

REVISTA ESPAÑOLA DE PATOLOGÍA TORÁCICA

ISSN: 1889-7347



Publicado por Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur. Suplemento 1. Año 2016

Aplicaciones de la ecografía en neumología





REVISTA ESPAÑOLA DE PATOLOGÍA TORÁCICA

Publicado por la Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur



Junta Directiva de Neumosur

Presidente

Aurelio Arnedillo Muñoz

Presidente saliente

Francisco Casas Maldonado

Secretario General

Bernabé Jurado Gámez

Tesorero

Jesús Fdo. Sánchez Gómez

Vocal por Cirugía de Tórax

Florencio Quero Valenzuela

Vocal por Andalucía Occidental

Eva Vázquez Gandullo

Vocal por Andalucía Oriental

Mercedes Martín Romero

Vocal por Extremadura

José Antonio Gutiérrez Lara

Vocal por Médicos Jóvenes

Marta Entrenas Castillo

Relaciones Institucionales y Profesionales

Francisco Javier Álvarez Gutiérrez

Jefe de Redacción

Antonio Álvarez Kindelán (Córdoba)

Secretaría de Redacción

Rut Ayerbe García. (Huelva)

Comité de Redacción

Bernardino Alcázar Navarrete (Granada)

Aurelio Arnedillo Muñoz (Cádiz)

Ricardo Arrabal Sánchez (Málaga)

José Calvo Bonachera (Almería)

Adolfo Domenech del Río (Málaga)

José Fernández Guerra (Marbella, Málaga)

Nuria Feu Collado (Córdoba)

German García de Vinuesa Calvo (Mérida)

Cayo J. García Polo (Cádiz)

Fernando Hernández Utrera (Huelva)

Bernabé Jurado Gámez (Córdoba)

Paula Moreno Casado (Córdoba)

Alicia Padilla Galo (Marbella)

José Antonio Rodríguez Portal (Sevilla)

Consejo Editorial

Inmaculada Alfageme Michavila (Sevilla)

María del Sol Arenas de Larriva (Córdoba)

Manuel Arenas Gordillo (Sevilla)

Emilia Barrot Cortes (Sevilla)

Ana Isabel Blanco Orozco (Sevilla)

Alberto Beitztegui Sillero (Sevilla)

Carmen Carmona Bernal (Sevilla)

Luis Fdo. Cassini Gómez de Cádiz (Granada)

M.ª del Pilar Cejudo Ramos (Sevilla)

Manuel Cepero Valdés (La Habana-Cuba)

Pilar Cordero Montero (Badajoz)

Jaime Corral Peñaflor (Cáceres)

Francisco Javier Cosano Povedano (Córdoba)

Antonio Cueto Ladrón de Guevara (Granada)

José Luis de la Cruz Ríos (Málaga)

Carlos Disdier Vicente (Cáceres)

Teresa Elías Hernández (Sevilla)

Victor M. Encinas Tobajas (Sevilla)

Luis Manuel Entrenas Costa (Córdoba)

Javier Fernández de Córdoba Gamero (Huelva)

Enrique García Martínez (Granada)

Rafael García Montesinos (Málaga)

Marcos García Rueda (Málaga)

Lourdes Gómez Izquierdo (Sevilla)

Jesús Grávalos Guzmán (Huelva)

Jacinto Hernández Borge (Badajoz)

Pilar Íñigo Naranjo (Badajoz)

Luis Jara Palomares (Sevilla)

Rafael Jiménez Merchán (Sevilla)

Rafael Lama Martínez (Córdoba)

Antonio León Jiménez (Cádiz)

José Luis López-Campos Bodineau (Sevilla)

Francisco Marín Sánchez (Málaga)

Francisca Lourdes Márquez Pérez (Badajoz)

Juan Fernando Masa Jiménez (Cáceres)

Juan Fco. Medina Gallardo (Sevilla)

Teodoro Montemayor Rubio (Sevilla)

Antonio Pereira Vega (Huelva)

Antonio M. Pérez Fernández (Badajoz)

Francisco Ortega Ruiz (Sevilla)

Remedios Otero Candelera (Sevilla)

Elvira Pérez Escolano (Jerez de la Frontera)

Esther Quintana Gallego (Sevilla)

Florencio Quero Valenzuela (Granada)

Juan Antonio Riesco Miranda (Cáceres)

Ignacio Rodríguez Blanco (Badajoz)

Francisco Rodríguez Panadero (Sevilla)

M.ª Auxiliadora Romero Falcón (Sevilla)

Ana Dolores Romero Ortiz (Granada)

Pedro José Romero Palacios (Granada)

Beatriz Romero Romero (Sevilla)

Fernando Romero Valero (Cádiz)

Ángel Salvatierra Velázquez (Córdoba)

M.ª Ángeles Sánchez Armengol (Sevilla)

Julio Sánchez de Cos Escuin (Cáceres)

Francisco Santos Luna (Córdoba)

Dolores Sebastián Gil (Málaga)

Agustín Sojo González (Cáceres)

J. Gregorio Soto Campos (Jerez de la Frontera)

José M. Vaquero Barrios (Córdoba)

Rosa Vázquez Oliva (Huelva)

Rosario Ysamat Marfá (Córdoba)

Director de la Revista

Aurelio Arnedillo Muñoz (Cádiz)

Adjunto a la Dirección

Daniel del Castillo Otero

(Jerez de la Frontera. Cádiz)

Redacción y administración

Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur

Secretaría Técnica

C/ Virgen de la Cinta, 21

Edificio Presidente B-2, 11º C. 41011 Sevilla

Tel.: 954 28 27 37 – Fax: 954 27 60 80

e-mail: neumosur@neumosur.net

<http://www.neumosur.net>

© Copyright 2016 Asociación de Neumología y

Cirugía Torácica del Sur

Reservados todos los derechos

Diseño maquetación: Neumosur

Revista Española de Patología Torácica es el Órgano Oficial de la Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur.

Incluida en el Índice Médico Español.

Publicación trimestral, de difusión nacional, con cuatro números al año.

Foro que incluye artículos sobre ciencia básica y enfermedades médicas y quirúrgicas del tórax.

Revista Española de Patología Torácica se distribuye

exclusivamente entre los profesionales de la Medicina.

Todos los artículos se someten a crítica, por dos revisores, antes de su aceptación para publicación.

La Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur no comparte necesariamente las opiniones vertidas en la

revista.

Título clave: Rev Esp Patol Torac

Depósito Legal. S. 872-2009

ISSN: 1889-7347

SUMARIO

Capítulo 1

Bases físicas de la ecografía. Imágenes esenciales. Aparatología	4
I. Ruiz Villandiego, R. Díaz Manga, M. Gómez Molinero, P. Riquelme Montaña.	

Capítulo 2

Ecografía torácica	15
D. del Castillo Otero, M. Arenas Gordillo.	

Capítulo 3

Punciones transtorácicas guiadas con ecografía	33
M. Arenas Gordillo, D. del Castillo Otero.	

Capítulo 4

La ecografía en el diagnóstico de la enfermedad tromboembólica venosa	46
T. Elías Hernández, R. Morillo Guerrero, L. Jara Palomares, R. Otero Candelera.	

Capítulo 5

Valoración de la presión pulmonar y su repercusión sobre cavidades derechas por ecocardiografía	56
M. Ruiz Borrell, A. Revello Bustos, J. Marín Morgado y B. Pérez Cano.	

Capítulo 6

Ecobroncoscopia	69
B. Romero Romero, A. Donate Salcedo, L. Padrón Fraysse, J. Martín Juan.	



● ● ● ● AGRADECIMIENTO

La ecografía en el campo de la neumología ha estado relegada hasta hace pocos años a manos de los radiólogos. Como en otras especialidades, la inoquidad de la técnica, su accesibilidad y el relativo bajo coste han hecho que el neumólogo la utilice cada vez más como herramienta diagnóstica y soporte de técnicas invasivas. En medicina, y por supuesto en la neumología, como en cualquier otro campo, existen áreas inexploradas y la ecografía era una de ellas para los neumólogos. La perspectiva que dan algunos años de experiencia en mi especialidad, ha servido para darme cuenta de que he tenido la gran suerte de conocer a algunas de esas personas que no han tenido recelos en ser pioneros en explorar esas zonas de sombras, sin saber en ese momento si obtendrían algún fruto y siempre a costa del preciado tiempo personal y familiar. Me gustaría agradecer a la Dra. Remedios Otero, en mi nombre y en el de los neumólogos en general, su dedicación a ser pionera en muchos aspectos de la neumología y, concretamente, el haberme ofrecido la posibilidad de conocer la ecografía desde sus manos.

El aprendizaje continuo es una de las principales motivaciones que debe guiar a cualquier médico con el objetivo de ofrecer los mejores cuidados a sus pacientes. NEUMOSUR lleva años apostando por la formación de sus socios y fruto de ello ha sido la organización de seis ediciones del curso de ecografía para neumólogos. Quiero agradecer a NEUMOSUR la organización y el impulso a esta actividad formativa, que ha ayudado a difundir la ecografía entre los neumólogos de nuestra Sociedad. La estructura de estos cursos, sus contenidos e iconografía han servido como base para la realización de esta monografía.

Por último, esta publicación ha sido fruto del esfuerzo de personas, que son también amigos y compañeros. Quisiera agradecer a ellos, a sus familias y a la mía el tiempo dedicado en su elaboración.

M. Arenas Gordillo

BASES FÍSICAS DE LA ECOGRAFÍA. IMÁGENES ESENCIALES. APARATOLOGÍA

I. Ruiz Villandiego, R. Díaz Manga, M. Gómez Molinero, P. Riquelme Montaña.

Servicio de Radiología. Hospital de Jerez de la Frontera. Cádiz.

RESUMEN

La ecografía es una prueba diagnóstica de imagen, basada en los efectos de los ultrasonidos en el organismo y, actualmente, constituye una herramienta básica en prácticamente todas las especialidades de la medicina y cirugía. Sus numerosas ventajas y relativa sencillez de realización han contribuido a su uso generalizado y cada vez más frecuente en la práctica clínica diaria. La ecografía es un método de imagen muy dependiente del operador y su aprendizaje requiere, al menos de forma básica, del conocimiento de las bases físicas, la aparatología y las múltiples prestaciones que pueden ofrecer los ecógrafos. En el presente capítulo de esta monografía se describen, de forma general, los fundamentos físicos de la ecografía, el equipamiento necesario para su realización y algunos otros aspectos básicos para la iniciación en la técnica.

Palabras clave: ecografía, ultrasonografía, ecógrafos.

INTRODUCCIÓN

La ecografía o ultrasonografía es un método diagnóstico por imagen, basado en el efecto de los ultrasonidos en el organismo. Sus inicios en medicina se remontan a la década de los cincuenta del siglo pasado. Desde entonces, su desarrollo la ha convertido en una herramienta básica, no sólo de los servicios de obstetricia y radiodiagnóstico, sino que ha traspasado muros en hospitales

y centros de salud para ser utilizada por diferentes especialidades con un uso y orientación más específico a sus necesidades.

La ecografía es una prueba inocua y por lo tanto, repetible, relativamente barata y con una técnica de realización sencilla. Sin embargo, es reconocida también por su dependencia del operador. Es un método eminentemente dinámico, por lo que será el explorador que maneja el transductor junto con sus circunstancias el que mejor va a interpretar las imágenes que obtenga. Además, las variables que ofrece el ecógrafo, muy fáciles de manejar en su mayoría en los modernos equipos actuales, permiten mejorar sensiblemente la calidad de la imagen.

El conocimiento, tanto de las bases físicas como de la aparatología y esas variables, permite un aprendizaje más rápido, un mayor rendimiento de las exploraciones y, por lo tanto, mayor certeza diagnóstica y seguridad en la guía de los procedimientos intervencionistas.

BASES FÍSICAS DE LA ECOGRAFÍA

La ecografía es un método diagnóstico que utiliza la energía mecánica de las ondas ultrasónicas y aprovecha las propiedades acústicas de la materia para generar imágenes corporales en escala de grises y así representar parámetros de flujo. Cuando hacemos una ecografía, mediante el transductor aplicamos un haz de ultrasonidos sobre el paciente. Este haz se introduce en el organismo y, a medida que profundiza y atraviesa los diferentes tejidos, se producen ecos que el transductor recoge y el ecógrafo los transforma en imágenes. La imagen que habitualmente usamos es el modo B, que se refiere a la *imagen bidimensional en escala de grises en tiempo real* (Figura 1).

La orientación habitual de la imagen es aquella en la que la parte superior en la pantalla corresponde a la superficie donde se aplica el transductor. La zona inferior son los planos profundos hasta donde llega el sonido y los laterales los

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Íñigo Ruiz Villandiego
irruizvillandiego@yahoo.es

bordes del transductor. Para facilitar la orientación, uno de estos bordes tiene siempre una señal o marca que coincide en la pantalla con una señal en un lado de la imagen ecográfica.

A partir de las referencias básicas de los planos principales de estudio en el diagnóstico por imagen (longitudinal o sagital, axial o transversal, y coronal), la ecografía permite infinitos planos de exploración, dado que podemos girar y realizar barridos en los tres ejes del espacio. La generación de múltiples imágenes por segundo produce el efecto del tiempo real (Vídeo 1).

Otros modos de representación son el modo A, el modo M y los modos 3 y 4D (Figuras 2 y 3).

Las aplicaciones actuales de la ecografía son múltiples para el estudio de patología abdominal, vascular, dermatológica, musculoesquelética, etc. También incluye la guía en procedimientos intervencionistas, la ecografía endocavitaria y la ecografía intraoperatoria y endovascular¹.



Figura 1: En el modo B cada punto de la pantalla tiene un brillo proporcional al nivel de ecos. Si no hay ecos el punto es negro. Si hay gran intensidad de ecos el punto será blanco. Entre ambos extremos tendremos la gama de grises.

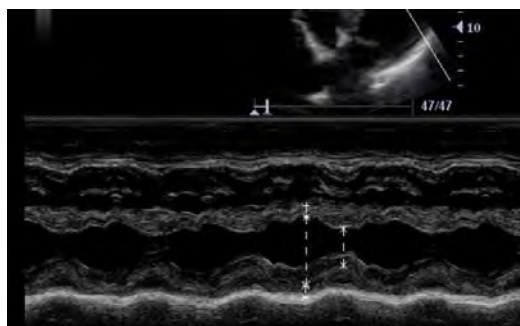
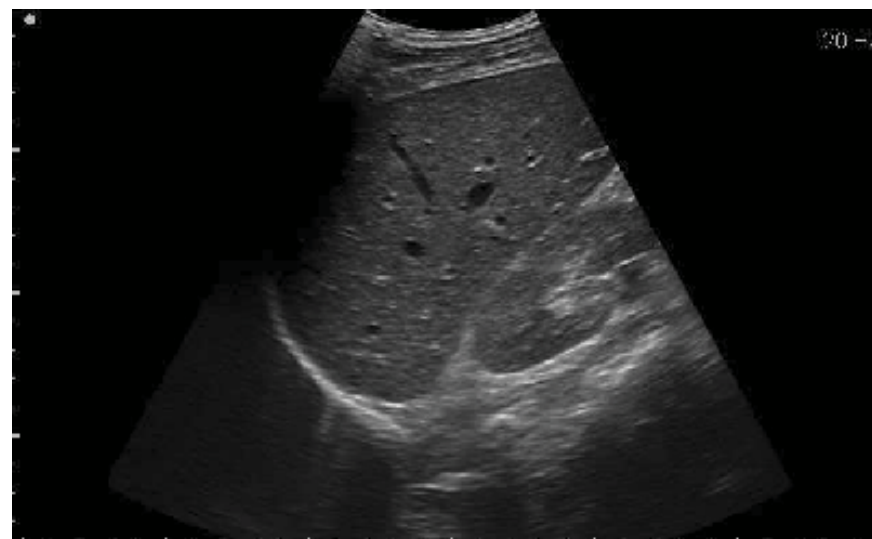


Figura 2: El modo M es un trazado de tiempo- movimiento, utilizado clásicamente en ecografía cardíaca.



