



Ultrasonografía a la cabecera del enfermo. Una nueva herramienta para el internista

RESUMEN

La ultrasonografía se ha posicionado como una herramienta fundamental en varias especialidades, pero su aceptación e implementación en la práctica cotidiana de la medicina interna es limitada. La ultrasonografía clínica es invaluable en el diagnóstico, manejo y seguimiento en la práctica cotidiana de la medicina interna. Su seguridad y disponibilidad la hacen accesible a la cabecera del enfermo y da información rápida y detallada en relación con la anatomía y función de los órganos internos. La ultrasonografía complementa la evaluación clínica y da información inmediata de muchos datos que no pueden ser obtenidos por la exploración física. Por otro lado, la guía ultrasonográfica de procedimientos invasivos realizados por el internista, como los accesos vasculares, favorece una mayor tasa de éxitos y menos intentos de punción y complicaciones. El objetivo de este artículo es dar a conocer los principios de la ultrasonografía básica para el internista y proponer la implementación de esta herramienta diagnóstica en los programas de adiestramiento y en la práctica de la Medicina Interna.

Palabras clave: ultrasonido, Medicina Interna.

Raul Carrillo-Esper¹
 Rafael Tapia-Velasco²
 Eduardo Garrido-Aguirre²
 Jorge Arturo Nava-López³

¹ Academia Nacional de Medicina, Academia Mexicana de Cirugía. Jefe de la Unidad de Terapia Intensiva.

² Residentes del curso de alta especialidad de Ultrasonografía Avanzada en el Paciente Crítico.

³ Anestesiología, Hospital General de México. Medicina del Enfermo en Estado Crítico. Fundación Clínica Médica Sur.

Ultrasonography at the Bedside of the Patient. A New Tool for the Internist

ABSTRACT

While ultrasonography has been a mainstay of certain medical specialties, internal medicine has been slower to integrate this technology into practice. Ultrasonography has become an invaluable tool in the diagnosis, management and follow up in clinical practice. Its safety and portability allow for use at the bedside to provide rapid and detailed information regarding the anatomy and function of internal organs. Ultrasound complements the clinical evaluation and can provide immediate diagnostic information not assessable by physical examination. Ultrasound guidance of invasive procedures, such as vascular cannulation, can achieve higher success rate, fewer complications, number of attempts and failure rate. The aim of this paper is to present the basic principles of clinical ultrasonography for the internist and propose the implementation of this tool in training and in the practice of internal medicine.

Key words: ultrasound, Internal Medicine.

Recibido: 22 de abril 2014

Aceptado: 30 de mayo 2014

Correspondencia: Dr. Raúl Carrillo Esper
 revistacma95@yahoo.com.mx
 rcarrillo@medicasur.org.mx

Este artículo debe citarse como

Carrillo-Esper R, Tapia-Velasco R, Garrido-Aguirre E, Nava-López JA. Ultrasonografía a la cabecera del enfermo. Una nueva herramienta para el internista. Med Int Méx 2014;30:451-467.

ANTECEDENTES

La medicina actual exige herramientas diagnósticas cada vez más precisas que nos proporcionen información objetiva, rápida, en tiempo real, segura, a la cabecera del enfermo y que sean costo-efectivas, con la finalidad de incrementar la seguridad y la calidad de la atención médica. El ultrasonido es un método que cumple estas expectativas, por lo que en el último decenio se ha extendido su uso por parte del clínico, principalmente en áreas críticas y en los servicios de urgencia.

En la práctica de la Medicina Interna el ultrasonido está ganando terreno porque complementa los datos obtenidos a partir de una adecuada anamnesis y exploración física, lo que permite al internista hacer diagnósticos más precisos y de esta manera implementar una mejor estrategia terapéutica y seguimiento de los enfermos, así como poder observar en tiempo real el sustrato de las manifestaciones clínicas obtenidas por el interrogatorio y la exploración.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los principios básicos de la ultrasonografía aplicada a la clínica y proponer la necesidad de su implementación en la actividad clínica cotidiana y en los programas de capacitación del médico internista.

Principios de la ultrasonografía

Con el fin de entender el concepto de sonido debemos dejar de pensar en éste como un simple sentido, por el contrario, debemos conceptualizarlo como la interacción de la energía y la materia y, con base en ello, podemos decir que en contraposición a la energía electromagnética, el sonido es energía mecánica transmitida por ondas de presión en un medio. Esto significa que un sonido existe en la forma de partículas que se mueven en un medio generadas por una

fuente de sonido, que actúa como un pistón que empuja las olas de vibración longitudinal a través de tejido y, según la densidad del tejido, será la velocidad con la que éste viaje a través de él.¹ La fuente de sonido es el transductor que puede ser de alta o baja frecuencia con una longitud de onda inversamente proporcional a ésta (a mayor frecuencia, menor longitud de onda y a menor frecuencia, mayor longitud de onda) por lo que:

Longitud de onda = resolución (mayor longitud de onda, mayor resolución).

Frecuencia = penetración (mayor frecuencia, menor profundidad).

La relevancia clínica que tienen estas características físicas radica en la elección del transductor con base en la profundidad del tejido.¹ Un transductor de mayor frecuencia nos servirá para observar estructuras más superficiales y, por el contrario, un transductor con menor frecuencia servirá para observar estructuras con mayor profundidad (Cuadro 1). Todos los transductores de ultrasonido cuentan con un indicador (Figura 1) que se encuentra en una de las paredes laterales de éste; este indicador orienta la ubicación de las estructuras en la pantalla y de él depende la correcta dirección para obtener las diferentes ventanas de los protocolos.² En general, el sonido viaja más rápido en los sólidos, más lento en los líquidos y más lento en los gases.

Cuadro 1. Tipos de transductor y su aplicación clínica

Transductor	Frecuencia (MHz)	Aplicación
Curvilíneo	2-5	FAST, renal, aorta, pelvis, intestino
Lineal	6-15	Ocular, tráquea, tiroides, torácico, vascular, musculoesquelético
Intracavitario	8-13	Pelvis
Sectorial	1-5	Cardíaco, abdominal, renal, pediátrico, abdomen, intestino, vena cava inferior

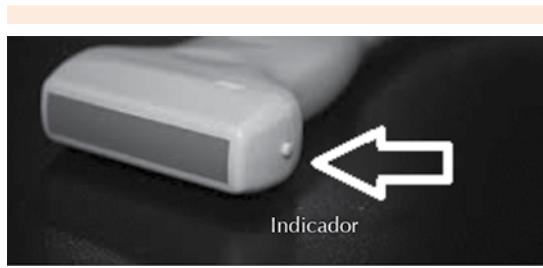


Figura 1. La flecha muestra el indicador que orienta la ubicación de las estructuras en la pantalla.

