

La ecografía y el Ecógrafo



La Ecografía: funcionamiento, ventajas y utilización en medicina.

Descubre cómo funciona la ecografía, sus principales ventajas y su utilización en diversas áreas de la medicina. Una técnica no invasiva, segura y efectiva para diagnóstico y seguimiento médico.

La ecografía es una técnica médica no invasiva que utiliza ultrasonidos para obtener imágenes en tiempo real del interior del cuerpo. Gracias a su funcionamiento sencillo y seguro, se ha convertido en una herramienta esencial para el diagnóstico y seguimiento de diferentes condiciones médicas. A diferencia de otras técnicas de imagen como los rayos X o las tomografías computarizadas, la ecografía no utiliza radiación, lo que la hace una opción más segura para una amplia variedad de pacientes.

¿Qué es una ecografía?

La ecografía, también conocida como ultrasonografía, emplea un dispositivo llamado transductor que emite ondas de sonido de alta frecuencia, inaudibles para el oído humano. Estas ondas viajan a través de los tejidos del cuerpo y, al chocar con los diferentes órganos o estructuras, se reflejan como ecos. Estos ecos son captados por el transductor y convertidos en imágenes visibles en una pantalla, permitiendo a los profesionales evaluar el estado de los órganos internos.

¿En qué consiste?

El funcionamiento de una ecografía implica el uso de un transductor que se desliza sobre la piel, la cual se recubre con un gel conductor que facilita la transmisión de las ondas de ultrasonido. Este gel elimina el aire entre la piel y el transductor, lo que mejora la calidad de las imágenes. Además de obtener imágenes estáticas, la ecografía permite observar el movimiento en tiempo real, lo que es fundamental para evaluar la función de órganos como el corazón o el flujo sanguíneo.

¿Para qué sirve?

La ecografía tiene múltiples aplicaciones en medicina, siendo una de las técnicas más utilizadas en el diagnóstico y monitoreo de diversas patologías. Algunas de sus principales áreas de utilización incluyen:

Ginecología y obstetricia: Es esencial para el seguimiento del embarazo, permitiendo observar el desarrollo fetal, detectar anomalías y, en algunos casos, determinar el sexo del bebé.

Cardiología: El ecocardiograma es clave para evaluar la función cardíaca, detectar problemas en las válvulas y anomalías estructurales del corazón.

Gastroenterología: Ayuda a evaluar órganos abdominales como el hígado, la vesícula biliar, el páncreas y los riñones.

Urología: Se emplea en la ecografía reno vesical para examinar riñones, vejiga y próstata, ayudando a diagnosticar problemas como cálculos renales.

Neumología: Aunque el aire presente en los pulmones limita la visualización, la ecografía es útil para evaluar derrames pleurales en el tórax.

Ortopedia: Facilita el diagnóstico de lesiones en músculos, tendones y articulaciones.

¿Cómo se realiza?

El procedimiento de una ecografía es rápido y sencillo. El paciente se acuesta y, dependiendo de la zona a examinar, se aplica un gel conductor sobre la piel. El técnico o médico mueve el transductor sobre la zona, mientras las ondas de ultrasonido viajan y regresan en forma de ecos, que el equipo traduce en imágenes en tiempo real.

Preparación previa

La preparación varía según el tipo de ecografía. Generalmente, no se requiere una preparación especial, pero en algunos casos, como en ecografías abdominales, se puede solicitar al paciente estar en ayunas. Para ecografías renovesicales, se recomienda beber agua antes de la prueba para tener la vejiga llena, lo que facilita la visualización de los órganos.

Seguridad y comodidad

La ecografía es una técnica extremadamente segura, ya que no emplea radiación. Esto la convierte en una excelente opción para mujeres embarazadas y niños. En ocasiones, los niños pueden necesitar sedación para que no se muevan, ya que la calidad de las imágenes depende de la inmovilidad del paciente. Los ultrasonidos utilizados no tienen efectos secundarios conocidos y se aplican dentro de los límites de energía seguros.

Limitaciones

A pesar de sus ventajas, la ecografía tiene ciertas limitaciones. No es eficaz para visualizar tejidos que contienen aire o hueso, como los pulmones o el cráneo en adultos. En estos casos, es necesario recurrir a otras técnicas como la tomografía computarizada o la resonancia magnética.

¿Quién realiza e interpreta la prueba?

Las ecografías son realizadas por técnicos en ultrasonido o médicos especializados en radiología. Durante el procedimiento, guían al paciente y capturan las imágenes necesarias. Los resultados son interpretados por médicos especialistas, quienes analizan las imágenes y emiten un diagnóstico o recomiendan más estudios.

Sensaciones durante la ecografía

El procedimiento es indoloro y muy cómodo. El paciente puede sentir el frío del gel conductor y una ligera presión cuando el transductor se mueve sobre la piel, pero no hay molestias significativas. La prueba suele durar entre 15 y 30 minutos, dependiendo de la zona a examinar y del tipo de ecografía.

Ventajas de la ecografía

La ecografía ofrece importantes ventajas frente a otras técnicas de imagen:

Segura: No usa radiación, lo que la hace ideal para todos los pacientes.

Económica: Es más accesible en costo en comparación con otros estudios por imagen.

No invasiva: No requiere introducir instrumentos en el cuerpo.

Imágenes en tiempo real: Perfecta para monitorear el movimiento de los órganos, el flujo sanguíneo o el desarrollo fetal.

El Ecógrafo: el dispositivo.

Los sistemas de ultrasonido de uso general proveen imágenes en dos dimensiones (2-D) de la mayoría de los tejidos blandos sin someter a los pacientes a radiación iónica. Son usados en los departamentos de imagenología de los hospitales para complementar otras modalidades de imagen y en otros departamentos o en consultorios privados se usan principalmente para escaneo abdominal y de ginecoobstetricia. Algunos sistemas incluyen transductores adicionales para facilitar el diagnóstico de procedimientos más especializados como los cardíacos, vasculares, Endo vaginales, endotraqueales o de partes pequeñas.

Principios de operación

Ultrasonido se refiere a ondas de sonido emitidas a frecuencias mayores del rango auditivo humano. Para realizar diagnósticos por imagenología, las frecuencias más usadas son las que varían dentro del rango de 2 a 15 MHz. Para el escaneo vascular las frecuencias utilizadas van de los 5 a los 15 MHz y para el caso de escaneo intravascular las frecuencias van de los 15 a los 30 MHz.

Las ondas de ultrasonido son vibraciones mecánicas (acústicas) que requieren de un medio de transmisión; debido a que presentan las propiedades normales de una onda, que son de reflexión, refracción, y difracción, esto es, que se pueden dirigir, enfocar y reflejar.

Un sistema típico de escaneo por ultrasonido consta de las siguientes partes:

- Formador de rayo (en inglés "beamformer")
- Unidad central de procesamiento
- Interfase de usuario (teclado, panel de control)
- Varios tipos de transductores o cabezas para escasear
- Uno o varios monitores o pantallas de despliegue de video
- Dispositivo de almacenamiento de datos
- Fuente de poder o sistema de alimentación eléctrica

La imagen de ultrasonido se logra colocando un transductor sobre la piel del paciente o se inserta dentro de alguna cavidad. Estos sensores contienen uno o más elementos de material piezoeléctrico. Cuando la energía de ultrasonido emitida por el sensor es reflejada por el tejido, el transductor recibe algunos de estos reflejos (ecos) y los reconvierte en señales eléctricas. Estas señales son procesadas y convertidas en imagen (sonograma).

Los transductores utilizados tanto para exámenes cardiovasculares como para el tipo general pueden generar dos formas diferentes de despliegue: rectangular para los lineales y en forma de cuña para los sectoriales. Para el caso de los ultrasonidos intravasculares la imagen generada tiene forma de anillo, de dona o radial. Las imágenes lineales son producidas por transductores planos de arreglo lineal, con al menos 128 elementos piezoeléctricos colocados en una sola línea con arreglos de diferentes longitudes de entre los 4 y los 15 cm (Ver tabla 1).

Uso o examen	Forma despliegue	Tipo transductor
Cardio-vascular o general	rectangular	lineal
	cuña	sectorial
Intravascular	anillo	
	dona	
	radial	

Tabla 1. Formas de despliegue de transductores.

Los dos primeros pueden ser mecánicos o electrónicos siendo estos últimos los más frecuentes, los cuales utilizan arreglos de fase (elementos piezoeléctricos arreglados en línea). (Ver figura 1).

