



ARCHIVOS DE BRONCONEUMOLOGIA

www.archbronconeumol.org



Revisión

Ecografía torácica

Iván Vollmer* y Ángel Gayete

IDIMAS – CRC-Mar, Servicio de Radiología, Hospital del Mar, Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 14 de septiembre de 2008

Aceptado el 11 de diciembre de 2008

On-line el 2 de mayo de 2009

Palabras clave:

Ecografía torácica

Imagen torácica

Derrame pleural

Neumotórax

Ecografía pulmonar

Guía ecográfica

RESUMEN

La ecografía torácica es útil en la valoración de enfermedades del parénquima pulmonar periférico, pleura, pared torácica, diafragma y mediastino, y también es de gran utilidad como guía en procedimientos intervencionistas diagnósticos y terapéuticos. Sus principales ventajas radican en la ausencia de radiaciones ionizantes, la capacidad de explorar en tiempo real y la posibilidad de realizar la exploración en la cabecera del paciente. En este artículo se revisan sus principales indicaciones y limitaciones, así como su semiología básica.

© 2008 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Chest Ultrasonography

ABSTRACT

Chest ultrasonography is a useful tool for assessing disease activity in the peripheral lung parenchyma, pleura, chest wall, diaphragm, and mediastinum. Ultrasound imaging also provides highly useful guidance in invasive diagnostic and therapeutic procedures. The main advantages of this imaging technology are the absence of ionizing radiation and the possibility of real-time bedside applications. The chief indications and limitations of chest ultrasonography and the principal sonographic signs are reviewed.

© 2008 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Actualmente ya se ha demostrado la utilidad de la ecografía en múltiples afecciones y localizaciones del organismo, puesto que presenta una serie de ventajas sobre el resto de técnicas radiológicas¹. Entre ellas destacan la ausencia de radiaciones ionizantes, la posibilidad de realizar la exploración en la cabecera del paciente, su valoración en tiempo real y la accesibilidad de los equipos². Estas características son de especial utilidad en las personas más susceptibles a los efectos adversos de la radiación, como los niños^{3,4} y las embarazadas, o en pacientes de difícil movilización, como los ingresados en unidades de cuidados intensivos⁵⁻⁷. La portabilidad de los ecógrafos permite el estudio de pacientes de forma extrahospitalaria por parte de equipos de urgencias⁸.

Los últimos avances técnicos, como la utilización de armónicos tisulares⁹, junto con las mejoras en la ecografía Doppler y la aplicación de nuevos contrastes ecográficos¹⁰, han permitido que esta técnica tenga un papel importante en el diagnóstico y manejo de pacientes en múltiples subespecialidades, como la radiología abdominal, de la mama y del aparato locomotor. En las enfermedades torácicas, la ecografía ha tenido un papel secundario o, en gran parte de las enfermedades, prácticamente nulo. Esto se debe a que un 99% de los ultrasonidos que se emiten por el transductor ecográfico son repelidos en la interfase entre pleura y pulmón, debido a la gran diferencia de impedancia acústica entre los tejidos blandos y el aire¹¹ y a la gran atenuación que sufren los ultrasonidos en su propagación a través de un medio aéreo. No obstante, numerosas publicaciones demuestran su utilidad en enfermedades torácicas no cardiológicas. La intención de esta revisión es dar a conocer qué enfermedades pueden beneficiarse del uso de la ecografía, para lo cual se revisan las aplicaciones de la técnica según el compartimento torácico afectado: pleura, pulmón, pared torácica, mediastino y diafragma.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ivollmer@imas.imim.es (I. Vollmer).

Pleura

Es en la enfermedad pleural donde tradicionalmente la ecografía torácica ha tenido mayor difusión¹², en especial en el diagnóstico y la punción del derrame pleural, si bien en múltiples centros se ha empleado exclusivamente como guía para la toracocentesis.

El grosor de la pleura normal es de 0,2–0,4 mm. Estas medidas están por debajo de la resolución de los aparatos de ecografía. Así pues, ambas hojas pleurales aparecen en la ecografía como una línea hiperecogénica única que se mueve con la respiración (deslizamiento pulmonar o *lung sliding*).

Derrame pleural

La ecografía es más precisa (sensibilidad del 100% y especificidad del 99,7%) que la radiografía convencional para detectar derrames pleurales, ya que puede visualizar a partir de 5 ml de líquido¹³, mientras que para su visualización en la radiografía posteroanterior de tórax se necesitan 150 ml, y hasta 525 ml en la proyección anteroposterior en decúbito supino¹⁴.

En un estudio de Lichtenstein et al¹⁵ en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo, en el que se usaba la tomografía computarizada (TC) como técnica de referencia, la ecografía mostró mayor capacidad de detección de líquido pleural (93%) que la auscultación (63%) y la radiografía en proyección anteroposterior en decúbito supino (47%).

El volumen del derrame pleural puede calcularse mediante diversas ecuaciones basadas en la medición del grosor lateral de la columna de líquido, la altura del fluido subpulmonar y el grosor del recubrimiento del pulmón^{16,17}. El método más sencillo consiste en multiplicar el grosor de la columna lateral de líquido (en mm) por un factor empírico de 90, con lo que se obtiene el volumen de derrame pleural en mililitros ($r = 0,68$). La estimación del volumen del derrame pleural es más precisa mediante ecografía que en radiografías¹⁷.

El aspecto ecográfico de un derrame pleural depende de su naturaleza, causa y cronicidad. Por sus características ecográficas los derrames pueden dividirse según presenten ecos internos, septos (gruesos o finos y móviles) y/o nodularidad pleural, o sean totalmente anecogénicos. Se ha demostrado que la ecografía es más sensible que la TC para demostrar la existencia de septos (fig. 1) en el interior de un derrame pleural^{4,18}. La presencia de ecos, septos o nódulos permite catalogarlo de exudado¹⁹. La ausencia de estos hallazgos, es decir, el hecho de que se trate de un líquido anecogénico, no permite determinar que sea un trasudado, dado que los exudados se pueden presentar de esta manera¹⁹.

La ecografía es igualmente útil para diferenciar un pequeño derrame pleural de una lesión pleural sólida²⁰ o de una atelectasia.

También se puede distinguir entre derrame pleural de escasa cuantía y engrosamiento pleural²⁰. Para ello es útil el signo del color líquido (*fluid color sign*)²¹, que está presente en el derrame y no en los engrosamientos pleurales. Consiste en la presencia de señal Doppler-color en el interior de un pequeño derrame pleural, como consecuencia de la transmisión de los movimientos respiratorios o cardíacos.

Entre los signos que indican malignidad destacan la presencia de nodulaciones pleurales, que son las únicas específicas de malignidad, y el signo del remolino (*swirling pattern*)²². Este último, que consiste en el movimiento de los ecos internos en forma de espiral, se encuentra con frecuencia en pacientes con derrame neoplásico, si bien no es patognomónico²². Las nodulaciones pleurales se encuentran con mayor frecuencia en pleura periférica y diafragmática.