Figura 3: Imagen en 3D de la cara del feto. Cuando esta imagen se obtiene con movimiento se conoce como 4D.



Los ultrasonidos

El sonido es una vibración mecánica en forma de onda de presión alternante. Cuando la materia, ya sea gas, sólido o líquido, transmite el sonido, sufre cambios de presión alternante en forma de onda y ésta se desplaza a lo largo de la materia.

La representación de esta onda se hace en una gráfica (Figura 4), en la que el eje "x" es el tiempo y el "y" la presión. Un ciclo vendría representado por una onda completa y el número de ciclos por segundo indica la frecuencia del

sonido. La unidad de frecuencia es el herzio (Hz).

Los ultrasonidos son vibraciones mecánicas de la misma naturaleza que los sonidos audibles, pero con una frecuencia mayor. Así, si la frecuencia de los sonidos audibles está entre 20 Hz y 20 kHz, los ultrasonidos abarcan entre 20 KHz y 1 GHz. En ecografía, se trabaja con frecuencias entre 2 y 20 MHz (un mega herzio equivale a un millón de herzios).

Los efectos físicos que sufren los ultrasonidos cuando atraviesan el organismo son complejos, pero el objetivo del presente documento no es la física del sonido. Por lo tanto, nos limitaremos a desarrollar los dos efectos principales que debemos entender: la reflexión y la atenuación. Otros efectos, que simplemente mencionaremos, son los siguientes:

- *Refracción*: cambio de dirección del haz de sonido. Puede ser causa de artefactos al reflejar imágenes provenientes de localización y profundidad diferente en la zona que se representa en la imagen.
- *Dispersión*: cambio de dirección en múltiples direcciones.
- *Absorción*: conversión del ultrasonido en energía.

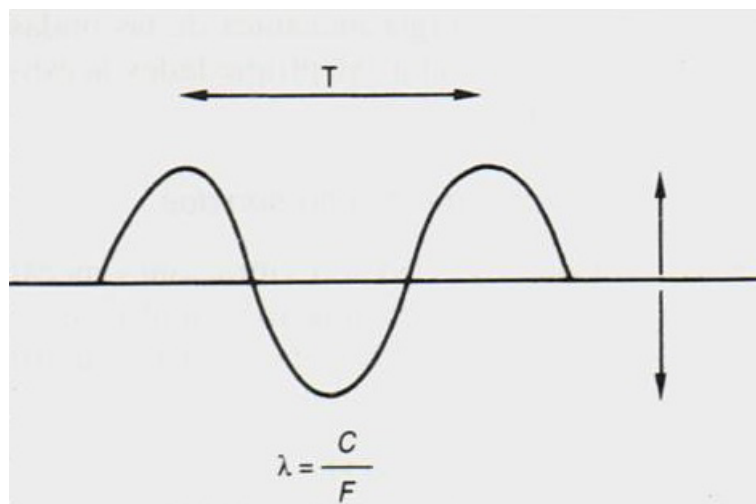


Figura 4: Representación gráfica de la onda de sonido.

Reflexión

La transmisión del sonido es diferente según la materia por la que se desplaza, ya que cada materia o tejido tiene diferente impedancia acústica. La reflexión o eco se produce cuando el sonido pasa de un tejido a otro con diferente impedancia. Este concepto, nos ayuda a comprender la formación de las imágenes esenciales de la ecografía.

Si el sonido discurre por un medio homogéneo, al no haber diferencia de impedancia no se producen ecos y la imagen será negra, anecoica o anecogénica. En los planos posteriores, como el sonido llega sin pérdida de energía, la imagen es más blanca. A este efecto se le conoce como refuerzo posterior (Figuras 5 y 6).

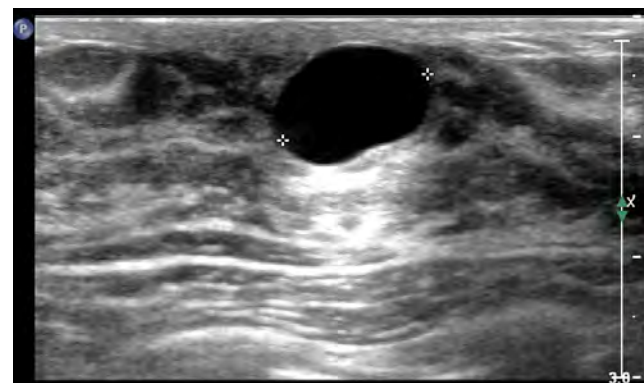


Figura 5: Ecografía con sonda lineal de tejido mamario. La imagen redondeada corresponde a un quiste con contenido líquido homogéneo. La ausencia de ecos al paso del haz de ultrasonidos produce una imagen anecoica. Por detrás, la banda más blanca correspondiente al refuerzo posterior.

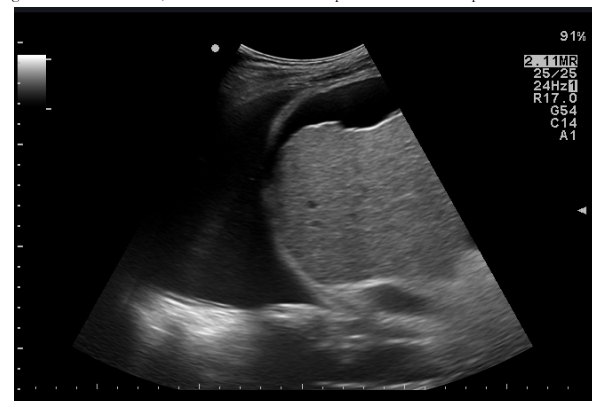


Figura 6: Imagen oblicua de tórax y abdomen con extensa área anecoica por encima del diafragma correspondiente a derrame pleural. En abdomen se observa líquido ascítico, anecoico, anterior al hígado.

Cuando el sonido se encuentra con estructuras con calcio, como el hueso, litiasis, cuerpos extraños, etc, éstos tienen una impedancia muy diferente a los tejidos blandos circundantes y se producirá gran intensidad de ecos que dan lugar a una imagen muy blanca, refringente o hipercogénica. Más en profundidad ya no hay ondas de sonido, por lo que no hay imagen, será negro. Es la sombra posterior (Figuras 7 y 8).



Figura 7: Imagen de vesícula con litiasis. Los cálculos se observan como líneas hipercogénicas con sombra posterior.



Figura 8: Corte coronal oblicuo del abdomen. El transductor se apoya transversalmente sobre las últimas costillas lo cual provoca sombra posterior a las mismas ya que el sonido choca con el hueso en su recorrido.

Si lo que atraviesan las ondas ultrasónicas son órganos o estructuras, compuestos por diferentes tejidos con impedancias ligeramente diferentes, se producirán ecos con intensidades variadas que darán lugar a imágenes en matices de grises, que conformarán ecoestructuras específicas (Figura 9).

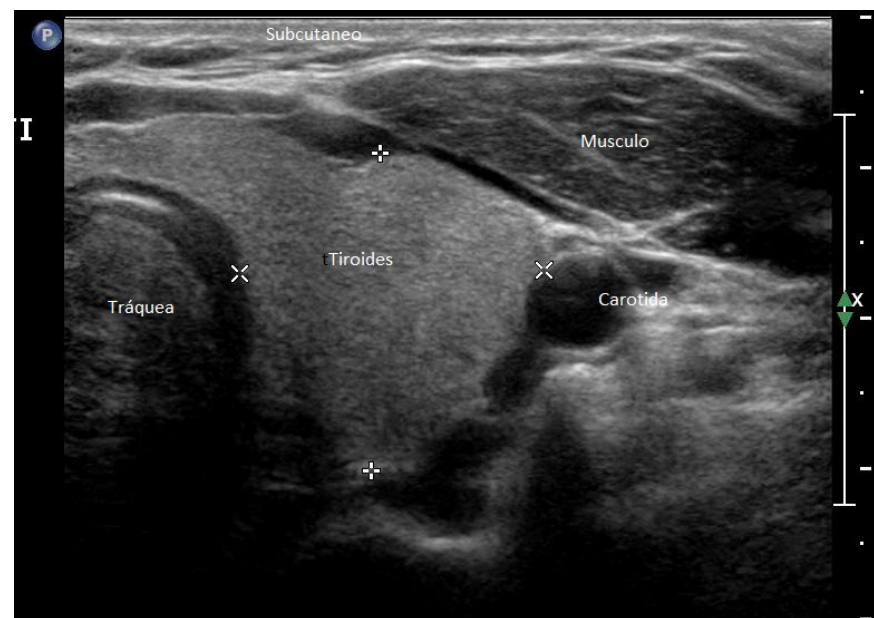


Figura 9: Imagen axial del lóbulo tiroideo izquierdo. Se observa la ecoestructura homogénea del parénquima tiroideo sano. También se aprecia la ecoestructura del músculo y del tejido subcutáneo.

El comportamiento del aire merece una atención especial cuando la explicación está dirigida a neumólogos. El aire, al igual que el calcio del hueso o litiasis y los cuerpos extraños, tiene una impedancia muy diferente a la de los tejidos blandos a su alrededor. Es por ello que, cuando en su recorrido por el organismo, el sonido choca con el aire, ya sea en pulmón o tubo digestivo, se produce también una imagen hiperecogénica, muy blanca o refringente por la intensidad de los ecos reflejados. Sin embargo, en los planos posteriores, en vez de sombra o anecogenicidad, la presencia de aire produce distorsión y la imagen corresponde a un área de reverberación difusa inhomogénea, sombra sucia, que también oculta las estructuras posteriores (Figuras 10 y 11).



Figura 10: Corte con sonda lineal a nivel de espacio intercostal. Se aprecia la línea hiperecogénica y la reverberación posterior del aire del pulmón que oculta los planos posteriores. Caudal al pulmón, a la derecha en la imagen, se identifica el parénquima hepático.

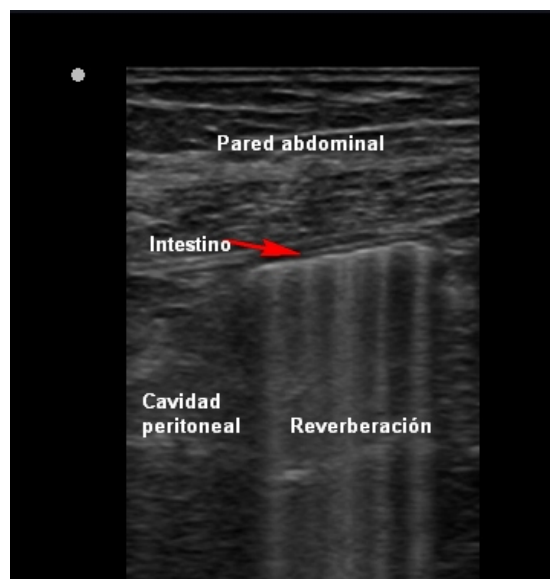


Figura 11: Corte con sonda lineal a nivel de pared abdominal. El aire intestinal se comporta de forma similar al del pulmón, borde hiperecogénico con reverberación posterior, con las características propias del tubo digestivo en este caso en cola de cometa.

Atenuación

La atenuación es la pérdida de energía de las ondas de ultrasonidos al atravesar los tejidos por una combinación de fenómenos de absorción, dispersión y reflexión. Tiene relación directa con la frecuencia de los ultrasonidos y de ambas depende la resolución o calidad de la imagen de forma que, si utilizamos frecuencias bajas, entre 2 y 7 MHz, la atenuación es menor y, por lo tanto, el sonido llega más profundo. Sin embargo, la resolución de la imagen es menor. Por el contrario, cuando usamos frecuencias altas, por encima de 7 MHz, la resolución o calidad de la imagen será mayor, pero la atenuación se incrementará y sólo obtendremos imágenes superficiales (Figuras 12 a 15).

De forma esquemática: a mayor frecuencia de ultrasonidos, mayor resolución, pero también mayor atenuación. Y viceversa: a menor frecuencia de ultrasonidos, menor resolución y menor atenuación.

Siendo objetivo común de toda exploración el obtener la mayor y mejor información posible, es práctica habitual el uso de transductores de baja y alta frecuencia durante un mismo estudio, de forma que obtengamos mayor calidad de imagen de los planos superficiales con altas frecuencias y mayor profundidad y campo de imagen con menos resolución usando frecuencias bajas².

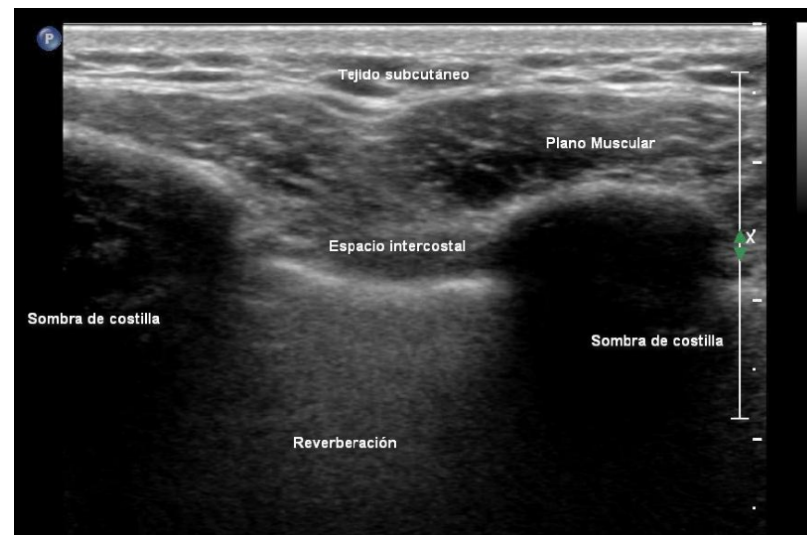


Figura 12: Corte transversal del espacio intercostal con transductor lineal y 12 MHz. de frecuencia. Se aprecia la pared torácica con resolución alta lo cual aporta mayor precisión de los planos superficiales.

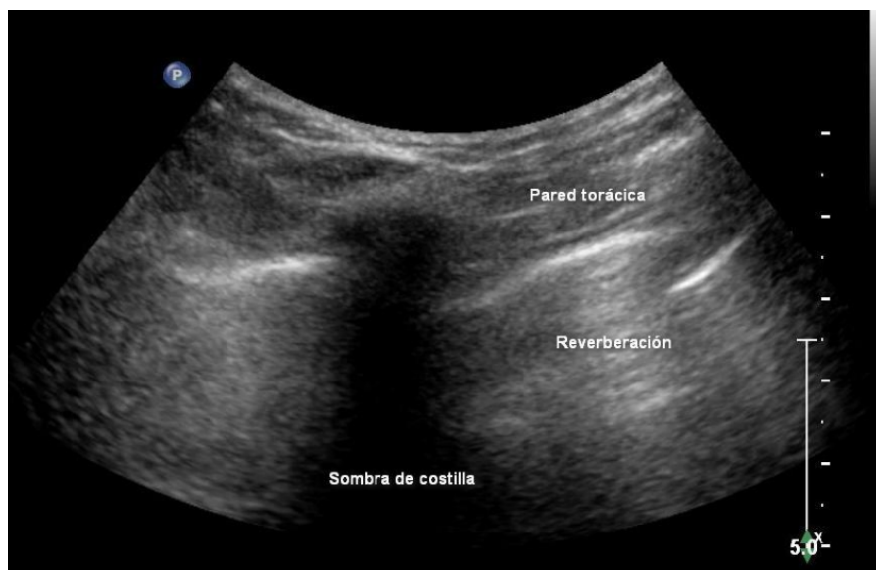


Figura 13: Corte transversal de tórax con sonda convex y frecuencia de 5 MHz. La resolución de la imagen es menor que con frecuencias altas pero tiene mayor capacidad de penetración en el cuerpo por que la atenuación es menor.

