

SERIE: ECOGRAFÍA INTERVENCIONISTA

Intervencionismo torácico con guía ecográfica

G. Isus e I. Vollmer



Servicio de Radiodiagnóstico (CDIC), Hospital Clínic, Barcelona, España

Recibido el 17 de junio de 2021; aceptado el 19 de julio de 2021

Disponible en Internet el 30 de septiembre de 2021

PALABRAS CLAVE

Toracocentesis;
Biopsia pleural;
Drenaje pleural;
Biopsia pulmonar;
Drenaje pulmonar;
Procedimientos
pleurales con guía
ecográfica;
Biopsia pulmonar con
guía ecográfica

KEYWORDS

Thoracentesis;
Pleural biopsy;
Pleural drainage;
Lung biopsy;
Lung drainage;
Ultrasound-guided
pleural procedures;
Ultrasound-guided
lung biopsy

Resumen La ecografía es una muy buena herramienta para la guía de los diferentes procedimientos intervencionistas del tórax. Es la técnica ideal para el manejo de las patologías del espacio pleural y permite la realización de procedimientos como la toracocentesis, la biopsia o el drenaje. En el pulmón, tan solo aquellas lesiones que contacten con la pleura costal serán accesibles al intervencionismo con guía ecográfica. En este tipo de lesiones pulmonares, la ecografía es igual de efectiva que la tomografía computarizada como guía para estas intervenciones, pero con menor tasa de complicaciones y menor tiempo de ejecución.

© 2021 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Ultrasound-guided interventional radiology procedures in the chest

Abstract Ultrasonography is a very good tool for guiding different interventional procedures in the chest. It is the ideal technique for managing conditions involving the pleural space, and it makes it possible to carry out procedures such as thoracocentesis, biopsies, or drainage. In the lungs, only lesions in contact with the costal pleura are accessible to ultrasound-guided interventions. In this type of lung lesions, ultrasound is as effective as computed tomography to guide interventional procedures, but the rate of complications and time required for the intervention are lower for ultrasound-guided procedures.

© 2021 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las técnicas intervencionistas con guía de imagen han supuesto una revolución en el diagnóstico y tratamiento de múltiples enfermedades¹. En el tórax son múltiples las

Correo electrónico: vollmer@clinic.cat

indicaciones de las técnicas intervencionistas guiadas por imagen. En 1974, *Haaga et al.* describieron los dos primeros procedimientos de punción pulmonar guiada mediante tomografía computarizada (TC)². Esta ha sido la técnica que más desarrollo ha tenido como guía para los diferentes procedimientos intervencionistas del tórax³. No obstante, durante la década de los 90 del siglo pasado, varios autores demostraron la utilidad de la ecografía como guía de procedimientos torácicos, incluso en el pulmón^{4,5}.

Actualmente, la ecografía es una herramienta de primera línea en múltiples procedimientos intervencionistas pleurales^{6–9}. En el pulmón, puede ser equivalente a la guía de TC en lesiones periféricas subpleurales. La aplicación del contraste ecográfico ha demostrado ser de utilidad antes de la realización de determinados procedimientos, dado que aumenta el rendimiento y la precisión^{10–13}.

A continuación, revisaremos las ventajas e inconvenientes de la guía ecográfica en los procedimientos intervencionistas torácicos, centrándonos en el pulmón y la pleura.

Generalidades del intervencionismo torácico

La ecografía permite la visualización de las lesiones torácicas que se localizan en la pared y en la pleura costal¹⁴. El abordaje de este tipo de lesiones no difiere del de otras localizaciones del organismo. La simple visualización de la lesión con ecografía permite su abordaje intervencionista. En cambio, las lesiones que se encuentran en el pulmón solo podrán ser abordables cuando contacten con la pleura costal. Las lesiones ubicadas en el mediastino serán más difícilmente abordables. Las zonas que son más fácilmente visualizables con ecografía son el mediastino anterosuperior y las cadenas torácicas internas. La pleura mediastínica no va a ser accesible para la guía ecográfica.

Como norma general, los procedimientos intervencionistas torácicos se consideran de riesgo medio o bajo para el sangrado y no requieren de grandes medidas previas al acto¹⁵.

Pleura

Probablemente, el papel más relevante de la ecografía en el intervencionismo torácico se produce en las patologías

pleurales. La ecografía permite dirigir los procedimientos, pero, además, aporta gran información sobre el tipo de patología pleural. Esto último puede hacer cambiar la decisión acerca de cómo abordar un determinado procedimiento. Por ejemplo, en pacientes con derrame pleural que son remitidos para toracocentesis diagnóstica, la detección ecográfica de implantes pleurales sólidos debe hacernos modificar el procedimiento y añadir una biopsia dirigida que aumenta el rendimiento diagnóstico. A continuación, discutiremos los principales procedimientos intervencionistas pleurales: toracocentesis, drenaje y biopsia pleurales.

Toracocentesis

El derrame se define como la presencia de un acúmulo patológico de líquido en el espacio pleural. Este espacio es virtual, con una separación entre ambas hojas de 0,1–0,2 μm y que contiene una cantidad fisiológica de líquido que, en un adulto de unos 70 kg, es de 5 ml aproximadamente. La ecografía es una técnica muy sensible para la detección de derrame pleural, pudiendo detectar a partir de 5 ml^{14,16}. Por tanto, cualquier acúmulo patológico de líquido en el espacio pleural sería detectable ecográficamente. El derrame pleural es una patología muy frecuente que afecta a 1,5 millones de personas al año en los Estados Unidos¹⁶. Antes de realizar la toracocentesis diagnóstica debemos efectuar una exploración ecográfica completa del espacio pleural. Es obligatorio explorar la pleura diafragmática porque este es el lugar donde asientan con más frecuencia las metástasis pleurales¹⁴. También debemos determinar, además de la presencia de engrosamientos pleurales, si existen ecos o septos en el interior del derrame. La presencia de uno de estos tres hallazgos clasifica el derrame como un exudado¹⁷. La ausencia de todos ellos indica que, probablemente, se trate de un trasudado, si bien cabe recordar que un 20% de los exudados pueden manifestarse como un derrame anecogénico (fig. 1).

La toracocentesis es un procedimiento diagnóstico que consiste en la obtención de muestras de líquido pleural para su posterior caracterización. La toracocentesis debe realizarse siempre que aparece un derrame pleural, excepto cuando existe una causa racional que lo justifique y ya se haya efectuado con anterioridad la punción de este¹⁸. Las guías clínicas actuales recomiendan la utilización de la ecografía tanto para la confirmación de la existencia

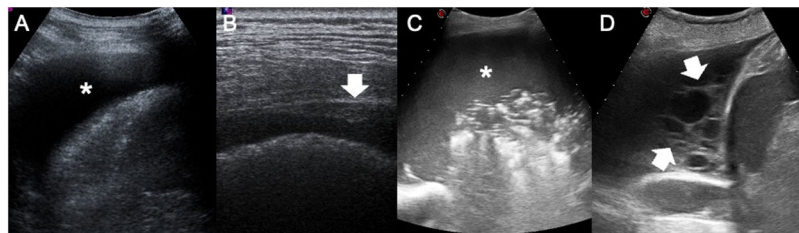


Figura 1 Semiología del derrame pleural. A) derrame pleural anecogénico (asterisco). B) Engrosamiento pleural focal (flecha blanca) en un paciente con metástasis pleurales de adenocarcinoma pulmonar. Este hallazgo es el único signo específico de malignidad. C) Empiema pleural. Derrame pleural repleto de ecos internos (asterisco) que indican la elevada celularidad en el interior del líquido. D) Derrame pleural metastásico. Se pueden visualizar múltiples septos gruesos en el interior del derrame pleural (flechas blancas). No debe atribuirse la presencia de septos gruesos a un empiema, puesto que este hallazgo puede encontrarse también en otras causas de derrame pleural.