Aproximadamente la velocidad de propagación en tejido blando es de 1,540 m/seg, en el pulmón es de 500 m/seg y en hueso es de 3,500 m/seg. El transductor está formado de un material que transforma la energía eléctrica en vibraciones y las vibraciones en energía eléctrica. Emite ondas de ultrasonido que van de 1 a 20 MHz (fuera del espectro audible), mismas que viajan, chocan y regresan al punto de origen, pasando a través de los tejidos de diferente densidad, generando vibraciones en el transductor que son transformadas a energía eléctrica e imágenes en el monitor.¹ El paso y atenuación de las vibraciones a través de diferentes medios genera imágenes, que se denominan hipoecoicas e hiperecoicas.²

Una imagen hipoecoica se observa opaca (oscura) en el estudio de ecografía debido a las estructuras blandas o el aire; las imágenes hiperecoicas son imágenes claras (brillantes), se trata de estructuras líquidas como agua o firmes como hueso y cartílago.²

Protocolos de ultrasonido aplicados a la clínica

La ultrasonografía aplicada a la práctica cotidiana se ha posicionado como una excelente herramienta que complementa la práctica clínica en diversas áreas, entre las que destacan la Medicina Intensiva, Urgencias y Anestesiología. A partir de la experiencia obtenida en estas disciplinas y la evidencia científica acumula-

da se han diseñado diferentes protocolos que han repercutido de manera significativa en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los enfermos, modificando de manera significativa la manera de abordarlos porque permite evaluar en tiempo real y objetivamente lo que se obtiene de la deducción clínica.

Los protocolos más útiles y sus principales indicaciones se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Protocolos ultrasonográficos

Protocolos	Hallazgos
Cardiaco	Función cardiaca, ritmo, contractilidad, volumen, proporción entre cavidades, grosor de las paredes, derrame pericárdico, taponamiento, dilatación aguda, lesiones valvulares, datos de embolia pulmonar
Pulmonar	Ventilación, enfisema, neumotórax, derrame pleural, atelectasia, diafragma (diagnóstico de insuficiencia respiratoria)
Vascular	Accesos vasculares, embolia, aneurismas
Partes blandas	Abscesos, hematomas, masa muscular
Abdominal	Líquido libre en cavidad, retención gástrica, función intestinal

Protocolo pulmonar

Actualmente la ultrasonografía realizada por el clínico es una herramienta que gana más evidencia y aceptación. Aunque sus usos son múltiples, existen muchas barreras para implementarla debido a diversos factores.^{3,4} En este protocolo el ultrasonido representa una herramienta complementaria para el clínico, que en tiempo real ayuda a responder preguntas con evidencia clara.^{4,5}

La ultrasonografía pulmonar tiene ventajas, como la accesibilidad, portabilidad, bajo costo, inocuidad, además de ser un estudio en tiempo real. Estas características la convierten en una herramienta diagnóstica muy importante

en la valoración de la enfermedad periférica pulmonar, pleural y de la pared torácica. Además, constituye una guía para procedimientos terapéuticos.⁶

Principios básicos de la exploración ultrasonográfica pulmonar

La exploración ultrasonográfica del tórax se puede realizar con el enfermo sentado o en decúbito. En la mayor parte de los estudios se recomienda un transductor lineal de alta frecuencia (5 a 7.5 MHz) para evaluar la pared torácica, mientras que para la pleura y el pulmón se recomienda una frecuencia más baja (3.5 MHz). Los transductores de 10 a 13 MHz tienen mejor resolución con menor profundidad. La evaluación pulmonar por estudios de imagen en el enfermo grave se hace rutinariamente mediante radiografía simple de tórax y tomografía axial computada; sin embargo, la ecografía pulmonar tiene mayor sensibilidad para detectar diversas anormalidades que la radiografía de tórax.⁷

El ultrasonido de tórax en el área pulmonar, con excepción de la pleura, no analiza estructuras intratorácicas, sino fenómenos acústicos que no tienen relación con la estructura en sí que estamos analizando. Por ejemplo, las líneas A que analizaremos más adelante no reflejan ninguna estructura del pulmón, sino que son reverberaciones de la línea pleural.⁸

En orden de aparición de la parte más proximal a distal de la pantalla podemos identificar los primeros artefactos ecogénicos que corresponden a la piel, y las líneas inmediatamente inferiores hipoeocoicas al tejido celular subcutáneo y los músculos intercostales, con el transductor en posición longitudinal se observan las costillas que se ven como estructuras curvilíneas ecogénicas con sombra acústica posterior en el espacio que se genera entre éstas, aproximadamente a 0.5 cm por debajo de la línea costal, se observa la línea pleural, que es una banda hiperecogénica, de hasta 2 mm de grosor. Durante los movimientos respiratorios, esta línea tiene un movimiento ondulante hacia delante y atrás respecto a la pared torácica, que representa el movimiento de la pleura visceral contra la parietal, conocido como el signo de "deslizamiento pulmonar" (*lung sliding*) que en modo M se describe como el signo de la playa. El primer signo que se debe considerar al empezar el estudio es el "signo del murciélagos" o *bat sign*, formado en el corte longitudinal por las costillas superior e inferior y la línea pleural. En los espacios intercostales inferiores se observa el diafragma como una línea ecogénica de 1 mm de espesor sobre el hígado y el bazo, que se mueve normalmente en dirección craneo-caudal durante la inspiración.

Artefactos horizontales

El principal artefacto horizontal son las líneas A, mismas que se distinguen por ser horizontales cortas, hiperecoicas, de aparición cíclica, con patrón equidistante del transductor a la línea pleural; representan la reverberación del sonido sobre ésta (Figura 2).

Artefactos verticales

Los artefactos verticales son las líneas B, Z y E. Las líneas B, mejor conocidas por su morfología como "colas de cometa" (*comet tail*), se generan por la resonancia ultrasónica originada en una estructura rígida rodeada por aire, como los septos interalveolares. Las líneas B se observan como líneas verticales bien definidas, triangulares, con vértices que se originan en la línea pleural, se dirigen al parénquima pulmonar; extiendiéndose hasta el límite de la pantalla (longitud de hasta 17 cm), atraviesan y borran las líneas A, tienen un movimiento sincrónico con el desplazamiento pleural (Figura 3).

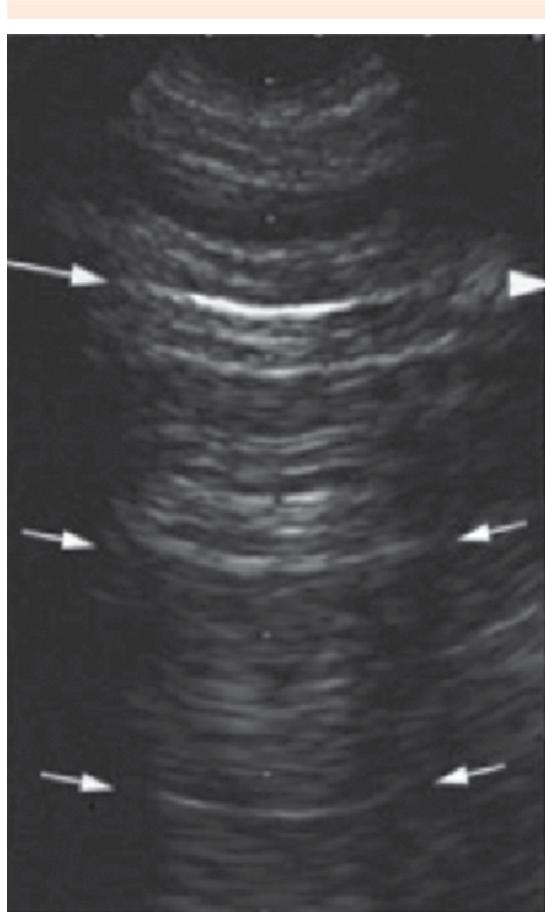


Figura 2. Las flechas indican la existencia de líneas A que se observan equidistantes a la línea pleural; se muestran como artefactos horizontales hiperecoicos.