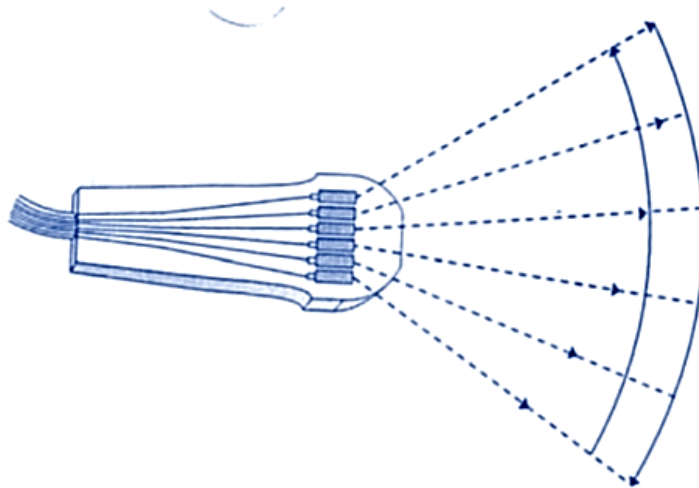


Figura 1. Transductor electrónico de arreglo lineal.

Para el caso de los equipos de ultrasonido cardiovasculares se tiene la opción de adquirir un transductor transesofágico. Este transductor está montado en un gastroscopio y se introduce en el esófago del paciente, obteniendo señales bidimensionales, de Doppler y de flujo de color prácticamente libres de ruido gracias a la proximidad de éste con respecto al corazón. Los más comunes son los multiplanares que proveen el escaneo de diversos planos dejando prácticamente en desuso a los biplanares (sólo en dos planos) y Mono planares (en un único plano).

Existen varios modos para desplegar el retorno de los ecos:

Modo A = En este modo la señal de los ecos reflejados es desplegado como una amplitud de voltaje.

Modo B o Bidimensional = modo de brillantez modulada (Ver figura 2). En este modo se produce una señal bidimensional en tiempo real que representa un corte transversal del área estudiada.

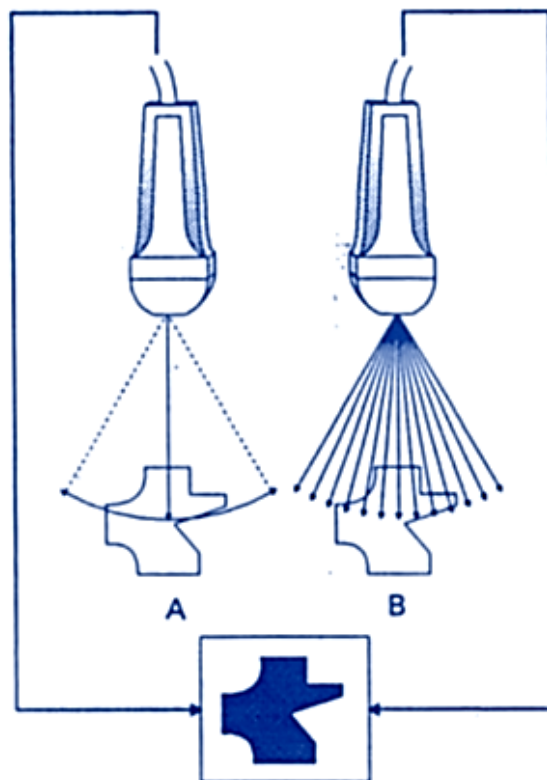


Figura 2. Obteniendo una imagen en Modo B.
A= un solo haz. B= varios haces.

Modo M = modo de movimiento (ver figura 3) utiliza un haz pulsado en una posición fija para desplegar un movimiento, en una línea, en un determinado intervalo de tiempo. Este modo se utiliza por lo general en aplicaciones cardíacas.

Doppler. Modo usado para determinar la dirección y velocidad del flujo sanguíneo. La mayoría de los equipos incluyen Doppler Espectral, el cual puede encontrarse en dos modalidades:

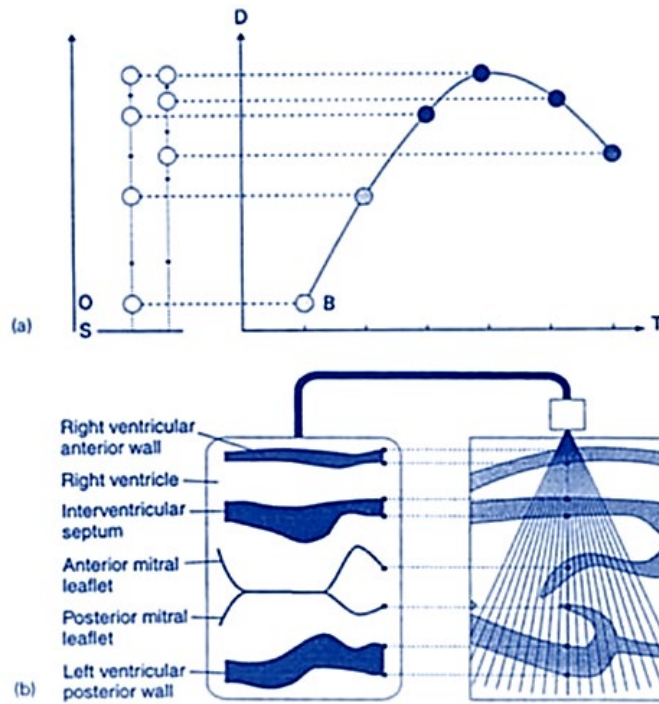


Figura 3. a) Obteniendo el trazo del Modo M. b) Obteniendo el Modo M.

Onda continua (CW por sus siglas en inglés). El modo CW Doppler es el modo más simple de Doppler espectral y es normalmente usado para el análisis del flujo sanguíneo en donde la información sobre la profundidad de los vasos no es importante. Con un Doppler CW se puede obtener con gran exactitud la velocidad sanguínea a través del área de muestreo.

Onda pulsada (PW por sus siglas en inglés). Un Doppler PW es usado cuando se requiere de selectividad de profundidad, pero no puede ser usado para velocidades altas ya que tiene problema de análisis. (Ver figura 4).

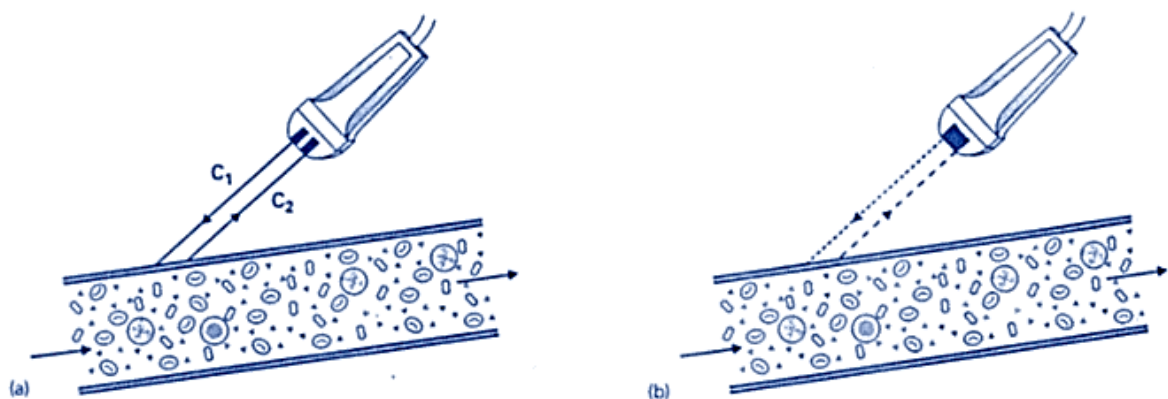


Figura 4. Transmisión y recepción del Modo Doppler.
a) Señal de Doppler de onda continua, b) Señal de Doppler pulsado.

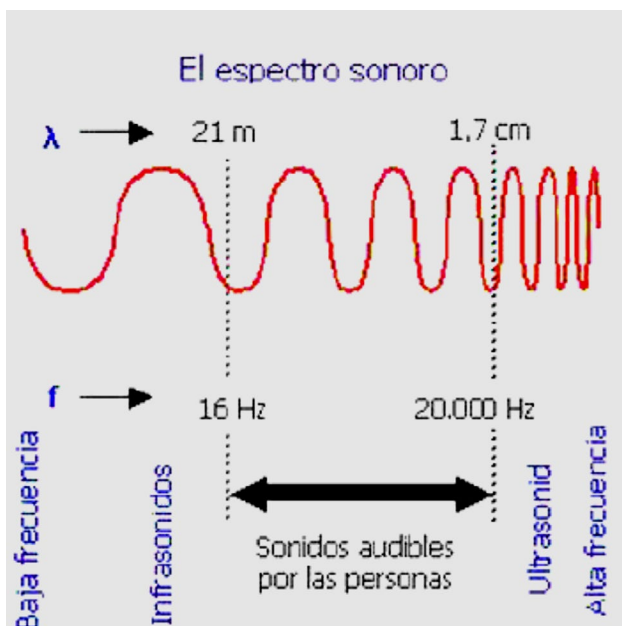
Doppler color. El Doppler en color es una forma mejorada de la ecocardiografía Doppler. Con el Doppler en color, los diferentes colores son utilizados para indicar las distintas direcciones del flujo sanguíneo. Utilizando un sistema dúplex, se puede sobre imponer la información Doppler a la imagen en tiempo real, codificando las diferentes velocidades mediante una escala de color. Este es el principio de la imagen de flujo en color.