Figura 1. Derrame pleural con marcado engrosamiento de hojas pleurales y septos gruesos en su interior. El estudio bioquímico del líquido confirmó la sospecha de exudado.

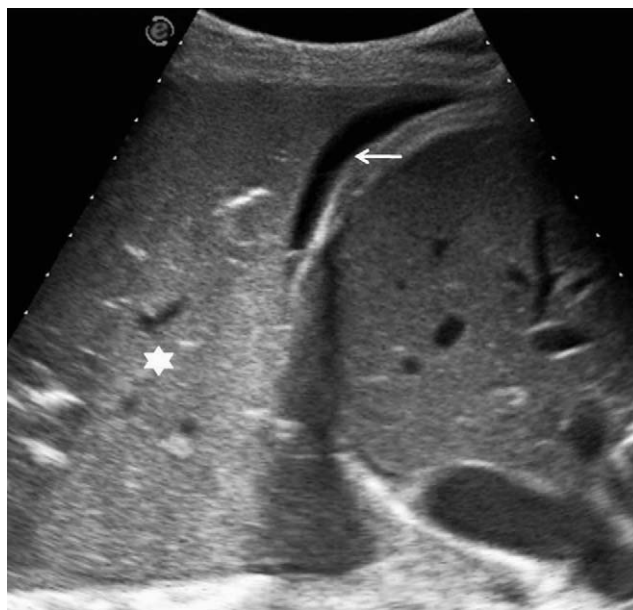


Figura 2. Ecografía realizada a un paciente ingresado en una unidad de cuidados intensivos, con radiografía de tórax de difícil interpretación. Se observan una voluminosa consolidación pulmonar (asterisco) y un mínimo derrame pleural subpulmonar (flecha).

En pacientes de difícil movilización, como los ingresados en unidades de cuidados intensivos, la ecografía también es útil para determinar si las alteraciones visibles en la radiografía anteroposterior en decúbito supino corresponden a derrame pleural o a consolidaciones parenquimatosas (fig. 2). Además, como se comenta más adelante, también permite la obtención de líquido pleural de forma rápida y segura.

Engrosamientos pleurales

Los engrosamientos pleurales pueden ser secundarios a una pleuritis o corresponder a placas pleurales. La pleuritis se manifiesta como una interrupción de la línea pleural con engrosamiento irregular de la pleura visceral. Esta anomalía es prácticamente imperceptible en la radiografía y fácil de identificar mediante ecografía²³. Por su parte, las placas pleurales relacionadas con la exposición al asbesto se manifiestan como engrosamientos hipoeecogénicos, con amplia sombra acústica posterior si están calcificados²⁰.

Masas pleurales

Las neoplasias pleurales benignas (lipoma, schwannoma, condroma, tumor fibroso localizado benigno) son poco frecuentes y sólo representan el 5% de los tumores pleurales^{24,25}. En la ecografía aparecen bien delimitadas y moderadamente ecogénicas. En ocasiones pueden acompañarse de discreto derrame pleural. Estas características no permiten diferenciarlas entre sí, pero sí de las lesiones malignas.

Las masas malignas de la pleura incluyen el mesotelioma, el linfoma y las metástasis. Ecográficamente el mesotelioma se manifiesta como un engrosamiento irregular, a veces nodular, asociado a importante derrame pleural²⁶. No obstante, la TC sigue siendo la técnica de elección en la estadificación del mesotelioma pleural²⁶, a pesar de que haya publicaciones que muestran resultados correctos con la ecografía²⁷.

Las metástasis, fundamentalmente de adenocarcinoma, son los tumores malignos más frecuentes de la pleura²⁰. Por lo general se acompañan de derrame pleural que, al actuar como ventana acústica, permite una mejor valoración ecográfica del componente sólido. La manifestación ecográfica más característica es en forma de nódulos de tamaño superior a 5 mm en la pleura parietal, aunque en ocasiones puede haberlos en la visceral⁷. La región más afectada es la pleura diafragmática²⁰ (fig. 3), y la ecografía también permite objetivar la extensión a la pared torácica.

Neumotórax

La técnica de referencia en el diagnóstico del neumotórax es la TC²⁸, pero su alto coste, su disponibilidad y, sobre todo, el uso de radiaciones ionizantes no permiten que sea la técnica de elección. En la práctica diaria, ante la sospecha de neumotórax se utiliza para su diagnóstico la radiografía posteroanterior en inspiración; tradicionalmente se ha acompañado de su equivalente en espiración, si bien se ha demostrado que esta proyección no cambia el manejo de estos pacientes ni aumenta la capacidad de detección²⁹⁻³¹. La ecografía permite una detección rápida del neumotórax; su uso está especialmente indicado en gestantes y pacientes en edad pediátrica (ambos con mayor susceptibilidad a la radiación), así como en pacientes con traumatismos o ingresados en unidades de cuidados intensivos (que son los grupos con mayor dificultad para la movilización), y permite su cuantificación para el posterior manejo de estos pacientes³².

La ausencia de artefactos de cola de cometa³³ y de deslizamiento pulmonar^{34,35}—este último signo tanto en escala de grises como con Doppler-color—, la existencia de reverberaciones lineales posteriores³³ y la imagen de punto de pulmón (*lung point*)³⁶ permiten el diagnóstico de neumotórax. El signo del punto de pulmón permite, además, predecir la necesidad de drenaje del neumotórax: cuando su localización es lateral, un 90% de los pacientes necesita drenaje, frente al 8% de los casos en que la localización es anterior³². Los primeros estudios publicados se realizaron en pacientes con traumatismos^{37,38} o con ventilación

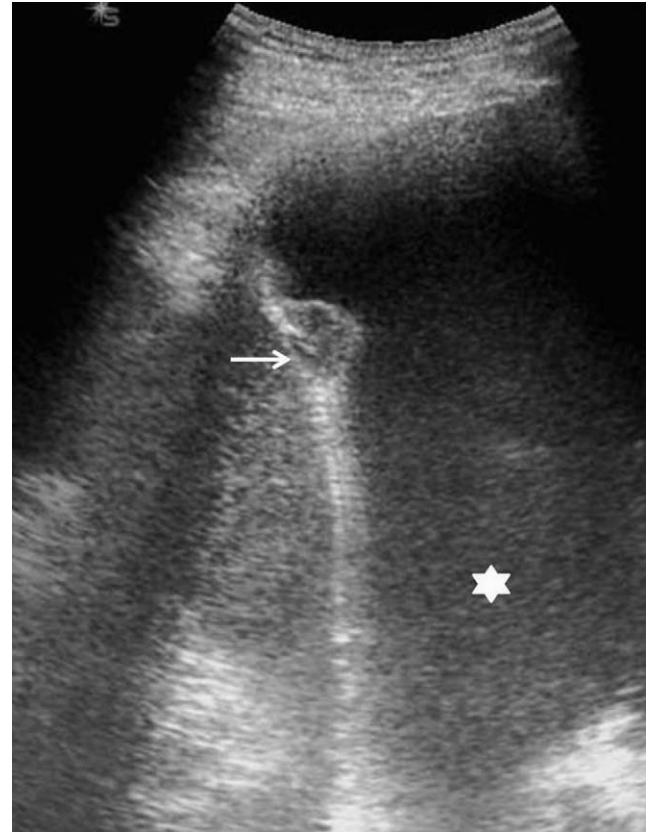


Figura 3. Derrame pleural con múltiples ecos internos (asterisco) y un nódulo sólido en la pleura diafragmática (flecha). La citología del líquido pleural fue diagnóstica de metástasis.