Tabla 1 Posicionamiento de paciente y operador en toracocentesis en casos de encamamiento

Posición del paciente	Posición del operador	Abordaje de la toracocentesis
En decúbito supino, elevar la cabecera de la cama del paciente para verticalizar el tórax	Homolateral al lado del derrame	Acceso lateral
En decúbito lateral, con el lado afectado en disposición superior	Posterior al paciente	Acceso posterior
En decúbito supino, desplazando al paciente fuera de la cama y sostenido por cuatro personas	Operador sentado en el suelo, debajo del paciente	Acceso posterior

En esta tabla se resumen las diferentes posibilidades que se han descrito para realizar la toracocentesis en pacientes con dificultades de movilización.

del derrame como para la guía de la toracocentesis^{18,19}. La toracocentesis se considera un proceso con bajo riesgo de sangrado, por lo que no es necesario suspender la toma de aspirina previa al procedimiento, deben administrarse plaquetas en aquellos pacientes con recuentos inferiores a 50000 unidades/ μ l y se recomienda suspender el clopidogrel 5 días antes, así como la dosis de heparina de bajo peso molecular previa al procedimiento¹⁵. En aquellas personas que no presenten dificultades de movilización, la toracocentesis se debe realizar con el paciente sentado de forma contraria al operador²⁰. Debe buscarse un espacio intercostal en el que siempre exista líquido durante las maniobras respiratorias y no se interponga el pulmón. Algunas guías recomiendan la administración de anestesia en el trayecto de la aguja, pero esto no es necesario porque la molestia de la infiltración es la misma que la de la toracocentesis y de esta forma no retrasamos el procedimiento. Debe buscarse el borde superior de la costilla, aunque debe tenerse en cuenta que, en las regiones posteriores, especialmente en ancianos, las arterias intercostales presentan un trayecto tortuoso²¹. Si se efectúa una marca cutánea para la realización diferida de la toracocentesis por parte de otro especialista, debe hacerse en la misma posición en la que se llevará a cabo el procedimiento²⁰. No obstante, nuestra recomendación es la de realizar el procedimiento en la misma sala donde se efectúa la toracocentesis y no de forma diferida porque esto último presenta las mismas complicaciones que si se practica la punción sin guía. En ocasiones deberá realizarse el procedimiento en pacientes con dificultades de movilización. En estas ocasiones puede practicarse (fig. 2) la toracocentesis de diferentes formas (tabla 1)²². Cuando se utiliza la guía ecográfica, la tasa de éxito de la toracocentesis aumenta y en algunas de las series publicadas alcanzaba al inicio de la técnica el 92%²³, aunque en nuestra experiencia esta cifra es claramente superior. Las principales complicaciones son el neumotórax, la reacción vasovagal, el hemotórax, el hematoma en el punto de punción y el edema posexpansivo en las toracocentesis evacuadoras²³⁻²⁵. El neumotórax puede producirse entre un 0% y un 3% de las toracocentesis realizadas con guía ecográfica, mientras que puede alcanzar el 11-12% de los casos realizados a ciegas²³⁻²⁵. Por tanto, la toracocentesis con guía ecográfica disminuye sensiblemente la posibilidad de desarrollar un neumotórax durante o tras el procedimiento²⁶. La realización de radiografía de tórax tras una toracocentesis no está justificada si esta se ha llevado a

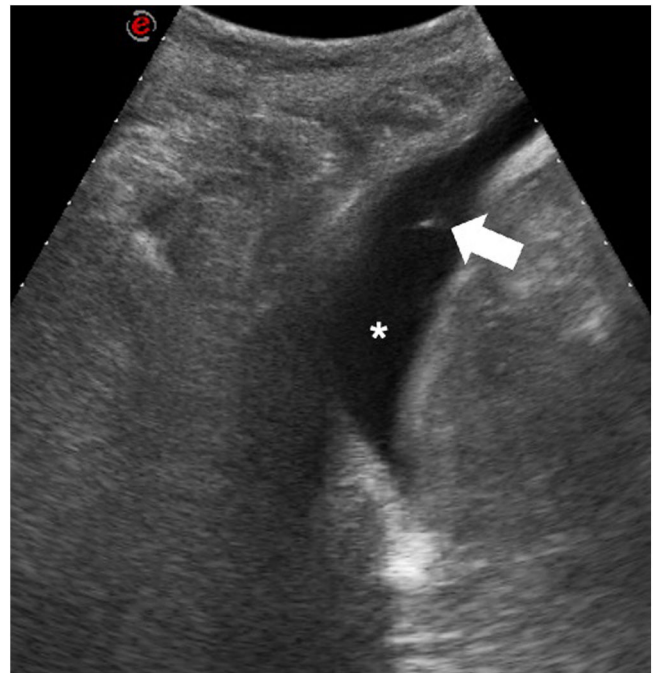


Figura 2 Toracocentesis en paciente encamado. Se trataba de un paciente varón, ingresado en la UCI y con fiebre y un derrame pleural persistente. Se realizó el procedimiento con el paciente en decúbito lateral derecho y con un acceso lateral. En la imagen se puede ver la punta de la aguja (flecha blanca) en el interior del derrame pleural (asterisco blanco).

cabo con guía ecográfica²⁷. El único factor que correlaciona con la aparición de un neumotórax tras una toracocentesis con guía ecográfica es la aspiración de aire^{28,29}. Si bien existe debate en la literatura científica acerca de si existe una cantidad límite que puede aspirarse en una toracocentesis evacuadora, la aparición de síntomas como la tos, dolor o dificultad respiratoria deben hacer detener el procedimiento^{30,31}. También debe detenerse la aspiración de líquido en aquellos casos en los que aparezca dificultad para su aspiración, puesto que esto nos indica cambios de presión en el interior de la cavidad pleural que pueden llevar al desarrollo de un edema posexpansivo³⁰.

A pesar de que, aparentemente, la adición de la guía ecográfica a la toracocentesis condicionaría un aumento del coste de la prueba, se ha demostrado que, además de

disminuir las complicaciones y aumentar el rendimiento, disminuye el gasto sanitario global³². Otras ventajas de la aplicación de la ecografía como guía para la toracocentesis son la capacidad de determinar el volumen del derrame y la presencia de complicaciones en el interior del líquido (como septos, ecos o nódulos), la posibilidad de medir con precisión la distancia de la piel al derrame o de detectar complicaciones como el neumotórax o la hemorragia²⁷.

Drenaje pleural

La colocación de un drenaje pleural puede realizarse en casos de neumotórax o de derrame. Al igual que la toracocentesis, el drenaje pleural es considerado como una técnica con riesgo moderado de hemorragia y deben tomarse las mismas medidas de prevención.