La imagen en color simplemente muestra donde se detecta sangre en movimiento, y por tanto la cantidad de color refleja el volumen de sangre en movimiento en las estructuras examinadas.

Tríplex o dúplex. El Doppler es la técnica básica y más antigua del ultrasonido que sólo registra ondas sonoras obtenidas de los vasos, es ciego, es decir que no produce imágenes. Posterior a este método surge el dúplex vascular que añade al estudio Doppler la observación directa de la imagen en escala de grises de los vasos sanguíneos.

A este método luego se le une el color creándose la técnica tríplex, también llamada dúplex color. El uso de agentes de contraste con ultrasonido ha sido estudiado cuando menos por 25 años. Algunas aplicaciones utilizan técnicas para procesar señales de segundo orden y una de ellas consiste en la elaboración de "imágenes armónicas" o "imágenes de segunda armónica". Esta aplicación explora propiedades especiales de algunos agentes de contraste, con la esperanza de que el ultrasonido sea capaz de detectar la presencia del agente en la sangre o tejidos que sean analizados por métodos ultrasonográficos.

De tal manera que las imágenes armónicas pueden ser indicadores de perfusión miocárdica y además mejorar sustancialmente la calidad de la imagen. Los agentes ultrasonográficos de contraste consisten en microburbujas de gas adosadas a proteínas como la albúmina. Estos agentes contienen burbujas de tamaño y concentración variable y materiales de cobertura diferentes.



Cuando los agentes son insonificados con el rayo centrado en la principal frecuencia de la imagen, el agente refleja el rayo en su frecuencia original, pero también provoca resonancia en múltiplos de esa frecuencia.

De tal manera que al insonificar un agente a 2.5 MHz, la onda sónica retornará con componentes de frecuencia a 2.5 MHz, 5.0 MHz, 7.5 MHz y así sucesivamente.

La principal frecuencia se llama "frecuencia fundamental" y los múltiplos son las llamadas "armónicas" de la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental ("principal") se llama "primera armónica" y esa frecuencia multiplicada por dos es la "segunda armónica"

Tipos de Ultrasonidos, Sistemas de Imagenología

Ultrasonido de uso general

Los sistemas de ultrasonido de uso general proveen de imágenes bidimensionales de casi cualquier tejido blando evitando la exposición ionizante del paciente a la radiación. Estos sistemas son utilizados en su mayoría en departamentos de Radiología e Imagen para complementar otras modalidades de imagen. También es utilizado para hacer estudios abdominales y gineco-obstétricos.

Algunos sistemas de uso general incluyen transductores que permiten estudios mas especializados tales como: cardíacos, vasculares, endovaginales, Endo rectales, partes pequeñas (tiroides, senos, escroto y próstata).

Ultrasonido de propósito general.

Equipo para exploración ultrasonográfico de propósito general, es decir que puede utilizarse tanto es estudios radiológicos, vasculares, cardiológico y gineco obstétricos, sin contar con programas tan especializados para cada modalidad. Esto estudios cuentan con modos de operación B, M y Doppler color.

Ultrasonido Gineco obstétrico.

Equipo de propósito general que permite realizar procedimientos diagnósticos específicos en ginecología y obstetricia.

Ultrasonido Doppler color.

Equipo ultrasonográfico con fines diagnósticos con Doppler color para abdomen, vascular periférico, gineco-obstétrico, partes pequeñas y músculo esquelético tanto para pacientes adultos como pediátricos.

Ultrasonido vascular.

Este equipo permite evaluar el desempeño de venas y arterias de todo el cuerpo. Este sistema evita en muchos casos explorar de forma invasiva y obtener diagnósticos y tratamientos claros y específicos.

Ultrasonido intravascular.

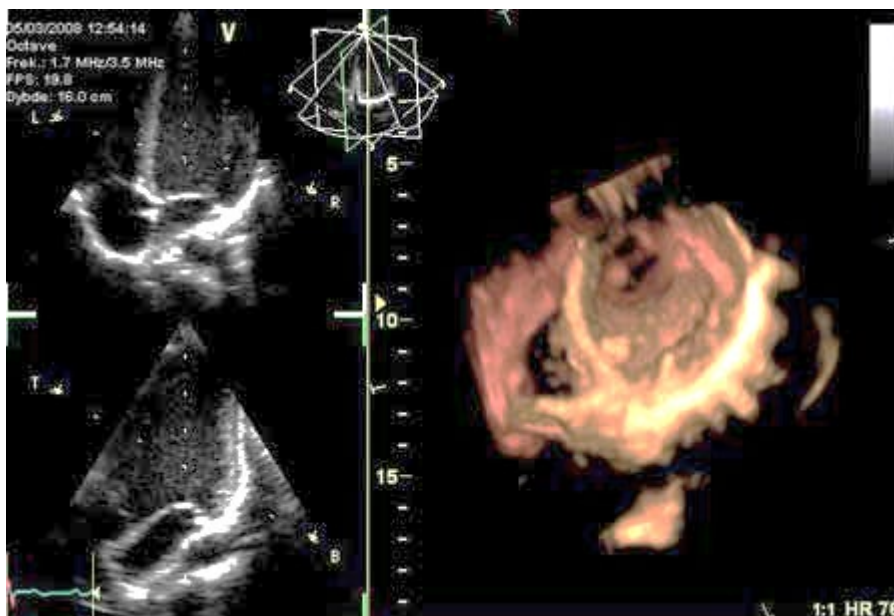
Este sistema utiliza alta frecuencia en un diminuto transductor que montado en un catéter produce señales de 360 grados en forma transversal de los vasos sanguíneos. Esto permite aplicaciones de diagnóstico y terapéuticas. Los sistemas cardiovasculares proveen de escaneo bidimensional (2D) de tejidos blandos y estructuras en movimiento dependiendo de los transductores y de los paquetes, será la aplicación para: estudios abdominales, gineco-obstétricos, urológicos, partes pequeñas, cardíacas, entre otros. Estos sistemas son utilizados frecuentemente en consultorios médicos, gabinetes pequeños de radiología y en consulta externa de algunas instituciones de salud. También es utilizado para escanear a pacientes en su cama cuando resulta complicado transportarlos hasta la sala de Imagen.

Sin embargo, existen también los sistemas tridimensionales 3D y en Cuarta Dimensión 4D cuya tecnología, utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para obtener imágenes anatómicas en 2D y libres de rayos X. La tecnología de 3D añade a estas imágenes, ya valiosas de por sí, la profundidad, proporcionando una información mucho más detallada. En 4D se avanza un paso más al añadir el movimiento a la imagen fija que aparece en 3D.

Ultrasonido Cardiovascular

¿Qué es un ecocardiograma?

El ecocardiograma es una prueba que utiliza ultrasonidos para examinar el corazón. Además de proporcionar imágenes unidimensionales, conocidas como eco en modo M, que permiten una medición precisa de las cámaras cardíacas, el ecocardiograma también ofrece imágenes más sofisticadas y avanzadas. Esto se conoce como ecocardiograma bidimensional (2D) y es capaz de mostrar un "corte" transversal del corazón en movimiento, incluyendo las cámaras, las válvulas y los principales vasos sanguíneos que salen de los ventrículos izquierdo y derecho.



Para un ecocardiograma en reposo (a diferencia de un ecocardiograma de esfuerzo o un ecocardiograma transesofágico [ETE], que se analiza en otro apartado), no se necesita ninguna preparación especial. El paciente se quita la ropa de la parte superior del cuerpo y se cubre con una bata o sábana para mayor comodidad y privacidad. A continuación, el paciente se recuesta en una mesa de examen o una cama de hospital.

Se colocan parches adhesivos (electrodos) en el pecho y los hombros, que se conectan a cables. Estos electrodos registran el electrocardiograma (ECG) durante la prueba de ecocardiografía, lo que ayuda a cronometrar varios eventos cardíacos, como el llenado y vaciado de las cámaras.

Después, se aplica un gel incoloro sobre el pecho y se coloca el transductor de eco en distintas áreas de este. El tecnólogo realiza grabaciones desde diferentes ángulos para obtener diversas vistas del corazón. A veces, se le pide al paciente que respire lentamente o que contenga la respiración para obtener imágenes de mayor calidad. Las imágenes se visualizan constantemente en un monitor y se graban para su posterior revisión. Esta grabación ofrece un registro permanente del examen, que será revisado por el médico antes de completar el informe final.