En condiciones normales, las “colas de cometa” son artefactos únicos o múltiples, hasta en número de tres, con distancia de 7 mm entre cada una. La existencia simultánea de múltiples líneas B, con distancia entre cada una de 3 a 5 mm, se denomina “cohete” (rockets). Se identifican con más claridad en la región anterolateral y se asocian con enfermedad pulmonar intersticial o congestión (equivalentes a las líneas B de Kerley). Las líneas Z son artefactos verticales que semejan a las líneas B y no tienen significado patológico; en ocasiones se pueden observar en neumotórax. Tienen como característica un origen en la línea

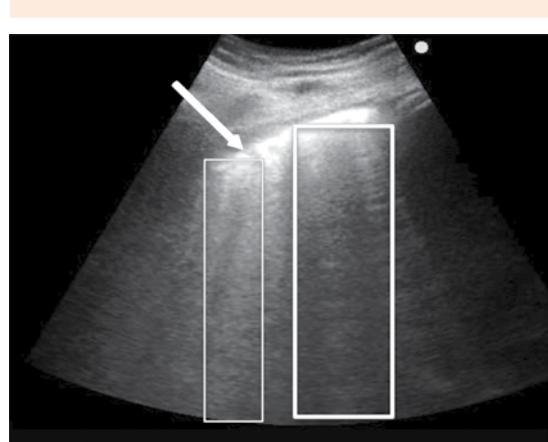


Figura 3. Las líneas B nacen en la línea pleural (indicada por la flecha) y se extienden a lo largo de la pantalla borrando las líneas A.

pleural con profundidad de 2 a 5 cm; no borran las líneas A y no siguen el movimiento pleural. Las líneas E (E por enfisema) son secundarias a enfisema subcutáneo, se distinguen por ser líneas verticales que adoptan la morfología de haz de láser (imagen hiperecoica fina), se originan por arriba de la línea pleural y su punto de partida es la pared torácica.

El orden que sigue el protocolo pulmonar tiene como primer objetivo identificar la silueta formada por los arcos costales y la línea pleural, posteriormente observaremos si la línea pleural muestra deslizamiento y se realizará el análisis de los artefactos que manifieste el parénquima pulmonar.⁷⁻⁹

Los principales diagnósticos que se pueden establecer mediante la evaluación ultrasonográfica pulmonar son:

Neumotórax. Localizado en áreas no dependientes torácicas, los signos característicos son la ausencia de deslizamiento pulmonar, artefactos de reverberación exagerados, ausencia de líneas B, ampliación de la línea pleural a una banda y

el punto pulmonar (*lung point*), que representa la transición entre el aire subpleural y el del parénquima pulmonar normal.

Cuando disminuye el deslizamiento pulmonar habría que descartar posibles falsos positivos, como enfermedad pulmonar obstructiva crónica con hiperinsuflación, pleurodesis o síndrome de dificultad respiratoria agudo. Un estudio que incluyó 606 pacientes encontró sensibilidad y especificidad del ultrasonido para el diagnóstico de neumotórax de 86 a 96% y 100%, respectivamente; el “signo del punto pulmonar” tiene sensibilidad de 66% y especificidad de 100%. La ausencia de líneas B tiene sensibilidad y especificidad de 97% para el diagnóstico de neumotórax.¹⁰

Los signos descritos en las recomendaciones internacionales basadas en evidencia para el diagnóstico de neumotórax son: presencia de punto pulmonar, ausencia de deslizamiento pleural, ausencia de líneas B, ausencia de pulso pulmonar. Se recomienda el uso en modo M y Doppler color.^{8,11}

Síndrome alvéolo-intersticial. En medicina existe gran número de padecimientos que se distinguen por daño alvéolo-intersticial, entre los que destacan el síndrome de insuficiencia respiratoria del adulto, neumonías, edema pulmonar y enfermedades intersticiales. Este término tiene su origen en hallazgos radiográficos; sin embargo, durante la evolución radiológica se ha traspulado a la ultrasonografía. Este patrón ultrasonográfico está bien definido y se denomina, en términos generales, síndrome alvéolo-intersticial; asimismo, la existencia de líneas B separadas por 7 mm o más es compatible con síndrome intersticial (Figura 4) y las líneas B separadas por 3 mm o menos se correlacionan con síndrome alveolar (Figura 5). El síndrome alvéolo-intersticial se distingue por:

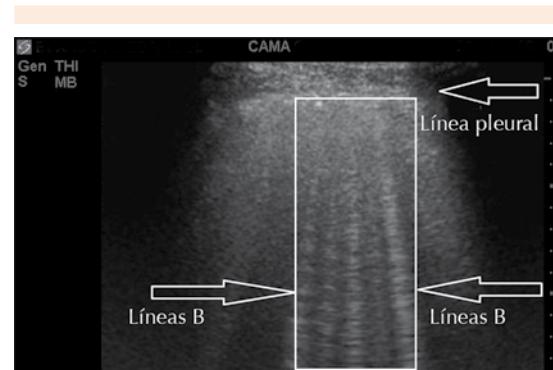


Figura 4. Síndrome intersticial que se distingue por líneas B que muestran separación entre 5 y 7 mm; nacen en la línea pleural, borran las líneas A y se extienden hasta el fondo de la imagen.

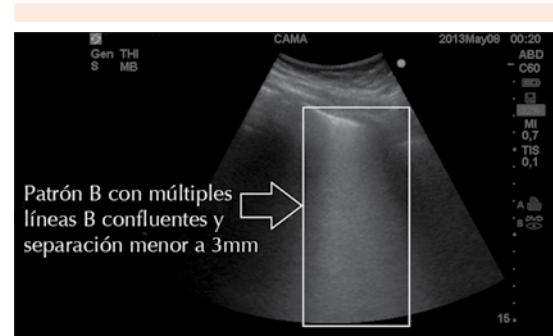


Figura 5. Síndrome alvéolo-intersticial, que se distingue por múltiples líneas B confluentes con separación menor a 3 mm (pulmón blanco).

- Pérdida del movimiento pleural.
- Pérdida de la línea pleural en condensación pulmonar.
- La imagen ultrasonográfica particular es la existencia de cohetes; es decir, de múltiples líneas B, por lo general más de tres por campo. La distancia entre cada una es de 5 a 7 mm. Cuando son muy delgadas se les denomina líneas láser.