Si bien existen diferentes clasificaciones basadas en la radiografía acerca de cuándo hay que drenar un neumotórax, en este artículo nos centraremos en la valoración ecográfica. Ante la sospecha de neumotórax, la exploración ecográfica debe dirigirse hacia las zonas superiores del hemitórax afectado y buscar los signos que sugieran dicha patología: ausencia de deslizamiento pleuropulmonar, ausencia de líneas B, presencias de reverberaciones lineales posteriores y detección del punto de pulmón^{33–37}. Este último signo es el más relevante para determinar la necesidad de colocar un drenaje pleural en caso de neumotórax. Si el paciente se encuentra en decúbito supino y el punto de pulmón en anterior, esto nos indica que el neumotórax es leve y tan solo un 8% de los pacientes requerirán drenaje. En cambio, cuando este signo se encuentra lateral, el 90% de los pacientes requieren un drenaje¹. La colocación del drenaje es sencilla y puede realizarse con guía ecográfica. Tan solo debe considerarse que una vez la punta del drenaje entre en la cavidad pleural no podremos visualizarla debido al gran cambio de impedancia acústica entre la pared torácica y el neumotórax.

Las indicaciones de drenaje pleural en pacientes con neumonía o sospecha de infección pleural son las siguientes: derrames pleurales voluminosos que ocupen más de la mitad del hemitórax, derrames loculados, derrames con engrosamiento de la pleura parietal, cuando el cultivo o la tinción de Gram sean positivos, cuando el pH sea inferior a 7,20 o cuando se haya obtenido pus en la toracocentesis³⁸. Se pueden colocar catéteres de 8 a 14F mediante técnica de Seldinger o de forma directa. Para ello, al igual que la toracocentesis, debe buscarse un espacio intercostal en el que siempre exista líquido pleural y no se interponga el pulmón durante la respiración. Si bien no hay diferencias de resultados entre las técnicas Seldinger y de trocar directo, esta última es más rápida. En aquellos casos en que la colección pleural sea de pequeño tamaño o de difícil acceso, es recomendable utilizar la técnica de Seldinger.

La tasa de éxito de los drenajes en los derrames paraneumónicos se encuentra entre el 75% y el 88%²⁰. Las complicaciones principales del drenaje pleural ecodirigido con catéter fino son la obstrucción, el neumotórax y la paquipleuritis²⁰. En cambio, la principal complicación del drenaje quirúrgico grueso es la malposición que puede darse hasta en un 25% de los casos y que puede ser no identificable por radiografía posteroanterior o anteroposterior en un

60-95% de los casos²⁰. Las indicaciones de catéteres gruesos y finos son las mismas, con la excepción del hemotórax agudo donde la viscosidad de la sangre y la velocidad de producción del derrame obligan a colocar un tubo de mayor grosor³⁹. Los tubos finos son mejor tolerados por las pacientes y no presentan complicaciones de mala colocación cuando se usa la guía ecográfica^{40,41}. No obstante, en aquellos casos en los que el material obtenido en la toracocentesis sea pus espeso o cuando se requiera la realización de pleurodesis a través del tubo de drenaje percutáneo, estará indicado utilizar grosores superiores a 8F. Además, la ecografía permite determinar el resultado y la evolución del derrame pleural complejo. Losempiemas o derrames paraneumónicos con septos internos tienen peor respuesta al drenaje percutáneo y un peor pronóstico asociado a una mayor tasa de ingreso en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y a mayor mortalidad⁴². El resultado del drenaje percutáneo depende de las características ecográficas, con mejor rendimiento en derrames anecoicos (92,3%) que en complejo no septado (81,54%) y en complejos septados (62,5%)⁴³. Por tanto, el drenaje pleural debería colocarse de forma precoz antes de que las características ecográficas empeoren. En los casos de derrames complejos septados puede utilizarse la técnica de septolisis mecánica, que consiste en la rotura de los septos con el trocar del drenaje. El objetivo de esta técnica es aumentar la eficiencia de la trombólisis, pero para que sea efectiva y segura debe realizarse siempre con guía ecográfica para evitar lesionar estructuras extrapleurales²². La aplicación de fibrinolíticos en pacientes con derrames septados o con ausencia de respuesta disminuye la necesidad de intervención quirúrgica, así como el fracaso de tratamiento, aunque sin haberse demostrado una reducción de la mortalidad⁴⁴.

Las indicaciones de drenaje del derrame pleural maligno acostumbra a ser clínicas y vienen dadas por la necesidad de mitigar la sintomatología que presenta el paciente o bien como valoración de la capacidad de reexpansión del pulmón previa a la pleurodesis. La técnica es similar a la descrita para el derrame pleural paraneumónico o el empiema, con alguna salvedad. En los casos de derrames pleurales malignos debería evitarse atravesar implantes pleurales para disminuir las posibilidades de diseminación por el trayecto de la aguja¹ y se recomienda utilizar un acceso intercostal relativamente alejado del diafragma cuando exista inversión de este debido a que, durante el drenaje del líquido, el catéter podría rozar el diafragma y condicionar dolor o tos al paciente (fig. 3). Especialmente en los drenajes de pacientes oncológicos puede aparecer un neumotórax “ex vacuo”. Esta entidad no es infrecuente, en especial si existe patología pulmonar obstructiva asociada al derrame pleural, y consiste en la aparición de un neumotórax moderado o importante tras una toracocentesis evacuadora o un drenaje pleural, o leve pero persistente durante más de 3 días⁴⁵. No es necesario colocar un nuevo drenaje pleural en pacientes asintomáticos y es poco probable que aporte un beneficio clínico⁴⁵.

La utilización de una guía ecográfica está ampliamente recomendada puesto que se ha demostrado que una de las causas de morbilidad en los pacientes sometidos a drenaje pleural es la no utilización de esta⁴⁶. La recomendación para la realización de drenajes pleurales requiere un nivel intermedio según los

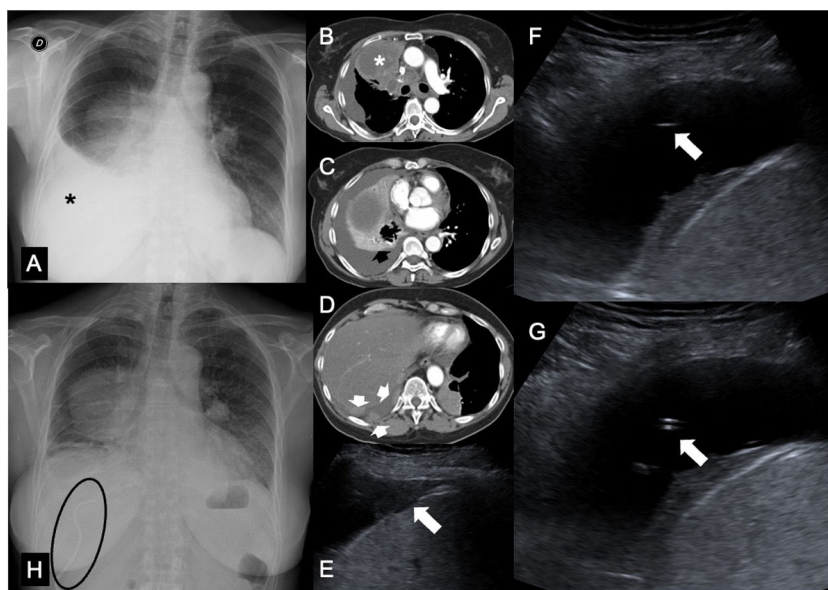


Figura 3 Drenaje pleural en paciente con metástasis de neoplasia colorrectal. A) Radiografía de tórax posteroanterior que muestra una masa parahiliar derecha y un moderado derrame pleural derecho que ocupa un tercio del hemitórax derecho (asterisco). B-D) Imágenes de tomografía computarizada de tórax en ventana de mediastino que muestran una masa pulmonar que ocluye el bronquio lobar superior derecho (asterisco), con moderado derrame pleural con implantes sólidos metastásicos (flechas blancas) y colapso pasivo de los lóbulos inferior derecho (flecha negra) y medio. E) Exploración ecográfica que permite detectar los implantes pleurales metastásicos (flecha blanca) en el seno costofrénico lateral. F) Colocación de un drenaje pleural con técnica de Seldinger. Se realizó un acceso cefálico a los implantes evidenciados en E. G) Catéter de drenaje pleural desplegado en el interior del derrame pleural. H) Radiografía de tórax posteroanterior que demuestra la resolución de derrame pleural 24 horas después de la colocación del drenaje (visible en el interior de la elipse).