mecánica³², aunque los mejores resultados se han obtenido en las series de pacientes a quienes se practica una punción transtorácica, con unos valores de sensibilidad superiores a los de la radiografía convencional y cercanos a los de la TC^{39,40}. Sin embargo, hay falsos positivos, como los descritos en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)⁴¹, que presentan una disminución del movimiento pulmonar probablemente condicionada por la hiperinsuflación, si bien esta hipótesis aún no ha sido demostrada. Los pacientes con antecedentes de pleurodesis, afectación pleural por exposición al asbesto o distrés respiratorio agudo también pueden presentar abolición del movimiento pulmonar³³. Otra posible limitación de la técnica se encuentra en los pacientes con traumatismo que presenten enfisema subcutáneo, ya que, como se ha mencionado anteriormente, los ultrasonidos sufren una gran atenuación en su propagación por medio aéreo.

El hidroneumotórax también puede diagnosticarse con ecografía torácica, mediante el signo de la cortina (*curtain sign*), que consiste en la presencia de artefactos de reverberación en el interior del derrame, lo que traduce la existencia de aire pleural³⁴.

Pulmón

La ecografía permite estudiar las enfermedades del parénquima pulmonar que afectan a la periferia del pulmón⁴². Las que la respeten no podrán evaluarse con esta técnica, ya que la práctica totalidad de los ultrasonidos se reflejan en la superficie pleural por la gran diferencia de impedancia acústica.

Neumonía

En fases iniciales el pulmón se muestra difusamente ecogénico, con un aspecto ecográfico similar al del hígado, con márgenes irregulares^{43,44} y, a menudo, imágenes lineales ramificadas hiperecogénicas en su interior, que corresponden a broncograma aéreo^{45,46} (fig. 4). En fases más avanzadas, y tras tratamiento antibiótico, las consolidaciones neumónicas muestran múltiples imágenes aéreas en su interior que traducen curación del parénquima pulmonar con progresiva aireación.

Otro signo, también visible en la TC, que pueden presentar las consolidaciones neumónicas es el del broncograma líquido⁴⁶, que consiste en imágenes lineales anecogénicas en el interior del parénquima. Este signo, si bien no es patognomónico, debe orientar hacia una obstrucción central como causa de la consolidación⁴⁷. La ecografía puede igualmente ser de utilidad en estos casos, ya que en ocasiones es capaz de distinguir entre el proceso neoplásico central y el pulmón periférico consolidado.

La ecografía es más sensible que la radiografía convencional^{12,43}, e incluso que la TC⁴⁸, en la valoración de necrosis y abscesificación de las neumonías. En la ecografía Doppler-color se pueden identificar zonas hipoeecogénicas que traducen hipoperfusión⁴⁹. Los abscesos se visualizan como imágenes nodulares u ovaladas con márgenes bien o mal definidos y un contenido que puede ser totalmente anecogénico o contener ecos y septos internos^{43,50,51}.

La importancia de la ecografía en la valoración de la neumonía radica en la detección de derrame pleural paraneumónico y de abscesos intrapulmonares, en la aspiración de las consolidaciones con objeto de obtener muestras para cultivo y en el control de pacientes especialmente susceptibles a la radiación, como los niños⁴⁹ y las embarazadas.

Neoplasia

Únicamente pueden evaluarse mediante ecografía las neoplasias que presenten contacto pleural. La ecogenicidad de las lesiones pulmonares periféricas no permite su clasificación en benignas o malignas, aunque los tumores pulmonares se manifiestan como masas predominantemente hipoeecogénicas⁴⁷. Sin embargo, hay otros criterios ecográficos que contribuyen a esa diferenciación: contorno de la superficie pulmonar, límites con el

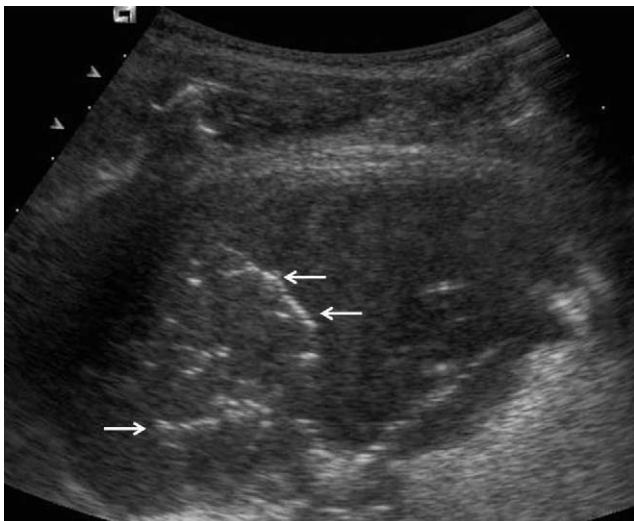


Figura 4. Consolidación de espacio aéreo ecogénica con imágenes lineales hiperecogénicas ramificadas (flechas), correspondientes a broncograma aéreo en paciente con neumonía bacteriana.

pulmón ventilado, destrucción de la arquitectura normal, desplazamiento vascular, neovascularización, invasión de estructuras adyacentes y diferenciación entre una lesión central y la atelectasia obstructiva subsecuente⁴⁷.

En ocasiones las neoplasias presentan una superficie pleuro-pulmonar de contornos irregulares, hecho que no se produce en los procesos inflamatorios, y esto se identifica muy bien cuando hay derrame pleural.

Normalmente los márgenes de las neoplasias son definidos y, en ocasiones, pueden mostrar digitaciones hacia el pulmón adyacente.

La ecografía es más sensible (76,9–100%) que la TC (68–69,2%) para la evaluación de la invasión de la pared torácica^{52,53}. Estudios recientes que la han comparado con la TC helicoidal y la resonancia magnética de 1,5 teslas demuestran su mayor sensibilidad para detectar invasión de pleura y pared torácica^{11,54}. Las neoplasias que invaden la pleura parietal y la pared torácica muestran una pérdida del deslizamiento pulmonar normal durante la respiración²⁰.