- Las líneas B y el patrón que adoptan se deben a la marcada diferencia en la impedancia acústica entre el aire y el agua por el engrosamiento de los septos interlobulares por edema o fibrosis. El número de líneas B es directamente proporcional al daño alvéolo-intersticial.^{3,6}
- Las colas de cometa son más frecuentes cuando la lesión intersticial es por fibrosis.

Una región positiva (perfil o patrón B) se define por la existencia de tres o más líneas B en un plano longitudinal.

La existencia de múltiples líneas B difusas pueden ser vistas en edema pulmonar de diversas causas, neumonía intersticial o neumonitis y enfermedad pulmonar parenquimatosas difusas.

La existencia de múltiples líneas B focalizadas puede verse en neumonía y neumonitis, atelectasias, contusión pulmonar, infarto pulmonar, enfermedad pleural y neoplasia.¹¹

Consolidación pulmonar. Se observa como una estructura tisular difusamente hipoeocoica (iso-hipoecoica al hígado), limitada por la línea pulmonar y, en la profundidad, por un borde irregular en conexión con el pulmón aireado; no muestra variación con los movimientos respiratorios y este tipo de patrón se puede observar en casos de neumonía, atelectasia, contusión, infarto o tumor.

- a) *Neumonía.* Generalmente en el interior de la consolidación se observa un broncograma aéreo ecográfico constituido por imágenes lineales ramificadas hiperecogénicas formadas por ecos puntiformes. El broncograma puede moverse más de 1 mm hacia la periferia durante la inspiración, lo que la distingue de la atelectasia (Figura 6).



Figura 6. Textura del tejido pulmonar similar a la glándula hepática además de áreas de consolidación, broncograma aéreo y derrame pleural mínimo, compatibles con neumonía.

- b) *Atelectasia.* Cuando es obstructiva se puede observar derrame pleural escaso, consolidación hipoeogénica, broncograma líquido (imágenes lineales ramificadas anecoicas, que orientan hacia obstrucción central como causa de la consolidación; el estudio ecográfico puede distinguir la lesión central obstructiva hipoeoica del pulmón consolidado periférico ecogénico) y ausencia de reventilación en inspiración.
- c) *Absceso pulmonar.* Es una imagen nodular ovalada de bordes definidos, paredes gruesas, irregulares y ecogénicas, una cavidad central hipoeogénica y contenido anecoico, con ecos y septos internos.
- d) *Neoplasia.* Sólo son valorables las neoplasias en contacto con la pleura. Generalmente es una masa hipoeoica de bordes bien definidos, que suele mostrar refuerzo acústico posterior.
- e) *Infarto pulmonar.* Es una imagen hipoeoica con forma de cuña y base pleural, de bordes bien definidos. En la fase inicial no se observa broncograma aéreo, lo que permite distinguirlo de la neumonía.

- f) *Contusión.* Hay pérdida del movimiento pleural, múltiples líneas B (enfermedad pulmonar intersticial) y una lesión parenquimatososa periférica constituida por imágenes hipoeocoicas subpleurales de las que pueden emerger líneas B.

La separación entre líneas B orienta el diagnóstico porque las líneas B separadas entre sí 7 mm o más sugieren engrosamiento de septos interlobulillares por edema intersticial o fibrosis intersticial difusa. Sin embargo, la separación menor o igual a 3 mm sugiere edema alveolar o síndrome de dificultad respiratoria aguda (Figura 7).^{8,9,11}

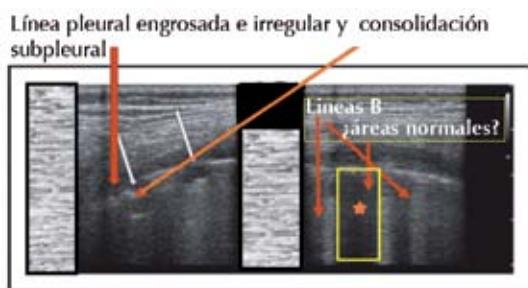


Figura 7. Datos característicos de síndrome de dificultad respiratoria aguda. **A.** Se observa una línea pleural engrosada e irregular. **B.** Se observan áreas aireadas y áreas con exceso de agua extravascular pulmonar (líneas B).

Derrame pleural. Se visualiza un espacio libre de ecos (imagen anecoica, negra) entre la pleura parietal y la visceral por encima del diafragma. El segundo signo definitorio procede de la imagen en modo M a través del derrame, en el que se aprecian variaciones del espacio interpleural con el ciclo respiratorio, que disminuyen con la inspiración y se denomina signo del sinusoide. Se puede acompañar de atelectasias compresivas en derrames cuantiosos, que se identifican como imágenes móviles con aspecto de medusa (Figura 8).

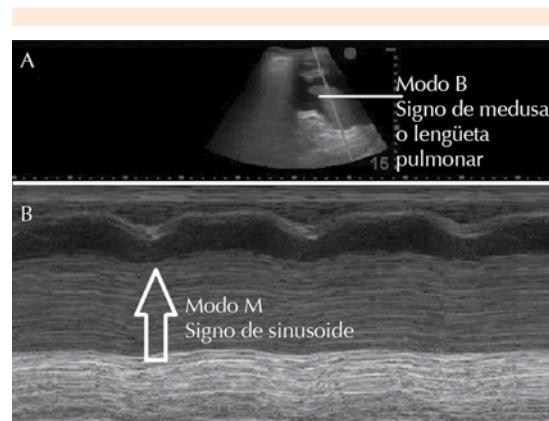


Figura 8. **A.** Se observa en modo bidimensional la existencia de líquido libre en la cavidad torácica con colapso pulmonar que genera el signo de medusa o lengüeta pulmonar. **B.** En modo M (*motion time*) se observa el signo de sinusoide, que representa líquido libre en la cavidad torácica y el tejido pulmonar flotando sobre el líquido pleural.

En la actualidad existen diversos protocolos de abordaje diagnóstico. Lichtenstein aborda el diagnóstico de la insuficiencia respiratoria aguda de acuerdo con un protocolo denominado *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (BLUE), con el uso correcto de este protocolo y los perfiles descritos se alcanza el diagnóstico correcto en 90.5%. Se basa en la combinación del análisis del sistema venoso junto con la existencia o la ausencia de deslizamiento pleural, líneas A o B y derrame o consolidación. El diagnóstico diferencial incluye asma o agudización de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, edema pulmonar, embolia pulmonar, neumotórax y neumonía.¹²

Protocolo cardiaco básico

Para el médico internista el ultrasonido cardiaco es actualmente una herramienta imprescindible para evaluar el corazón, que le permite determinar parámetros como actividad cardiaca efectiva, existencia de derrame pericárdico, taponamiento cardiaco, evaluar procesos que generan tensión del corazón derecho, datos de

embolia pulmonar, así como guiar la administración de volumen intravascular, evaluar el origen del estado de choque, estructura y función y, por último, cuantificar la fracción de eyeción estimada del corazón.¹³

El método para evaluar el corazón mediante la ecografía se realiza valorando su tamaño, contractilidad, grosor de sus paredes, evaluación valvular y valoración de la vena cava inferior, ésta se realiza generalmente con un transductor de 2.5 a 3 MHz.¹³

Las ventanas que se pueden realizar y la adecuada orientación del transductor se esquematizan en la Figura 9.

