



Revisión

Aplicaciones clínicas de la ecografía pulmonar

Aurelio Luis Wangüemert Pérez

Servicio de Neumología, Hospital San Juan de Dios, Santa Cruz de Tenerife, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 15 de julio de 2019

Aceptado el 9 de noviembre de 2019

On-line el 8 de enero de 2020

Palabras clave:

Ecografía pulmonar

Neumotórax

Derrame pleural

Lesión pulmonar periférica

Ecografía guiada

RESUMEN

La ecografía pulmonar está adquiriendo una gran importancia para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades respiratorias en diferentes ámbitos, ya sea urgencias, consultas, hospitalización, etc. Esta revisión intenta englobar la mayoría de las aplicaciones y las utilidades que tiene la ecografía torácica en la práctica clínica diaria. Para ello, la revisión se centra en cómo se visualizaría la imagen ecográfica en cada una de las enfermedades pleuropulmonares a las que tiene aplicación y su uso en la neumología intervencionista. Además, se presenta una ilustración esquemática con las entidades más frecuentes y su representación ecográfica, con el objetivo de entender mejor lo que estamos viendo con esta prueba complementaria de gran valor diagnóstico.

© 2019 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Clinical applications of pulmonary ultrasound

ABSTRACT

Pulmonary ultrasound is becoming very important for the diagnosis and monitoring of respiratory diseases in different areas, such as emergency departments, outpatient clinics, inpatient areas, etc. This review attempts to encompass most of the applications and utilities of thoracic ultrasound in daily clinical practice. For this, the review focuses on how the ultrasound image would be visualized in each of the pleuro-pulmonary pathologies to which it has access and its use in interventional pulmonology. In addition, a schematic illustration with the most frequent pathologies and their ultrasound representation is presented, in order to better understand what we are seeing with this complementary test of great diagnostic value.

© 2019 Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La ecografía pulmonar (EP) es una prueba complementaria en constante evolución debido a la multitud de aplicaciones que tiene para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades respiratorias, así como para la ejecución de técnicas intervencionistas. Puede repetirse el número de veces que sea necesario, ya que ofrece ventajas como la ausencia de radiaciones, portabilidad, menor gasto económico e imágenes en tiempo real. Dos de sus inconvenientes son: limitación por el aire y el hueso y ser dependiente del operador.

La EP es una herramienta que complementa la anamnesis y exploración física previas. Debe utilizarse en procesos que ayuden

al enfoque diagnóstico y tratamiento posterior y no sustituyendo a otras herramientas (tomografía computarizada, resonancia magnética) cuando se requieran.

Debido a la diversidad de procesos pulmonares que podemos encontrar, es importante mantener un entrenamiento diario para conservar la agilidad y obtener diagnósticos precisos: es de poca utilidad un uso ocasional para procedimientos puntuales. Hay poca literatura específica relacionada con la curva de aprendizaje en la EP, pero se ha descrito que las indicaciones, el examen pulmonar sistemático, las habilidades técnicas y los hallazgos aumentan con la experiencia, con un tiempo de exploración menor y con escasa variabilidad interobservador. La EP difiere de otros exámenes en que la interpretación de las imágenes y el reconocimiento de las enfermedades se basan en el análisis de los artefactos sonográficos, pero esto no llega a ser imprescindible en los servicios de urgencias

Correo electrónico: aureliowp@hotmail.com

<https://doi.org/10.1016/j.medcli.2019.11.001>

0025-7753/© 2019 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

y medicina intensiva porque necesitan respuestas rápidas. Sin embargo, otros servicios como neumología o radiología utilizan la ultrasonografía para diferenciar enfermedades más complejas o como guía en procedimientos invasivos¹.

En los últimos años, la EP se ha incluido en la actividad clínica diaria de diferentes especialidades médicas y quirúrgicas, tales como atención primaria, urgencias, neumología, medicina interna y cirugía torácica. En los servicios de medicina intensiva ha tenido una gran utilidad con la aplicación del protocolo *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (BLUE), que orienta en pocos minutos las causas de insuficiencia respiratoria aguda, como puede ser el edema agudo de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) exacerbada, la neumonía o la embolia pulmonar. Probablemente, en un futuro cercano o incluso ya en el presente, la integración de la EP puede ser una herramienta importante en el diagnóstico y seguimiento de diferentes enfermedades respiratorias. Además, la creación de un *software* que valora la elasticidad del tejido pleuropulmonar ya se está utilizando para afinar más aún en el diagnóstico de ciertas enfermedades respiratorias. En este manuscrito se intenta abordar los aspectos teóricos más importantes de la EP, pero no sustituye de ninguna manera la formación práctica que debe recibir el profesional médico para la adquisición de las competencias mínimas².

Consideraciones generales en la ecografía pulmonar

El estudio del tórax a través de la ecografía se realiza con varias sondas y de múltiples formas. Es recomendable disponer de una sonda lineal (7,5–10 Hz), que profundiza menos, pero ofrece mayor resolución de imagen (estudios de la pared torácica y la pleura) y de una sonda cóncava (3,5–5 Hz), que profundiza más y presenta menor resolución de imagen (estudio de procesos pulmonares). También es útil el uso del doppler-color para el estudio de estructuras en movimiento y para distinguir estructuras anatómicas^{1,2}.

Antes de proceder a la exploración ecográfica, debemos analizar las pruebas complementarias o anamnesis del paciente. Hay diferentes formas de iniciar la exploración ecográfica; una de ellas se basa en la división de cuadrantes en cada hemitórax, enumerándolos y evaluándolos. Otra posibilidad es comenzar por los espacios intercostales inferiores a nivel paravertebral y recorrer todo el espacio intercostal hasta alcanzar la zona paraesternal, y repetir la misma maniobra desde las bases hasta los vértices^{3–5}. Lo importante es que la exploración sea ordenada y sistemática.

Existen 2 modos de representar la información recogida en la exploración: a) modo B, método más utilizado, con el que se obtienen imágenes bidimensionales en movimiento; b) modo M, con el que se obtienen imágenes unidimensionales en movimiento a lo largo del tiempo.

Las imágenes de ultrasonidos obtenidas se muestran en una escala de grises. El eco más intenso aparece blanco mientras que el eco que no refleja ninguna onda sonora de los órganos es negro. Los siguientes términos se usan para definir la ecogenicidad, dependiendo de la amplitud de la onda reflejada.

Cuando no se refleja ninguna onda sonora y la imagen aparece negra es *anecoica*, como en el derrame pleural (DPL); es *isoeoica* cuando los ecos son de intensidad comparable al tejido circundante (riñones, bazo); es *hiperecoica* si los ecos son más intensos que el tejido (el diafragma) y es *hipoeoica* cuando es más débil que el tejido (masas pulmonares periféricas)⁵.