criterios británicos de competencia en procedimientos pleurales⁴⁷.

Biopsia pleural

La biopsia pleural está indicada cuando existe sospecha de malignidad o en los derrames pleurales persistentes que no presenten mejoría o en los que exista la sospecha no confirmada de tuberculosis¹⁸. Las complicaciones de este procedimiento cuando se realiza con guía ecográfica son bajas (inferiores al 1%) y comprenden el neumotórax, el hemotórax, el hematoma en el punto de punción y la diseminación por el trayecto de la aguja (*seeding*). Esta última es muy frecuente cuando se realiza la biopsia pleural percutánea de un mesotelioma (fig. 4). La primera serie publicada demostró diseminación en un 40% de los pacientes⁴⁸, aunque series más recientes han demostrado que la cifra, a pesar de ser importante, es algo menor, pudiendo alcanzar un 13,2%⁴⁹. No obstante, a pesar de que se indicaba en numerosas guías, los trabajos más recientes han demostrado que no es necesaria la radioterapia profiláctica sobre el trayecto de punción en casos de mesotelioma y que solo debe efectuarse cuando hay recidiva con repercusión clínica⁵⁰. Las guías clínicas recomiendan que la realicen médicos expertos y con guía ecográfica. El número de muestras a obtener dependerá de la sospecha clínica: un único cilindro en casos de metástasis o tuberculosis y de tres a cuatro en mesotelioma. La ecografía es la técnica ideal para realizar el procedimiento porque detecta pequeños engrosamientos pleurales y los distingue claramente del líquido pleural que usualmente

acompaña a la patología pleural sólida. La biopsia pleural aumenta el rendimiento de la toracocentesis en casos de sospecha de patología neoplásica o tuberculosa, así como la aplicación de la guía ecográfica para obtener la muestra^{51,52}, llegando a alcanzar el rendimiento de la biopsia por toracoscopia. Es por ello por lo que la biopsia pleural guiada por imagen debe considerarse de primera línea en el diagnóstico del derrame pleural sospechoso de malignidad o de tuberculosis, por encima de la biopsia pleural cerrada tradicional y de la toracoscopia. Un factor implicado en un mejor resultado diagnóstico es el grosor de la afectación pleural, obteniendo un rendimiento casi del 100% en pacientes cuyo grosor supera los 20 milímetros⁷. EL hecho de emplear una aguja de 16G en vez de una de 18G aumenta también el rendimiento diagnóstico⁷. Durante la realización del procedimiento, un menor ángulo de incidencia respecto a la pleura permite aumentar la longitud del fragmento obtenido. Esto es de especial importancia en engrosamiento pleural de escasos milímetros (fig. 5).

Pulmón

Punción de pulmón

Tradicionalmente, las punciones pulmonares se han realizado con guía de TC desde que Haaga et al.² publicaran los dos primeros casos. En los años 90 del siglo pasado aparecieron las primeras publicaciones que valoraban la utilización de la ecografía como guía para las punciones de

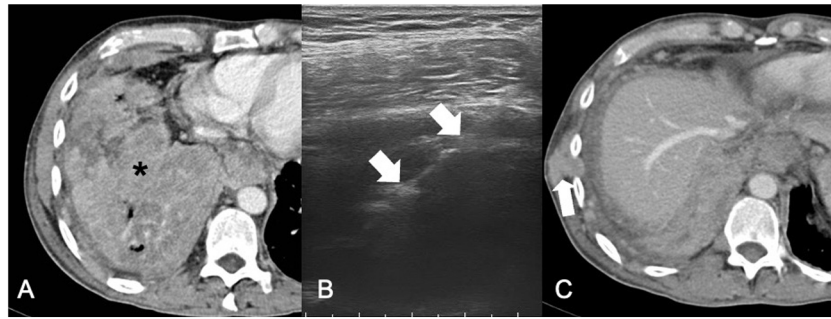


Figura 4 Mesotelioma pleural maligno. A) Tomografía computarizada (TC) torácica en ventana de mediastino que permite detectar una gran masa pleural heterogénea (asterisco). B) Biopsia pleural guiada por ecografía. Las flechas blancas indican la aguja de biopsia. En estos casos es importante señalar que debe puncionarse este tipo de lesiones desde la grasa extrapleural para que el patólogo pueda ubicar el fragmento obtenido. C) TC torácica realizada 6 meses después de la biopsia que demuestra la existencia de una masa de partes blandas en la pared torácica (flecha blanca) que correspondía a diseminación por el trayecto de la biopsia.

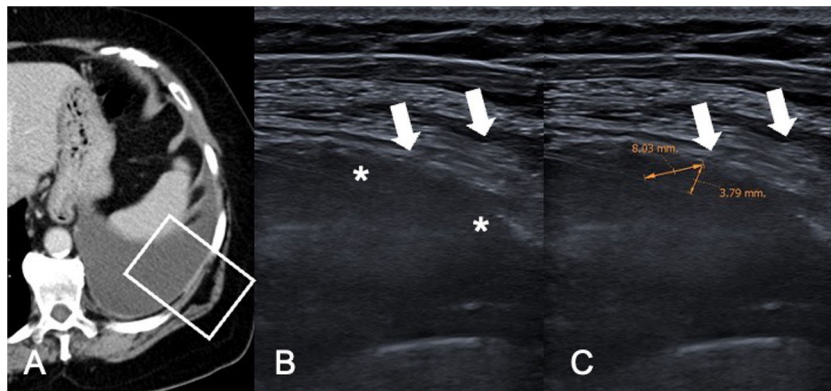


Figura 5 Metástasis pleurales de neoplasia de mama. A) Tomografía computarizada torácica en ventana de mediastino que permite detectar un moderado derrame pleural izquierdo con engrosamiento regular de la pleura parietal. El cuadro blanco indica la situación de las imágenes ecográficas mostradas en B y C. B) Exploración ecográfica para realizar biopsia pleural que permite detectar un engrosamiento pleural hipocogénico (asteriscos blancos). Las flechas blancas indican el trayecto de la aguja de biopsia. C) Misma imagen que B con medición del engrosamiento de forma perpendicular a la pleura (3,79 mm) y siguiendo el trayecto de la biopsia (8,03 mm). El hecho de realizar una aproximación de la aguja de biopsia con un menor ángulo de incidencia sobre el engrosamiento pleural permite obtener cilindros histológicos de mayor longitud.