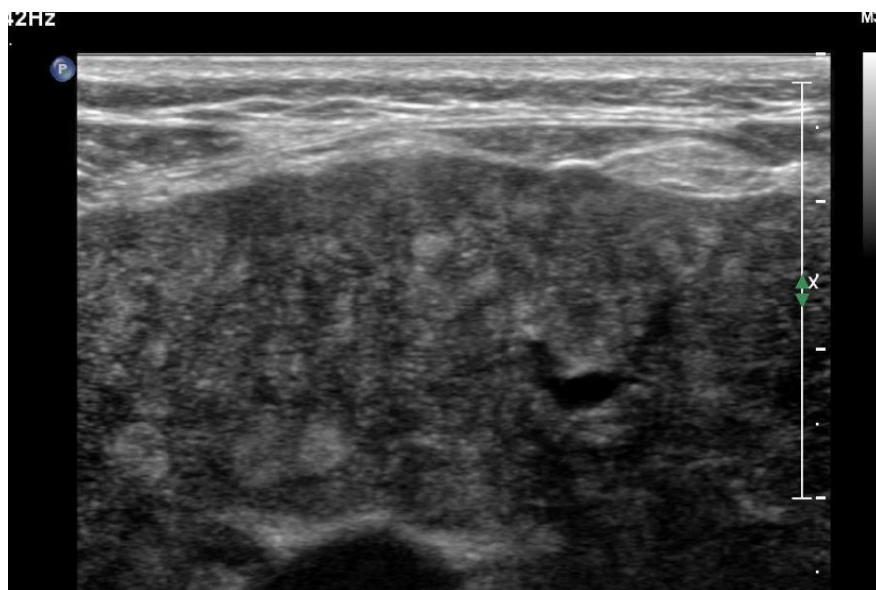


Figura 14: Imagen del parénquima hepático utilizando transductor de alta frecuencia.

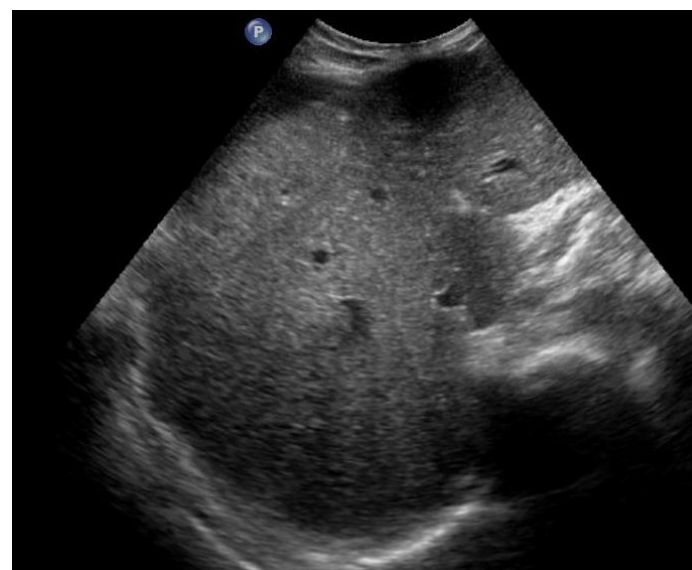


Figura 15: Mismo paciente y mismo plano de estudio que en la figura 13 pero con transductor de baja frecuencia. Obsérvese la diferencia de resolución y profundidad.

Artefactos

Los artefactos, en ecografía, son imágenes que no se correlacionan con estructuras anatómicas reales. Las causas son múltiples, la mayoría relacionadas con la no uniformidad del haz de ultrasonido y los efectos físicos del mismo en el organismo³. La lista es amplia y entre ellos destacan:

- *Reverberación*: líneas paralelas equidistantes, de intensidad decreciente, por ejemplo, las líneas A de la imagen ecográfica del pulmón.
- *Cola de cometa*: es una reverberación estrecha en profundidad ante reflectores intensos de pequeño tamaño (cuerpos metálicos, aire digestivo).
- *Volumen parcial*: cuando el haz atraviesa a la vez estructuras quísticas y sólidas.
- *Sombra acústica y refuerzo posterior*: ya mencionadas, se trata de artefactos de

gran utilidad diagnóstica.

- *Lóbulos laterales y sombras paralelas a estructuras curvas:* provocadas por la refracción del sonido en interfase con velocidades diferentes a uno y otro lado.

ECÓGRAFOS

Los aparatos de ultrasonidos han evolucionado paralelamente al desarrollo informático y electrónico, hasta convertirse en equipos técnicamente muy sofisticados y con grandes prestaciones. Ha sido así desde los primeros ecógrafos arcaicos, de mediados del siglo XX (Figura 16), hasta los actuales, con multitud de configuraciones, que incluyen desde pequeños y básicos ecógrafos de bolsillo hasta completos y ágiles equipos para todo tipo de estudios (Figura 17).

Los ecógrafos están compuestos por una serie de elementos, cuyo esquema básico representamos en la figura 18.

El transmisor emite pulsos eléctricos que llegan al transductor que los transforma en ultrasonidos. Estos se introducen en el organismo y los ecos resultantes los capta de nuevo el transductor, que los vuelve a transformar en pulsos eléctricos. A través del receptor y amplificador, finalmente se convierten en imágenes en la pantalla.



Figura 16: Las primeras ecografías se realizaban con los pacientes sumergidos en agua.



Figura 17: Ejemplo de ecógrafo de gama alta con diseño sencillo y altas prestaciones.

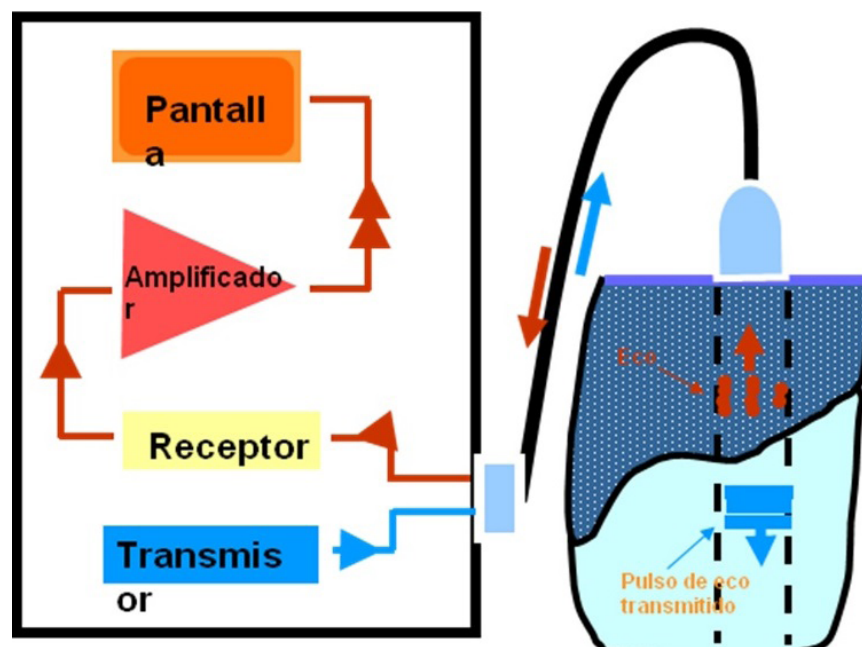


Figura 18: Esquema simplificado del ecógrafo y sus componentes.

Transductor

Es el elemento que manipulamos y aplicamos sobre el paciente. El transductor transforma los pulsos eléctricos en ultrasonidos y viceversa, por medio de cristales piezoeléctricos, que tienen esta propiedad de transformación. Según a la frecuencia a la que trabajan, se clasifican en baja, alta o multifrecuencia. Hay cuatro configuraciones básicas (Figuras 19 a 22).

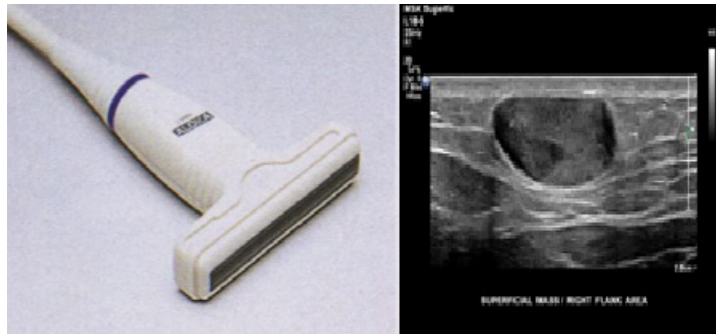


Figura 19: Sonda lineal. Proporciona imágenes con formato rectangular. Se usa con frecuencias altas para estudio de estructuras superficiales con mayor resolución. Muy útil para estudios de pared torácica y pleura.

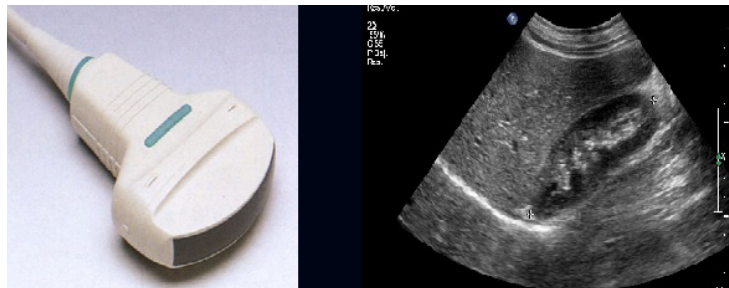


Figura 20: Sonda convex. Su morfología es curva y la imagen tiene forma de abanico. Su uso es múltiple y versátil, habitualmente con frecuencias bajas e intermedias.



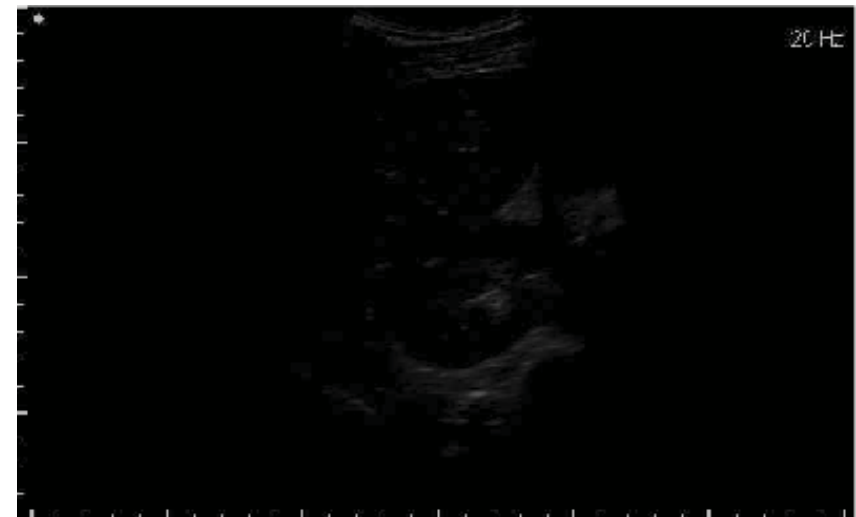
Figura 21: Sonda en fase o sectorial. Transductores de base pequeña y de frecuencias bajas que abarcan un gran campo de visión en profundidad y facilitan los estudios intercostales. Muy útil en cardiología.



Figura 22: Las sondas endocavitarias o anatómicas. Transductores de diferentes configuraciones se adaptan a elementos específicos para estudios endovaginales, digestivos, intraoperatorios, endovasculares, bronquiales, etc.

Receptor

Es el componente capaz de detectar los pequeños voltajes que llegan desde el transductor y que los amplifica para poder transformarlos en imagen. Los controles que manejamos a partir del receptor son la ganancia y la curva de compensación tiempo ganancia (CTG). La ganancia permite modular el nivel global de ecos en todo el campo visual de la pantalla, permitiendo controlar el nivel de blancos. Mediante la curva de compensación tiempo ganancia podemos homogeneizar ésta última o el nivel de los ecos a diferentes niveles de profundidad en el recorrido del haz de sonido (Vídeo 2).



Vídeo 2

Almacenaje

Los sistemas de almacenamiento de imágenes y video de ecografía son múltiples en la actualidad. Abarcan los de impresión en placa o papel y, principalmente, los sistemas informáticos (discos duros internos y externos, PACS)⁴.

Mandos y funciones

El panel de mandos de los ecógrafos tiene muchos botones, teclas y ruedas, con los que podemos realizar multitud de funciones⁵: mediciones, zoom, postprocesado, elección de presets, anotaciones, y un largo etcétera.

No es el fin de esta monografía servir de manual de instrucciones, pero sí de estímulo a profundizar en las posibilidades de estos aparatos. Resumimos brevemente alguno de ellos.

Foco: el haz de sonido puede manipularse, de forma que obtengamos mayor resolución a un nivel de profundidad determinado. Las sondas actuales permiten utilizar focos múltiples.

Rango dinámico: la amplitud de la escala de grises se ajusta a las necesidades de contraste de la imagen.

Profundidad: determina la visualización del campo que se va a explorar, desde la piel hasta la distancia requerida en la dirección del haz de sonido.

Zoom: permite aumentar la imagen de un área determinada.

Campo de visión: la amplitud del campo la da la mayor o menor abertura del sector que describen las sondas convex y sectoriales.

Preset: o configuraciones predeterminadas de diferentes tipos de exploración, de forma que las variables.

DOPPLER

El efecto doppler es un fenómeno físico, que consiste en el cambio de frecuencia de una fuente de ondas (sonido) cuando se produce un desplazamiento relativo del emisor o del receptor. Un ejemplo típico es la sirena de un tren acercándose (Figura 23).

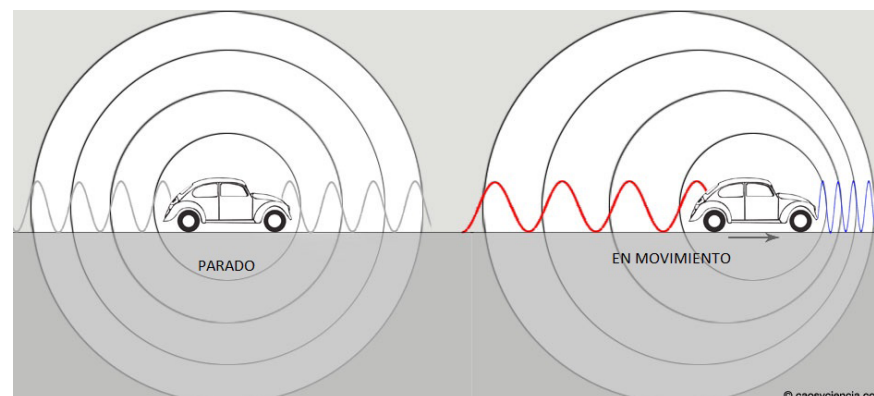


Figura 23: La frecuencia del sonido del automóvil cuando está parado es constante. Cuando se mueve, la frecuencia del sonido en la dirección del movimiento es mayor que la de la dirección opuesta.