Hallazgos normales en la ecografía pulmonar

En condiciones normales, la pared torácica contiene capas de tejido blando ecogénicas que representan el tejido celular subcutáneo y el tejido muscular. Las costillas aparecen como una línea curva

ecogénica e inferior a esta línea, una sombra acústica posterior que produce el hueso de la costilla. Entre las costillas y por debajo de la línea costal, observaremos la línea pleural. Con el transductor en posición transversal a las costillas, la sombra posterior de las costillas y la línea pleural componen el *signo del murciélago*. En tiempo real, identificamos el deslizamiento de las 2 superficies pleurales conocidas como el *signo del deslizamiento pleural*^{5–7} y, en la modalidad M, el *signo de la orilla del mar* (líneas horizontales por encima de la línea pleural y un aspecto moteado por debajo)(figs. 1 y 2, Tabla 1).

El parénquima pulmonar sano no es visible por debajo de la línea pleural porque los ultrasonidos son atenuados por el aire y producen diferentes artefactos^{4,6–8}:

- Líneas A o artefacto de reverberación: son líneas horizontales hiperecogénicas, paralelas y equidistantes entre sí, situadas a una distancia múltiple por debajo de la línea pleural entre el transductor y la línea pleural.
- Líneas B o artefacto en cola de cometa: son líneas verticales hiperecogénicas originadas desde la línea pleural que continúan hasta el final de la imagen ecográfica. Se producen por reflexión de los ultrasonidos en el interior del septo interlobulillar. En condiciones normales pueden detectarse una o 2, en pacientes EPOC pueden estar disminuidas y en enfermedades intersticiales pulmonares, edema pulmonar, síndrome de distrés respiratorio agudo o en la linfangitis carcinomatosa pueden estar incrementados.
- Líneas C: son líneas horizontales hiperecogénicas situadas a una distancia que no es múltiple entre el transductor y la línea pleural.
- Líneas Z: son líneas verticales hiperecogénicas iniciadas en la pleura, pero que no llegan al final de la imagen.

Hallazgos patológicos en la ecografía pulmonar

A continuación, se describirán los hallazgos ecográficos que encontramos en diferentes enfermedades pero que siempre deben ir acompañadas con un contexto clínico para alcanzar un correcto diagnóstico, ya que en muchas ocasiones las características ecográficas no son exclusivas de una entidad.

Pared torácica

Fracturas costales

El traumatismo torácico es una excelente indicación para la EP por su cercanía al transductor y porque es más sensible que la radiografía de tórax para la detección de fracturas costales y esternales^{7,8}. Es incluso más precisa para las fracturas agudas, en las que se ve la interrupción de la línea costal e incluso puede observarse el *signo de la chimenea*, que son reverberaciones verticales que se inician desde el inicio de la fractura (fig. 2). Si la fractura costal tiene semanas de evolución, ecográficamente observaremos una imagen lineal irregular y pseudonodular en la cortical costal con sombra acústica posterior, que se corresponde con el callo de fractura. Los hematomas y desplazamientos entre 2 fragmentos óseos secundarios a una fractura costal se visualizarán ecográficamente como imágenes hipoeocogénicas alrededor de la fractura. A pesar de ello, la prueba complementaria que actualmente continúa utilizándose para su diagnóstico es la radiografía^{9–11}.

Enfermedad tumoral

La pared torácica puede verse afectada tanto por procesos tumorales benignos como por malignos. Las lesiones benignas de tejido blando, como los lipomas, se caracterizan por estar bien circunscritas, ser habitualmente hipoeocogénicas, homogéneas e hipovasculares. Las lesiones malignas de tejido óseo, como la metástasis ósea, es importante diferenciarla de la fractura costal ya que en los 2 casos existe rotura de la cortical ósea y aumento de las

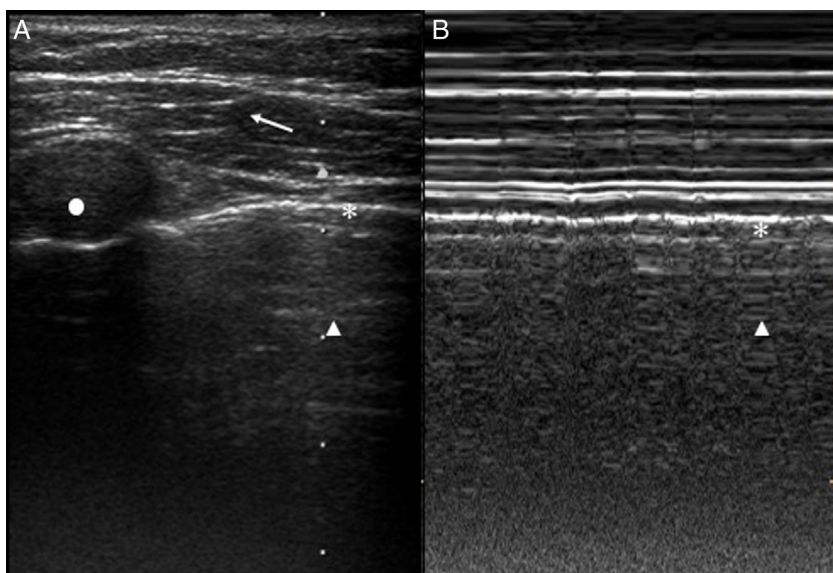


Figura 1. Ecografía pulmonar normal. A) Modo B. Plano muscular (flecha blanca). Costilla con sombra acústica posterior (punto blanco). Línea pleural (asterisco blanco). Parénquima pulmonar (triángulo blanco). B) Modo M. Signo de la orilla del mar.

