

## CULTURA Y MEDICINA

# Historia y desarrollo del ultrasonido en la Imagenología

Dra. Madyaret Águila Carbelo<sup>1</sup> , Dra. Leidelén Esquivel Sosa<sup>2</sup> , Claudia Rodríguez González<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Hospital Clínico Quirúrgico Universitario “Arnaldo Milián Castro”, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

<sup>2</sup>Hospital Pediátrico Universitario “José Luis Miranda”, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

## RESUMEN

**Introducción:** la Imagenología es la ciencia de las imágenes médicas y se ocupa de todas las imágenes normales y anormales de las estructuras, los tejidos y los órganos internos. El ultrasonido no es un invento, sino un evento físico natural que puede ser provocado por el hombre. **Objetivo:** dar a conocer la historia y el desarrollo del ultrasonido en la Imagenología y su participación en el desarrollo de la Medicina y en el proceso salud-enfermedad. **Método:** se realizó una revisión bibliográfica entre enero y julio de 2018, se consideraron libros de texto y artículos originales y de revisión publicados. La búsqueda fue realizada fundamentalmente en las bases de datos SciELO, Science Direct y Medigraphic. **Desarrollo:** se conoce como ecografía la obtención de imágenes diagnósticas a partir de los ecos obtenidos por la emisión de ondas de ultrasonido. **Conclusiones:** el ecógrafo es un beneficio tecnológico, compendio del conocimiento de las ondas sonoras y de la posibilidad de producir ultrasonidos por medio de fenómenos piezoeléctricos, es el medio diagnóstico más útil y tiene múltiples ventajas. **Palabras clave:** ultrasonografía; historia; desarrollo

## ABSTRACT

**Introduction:** Medical Imaging is the medical science that deals with all normal and abnormal images of structures, tissues and internal organs. Ultrasound is not an invention, but a natural physical event that can be caused by man. **Objective:** To present the history and development of ultrasound in medical imaging and its function in the development of medicine and in the health-disease process. **Method:** A bibliographic review was carried out from January to July 2018. Text books and original and review articles were considered. The search was carried out mainly in the SciELO, Science Direct and Medigraphic databases. **Development:** It is known as ultrasound scan the procedure to obtain diagnostic images from the echoes obtained by the emission of ultrasound waves. **Conclusions:** The ultrasound scan is a technological improvement, a compendium of the knowledge of sound waves and the possibility of producing ultrasound by means of piezoelectric phenomena, it is the most useful diagnostic means and has multiple advantages.

**Key words:** ultrasonography; history; developing

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad se ha podido apreciar la influencia ejercida por el desarrollo de las tecnologías y por el desarrollo social en las

ciencias médicas, lo que ha representado una posibilidad extraordinaria de progreso para el proceso salud enfermedad en el hombre, lo que se manifiesta en la mejora de indicadores como el aumento de la esperanza de vida, la significativa disminución de la morbilidad por enfermedades infecciosas en los países desarrollados y las enormes posibilidades que tienen las Ciencias Médicas en la actualidad.<sup>(1,2)</sup>

Los avances tecnológicos constituyen un elemento de vital importancia para la vida y la salud humanas<sup>(1)</sup> porque condicionan el incremento de la calidad y el nivel de vida de los hombres, factores que son indicadores fundamentales de la salud humana, de ahí que sus efectos se extiendan hacia numerosos aspectos relacionados, directa e indirectamente, con el nivel de vida de la población. La influencia de la tecnología sobre la vida humana es compleja pues el desarrollo desproporcionado y la brecha existente entre los países desarrollados y los subdesarrollados hace que este importante componente de calidad y nivel de vida sea una falacia para una gran parte de la población<sup>(2)</sup> que se ve privada de estos indicadores por el desnivel y la desproporción en el desarrollo científico. La nueva ola de cambios tecnológicos también ha aumentado la brecha existente en la atención médica entre los países más y los menos desarrollados.

Cuba es un país peculiar dentro del tercer mundo a pesar de enfrentar una crítica situación económica por el colapso del campo socialista y la situación del mercado internacional. Esa situación crítica podría parecer insalvable, sobre todo ante un escenario de fondo de desigualdades impuestas por el sistema capitalista internacional y por el brutal bloqueo económico y científico a que está sometida, pero ha demostrado que se puede hacer más con menos y se ha elevado a posiciones de vanguardia a nivel mundial. No existe prácticamente ninguna tecnología, aún la más sofisticada, a la que no acceda la Salud Pública cubana y, por tanto, toda la población.<sup>(3)</sup>

La ciencia de las imágenes diagnósticas médicas o Imagenología es un campo que experimenta actualmente una extraordinaria expansión como resultado del desarrollo acelerado de la revolución científico-técnica.<sup>(4)</sup> No hay especialización, ni estructura ni órgano humano que permanezca alejada de su exploración y de sus beneficios.

El ultrasonido (US) no es un invento, sino un evento físico natural que puede ser provocado por el hombre. Siempre estuvo presente, solo faltaban ojos observadores y mentes brillantes de personas de diferentes ramas de las ciencias para guiar su utilización, como ocurrió en el área de la Medicina, en la que se produjo un gran impacto en el proceso diagnóstico.<sup>(5)</sup> Conocido popularmente como ecografía ha tenido una evolución muy rápida gracias a su inocuidad porque facilita la posibilidad de practicar repetidamente exploraciones ecográficas a un mismo paciente sin riesgos y sin preparaciones dispendiosas y a un costo relativamente bajo.<sup>(6)</sup>

Con este trabajo se pretende profundizar en la historia y el desarrollo de tecnologías como el ultrasonido (o ecografía), tecnología de la Especialidad de Imagenología que ha sido impulsada desde hace siglos, precisamente por ser un medio diagnóstico inocuo y muy útil. Su aplicación es el resultado de una serie de acontecimientos a lo largo de la historia, unido a la perspicacia médica, la

curiosidad y las habilidades de pioneros y sus continuadores en el campo de la investigación.

## MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica entre enero y julio de 2018. Las palabras clave utilizadas fueron ecografía, ultrasonido, diagnóstico clínico y el descriptor ultrasonografía en idioma español e inglés identificado a través del DeCS y del MeSH. La búsqueda fue realizada fundamentalmente en las bases de datos SciELO, Science Direct y Medigraphic.

Se identificaron y revisaron libros de textos y artículos de revistas en español e inglés; además, se consultaron especialistas en el tema. Se detallaron criterios que sustentan la historia y el desarrollo alcanzado en el ultrasonido basados en el análisis histórico lógico de la bibliografía consultada.

## DESARROLLO

La humanidad recibió muchos beneficios debido al uso diagnóstico de los rayos X, por lo que los investigadores se estimularon para introducir otras energías y otros métodos menos agresivos en su afán por explorar los más apartados y escondidos rincones del organismo; las peligrosas radiaciones ionizantes fueron sustituidas por la ultrasonografía, la tomografía axial computadorizada y la resonancia magnética,<sup>(7)</sup> tecnologías que abrieron el camino de las imágenes como medio diagnóstico en el campo de la Medicina. Esta revolución tecnológica ha cambiado la historia natural de numerosas enfermedades que pueden ser diagnosticadas precozmente y con mayor precisión y evolucionar favorablemente con el tratamiento. Lo común entre estas técnicas es el procesamiento de las imágenes por computadoras; sus consecuencias son incalculables.<sup>(8)</sup>

El término ecografía tiene dos significados: tipo de afasia en que el enfermo puede copiar escritos pero no puede escribir ideas propias (el más antiguo) y obtención de imágenes diagnósticas a partir de los ecos obtenidos por la emisión de ondas de ultrasonido (el más común).<sup>(6)</sup> Un pequeño instrumento llamado transductor, muy similar a un micrófono, emite ondas de ultrasonidos. Estas ondas sonoras de alta frecuencia se transmiten hacia el área del cuerpo bajo estudio y se recibe su eco. El transductor recoge el eco de las ondas sonoras y una computadora lo convierte en una imagen que aparece en la pantalla.<sup>(9,10)</sup>

Los ultrasonidos son ondas sonoras de alta frecuencia (más de 20 000 ciclos por segundo o 20 kHz) no audibles para el ser humano. Los distintos tejidos alteran las ondas de diferentes formas, algunos la reflejan directamente y otros las dispersan en forma de ecos antes que lleguen al transductor. Los ecos reflejados más profundos son más atenuados que los superficiales. Cuando los ecos vuelven al transductor es posible reconstruir un mapa bidimensional de los tejidos.<sup>(11)</sup>

### Modos de ultrasonidos<sup>(11,12)</sup>

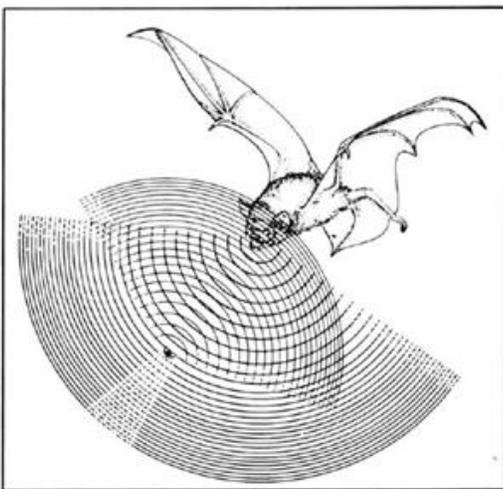
- Modo A: los ecos se reflejan en picos y es posible medir la distancia entre las distintas estructuras, es utilizado en encefalografía y oftalmología

- Modo B: imágenes bidimensionales en las que la amplitud del eco se expresa por puntos más o menos brillantes, es aplica fundamentalmente en estudios de abdomen
- Modo M: muestra el movimiento en función del tiempo, es utilizado en ecocardiografía.

El empleo del ultrasonido como método de examen en Medicina, en la actualidad, es una forma más perfeccionada de la exploración clínica acústica.<sup>(13)</sup> Actualmente es una técnica de exploración con amplias aplicaciones en muy diversas especialidades.

### Los orígenes del ultrasonido y su aplicación en Medicina:

En 1793 el italiano Lassarò Spallanzani, profesor de Padua, descubrió que los murciélagos podían realizar sus vuelos con gran seguridad aún en la más completa oscuridad, o sea, que poseían algún sentido que a los científicos de la época les era desconocido. Jurin observó que si se cubría la cabeza de los murciélagos con capuchas no podían obviar obstáculos en su vuelo, aunque las capuchas fueran transparentes; pensó entonces que el oído estaba implicado: tapándoselos con cera el murciélago era incapaz de saltar los obstáculos en la oscuridad. A su muerte Spallanzani estaba plenamente convencido de que el murciélago en la noche se orientaba gracias al oído y que al volar debía producir algún sonido que se reflejaba sobre los objetos, por lo que era nuevamente percibido por él; es decir, que se trataba de una especie de eco (figura 1). La teoría de Spallanzani tenía un inconveniente porque en la época solo eran conocidas las ondas sonoras (audibles) y el vuelo del murciélago era silencioso. Por esto, su teoría fue muy criticada y enterrada durante muchos años.<sup>(13)</sup>