La ecografía doppler, en medicina, se usa para el estudio del flujo sanguíneo, principalmente mediante el eco que producen los elementos celulares de la sangre en movimiento cuando sobre ellos chocan los ultrasonidos (Figuras 24 y 25).

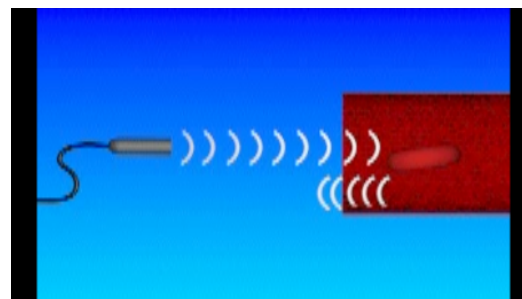


Figura 24: Cuando el flujo sanguíneo se acerca hacia el transductor la frecuencia del eco es mayor que la frecuencia emitida.

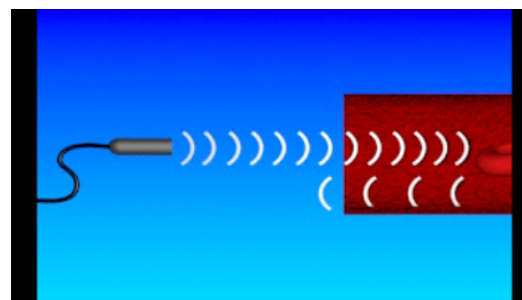


Figura 25: Frecuencia del eco cuando el flujo sanguíneo se aleja es menor que la frecuencia emitida por el transductor.

La fórmula que rige el efecto doppler es la siguiente:

$$\text{Frecuencia recibida} - \text{Frecuencia Emitida} = \frac{2 \times \text{Frec. Emitida} \times V \times \cos\theta}{\text{Constante}}$$

La frecuencia emitida es la frecuencia del ultrasonido emitida por el transductor. La recibida, se refiere a la del eco producido por la sangre en movimiento. V corresponde a la velocidad del flujo sanguíneo. El ángulo θ se forma entre el haz de sonido y el vaso, ya sea arteria o vena, que insonamos y sobre el que estamos realizando la exploración doppler (Figura 26). Las mediciones deben realizarse, preferiblemente, con ángulos entre 30 y 60°.

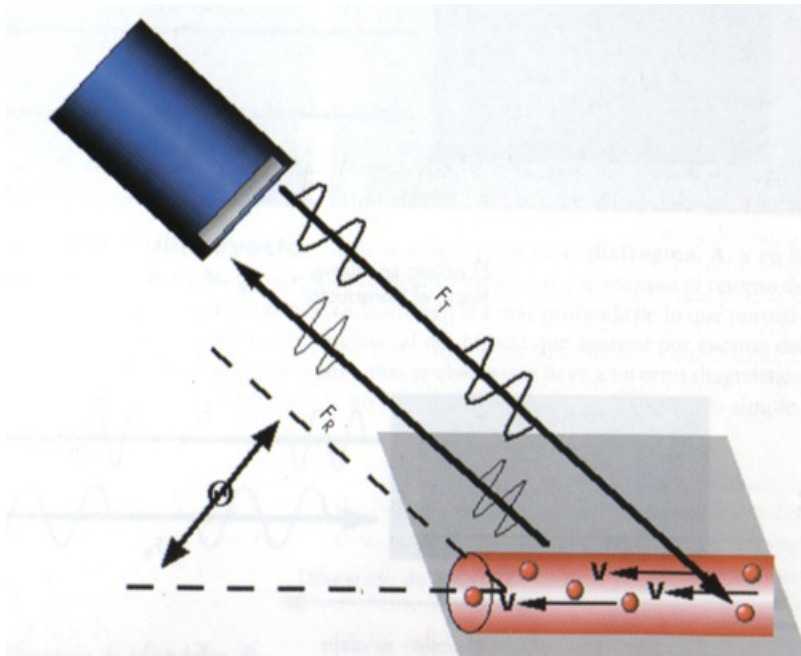


Figura 26: Representación gráfica esquemática del efecto doppler.

Modalidades doppler

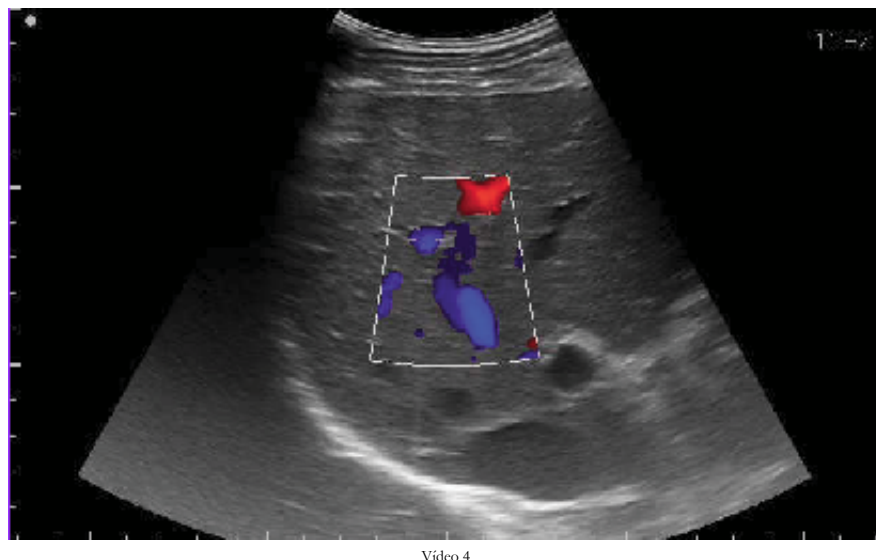
Doppler continuo: utilizado en exploraciones en cirugía vascular y neurología. Aporta sólo información sobre registros de frecuencias, sin imágenes en modo B.

Doppler pulsado: asocia información doppler e imágenes de modo B. Dentro de esta técnica se incluye:

- Doppler dúplex: asocia información en forma de doppler espectral de frecuencias o velocidades y el modo B (Vídeo 3).
- Doppler color: se superpone la imagen convencional, en escala de grises, con un área, en cuyo interior el movimiento detectado se representa en color, según la dirección y las velocidades (Vídeo 4).
- Doppler triplex: corresponde a la asociación de dúplex más el color.
- Angio, power o energy doppler: método similar al color, pero más sensible, aunque sin datos de dirección.



Vídeo 3



Los ajustes en un estudio doppler son más laboriosos, ya que los resultados son muy sensibles a artefactos que pueden inducir a errores graves. Las variables básicas que se deben manejar son:

- Ganancia: tiene el mismo significado que en el Modo B, pero dirigido exclusivamente a los registros doppler.
- Angulo: el formado entre el haz de sonido y el vaso. De acuerdo con la fórmula, el coseno de un ángulo de 90° es 0, por lo que insonar un vaso totalmente perpendicular nos puede dar información errónea sobre ausencia de flujo.
- PRF o frecuencia de repetición de pulsos: probablemente, la variable más importante de ajustar. Sería la velocidad a la que se realizan las mediciones y, por lo tanto, el estudio de flujos altos, como los arteriales, requiere PRF altos, mientras que los bajos, como los venosos, necesitan PRF bajos⁶.

ECOGRAFÍA CON CONTRASTE

El uso de contrastes se está convirtiendo en uno de los ámbitos de desarrollo más importante de la ecografía, porque amplía su utilidad y aporta mayor

especificidad a sus hallazgos.

Los contrastes son sustancias exógenas que aumentan la señal ecográfica. Todos están basados en microburbujas de gas, rodeadas de una cápsula estabilizante. Al no atravesar el endotelio, su presencia es estrictamente intravascular. El gas se elimina por el pulmón, por lo que no depende de la función renal.

Si bien tienen indicaciones reconocidas científicamente, muchas otras, como las dirigidas al estudio de la patología torácica, están en fase de evaluación, tal y como se recoge en la guía de aplicaciones no hepáticas de la EFSUMB⁷.

CONCLUSIÓN

La ecografía es una técnica diagnóstica muy útil en la práctica diaria de multitud de especialidades médicas, incluida la neumología. Sus ventajas y relativa sencillez de uso se contraponen con su operador dependencia. El aprendizaje, con la práctica se refuerza y se fundamenta con el conocimiento de la aparatología y las bases físicas de la ecografía, que ayudan en la obtención de las mejores imágenes y, en consecuencia, mayor sensibilidad y especificidad diagnóstica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Albert G. Physics of ultrasound. In: Rumack C, Wilson S, Charbonneau J, editors. Diagnostic ultrasound. 2nd ed. Mosby Year Book; 1999. P 3-57.
2. Walker F.O., Cartwright M.S. Ecografía neuromuscular. Madrid: Elsevier; 2012. P 1-23.
3. Del Cura J.L., Pedraza S, Gayete A, editores. Radiología esencial. Madrid: Panamericana; 2010. P 35-43.
4. Ordoñez FJ, Gómez MR, editores. Manual de técnica ecográfica. Madrid: Elsevier; 2014. P 15-30.
5. Conthe P, Canora J. Hospital Infanta Cristina. SEMI. Disponible en: http://www.tauli.cat/tauli/cat/Lacorporacio/elscenres/HS/webs/Urgencies/6_Info_professionals/Pautes_actuacio/radiologia/Manual_Ecografia_SEMI_PAUTAS.pdf
6. Zwiebel W, Pellerito J, editores. Doppler General. Nueva York: Marban; 2008. P 17-87.
7. Piscaglia F, Nolsoe C, Dietrich CF et al. The EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical practice of CEUS: update 2011 on the non-hepatic applications. Ultraschall Med. 2012; 33: 33-59.

ECOGRAFÍA TORÁCICA

D. del Castillo Otero¹, M. Arenas Gordillo².

¹Unidad de Neumología y Alergia. Hospital de Jerez de la Frontera. ²Unidad de Neumología. Hospital San Juan de Dios del Aljarafe.

RESUMEN

Clásicamente relegada al estudio de la patología pleural, en los últimos años se han descrito numerosas aplicaciones de la ecografía en el estudio de diversas enfermedades del tórax que afectan no sólo a la pleura, sino también al pulmón, pared torácica o diafragma. Comparada con otras pruebas de imagen, la ecografía presenta importantes ventajas, entre las que se incluyen la ausencia de radiaciones ionizantes y la obtención de imágenes en tiempo real, además de su portabilidad y bajo coste. En el presente artículo, se resumen algunos aspectos técnicos básicos de la ecografía, los principales hallazgos ecográficos en el tórax normal, así como las diferentes aplicaciones de la técnica y los patrones ecográficos más comunes en patología torácica.

Palabras clave: ecografía, ecografía torácica, derrame pleural, ecografía pleural, ecografía pulmonar.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las aplicaciones clínicas de la ecografía han aumentado de forma muy significativa. El desarrollo tecnológico y comercialización de ecógrafos más pequeños y portátiles, con excelentes prestaciones, la mejora de la calidad y resolución de las imágenes obtenidas y la mayor accesibilidad a la técnica, han contribuido a que la mayoría de especialidades médicas y quirúrgicas hayan incorporado la ecografía como una nueva herramienta en su

práctica clínica diaria.

En el ámbito de la patología torácica, durante muchos años, la ecografía ha estado prácticamente abandonada, limitándose su uso a la localización de derrames pleurales pequeños o loculados, o como guía para la inserción de drenajes torácicos en empiemas. Esto se ha justificado por la pobre transmisión de los ultrasonidos a través de un medio aéreo, como es el pulmón y por la absorción de los mismos por las estructuras óseas que conforman la cavidad torácica (costillas, esternón, escápulas)¹. Sin embargo, en los últimos 20 años hemos asistido a un importante desarrollo de la ecografía torácica y desde que, en 1995, Lichtenstein publicara un trabajo que demostraba la utilidad de la ecografía en el diagnóstico de neumotórax², numerosas publicaciones han descrito cada vez más aplicaciones de la técnica en el estudio y manejo de diferentes patologías del pulmón, pleura, pared torácica y diafragma. De esta manera, hoy día se considera la ecografía como una prueba de imagen básica en la medicina respiratoria³.

Comparada con otras pruebas de imagen de uso habitual en patología torácica, como la radiografía o la tomografía computarizada (TC), la ecografía ofrece numerosas ventajas^{4,5}:

- Permite una evaluación dinámica del espacio pleural y el pulmón, así como proporciona imágenes en tiempo real.
- No expone al paciente a radiaciones ionizantes, por lo que se considera una técnica segura. Esto es especialmente importante para personas más susceptibles a los efectos adversos de la radiación, como niños y mujeres embarazadas. Por otra parte, hace que la exploración puede repetirse tras intervenciones terapéuticas o como monitorización de diversas enfermedades.
- La disponibilidad de equipos portátiles permite su realización a la cabecera

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Daniel del Castillo Otero
delcastillooterdaniel@gmail.com

del paciente. Este aspecto puede resultar crucial en aquellos de difícil movilización, como los ingresados en unidades de cuidados intensivos, o en medios donde exista difícil acceso a otras pruebas de imagen.

- En comparación con otras técnicas, el coste de la ecografía es bajo.

A todas estas ventajas se añaden, actualmente, avances tecnológicos, como el desarrollo, cada vez mayor, de la ecografía de contraste, el uso de armónicos tisulares, mejoras en la ecografía Doppler y la optimización de imágenes en escala de grises.

La principal limitación de la ecografía es su dependencia del examinador, de sus conocimientos y experiencia en la técnica. Por ello, resultan esenciales el entrenamiento en la adquisición e interpretación de imágenes y el aprendizaje de los diferentes patrones ecográficos¹.

Por último, debe tenerse en cuenta que la ecografía aporta información complementaria a otras pruebas de imagen y, obviamente, a una correcta anamnesis y exploración clínica. Por lo tanto, en la práctica clínica la ecografía ha de ser integrada junto a la evaluación de datos clínicos y otros métodos de imagen.

En el presente capítulo, se revisarán aspectos técnicos básicos de la ecografía, los principales hallazgos ecográficos en el tórax normal, así como las diferentes aplicaciones de la técnica y los patrones ecográficos en patología torácica.

ASPECTOS TÉCNICOS: EQUIPOS, PROCEDIMIENTO

Ecógrafo

Hoy día existe una amplia gama de ecógrafos con muy buenas prestaciones y calidad de imagen, muchos de ellos de pequeño tamaño y portátiles. La ecografía torácica puede realizarse con un equipo básico en modo bidimensional⁴. El doppler color no es imprescindible, aunque puede ser muy útil para la identificación de derrame pleural o vasos sanguíneos.

Sonda ó transductor

La sonda lineal, de alta frecuencia (7,5 - 12 mHz), ofrece imágenes de mejor resolución para estructuras superficiales, por lo que suele emplearse

para una exploración detallada de la pared torácica o la pleura. La sonda curva o convex, de frecuencias medias o bajas (3,5 - 5 mHz), permite una visión más en profundidad del tórax, con una visualización aceptable de la pleura y áreas más superficiales^{4,6}. Es la más ampliamente utilizada. Algunos autores recomiendan el uso de una sonda sectorial o *convex* de pequeño tamaño, con frecuencias similares, argumentando que puede posicionarse mejor en los espacios intercostales⁷. En nuestra experiencia, puede ser suficiente disponer de una sonda *convex* estándar para la exploración del tórax.