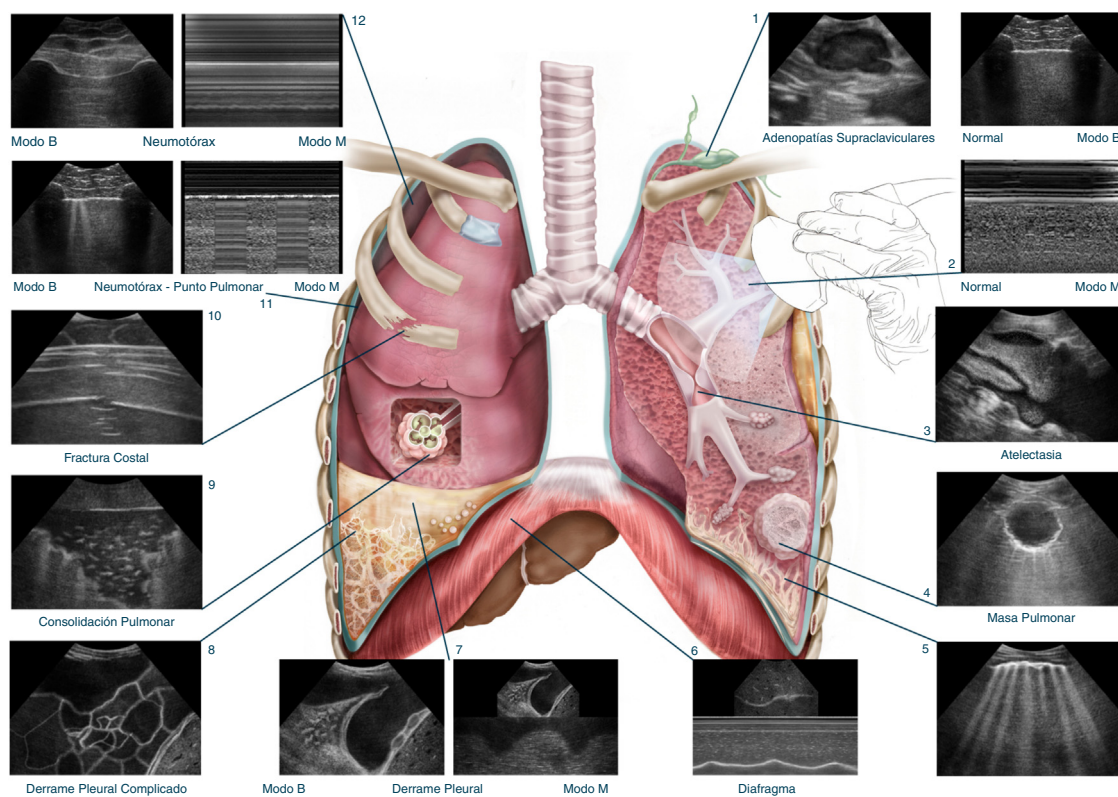


Figura 2. Ilustración pulmonar y ecográfica con diferentes tipos de entidades respiratorias. 1) Adenopatía supraclavicular por afectación neoplásica. 2) Ecografía normal en modo B, signo del murciélago y en modo M, el signo de la orilla del mar. 3) Atelectasia pulmonar de tipo obstructivo por lesión endobronquial, en la que se visualiza pequeño derrame pleural y el signo del broncograma líquido. 4) Masa pulmonar periférica. 5) Enfermedad intersticial con engrosamiento y desestructuración de la línea pleural e incremento de las líneas B. 6) Movilidad diafragmática, imagen superior en modo B y en la inferior modo M en las que se observa la excursión diafragmática con la respiración. 7) Derrame pleural en modo B con signo del broncograma aéreo, signo de la medusa e implantes pleurales diafragmáticos. Modo M, signo del sinusoide. 8) Derrame pleural complicado con tabiques en su interior. 9) Consolidación pulmonar infecciosa, ausencia de línea pleural, bordes irregulares y broncograma aéreo. 10) Fractura costal, signo de la chimenea. 11) Neumotórax con punto pulmonar, modo B una parte de la línea pleural presenta líneas B y en la otra mitad están ausentes, lo que corresponde al lugar de contacto y separación de la pleura parietal y visceral. Modo M, signo del punto pulmonar. 12) Neumotórax, en el modo B ausencia de líneas B y del deslizamiento pulmonar con presencia de líneas A. Modo M, signo del código de barras.

Tabla 1
Principales signos en la ecografía pulmonar

Signos pulmonares	Modalidad Ecográfica	Descripción	Patología
Signo de deslizamiento pleural	Modo B	Movimiento de la pleura visceral bajo la parietal con la respiración.	Exploración normal.
Signo del murciélago	Modo B	Colocando el transductor de manera trasversal a las costillas. Imagen compuesta por dos costillas, el refuerzo posterior de las mismas con la línea pleural entre ellas.	Exploración normal.
Signo de la orilla del mar	Modo M	Parte superior: Líneas horizontales paralelas correspondiendo al tejido celular subcutáneo y muscular. Parte inferior: Desde la línea pleural, con aspecto granulado.	Exploración normal.
Signo del pulso pulmón	Modo B	Vibración de la línea pleural sincrónica al latido cardíaco.	Exploración normal.
Signo del código de barras	Modo M	Líneas horizontales paralelas.	Neumotórax.
Signo del punto pulmonar	Modo B	Tramo de línea pleural con deslizamiento pleural y resto sin deslizamiento pleural.	Neumotórax.
	Modo M	Sucesión de imágenes formando el signo de la orilla del mar en la inspiración y el signo del código de barras en la espiración. Siendo el lugar donde el pulmón toca la pared torácica con la inspiración en un neumotórax.	
Signo de la medusa	Modo B	Movimiento del pulmón atelectasiado debido a un derrame pleural.	Derrame pleural.
Signo del remolino o placton	Modo B	Imágenes puntiformes móviles en el interior del derrame pleural.	Derrame pleural maligno.
Signo del sinusoide	Modo M	Imagen producida por la pleura visceral cuando se acerca y se aleja de la pleura parietal con los movimientos respiratorios.	Derrame pleural.
Signo de la cortina	Modo M	Artefactos de reverberación en el interior del derrame, lo que traduce la existencia de aire pleural.	Hidroneumotórax
Signo de la chimenea o del faro.	Modo B	Artefacto de reverberación que produce una fractura costal visualizándose por debajo de la pérdida de continuidad de la superficie costal.	Fracturas costales.
Signo del broncograma líquido	Modo B	Visualización de líneas anecogénicas sin señal doppler-color.	Atelectasias obstructivas.
Signo del sol naciente	Modo B	Afectación subpleural del intersticio pulmonar basal.	Enfermedad intersticial incipiente en bases pulmonares.
Signo color líquido	Modo B	Doppler-color positivo del derrame pleural por el movimiento que presenta con las respiraciones.	Derrames pleurales.

partes blandas, pero en la metástasis existe un aumento de la vascularización estudiado con el doppler-color. Otras características de las lesiones malignas son los márgenes irregulares: textura generalmente hipocóica que se combina con porciones hiperecóicas no homogéneas e invasión de estructuras adyacentes⁹.

Los tumores neurogénicos que se localizan a nivel subcostal pueden confundirse con lesiones pleurales y en la EP aparecerán como homogéneos, hipocogénicos y fusiformes¹²⁻¹⁴.

Adenopatías supraclaviculares

La ecografía va a permitir caracterizar las adenopatías y guiar su punción-biopsia, si procede, con ventajas respecto a otras pruebas como la tomografía computarizada. Las características ecográficas junto con una historia clínica detallada permiten discernir malignidad y benignidad y orientar cuándo es preciso el estudio histológico.

Las adenopatías metastásicas se caracterizan por presentar una ecogenicidad heterogénea, perder el hilio graso central, estar mal delimitadas y tener mala movilidad. Cuando hay diseminación extracapsular presentan irregularidades en sus márgenes (fig. 2). Las adenopatías secundarias a un linfoma tienen una ecogenicidad homogénea e hipocóica, son redondeadas, bien delimitadas y con buena movilidad. A diferencia de las anteriores, las adenopatías inflamatorias tienen una ecogenicidad con márgenes hipocóicos, preservan el hilio graso central y son longitudinales. También existirán diferencias en la vascularización de dichas adenopatías: es irregular en las metastásicas y linfomas y regular en las inflamatorias^{15,16}.

Cavidad torácica

Pleura

La pleura está inmersa en numerosos trastornos que ocurren como enfermedad aislada, o como complicación de enfermedades

respiratorias, de pared torácica o abdominal. La EP se ha convertido en una herramienta indispensable para la evaluación y el diagnóstico de este tipo de enfermedades.

Neumotórax

Actualmente, la EP es una técnica útil para la detección, valoración de extensión y evaluación de la resolución del neumotórax, al tener una sensibilidad mayor que la radiografía de tórax y una especificidad similar¹⁷.