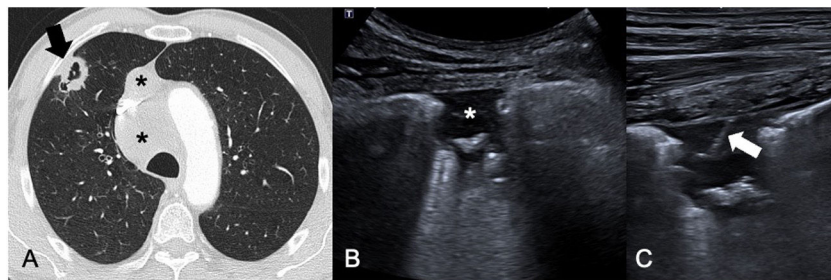


Figura 6 Adenocarcinoma pulmonar primario. A) Tomografía computarizada torácica en ventana de pulmón donde se visualiza un nódulo pulmonar subpleural cavitado en el lóbulo superior derecho (flecha negra) con adenopatías mediastínicas (asteriscos negros). B) Ecografía de tórax que muestra la lesión cavitada identificada en A, con amplio contacto pleural y que permite la realización de biopsia con aguja gruesa. C) Imagen ecográfica posterior al procedimiento de biopsia que muestra una línea blanca correspondiente al trayecto de la aguja. La punción confirmó el diagnóstico de adenocarcinoma y permitió la realización de técnicas para evaluar el estado mutacional.

pulmón^{4,5,53}. Mediante la guía ecográfica serán accesibles únicamente aquellas lesiones que se encuentren en la periferia pulmonar y en contacto con la pleura costal. Las lesiones ubicadas en la vecindad de la pleura mediastínica

no serán accesibles por guía ecográfica, así como las lesiones que, aun encontrándose periféricas, no contactan con la pleura. Se estima que solo un 5% de los nódulos pulmonares contactan con la pleura, por lo que la proporción de lesiones

Tabla 2 Resumen de los resultados publicados recientemente acerca de la punción pulmonar guiada por ecografía

Autor	Revista, año	n	Sens.	Espec.	VPP	VPN	Precisión	Comentarios
Huang W	Biosci Rep., 2019	121	93,94%	100%	100%	78,57%	95,04%	1
García Ortega A	Arch Bronco-neumol., 2016	58	75,6% (87,2%) ^a	100% (100%) ^a	100% (100%) ^a	54,2% (72,3%) ^a	81% (90,4%) ^a	2
Lemieux S	Eur Radiol., 2021	528	72%					3
Huang W	BMC Cancer., 2021	1169					92%	4

^a Resultados ajustados por malignidad. 1: El tamaño no influye en los resultados. 2: Realizadas por neumólogos. 3: Mejor rendimiento en lesiones con más de 30 mm de contacto pleural. Debe evitarse la punción de lesiones de diámetro inferior a 10 mm. 4: 16G mejor que 18G si se hacen dos pases.

Espec.: especificidad; sens: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

abordables por ecografía siempre será menor que la que puede realizarse con guía de TC (fig. 6). No obstante, cuando es posible realizar el procedimiento con ambas técnicas, la ecografía ha demostrado ser una técnica más rápida, con menor incidencia de complicaciones y con un rendimiento equivalente^{54,55}. En el trabajo de Lee et al. concluyeron que debe recomendarse la utilización de guía ecográfica para las lesiones pulmonares periféricas mayores de 10 mm porque es más segura, rápida y posiblemente más precisa que la guía de TC⁵⁵. El rendimiento global de la punción pulmonar guiada por ecografía supera el 90% en los trabajos publicados más recientemente (tabla 2)⁵⁶⁻⁵⁹. El rendimiento de las punciones pulmonares guiadas por TC se ve influenciado por el tamaño de la lesión. Diferentes trabajos han demostrado que, en lesiones con diámetros superiores a 5 cm o menores de 1 o 2 cm, la guía de TC muestra menor rendimiento que para nódulos o masas comprendidos entre esos tamaños⁶⁰. En cambio, el trabajo de Huang⁵⁶ demostró que el tamaño no influye en el rendimiento de la punción pulmonar guiada por ecografía. Cuando se utiliza control ecográfico para realizar el procedimiento influye más la superficie de contacto pleural que el diámetro de la lesión⁶¹. En la serie de Lemieux et al.⁵⁸ comprobaron que los mejores resultados se obtienen al punccionar lesiones con más de 30 mm de contacto pleural y que debe evitarse la punción de nódulos de tamaño inferior a 10 mm. Por otro lado, Guo et al.⁶² confirmaron que también existe una modificación de los resultados en función del tamaño lesional, con disminución del rendimiento por debajo de los 20 mm y por encima de los 50 mm. Confirmaron que existe un progresivo aumento del porcentaje de necrosis con el incremento del tamaño de la lesión que justificaría el descenso de la precisión en tamaños superiores a 50 mm. En cambio, el rendimiento menor en lesiones de pequeño tamaño sería atribuible a factores técnicos del procedimiento debidos a la dificultad de punccionar una lesión de tan pequeño tamaño.

Otra indicación de la punción pulmonar con guía ecográfica es la determinación del agente causal en neumonías. Usualmente se realiza en pacientes encamados en UCI en los que el tratamiento antibiótico no condiciona mejoría radiológica o clínica⁶³. La guía ecográfica permite determinar la presencia de abscesos o de necrosis en el seno de la neumonía.

Respecto a las complicaciones, se ha reportado un amplio margen de resultados que va desde el 0%^{56,57} hasta el 44%⁶⁴. En este último trabajo debe tenerse en cuenta que se realizó en pacientes pediátricos y que se consideró cualquier tipo de complicación. Respecto al neumotórax, las diferentes series publicadas reportan unos porcentajes que oscilan entre el 0%^{56,57} y el 15%⁵⁸, aunque muchos de los trabajos muestran incidencias por debajo del 3%^{59,65,66}. En el trabajo de Cozzolino⁶⁶ se compararon las complicaciones producidas en 80 pacientes a quienes se realizaron punciones con guías de TC y de ecografía y se determinó que la guía ecográfica presentaba menor porcentaje de neumotórax (2,5% con ecografía frente a 22,5% con TC). Además, la ecografía puede servir para detectar la aparición de neumotórax tras una punción pulmonar con un rendimiento equiparable al de la radiografía⁶⁵. figura 7

La aplicación del contraste ecográfico ha supuesto una revolución en múltiples áreas del organismo⁶⁷. Al igual que sucedió con la aplicación de los ultrasonidos, las potenciales indicaciones de esta técnica en el tórax han tardado más tiempo en ser publicadas⁶⁸. En los últimos años se han publicado varios artículos que han evaluado la utilidad del contraste ecográfico como guía para la punción de lesiones pulmonares^{10,11,13,69-72}. En la tabla 3 se resumen los principales hallazgos reportados en dichos artículos. La aplicación de contraste ecográfico antes de la realización del procedimiento permite detectar con mayor precisión la presencia de necrosis en el seno de las lesiones pulmonares y aumenta el rendimiento (fig. 8). En aquellos trabajos en los que se ha realizado comparación con grupo control (punción con guía ecográfica convencional) se ha demostrado que el rendimiento es superior al aplicar contraste antes del procedimiento⁷¹⁻⁷³. Entre un 48,1% y un 80% de los casos, el contraste ha modificado el abordaje intervencionista previsto^{69,71}.