Procedimiento

Es importante revisar otras pruebas de imagen disponibles (radiografía, TC) antes de realizar la ecografía, ya que ello permitirá identificar el área a examinar y determinará la posición del paciente⁴. El tórax posterior es explorado mejor con el paciente sentado, apoyando los brazos en alto. Esta posición es la habitual para visualizar el derrame pleural, que suele acumularse en los senos costofrénicos posteriores. Puede ser necesario colocar al paciente en decúbito lateral o supino si la lesión se sitúa lateral o en la parte anterior del tórax⁸. El diafragma y el hígado se visualizan con el paciente en decúbito supino. En esta posición suele explorarse a pacientes graves y además se evalúan algunas patologías, como el neumotórax⁹.

Se colocará la sonda sobre el espacio intercostal, que actúa como ventana ecográfica, según el eje longitudinal del tórax (posición vertical) o de forma oblicua⁸, siguiendo el eje de la costilla. La sonda debe sujetarse firme y cómodamente, realizando leves movimiento de balanceo y rotación de la misma, hasta conseguir la mejor visión de la imagen deseada. Irá deslizándose a lo largo del espacio intercostal, de atrás hacia delante y de abajo a arriba sobre los distintos espacios intercostales, siguiendo las líneas anatómicas del tórax¹⁰. Habitualmente, nosotros comenzamos en la parte inferior de cada hemitórax, identificando el hígado o el bazo, según el lado y vamos ascendiendo hasta los vértices o hasta localizar la imagen o lesión que buscamos.

HALLAZGOS ECOGRÁFICOS EN EL TÓRAX NORMAL

Las imágenes ecográficas del tórax, ya sea normal o en presencia de patología, vienen determinadas por la diferente impedancia acústica de los tejidos que lo forman (tejidos blandos, hueso, pleura, aire), que va a permitir identificar algunas estructuras anatómicas y, en otros casos, produce artefactos. La

ausencia o el incremento del número de estos artefactos pueden representar signos ecográficos característicos de algunas patologías.

La pared torácica aparece como una serie de capas de tejidos blandos de distinta ecogenicidad. La más superficial corresponde a la piel, la cual se visualiza como una capa ecogénica de 1 a 3 mm de espesor. Inmediatamente inferiores, se identifican la grasa subcutánea y los músculos intercostales, éstos últimos visibles como múltiples estrías ecogénicas sobre una base hipoecoica^{4, 11}. Más en profundidad, las costillas se observan, con la sonda ecográfica en posición longitudinal, como estructuras curvilíneas hiperecoicas con sombra acústica posterior, producida por la absorción de la mayoría de ultrasonidos por el hueso. Entre ellas, a unos 5 mm por debajo, puede visualizarse la línea pleural¹⁰. Esta imagen longitudinal de las costillas superior e inferior, con su correspondiente sombra posterior característica, se ha descrito como el signo del murciélago¹¹ (figura 1).

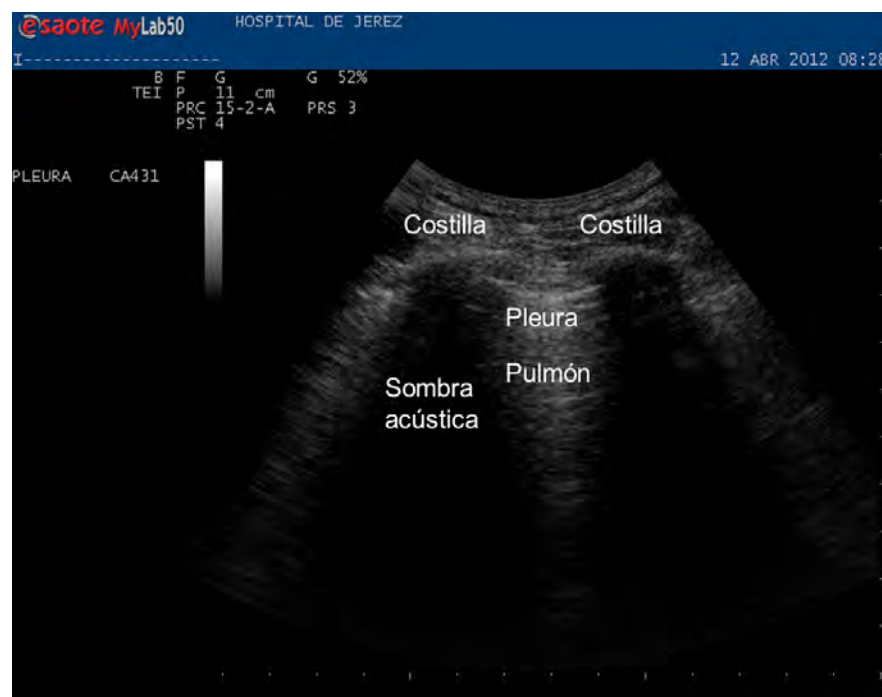


Figura 1: Imagen ecográfica con sonda cóvex, en proyección longitudinal del tórax (sonda en posición vertical). Las costillas aparecen como estructuras curvilíneas hiperecoicas con sombra acústica posterior.

Cuando exploramos con una sonda de baja frecuencia en proyección oblicua (siguiendo la dirección del espacio intercostal), la pleura visceral y parietal aparecen como una línea hiperecoica única, de hasta 2 - 3 mm de grosor, que se mueve con la respiración, signo conocido como del deslizamiento pulmonar o *lung sliding* y que representa el movimiento de la pleura visceral contra la parietal^{2, 9, 10} (figura 2, vídeo 1). Con una sonda lineal de alta frecuencia, pueden distinguirse ambas hojas pleurales y, entre ellas, una mínima banda hipoecoica, que corresponde al espacio pleural¹². La pleura visceral suele visualizarse como una línea de mayor grosor que la parietal (figura 3, vídeo 2).

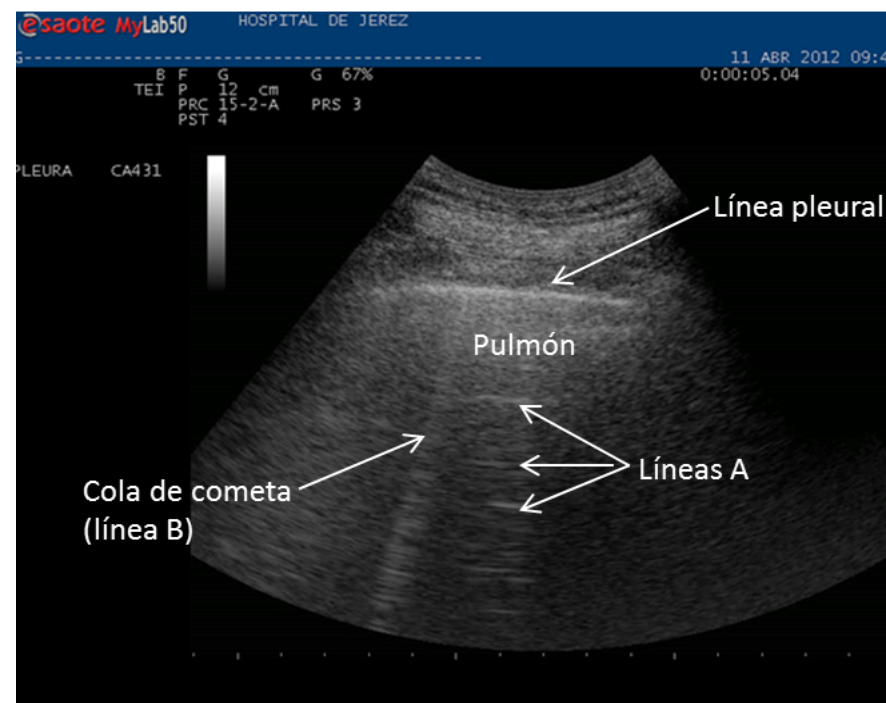
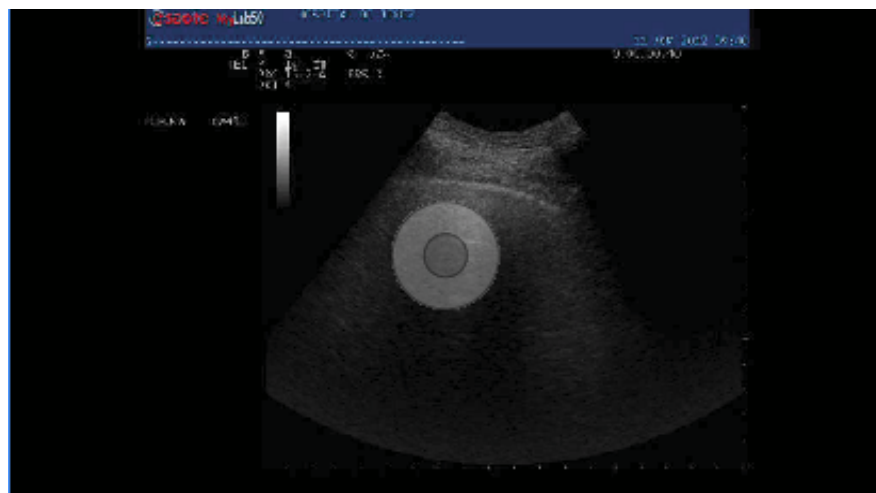


Figura 2: Imagen obtenida con sonda cóvex en proyección oblicua. Se aprecian la línea pleural y artefactos de reverberación (líneas A y B).



Video 1: Deslizamiento sonda convex.



Video 2: Deslizamiento sonda lineal.

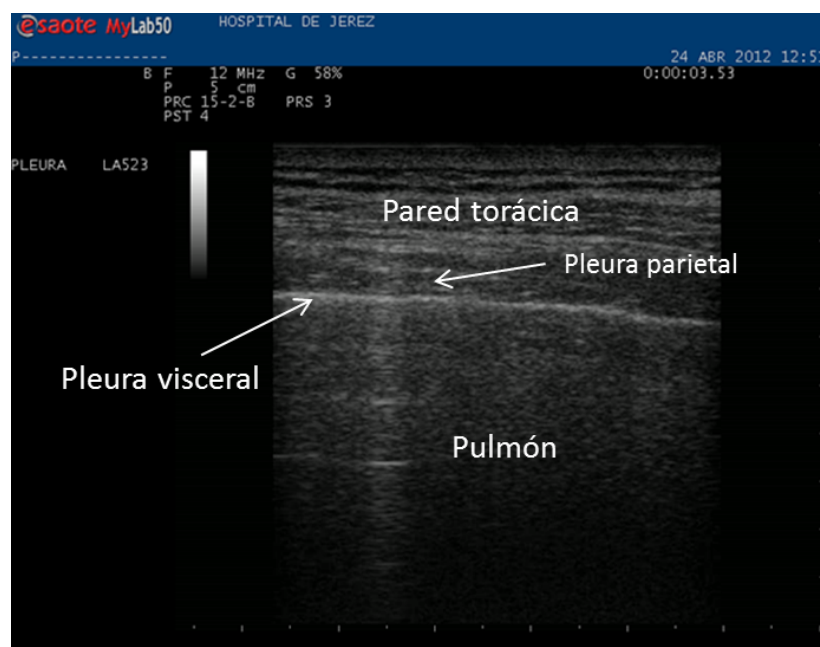


Figura 3: Visión ecográfica con sonda lineal. A veces pueden distinguirse ambas hojas pleurales, siendo la visceral más gruesa.

El diafragma puede verse a través de los espacios intercostales inferiores posteriores pero, en la mayoría de sujetos normales, el pulmón lo oculta durante la inspiración, junto a los órganos abdominales superiores. En caso de existir derrame pleural, éste actuaría como ventana ecogénica y permitiría su visión (figura 4, vídeos 3 y 4). Con el paciente en decúbito supino y el transductor a nivel subcostal, el diafragma se observa como una línea ecogénica de 1 ó 2 mm de espesor, inmediatamente por encima del hígado o bazo, de convexidad superior, que se mueve normalmente en dirección cráneo-caudal con la respiración^{4,11}.

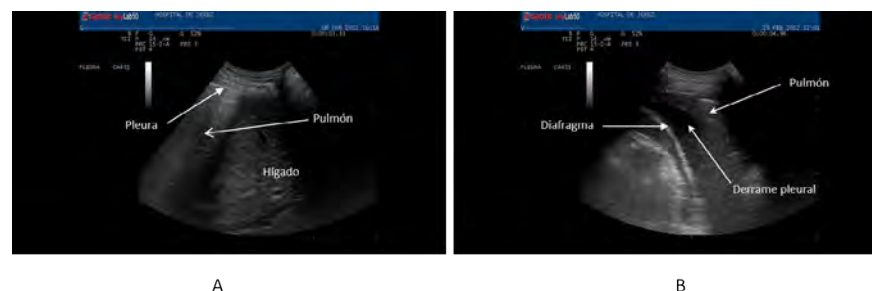
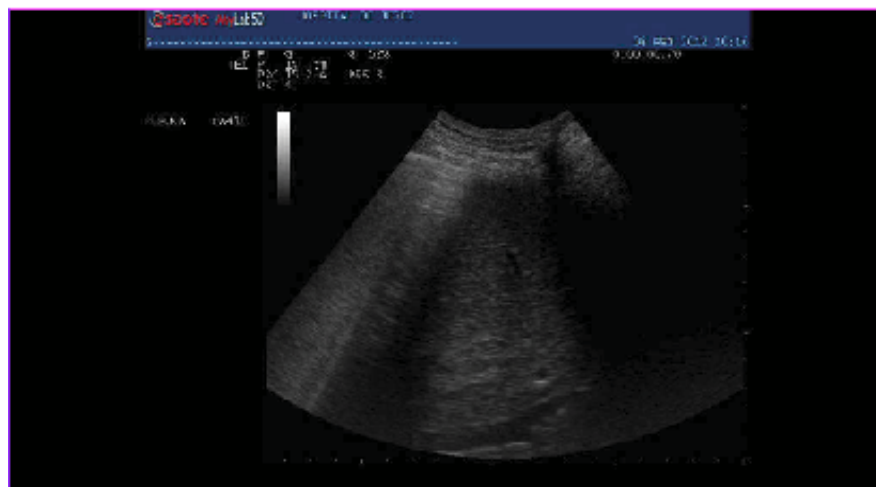
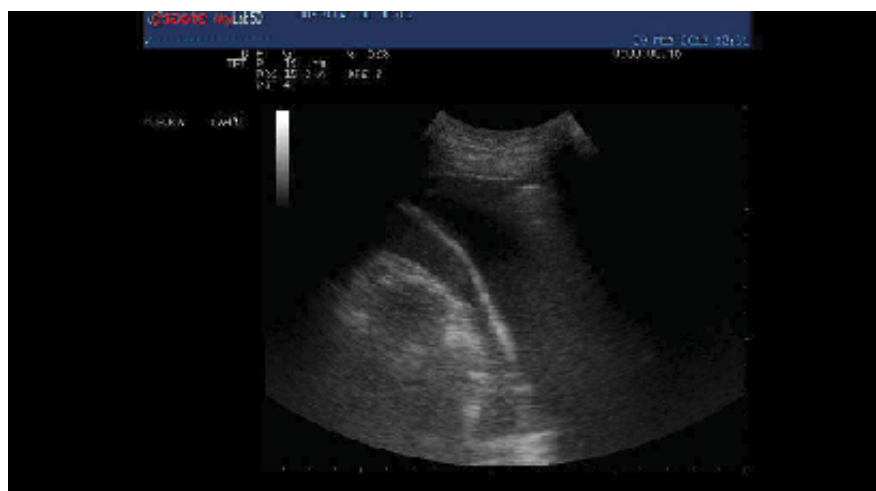


Figura 4: Imagen ecográfica con sonda convex en región posterobasal de hemitórax derecho (A): el diafragma no es visible porque está oculto por el parénquima pulmonar. En hemitórax izquierdo (B): un pequeño derrame pleural actúa como ventana ecogénica y permite identificar el diafragma como una línea curva hiperecogénica.