**Figura 1.** Ilustración esquemática de la orientación del murciélago por ultrasonido. Usan los ecos para orientarse y para calcular la velocidad de vuelo<sup>(13)</sup>

El fin de la última centuria fue una época fructífera científicamente. Durante ese tiempo se descubrieron las ondas de radio, la radioactividad, los rayos X y la existencia de la energía acústica fuera de los límites percibidos para el oído humano (infrasonidos y ultrasonidos).<sup>(13)</sup>

Los hermanos Pierre y Jacques Curie, en 1880, descubrieron el fenómeno de la piezoelectricidad<sup>(13)</sup> y publicaron los resultados obtenidos al experimentar la

aplicación de un campo eléctrico alternante sobre cristales de cuarzo y turmalina, los que produjeron ondas sonoras de muy altas frecuencias.<sup>(6)</sup>

En 1883 apareció el llamado silbato de Galton, usado para controlar perros por medio de sonido inaudible a los humanos.<sup>(6,12)</sup>

En 1912, poco después del hundimiento del Titanic, el inglés L. F. Richardson sugirió la utilización de ecos ultrasónicos para detectar objetos sumergidos. Durante la Primera Guerra Mundial, se trabajó intensamente en esta idea, intentando detectar submarinos enemigos.<sup>(10,13)</sup>

En 1917 Paul Langevin y Chilowsky produjeron el primer generador piezoeléctrico de ultrasonido, su cristal servía también como receptor y generaba cambios eléctricos al recibir vibraciones mecánicas. El aparato fue utilizado para estudiar el fondo marino como una sonda ultrasónica para medir profundidad.<sup>(6,12)</sup>

El zoólogo norteamericano Griffinn, en el año 1938, demostró experimentalmente la existencia real de la emisión de ultrasonidos por los murciélagos.<sup>(13)</sup>

La invención del llamado reflectoscopio por F. A. Firestone (1942), que permitía detectar defectos internos en las estructuras sólidas, dio las bases para la construcción de los ecógrafos actuales. El reflectoscopio utilizaba un método de eco en el que el emisor estaba constituido por un cuarzo piezoeléctrico, en tanto que el receptor lo constituía un piezoeléctrico de sales de Rochelle; ambos piezoeléctricos estaban al mismo lado del objeto examinado. Las ondas reflejadas en el interior de las sustancias o materiales eran exhibidas cuantitativamente en la pantalla oscilográfica.<sup>(13)</sup>

Terminada la Segunda Guerra Mundial comenzó el desarrollo de equipos diagnósticos en Medicina cuando grupos de investigadores japoneses, americanos y de algunos países europeos trabajan paralelamente para fabricar los primeros prototipos de equipos para diagnóstico médico en modo A (*Analogue*) y, posteriormente, en modo B (*Bright*) con imagen analógica.<sup>(5)</sup>

Los ultrasonidos como medios de diagnóstico en Medicina fueron introducidos, por primera vez, en 1942 por Dussik para explorar anomalías cerebrales.<sup>(13)</sup> El psiquiatra intentó detectar tumores cerebrales al registrar el paso del haz sónico a través del cráneo y trató de identificar los ventrículos al medir la atenuación del ultrasonido, lo que denominó hiperfonografía del cerebro.<sup>(6,10)</sup>

En 1949 George Ludwig y Francis Stuthers, basados en la técnica descrita por F. A. Firestone, estudiaron la utilización de los ultrasonidos para detectar cuerpos extraños como el metal, el vidrio, la madera, los plásticos, los cálculos biliares, etc., incluidos experimentalmente en diferentes tejidos orgánicos. Este trabajo fue la primera aplicación del método eco-impulso con finalidades biológicas; las frecuencias utilizadas en estas experiencias oscilaron entre uno y 2,5 MHz.<sup>(13)</sup>

En 1951 hizo su aparición el ultrasonido compuesto, en el que un transductor móvil producía varios disparos de haces ultrasónicos desde diferentes posiciones y hacia un área fija. Los ecos emitidos se registraban y se integraban en una sola imagen. Se usaron técnicas de inmersión en agua con toda clase de recipientes: una tina de lavandería, un abrevadero para ganado y una torreta de ametralladora de un avión B-29.<sup>(6,10)</sup>

En 1952, Howry y Bliss publicaron imágenes bidimensionales del antebrazo, en vivo. Wild y Reid publicaron imágenes bidimensionales de carcinoma de mama, de

un tumor muscular y del riñón normal. Posteriormente estudiaron las paredes del sigmoides mediante un transductor colocado a través de un rectosigmoidoscopio y también sugirieron la evaluación del carcinoma gástrico por medio de un transductor colocado en la cavidad gástrica.<sup>(6,10)</sup>

En 1953 Lars Leksell usó un reflectoscopio de la marca Siemens y detectó el desplazamiento del eco de la línea media del cráneo en un niño de 16 meses. La intervención quirúrgica confirmó que este desplazamiento era causado por un tumor. El trabajo fue publicado solo hasta 1956. Desde entonces se inició el uso de ecoencefalografía en modo M.<sup>(6,10)</sup>

En 1954 Ian Donald hizo investigaciones con un detector de grietas en aplicaciones ginecológicas.<sup>(6,10)</sup>

En 1956 Wild y Reid publicaron 77 casos de anomalías de seno palpables y estudiadas por ultrasonido, y obtuvieron un 90% de certeza en la diferenciación entre lesiones quísticas y sólidas.<sup>(6,10)</sup> También en este año G.H. Munt y W.H. Huges estudiaron las propiedades biofísicas de los ultrasonidos y, por primera vez, indicaron su posible aplicación en el diagnóstico ocular.<sup>(13)</sup>