¿Qué información proporciona la Ecocardiografía y Doppler?

La ecocardiografía es una herramienta invaluable que proporciona al médico información importante sobre lo siguiente:

Tamaño de las cámaras del corazón, incluyendo la dimensión o volumen de la cavidad y el grosor de las paredes. La apariencia de las paredes también puede ayudar a identificar ciertos tipos de enfermedades cardíacas que afectan principalmente al músculo cardíaco. En pacientes con hipertensión o presión arterial alta prolongada, la prueba puede determinar el grosor y la "rigidez" de las paredes del ventrículo izquierdo (VI). Cuando la función de bombeo del VI se reduce en pacientes con insuficiencia cardíaca, el VI y el ventrículo derecho (VD) tienden a dilatarse o agrandarse. La ecocardiografía puede medir la gravedad de este agrandamiento. Los estudios seriados realizados anualmente pueden medir la respuesta al tratamiento.

La función de bombeo del corazón se puede evaluar mediante ecocardiografía. Se puede determinar si la capacidad de bombeo del corazón es normal o está reducida en un grado leve o grave. Esta medida se conoce como fracción de eyección (FE). Una FE normal está entre el 55% y el 65%. Los valores inferiores al 45% suelen indicar una disminución en la fuerza de bombeo del corazón, mientras que los valores inferiores al 30%-35% indican una disminución significativa.

La ecocardiografía también permite identificar si el corazón bombea de manera deficiente debido a una afección conocida como miocardiopatía, o si una o más áreas aisladas presentan un movimiento reducido (debido a ataques cardíacos previos). De este modo, la ecocardiografía puede evaluar la capacidad de bombeo de cada cámara del corazón y el movimiento de cada pared visualizada. La disminución del movimiento puede clasificarse de leve a severa. En casos extremos, una zona afectada por un ataque cardíaco puede no tener movimiento (acinesia), o incluso abultarse en la dirección opuesta (discinesia). Esto último se observa en pacientes con aneurisma del ventrículo izquierdo (VI). Cabe señalar que el aneurisma del VI debido a un ataque cardíaco anterior rara vez se rompe o "estalla".

Ecocardiograma transtorácico

El ecocardiograma estándar también se conoce como ecocardiograma transtorácico (ETT) o ecografía cardíaca. En este procedimiento, el transductor (o sonda) del ecocardiógrafo se coloca sobre la pared torácica (tórax) del paciente para obtener imágenes a través de dicha pared. Es una evaluación no invasiva, precisa y rápida del estado general del corazón. Un cardiólogo puede evaluar de manera rápida las válvulas cardíacas y la contracción del músculo cardíaco, lo que es un indicador de la fracción de eyección. Las imágenes se visualizan en un monitor y se graban mediante video analógico o técnicas digitales.

El ecocardiograma permite evaluar las cuatro cámaras del corazón, determinar la fuerza cardíaca, el estado de las válvulas, el revestimiento del corazón (pericardio) y la aorta. También ayuda a detectar ataques cardíacos, agrandamiento o hipertrofia del corazón, e infiltración del corazón con sustancias anormales. Con un ecocardiograma se pueden diagnosticar debilidad cardíaca, tumores cardíacos y diversos otros hallazgos. Además, con mediciones avanzadas del movimiento tisular en el tiempo (Doppler tisular), se puede evaluar la función diastólica, el estado de los líquidos y la disincronía.

La ecocardiografía transesofágica es especialmente precisa para identificar vegetaciones (masas que consisten en una mezcla de bacterias y coágulos sanguíneos), aunque su precisión puede verse reducida hasta en un 20% de los casos en adultos con obesidad, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, deformidades de la pared torácica u otros factores técnicos. En adultos, la ecocardiografía transesofágica tiene limitaciones en la evaluación de estructuras en la parte posterior del corazón, como la orejuela auricular izquierda.

La ecocardiografía transesofágica puede ser más precisa que la ecocardiografía transtorácica, ya que elimina las limitaciones mencionadas y ofrece una visualización más cercana de sitios comunes de vegetaciones y otras anomalías. También permite una mejor visualización de las válvulas cardíacas protésicas.

Ecocardiograma transesofágico

Esta es una forma alternativa de realizar un ecocardiograma. Se introduce una sonda especializada que contiene un transductor de ultrasonidos en la punta en el esófago del paciente, lo que permite la obtención de imágenes y la grabación de Doppler. Este procedimiento se conoce como ecocardiograma transesofágico (ETE) o "TOE" en el Reino Unido. La principal ventaja del ETE sobre el ecocardiograma transtorácico (ETT) es que generalmente se obtienen imágenes más claras, especialmente de estructuras difíciles de visualizar a través de la pared torácica. Esto se debe a que el corazón se encuentra directamente sobre el esófago, lo que permite que el haz de ultrasonidos recorra solo unos milímetros. Esta corta distancia reduce la atenuación (debilitamiento) de la señal de ultrasonidos, generando un retorno más fuerte y mejorando la calidad tanto de las imágenes como del Doppler.

En comparación, la ecografía transtorácica debe atravesar la piel, la grasa, las costillas y los pulmones antes de reflejarse en el corazón y volver a la sonda. Todas estas estructuras, junto con la mayor distancia que debe recorrer el haz, debilitan la señal de ultrasonidos, lo que deteriora la calidad de la imagen y del Doppler.

En adultos, la ecocardiografía transesofágica permite una mejor evaluación de varias estructuras, como la aorta, la arteria pulmonar, las válvulas cardíacas, ambas aurículas, el tabique auricular, la orejuela izquierda y las arterias coronarias. Tiene una alta sensibilidad para detectar coágulos sanguíneos dentro de la aurícula izquierda. Aunque este procedimiento puede realizarse de manera relativamente rápida y sin dolor, requiere que el paciente esté en ayunas (no debe comer ni beber después de la medianoche del día anterior), un equipo médico especializado y un tiempo de realización más prolongado. Además, es incómodo para el paciente y conlleva ciertos riesgos, como la perforación esofágica (1 en 10,000 casos) y posibles reacciones adversas a la medicación.

Antes de introducir la sonda, se administra una sedación consciente al paciente para minimizar las molestias y reducir el reflejo nauseoso, facilitando así el paso de la sonda. La sedación consciente es leve y generalmente se realiza con medicamentos como midazolam (una benzodiazepina con propiedades sedantes y amnésicas) y fentanilo. En algunos casos, se utiliza un anestésico local en aerosol, como xilocaína, para adormecer la parte posterior de la garganta, así como un anestésico en gel o lubricante para el esófago. En los niños, se utiliza anestesia general. A diferencia de la ecografía transtorácica, la ecografía transesofágica se considera un procedimiento invasivo.

Ecocardiografía tridimensional

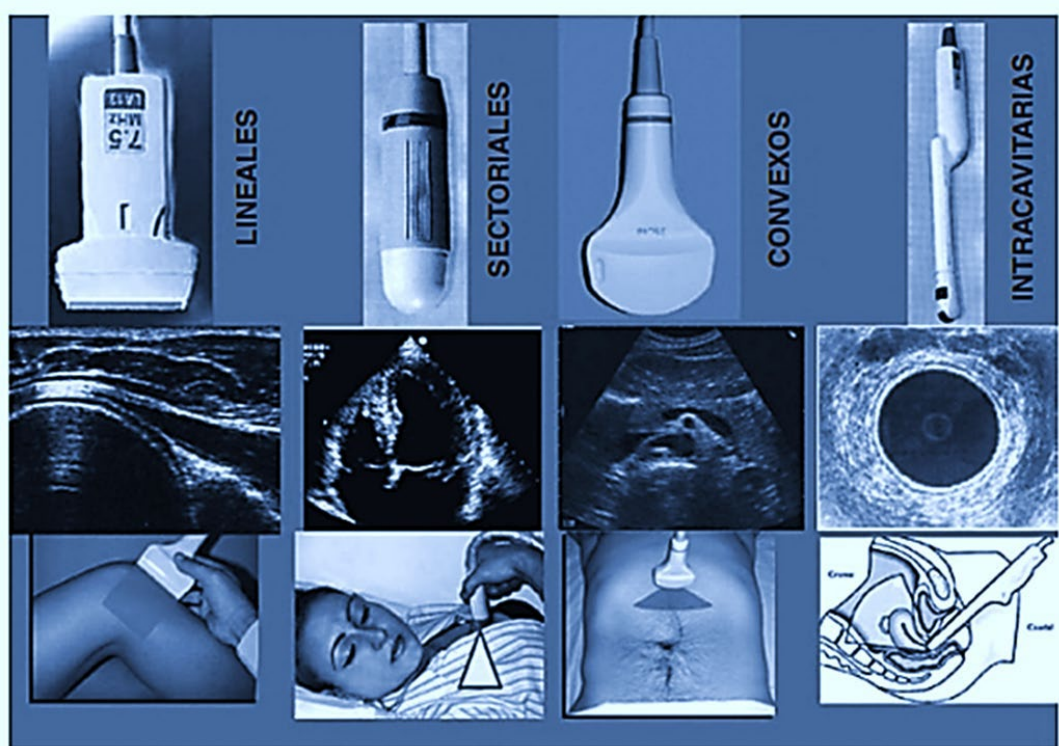
La ecocardiografía tridimensional de un corazón visto desde el ápex es posible gracias al uso de una sonda de ultrasonidos equipada con una serie de transductores y un sistema de procesamiento avanzado. Esto permite una evaluación anatómica detallada de patologías cardíacas, en especial defectos valvulares y miocardiopatías. La capacidad de "cortar" virtualmente el corazón en infinitos planos de forma anatómicamente precisa y de reconstruir imágenes tridimensionales de las estructuras anatómicas hace que la ecocardiografía tridimensional sea única para comprender corazones con malformaciones congénitas.