Las neoplasias provocan destrucción de la arquitectura normal del pulmón, con desplazamiento de bronquios y vasos. Estos vasos pueden verse retorcidos y con cambios en sus diámetros⁴⁷.

La exploración con Doppler-color es útil para determinar la naturaleza benigna o maligna de una lesión pulmonar periférica y demostrar la existencia de neovascularización mediante los índices de resistencia. Así pues, un índice de resistencia medio ($\pm$ desviación estándar) de $0,52 \pm 0,13$ (sensibilidad del 100% y especificidad del 95%) y un índice de pulsatilidad de $1,43 \pm 0,13$ (sensibilidad del 97% y especificidad del 95%) orientan sobre la malignidad de una masa pulmonar²³.

Las metástasis hematógenas, por su distribución normalmente periférica, también se pueden visualizar mediante ecografía, en forma de nódulos ecogénicos subpleurales. La ecografía es una técnica limitada en el estudio de las metástasis pulmonares, ya que las que no están en contacto con la pleura periférica no son detectables.

Embolia e infarto pulmonares

Las áreas de infarto pulmonar pueden identificarse en la ecografía como lesiones hipoeecogénicas de morfología triangular con base periférica^{55,56}, que puede protruir sobre la superficie pleural (fig. 5). En fases iniciales sus límites son mal definidos, pero con el tiempo se delimitan mejor; también pueden visualizarse un bronquiolo en disposición central, como una imagen hiperecogénica lineal, y el vaso aferente congestivo^{55–58}. En los infartos en fase inicial no se evidencia broncograma aéreo⁵⁹, lo que permite distinguirlos de las consolidaciones de origen infeccioso, que normalmente sí lo presentan.

En cuanto a la embolia pulmonar, aunque algunos estudios han demostrado buenos resultados en su detección, con sensibilidad del 74–98% y especificidad del 60–95%^{55–59}, la TC con multidetectores no sólo permite visualizar las áreas de infarto, sino que además valora la existencia de defectos de repleción en el interior de las arterias pulmonares hasta en aquellas subsegmentarias, con una sensibilidad del 85–90%⁶⁰ y un valor predictivo negativo del 96–99%⁶¹. Por ello el actual potencial de la ecografía en esta enfermedad se limita a los pacientes que por problemas de movilización no son tributarios de que se les realice una TC con multidetectores^{62,63}.

Atelectasia

Un problema importante en radiología es distinguir entre atelectasia obstructiva y atelectasia pasiva por derrame pleural.

Algunos signos radiológicos, como la S de Golden, permiten el diagnóstico de atelectasia obstructiva por neoplasia central, pero estos signos son poco frecuentes. Se ha descrito una serie de hallazgos ecográficos que permiten esa diferenciación.

En las atelectasias pasivas se pueden evidenciar: moderado derrame pleural, consolidación del parénquima pulmonar de morfología triangular, márgenes irregulares con el parénquima aireado y reventilación parcial durante la inspiración o después de la toracocentesis.

En las atelectasias obstructivas la ecografía muestra: escaso derrame pleural, consolidación hipocogénica del parénquima, lesiones focales (por licuefacción, formación de abscesos o metástasis), broncograma líquido, lesión central obstructiva y ausencia de reventilación durante la inspiración.

La distinción entre atelectasia y tumor central puede llegar a establecerse mediante ecografía en un 50% de los casos⁶⁴.

Enfermedades que cursan con afectación de los septos interlobulillares

Hay múltiples procesos patológicos que cursan con afectación de los septos interlobulillares, cuya localización periférica en el pulmón los hace fácilmente valorables por ecografía, y que se han descrito como artefactos en cola de cometa^{12,65}. Estos artefactos son visibles en condiciones normales⁶⁶, pero en determinadas

enfermedades que cursan con afectación de los septos interlobulillares se visualiza un aumento del número de artefactos en cola de cometa en la superficie pleural⁶⁷ (fig. 6). Por el contrario, en pacientes con EPOC se ha descrito un número menor de estos artefactos.

En las unidades de cuidados intensivos este hallazgo es útil para distinguir a los pacientes con EPOC de aquéllos con insuficiencia cardíaca^{5,68-70}, con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 92% para la detección de edema pulmonar⁶⁸. Incluso se ha descrito la relación existente entre el número de artefactos en cola de cometa y el grado de insuficiencia cardíaca^{71,72}, lo que permite el seguimiento de estos pacientes⁷³.

Pared torácica

Masas

La ecografía es sensible, pero muy inespecífica, para la detección de masas en la pared torácica⁴. Por lo tanto, su papel en el estudio de estas masas queda relegado a la detección⁴⁹, siendo otras técnicas más específicas, como la resonancia magnética, las que deben dar un diagnóstico más preciso.

Adenopatías

La ecografía es muy útil en la detección y caracterización de adenopatías, especialmente en la axila y fosa supraclavicular¹¹. En cuanto a la caracterización de dichas adenopatías, permite distinguir ganglios reactivos de aquellos que presentan infiltración neoplásica⁷⁴. Las adenopatías reactivas son ovaladas o triangulares y conservan el hilio de grasa, que incluso puede estar aumentado⁷. Las adenopatías malignas son redondas, hipocogénicas y no conservan el hilio de grasa⁷. Cuando presentan irregularidades en sus márgenes, se debe sospechar diseminación extracapsular. Las adenopatías con infiltración por linfoma son redondas e hipocogénicas, aunque de contornos bien definidos.

Costillas y esternón

La ecografía es útil en la detección de fracturas costales y esternón, y es más sensible que la radiografía convencional^{7,75}. La aparición del fenómeno de la chimenea (*chimney phenomenon*) permite diagnosticar las fracturas en que no existe desplazamiento de los bordes. Este fenómeno consiste en la presencia de reverberaciones posteriores en el punto de fractura. La ecografía permite, además, diagnosticar complicaciones asociadas, ya sean

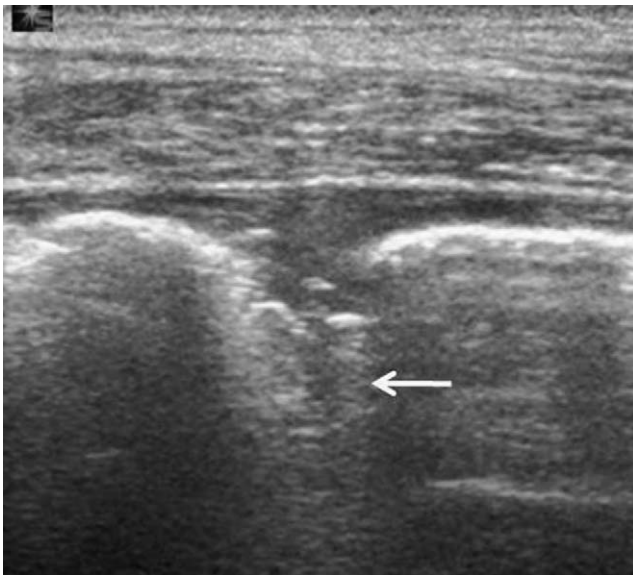


Figura 5. Lesión periférica pulmonar, indicativa de infarto pulmonar, con imagen lineal en el vértice (flecha) correspondiente al vaso aferente trombosado.