La ausencia del DSLPL y de líneas B junto con la presencia de líneas A y el *signo del punto pulmonar* (punto de separación de la pleura visceral y la parietal) determinan el diagnóstico del neumotórax (fig. 2). La localización del punto pulmonar permite valorar la magnitud del neumotórax y la necesidad de un drenaje endotorácico; es necesario si la localización es en la línea axilar media y habrá que mantener una actitud conservadora si es anterosuperior, a la altura del segundo espacio intercostal¹⁷⁻¹⁹.

También la ecografía está cobrando mucha importancia después de procedimientos diagnósticos intervencionistas (biopsias pulmonares guiadas por ecografía, canalización de vías venosas centrales o toracocentesis) o ante un cuadro sospechoso de neumotórax, ya que se realiza a pie de cama con rapidez y comodidad para el paciente, a la vez que se evitan radiaciones.

También hay casos con ausencia de neumotórax pero con disminución del DSLPL o incluso sin él. Por ejemplo: la EPOC con enfisema pulmonar tiene, además, disminución de líneas B. En el síndrome de distrés respiratorio se incrementan las líneas B y la atelectasia o la intubación selectiva tendrán ausencia del DSLPL por falta de aireación del tejido pulmonar.

En los pacientes que presentan enfisema subcutáneo secundario a un neumotórax o por otras circunstancias, lo característico es la presencia de líneas E, que son líneas verticales hiperecogénicas originadas desde el inicio de la imagen ecográfica¹⁹⁻²³.

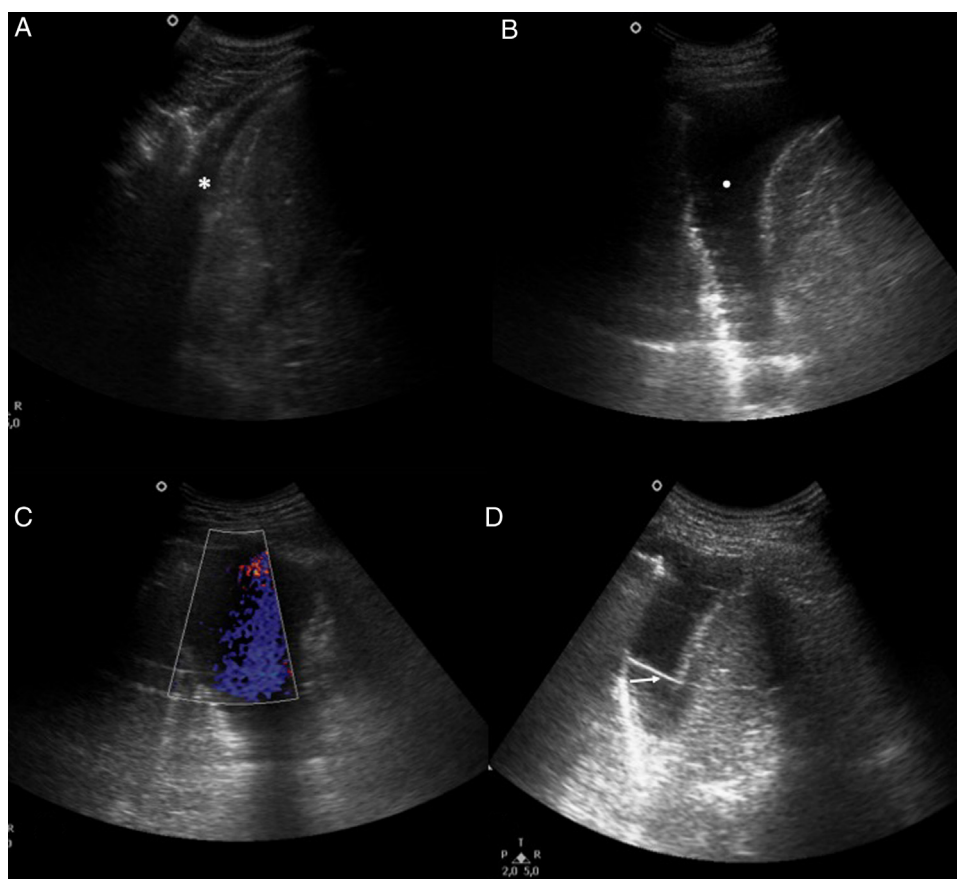


Figura 3. Derrames pleurales. A) Presencia de mínimo derrame pleural derecho (asterisco blanco). B) Derrame pleural no complicado (punto blanco). C) Doppler-color. Signo del color líquido. D) Derrame pleural complicado con presencia de septos en su interior (flecha blanca).

Derrames pleurales

El diagnóstico del DPL se alcanza por radiografía a partir de 150 ml de líquido pleural en la proyección posteroanterior y de 75 ml en la proyección lateral, aproximadamente. Sin embargo, la ecografía lo detecta a partir de 5 ml (figs. 2 y 3), con una sensibilidad y especificidad del 94 y 99% respecto a la radiografía de tórax, que es de un 51 y un 91%, respectivamente²⁴⁻²⁶. Esta mayor sensibilidad de la ecografía en el derrame pleural la hace casi imprescindible para su práctica clínica diaria en esta área.

Dependiendo del origen del DPL, la EP puede mostrar diferentes tipos de imagen (figs. 2 y 3): a) ecos internos sin septos (DPL no complicado); b) ecos internos con septos (DPL complicado); c) ecogénico difuso (hemotórax); d) anecogénico (insuficiencia cardíaca). Los trasudados son habitualmente anecoicos, mientras que los exudados pueden ser anecoicos hasta en un 14%^{27,28} (figs. 2 y 3).

En las regiones más basales se puede observar una atelectasia pasiva del pulmón que se mueve sobre el DPL y que, junto con el latido cardíaco, genera el *signo de la medusa*. En la modalidad M, el movimiento de la pleura visceral con la respiración produce el *signo del sinusoides*.

Los DPL malignos pueden presentar el *signo del remolino*, que son ecos en el interior del DPL que se mueven en espiral y, aunque no son patognomónicos, sí orientan a esta etiología^{29,30}.

El volumen del DPL puede calcularse por diferentes fórmulas o de manera cualitativa, dependiendo de la experiencia del examinador. Un método sencillo y aproximado es medir la distancia máxima entre el pulmón atelectasiado y la pared torácica en inspiración máxima y multiplicarlo por 20³¹.

Todo el DPL debe ser explorado para la posible identificación de nódulos pleurales, que constituye el signo más específico de malignidad. Suelen ser nódulos mayores de 5 mm y la región más afectada es la pleura diafragmática^{6,32}.

En los casos de duda entre un engrosamiento pleural o un DPL, se observará en este último caso el doppler-color debido al movimiento del DPL en la cavidad pleural: se denomina el *signo del color líquido*³³ (fig. 3).

Un hidroneumotórax puede identificarse por artefactos de reverberación en el interior del DPL: es indicativo de la presencia de aire y se denomina *signo de la cortina*³⁴.

Enfermedad pleural sólida

Podemos encontrarnos con enfermedad pleural benigna y maligna.