Evaluación de la contractilidad

Para evaluar la contractilidad global del corazón se utilizan tres ventanas: apical de cuatro cámaras, paraesternal de eje largo y subxifoidea,

mientras con una ventana paraesternal de eje corto se puede evaluar la contractilidad segmentaria. La contractilidad se evalúa con base en el cambio de tamaño de las cavidades apreciado durante el ciclo cardíaco; el médico capacitado evalúa de manera precisa con base en el cambio de tamaño de las cámaras. La contractilidad se clasifica en normal, disminuida, severamente disminuida o hipercinética.

En la contractilidad normal se observa un gran cambio en el tamaño de las cavidades y, de manera inversa, cuando está severamente disminuida, el cambio que se aprecia en el tamaño entre los dos ciclos es mínimo; asimismo, cuando el corazón está hipercinético muestra una contracción vigorosa con cambios importantes en su tamaño. La contractilidad segmentaria evalúa la actividad de las diferentes paredes, registrando si las paredes migran de manera homogénea hacia el centro y engrosan adecuadamente, lo que

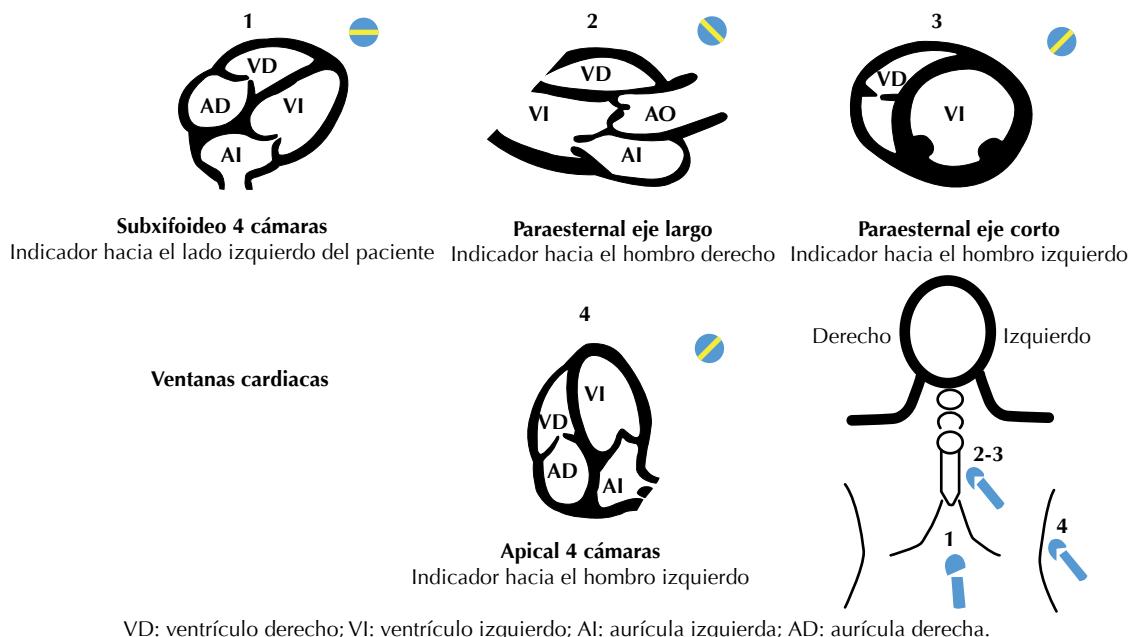


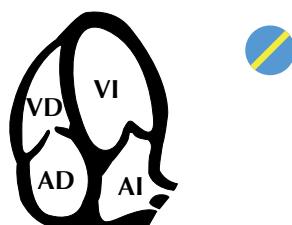
Figura 9. Ventanas ultrasonográficas del protocolo cardiaco básico.

permite valorar si existe hipocinesia o acinesia de algún segmento (Figura 10).^{13,14}

La estimación subjetiva de la fracción de eyeción de manera visual es un método ampliamente usado en la práctica clínica diaria, aunque precisa de experiencia por parte del explorador; para establecer los grados de disfunción se correlaciona aceptablemente con las determinaciones cuantitativas y se puede describir como: <30% severamente deprimida, 30-40% moderadamente deprimida, 40-55% levemente deprimida y >55% normal.¹⁵ El grosor de las paredes y diámetro de

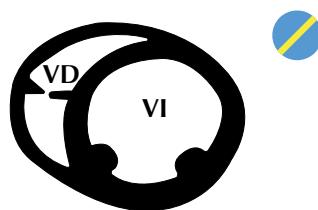
las cavidades se puede evaluar en las diferentes ventanas y los marcos de referencia dependen de la pared o la cavidad a evaluar.¹³

Para el enfoque del médico internista no serviría realizar un examen detallado; lo que se pretende es una evaluación rápida y práctica para apoyar el diagnóstico y, con ello, la rápida toma de decisiones (Figura 11) a fin de determinar si la morfología es normal o anormal con base en si el diámetro de las cavidades y grosor de las paredes no rebasa más de lo que propone esta guía de referencia rápida.¹³



Apical 4 cámaras

Indicador hacia el hombro izquierdo
Evaluación de la contractividad global

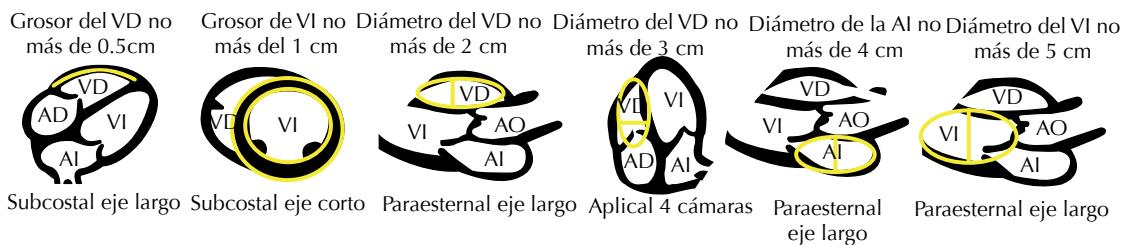


Paraesternal eje corto

Indicador hacia el hombro izquierdo
Evaluación de la contractividad segmentaria

VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha.

Figura 10. Ventana apical de cuatro cámaras que permite apreciar la contractilidad global; ventana paraesternal de eje corto para valorar la contractilidad segmentaria.



VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha.

Figura 11. Guía de referencia rápida para evaluar la morfología cardiaca.