Drenaje de absceso pulmonar

El drenaje de abscesos pulmonares se realiza de forma muy infrecuente, pero puede sustituir a la intervención quirúrgica. Se debe realizar drenaje de un absceso pulmonar cuando exista una mala respuesta al tratamiento antibiótico

Tabla 3 Resumen de las publicaciones acerca de la aplicación del contraste ecográfico en las punciones pulmonares

Autor	Revista, año	Pacientes (n)	Grupo control	Grupo CEUS	Necrosis	Cambio en abordaje	Comentarios
Fu Y, et al.	Front Pharmacol., 2019	58 - >5 cm - ≤5 cm	No	98,3% diagnóstico	34,5% (>5 cm)	80% casos con necrosis CEUS	Diferencias en inicio de captación (neoplasias presentan usualmente captación tardía) Útil en biopsias de lesiones mayores de 5 cm
Dong Y, et al.	Biomed Res Int., 2015	53	Mismos pacientes	100% muestra 98,1% diagnóstico histológico	Mayor porcentaje en CEUS ^a	No valorado	
Wang J, et al.	Int J Clin Exp Med., 2015	51 ≤ 2,5 cm	Mismos pacientes	95,8% precisión	No valorada	No valorado	Nódulos muy pequeños
Liang J, et al.	Oncol Lett., 2020	120	SÍ (n=66)	96,3 vs. 80,3%*	40,7 vs. 16,7%*	48,1% en CEUS	Mejores resultados con contraste Mayor detección de necrosis Distingue lesión central de atelectasia obstructiva
Wang S, et al.	Biomed Res Int., 2015	142	SÍ (n=60)	96,3 vs. 80% ^a	43,9 vs. 6,7% ^a	No valorado	
Zhang H, et al	J Thorac Dis., 2020	92	SÍ (n=40)	98,1% vs. 90%	Mayor porcentaje en CEUS	No valorado	
Wang Y, et al	Clin Radiol., 2020	33	Mismos pacientes	96,9%	51,5 vs. 27,3%*	No valorado	Detecta neumonía

^a Resultados estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

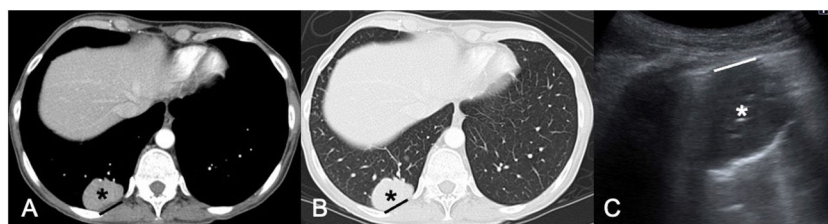


Figura 7 Metástasis pulmonar de neoplasia renal. A y B) Tomografía computarizada torácica en ventana de mediastino (A) y de pulmón (B) que muestra una masa pulmonar subpleural en el lóbulo inferior derecho (asteriscos negros) con amplio contacto con la pleura costal (línea negra). C) Imagen ecográfica previa a la biopsia con aguja gruesa que permitió evaluar la lesión pulmonar (asterisco blanco). Nótese que la distancia de contacto pleural (línea blanca) es menor en la exploración ecográfica, probablemente por efecto gravitacional al colocar el paciente en decúbito prono.

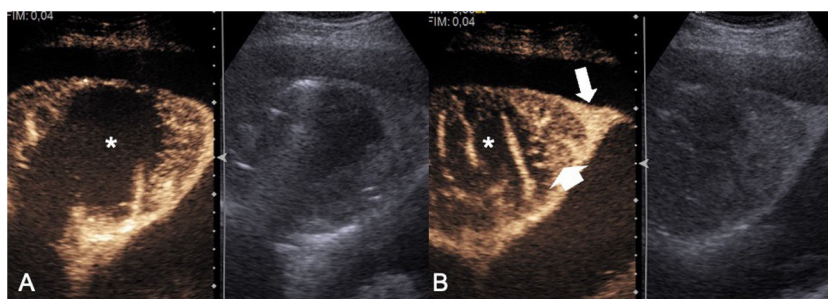


Figura 8 Linfoma pulmonar primario. A) Imágenes que combinan la exploración con contraste (izquierda) con la imagen basal (derecha). Nótese como la aplicación del contraste ecográfico permite detectar que la necrosis tumoral (asterisco blanco) es más extensa de lo esperado en la imagen convencional. B) Imágenes que combinan la exploración con contraste (izquierda) con la imagen basal (derecha). La aplicación del contraste permite detectar la necrosis central (asterisco blanco) y los vasos que cruzan las zonas necróticas y distinguir entre parénquima pulmonar colapsado (flecha larga) y tumoral (flecha corta).

después de 10 días, si se prevé que el paciente no cumpla el tratamiento antibiótico y cuando el absceso es de tamaño superior a los 4 cm^{10,14}. Pueden colocarse catéteres de 6 a 12F, aunque el grosor más utilizado es de 8F. La guía ecográfica va a ser especialmente útil para drenar aquellos abscesos que presenten contacto con pleura periférica o se encuentren en el interior de una neumonía. La principal complicación de este procedimiento es el neumotórax.

Conclusiones

La guía ecográfica es de gran ayuda en el intervencionismo torácico no vascular. Si bien tiene un papel limitado en el pulmón, es de elección en aquellas lesiones que presentan contacto con la pleura costal, con resultados equiparables a los de la TC, pero con menor tiempo de procedimiento y menores complicaciones. En la patología pleural es la técnica ideal para la realización de toracocentesis, drenajes y biopsias. Los radiólogos debemos conocer las indicaciones de esta técnica, así como sus potenciales complicaciones y limitaciones. La aplicación de contrastes ecográficos previos al procedimiento puede ser una herramienta tremendamente útil con resultados prometedores publicados hasta el momento y con un gran futuro por explorar.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: GI, IV

2. Concepción del estudio: GI, IV
3. Diseño del estudio: GI, IV
4. Obtención de los datos: GI, IV
5. Análisis e interpretación de los datos: GI, IV
6. Tratamiento estadístico: GI, IV
7. Búsqueda bibliográfica: GI, IV
8. Redacción del trabajo: GI, IV
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: GI, IV
10. Aprobación de la versión final: GI, IV

Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Vollmer Torrubiano I, Sánchez González M. Intervencionismo no vascular en tórax. *Radiología*. 2016;58:15-28.
2. Haaga JR, Alfidi RJ. Precise Biopsy Localization by Computed Tomography. *Radiology*. 1976;118:603-7.
3. Heerink WJ, de Bock GH, de Jonge GJ, Groen HJM, Vliegenthart R, Oudkerk M. Complication rates of CT-guided transthoracic lung biopsy: meta-analysis. *Eur Radiol*. 2017;27:138-48.