Estos equipos están diseñados específicamente para analizar en tiempo real las estructuras y la funcionalidad del corazón. Además de detectar defectos congénitos y problemas funcionales, en algunos casos permiten evitar la cateterización para monitorear la función ventricular.

Los transductores

La energía ultrasónica se genera en el transductor, que contiene a los cristales piezoeléctricos, éstos poseen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, de tal manera que el transductor o sonda actúa como emisor y receptor de ultrasonidos. La circonita de titanio de plomo es la cerámica usada como cristal piezoeléctrico y que constituye el alma del transductor. Existen cuatro tipos básicos de transductores: Sectoriales, anulares, de arreglo radial y los lineales; difiere tan sólo en la manera en que están dispuestos sus componentes. Los transductores lineales son los más frecuentemente empleados en ecografía musculoesquelética, se componen de un número variable de cristales piezoeléctricos de forma rectangular que se sitúan, uno frente al otro, funcionan en grupos, de modo que al ser estimulados producen o emiten simultáneamente un haz ultrasónico. La velocidad de transmisión del sonido varía dependiendo del tipo de material por el que atraviese. Los factores que determinan la velocidad del sonido a través de una sustancia son la densidad y la compresibilidad, así tenemos que los materiales con mayor densidad y menor compresibilidad transmitirán el sonido a una mayor velocidad.

Esta velocidad varía dependiendo de las características de cada tejido; por ejemplo, en la grasa las ondas se mueven más lentamente; mientras que, en el aire, la velocidad de propagación es tan lenta, que las estructuras que lo contienen no pueden ser evaluadas por ultrasonido. Por otro lado, la velocidad es inversamente proporcional a la compresibilidad; las moléculas en los tejidos más compresibles están muy separadas, por lo que transmiten el sonido más lentamente.



Tipos de transductores y su respectiva imagen generada

Los materiales densos tampoco transmiten las ondas sonoras con rapidez, ya que las moléculas tan poco distanciadas son difíciles de comprimir. Mientras las ondas ultrasónicas se propagan a través de las diferentes interfases tisulares, la energía ultrasónica pierde potencia y su intensidad disminuye progresivamente, circunstancia conocida como atenuación y puede ser secundaria a absorción o dispersión. La absorción involucra la transformación de la energía mecánica en calor; mientras que la dispersión consiste en la desviación de la dirección de propagación de la energía. Los líquidos se consideran no atenuadores; el hueso es un importante atenuador mediante absorción y dispersión de la energía; mientras que el aire absorbe de forma potente y dispersa la energía en todas las direcciones.

El sonido se refleja en las interfaces entre diferentes materiales o tejidos. Dos factores influyen sobre la reflectividad: la impedancia acústica de los materiales y el ángulo de incidencia del haz del sonido. La impedancia acústica es el producto de la densidad de un material por la velocidad del sonido dentro del mismo.

El contacto de dos materiales con diferente impedancia da lugar a una interface entre ellos. Así como tenemos que la impedancia es igual al producto de la densidad de un medio por la velocidad del sonido en dicho medio: $Z = VD$. Incidente Reflejado

La impedancia acústica de los materiales y el ángulo de incidencia del haz del sonido influyen sobre la reflectividad. La impedancia acústica es el producto de la densidad de un material por la velocidad del sonido dentro del mismo. La interfase entre dos materiales con diferente impedancia acústica se produce por el contacto entre ellos.

Ultrasonido Terapéutico

Descripción general.

Los ultrasonidos son ondas sonoras de alta frecuencia (0.8 a 3 MHz) producidas por un cabezal vibratorio que se aplica sobre la piel, a través del cual penetran en el organismo. Algunos minerales poseen la propiedad de deformarse al someterlos o que generen un impulso eléctrico al ser sometidos a deformación brusca. Fenómeno que recibe el nombre de piezoelectricidad (figura 1).

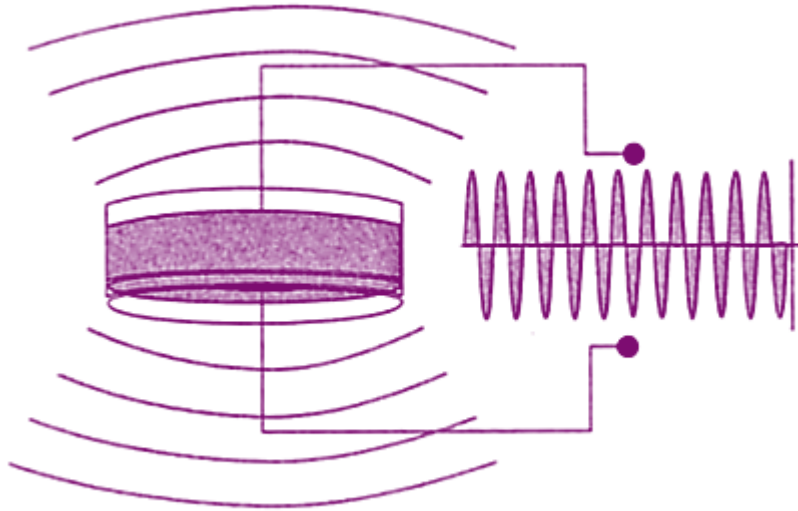


Figura 1: Fenómeno de piezoelectricidad.

Aprovechando esta propiedad es que un generador de impulsos eléctricos, a la frecuencia antes citada, impulsa dirigidos al cabezal de tratamiento, en cuyo interior se encuentra el prisma transductor de electricidad en vibración cinética: transductor de cuarzo con la propiedad de piezoelectricidad. El ultrasonido terapéutico es un dispositivo que convierte la energía electromagnética a ondas de sonido de alta frecuencia (1 o 3 mega Hertz (MHz)), las cuales penetran el tejido para calmar el dolor y facilitar el "healing" del tejido a través de reacciones térmicas y no térmicas.

Principios de operación.

Cuando el tejido absorbe la energía, la mayor parte de esta es convertida en calor. El ultrasonido terapéutico, es una modalidad utilizada en el tratamiento de lesiones de tejido leves. Cuando una onda de ultrasonido pasa a través del tejido parte de esta energía es absorbida produciendo un movimiento molecular. Este movimiento provoca fricción entre las partículas, logrando un aumento de temperatura de estas.

Este calentamiento del tejido puede producir un incremento local del flujo sanguíneo, reducción de los espasmos musculares y del dolor, incremento de la circulación local y de la actividad enzimática, entre otras.

El ultrasonido terapéutico es una unidad con dos componentes básicos: un generador y un transductor. La salida eléctrica del generador es aplicada a través de un cable flexible a un cristal piezoeléctrico en el transductor. El cristal convierte la energía eléctrica en acústica a través del efecto reversa del piezoeléctrico: mientras el voltaje alterna a través del cristal, este se contrae y expande creando vibraciones. Es necesario crear un medio de contacto entre la piel y el transductor, que facilite la transmisión de las ondas sonoras, es necesario utilizar o gel o agua. Casi todos los equipos permiten seleccionar entre modo continuo o pulsado.

- **Modo continuo:** consiste en la aplicación constante de la vibración a la frecuencia elegida (ver figura 2).
- **Modo Pulsado:** son interrupciones en la vibración que dan lugar a impulsos formados por pequeñas ráfagas de ultrasonidos (ver figura 2). La razón pulso es típicamente entre 60 y 120 pulsos por segundo (pps). Las ondas pulsadas son caracterizadas por el ciclo de trabajo: el porcentaje de tiempo donde las ondas de ultrasonido están presentes durante un periodo pulsado. Los ciclos de trabajo están en el rango entre: 5 y 50%.