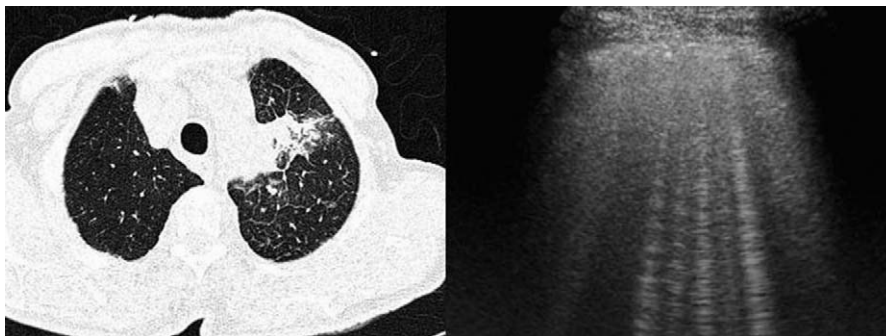


Figura 6. Tomografía computarizada de tórax (izqda.): neoplasia pulmonar en el lóbulo superior izquierdo, con engrosamiento de septos interlobulillares, indicativo de linfangitis carcinomatosa. Ecografía torácica (dcha.): múltiples artefactos de cola de cometa que traducen el engrosamiento de los septos interlobulillares.

leves, como los hematomas perióseos y desplazamiento de fragmentos⁷⁶, o complejas, como hemotórax y neumotórax.

La ecografía permite asimismo la detección de metástasis costales, al demostrar la existencia de lesiones hipoeecogénicas que sustituyen a la hiperecogenicidad normal de la cortical ósea⁷⁶. No obstante, no es útil en la determinación de la afectación metastásica costal, al ser una exploración costosa y de larga duración⁷⁷, por lo que su papel es el de guía para el intervencionismo sobre estas lesiones⁷⁸.

Diafragma

La exploración ecográfica del diafragma es dificultosa y, en condiciones normales, se realiza a través del abdomen⁷⁹. Por este motivo el diafragma izquierdo es más difícil de valorar, ya que el estómago, que contiene aire, impide la transmisión del haz de ultrasonidos⁴.

Los defectos del diafragma, ya sean congénitos, traumáticos o por hernias, son de difícil evaluación ecográfica. Su visualización se ve favorecida cuando se asocian a derrame pleural, ya que el líquido actúa de ventana acústica.

La exploración ecográfica en tiempo real permite la visualización del movimiento del diafragma y su cuantificación. La parálisis frénica y el movimiento paradójico del diafragma son fácilmente observables mediante ecografía^{4,80}, lo que evita la utilización de radiaciones ionizantes en pruebas como la escopia.

Mediastino

El mayor desarrollo de la ecografía mediastínica se ha producido en el ámbito de la cardiología, que no se trata en este artículo. Sin embargo, mediante abordajes supraesternal⁸¹ y paraesternal⁸² se puede acceder a determinadas áreas del mediastino, en especial al compartimiento anterior y a la ventana aortopulmonar^{47,83}.

Aproximadamente el 75% de las masas del mediastino se encuentran en los compartimientos anterior y medio. Estos espacios son accesibles mediante ecografía, hecho que permite estudiar dichas masas mediastínicas y valorar la infiltración de vasos o la naturaleza quística de estas lesiones⁸⁴.

Para la valoración de las adenopatías mediastínicas se han obtenido mejores resultados con la ecografía que con la radiología convencional⁸⁵. La sensibilidad global de la ecografía para el estudio de adenopatías mediastínicas es del 62%, y asciende hasta el 72% si se consideran las regiones accesibles⁸⁶.

La ecografía mediastínica tiene desventajas respecto a la TC y la resonancia magnética, como la incapacidad de visualizar todo el mediastino y la escasa especificidad en el estudio de masas mediastínicas no quísticas.

Las alteraciones del pericardio como derrames, infiltración tumoral o hemopericardio son fácilmente asequibles mediante ecografía⁸⁷.

Contraste ecográfico

La existencia de un aporte arterial doble al pulmón hace que este órgano pueda evaluarse mediante ecografía con contraste⁸⁸. El uso de contrastes ecográficos aumenta la especificidad de la técnica sobre la base de 2 parámetros: tiempo de captación y extensión de la captación. Con esta técnica se pueden confirmar los diagnósticos de pleuritis y embolia pulmonar periférica, caracterizar las consolidaciones secundarias a atelectasia, neumonía o tumor, y asistir en procedimientos intervencionistas⁸⁸.

Intervencionismo con guía ecográfica

Toracocentesis

La ecografía es una técnica segura, rápida y eficaz de guía para la obtención de líquido pleural^{89–91}, y permite obtener mejores resultados que los conseguidos por clínicos expertos⁹². En manos experimentadas, la punción con guía ecográfica presenta un 2–3% de complicaciones, número similar al de la guía por TC²⁶. La toracocentesis con guía ecográfica es por ello una técnica segura, y puede realizarse en pacientes con ventilación mecánica^{93,94}.

En el estudio del derrame pleural metastásico, la posibilidad de dirigir la punción hacia eventuales componentes pleurales sólidos, en ocasiones de muy pequeño tamaño, aumenta la tasa de diagnóstico obtenido exclusivamente con la aspiración de líquido⁹⁵.

Drenaje pleural

Las técnicas de drenaje pleural pueden aplicarse mediante guía ecográfica, lo que permite colocar tubos de menor calibre con una mayor precisión. Estos procedimientos se han mostrado útiles en derrames paraneumónicos^{96,97}, empiemas, derrames malignos y neumotórax. Con estos catéteres la tasa de complicaciones es menor que con los mayores²³. La tasa de éxito en drenajes pleurales por derrames paraneumónicos oscila entre el 72 y el 88%²³.

Biopsia pleural

La ecografía también es útil en la obtención de muestras histológicas de lesiones pleurales, con una tasa de éxito del 80%⁹⁸. En un estudio comparativo entre biopsia con guía ecográfica y la tradicional biopsia con aguja de Abrams sin guía, se demostraron mayores sensibilidad (70–86%) y especificidad (100%) para diagnósticos de malignidad y tuberculosis con la biopsia con guía ecográfica^{23,99}. Con esta técnica también se han obtenido buenos resultados en el diagnóstico del mesotelioma maligno, con una sensibilidad del 61,5%, una especificidad del 100% y una precisión del 82,8%¹⁰⁰, valores cercanos a los obtenidos mediante toracoscopia¹⁰¹.