4. Yang PC. Ultrasound-guided Transthoracic Biopsy of Peripheral Lung, Pleural, and Chest-Wall Lesions. *J Thorac Imaging*. 1997;12:272–84.
5. Hsu WH, Chiang CD, Hsu JY, Kwan PC, Chen CL, Chen CY. Ultrasound-guided fine-needle aspiration biopsy of lung cancers. *J Clin Ultrasound*. 1996;24:225–33.
6. Benamore RE, Scott K, Richards CJ, Entwistle JJ. Image-guided pleural biopsy: diagnostic yield and complications. *Clin Radiol*. 2006;61:700–5.
7. Zhang Y, Tang J, Zhou X, Zhou D, Wang J, Tang Q. Ultrasound-guided pleural cutting needle biopsy: Accuracy and factors influencing diagnostic yield. *J Thorac Dis*. 2018;10:3244–52.
8. Koegelenberg CFN, Diacon AH. Image-guided pleural biopsy. *Curr Opin Pulm Med*. 2013;19:368–73.
9. Hallifax RJ, Corcoran JP, Ahmed A, Nagendran M, Rostom H, Hassan N, et al. Physician-based ultrasound-guided biopsy for diagnosing pleural disease. *Chest*. 2014;146:1001–6.
10. Wang J, Zhou D, Xie X, Shen P, Zeng Y. Utility of contrast-enhanced ultrasound with SonoVue in biopsy of small subpleural nodules. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8:15991–8.
11. Dong Y, Mao F, Wang WP, Ji ZB, Fan PL. Value of Contrast-Enhanced Ultrasound in Guidance of Percutaneous Biopsy in Peripheral Pulmonary Lesions. *Biomed Res Int*. 2015;2015, 531507.
12. Sartori S, Nielsen I, Trevisani L, Tombesi P, Ceccotti P, Abbasciano V. Contrast-Enhanced Sonography as Guidance for Transthoracic Biopsy of a Peripheral Lung Lesion with Large Necrotic Areas. *J Ultrasound Med*. 2004;23:133–6.
13. Wang Y, Xu Z, Huang H, Zhou X, Xian M. Application of quantitative contrast-enhanced ultrasound for evaluation and guiding biopsy of peripheral pulmonary lesions: a preliminary study. *Clin Radiol*. 2020;75:e19–24.
14. Vollmer I, Gayete Á. Ecografía torácica. *Arch Bronconeumol*. 2010;46:27–34.
15. Patel IJ, Davidson JC, Nikolic B, Salazar GM, Schwartzberg MS, Walker TG, et al. Consensus guidelines for periprocedural management of coagulation status and hemostasis risk in percutaneous image-guided interventions. *J Vasc Interv Radiol*. 2012;23:727–36.
16. Feller-Kopman D. Ultrasound-Guided Thoracentesis. *Chest*. 2006;129:1709–14.
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.
18. Villena Garrido V, Cases Viedma E, Fernández Villar A, de Pablo Gafas A, Pérez Rodríguez E, Porcel Pérez JM, et al. Normativa sobre el diagnóstico y tratamiento del derrame pleural. Actualización. *Arch Bronconeumol*. 2014;50:235–49.
19. Pneumatikos I, Borous D. Pleural effusions in critically ill patients. *Respiration*. 2008;76:241–8.
20. Toms AP, Tasker AD, Flower CDR. Intervention in the pleura. *Eur J Radiol*. 2000;34:119–32.
21. Yoneyama H, Arahata M, Temaru R, Ishizaka S, Minami S. Evaluation of the risk of intercostal artery laceration during thoracentesis in elderly patients by using 3D-CT angiography. *Intern Med*. 2010;49:289–92.
22. Mayo PH, Doelken P. Pleural Ultrasonography. *Clin Chest Med*. 2006;27:215–27.
23. Harnsberger RH, Lee TG, Mukuno DH. Rapid, Inexpensive Real-Time Directed Thoracentesis. *Radiology*. 1983;146:545–6.
24. O'Moore PV, Mueller PR, Simeone JF, Saini S, Butch R, Hahn PF, et al. Sonographic Guidance in Diagnostic and Therapeutic Interventions in the Pleural Space. *AJR Am J Roentgenol*. 1987;149:1–5.
25. Jones PW, Moyers JP, Rogers JT, Rodriguez RM, Gary Lee YC, Light RW. Ultrasound-guided thoracentesis: Is it a safer method? *Chest*. 2003;123:418–23.
26. Cavanna L, Mordenti P, Bertè R, Palladino MA, Biasini C, Anselmi E, et al. Ultrasound guidance reduces pneumothorax rate and improves safety of thoracentesis in malignant pleural effusion: Report on 445 consecutive patients with advanced cancer. *World J Surg Oncol*. 2014;12:139.
27. Dancel R, Schnobrich D, Puri N, Franco-Sadud R, Cho J, Grikis L, et al. Recommendations on the use of ultrasound guidance for adult thoracentesis: A position statement of the society of hospital medicine. *J Hosp Med*. 2018;13:126–35.
28. Petersen WG, Zimmerman R. Limited utility of chest radiograph after thoracentesis. *Chest*. 2000;117:1038–42.
29. Alemán C, Alegre J, Armadans L, Andreu J, Falcó V, Recio J, et al. The Value of Chest Roentgenography in the Diagnosis of Pneumothorax after Thoracentesis. *Am J Med*. 1999;107:340–3.
30. Nieh JH, Huang TY. Re-Expansion Pulmonary Edema After Thoracostomy. *J Emerg Med*. 2020;59:e97–9.
31. Feller-Kopman D, Walkey A, Berkowitz D, Ernst A. The relationship of pleural pressure to symptom development during therapeutic thoracentesis. *Chest*. 2006;129:1556–60.
32. Mercaldi CJ, Lanes SF. Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis. *Chest*. 2013;143:532–8.
33. Moreno-Aguilar G, Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill (LUCI) and the lung point: A sign specific to pneumothorax which cannot be mimicked. *Critical Care*. 2015;19:311.
34. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med*. 2005;12:844–9.
35. Volpicelli G. Lung ultrasound for pneumothorax: Elementary considerations. *Am J Emerg Med*. 2014;32:1545.
36. Shojaaee S, Argento AC. Ultrasound-guided pleural access. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014;35:693–705.
37. Marchetti G, Arondi S, Baglivo F, Lonni S, Quadri F, Valsecchi A, et al. New insights in the use of pleural ultrasonography for diagnosis and treatment of pleural disease. *Clin Respir J*. 2018;12:1993–2005.
38. Colice GL, Curtis A, Deslauriers J, Heffner J, Light R, Littenberg B, et al. Medical and surgical treatment of parapneumonic effusions: An evidence-based guideline. *Chest*. 2000;118:1158–71.
39. Baumann MH. What size chest tube? What drainage system is ideal? And other chest tube management questions. *Curr Opin Pulm Med*. 2003;9:276–81.
40. Cooke DT, David EA. Large-Bore and Small-Bore Chest Tubes: Types, Function, and Placement. *Thorac Surg Clin*. 2013;23:17–24.
41. Akhan O, Özkan O, Akinci D, Hassan A, Özmen M. Image-guided catheter drainage of infected pleural effusions. *Diagn Interv Radiol*. 2007;13:204–9.
42. Chen CH, Chen W, Chen HJ, Yu YH, Lin YC, Tu CY, et al. Transthoracic Ultrasonography in Predicting the Outcome of Small-Bore Catheter Drainage in Empyemas or Complicated Parapneumonic Effusions. *Ultrasound Med Biol*. 2009;35:1468–74.
43. Shankar S, Gulati M, Kang M, Gupta S, Suri S. Image-guided percutaneous drainage of thoracic empyema: Can sonography predict the outcome? *Eur Radiol*. 2000;10:495–9.
44. Altmann ES, Crossingham I, Wilson S, Davies HR. Intra-pleural fibrinolytic therapy versus placebo, or a different fibrinolytic agent, in the treatment of adult parapneumonic effusions and empyema. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;2019: CD002312.
45. Ponrartana S, LaBerge JM, Kerlan RK, Wilson MW, Gordon RL. Management of patients with "ex vacuo" pneumothorax after thoracentesis. *Acad Radiol*. 2005;12:980–6.
46. Lamont T, Surkitt-Parr M, Scarpello J, Durand M, Hooper C, Maskell N. Safety alerts, Insertion of chest drains: Summary of a