Evaluación de la vena cava inferior

La medición del diámetro de la vena cava inferior se realiza en la ventana subxifoidea con la identificación de las cuatro cámaras cardíacas, posteriormente se realiza un giro de 90° del transductor en dirección cefálica con lo que se observa la aurícula derecha, la desembocadura de la vena cava y la glándula hepática por encima de ésta. Para medir su diámetro será más allá del punto de confluencia de las venas hepáticas, que por lo general se encuentra aproximadamente a 2 cm de la desembocadura de la vena cava inferior-aurícula derecha.¹⁶ Con base en su diámetro, se puede inferir la presión en la aurícula derecha, orientar el diagnóstico y dirigir los requerimientos de líquidos (Cuadro 3). Además de la estimación de la presión de la aurícula derecha, el diámetro y los cambios ventilatorios son predictores de respuesta a la carga hídrica en el paciente como parte del protocolo de administración de líquidos. En este sentido una vena cava inferior con diámetro menor de 15 cm y colapso inspiratorio de más de 50% (ventilación espontánea) indica que este paciente será respondedor a volumen.¹⁷

Diagnóstico diferencial de edema agudo pulmonar

Cuando ocurra edema agudo pulmonar el ultrasonido permitirá aclarar el origen cardiogénico o no cardiogénico con base en los diferentes patrones ultrasonográficos que se

muestran en el Cuadro 4, mismo que evalúa los principales datos, como la regularidad y grosor de la línea pleural, ecogenicidad o heterogeneidad en la imagen del parénquima pulmonar, la existencia de áreas de consolidación y de derrame pleural.

Cuadro 4. Diagnóstico diferencial de agua extravascular pulmonar

Cardiológico	Inflamatorio
Bilateral	Afección localizada
Sin zonas sanas	En parches
Mantiene deslizamiento pleural	Zonas con colecciones subpleurales
Línea pleural fina y regular	Disminuye el deslizamiento
Afectación rápida	Línea pleural heterogénea y engrosada
Desaparición rápida con tratamiento	Coexisten zonas sanas Consolidación subpleural

Protocolo hemodinámico

La evaluación ultrasonográfica es una herramienta fundamental en la evaluación de los enfermos con deterioro hemodinámico y en estado de choque en los que se evalúan las siguientes variables.

1. Existencia en el ultrasonido pulmonar de datos de congestión.
2. Diámetro de la vena cava inferior y sus modificaciones con la ventilación.
3. Contractilidad miocárdica.

Cuadro 3. Diámetro de la vena cava inferior y su correlación con la presión de la aurícula derecha

Diámetro de la vena cava inferior (mm)	Porcentaje de colapso inspiratorio	Presión estimada de la aurícula derecha	Correlación clínica
<15	100	0-5	Hipovolemia o choque distributivo
15-25	>50	5-10	Choque
15-25	<50	11-15	Choque cardiogénico u obstructivo
>25	<50	16-20	Choque cardiogénico u obstructivo
>25	0	>20	Hipertensión pulmonar, insuficiencia cardiaca derecha, síndrome de dificultad respiratoria agudo

4. Diámetro de las cavidades cardiacas.
5. Fenómenos de compresión (taponamiento o neumotórax).
6. Patrón de actividad cardiaca.

Ante un estado de choque el ultrasonido es una herramienta que ayuda a discriminar su causa, para optimizar aporte de volumen, inotrópico, la realización de descompresión guiada; todo esto con el fin de optimizar el gasto cardiaco y con base en la Figura 12 realizaremos el abordaje del estado de choque.¹⁷

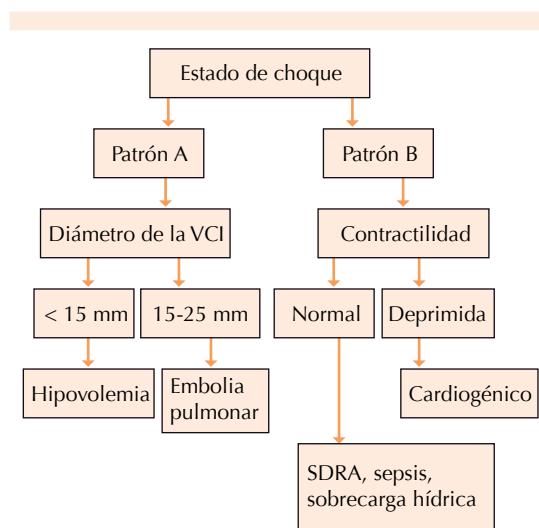


Figura 12. Algoritmo diagnóstico basado en la evaluación ultrasonográfica del estado de choque.

Si queremos evaluar si el paciente tiene o no actividad cardiaca como parte del protocolo de reanimación cardiopulmonar (RCP), la ventana recomendada es un eje paraesternal largo, se puede observar si el corazón ha perdido contractilidad adecuada y organizada, para iniciar y continuar con las maniobras de RCP teniendo en cuenta que la observación por medio del ultrasonido no debe retrasar las maniobras de reanimación; este protocolo debe iniciarse tras cinco ciclos de RCP y con actividad eléctrica sin

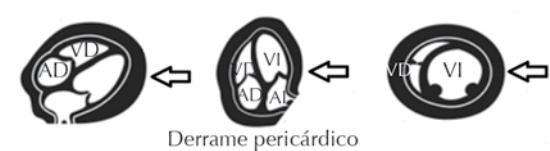
pulso, con el fin de distinguir de la pseudoactividad eléctrica sin pulso porque este grupo de pacientes tiene mayor probabilidad de responder a las maniobras de reanimación.¹⁸

Al incluir la ecografía cardiaca en las maniobras de RCP se realiza una observación entre cada ciclo, en conjunto con las maniobras clásicas de toma de pulso y valoración de ecocardiograma; la observación aún no cuenta con la aprobación necesaria para sustituir a las pruebas convencionales dentro del protocolo de reanimación cardiopulmonar.¹⁸

Los escenarios a los que más frecuentemente se enfrenta el clínico son:

Taponamiento cardiaco

Cuando se forma un derrame pericárdico éste se observa como una banda oscura (anecoica) que rodea al corazón y si la colección es pequeña se aprecia sólo una franja anecoica en la parte posterior (Figura 13).¹⁶



VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha.

Figura 13. Derrame pericárdico que se observa como una halo anecoico que rodea la silueta cardiaca en tres diferentes ventanas.

Aun con derrames grandes el paciente puede no mostrar signos de taponamiento cardiaco, que se distingue por colapso ventricular derecho telediastólico, colapso de la aurícula derecha, variación ventilatoria del flujo a través de la válvula tricúspide o mitral mayor a 40% acompañado de una vena cava inferior dilatada; además, si el taponamiento cardiaco tiene indicación para su evacuación,

ésta se puede realizar mediante punción guiada por ultrasonido con porcentaje mayor de éxito.¹⁶

Tromboembolia pulmonar

Ante la sospecha de embolia pulmonar se debe buscar de manera intencionada la dilatación del ventrículo derecho en la ventana apical cuatro cámaras como paraesternal eje corto o eje largo, así como pérdida de la relación entre el ventrículo derecho e izquierdo (diámetro del ventrículo izquierdo/diámetro del ventrículo derecho) >1.2 , disfunción septal con movimiento paradójico del tabique y desplazamiento hacia el ventrículo izquierdo, vena cava dilatada sin cambios ventilatorios o la localización del trombo en el sistema venoso profundo de las extremidades inferiores.¹⁹