La enfermedad pleural benigna es poco frecuente y la visualizaremos como una imagen ecogénica y bien delimitada, como los lipomas. El tumor fibroso pleural se definirá ecográficamente como una masa pleural homogénea, hipocogénica y de bordes respetados. Cuando presenta focos anecogénicos o hiperecogénicos por necrosis o hemorragia debe sospecharse la malignidad de la lesión^{35,36}.

La enfermedad pleural maligna, como las metástasis pleurales, aparecerá con DPL y favorecerá la exploración de toda la cavidad pleural. Se manifiestan como lesiones nodulares o aplanadas y de base ancha, hipocogénicas o ecogénicas³⁷. Los mesoteliomas aparecerán con DPL junto con engrosamientos irregulares, heterogéneos e hipocogénicos, con invasión de la pared torácica y el diafragma³⁸.

Tabla 2

Características ecográficas de diferentes afectaciones pulmonares periféricas

	Consolidación infecciosa	Atelectasia	Neoplasia (Contacto con pared torácica)	Tromboembolismo pulmonar
Ecogenicidad	Variable	Ecogenicidad moderada	Ecogénicas, hipo o hiperecogénicas	Hipoecoica
Forma	Irregular	Variable	Heterogénea	Triangular
Línea pleural	Fragmentación e irregularidad	Discontinua	Ausente	Ausente
Contornos	Irregulares	Delimitado	Delimitado/Infiltrante.	Bien delimitado
Broncograma aéreo	Presente. No móvil (estático). Móvil (dinámico)	Presente. Móvil/No móvil	Ausente	Ausente
Doppler color	Presente. Arboriforme	Presente. Arboriforme	Presente	Ausente
Otros	Broncograma líquido	Compresiva o pasiva: Presente derrame pleural. Disminuye con toracocentesis. Obstructiva: Broncograma líquido	Necrosis. Movimiento con el deslizamiento pleural o no, si infiltra pleura parietal.	Puede existir un eco central

Diafragma

La evaluación del diafragma se puede utilizar en diferentes aplicaciones clínicas: parálisis diafragmática, disfunción diafragmática en posquirúrgico, evaluación en paciente crítico, evaluación del *weaning* en la ventilación mecánica, función diafragmática en EPOC, etc.³⁹.

El estudio del movimiento diafragmático se realizará con una sonda convexa en la modalidad B y con el paciente en decúbito supino. El transductor lo situaremos a nivel subcostal-abdominal, tomando de referencia el hígado para el diafragma derecho y el bazo para el diafragma izquierdo en el modo B. El hemitórax izquierdo ofrece más dificultades debido a la cámara gástrica. Una vez localizado, cambiamos a modo M, medimos la excursión diafragmática (amplitud del diafragma), que será diferente si la respiración es profunda (1–7 cm), lenta (0,3–1,8 cm) o *sniffing* (nasal) (0,5–2,9 cm), y su velocidad de contracción. El grosor del diafragma se mide con una sonda lineal en el denominado punto frénico, el cual está localizado en la línea axilar anterior, donde el diafragma desplaza el pulmón con los movimientos respiratorios. En condiciones normales mide entre 1,5 y 2,8 mm. Debido a los cambios en el grosor del diafragma en el ciclo respiratorio, debemos calcular la fracción de engrosamiento para valorar el buen funcionamiento del diafragma (fracción de engrosamiento = [espesor final inspiración – espesor final espiración]/espesor final espiración) con valores normales entre 28 y 96%. Con todo ello, la ecografía es un método reproducible con escasa variabilidad interobservador que permite la observación dinámica en la recuperación de la disfunción diafragmática (fig. 2)^{39–43}.

Parénquima pulmonar

Las afecciones del parénquima pulmonar periférico pueden examinarse con la EP, aunque a día de hoy la tomografía computarizada de tórax continúa siendo el método de elección para la valoración de la totalidad del parénquima pulmonar. Si el parénquima pulmonar no fuese patológico, obtendríamos los hallazgos de una ecografía normal, aunque, en ocasiones, podremos estudiar la procesos respiratorios centrales dependiendo de su extensión a la periferia y la ventana ecográfica que ofrezca⁴⁴ (Tabla 2).

Atelectasias

La EP visualizará las atelectasias con afectación subpleural y los hallazgos dependerán de la causa que la produzca.

La atelectasia pasiva se debe a la compresión del pulmón por la existencia de DPL. El parénquima tendría una disposición triangular con márgenes irregulares. En el interior del parénquima puede observarse una consolidación neumónica. Si dicha consolidación

presenta aire atrapado que no se mueve con la inspiración se denomina *broncograma aéreo estático*. Pero si el aire en el interior de la consolidación se mueve con los movimientos respiratorios se denomina *broncograma aéreo dinámico*. El doppler-color tendrá su utilidad, ya que tendrá flujos aumentados en la consolidación.

La atelectasia obstructiva es la producida por lesiones endobronquiales o tapones de moco; la lesión central obstructiva se visualizará como una consolidación homogénea e hipocogénica con mínimo DPL y líneas anecogénicas sin señal doppler-color, llamado *signo del broncograma líquido* (fig. 2). Cuando existe obstrucción parcial de la vía aérea, el paso del aire genera fenómenos de licuefacción y se observan imágenes circulares con ecos internos móviles. En los hallazgos de lesiones nodulares en las atelectasias obstructivas deberá aplicarse doppler-color para distinguir entre metástasis (vascularizadas) o abscesos (no vascularizadas). Aunque hay que ser cuidadosos en este punto, ya que según la capacidad del equipo y la experiencia del operador podrían llevarnos a un diagnóstico erróneo.

La atelectasia adhesiva se manifestará como pequeñas consolidaciones lineales, aumento de líneas B y disminución del DSLPL. La atelectasia cicatricial será difícil de visualizar, aunque puede observarse disminución del DSLPL. La atelectasia redonda mostrará una consolidación subpleural, un engrosamiento pleural junto a una línea ecogénica que va desde la pleura hacia el interior de la atelectasia por invaginación de la pleura visceral^{37,44,45}.

Neumonías

Las neumonías presentarán fragmentación e irregularidad de la línea pleural con disminución del DSLPL. En el parénquima pulmonar afecto habrá una ecogenicidad disminuida similar al hígado con bordes irregulares, de tamaño variable, líneas hiperecogénicas ramificadas en su interior debido al broncograma aéreo estático y dinámico. En las neumonías obstructivas, el broncograma líquido puede estar presente por la presencia de vías aéreas rellenas de secreciones^{37,46–49} (fig. 2).

Enfermedades intersticiales pulmonares

En condiciones normales, existen alrededor de 2–3 líneas B por campo explorado, pero su incremento y distribución puede revelar la existencia de una enfermedad pulmonar intersticial, edema pulmonar o distrés respiratorio agudo.