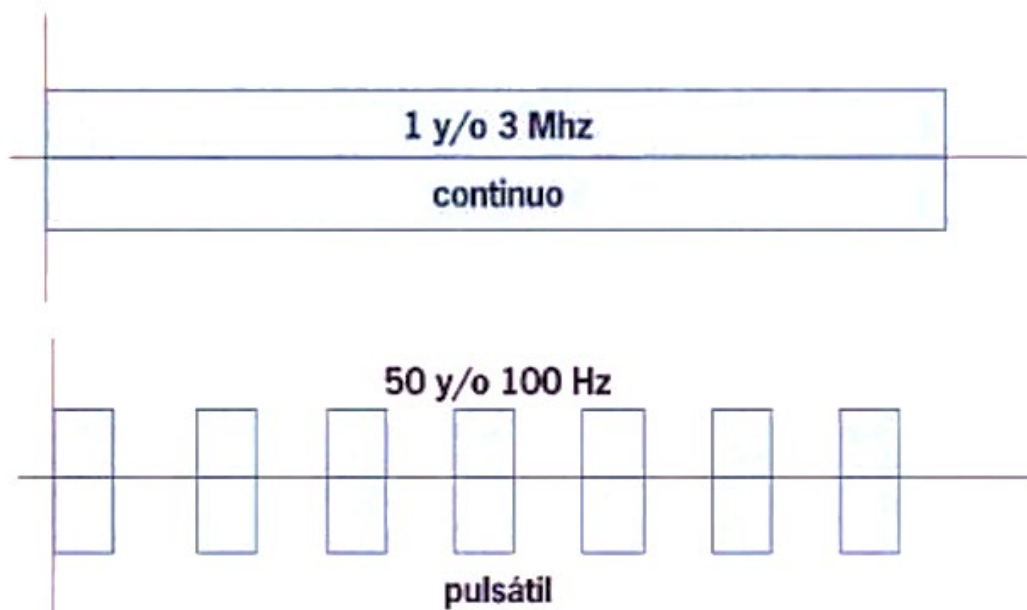


Figura 2: Modos continuo y pulsado.

Dos conceptos importantes a considerar son:

La relación de no uniformidad del haz ultrasónico (beam nonuniformity ratio: BNR): es la relación entre el máximo punto de intensidad del haz en el transductor y el valor promedio de la intensidad a través de la superficie de este. figura 3.

Área efectiva de radiación (effective radiating area: ERA).

Figure 1. Curve of ultrasonic field output across the transducer's surface (shown greater than actual scale)

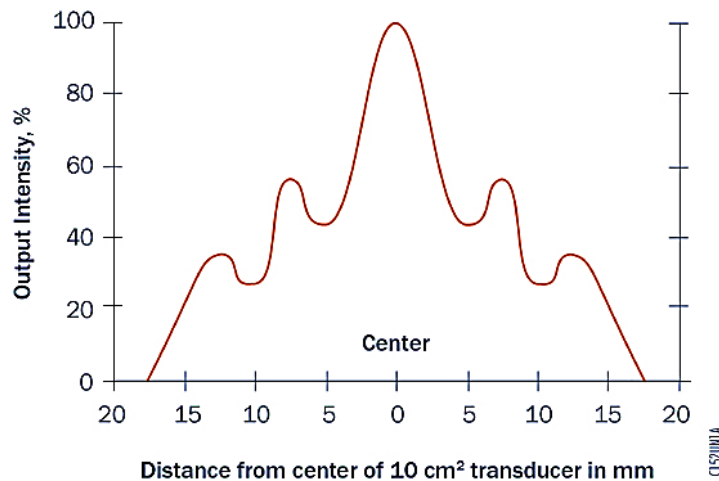


Figura 3: Curva del campo ultrasónico a través de la superficie del transductor

Existen tres formas de aplicar el ultrasonido terapéutico (ver figura 4):

Contacto directo con la piel: dado que el aire es mal conductor se debe utilizar una sustancia de contacto entre la piel del paciente y la superficie del cabezal del transductor que debe tener las siguientes características:

- Buen conductor de ondas ultrasónicas
- Que facilite el deslizamiento
- Que no se reseque
- Que no irrite la piel

Forma subacuática: se utiliza como medio de contacto al agua. El cabezal del transductor se desliza a una distancia de 1 ó 2 cm del miembro a tratar. Este método consiste en interponer entre la piel y el cabezal una bolsa de látex con agua y sin burbujas de aire.

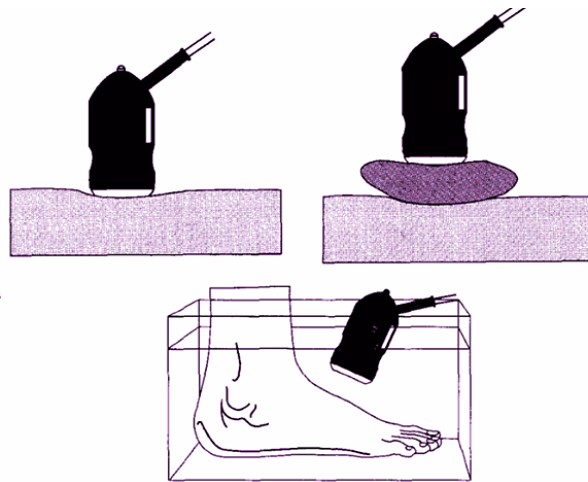


Figura 4: Métodos de aplicación de ultrasonido.

Tipos de Ultrasonidos Terapéuticos.

Para que las ondas emitidas consigan la mayor potencia posible, la pastilla piezoeléctrica debe tener dimensiones y formas acordes y en sintonía con la frecuencia aplicada. De acuerdo con esto existen dos tipos de ultrasonido cuya clasificación depende de la frecuencia suministrada por el mismo, de acuerdo con esto tenemos que:

Ultrasonido de un megahertz (1 MHz): posee mayor penetración en los tejidos vivos, entre 3 y 5 cm de profundidad.

Ultrasonido de tres megahertz (3 MHz): su penetración es más superficial, entre 1 3cm de profundidad.

Los equipos más sencillos sólo tienen la frecuencia de 1 MHz que es la más utilizada y que es aplicada a través de un transductor.

Efectos secundarios y riesgos

En cuanto a los riesgos y efectos, así como a las contraindicaciones asociadas con el uso de los ultrasonidos terapéuticos encontramos lo siguiente:

Se deberá inspeccionar anualmente el equipo para asegurar que la energía de salida sea realmente la que se espera. Para eso se deberán hacer pruebas y calibraciones a la salida.

Existen reportes de quemaduras en pacientes tanto la superficie de la piel como internas producidas por sobrecalentamiento local por.

- Una mala aplicación del transductor.
- Cantidad inadecuada de gel de transductor.
- Pieza de cristal defectuosa.
- Deficiente acoplamiento entre el transductor y la piel del paciente.

Está contraindicado su uso en los siguientes casos:

- Sobre un útero con embarazo.
- Sobre un marcapasos cardiaco.
- En los ojos.
- Sobre el corazón.
- Sobre tejidos malignos.
- Sobre los testículos.
- Sobre o en forma adyacente a tejidos con trombosis.
- Tejidos tratados con radiación.
- Sobre tejidos isquémicos.
- Sobre la médula espinal.

Precauciones en su uso:

Áreas de reducida sensibilidad o circulación.

Los operadores del equipo no deberán ser expuestos a intensas jornadas de trabajo con estos equipos.

- Si el paciente se aqueja de dolor intenso deberá disminuirse la intensidad de este.
- No se debe aplicar el tratamiento sobre pacientes con problemas de hemorragias.



Onda continua:

- Potencia de al menos 2.0 Watts/cm².
- Emisión al 100%.

Onda pulsátil:

- Potencia de al menos 2.2 Watts/cm².
- Ciclo de trabajo del 20%.

Frecuencia de oscilación de 1 MHz +/- 10%.

- Transductor de 5 cm²:
- BNR no mayor a 6,0:1,0.
- ERA de 5 cm² con una variación máxima del 20%.
- Cabezal sellado para tratamientos subacuáticos.
- Selector de tiempo real de tratamiento de 0 a 29 minutos.
- Selección de potencia de salida a Watts y Watt/cm².
- Tabla para masaje cardiaco.

Pantalla:

Despliegue de tiempo de tratamiento, potencia de salida, indicador de modo continuo o pulsado e indicador de pobre acoplamiento.

Opciones adicionales:

Agregar frecuencia de 3 MHz con transductor compatible.

Carro de transporte.

Elementos que componen un equipo ecográfico**Monitor**

Es el monitor donde se muestra la imagen generada por la unidad de procesamiento. Nos permite observar las estructuras anatómicas que se están examinando en tiempo real. Hoy en día, estos monitores pueden reproducir imágenes tanto en escala de grises como en color.