Choque hipovolémico

En un paciente con choque hipovolémico el protocolo de estudio incluye la evaluación de la vena cava inferior, valoración de ultrasonido pulmonar y evaluación cardiaca básica. En este caso los hallazgos se distinguen por la ausencia de congestión pulmonar con una vena cava inferior pequeña colapsable durante la ventilación y en ciertos casos colapso de cámaras cardíacas, como datos clave en esta entidad que permitirán, además, guiar el tratamiento hídrico.^{17,19}

Evaluación vascular

Otro punto a resaltar de la utilidad del ultrasonido como herramienta indispensable para el clínico es la exploración vascular y ésta tendrá especial utilidad ante la sospecha de embolia pulmonar en la que se buscará el sitio de origen realizando una exploración intencionada en dos sitios, que son la vena femoral en su parte más proximal y en el hueco poplíteo identificaremos las venas por su forma más ovalada, facilidad de compresión al ejercer presión con el transductor,

además, éstas muestran cambios dinámicos en su diámetro con la ventilación.²⁰ Si el vaso no colapsa, puede indicar un coágulo intraluminal que en un inicio puede no generar una imagen característica y posteriormente evolucionar a una estructura visible; una vez que se ha identificado el coágulo es necesario realizar un corte longitudinal del vaso para evaluar su extensión.²⁰

El protocolo de exploración vascular se debe iniciar en todo paciente con inestabilidad hemodinámica con el fin de identificar la probable causa del deterioro hemodinámico del paciente, debemos recordar que en la mayor parte de las embolias no tendremos un sitio identificado de origen, por lo que la ausencia de un coágulo en los sitios de búsqueda no descarta la embolia pulmonar como causa de deterioro hemodinámico.

En el protocolo de exploración vascular se puede explorar la aorta abdominal en la que puede identificarse el aneurisma con la dilatación de más de 3 cm en un corte transversal y longitudinal, tomando como referencia de diámetros normales 2 cm en varones (1.7 ± 0.2 cm) y 1.7 cm en mujeres (1.5 ± 0.2 cm); un diámetro mayor a 5 cm implica un riesgo muy alto de rotura.²⁰ Para realizar la medición se sugiere hacer un corte longitudinal para no subestimar el diámetro con un corte transversal, la medición se debe realizar del sitio de mayor diámetro teniendo en cuenta la pared externa del aneurisma (Figura 14).

Colocación de accesos vasculares

Otra aplicación del protocolo de exploración vascular es como auxiliar durante la realización de accesos vasculares, de hecho, debido a la mayor seguridad que brinda durante el procedimiento, en la actualidad las guías de accesos vasculares recomiendan su uso siempre que se cuente con el equipo y adiestramiento necesarios. La principal justificación para el uso

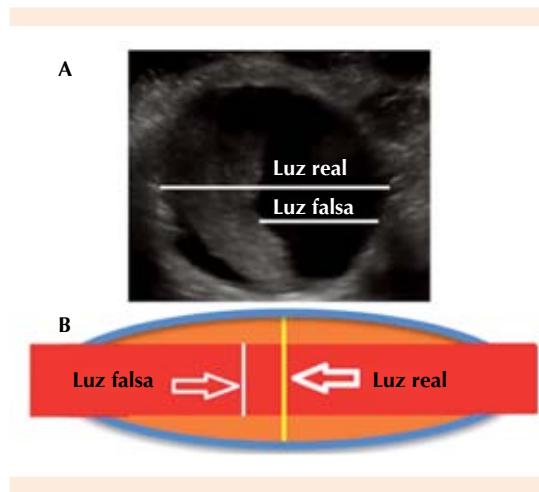


Figura 14. A. Aneurisma aórtico con disección de su pared en el que se observa una luz real y una falsa. B. Representación esquemática de corte transversal de aneurisma aórtico con luz falsa y real.

del ultrasonido como herramienta en accesos vasculares es limitar las complicaciones, porque debido a las variaciones anatómicas, realizar un acceso vascular por referencias anatómicas implica un riesgo elevado de complicaciones, como falla en la colocación como principal colocación (25%), seguida de la punción arterial (5%) en el acceso yugular. El acceso subclavio tiene como principal complicación la falla en la punción (12%), seguida de la punción arterial (3.2-4.9%) y el neumotórax (1.5-2.8%).¹²

Una vena tiene como principales características la fácil compresibilidad, la existencia de cambios en su diámetro con el ciclo ventilatorio y con mayor adiestramiento puede evaluarse mediante técnicas de doppler pulsado y color con lo que aumenta el porcentaje de éxito y requiere una curva de aprendizaje relativamente corta.

Protocolo abdominal

Una de las principales complicaciones que involucran la instrumentación de la vía aérea superior es la aspiración pulmonar. En Estados

Unidos se reporta una incidencia de 1 por cada 14,500 pacientes sometidos a intubación electiva y con ayuno previo, cifra que se incrementa de manera significativa durante la intubación en situaciones de urgencia. La mortalidad por aspiración de contenido gástrico es de 30 a 70%, evento directamente proporcional a la cantidad y características del material aspirado.²¹

El ultrasonido es de utilidad en la evaluación del contenido y volumen gástrico, parámetro de gran importancia, en especial en situaciones de intubación de urgencia con el objetivo de disminuir el riesgo de aspiración.²²

La técnica ultrasonográfica se basa en la insonación en varias proyecciones del estómago, lo que ayuda a medir mejor el área transversal del antro gástrico y de esta manera hacer diferentes mediciones que permitan la correcta medición del volumen gástrico y las características de su contenido.²⁰

Las ventanas descritas para la insonación gástrica son las siguientes (Figura 15):



Figura 15. A. Ventana subcostal para la evaluación ultrasonográfica del volumen gástrico. B. Ventana transesplénica.

LHI: lóbulo hepático izquierdo; VCI: vena cava inferior; VMS: vena mesentérica superior; CG: cuerpo gástrico; LHI: lóbulo hepático izquierdo; CTA: corte transversal del antro gástrico.

Ventana epigástrica

El transductor se coloca sagitalmente en la región epigástrica, girando en sentido de las manecillas del reloj y en forma opuesta hasta obtener una vista adecuada de la sección transversal del antro, teniendo como referencias anatómicas el lóbulo hepático izquierdo, la vena cava inferior y la vena mesentérica superior. Una vez localizado el estómago, se mide el diámetro lateral y anteroposterior, mismos que se multiplican y se obtiene el área gástrica transversal en cm^2 .^{22,23}

Ventana subcostal

Se coloca el transductor en forma sagital y ligeramente angulado hacia el área subcostal izquierda, girando nuevamente el transductor en contra y hacia las manecillas del reloj para localizar el antro gástrico. En esta ventana se puede observar el corte transversal del cuerpo gástrico teniendo como referencia a la derecha un corte transversal hepático, la vena cava inferior y la vena mesentérica superior.²³

Ventana transesplénica

Se coloca el transductor en el margen subcostal izquierdo a nivel de la línea axilar media, desplazando el transductor en forma de abanico de izquierda a derecha hasta observar el fondo gástrico, teniendo como referencia anatómica el hilio esplénico.