Las líneas B toman el protagonismo en las enfermedades pulmonares intersticiales debido al engrosamiento de los septos interlobulillares, con una distribución difusa, bilateral y no homogénea. Las líneas B por engrosamiento de los septos se denominan B₇ porque existe una separación de 7 mm entre sí, medidas a la

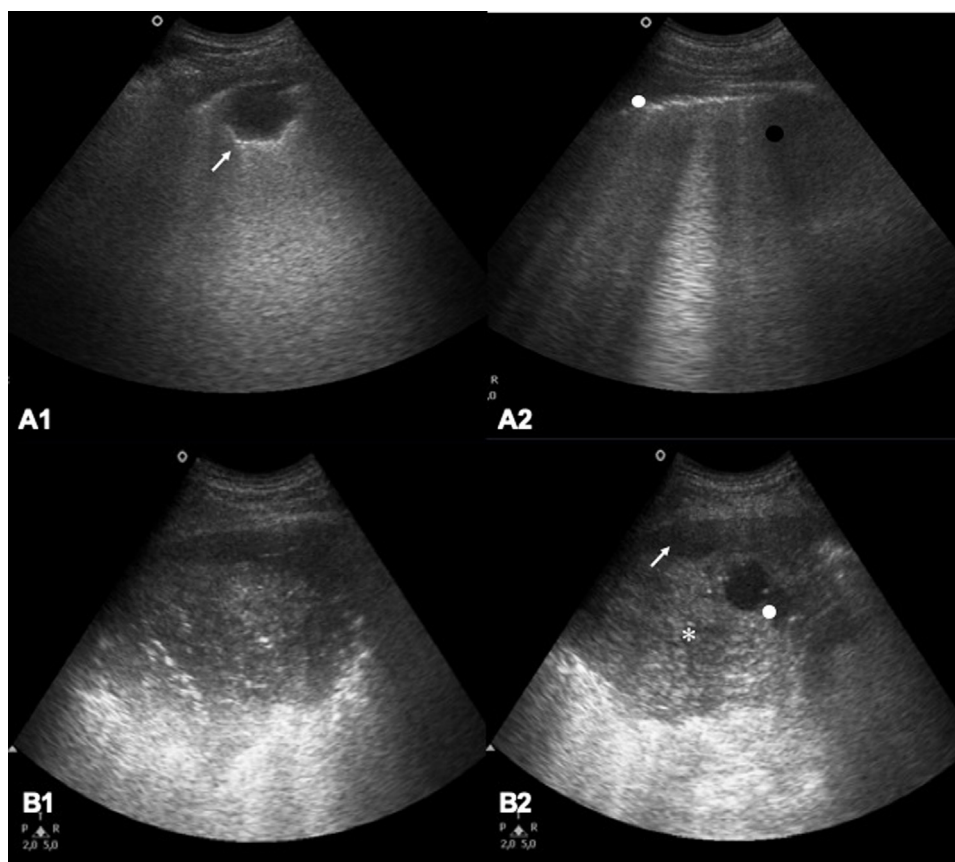


Figura 4. A) Carcinoma broncogénico. A1) Masa pulmonar (flecha blanca) en contacto con pared torácica. A2) Engrosamiento y desestructuración de línea pleural (punto blanco), abundantes líneas B (punto negro) por afectación de septos interlobulillares secundario a la linfangitis carcinomatosa. B) Carcinoma broncogénico con neumonitis obstructiva. B1) Consolidación pulmonar. B2) Mínimo derrame pleural (flecha blanca) con consolidación pulmonar (asterisco blanco) y masa pulmonar en el interior de la consolidación (punto blanco).

altura de la línea pleural. Además, existirá engrosamiento, irregularidad y fragmentación de la línea pleural, conservando el DSLPL.

La distribución de las líneas B en el edema pulmonar será homogénea, bilateral y simétrica, sin anomalías en la línea pleural, conservando su deslizamiento y acompañándose habitualmente de DPL. En este caso, las líneas B se separan entre sí 3 mm y se clasifican en líneas B₃.

En el distrés respiratorio agudo, la distribución de las líneas B será heterogénea, con áreas pulmonares delimitadas. La línea pleural será irregular, engrosada con disminución o ausencia del DSLPL y leve DPL⁵⁰⁻⁵² (fig. 2).

Procesos tumorales

Las neoplasias van a ser visualizadas cuando no hay interposición aérea. Las que no estén en contacto con la pared torácica solamente serán visualizadas si entre la pared torácica y la lesión existe un parénquima pulmonar no aireado, como pudiera ser una atelectasia o consolidación.

Normalmente las neoplasias serán isoeocogénicas, hipo- o hiperecogénicas, aspecto este no distinguible de las lesiones benignas. Las lesiones de gran tamaño (>5 cm) se mostrarán heterogéneas por la presencia de áreas de hemorragia y necrosis. Los criterios ecográficos que determinarán una lesión pulmonar maligna son: contornos irregulares de la superficie pulmonar, márgenes bien delimitados con el parénquima pulmonar sano e invasión a estructuras vecinas como la pleura parietal (con ausencia del movimiento de la lesión con la respiración) o invasión a la pleura visceral (con disminución del movimiento), neovascularización, destrucción de la arquitectura normal y desplazamiento de los vasos^{53,54} (figs. 2 y 4).

Tromboembolia pulmonar

Las lesiones del parénquima pulmonar periférico por afectación isquémica secundarias a la tromboembolia pulmonar son hipoeocogénicas de morfología triangular con base en la pleura y alrededor con zonas hiperecogénicas, mal delimitadas en fases iniciales y diferenciándose de la consolidación infecciosa por la ausencia de broncograma aéreo.

La EP puede ser una opción cuando hay contraindicación en la realización de una angio-TC, en embarazadas o en caso de insuficiencia renal crónica y si existe una alta sospecha clínica de tromboembolia pulmonar^{8,55}.

Aplicaciones de la ecografía pulmonar en neumología intervencionista

Los procedimientos pleuropulmonares deben realizarse con ecografía por su seguridad y no invasividad. Evita complicaciones, como puncionar estructuras vasculares y pulmón sano, así como el ingreso del paciente en determinadas técnicas intervencionistas⁵⁶.

Enfermedad pleural

La toracocentesis diagnóstica como evacuadora en los derrames pleurales es una técnica rápida y segura con la ayuda de la EP, que evita las complicaciones que pueden surgir al realizarla a ciegas. La ecografía indica el lugar de la toracocentesis, colocación del drenaje en pacientes con derrames localizados o incluso en el neumotórax. Esto favorece el seguimiento de la enfermedad y una disminución en el número de radiografías. En procedimientos como la colocación

de drenaje pleural permanente o las toracoscopias, la EP también tiene gran importancia^{56,57}.

En los engrosamientos o implantes pleurales que sean subsidarios de biopsia, la rentabilidad diagnóstica será mayor si se ejecuta guiada por ecografía, ya que al observar en tiempo real la introducción de la aguja en la lesión aseguraremos que la biopsia sea de la región patológica⁵⁸.

Enfermedad pulmonar: neoplasias

Ante la sospecha de neoplasia pulmonar, la ecografía es un importante complemento a la historia clínica, pero actualmente la tomografía computarizada o la resonancia magnética continúan teniendo un gran valor en el estudio y extensión de esta entidad. Además, la ecografía es de gran utilidad y con una alta rentabilidad diagnóstica para guiar punciones para estudio histológico.