Panel de control

El panel de control se ubica en la parte frontal del ecógrafo y permite al especialista en ecografía realizar diversos ajustes en la configuración del equipo. A través de este, se puede modificar el brillo, la nitidez de las imágenes y la frecuencia de las ondas de sonido. Además, permite configurar los parámetros necesarios para llevar a cabo el tipo de ecografía que el paciente requiere, asegurando que las imágenes y los resultados sean adecuados para el estudio.

Unidad central de procesamiento

Es el componente encargado de recibir la información proporcionada por la sonda, convertirla en impulsos eléctricos y generar una imagen de la parte anatómica en estudio. Los elementos que conforman la Unidad Central son los siguientes:

Pantalla táctil: permite seleccionar digitalmente diversas funciones y programas.

Panel de control: facilita el manejo de las funciones que no pueden ser operadas a través de la pantalla táctil.

Soportes para transductores: cestas diseñadas para sostener los diferentes transductores.

Conectores para transductores: permiten conectar varios transductores (dos o más) simultáneamente, con la opción de seleccionar el transductor desde el panel de control.

Altavoces: posibilitan la audición de los pulsos sanguíneos en modo doppler.

Impresoras térmicas en blanco y negro o color: permiten la impresión en papel de las imágenes seleccionadas durante la exploración.

Unidad CD-RW o MO Disk: los equipos actuales cuentan con sistemas de almacenamiento de imágenes como CD-RW (soportes digitales regrabables) y MO Disk (discos magnetópticos).

Asas y ruedas: facilitan el manejo y transporte del equipo.

Juego de transductores o sondas

Son dispositivos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Fabricados con material piezoeléctrico, funcionan tanto como emisores como receptores de ultrasonido. Generalmente se dispone de un mínimo de tres tipos: curvilíneo, lineal y transvaginal.

Transductores según su frecuencia:

Alta frecuencia (hasta 15 MHz): se usan para explorar estructuras pequeñas y superficiales.
Baja frecuencia (aproximadamente 2,5 MHz): indicados para ecografías que requieren mayor profundidad de penetración.

Transductores según su morfología:

Lineales: generan imágenes rectangulares. Utilizan frecuencias altas ya que no requieren mucha penetración, siendo útiles en la exploración de ligamentos, tendones, músculos, tiroides, escroto, mama y vasos superficiales.

Curvos o convex: tienen forma curva y producen imágenes trapezoidales. Se utilizan con frecuencias bajas, ya que están diseñados para explorar estructuras profundas, como en estudios de obstetricia y abdomen en general.

Sectoriales: son una variante de los transductores convex, con imágenes triangulares o en forma de abanico. Usan frecuencias similares a las de los transductores curvos y permiten un abordaje intercostal, por lo que son utilizados en estudios cardíacos y abdominales.

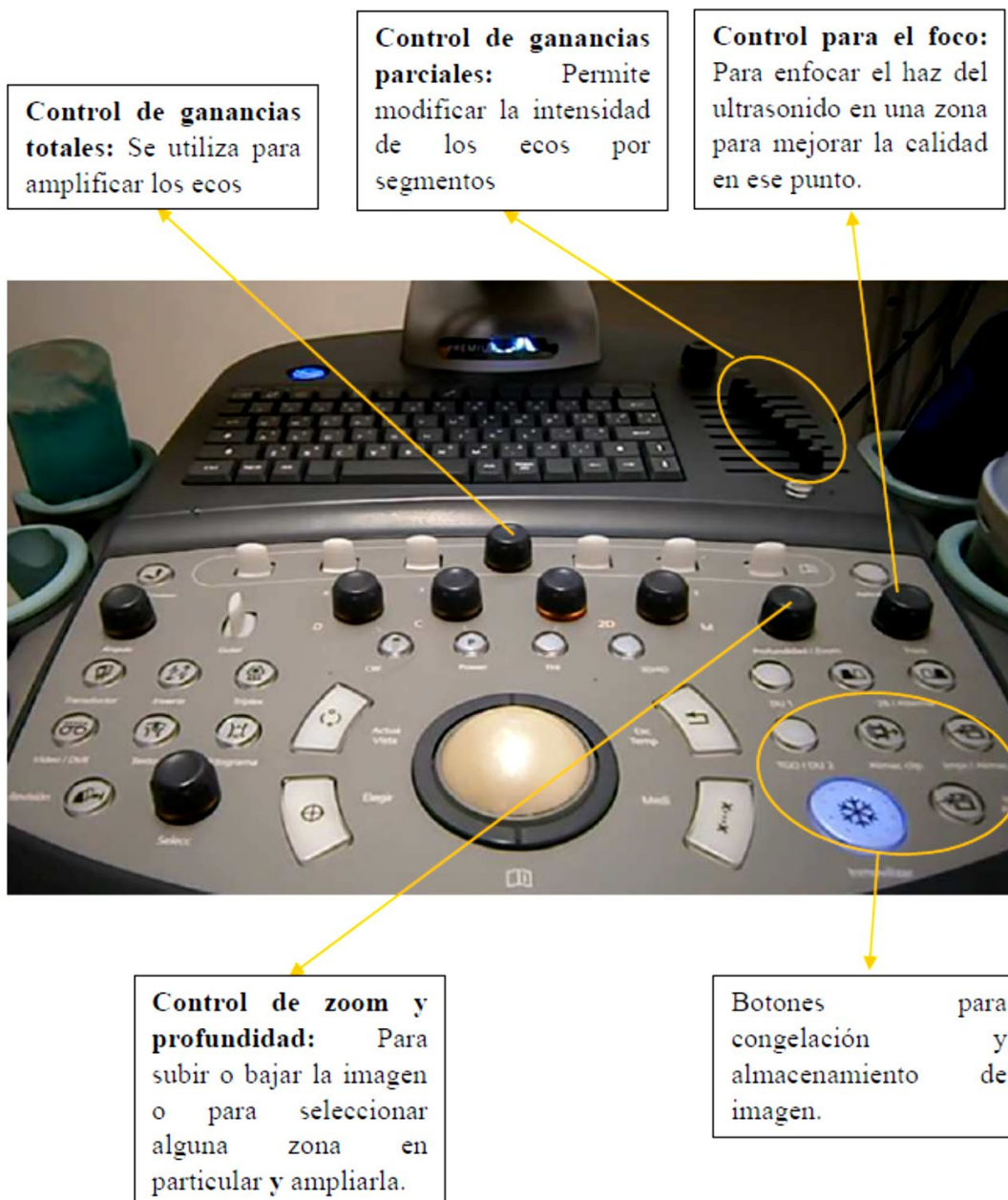
Intracavitarios o endocavitarios: pueden ser lineales y/o convex. Su frecuencia varía según la penetración requerida. Son empleados en estudios intravaginales e intrarrectales.

Sistema de alimentación interrumpida (UPS)

El sistema de alimentación interrumpida, conocido como UPS, es un componente que protege el sistema eléctrico del equipo. Aunque no se utiliza directamente en la realización de las pruebas con el ecógrafo, su función es crucial para prevenir fluctuaciones de potencia. En caso de una pérdida de energía, el UPS suministra la electricidad necesaria durante un período limitado, gracias a las baterías que tiene integradas.

Controles de la Imagen.

Se utilizan para optimizar y ajustar la imagen para su estudio adecuado.