Cáncer de pulmón

Las neoplasias pulmonares que se encuentran en la periferia del pulmón y presentan contacto pleural son susceptibles de punción con guía ecográfica⁴⁴, con una sensibilidad del 97% y una precisión del 98%. Se puede realizar la punción en nódulos a partir de 1 cm^{102,103}, ya que la ecografía permite ver en tiempo real la punta de la aguja y confirmar su localización intralesional.

La ecografía también es útil en la punción de lesiones tumorales con necrosis central, ya que permite dirigir la aguja hacia las zonas sólidas, lo que aumenta la sensibilidad de la prueba.

En los tumores de Pancoast la punción guiada por TC se ve limitada por la localización de las lesiones. En estos casos el abordaje ecográfico en tiempo real permite accesos complejos (p. ej. supraclaviculares), al tiempo que la realización previa de una ecografía Doppler-color permite evitar la punción de las estructuras vasculares subclavias; con ello se consiguen tasas de éxito del 83%²³.

En general, la punción de lesiones pulmonares periféricas mediante guía ecográfica es una técnica segura, con una tasa de complicaciones del 1–2% —las más frecuentes son el neumotórax y la hemoptisis—, la mayoría autolimitadas. Al igual que otras

técnicas diagnósticas, permite detectar la aparición de neumotórax durante el procedimiento; si se produce antes de haber conseguido puncionar la lesión, la atenuación del sonido que produce la aparición de aire en la pleura impedirá la visualización de la lesión¹⁰⁴, que se deberá abordar con otra técnica.

Neumonía y absceso pulmonar

En pacientes inmunocomprometidos puede ser de interés conocer el agente causal de la neumonía. En estos casos es de utilidad la punción ecoguiada, ya que permite evitar los grandes vasos intrapulmonares con la aplicación del Doppler-color⁴⁴.

También se pueden puncionar para realizar un diagnóstico microbiológico los abscesos pulmonares, que se pueden drenar percutáneamente con guía ecográfica¹⁰⁵, aunque algunos autores prefieren la guía mediante TC²³.

Mediastino

La ecografía sirve de guía en la obtención de muestras citológicas o histológicas de adenopatías¹⁰⁶ o masas localizadas en el mediastino anterior o superior¹⁰⁷. Se puede usar un abordaje supraesternal¹⁰⁸ o paraesternal¹⁰⁹ y, al igual que en otras localizaciones, la exploración con Doppler-color permite evitar la punción de vasos mediastínicos.

Conclusiones

La ecografía es una herramienta útil en el diagnóstico y manejo de múltiples enfermedades torácicas. Es una exploración rápida, inocua —al no usar radiaciones ionizantes— y de bajo coste, que no requiere la movilización del paciente. Es superior a otras técnicas (radiografía, TC) en determinadas afecciones, y en otras aporta información complementaria.

Es una técnica aparentemente compleja, pero tras el entrenamiento y aprendizaje de los diferentes patrones ecográficos constituye una herramienta valiosa para el estudio de las enfermedades torácicas. Está en manos de neumólogos y radiólogos avanzar conjuntamente en el conocimiento de esta técnica e integrarla de forma progresiva en la práctica clínica diaria.

Bibliografía

- Nazarian LN. The top 10 reasons musculoskeletal sonography is an important complementary or alternative technique to MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190:1621-6.
- De Gregorio MA, D'Agostino H. La ultrasonografía en neumología: situación actual. *Arch Bronconeumol*. 2003;39:535-6.
- Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;176:289-96.
- Riccabona M. Ultrasound of the chest in children (mediastinum excluded). *Eur Radiol*. 2008;18:390-9.
- Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134:117-25.
- Lichtenstein DA. Point-of-care ultrasound: infection control in the intensive care unit. *Crit Care Med*. 2007;35:S262-7.
- Mathis G. Thoraxsonography – Part I: chest wall and pleura. *Ultrasound Med Biol*. 1997;23:1131-9.
- Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catineau J, Galinski M, Metzger J, et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *J Emerg Med*. 2006;24:237-42.
- Kollmann C. New sonographic techniques for harmonic imaging – Underlying physical principles. *Eur J Radiol*. 2007;64:164-72.
- Calliada F, Campani R, Bottinelli O, Bozzini A, Sommaruga MG. Ultrasound contrast agents: basic principles. *Eur J Radiol*. 1998;27:S157-60.
- Herth FJF, Becker HD. Transthoracic ultrasound. *Respiration*. 2003;70:87-94.
- Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med*. 2007;35(Suppl):S250-61.
- Grymiski J, Krakówka P, Lypacewicz G. The diagnosis of pleural effusion and radiologic techniques. *Chest*. 1976;70:33-7.
- Collins JD, Burwell D, Furmansk S, Lorber PS. Minimal detectable pleural effusions. *Radiology*. 1972;105:51-3.
- Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004;100:9-15.
- Lorenz J, Börner N, Nikolaus HP. Sonographic volumetry of pleural effusions. *Ultraschall Med*. 1988;9:212-5.
- Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, Dorffner R, Hörmann MF, Grabenwöger F. Quantification of pleural effusions: sonography versus radiography. *Radiology*. 1994;191:681-4.
- Maskell NA, Butland RJ, Pleural Diseases Group, Standards of Care Committee, British Thoracic Society. BTS guidelines for the investigation of a unilateral pleural effusion in adults. *Thorax*. 2003;58:8-17.
- Yang PC, Luh KT, Chang DB, Wu HD, Yu CJ, Kuo SH. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;159:29-33.
- Wernecke K. Ultrasound study of the pleura. *Eur Radiol*. 2000;10:1515-23.
- 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.
- Chian CF, Su WL, Soh LH, Yan HC, Perng WC, Wu CP. Echogenic swirling pattern as predictor of malignant pleural effusions in patients with malignancies. *Chest*. 2004;126:129-34.
- Koh DM, Burke S, Davies N, Padley SPG. Transthoracic US of the chest: clinical uses and applications. *Radiographics*. 2002;22:e1.
- Saito T, Kobayashi H, Kitamura S. mesothelioma approach to diagnosing chest wall tumours. *Chest*. 1988;94:1271-5.
- Ferretti GR, Chiles C, Choplin RH, Coulomb M. Localized benign fibrous tumors of the pleura. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169:683-6.
- Herth F. Diagnosis and staging of mesothelioma transthoracic ultrasound. *Lung Cancer*. 2004;45(Suppl):63-7.
- Layr G, Schmitteckert H, Steudel A, Tuengerthal S, Schirren J, Van Kaick G, et al. MRT, CT and sonography in the preoperative assessment of the primary tumor spread in malignant pleural mesothelioma. *Rofo*. 1999;170:365-70.
- Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Critical Care*. 2007;11:205.
- Schramel FMNH, Golding RP, Haakman CDE, Sutedja TG, De Jong KA, Postmus PE. Expiratory chest radiographs do not improve visibility of small apical pneumothoraces by enhanced contrast. *Eur Respir J*. 1996;9:406-9.
- Seow A, Kazerooni EA, Cascade PN, Pernicano PG, Neary M. Comparison of upright inspiratory and expiratory chest radiographs for detecting pneumothoraces. *AJR Am J Roentgenol*. 1996;166:313-6.
- Schramel FM, Wagenaar M, Sutedja TG, Golding RP, Postmus PE. Diagnosis of pneumothorax not improved by additional roentgen pictures of the thorax in the expiration phase. *Ned Tijdschr Geneesk*. 1995;139:131-3.
- 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.
- Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med*. 1999;25:383-8.
- Targhetta R, Bourgeois JM, Chavagneux R, Marty-Double C, Balmes P. Ultrasonographic approach to diagnosing hydropneumothorax. *Chest*. 1992;101:931-4.
- Lichtenstein D, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill: lung sliding. *Chest*. 1995;108:1345-8.
- Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000;26:1434-40.
- Jaffer U, McAuley D. Transthoracic ultrasonography to diagnose pneumothorax in trauma. *Emerg Med J*. 2005;22:504-5.
- Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Bal CG, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST). *J Trauma*. 2004;57:288-95.
- Chung MJ, Goo JM, Im JG, Cho JM, Cho SB, Kim SJ. Value of high-resolution ultrasound in detecting a pneumothorax. *Eur Radiol*. 2005;15:930-5.
- Vollmer I, Gayete A, Maristany MT, Córdón A, Perich X, Ferrer F. Value of thoracic ultrasonography in patients with suspected pneumothorax. *Actas de 92nd Scientific Assembly and Annual Meeting of the Radiological Society of North America*; 2006, noviembre 26-diciembre 1; Chicago. Oak Brook (IL): The Radiological Society of North America; 2006. p. 690.
- Slater A, Goodwin M, Anderson KE, Gleeson FV. COPD can mimic the appearance of pneumothorax on thoracic ultrasound. *Chest*. 2006;129:545-50.
- Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004;30:276-81.
- Yang PC, Luh KT, Chang DB, Yu CJ, Kuo SH, Wu HD. Ultrasonographic evaluation of pulmonary consolidation. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146:757-62.
- Yang PC, Chang DB, Yu CJ, Lee YC, Kuo SH, Luh KT. Ultrasound guided percutaneous cutting biopsy for the diagnosis of pulmonary consolidations of unknown aetiology. *Thorax*. 1992;47:457-60.

45. Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B, Zvi ZB. The air bronchogram: sonographic demonstration. *AJR Am J Roentgenol*. 1986;147:593–5.
46. 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.
47. Mathis G. Thoraxsonography – Part II: peripheral pulmonary consolidation. *Ultrasound Med Biol*. 1997;23:1141–53.
48. Lichtenstein DA, Peyrouset O. Is lung ultrasound superior to CT? The example of a CT occult necrotizing pneumonia. *Intensive Care Med*. 2006;32:333–5.
49. Coley BD. Pediatric chest ultrasound. *Radiol Clin N Am*. 2005;43:405–18.
50. Yang PC, Luh KT, Lee YC, Chang DB, Yu CJ, Wu HD, et al. Lung abscesses: US examination and US-guided transthoracic aspiration. *Radiology*. 1991;180:171–5.
51. Gehmacher O, Mathis G, Kopf A, Scheier M. Ultrasound imaging of pneumonia. *Ultrasound Med Biol*. 1995;21:1119–22.
52. Suzuki N, Saitoh T, Kitamura S. Tumor invasion of the chest wall in lung cancer: diagnosis with US. *Radiology*. 1993;187:39–42.
53. Nakano N, Yasumitsu T, Kotake Y, Morino H, Ikezoe J. Preoperative histologic diagnosis of chest wall invasion by lung cancer using ultrasonically guided biopsy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1994;107:891–5.
54. Briccoli A, Galletti S, Salone M, Morganti A, Pelotti P, Rocca M. Ultrasonography is superior to computed tomography and magnetic resonance imaging in determining superficial resection margins of malignant chest wall tumors. *J Ultrasound Med*. 2007;26:157–62.
55. Reissig A, Heyne JP, Kroegel C. Sonography of lung and pleura in pulmonary embolism: sonomorphologic characterization and comparison with spiral CT scanning. *Chest*. 2001;120:1977–83.
56. Reissig A, Kroegel C. Transthoracic ultrasound of lung and pleura in the diagnosis of pulmonary embolism: a novel non-invasive bedside approach. *Respiration*. 2003;70:441–52.
57. Lichtenstein D, Loubières Y, Reissig A, Kroegel C. Lung sonography in pulmonary embolism. *Chest*. 2003;123:2154–5.
58. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest*. 2005;128:1531–8.
59. Mathis G, Dirschmid K. Pulmonary infarction: sonographic appearance with pathologic correlation. *Eur J Radiol*. 1993;17:170–4.
60. Goodman LR. Small pulmonary emboli: what do we know? *Radiology*. 2005;234:654–8.
61. Klutz PG, White CS. Acute pulmonary embolism: imaging in the emergency department. *Radiol Clin North Am*. 2006;44:259–71.
62. Mohn K, Quoit JJ, Nonent M, Lacut K, Le Gall G, Couturaud F, et al. Transthoracic sonography of the lung and pleura in view of a suspected pulmonary embolism. A pilot study. *J Ultrasound Med*. 2003;22:673–8.
63. Piccoli M, Trambaiolo P, Salustri A, Cerquetani E, Posteraro A, Pastena G, et al. Bedside diagnosis and follow-up of patients with pleural effusion by a hand-carried ultrasound device early after cardiac surgery. *Chest*. 2005;128:3413–20.
64. Görg C, Weide R, Schwerk WB. Sonographische Befunde bei ausgedehnten Lungenatektasen. *Ultraschall Klin Prax*. 1996;11:14–9.
65. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:1640–6.
66. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Mussa A, Bar F, Francisco MF. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation. *Med Sci Monit*. 2008;14:122–8.
67. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*. 2006;24:689–96.
68. Lichtenstein DA, Mézière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med*. 1998;24:1331–4.
69. Volpicelli G, Cardinale L, Garofalo G, Veltri A. Usefulness of lung ultrasound in the bedside distinction between pulmonary edema and exacerbation of COPD. *Emerg Radiol*. 2008;15:145–51.
70. Lichtenstein DA, Mézière G. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134:117–25.
71. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004;93:1265–70.
72. Agricola E, Bove T, Oppizi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005;127:1690–5.
73. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Mussa A, Bar F, Francisco MF. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *J Emerg Med*. 2008;26:585–91.
74. Vassallo P, Wernecke K, Roos N, Peters PE. Differentiation of benign from malignant superficial lymphadenopathy: the role of high-resolution US. *Radiology*. 1992;183:215–20.
75. Griffith JF, Rainer TH, Ching AS, Law KL, Cocks RA, Metreweli C. Sonography compared with radiography in revealing acute rib fracture. *AJR Am J Roentgenol*. 1999;173:1603–9.
76. Paik SH, Chung MJ, Park JS, Goo JM, Im JG. High-resolution sonography of the rib: can fracture and metastasis be differentiated? *AJR Am J Roentgenol*. 2005;184:969–74.
77. Hurley ME, Keye GD, Hamilton S. Is ultrasound really helpful in the detection of rib fractures? *Injury*. 2004;35:562–6.
78. Targhetta R, Balmes P, Marty-Double C, Mauboussin JM, Bourgeois JM, Pourcelot L. Ultrasonically guided aspiration biopsy in osteolytic bone lesions of the chest wall. *Chest*. 1993;103:1403–8.
