición.

MÚSCULOS

El músculo posee una compleja estructura que es necesario conocer para entender su traducción ecográfica y su evolución en caso de lesiones traumáticas o tumorales. En el transcurso de un examen ecográfico, los elementos asociados (tendones, vasos sanguíneos, cápsulas articulares, etc.) también deben estudiarse con atención, siguiendo un protocolo riguroso lo mas exhaustivo posible. Aparecen unas líneas hiperecogénicas que corresponden al tejido conjuntivo del músculo, epimisio y perimisio.

TENDONES

En la actualidad no es posible individualizar todos los tendones por ecografía. Sólo los tendones gruesos y alargados se ven fácilmente, como por ejemplo el tendón cuadriceps, el rotuliano y el Aquiles en los miembros inferiores. En el corte longitudinal aparecen en forma de cinta alargada de extensión regular, enlazando el músculo al hueso. Se encuentra limitado por dos líneas hiperecogénicas paralelas. Entre estas líneas se visualiza una estructura ligeramente ecogénica, estriada de forma fina y regular en sentido longitudinal, aspecto que evoca la constitución histológica fibrilar. De hecho, cada fibra, parece corresponder a un haz de fibras colágenas. Para obtener una buena imagen es necesario que el haz de ultrasonidos sea perpendicular al eje del tendón. En caso contrario, el contenido del tendón aparecerá normalmente hipoecogénico, incluso anecogénico, sin que exista una significación patológica. Con una modificación del eje de la sonda se obtendrá, de nuevo, el aspecto normal.

El corte transversal aporta poca información, dado que la sección del tendón es pequeña y difícil de ver.

Siempre hay que estudiar las uniones miotendinosas y osteomusculares. El tendón prolonga con frecuencia sus fibras a lo largo del cuerpo muscular.

NERVIOS

En la práctica, en la actualidad, solo los nervios ciáticos mayor y mediano se visualizan fácilmente. En el corte transversal aparecen rodeados, con contornos imprecisos, fundiéndose con los ecos del tejido conjuntivo que los circunda. En el corte longitudinal se asemejan a una estructura alargada, con los bordes regulares y el centro ecogénico de estructura fibrilar orientada en el mismo eje que el nervio.

BOLSAS SEROSAS

Algunas de ellas son visibles a la ecografía, sobre todo en la rodilla. Aparecen siempre de la misma forma, su pared se caracteriza por la presencia de un trazo ecogénico, regular, bien diferenciado de los tejidos circundantes. De forma alargada, la luz de la bolsa es en general poco importante, de 1-2 mm de espesor, y anecogénica.

En un corte longitudinal del cuello, aparecen una gran formación tubular anecoica correspondiente a la carótida, aquí el esfuerzo posterior es atenuado por la sombra de la columna vertebral. Por delante aparece una formación anecoica que corresponde al músculo esternocleidomastoideo. Las fibras musculares son hipoecoicas y el tejido conjuntivo que le rodea hiperecoico. Por delante del esternocleidomastoideo aparecen diversas capas de pie.

ECOGRAFIA VASCULAR

Se emplea para evaluar las estructuras vasculares y analizar si existen alteraciones como dilataciones, estrecheces u oclusiones. Los vasos más frecuentemente explorados son los del cuello, brazos, piernas; incluyendo arterias y/o venas, así como el estudio de By-pass quirúrgicos (injertos vasculares) y fístulas arteriovenosas para hemodiálisis.

ARTERIAS

En el examen ecográfico, una arteria se caracteriza por su forma y sus cualidades dinámicas:

En el corte trasversal una arteria tiene la forma de un círculo hiperecogénico, que limita una zona anacogénica detrás de éste se observa a menudo la presencia de refuerza posterior moderado.

En el corte longitudinal se visualizan dos líneas hiperecogénicas, paralelas, separadas por una zona anacogénica. En ecografía el carácter dinámico se expresa en tiempo real, por una expansión sistólica, regular de las paredes. Esta expansión es a menudo transmitida a los tejidos circundantes. Cuando las arterias, debido a su pequeño diámetro, se encuentran al límite de la visibilidad ecográfica, este fenómeno es el único criterio que permite detectar su existencia.

VENAS

Cuando una vena es turgente se presenta como una arteria, aunque existen numerosos criterios para diferenciarlas y eso no plantea problemas:

- la pared es menos ecogénica
- las venas no son pulsátiles
- cuando se ejerce una presión moderada con la sonda se observa enseguida el colapso de la vena

Esta cualidad es importante, ya que en patología su ausencia reflejará la posibilidad de una flebitis subyacente.

Es preciso verificar siempre la presencia de este colapso al hacer presión.

Por el contrario, si se quieren ver las venas no se debe hacer demasiada presión.

ECOGRAFÍA ABDOMINAL

En un estudio abdominal se pueden estudiar la vesícula biliar, las vías biliares, riñones, páncreas y bazo. Incluye también la aorta y el retroperitoneo.

En el corte oblicuo de hipocondrio derecho se observa mayoritariamente el parénquima hepático de moderada ecogeneidad. Destaca la vesícula biliar anecoica con refuerzo posterior; otras estructuras anecoicas como la cava y las ramas portales, éstas con hiperecogenicidad de las paredes como las de la vesícula. Debajo del hígado aparece el riñón con una estructura hipoeicoica en la periferia (corteza) y otra hipericoica (seno en su interior).