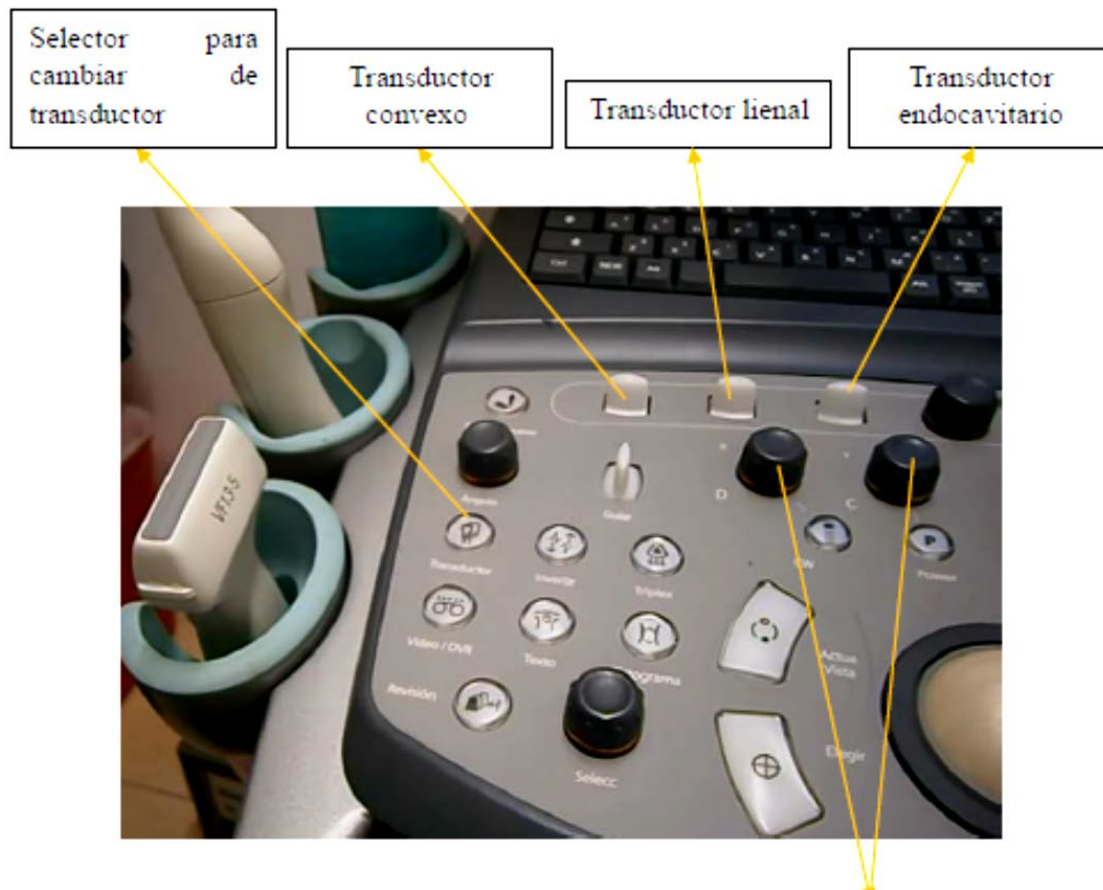


Controles selectores.

Se utilizan para seleccionar el transductor, la frecuencia y cambiar el modo de ecografía de acuerdo a las necesidades del estudio. Todos los equipos vienen programados para iniciar con el modo bidimensional.



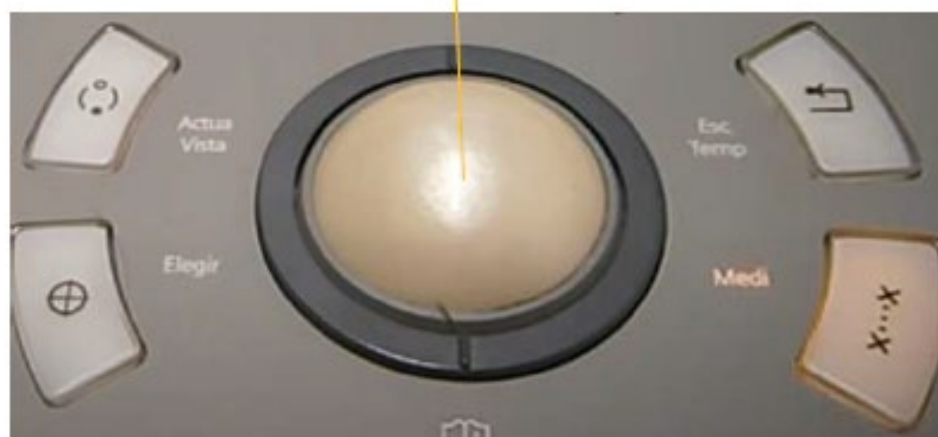
Botones de selección de ajuste de imagen



Otros controles (mediciones, cálculos, impresión, etc)

Se utilizan para activar el lápiz óptico para realizar cálculos de área, volumen y también nos permite acceder a tablas obstétricas, entre otras funciones.

Trackball para
medidas, textos,
opciones de menú



Botones para
dividir la pantalla

Problemas comunes

Algunos de los problemas más comunes que se presentan con los equipos de ecografía son:

Desconexión interna en el cable: Es una grieta o separación en el espacio de conexión entre el cable y el transductor, esto puede dañar los alambres al interior del cable y resultar incluso en la pérdida total de la imagen del ultrasonido.

Caída de cristales: La sonda contiene cristales piezoeléctricos que envían y reciben señales. Si se cae la sonda, estos cristales suelen desordenarse, lo que provoca imágenes débiles o irregulares.

Daños en los conectores: Los conectores de sonda son la pieza de la sonda que se conecta al sistema de ecografía. El conector es un pequeño enchufe con clavijas. Estos pueden doblarse, por su fragilidad, lo que afecta a la capacidad de exploración.

Daño de la membrana: La membrana es el revestimiento de silicona blanda que rodea la sonda (la parte que entra en contacto con el paciente). A menudo, se degrada debido al contacto frecuente con la piel, lo que provoca grietas, roturas y pequeños desgarros.

Daño de la lente del transductor: Con el tiempo, pueden aparecer pequeños rayones en el lente lo que afecta su capacidad normal de funcionamiento.

Lente seca: Se presenta cuando se utilizan productos de desinfección no aptos para los lentes de los transductores.

Mantenimiento

Limpieza

- Interior del sistema
- Ventilación y filtros
- Periféricos

Seguridad eléctrica

- Impedancia de toma de tierra
- Corriente de pérdida de tierra
- Corriente de pérdida del cerramiento
- Corriente de pérdida del paciente
- Corriente de pérdida del paciente (tensión de alimentación eléctrica en la pieza de contacto)

Seguridad mecánica

- Panel de control
- Montaje del mecanismo de los periféricos
- Otras piezas mecánicas
- Aspecto del transductor

Imagen

- Imágenes de todos los modos
- Imágenes obtenidas de transductores estándar

Solución de problemas

El sistema no funciona después de encenderlo

Apagar el equipo, después de apagar el sistema, lleve a cabo las siguientes comprobaciones:

1. Compruebe si el cable de alimentación está conectado a la toma.
2. Compruebe si la fuente de alimentación es normal.
3. Vuelva a encender el sistema.

El sistema funciona, pero la pantalla no se ve.

1. Mueva los mandos de brillo y contraste para ajustar el brillo y el contraste de la pantalla.
2. Si la pantalla sigue sin mostrar nada, apague el sistema y vuelva a encenderlo (tras apagar el sistema, espere al menos 10 segundos antes de volver a encenderlo).

La pantalla muestra los caracteres, pero no las imágenes.

1. Compruebe si el transductor está conectado al sistema correctamente.
2. Si la imagen está congelada, descongélela.
3. Mueva el mando de ganancia o pulse las teclas de TGC.
4. Si la pantalla sigue sin mostrar ninguna imagen, apague el sistema y vuelva a encenderlo (tras apagar el sistema, espere al menos 10 segundos antes de volver a encenderlo).

La imagen es anómala.

1. Seleccione un modo de examen adecuado.
2. Ajuste la imagen.

La visualización de la pantalla presenta anomalías.

Apague el sistema y vuelva a encenderlo (tras apagar el sistema, espere al menos 10 segundos antes de volver a encenderlo).

Se muestra un mensaje de error en la pantalla, que no desaparece.

Apague el sistema y vuelva a encenderlo (tras apagar el sistema, espere al menos 10 segundos antes de volver a encenderlo).

No se puede realizar una operación.

Apague el sistema y vuelva a encenderlo (tras apagar el sistema, espere al menos 10 segundos antes de volver a encenderlo).

Avances recientes y tendencias actuales

La nueva tendencia de la ecografía es encontrar nuevas aplicaciones a los ultrasonidos con el fin de que trascienda más allá de una modalidad de imagen médica como apoyo diagnóstico. Es por ello que se ha incursionado en la ecografía terapéutica o intervencionista donde se producen altos niveles de emisión acústica que pueden focalizarse en objetivos específicos con el fin de calentar, ablacionar o romper tejidos.

Ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU): Es un tipo de ultrasonido terapéutico que utiliza haces de sonido de alta intensidad. Se está investigando como método para modificar o destruir tejidos enfermos o anormales del interior del cuerpo (tumores) sin causar daños al tejido circundante debido a que está aprobado por la FDA para el tratamiento de los fibromas uterinos, para aliviar el dolor de las metástasis óseas y para la ablación del tejido prostático. El HIFU también se está investigando como método para cerrar heridas y detener hemorragias, deshacer coágulos en los vasos sanguíneos y abrir temporalmente la barrera hematoencefálica para que puedan pasar los medicamentos.

Bibliografía:

- Kitchen, S., Bazin, S. (2002). Electrotherapy: Evidence-Based Practice. Elsevier Health Sciences.*
- Robertson, V. J., Baker, K. G. (2001). A review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies. Physical Therapy, 81(7), 1339-1350.*
- Watson, T. (2008). Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. Ultrasound, 16(3), 159-165.*
- Dyson, M. (1987). Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. Physiotherapy, 73(3), 116-120.*
- Lehmann, J. F. (1982). Therapeutic Heat and Cold. Williams & Wilkins.*



[Xavier Pardell](#)