79. Baron R, Lee J, Melson G. Sonographic evaluation of right juxtadiaphragmatic masses in children using transhepatic approach. *J Clin Ultrasound*. 1980;8:156–9.
80. Gerscovich E, Cronan M, McGahan J, Jain K, Jones CD, McDonald C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med*. 2001;20:597–604.
81. Wernecke K, Peters PE, Galanski M. Mediastinal tumors: evaluation with suprasternal sonography. *Radiology*. 1986;159:405–9.
82. Wernecke K, Pötter R, Peters PE, Koch P. Parasternal mediastinal sonography: sensitivity in the detection of anterior mediastinal and subcarinal tumors. *AJR Am J Roentgenol*. 1988;150:1021–6.
83. Wernecke K, Vassallo P, Pötter R, Lückener HG, Peters PE. Mediastinal tumours: sensitivity of detection with sonography compared with CT and radiography. *Radiology*. 1990;175:137–43.
84. Wernecke K, Diederich S. Sonographic features of mediastinal tumors. *AJR Am J Roentgenol*. 1994;163:1357–64.
85. Wernecke K, Vassallo P, Hoffman G, Peters PE, Poetter R, Rummery E, et al. Value of sonography in monitoring the therapeutic response of mediastinal lymphoma: comparison with chest radiography and CT. *AJR Am J Roentgenol*. 1991;156:265–72.
86. Serres X. Utilitat de l'ecografia en l'estudi del mediastí [tesis doctoral]. Barcelona: Universitat de Barcelona; 1994.
87. McGahan JP, Richards J, Fogata MLC. Emergency ultrasound in trauma patients. *Radiol Clin N Am*. 2004;42:417–25.
88. Görg C. Transcutaneous contrast-enhanced sonography of pleural-based pulmonary lesions. *Eur J Radiol*. 2007;64:213–21.
89. Hidalgo M, Cases E, Sanchis JL. Utilidad de la ecografía torácica en una unidad de técnicas respiratorias. *Arch Bronconeumol*. 2003;39:253–5.
90. Feller-Kopman D. Ultrasound-guided thoracocentesis. *Chest*. 2006;129:1709–14.
91. Jones PW, Moyers JP, Rogers JT, Rodríguez RM, Lee YCG, Light RW. Ultrasound-guided thoracocentesis: is it a safer method? *Chest*. 2003;123:418–23.
92. Diacon AH, Brutsche MH, Soler M. Accuracy of pleural puncture sites: a prospective comparison of clinical examination with ultrasound. *Chest*. 2003;123:436–41.
93. Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, Tostivint I, Mézière G. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracocentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 1999;25:955–8.
94. Tu CY, Hsu WH, Hsia TC, Chen HJ, Tsai KD, Hung CW, et al. Pleural effusions in febrile medical ICU patients: chest ultrasound study. *Chest*. 2004;126:1274–80.
95. Hsu WH, Chiang CD, Hsu JY, Chen CY, Chiang CS, Lee T. Value of ultrasonically guided needle biopsy of pleural masses: an under-utilized technique. *J Clin Ultrasound*. 1997;25:119–25.
96. Barnes NP, Hull J, Thomson AH. Medical management of parapneumonic pleural disease. *Pediatr Pulmonol*. 2005;39:127–34.
97. Chiu CY, Wong KS, Huang YC, Lai SH, Lin TZ. Echo-guided management of complicated parapneumonic effusion in children. *Pediatr Pulmonol*. 2006;41:1226–32.
98. Benamore RE, Scott K, Richards CJ, Entwistle JJ. Image-guided pleural biopsy: diagnostic yield and complications. *Clin Radiol*. 2006;61:700–5.
99. Chang DB, Yang PC, Luh KT, Kuo SH, Yu CJ. Ultrasound-guided pleural biopsy with tru-cut needle. *Chest*. 1991;100:1328–33.
100. Heilo A, Stenwig AE, Solheim OP. Malignant pleural mesothelioma: US-guided histologic core-needle biopsy. *Radiology*. 1999;211:657–9.
101. Adams RF, Gleeson FV. Percutaneous image-guided cutting-needle biopsy of the pleura in the presence of a suspected malignant effusion. *Radiology*. 2001;219:510–4.
102. Liao WY, Chen MZ, Chang YL, Wu HD, Yu CJ, Kuo PH, et al. US-guided transthoracic cutting biopsy for peripheral thoracic lesions less than 3 cm in diameter. *Radiology*. 2000;217:685–91.
103. Yuan A, Yang PC, Chang DB, Yu CJ, Lee YC, Kuo SH, et al. Ultrasound-guided aspiration biopsy of small peripheral pulmonary nodules. *Chest*. 1992;101:926–30.
104. Targhetta R, Bourgeois JM, Chavagneux R, Balmes P. Diagnosis of pneumothorax by ultrasound immediately after ultrasonically guided aspiration biopsy. *Chest*. 1992;101:855–6.
105. Patradon-Ho P, Fitzgerald DA. Lung abscess in children. *Paediatr Respir Rev*. 2007;8:77–84.
106. Zwischenberger JB, Savage C, Alpard SK, Anderson CM, Marroquin S, Goodacre BW. Mediastinal transthoracic needle and core lymph node biopsy: should it replace mediastinoscopy? *Chest*. 2002;121:1165–70.
107. Wernecke K. Percutaneous biopsy of mediastinal tumours under sonographic guidance. *Thorax*. 1991;46:157–9.
108. Yang PC, Chang DB, Lee YC, Yu CJ, Kuo SH, Luh KT. Mediastinal malignancy: ultrasound guided biopsy through the supraclavicular approach. *Thorax*. 1992;47:377–80.
109. Wernecke K, Vassallo P, Peters PE, Von Bassewitz DB. Mediastinal Tumors: Biopsy under US guidance. *Radiology*. 1989;172:473–6.