En 1957 el ingeniero Tom Brown y el Dr. Donald construyeron un escáner de contacto bidimensional, lo que evitaba la técnica de inmersión. Tomaron fotos con película Polaroid y publicaron el estudio en 1958. El Dr. Donald inició en este mismo año los estudios obstétricos a partir de los ecos provenientes del cráneo fetal. En ese entonces se desarrollaron los calipers -cursos electrónicos-.<sup>(6,10)</sup>

Luego de varios años de desarrollo, en la década de 1950, el US es aceptado por las sociedades médicas como instrumento de diagnóstico en Medicina, lo que dio origen a un sinnúmero de trabajos de investigación en distintas áreas de aplicación. El primer artículo publicado en una revista científica de prestigio apareció en la Lancet, en 1958, en él se describió la experiencia con un grupo de 100 pacientes normales y con enfermedad abdominal.<sup>(5)</sup>

En esta época los equipos eran de gran tamaño y ocupaban espacios considerables. No existía aún el gel conductor y los pacientes eran sumergidos en un estanque lleno con una solución conductora como el agua y debían permanecer sin moverse durante la adquisición de las imágenes.<sup>(5)</sup>

En 1959 Satomura informó el uso, por primera vez, del Doppler ultrasónico en la evaluación del flujo de las arterias periféricas.<sup>(6,10)</sup>

En 1960, el Dr. Donald desarrolló el primer escáner automático, que resultó no ser práctico por lo costoso.<sup>(6,10)</sup> Howry introdujo el uso del transductor sectorial mecánico *-hand held scanner-*.<sup>(6,10)</sup>

En 1962 Homes produjo un scanner que oscilaba cinco veces por segundo sobre la piel del paciente y permitía una imagen rudimentaria en tiempo real.<sup>(6,10)</sup>

En 1963 un grupo de urólogos japoneses reportó exámenes ultrasónicos de la próstata, en el modo A.<sup>(6,10)</sup>

En 1964 apareció la técnica Doppler para estudiar las carótidas, con gran aplicación en Neurología.<sup>(6,10)</sup>

En 1965 la firma austriaca Kretztechnik, asociada con el oftalmólogo Dr. Werner Buschmann, fabricó un transductor de 10 elementos dispuestos en fase para examinar el ojo y sus arterias, etc.<sup>(6,10)</sup>

En 1966 Kichuchi introdujo la ultrasonocardiografía sincronizada, que tenía la finalidad de obtener estudios en nueve diferentes fases del ciclo cardíaco; se utilizaba un transductor rotatorio y una almohada de agua.<sup>(6,10)</sup>

En 1967 se inició el desarrollo de transductores de modo A para detectar el corazón embrionario, factible en ese entonces a los 32 días de la fertilización.<sup>(6,10)</sup>

En 1968 Sommer informó el desarrollo de un scanner electrónico con 21 cristales de 1,2 MHz que producía 30 imágenes por segundo y que fue realmente el primer aparato en reproducir imágenes en tiempo real con una resolución aceptable.<sup>(6,10)</sup>

En 1969 se desarrollaron los primeros transductores transvaginales bidimensionales, que rotaban 360 grados y que fueron utilizados por Kratochwil para evaluar la desproporción cefalopélvica. También se inició el uso de las sondas transrectales.<sup>(6,10)</sup>

En 1970 Kratochwill comenzó la utilización del ultrasonido transrectal para valorar la próstata. En 1971 introdujo la escala de grises, que marcó el comienzo de la creciente aceptación mundial del ultrasonido en el diagnóstico clínico. En el 1977 Kratochwill combinó el ultrasonido y la laparoscopia e introdujo un transductor de 4,0 MHz a través del laparoscopio con el objeto de medir los folículos mediante el modo A. La técnica se extendió hasta examinar la vesícula, el hígado y el páncreas.<sup>(6,10)</sup>

A comienzos de la década de 1970 se introdujo el *scan converter*, con el que se lograron las primeras imágenes de la anatomía en escala de grises. A fines de esta misma década se agregaron los micro-procesadores controlados y finalmente se lograron imágenes en tiempo real de alta resolución. Así, progresivamente, quedan obsoletas las máquinas estáticas con brazos articulados y lenta adquisición de las imágenes. La aceptación clínica es mayor y más rápida porque existe una perspectiva real para el uso masivo de esta técnica inocua, de bajo costo y portátil.<sup>(5)</sup>

En 1982 Aloka anunció el desarrollo del Doppler a color en imagen bidimensional y en 1983 introdujo al mercado el primer equipo de Doppler a color que permitió visualizar, en tiempo real y a color, el flujo sanguíneo. En 1983 Lutz usó la combinación de gastroscopio y ecografía para detectar cáncer gástrico y para el examen de hígado y páncreas.<sup>(6,10)</sup>

Fue esta una época en que los ultrasonidos mejoraron, se perfeccionaron los transductores y se introdujo la digitalización de imágenes, lo que permitió una mejor calidad de las imágenes obtenidas. Se introdujeron el Doppler espectral y a color y el power Doppler, que posibilitaron no solo el estudio de los vasos, sino también la caracterización de los tumores de acuerdo a su vascularización. Se introdujeron nuevas técnicas como los armónicos, que permiten delimitar mejor los contornos de una lesión.