Video 3: Diafragma no visible.

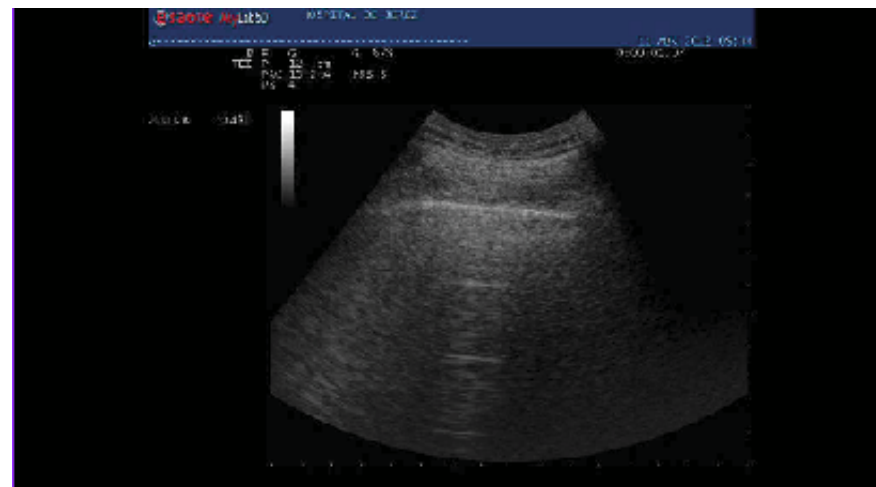


Video 4: Diafragma izqdo derrame.

El parénquima pulmonar normal, se sitúa por debajo de la línea pleural y es invisible por ecografía. Esto se debe a que los ultrasonidos son atenuados por el aire y a que, además, la gran diferencia de impedancia acústica entre la pleura y el pulmón hace que la mayoría de los ultrasonidos sean reflejados por la interfase pleura-pulmón¹³. Esta diferencia de impedancia acústica es respon-

sable de dos artefactos característicos:

- 1- Artefactos de reverberación o líneas A: consisten en una serie de líneas hiperecogénicas horizontales, por debajo de la línea pleural, paralelas y equidistantes una de otra. Representan la reverberación de los ultrasonidos reflejados por la superficie pleuropulmonar^{6, 9-11} (figura 2, vídeo 5). En adultos sanos, las líneas A suelen identificarse en los últimos espacios intercostales, por encima del diafragma.
- 2- Artefactos en cola de cometa o líneas B: son también artefactos de reverberación y aparecen como imágenes verticales, producidas por múltiples ecos repetidos que simulan una cola de cometa. Se originan en la superficie pleural, se prolongan hasta la base de la pantalla, son móviles con la respiración y atraviesan y borran las líneas A (figura 2, vídeo 5). Las líneas B se deben a la reflexión del haz de ultrasonidos al encontrar un área intersticial engrosada, por la gran diferencia de impedancia acústica entre el aire y el edema o fibrosis existente en los septos interlobulillares engrosados^{11, 14, 15}. Pueden verse en sujetos sanos, sobre todo en las bases pulmonares, pero más de 3 en un mismo campo se consideran anormales¹⁰ y, como se verá más adelante, pueden apreciarse en diferentes entidades, como enfermedad pulmonar intersticial, insuficiencia cardíaca, etc.



Video 5: Pulmón normal líneas A y B.

A modo de resumen, los principales hallazgos que deben identificarse en el tórax normal son la línea pleural con el característico signo del deslizamiento y los artefactos representados por las líneas A y B.

PRINCIPALES APLICACIONES Y SIGNOS ECOGRÁFICOS EN PATOLOGÍA TORÁCICA

Enfermedades de la pleura

El papel de la ecografía en la evaluación de las enfermedades pleurales es ampliamente reconocido y, tradicionalmente, ha sido en esta patología donde la técnica ha tenido mayor difusión, en especial en la detección del derrame pleural y como guía para la toracocentesis⁵. La ecografía puede ser útil, además, para definir las características del líquido pleural y orientar su etiología, dirigir otros procedimientos, como la biopsia pleural o la toracoscopia, localizar y guiar la punción de masas o engrosamientos pleurales, o en el diagnóstico del neumotórax⁷.

Derrame pleural

La ecografía es más sensible que la radiografía de tórax convencional, incluso en decúbito lateral, para detectar derrames pleurales, ya que es capaz de visualizar hasta 5 ml de líquido, mientras que para verlos por radiografía deben acumularse al menos 150 ml y cantidades superiores en la proyección anteroposterior en decúbito supino^{5, 12, 16}. El derrame pleural suele aparecer como un espacio, generalmente anecoico o hipoeicoico, que cambia de forma con la respiración, limitado inferiormente por el diafragma, en la superficie por la pared torácica y la pleura parietal, y, en profundidad, por la pleura visceral y la superficie pulmonar (figura 5). Se han propuesto diversas ecuaciones para calcular por ecografía el volumen del derrame pleural, pero su utilidad en la práctica clínica es cuestionable¹⁷.

A diferencia de la Rx y la TC, la ecografía ofrece imágenes en tiempo real y se describen signos dinámicos característicos de derrame pleural. Así, puede observarse el pulmón atelectasiado flotando en movimiento en el seno de un derrame masivo, como efecto de los movimientos respiratorios y del latido cardíaco¹⁰ (vídeo 6).

El aspecto ecográfico de un derrame pleural depende de su naturaleza, causa y cronicidad. Se reconocen cuatro patrones ecográficos de derrame pleural¹⁸: anecoico, complejo sin septos, complejo con septos y homogéneamente

ecogénico.

Los trasudados suelen ser, casi siempre, anecoicos, aunque algunos trasudados cardiogénicos tratados con diuréticos pueden, ocasionalmente, presentar ecos en su interior¹⁷. Los exudados, sin embargo, pueden ser anecoicos o complejos (figura 6).

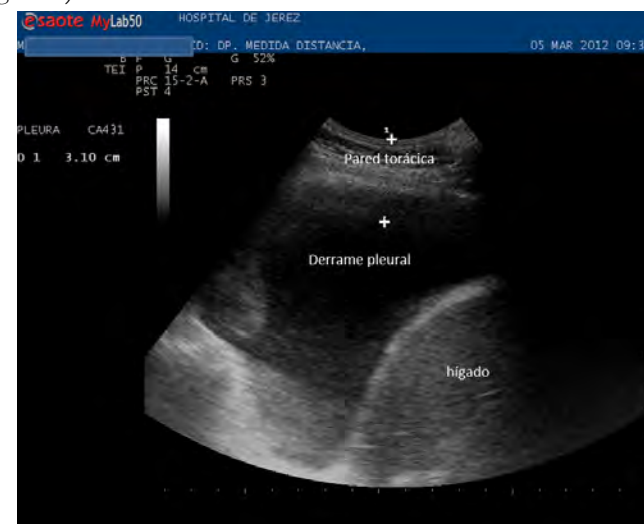


Figura 5: Derrame pleural. Las marcas (+) indican medida de la profundidad del derrame, antes de realizar toracocentesis.



Vídeo 6: Derrame atelectasia pulmón.



Figura 6: Derrame pleural anecoico. Atelectasia compresiva por derrame.

Los derrames complejos se caracterizan por la presencia de material ecogénico heterogéneo (no septados) (figura 7), o septos o bridas ecogénicas móviles (septados) (figura 8, vídeo 7) en el seno de un derrame, globalmente, anecoico. Se ha demostrado que la ecografía es más sensible que la TC para detectar la presencia de septos en el interior de un derrame^{5,10}. Pueden presentarse como derrame complejo septado el derrame paraneumónico complicado, empiema, hemotórax y derrames pleurales malignos tras toracocentesis repetidas.

La ecografía puede también orientar hacia la etiología neoplásica de un derrame pleural. Se han descrito algunos signos ecográficos sugestivos de derrame maligno, como el engrosamiento nodular de la pleura, sobre todo diafragmática y parietal (figura 9, vídeo 8), y el signo del remolino (*swirling pattern*)^{19,20}. Este último, consiste en el movimiento, en forma de espiral, de ecos puntiformes dentro del derrame con la respiración y el latido cardíaco y, si bien no es patognomónico, es altamente sugestivo de derrame pleural maligno en pacientes con neoplasia subyacente²⁰ (vídeo 9). Un estudio reciente, ha

demostrado la utilidad de la ecografía para identificar la presencia de pulmón atrapado en derrames malignos, mediante el análisis del movimiento y deformación del pulmón atelectasiado²¹.

La capacidad de la ecografía para diferenciar el derrame del engrosamiento pleural es elevada y comparable o superior a la de la TC. Para ello, es muy útil el signo del color líquido, dato ecográfico más sensible y específico de existencia de derrame pleural^{5,12}. Consiste en la presencia de señal Doppler-color en el interior de un derrame pleural, como consecuencia de la transmisión de los movimientos respiratorios o cardíacos (vídeo 10).

Por último, el uso de la ecografía como guía para determinados procedimientos, como la toracocentesis o colocación de drenajes pleurales, aumenta la eficacia y seguridad de la técnica, reduciendo la incidencia de neumotórax iatrógeno. Actualmente, diferentes sociedades científicas nacionales e internacionales^{22,23}, recomiendan el uso de la ecografía para procedimientos pleurales, de tal forma que, hoy en día, en la mayoría de países desarrollados, rara vez se realiza una toracocentesis sin guía ecográfica. El intervencionismo con guía ecográfica es objeto de otro capítulo de la presente monografía.

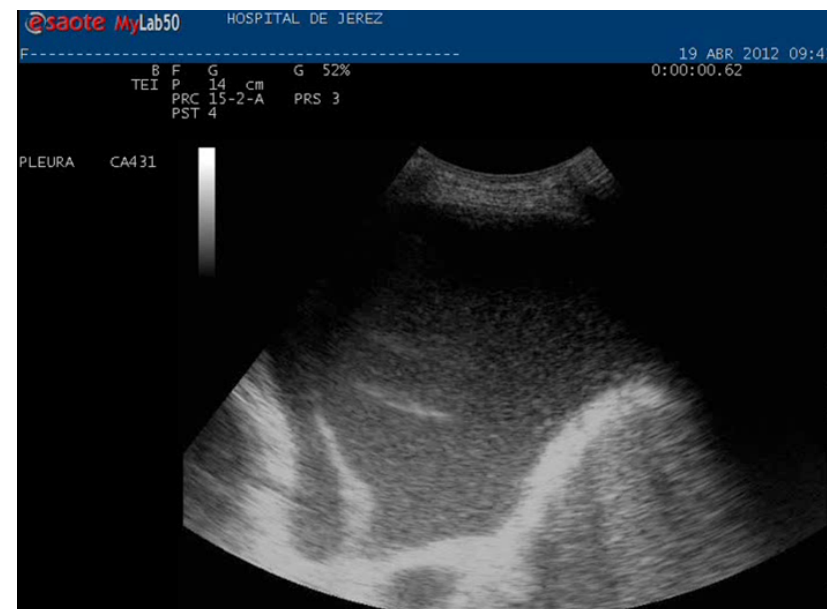


Figura 7: Derrame complejo no septado (exudado). Se observan ecos puntiformes en el seno del líquido pleural.

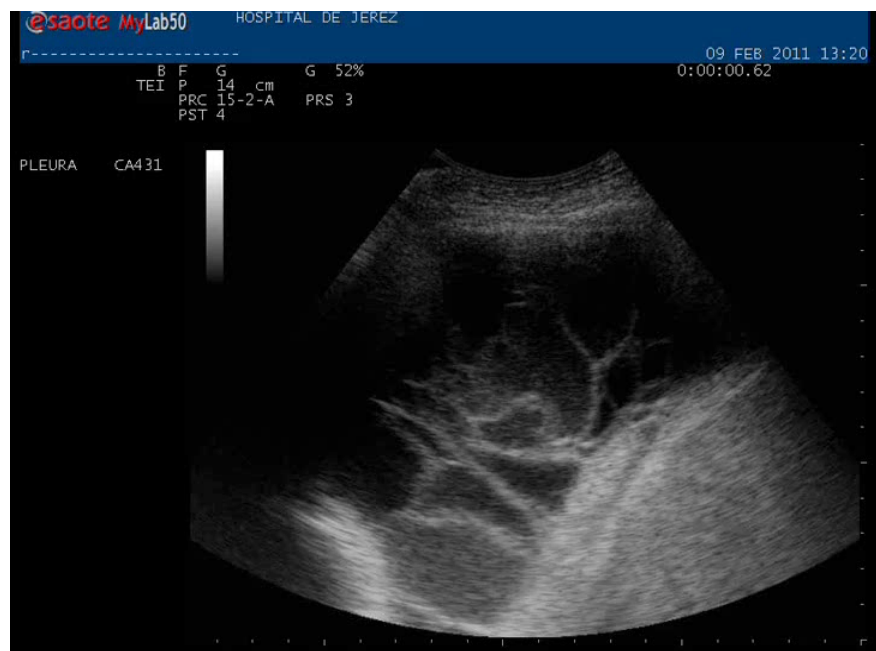


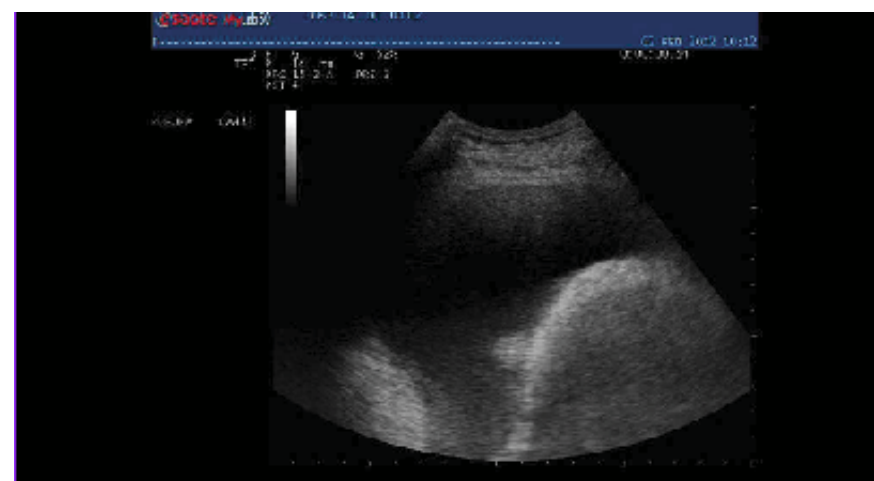
Figura 8: Derrame pleural complejo poliseptado. Se aprecia imágenes lineales hiperecogénicas correspondientes a bridas o septos.



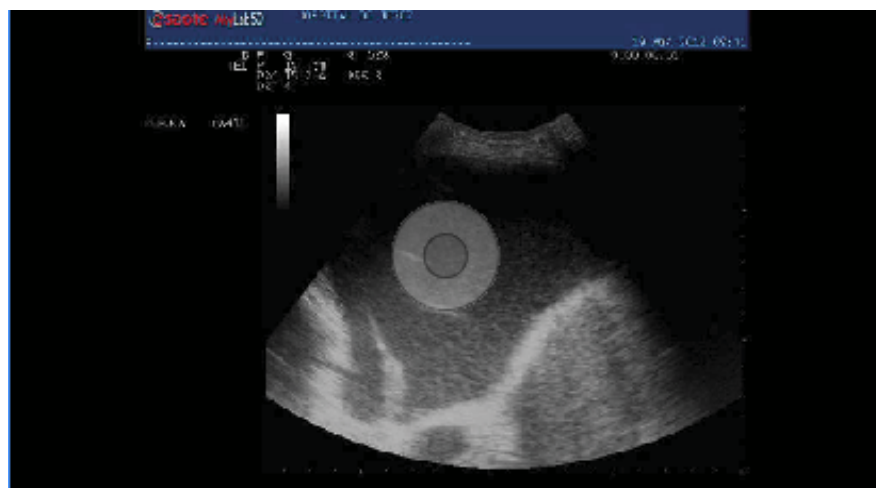
Figura 9: Derrame pleural maligno. Implante metastásico nodular en pleura diafragmática.