- safety report from the National Patient Safety Agency. *BMJ*. 2009;339:b4923.
47. Evison M, Blyth KG, Bhatnagar R, Corcoran J, Saba T, Duncan T, et al. Providing safe and effective pleural medicine services in the UK: An aspirational statement from UK pleural physicians. *BMJ Open Respir Res*. 2018;5:e000307.
 48. Boutin C, Rey F, Viallat JR. Prevention of malignant seeding after invasive diagnostic procedures in patients with pleural mesothelioma: A randomized trial of local radiotherapy. *Chest*. 1995;108:754–8.
 49. Metintas M, Ak G, Parspour S, Yildirim H, Erginel S, Alatas F, et al. Local recurrence of tumor at sites of intervention in malignant pleural mesothelioma. *Lung Cancer*. 2008;61:255–61.
 50. Davies HE, Musk AW, Lee YCG. Prophylactic radiotherapy for pleural puncture sites in mesothelioma: the controversy continues. *Curr Opin Pulm Med*. 2008;14:326–30.
 51. 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.
 52. Koegelenberg CFN, Irlsen EM, von Groote-Bidlingmaier F, Bruwer JW, Batubara EMA, Diacon AH. The utility of ultrasound-guided thoracentesis and pleural biopsy in undiagnosed pleural exudates. *Thorax*. 2015;70:995–7.
 53. Hsu WH, Chiang CD, Chen CY, Hsu JY, Chang MC. Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration Biopsy in the Diagnosis of Chronic Pulmonary Infection. *Respiration*. 1997;64:319–25.
 54. Sconfienza LM, Mauri G, Grossi F, Truini M, Serafini G, Sardanelli F, et al. Pleural and peripheral lung lesions: Comparison of US- and CT-guided biopsy. *Radiology*. 2013;266:930–5.
 55. Lee MH, Lubner MG, Hinshaw JL, Pickhardt PJ. Ultrasound guidance versus CT guidance for peripheral lung biopsy: Performance according to lesion size and pleural contact. *AJR Am J Roentgenol*. 2018;210:W110–7.
 56. Huang W, Chen L, Xu N, Wang L, Liu F, He S, et al. Diagnostic value and safety of color doppler ultrasound-guided transthoracic core needle biopsy of thoracic disease. *Biosci Rep*. 2019;39. BSR 20190104.
 57. García-Ortega A, Briones-Gómez A, Fabregat S, Martínez-Tomás R, Martínez-García MÁ, Cases E. Benefit of Chest Ultrasonography in the Diagnosis of Peripheral Thoracic Lesions in an Interventional Pulmonology Unit. *Arch Bronconeumol*. 2016;52:244–9.
 58. Lemieux S, Kim T, Pothier-Piccinin O, Racine LC, Firooz F, Drolet M, et al. Ultrasound-guided transthoracic needle biopsy of the lung: sensitivity and safety variables. *Eur Radiol*. 2021 (en prensa).
 59. Huang W, Ye J, Qiu Y, Peng W, Lan N, Cui W, et al. Propensity-score-matching analysis to compare efficacy and safety between 16-gauge and 18-gauge needle in ultrasound-guided biopsy for peripheral pulmonary lesions. *BMC Cancer*. 2021;21:390.
 60. Yeow KM, Tsay PK, Cheung YC, Lui KW, Pan KT, Shau-Bin Chou A. Factors affecting diagnostic accuracy of CT-guided coaxial cutting needle lung biopsy: Retrospective analysis of 631 procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14:581–8.
 61. Jeon KN, Bae K, Park MJ, Choi HC, Shin HS, Shin S, et al. US-guided transthoracic biopsy of peripheral lung lesions: Pleural contact length influences diagnostic yield. *Acta Radiol*. 2014;55:295–301.
 62. Guo YQ, Liao XH, Li ZX, Chen YY, Wang S, da, Wang JH, et al. Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Biopsy for Peripheral Pulmonary Lesions: Diagnostic Accuracy and Influencing Factors. *Ultrasound in Med Biol*. 2018;44:1003–11.
 63. Patradoon-Ho P, Fitzgerald DA. Lung abscess in children. *Paediatr Respir Rev*. 2007;8:77–84.
 64. Fontalvo LF, Amaral JG, Temple M, Chait PG, John P, Krishnamuthy G, et al. Percutaneous US-guided biopsies of peripheral pulmonary lesions in children. *Pediatr Radiol*. 2006;36:491–7.
 65. Sartori S, Tombesi P, Trevisani L, Nielsen I, Tassinari D, Abbasciano V. Accuracy of transthoracic sonography in detection of pneumothorax after sonographically guided lung biopsy: Prospective comparison with chest radiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188:37–41.
 66. Cozzolino I, Ronchi A, Messina G, Montella M, Morgillo F, Vicidomini G, et al. Adequacy of cytologic samples by ultrasound-guided percutaneous transthoracic fine-needle aspiration cytology of peripheral pulmonary nodules for morphologic diagnosis and molecular evaluations: comparison with computed tomography-guided percutaneous transthoracic fine-needle aspiration cytology. *Arch Pathol Lab Med*. 2020;144:361–9.
 67. Sidhu PS, Cantisani V, Dietrich CF, Gilja OH, Saftoiu A, Bartels E, et al. The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in Non-Hepatic Applications: Update 2017 (Long Version). *Ultraschall Med*. 2018;39:e2–44.
 68. Vollmer I, Domènech-Ximenes B, Sánchez M. Contrast-Enhanced Lung Ultrasound: A New Horizon. *Arch Bronconeumol*. 2021;57:385–6.
 69. Fu Y, Zhang YY, Cui LG, Tan S, Sun Y. Ultrasound-guided biopsy of pleural-based pulmonary lesions by injection of contrast-enhancing drugs. *Front Pharmacol*. 2019;10:1–8.
 70. Wang S, Yang W, Zhang H, Xu Q, Yan K. The role of contrast-enhanced ultrasound in selection indication and improving diagnosis for transthoracic biopsy in peripheral pulmonary and mediastinal lesions. *Biomed Res Int*. 2015;2015:231782.
 71. Liang J, Wang D, Li H, Zhao S, Chen M, Li H, et al. Contrast-enhanced ultrasound for needle biopsy of thoracic lesions. *Oncol Lett*. 2020;20:75.
 72. Zhang H, Guang Y, He W, Cheng L, Yu T, Tang Y, et al. Ultrasound-guided percutaneous needle biopsy skill for peripheral lung lesions and complications prevention. *J Thorac Dis*. 2020;12:3697–705.
 73. Dong Y, Mao F, Wang WP, Ji ZB, Fan PL. Value of Contrast-Enhanced Ultrasound in Guidance of Percutaneous Biopsy in Peripheral Pulmonary Lesions. *Biomed Res Int*. 2015;2015, 531507.