En los últimos años el diagnóstico por ultrasonido ha adquirido gran importancia en Medicina,<sup>(13)</sup> la interpretación de las imágenes ultrasónicas obtenidas con la técnica convencional en el campo de las enfermedades abdominales ha mejorado considerablemente tras la incorporación de la escala de grises a finales de 1974. El contar actualmente con ecógrafos de gran resolución en sus imágenes y con sondas de examen de fácil maniobrabilidad ha dado lugar a una amplia difusión y

aceptación del diagnóstico por ultrasonido, que se utiliza en diferentes áreas de la Medicina con óptimos resultados.<sup>(13)</sup>

Los avances en el campo de la medicina materno-fetal han aportado a la sociedad la posibilidad de establecer una unión emocional con los neonatos mucho más profunda de lo que hasta ahora se creía posible gracias a una calidad de imagen que permite ver el aspecto del futuro bebé en fotografía (3D) o en imagen en movimiento (4D). Para lograrlo, mediante el ecógrafo, se emiten los ultrasonidos en cuatro ángulos y direcciones. A la paciente se le aplica, en la zona abdominal, un gel para mejorar la eficiencia del proceso y se le pasa el emisor suavemente. Los ultrasonidos rebotan y son captados por el ordenador, que procesa automáticamente la información para reproducir en la pantalla la imagen a tiempo real del bebé -figura 2-.<sup>(14)</sup>



**Figura 2.** Imagen a tiempo real del bebé.

Fuente: Ecografía 3D / 4D. Unidad Materno Fetal Santa Paula

Aunque ya se obtienen imágenes tridimensionales, el empleo de esta tecnología ha sido desaprovechado pues se ha limitado a usos puramente estéticos, para estimular a las madres a ver sus hijos en tercera dimensión, pero no para mejorar el diagnóstico. Los transductores volumétricos tienen muchos más cristales que los lineales y aumentan considerablemente la exposición del feto al ultrasonido, lo que si es peligroso; el emplear Doppler en Obstetricia somete al feto a mayores intensidades, por lo que es prudente evitarlo. Por lo demás, el ultrasonido diagnóstico es totalmente inocuo y seguro.<sup>(6)</sup>

El concepto actual de ecografía obstétrica es totalmente diferente al establecido hasta hace pocos años: es la forma más confiable y segura de examinar al embrión y al feto y de controlar la gestación. La ecografía obstétrica la hace el médico de cabecera al examinar a la paciente por primera vez, lo que ahorra gastos y tiempo, tan pronto se sospeche el embarazo; no hay que esperar a que pasen meses para poder obtener un diagnóstico.<sup>(6,15)</sup>

Técnicas como la exploración transvaginal han cambiado totalmente la concepción de la ecografía. Nuevos estudios como la urosonografía hacen innecesaria la práctica de exámenes peligrosos y complicados como la urografía excretora, la sonomamografía hace innecesaria la mamografía y la ecografía de tiroides desplaza a la gammagrafía.<sup>(6)</sup>

Actualmente la ecografía transvaginal es el medio de controlar los dispositivos intrauterinos (DIU) porque la sola visualización o la palpación del hilo es

insuficiente e insegura, como pueden corroborarlo el gran número de pacientes que han quedado embarazadas con DIUs supuestamente bien colocados.<sup>(6)</sup>

Otra utilidad de la ecografía es en el examen de la cavidad torácica. El ultrasonido torácico representa una técnica de apoyo para tomar decisiones, es útil en la valoración de enfermedades del parénquima pulmonar periférico, la pleura, la pared torácica, el diafragma y el mediastino y es de gran utilidad como guía en procedimientos intervencionistas diagnósticos y terapéuticos. Sus principales ventajas radican en la ausencia de radiaciones ionizantes, la capacidad de explorar en tiempo real y la posibilidad de realizar la exploración en la cabecera del paciente. Incrementa la seguridad para el paciente y disminuye costos y tiempo.<sup>(16,17)</sup> La ecografía torácica puede usarse junto con otros tipos de pruebas de diagnóstico por imágenes (la tomografía computarizada, la radiografía y la resonancia magnética) para diagnosticar afecciones del tórax.

También se pueden utilizar contrastes en ecografía. Consisten en micro burbujas de gas estabilizadas que presentan un fenómeno de resonancia al ser insonadas e incrementan la señal que recibe el transductor. Así, por ejemplo, es posible ver cuál es el patrón de vascularización de un tumor, el que da pistas sobre su naturaleza. En el futuro quizás sea posible administrar fármacos como los quimioterápicos ligados a burbujas semejantes para que los liberen únicamente en el órgano que se está insonando, así se conseguiría una dosis máxima en el lugar que interesa y disminuiría la toxicidad general.<sup>(18)</sup>

La ecografía es una técnica diagnóstica dominada por los Especialistas en Radiología, pero progresivamente diferentes especialidades han comenzado a utilizarla de forma independiente (Cardiología, Ginecología, Gastroenterología, Angiología, Cirugía, Reumatología y Medicina Deportiva). En 1997 Balint y Sturrock<sup>(19)</sup> publicaron una editorial en la que consideran al ultrasonido como una nueva herramienta diagnóstica para el Especialista en Reumatología, con utilidad, principalmente, en la evaluación de la enfermedad articular y periarticular y en los tejidos blandos, con adecuada reproducibilidad y con altas sensibilidad y especificidad; otras utilidades son la medición del cartílago y para determinar erosiones en artritis reumatoide,<sup>(20)</sup> con lo que se demuestra su superioridad sobre la placa simple de rayos X. Además se ha demostrado su utilidad en la valoración de la enfermedad de nervios periféricos.<sup>(21)</sup>