La vesícula biliar se ve muy negra pues esta llena de líquido biliar. Cuando hay cálculos en la vesícula biliar se ven área redondeada que presenta bastantes ecos. Si son de colesterol no se ve con rayos x pero si con ultrasonidos. Cuando hay un cálculo aparece siempre detrás del mismo un cono de sombra. Eso es debido a que es un cuerpo muy sólido que absorbe completamente los ultrasonidos y no deja ver lo que hay detrás. Los riñones se ven por detrás del hígado. El derecho se ve por vía anterior y el izquierdo por vía posterior. El izquierdo se ve peor porque le tapan las costillas y se ve a trozos.

Se realiza de la siguiente forma:

El paciente se tumba en la camilla boca arriba de manera que el abdomen quede expuesto a la exploración. El ecografista le extenderá un gel, medio trasmisor de ultrasonidos, sobre la piel y aplicará un transductor de 3,5 MHz, pidiéndole que colabore con la respiración cuando el operador se lo indique. Se sigue exploración en un monitor de que tiene el ecógrafo y obtendrá fotografías de las imágenes interesantes.

Su duración es de aproximadamente 15-20 minutos

No es un proceso doloroso.

Para obtener la mayor información posible de este estudio conviene evitar la presencia de gas intestinal, ya que interfiere con los ultrasonidos. Por ello le rogamos que se mantenga en ayunas durante 8 horas previas y evite durante el día anterior los alimentos flatulentos (legumbres, verduras, frutas, pan y pastelería, bebidas con gas). A modo de orientación, los siguientes alimentos producen poco gas: caldo, tortilla francesa, carne o pescado a la plancha, flan. No tienen que dejar de tomar su medicación a no ser que el médico se lo indique teniendo especial cuidado los diabéticos.

Los estudios ecográficos de riñones, partes blandas, mama, vasculares y trasplante renal no necesitan preparación previa.

ECOGRAFÍA PÉLVICA

Sirve para explorar fundamentalmente útero, ovarios y vejiga. En hombres la vejiga y la próstata. Cuando es necesario un mayor detalle del útero, ovarios o tejidos circundantes, se realiza un estudio especial de alta resolución con un transductor intracavitario, esterilizado previamente, que se introduce por la vagina. También hay transductores transrectales para la visualización prostática por esta vía.

El paciente puede comer normalmente pero resulta conveniente tener la vejiga llena por lo que es necesario beber abundante agua empezando una hora antes y terminando 30 minutos antes de la prueba, y no orinar antes de la realización de la exploración.

ECOGRAFIA DE PARTES PEQUEÑAS

Se utiliza para evaluar alteraciones en las glándulas tiroideas y paratiroides, mama, ojos, escroto y testículos.

La prueba no sólo permite visualizar y caracterizar las alteraciones, sino también ser utilizada como guía de punción con aguja fina (PAAF) o biopsia de las posibles alteraciones encontradas en el estudio.

Además el **ojo** es un órgano que se puede ver muy bien con la ecografía pues tiene una consistencia líquida que deja atravesar muy bien a los ultrasonidos. Así el ojo se ve como un globo lleno de líquido que es el humor vítreo. Detrás se ve una zona blanca que corresponde al nervio óptico y dentro del globo se ve una zona blanca que corresponde a la sombra del cristalino. Se utiliza la ecografía para ver la retina: si hay desprendimiento de retina se ve como una banda dentro del humor vítreo.

ECOGRAFIA DE TRANSPLANTE

Se utiliza para evaluar transplantes de hígado, riñón, y páncreas controlando los signos de rechazo y otras alteraciones.

ECOGRAFIA INTERVENCIONISTA

Engloba una amplia gama de procedimientos terapéuticos que incluyen biopsias, aspiraciones de quistes, drenajes de colecciones líquidas en pulmón abdomen y tejidos subcutáneos, y técnicas ablativas oncológicas (tratamiento de tumores).

Los procedimientos intervencionistas suelen estar precedidos de una exploración ecográfica previa. Debido a su gran variedad, la duración es variable y puede oscilar entre 30 y 90 minutos. Algunos procedimientos como biopsias de órganos abdominales y otros, pueden necesitar un período de observación postprocedimiento de varias horas.

Algunos pueden realizarse con anestesia local (similar a la novocaína del dentista). Otros requieren analgésicos o ansiolíticos previos o incluso coger una vía endovenosa y monitorización por parte de la enfermería de radiología por si fuera necesaria la administración de fármacos.

Como preparación a la prueba es necesario evitar ingerir sólidos o líquidos que no sean agua 6-8 horas antes. El paciente podrá tomar su medicación a no ser que el médico diga lo contrario.

Después del examen puede existir algo de dolor en la zona pero suele mínimo o irá desapareciendo. Si se le ha administrado medicación analgésica o anestésica puede sentir algo de somnolencia durante el período de recuperación por lo que deberá estar acompañado tanto en el centro como si vuelve al domicilio. No se aconseja conducir durante varias horas.