Con base en el conocimiento generado por la ultrasonografía gástrica se acuñó el concepto de “estómago de riesgo”. Bouvet lo define cuando el volumen gástrico supera 0.8 mL/kg de peso, medido por ultrasonido transversal en el antro gástrico.

Después de realizar la medición del área gástrica transversal (AGT), el resultado se utiliza para

calcular el volumen intragástrico mediante la siguiente fórmula propuesta por Perlas:

$\text{Volumen} = 27.0 + [14.6 \times \text{ATG en } \text{cm}^2 - (1.28 \times \text{edad en años})]$, medido en decúbito lateral derecho. Este modelo puede predecir volúmenes de 0 a 500 mL y es válido para pacientes adultos. La sensibilidad y especificidad de este modelo es de 100%, que lo convierte en el patrón de referencia para la valoración no invasiva del estómago en riesgo de aspiración gástrica pulmonar. El margen de error de la medición es de ± 6 mL. Se sugiere que un volumen de 100 mL es común en adultos en ayuno y se correlaciona con un volumen seguro para hacer procedimientos.²³

Protocolo FAST abdominal

Otro protocolo de utilidad para el médico interista es el protocolo FAST (*Focused Assessment of Sonography for Trauma*) y tiene como prioridad identificar líquido colectado en la cavidad abdominal realizando la búsqueda en las áreas de mayor acumulación, como el cuadrante superior derecho o el espacio hepatorrenal, conocido como espacio de Morrison (Figura 16), el cuadrante superior izquierdo o el espacio periesplénico y el espacio que se forma alrededor de la vejiga en el que evalúa el fondo de saco de Douglas y el espacio rectovaginal en mujeres o rectovesical en hombres.^{3,5,24,25}

Las imágenes anecoicas (oscuras) representan líquido, con la capacidad de detectar colecciones de incluso 100 mL.²⁶

El uso del ultrasonido enfocado a la clínica no tiene el objetivo de realizar un estudio de gabinete con un reporte detallado, su objetivo es responder preguntas con base en la clínica para obtener una evaluación más objetiva, ofrecer un mejor diagnóstico, implementar el tratamiento específico y dar seguimiento en tiempo real con estrecha vinculación con la evaluación clínica.



Figura 16. Espacio hepatorrenal (espacio de Morrison) de características normales.

CONCLUSIÓN

La Medicina Interna es una disciplina que centra su actividad en la deducción clínica, que en los últimos años se ha favorecido de un gran armamento tecnológico. La ultrasonografía se había concentrado en la práctica del radiólogo, pero en los últimos años su implementación a la cabecera del enfermo ha permitido hacer más objetiva nuestra práctica, enriqueciendo la actividad clínica. Es necesario que se implemente en la formación del internista un adiestramiento en ultrasonografía básica aplicada a la clínica, hecho que no compite con la práctica del radiólogo, sino que enriquece al clínico, porque es una extensión más de sus sentidos, muy semejante al estetoscopio o al martillo de reflejos, lo que de seguro repercutirá de manera positiva en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los enfermos y pondrá al internista a la vanguardia de la práctica de la medicina. El médico clínico debe romper el paradigma del estetoscopio como única herramienta diagnóstica indispensable en su práctica diaria, los diagnósticos y el seguimiento guiados por ultrasonido simplifican

la práctica clínica y mejoran la calidad y seguridad de la atención médica.

REFERENCIAS

1. Shriki J. Ultrasound physics. Crit Care Clin 2014;30:1-24.
2. Gibbs V, Cole D, Sassano A. Ultrasound Physics and Technology. China: Elsevier Health Sciences, 2009.
3. Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. Chest 2008;134:117-125.
4. Lobo V, Weingrow D, Perera P, Williams SR, Gharahbaghian L. Thoracic ultrasonography. Crit Care Clin 2014;30:93-117.
5. Chiumello D, Froio S, Bouhemad B, Camporota L, Coppola S. Clinical review: Lung imaging in acute respiratory distress syndrome patients - an update. Crit Care 2013;17:243.
6. Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B, Rouby JJ. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. Curr Opin Crit Care 2008;14:70-74.
7. Colmenero M, García-Delgado M, Navarrete I, López-Milena G. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. Med Intensiva 2010;34:620-628.
8. Vollmer I, Gayete A. Ecografía torácica. Archivos de Bronconeumología 2010;46:27-34.
9. García BP, Gallego GM, Pereira BD, Sánchez PM. La ecografía torácica en la enfermedad pleuro-pulmonar. Radiología [Internet] 2012; disponible en: www.elsevier.es
10. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med 2012;38:577-591.
11. Quintana Puerta JE. Ecografía para anestesiólogos. Rev Col Anestesiol 2013;42:33-36.
12. Maecken T, Grau T. Ultrasound imaging in vascular access. Crit Care Med 2007;35:S178-S185.
13. Wu TS. The CORE Scan: Concentrated Overview of Resuscitative Efforts. Crit Care Clin 2014;30:151-175.
14. Ayuela JM, Clau-Terré F, Ochagavia A, Vicho PR. Papel de la ecocardiografía en la monitorización hemodinámica de los pacientes críticos. Med Intens 2012;36:220-232.
15. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R. Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. Int J Cardiol 2005;101:209-212.
16. Goodman. The role of bedside ultrasound in the diagnosis of pericardial effusion and cardiac tamponade. J Emerg Trauma Shock 2012;5:72-75.
17. Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. 2012;36:45-55. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569111001161>

18. Breitkreutz R, Price S, Steiger HV, Seeger FH, et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: A prospective trial. *Resuscitation* [Internet] 2010;81(11):1527-1533. Disponible en: <http://www.resuscitationjournal.com/article/S0300957210004168/fulltext>
19. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 1999;21:700-707.
20. Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH exam: Rapid Ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill. *Emerge Med Clin North Am* 2010;28:29-56.
21. Carrillo ER, Carrillo-Córdova JR. Patrones ultrasonográficos pulmonares en el enfermo grave. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2011;25:24-32.
22. Perlas A, Chan VWS, Lupu CM, Mitsakakis N, Hanbridge A. Ultrasound assessment of gastric content and volume. *Anesthesiology* 2009;111:82-89.
23. Sakai T, Planinsic RM, Quinlan JJ, Handley LJ, et al. The incidence and outcome of perioperative pulmonary aspiration in a university hospital: a 4-year retrospective analysis. *Anesth Analg* 2006;103:941-947.
24. Lichtenstein D, Karakitsos D. Integrating lung ultrasound in the hemodynamic evaluation of acute circulatory failure (the fluid administration limited by lung sonography protocol). *J Crit Care* 2012;27:533.e11-9.
25. Gracias VH, Frankel HL, Gupta R, Malcynski J, et al. Defining the learning curve for the Focused Abdominal Sonogram for Trauma (FAST) examination: implications for credentialing. *Am Surg* 2001;67:364-368.
26. Branney SW, Wolfe RE, Moore EE, Albert NP, et al. Quantitative sensitivity of ultrasound in detecting free intraperitoneal fluid. *J Trauma* 1995;39:375-380.