Las neoplasias que puedan verse por ecografía (fig. 4) y, por tanto, permitan las biopsias ecodirigidas son las que están en contacto con la pared torácica, sin que importe tanto el tamaño de la lesión como el área de contacto de la lesión con la pared torácica. La biopsia de la lesión puede realizarse con una guía en el transductor que facilita el procedimiento y siempre debe visualizarse la aguja al introducirse en la lesión. Se debe colocar la punta de la aguja de biopsia en un punto de la lesión que permita avanzar 1–2 cm más con el disparo, y visualizar el avance de la aguja. Usaremos el doppler-color para evitar estructuras vasculares como la arteria mamaria en las lesiones pulmonares anteriores^{56–60}.

Aplicaciones de la ecografía pulmonar en otros procesos

Los procesos pulmonares pueden estar relacionados con enfermedades fuera del aparato respiratorio, como puede ser el cardiovascular. Por ello, también es recomendable tener en cuenta algunos aspectos de la ecocardiografía y la ecografía vascular. En el caso del corazón, será importante el estudio de un mínimo de 4 proyecciones, ya que cada una puede demostrar enfermedades diferentes y podrá estudiarse prácticamente toda la estructura cardíaca: a) la subxifoidea, que valora la existencia de derrame pericárdico; b) la apical, con la que se visualiza una imagen de 4 cámaras que estudia la contractilidad y las valvulopatías en la mitral y la tricúspide; c) la paraesternal longitudinal o de eje largo, que observa el tracto de salida del ventrículo izquierdo, la válvula mitral, el ventrículo izquierdo, así como la pared anterior aórtica y el tabique interventricular; d) la paraesternal izquierda o de eje corto, que estudia las grandes arterias, los ventrículos y las válvulas mitral y tricúspide.

En este capítulo, uno de los aspectos más importantes en el sistema circulatorio es el estudio de trombosis venosa profunda; para ello, se hará en modo doppler-color una revisión sistemática de todo el sistema venoso profundo en ambos miembros inferiores. La presencia de material ecogénico dentro del sistema circulatorio, la ausencia de flujo y la ausencia de compresibilidad con la aplicación de presión establecería el diagnóstico de trombosis venosa profunda⁶¹.

En las especialidades que utilizan la EP se han observado grandes utilidades al permitir una aproximación diagnóstica en menor tiempo que con otras pruebas de imagen complementarias. Para ello, se han creado protocolos en los que la exploración ecográfica en puntos pulmonares específicos permite descartar enfermedad en pocos minutos. El protocolo BLUE evalúa la insuficiencia respiratoria aguda con una exploración ecográfica sistemática pulmonar a través de 4 puntos y define los hallazgos en 5 patrones (normal, patrón alvéolo-intersticial, consolidación, derrame pleural y neumotórax). Con estos 5 patrones se definen una serie de perfiles y su asociación con la enfermedad subyacente.

Existen también otros protocolos, como el protocolo *Rapid Ultrasound for Shock* (RUSH) que, además de añadir la exploración con ecocardiograma, detecta líquido libre abdominal y hace un estudio vascular (aorta abdominal y signos de trombosis venosa profunda). Todo ello ayudaría al estudio de posibles causas de disnea aguda, como puede ser la enfermedad tromboembólica venosa (tromboembolia pulmonar y trombosis venosa profunda)⁶².

Conclusiones

La EP es una herramienta que ofrece una gran cantidad de información, pero requiere de entrenamiento para interpretar correctamente lo que nos aporta. Por ello, los cursos teórico-prácticos previos son obligados, así como asegurar posteriormente un uso diario ya que, al ser una técnica dependiente del operador, podrían perderse habilidades en el reconocimiento y diagnóstico de las imágenes aportadas por esta herramienta. A pesar de ello, debe ir integrándose progresivamente en la práctica clínica diaria para mejorar la calidad asistencial, dada la gran cantidad de información que facilita en poco tiempo.

Conflictos de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de interés relacionado directa o indirectamente con los contenidos del manuscrito.

Bibliografía

1. Skaaruo SH, Laursen CB, Bjerrum AS, Hilberg O. Objective and structured assessment of lung ultrasound competence. A multispecialty Delphi consensus and construct validity study. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14:555–60.
2. Hoskins P, Martin K, Thrush A. *Diagnostic ultrasound: Physics and equipment*. Cambridge: Cambridge University Press; 2010.
3. Aldrich JE. Basic physics of ultrasound imaging. *Crit Care Med*. 2007;35:131–7.
4. Feldman MK, Kattal S, Blackwood MS. US artifacts. *Radiographics*. 2009;29:1179–89.
5. Díaz-Rodríguez N, Garrido-Chamorro RP, Castellano-Alarcón J. Metodología y técnicas. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. *Semerger*. 2007;33:362–9.
6. De la Quintana Gordon FB, Nacarino Alcorta B. Ecografía pulmonar básica. Parte 1. Ecografía pulmonar normal y patología de la pared torácica y la pleura. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. 2015;62:322–36.
7. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38:577–91.
8. Koh DM, Burke S, Davies N, Padley SP. Transthoracic US of the chest: Clinical uses and applications. *Radiographics*. 2002;22:e1.
9. Mathis G. Thorax sonography. Part I: Chest wall and pleura. *Ultrasound Med Biol*. 1997;23:1141–53.
10. Lee RK, Griffith JF, Ng AW, Sitt JC. Sonography of the chest wall: A pictorial essay. *J Clin Ultrasound*. 2015;43:525–37.
11. Bitschnau R, Gehmacher O, Kopf A, Scheier M, Mathis G. Ultrasound in the diagnosis of rib and sternal fracture. *Ultraschall Med*. 1997;18:158–61.
12. Tateishi U, Gladish GW, Kusumoto M, Hasegawa T, Yokoyama R, Tsuchiya R, et al. Chest wall tumors: Radiologic findings and pathologic correlation: part 1. Benign tumors. *Radiographics*. 2003;23:1477–90.
13. Chira R, Chira A, Mircea PA. Thoracic Wall ultrasonography—normal and pathological findings. Pictorial essay. *Med Ultrason*. 2011;13:228–33.
14. Tateishi U, Gladish GW, Kusumoto M, Hasegawa T, Yokoyama R, Tsuchiya R, et al. Chest wall tumors: Radiologic findings and pathologic correlation: part 2. Malignant tumors. *Radiographics*. 2003;23:1491–508.
15. Prativadi R, Dahiya N, Kamaya A, Bhatt S. Chapter 5 Ultrasound characteristic of benign vs malignant cervical lymph nodes. *Semin Ultrasound CT MR*. 2017;38:505–15.
16. Tschammler A, Ott G, Schang T, Seelbach-Goebel B, Schwager K, Hahn D. Lymphadenopathy: Differentiation of benign from malignant disease color Doppler US assessment of intranodal angioarchitecture. *Radiology*. 1998;208:117–23.
17. Lasarte Izcue A, Navasa Melado JM, Blanco Rodríguez G, Fidalgo González I, Parra blanco JA. Diagnosing pneumothorax with ultrasonography. *Radiología*. 2014;56:229–34.
18. Fultz PJ, Feins RH, Strang JC, Wandtke JC, Johnstone DW, Watson TJ, et al. Detection and diagnosis of non-palpable supraclavicular lymph nodes in lung cancer at CT and US. *Radiology*. 2002;222:245–51.
19. Ding W, Shen Y, Yang J, He X, Zhang M. Diagnosis of pneumothorax by radio-graphy and ultrasonography: A meta-analysis. *Chest*. 2011;140:859–66.

20. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: A systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2012;141:703–8.
21. Lichtenstein DA, Mezière G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med*. 2005;33:1231–8.
22. Lichtenstein D, Meziere G, Bidermann P, Gepner A. The "lung point": An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000;26:1434–40.
23. Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, La Sala M, Silveri NG. Occult traumatic pneumothorax: Diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest*. 2008;133:204–11.
24. Yousseffard M, Baikpour M, Ghelichkhani P, Asady H, Shahsavari Nia K, Moghadas Jafari A, et al. Screening performance characteristic of ultrasonography and radiography in detection of pleural effusion: A meta-analysis. *Emergency*. 2016;4:1–10.
25. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med*. 2007;35 5 Suppl:S250–61.
26. Lichtenstein DA, Malbrain MLNG. Lung ultrasound in the critically ill (LUCI): A translational discipline. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2017;49:430–6.
27. Sajadieh H, Afzali F, Sajadieh V, Sajadieh A. Ultrasound as an alternative to aspiration for determining the nature of pleural effusion, especially in older people. *Ann N Y Acad Sci*. 2004;1019:585–92.
28. Chian CF, Su WL, Soh LH, Yan HC, Permg WC, Wu CP. Echogenic swirling pattern as predictor of malignant pleural effusions in patients with malignancies. *Chest*. 2004;126:129–34.
29. Wernecke K. Ultrasound study of the pleura. *Eur Radiol*. 2000;10:1515–23.
30. Mayo PH, Doelken P. Pleural ultrasonography. *Clin Chest Med*. 2006;27:215–27.
31. Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, et al. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2006;32:318.
32. Sugama Y, Tamaki S, Kitamura S, Kira S. Ultrasonographic evaluation of pleural and chest wall invasion of lung cancer. *Chest*. 1988;93:275–9.
33. Wu RG, Yang PC, Kuo SH, Luh KT. Fluid color sign: A useful indicator for discrimination between pleural thickening and pleural effusion. *J Ultrasound Med*. 1995;14:767–9.
34. Vollmer I, Gayete A. Ecografía torácica. *Arch Bronconeumol*. 2010;46:27–34.
35. Gorg C, Bert T, Gorg K, Heinzl-Gutenbrunner M. Colour Doppler ultrasound mapping of chest wall lesions. *Br J Radiol*. 2005;78:303–7.
36. You X, Sun X, Yang C, Fang Y. CT diagnosis and differentiation of benign and malignant varieties of solitary fibrous tumor of the pleura. *Medicine*. 2017;96:e9058.
37. Lichtenstein D, Mezière G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009;135:1421–5.
38. Heilo A, Stenwig AE, Solheim P. Malignant pleural mesothelioma: US-guided histologic core-needle biopsy. *Radiology*. 1999;211:657–9.
39. Acosta CM, Urbano MS, Tusman G. Diafragmatic ultrasound, a new tool for the anesthesiologist. *Rev Chil Anest*. 2018;47:110–24.
40. Dorffner R, Eibenberger K, Youssefzadeh S, Puig S, Liskutin J, Papousek A, et al. The value of sonography in the intensive care unit for the diagnosis of diaphragmatic paralysis. *RöFo*. 1998;169:274–7.
41. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. Methods, reproducibility, and normal values. *Chest*. 2009;135:391–400.
42. Ueki J, de Bruin PF, Pride NB. *In vivo* assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*. 1995;50:1157–61.
43. Dot I, Pérez-Teran P, Samper MA, Masclans JR. Diaphragm dysfunction in mechanically ventilated patients. *Arch Bronconeumol*. 2017;53:150–6.
44. Gallego Gómez MP, García Benedito P, Pereira Boo D, Sánchez Pérez M. Chest ultrasonography in pleuralpulmonary disease. *Radiología*. 2014;56:52–60.
45. Ball L, Vercesi V, Costantino F, Chandrapatham K, Pelosi P. Lung imaging: How to get better look inside the lung. *Ann Transl Med*. 2017;5:294.
46. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134:117–25.
47. Beckh S, Bolskei PL, Lessnau KD. Real-time chest ultrasonography: A comprehensive review for the pulmonologist. *Chest*. 2002;122:1759–73.
48. Montero Baladía M, Arroyo Díez M, Badallo Areválo O. Basic sign in lung echography. Liquid and air bronchogram: Differentiation. *Med Intensiva*. 2017;21:S0210–5691.
49. Targhetta R, Chavagneux R, Bourgeois JM, Dauzat M, Balmes P, Pourcelot L. Sonographic approach to diagnosing pulmonary consolidation. *J Ultrasound Med*. 1992;11:667–72.
50. Brattain LJ, Telfer BA, Liteplo AS, Noble VE. Automated B-line scoring on thoracic sonography. *J Ultrasound Med*. 2013;32:2185–90.
51. Picano E, Gargani L. Ultrasound lung comets: The shape of lung water. *Eur J Heart Fail*. 2012;14:1194–6.
52. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: A useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound*. 2008;6:16.
53. Koegelenberg CF, von Groote-Bidlingmaier F, Bolliger CT. Transthoracic ultrasonography for the respiratory physician. *Respiration*. 2012;84:337–50.
54. Bandi V, Lunn W, Ernst A, Eberhardt R, Hoffmann H, Herth FJ. Ultrasound vs. computed tomography in detecting chest wall invasion by tumor: A prospective study. *Chest*. 2008;133:881–6.
55. Agneli G, Becattini C. Acute pulmonary embolism. *N Engl J Med*. 2010;363:266–74.
56. Jones PW, Moyers JP, Rogers JT, Rodriguez RM, Lee YC, Light RW. Ultrasound guided thoracentesis. Is it a safer method? *Chest*. 2003;123:418–23.
57. Duncan DR, Morgenthaler TI, Ryu JH, Daniels CE. Reducing iatrogenic risk in thoracentesis: Establishing best practice via experiential training in a zero-risk environment. *Chest*. 2009;135:1315–20.
58. Pang JA, Tsang V, Hom BL, Metreweli C. Ultrasound-guided tissue-core biopsy of thoracic lesions with Trucut and Surecut needles. *Chest*. 1987;91:823–8.
59. García-Ortega A, Briones-Gómez A, Fabregat S, Martínez-Tomás R, Martínez-García MA, Cases E. Benefit of chest ultrasonography in the diagnosis of peripheral thoracic lesions in an interventional pulmonology unit. *Arch Bronconeumol*. 2016;52:244–9.
60. Khan RA, Kumar V, Taimur M, Khan MA, Arshad MM, Amjad MA. Diagnostic yield of ultrasound-guided trucut biopsy in diagnosis of peripheral lung malignancies. *Cureus*. 2019;11:e4802.
61. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:700–7.
62. Phillips P, Mailhot T, Mandavia D. The RUSH Exam: Rapid ultrasound in shock in the evaluation of the critically ill. *Emerg Med Clin N Am*. 2010;28:29–56.