Actualmente el ultrasonido es un medio diagnóstico muy útil en la atención de pacientes con enfermedades del sistema músculo esquelético. Sus áreas de desarrollo apenas comienzan, sus posibilidades son inimaginables y constituyen una de las principales motivaciones del Especialista en Imagenología del aparato locomotor.<sup>(10,17,22)</sup>

El US funcional incluye entre sus aplicaciones el ultrasonido Doppler y el Doppler a color para medir y visualizar el flujo sanguíneo en los vasos dentro del cuerpo o en el corazón, así como la velocidad del flujo sanguíneo y la dirección del movimiento. Otra forma funcional del ultrasonido es la elastografía, un método para medir y mostrar la rigidez relativa de los tejidos, la que se puede utilizar para diferenciar los tumores del tejido sano. El ultrasonido es también un método importante para producir imágenes de intervenciones en el cuerpo, por ejemplo, la biopsia mediante agujas guiadas por ultrasonido ayuda a los médicos a ver la posición de

una aguja mientras es guiada hacia un objetivo seleccionado (una masa o un tumor en el seno). El ultrasonido se utiliza para producir imágenes en tiempo real de la localización de la punta de un catéter mientras se inserta en un vaso sanguíneo y es guiado a lo largo del vaso. También se puede utilizar en la intervención quirúrgica mínimamente invasiva para guiar al Especialista en Cirugía con imágenes del interior del cuerpo en tiempo real -ultrasonido intervencionista-<sup>(17,23)</sup>

Desde los primeros aparatos utilizados para practicar el ultrasonido, que eran estáticos y producían una imagen fija, similar a la obtenida con la radiología convencional, hasta los actuales, en los que el avance científico ha permitido el desarrollo de nuevos equipos de ultrasonido y de cómputo (el ultrasonido en Doppler color, el power Doppler, bidimensional, tridimensional, etc.) ha sido posible obtener mejoras significativas en la calidad de las imágenes, así como su validez como herramienta diagnóstica. Los equipos modernos de ecografía son muy completos, hay modelos voluminosos con muchas funciones (figura 3A). Hay una tendencia a que los más actuales sean cada vez más pequeños y livianos, lo que permite realizar el estudio en consultorios y en la cama del paciente; además, las nuevas sondas hacen posible que se pueda penetrar, incluso, en vasos de pequeño calibre. Actualmente son totalmente digitales, con imágenes mucho más nítidas.<sup>(10)</sup> Incluso existen sondas que se adaptan fácilmente para ser conectadas al puerto USB de un celular -figura 3B-.<sup>(6)</sup>



**Figura 3. A)** Equipo moderno de ecografía. **B)** Equipo de ecografía con sondas que se adaptan fácilmente para ser conectadas al puerto USB de un celular<sup>(6)</sup>

### Desarrollo de la Ultrasonografía en la Provincia de Villa Clara

En la Provincia de Villa Clara, al igual que en el resto del país y del mundo, se ha podido apreciar el avance de la Ultrasonografía. En entrevista realizada al Dr. Saldalio Julián Rodríguez Reyes, Especialista de I Grado de Imagenología y Máster en medios diagnósticos, los autores pudieron conocer que el primer equipo de ultrasonido llegó a la provincia en el año 1984, al Hospital Universitario "Celestino Hernández Robau", era de la marca Itachi y con él trabajaban los cuatro

Especialistas en Radiología de la provincia; a partir de 1990 comenzaron a llegar otros equipos. En la actualidad el Hospital "Celestino Hernández Robau" cuenta con un equipo de ultrasonido más avanzado, de la marca Samsung, que es empleado para el diagnóstico y el seguimiento de los pacientes por un gran número de especialistas.

En otra entrevista realizada por los autores al Dr. José Luis Rodríguez Monteagudo, Especialista de II Grado en Imagenología, se pudo conocer que en la década del 90 se inauguró el Hospital Universitario Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milián Castro" y en él el Departamento de Imagenología, con un equipo de ecografía modo B austríaco, de la firma Krebb; posteriormente se recibió un equipo portátil de la marca Siemens. El avance tecnológico dio un giro favorable en el hospital cuando, en el año 2001 y con un equipo de la Madisson 8800, comenzaron a realizarse los primeros estudios de ecografía Doppler del eje esplenoportal en pacientes con cavernomatosis de la porta secundaria a cateterismo umbilical. En estos momentos esta institución cuenta con varios equipos de ultrasonido, principalmente de las marcas Aloka Alpha 5 (figura 4), Samsung y Philips.



**Figura 4.** Equipo de ultrasonido Aloka Alpha 5 en el Hospital "Arnaldo Milián Castro"

Actualmente en toda la Provincia de Villa Clara se emplea la ecografía clínica para la exploración de la cavidad abdominal, del sistema genitourinario y del aparato ginecológico y de las partes blandas (mama, tiroides, cuello, soma y testículo) y gana auge su empleo en el estudio del sistema osteomioarticular. En el Hospital Pediátrico "José Luis Miranda" de la provincia se utilizan todos los tipos de ultrasonidos mencionados y se incorpora el ultrasonido transfontanelar y en el Ginecoobstétrico "Mariana Grajales" se destaca un equipo de ultrasonido, marca Phillips, con un transductor plano de 12MHz y uno converso de 5MHz, que fue recibido a inicios del año 2018.