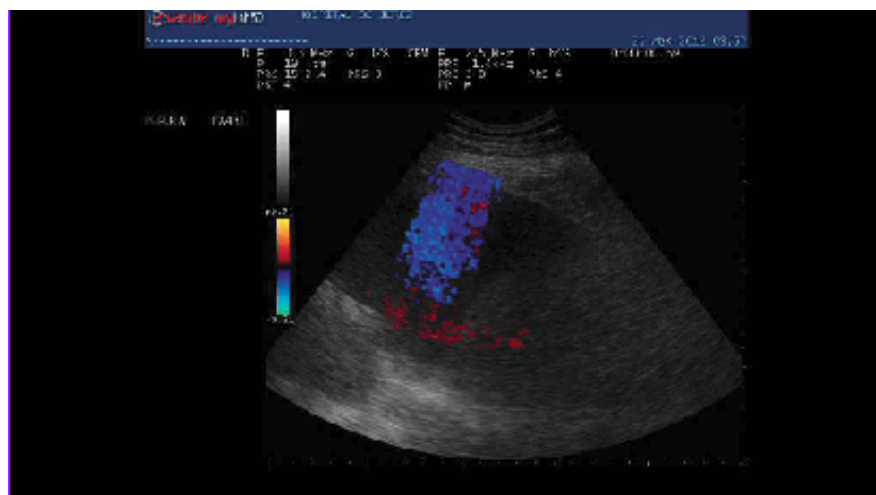
Video 7: Derrame poliseptado.



Video 8: Nódulo diafragmático.



Video 9: Signo del remolino.



Video 10: Signo color líquido.

Engrosamiento pleural

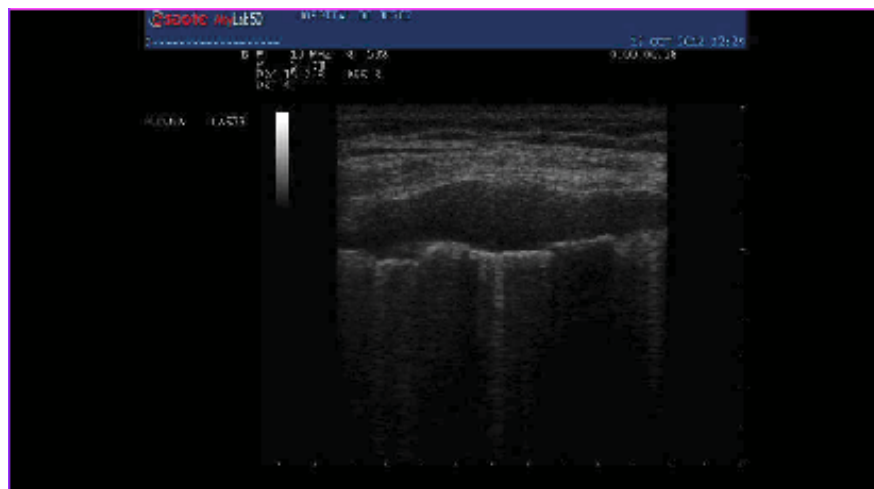
Suele visualizarse como un ensanchamiento hipoeoico del espacio pleural, o banda hipoeoica gruesa superficial a la interfase pleura-pulmón. El engrosamiento puede ser secundario a pleuritis y, en este caso,

se aprecia una interrupción de la línea pleural, con engrosamiento irregular de la pleura visceral. Las placas pleurales por exposición a asbesto se visualizan como engrosamientos hipoeogénicos, con sombra acústica posterior, si están calcificadas^{5,12} (figura 10, vídeo 11).

El diagnóstico diferencial con el derrame pleural se basa en que el engrosamiento carece de movimiento y no cambia de morfología con la respiración, no presenta ecos o septos móviles internos y es característica la ausencia del signo del color líquido¹¹.



Figura 10: Visión ecográfica con sonda lineal de engrosamiento pleural por placas pleurales. Obsérvense también las líneas B (*) que parten desde la pleura visceral.



Video 11: Placas pleurales sonda lineal.

Tumores pleurales

Las neoplasias pleurales benignas son raras, ya que representan, aproximadamente, un 5% de los tumores pleurales e incluyen el tumor fibroso solitario, lipoma, condroma y neurinoma^{5, 12, 17}. Ecográficamente, suelen presentarse como lesiones bien delimitadas, moderadamente ecogénicas y pueden acompañarse de discreto derrame pleural^{5, 17}. El tumor fibroso solitario de pleura, el más frecuente de las neoplasias benignas, suele presentar bordes bien definidos, aspecto hipocogénico o isocogénico y forma un ángulo obtuso con la pared torácica (figura 11). El pulmón conserva su movilidad normal frente a la lesión, la cual puede evidenciar vascularización con el Doppler color¹². A veces, es difícil diferenciarlos de tumores de la pared torácica, que en muchas ocasiones pueden simular masas pleurales.

Los tumores pleurales malignos están representados por el mesotelioma, el linfoma y las metástasis. El mesotelioma aparece como un engrosamiento difuso irregular, a veces nodular, o como una masa hipo o isocogénica, vascularizada, de bordes irregulares o polilobulados. Suele asociarse a derrame pleural importante^{17, 24}. Aunque la ecografía puede ser de utilidad, la TC sigue siendo la prueba de referencia para la estadificación del mesotelioma¹⁷.

Las metástasis, la mayoría de carcinoma broncogénico, son los tumores malignos más frecuentes de la pleura^{5, 12}. Normalmente, las metástasis se ma-

nifiestan como derrame pleural, ya que con frecuencia son de tamaño demasiado pequeño (menores de 1 - 2 mm) como para detectarse por pruebas de imagen¹⁷. Cuando se identifican con ecografía, suelen presentarse como lesiones hipocogicas, homogéneas, mayores de 5 mm en la pleura parietal, con bordes obtusos respecto a la pared torácica^{12, 17} (figura 12). La región más afectada es la pleura diafragmática⁵ y, casi siempre, se acompañan de extenso derrame pleural (figura 9, video 8).

Aunque en algunos casos las características ecográficas pueden sugerir la etiología neoplásica, el diagnóstico definitivo en la mayoría de ellos requiere confirmación citohistológica, siendo la ecografía una excelente herramienta para dirigir la toma de biopsias.

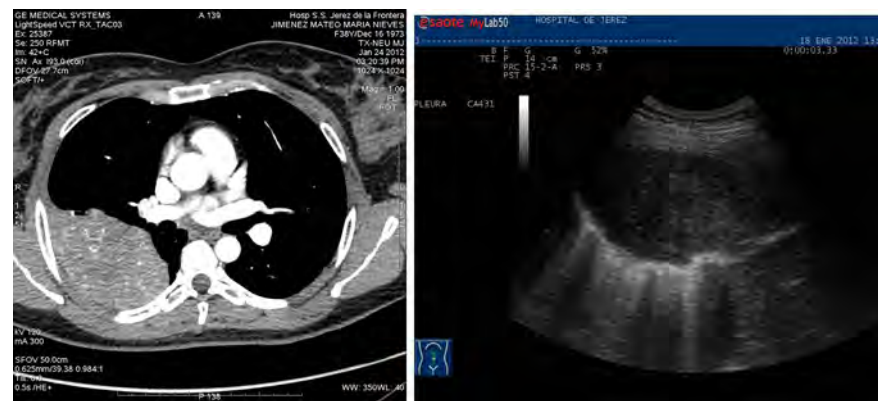


Figura 11: Lesión sólida con amplio contacto con pared torácica (TC), que en ecografía aparece como una lesión isocogénica de bordes bien definidos y localización aparentemente pleural. La biopsia confirmó el diagnóstico de tumor fibroso solitario de pleura.



Figura 12: Metástasis en pleura costal en paciente con adenocarcinoma de origen digestivo.

Neumotórax

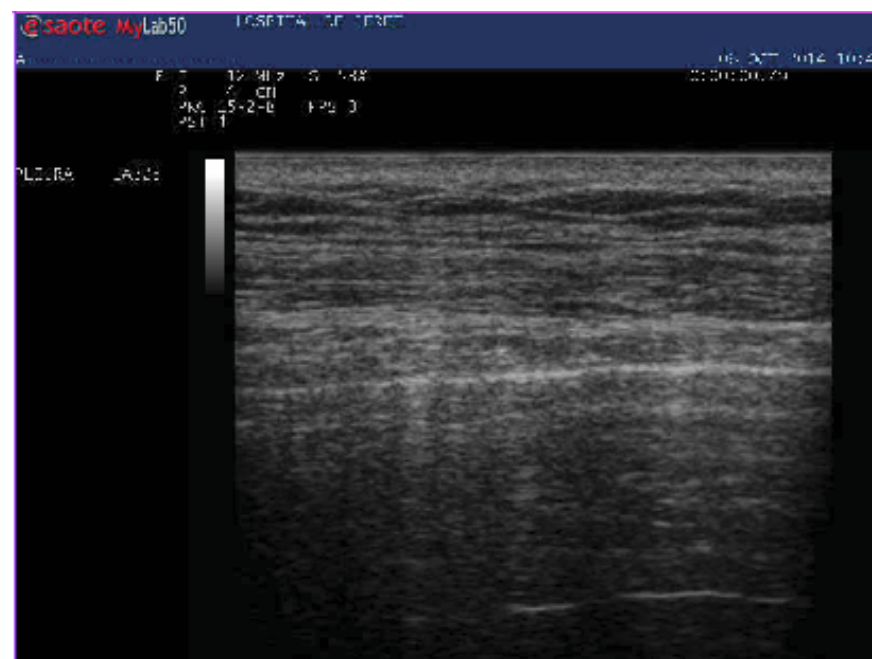
Es una de las entidades en cuya evaluación inicial la ecografía ha tenido mayor difusión en los últimos años, sobre todo en pacientes graves o politraumatizados, ingresados en unidades de cuidados intensivos, en los que la radiografía pierde mucha sensibilidad, al tener que realizarse en decúbito supino o de manera poco accesible. Un metaanálisis reciente²⁵ concluye que la ecografía, realizada por clínicos a pie de cama, presenta mayor sensibilidad y similar especificidad que la radiografía de tórax en el diagnóstico del neumotórax, siendo fundamental la experiencia del operador.

La exploración suele realizarse con una sonda lineal de alta frecuencia, colocada en posición anterior a nivel del 2º o 3º espacio intercostal, en la línea medioclavicular, con el paciente en decúbito supino⁹.

Los signos ecográficos de neumotórax incluyen la desaparición del signo del deslizamiento pulmonar (vídeo 12) y de las líneas B (la presencia de aire en el espacio pleural impide la visualización de la pleura visceral), aumento de artefactos de reverberación horizontales o líneas A y el signo del punto de pulmón (*lung point*), muy específico de neumotórax y que representa la transición entre el aire del neumotórax y el del pulmón normal ventilado^{5, 9, 11, 12, 15}. En el modo M se observan, por debajo de la pared torácica, líneas horizontales repetidas, que indican ausencia de movimiento, hallazgo conocido como signo de la estratosfera o del código de barras¹². Deben descartarse posibles falsos positivos en pacientes con EPOC muy hiperinsuflados, pleurodesis previa o adherencias pleurales, parálisis diafragmática, engrosamiento pleural por exposición a asbesto o síndrome de distress respiratorio agudo, en los que el deslizamiento pulmonar puede estar ausente o muy disminuido. La presencia de enfisema subcutáneo o placas pleurales calcificadas puede suponer una limitación para valorar los signos de neumotórax. Aunque la ecografía no es la técnica más adecuada para cuantificar de forma precisa el volumen del neumotórax y para ello se requiere la Rx de tórax, éste puede estimarse según la localización del signo del punto de pulmón¹⁷.

La ecografía puede resultar de gran interés para el neumólogo para descartar neumotórax tras procedimientos intervencionistas, como punciones transtorácicas, en los que ha demostrado unos valores de sensibilidad superiores a los de la radiografía convencional y cercanos a los de la TC. En este sentido, puede evitar la realización habitual de Rx de tórax, tras la toma de biopsias transbronquiales.

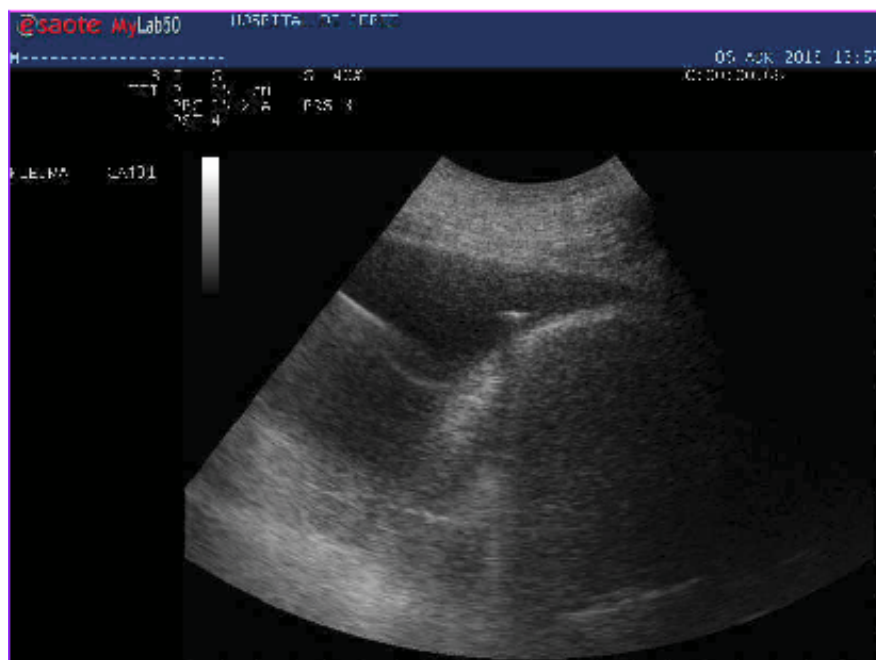
El hidroneumotórax puede identificarse en ecografía por la presencia de artefactos de reverberación (líneas A) en el interior de un derrame pleural, que traducen la existencia de aire dentro del mismo^{5, 17} (figura 13, vídeo 13).



Vídeo 12: NTX sonda lineal.



Figura 13: Hidroneumotórax. Se observa imagen lineal horizontal hiperecogénica, que traduce la existencia de aire en el seno del derrame.



Video 13: Hidroneumotorax.

Patología pulmonar

Enfermedad pulmonar difusa (patología alveolo-intersticial)

Múltiples procesos patológicos que afectan al pulmón, entre los que se incluyen las enfermedades intersticiales difusas y el edema pulmonar, pueden manifestarse como un síndrome alveolo-intersticial.