Otras utilidades son en el control de los dispositivos intrauterinos, para observar la vascularización de un tumor, lo que puede dar pistas sobre su naturaleza, en el diagnóstico de pacientes con enfermedades del sistema músculo esquelético, el US Doppler y Doppler a color para medir y visualizar el flujo sanguíneo en los vasos dentro del cuerpo o en el corazón, así como la velocidad del flujo sanguíneo y la dirección del movimiento y para medir y desplegar la rigidez relativa de los tejidos, que se puede utilizar para diferenciar los tumores de tejido sano. Es también un método importante para producir imágenes de intervenciones en el cuerpo.

Todos estos progresos han convertido a la ecografía en una extensión de los sentidos del médico. Si bien este producto de la ciencia y la tecnología proporciona numerosos y positivos beneficios, también trae consigo impactos negativos: el más importante es el poco uso del método clínico por el sobreabuso como medio diagnóstico. En este aspecto los autores plantean que con el desarrollo tecnológico se ha menospreciado el valor del método clínico y que, en muchos casos, la relación médico-paciente queda sustituida por la relación médico-máquina-paciente, lo que constituye un grave error pues el hombre es un ser bio-psico-social y el médico nunca debe subvalorar su componente afectivo, además está demostrado que con un buen interrogatorio y el examen físico se puede llegar al diagnóstico en un gran por ciento de los casos.



**Figura 5.** Equipo de ultrasonido Mindray que actualmente se encuentra en el Departamento de Imagenología del Hospital "Arnaldo Milián Castro"



**Figura 6.** Equipo de Ultrasonido Samsung que ese encuentra actualmente en el Departamento de Ecosoma en la Consulta Externa de Ortopedia del Hospital "Arnaldo Milián Castro"

Nunca debe anteponerse la tecnología a la clínica. Consecuentemente el abuso de la tecnología es la negación de la clínica y, por ende, de la Medicina en su estricto sentido. Por desgracia este hecho de colocar la tecnología en primer lugar sucede a diario y con incalculable frecuencia y no solo en este medio sino a nivel mundial, porque el médico, ante su ignorancia, pretende llegar a un diagnóstico sin tener la mínima idea de las posibilidades diagnósticas clínicas del padecimiento por el que le llegan a consultar. Pero no se puede negar lo evidente y dejar de admirar los avances tecnológicos en cuanto a técnicas diagnósticas, algo que ha contribuido a procurar un mejor tratamiento para los pacientes (figuras 5 y 6).

## CONCLUSIONES

El ecógrafo es un beneficio tecnológico, es el compendio del conocimiento de las ondas sonoras, de la posibilidad de producir ultrasonidos por medio de fenómenos piezoeléctricos, del conocimiento de la orientación del murciélago, del desarrollo de la electrónica y de la investigación clínica. Los adelantos alcanzados han permitido que el ultrasonido se desarrolle como herramienta diagnóstica y que se convierta en el medio diagnóstico más útil, con múltiples ventajas pues es barato, inocuo y reproducible, no tiene riesgos ni necesita preparaciones especiales para su realización, posee una excelente visualización de los tejidos blandos y diferencia entre sólidos y líquidos y tiene la gran ventaja de obtener imágenes en tiempo real y con ausencia de radiación con efectos cancerígenos. Tanto por su influencia sobre el desarrollo social general como sobre el de las Ciencias Médicas, el desarrollo de las tecnologías ha representado una posibilidad extraordinaria de progreso para el proceso salud- enfermedad en el hombre. Una vez más las investigaciones en la Medicina llevan consigo, indisolublemente ligados, el objetivo social de mejorar la calidad de vida del hombre y de preservar su salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfonso de León AG. Utilización inadecuada de los avances científicos técnicos del laboratorio clínico y del método clínico. Repercusión en los servicios de salud. Rev Med Electrón [Internet]. 2013 Jul-Ago [citado 24 Nov 2016];35(4):386-396. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242013000400008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242013000400008)
2. Alfonso Pérez OA, Gómez Verano MR, Galbán Noa T, Alfonso Martínez PA, Villamil Fumero K. La educación en ciencia, tecnología y sociedad: su importancia en la Educación Médica Superior. Mediciego [Internet]. 2013 [citado 24 Nov 2016];19(1): [aprox. 9 p.]. Disponible en: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol19\\_01\\_13/rev/t-20.html](http://www.bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol19_01_13/rev/t-20.html)
3. Betancourt Betancourt GJ. Limitación del esfuerzo terapéutico como movimiento de signo positivo y sus problemas actuales. Rev Hum Med [Internet]. 2011 Ene-Mar [citado 24 Nov 2016];11(1):45-62. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-81202011000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202011000100004)
4. Fernández Tamayo E, Méndez Gener BA, Rivas Rodríguez L. El desarrollo tecno científico y la Imagenología: consideraciones generales. Rev Cubana Tecnol Salud [Internet]. 2018 [citado 2 Jul 2018];9(1):[aprox. 5 p.]. Disponible en: <http://www.revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/1056/821>

5. Ortega D, Seguel S. Historia del ultrasonido: el caso chileno. Rev Chil Radiol [Internet]. 2004 [citado 24 Nov 2016];10(2):89-92. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082004000200008](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082004000200008). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082004000200008>
6. Díaz Murillo GE. Ultrasonido, Telemedicina. [citado 24 Nov 2016]. Disponible en: <http://drgdiaz.com/eco/ecografia/ecografia.shtml#Introducci%C3%B3n>
7. Pedroso Mendoza LE, Vázquez Ríos BS. Imagenología [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2005 [citado 24 Nov 2016]. Disponible en: [http://www.bvs.sld.cu/libros\\_texto/imageonologia\\_nuevo/completo.pdf](http://www.bvs.sld.cu/libros_texto/imageonologia_nuevo/completo.pdf)
8. Navarro López JJ, Ríos Araújo B, González Rodríguez C. Influencia de la revolución científico-técnica en la cardiología. Medisur [Internet]. 2008 [citado 24 Nov 2016];6(1):[aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/417/564>
9. Macarulla Mercade T, Ramos Pascual FJ, Tabernero J. Comprender el cáncer [Internet]. Barcelona: Editorial Amat, S.L.; 2009 [citado 24 Nov 2016]. Disponible en: [https://books.google.com/cu/books?id=wG5W0vitAowC&printsec=frontcover&dq=isbn:8497354095&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjInqmk3d\\_jAhVBx1kKHfCLXcQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/cu/books?id=wG5W0vitAowC&printsec=frontcover&dq=isbn:8497354095&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjInqmk3d_jAhVBx1kKHfCLXcQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false)
10. Capote Cabrera A, López Pérez YM. Medios diagnósticos imaginológicos en rehabilitación [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2011 [citado 24 Nov 2016]. Disponible en: [http://www.bvs.sld.cu/libros/medios\\_diag\\_imaginologicos/med\\_diag\\_imaginologicos\\_completo.pdf](http://www.bvs.sld.cu/libros/medios_diag_imaginologicos/med_diag_imaginologicos_completo.pdf)
11. Manual de diagnóstico ultrasónico. Edición de P.E.S. Palmer [Internet]. California: Organización Mundial de la Salud; 1996 [citado 24 Nov 2016]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41834/924354461\\_spa\\_part1.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41834/924354461_spa_part1.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
12. Colectivo de autores. Ultrasonido diagnóstico. Selección de temas [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2017 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: [http://www.bvs.sld.cu/libros\\_texto/ultrasonido\\_diagnostico\\_seleccion\\_temas/completo\\_ultrasonido\\_diagnost\\_selec\\_temas.pdf](http://www.bvs.sld.cu/libros_texto/ultrasonido_diagnostico_seleccion_temas/completo_ultrasonido_diagnost_selec_temas.pdf)
13. Prada Reyes R. Historia del diagnóstico por ultrasonido. Aplicaciones en el Hospital San Juan de Dios. Rev Fac Med [Internet]. 1995 [citado 24 Nov 2016];43(4):204-206. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/32137/1/31491-114333-1-PB.pdf>
14. Guamán Rodríguez AM. Aplicación de la técnica ecográfica transvaginal en la detección de miomas en pacientes de 35 a 50 años, atendidas en Radiólogos Asociados de Quito en el periodo de mayo a octubre del 2015 [tesis]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2016 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6828/1/T-UC-0006-012.pdf>
15. Osorio E. Avances de la ultrasonografía. Diplomado en Ultrasonografía Médica. Publicado 13 marzo 2018 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: <https://diplomadomedico.com/avances-la-ultrasonografia-2/>
16. Fernández-Bussy S, Labarca G, Lanza M, Folch E, Majid A. Aplicaciones torácicas del ultrasonido. Rev Méd Chile [Internet]. 2016 Jul [citado 2 Jul 2018];144(7):903-909. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872016000700012](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872016000700012). <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872016000700012>
17. Ugarte Suárez JC, Ugarte Moreno D. Manual de Imagenología [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2017 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/libros/manual\\_imagenologia\\_3edicion/manual\\_imagenologia\\_ed.pdf](http://bvs.sld.cu/libros/manual_imagenologia_3edicion/manual_imagenologia_ed.pdf)

18. Vaca Sanchez OV. Implementación de un Centro de Diagnóstico por Imágenes con áreas de esparcimiento, relax y visión empresarial en la Ciudad de Milagro [tesis]. Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo; 2012 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/2160/1/DR%20OSCAR%20VACA%20SACH%20EZ%20TESIS%202012.pdf>
19. Balint P, Sturrock RD. Musculoskeletal ultrasound imaging: A new diagnostic tool for the rheumatologist? Br J Rheumatol [Internet]. 1997 Nov [citado 2 Jul 2018];36(11):1141-2. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9402855>
20. Cetina-Manzanilla JA. Métodos de diagnóstico en las enfermedades reumáticas. Rev Latinoam Patol Clin Med Lab [Internet]. 2017 [citado 2 Jul 2018];64(3):135-145. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2017/pt173f.pdf>
21. Arruti A. Ultrasonografía en las neuropatías periféricas frecuentes del miembro superior. Ensayo iconográfico. Rev Imagenol [Internet]. 2017 Oct [citado 2 Jul 2018];21(1):18-34. Disponible en: <http://sriuy.org.uy/ojs/index.php/Rdi/article/view/27/39>
22. Marcos López V. El uso de la ecografía en el diagnóstico de lesiones de sistema músculo esquelético [tesis]. Elche-España: Universidad Miguel Hernández; 2017 [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4007/1/MARCOS%20L%20C3%93PEZ%20C%20VICENTE.pdf>
23. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB). Ultrasonido. [citado 2 Jul 2018]. Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/ultrasonido>

## CONFLICTO DE INTERESES

Las autoras declaran no tener conflicto de intereses

Recibido: 3-8-2018

Aprobado: 30-1-2019

**Madyaret Águila Carbelo.** Hospital Clínico Quirúrgico Universitario "Arnaldo Milián Castro". Avenida Arnaldo Milián Castro No. 5 e/ Avenida 26 de julio (Doble Vía) y Circunvalación. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Código Postal: 50200 Teléfono: (53)42270000  
[madyaretac@infomed.sld.cu](mailto:madyaretac@infomed.sld.cu)  
<https://orcid.org/0000-0002-0250-9236>