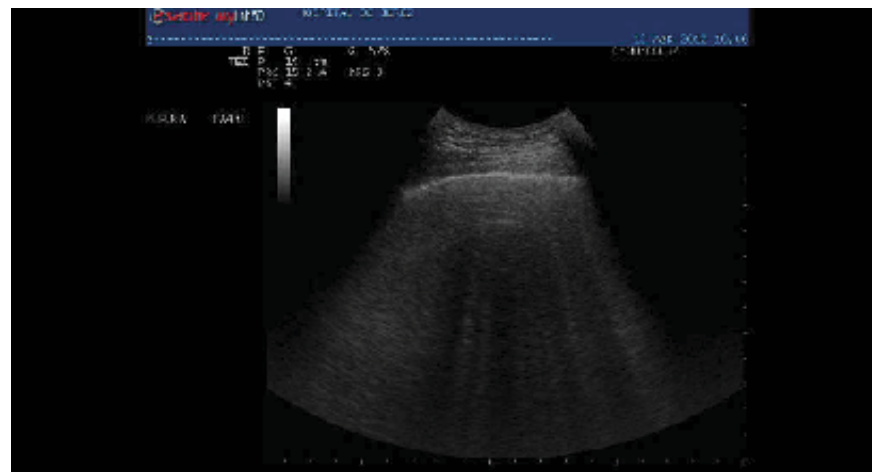
La TC de alta resolución (TCAR) se considera la técnica de elección en el diagnóstico de las enfermedades pulmonares difusas. Sin embargo, algunos estudios indican que la ecografía puede tener un papel complementario en el diagnóstico, sobre todo cuando la radiografía o la TCAR no están disponibles o no son convenientes, como en gestantes. Además, la ecografía puede ser de utilidad como método de cribado de afectación intersticial, por ejemplo en conectivopatías o en el seguimiento, evitando la sobreexposición a radiaciones que supone la realización de TC seriados²⁷. Por otra parte, mediante ecografía podría confirmarse la sospecha clínico-radiológica de un edema agudo de pulmón cardiogénico o de otra causa.

Los hallazgos típicos radiológicos de las neumopatías intersticiales (engro-

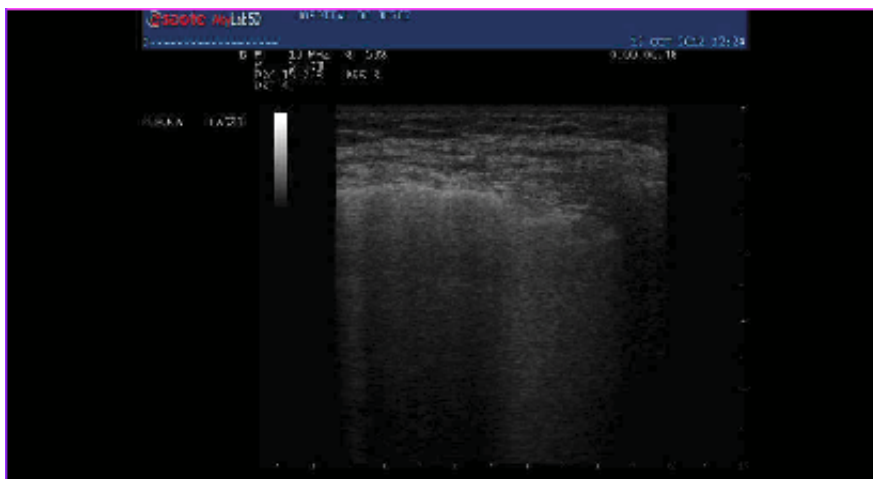
samiento de septos interlobulillares subpleurales y áreas en vidrio deslustrado) y del edema pulmonar (opacidades alveolares, vidrio deslustrado), se corresponden con artefactos ecográficos característicos.

El síndrome alveolo-intersticial se caracteriza, ecográficamente, por un aumento de líneas B o artefactos en cola de cometa, procedentes de la superficie pleural. Su origen, como se ha señalado antes, se atribuye a la diferencia de impedancia acústica entre el aire del pulmón y el engrosamiento de los septos subpleurales¹⁴. La sensibilidad de este hallazgo es elevada, pero es poco específico. Pueden verse también en bronquiolitis obliterante con neumonía organizada, neumonía y embolismo pulmonar. Algunos autores han sugerido que, en estas situaciones, el número de líneas B es menor y que el área de afectación es más localizada. En las enfermedades intersticiales difusas, habitualmente, se distribuyen sobre la generalidad de la superficie pulmonar de forma bilateral y predominan, sobre todo, en las bases pulmonares²⁷.

Además del incremento de líneas B, pueden evaluarse otros signos que permiten diferenciar un patrón intersticial de causa cardiogénica o no cardiogénica¹⁰. En la enfermedad pulmonar intersticial, la línea pleural suele estar engrosada, es irregular y fragmentada, la distribución de líneas B no es homogénea y se observan múltiples pequeñas áreas de consolidación subpleurales. En el edema cardiogénico, la línea pleural está bien definida y las líneas B tienen distribución más homogénea (vídeos 14 y 15).



Video 14: Líneas B.



Video 15: Líneas B.

La distancia de separación entre líneas B también puede orientar el diagnóstico^{11,14}. Si esta distancia es igual o superior a 7 mm, sugiere un engrosamiento de septos interlobulillares por edema intersticial o fibrosis intersticial difusa. Una separación menor o igual a 3 mm sugiere áreas en vidrio deslustrado por edema alveolar o SDRA. Este hecho se explica por la estructura anatómica del pulmón, en el que la distancia entre septos interlobulares es de unos 7 mm, y entre los alveolos de 3 mm.

La ecografía puede ayudar en el diagnóstico diferencial de la agudización de EPOC con la insuficiencia cardíaca descompensada. En un estudio realizado en urgencias a pacientes con disnea, se demostraron líneas B de forma difusa en el 100% de pacientes con edema pulmonar cardiogénico, mientras que no existían en el 92% de casos de agudización de EPOC²⁸. Otros trabajos han mostrado una buena correlación entre números de líneas B y niveles de péptidos natriuréticos en la evaluación de la insuficiencia cardíaca⁹. Con respecto a la patología intersticial, también diversos estudios han analizado la utilidad de la ecografía en la evaluación inicial y en el cribaje de enfermedad pulmonar intersticial en conectivopatías^{27,29}, con resultados prometedores.

Enfermedad pulmonar localizada

Mediante ecografía, podemos visualizar las lesiones pulmonares periféricas

que contacten con la pleura visceral. En caso de que se interponga entre ellas parénquima pulmonar normal, no serán visibles, debido a que, como se comentó previamente, la superficie pleuropulmonar refleja los ultrasonidos por la diferencia de impedancia acústica.

Consolidación pulmonar. Neumonía

La ecografía, por las numerosas ventajas que aporta, es una herramienta muy útil para el diagnóstico de la neumonía, permite seguir la evolución de la enfermedad, sobre todo en pacientes más susceptibles a la radiación (niños y embarazadas) y detectar posibles complicaciones, como absceso de pulmón y derrame paraneumónico complicado o empiema. Además, constituye la técnica de elección para dirigir la punción de cualquiera de ellos²⁷. Un reciente metaanálisis³⁰, que ha evaluado 10 estudios sobre la rentabilidad diagnóstica de la ecografía, encuentra una sensibilidad del 94% y especificidad del 96% en el diagnóstico de neumonía, comparada con la Rx o la TC de tórax.

Normalmente, se visualiza como una imagen hipoeoica o isoecoica (patrón ecográfico similar al del hígado) de tamaño y morfología variables, bordes irregulares y estructura homogénea o heterogénea. La consolidación visible por ecografía es aparentemente menor que la de la radiografía o la TC, ya que sólo se detectará la parte en contacto con la pleura.

El signo ecográfico más característico de la neumonía es el broncograma aéreo^{5,27,31}, que consiste en líneas hiperecogénicas en el interior de la lesión, a veces ramificadas y móviles con la respiración, correspondientes a bronquios o bronquiolos rellenos de aire (figura 14, vídeo 16). Por el contrario, el signo del broncograma líquido se caracteriza por estructuras tubulares hipoeoicas o anecoicas, sin signos de perfusión en el Doppler color y es muy sugestivo de neumonía secundaria a obstrucción bronquial central^{5,27}. Pueden identificarse también otros signos, pleurales y vasculares. A nivel de la condensación, la línea pleural puede aparecer atenuada o incluso desaparecer y es frecuente (hasta en 60% de casos) la existencia de un pequeño derrame pleural asociado. En ocasiones, mediante Doppler color, se observan estructuras vasculares ramificadas, que corresponden a ramas segmentarias de la arteria pulmonar^{27,31}. Debe realizarse el diagnóstico diferencial, entre otros, con neoplasias, infarto pulmonar o atelectasias, cuyos signos ecográficos se describirán más adelante.

La ecografía es más sensible que la radiografía e incluso que la TC, en la valoración de necrosis y abscesificación de la neumonía. El absceso se presenta como una lesión ovalada o redondeada de márgenes regulares o irregulares,

generalmente anecoica, que puede contener ecos internos o septos. La presencia de aire en su interior produce múltiples imágenes puntiformes hiperecogénicas, muy características, flotando en movimiento con la respiración^{5, 10, 27} (figura 15, vídeo 17).

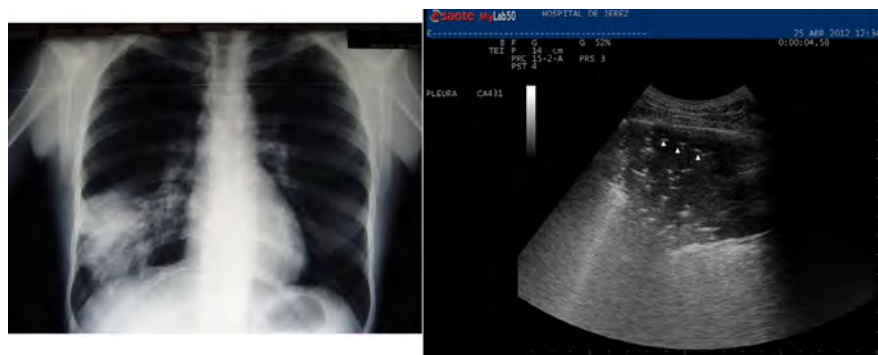


Figura 14: Neumonía. Rx de tórax con imagen de consolidación alveolar (izquierda). Imagen ecográfica heterogénea de bordes irregulares (derecha). Se observan pequeñas líneas hiperecogicas correspondientes a broncograma aéreo (flechas).

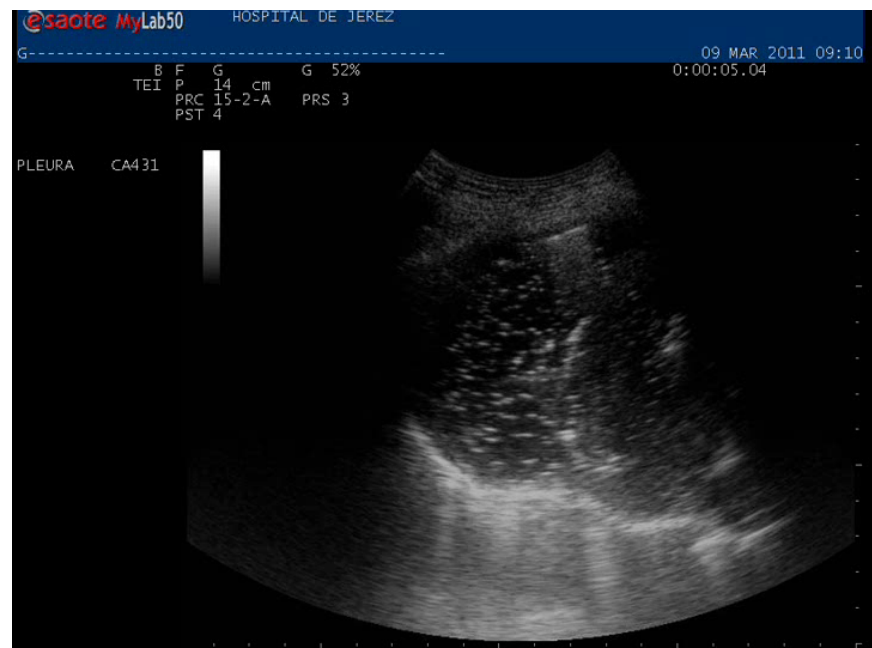
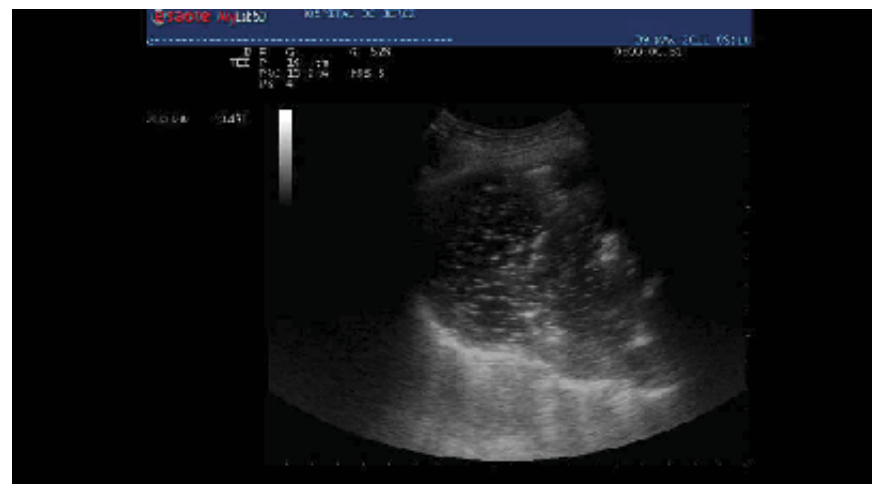


Figura 15: Visión ecográfica de absceso de pulmón. Se aprecian imágenes puntiformes hiperecogénicas que corresponden al contenido aéreo del absceso.



Vídeo 16: Neumonía broncograma aéreo.



Vídeo 17: Absceso pulmón.

Atelectasia

Definida como la ausencia de ventilación pulmonar, parcial o completa, en muchas ocasiones es difícil, radiológicamente, diferenciar una atelectasia compresiva por un derrame pleural importante de una atelectasia obstructiva por una lesión bronquial central. Se han descrito una serie de signos ecográficos que pueden facilitar esta diferenciación^{5, 11, 27, 31}.

La atelectasia pasiva o compresiva se asocia a derrame pleural, por lo general extenso o moderado y aparece como una consolidación del parénquima pulmonar, de ecoestructura similar a la hepática, con bordes agudos y cóncavos que, de forma típica, se visualiza como una “lengüeta” de pulmón flotando en el seno del derrame (vídeo 6). Puede observarse reventilación parcial con la inspiración o tras la toracocentesis.

En la atelectasia obstructiva, el derrame suele ser más escaso, el área de condensación muestra una estructura más heterogénea y los márgenes son variables e irregulares. A veces, se identifica el signo de broncograma líquido (bronquio relleno de secreción o exudado) y no se aprecian broncograma aéreo móvil ni reventilación con la inspiración.

Tromboembolismo periférico e infarto pulmonar

La angioTC torácica es, actualmente, la técnica de elección en el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar (TEP), pero la ecografía puede resultar de utilidad en pacientes críticos que, por su gravedad y problemas de movilización, no son tributarios de una TC. Además, a pesar de que un resultado negativo no descarta el TEP, la ecografía puede jugar un papel importante en pacientes con sospecha del mismo en casos de embarazo, alergia a contrastes yodados o insuficiencia renal. La sensibilidad de la ecografía en el diagnóstico del TEP varía entre el 80% a 94%, y la especificidad del 84% a 92%, según los estudios³².

Los hallazgos ecográficos típicos del TEP periférico son lesiones hipocógenas múltiples subpleurales, de morfología normalmente triangular de base pleural y de bordes bien definidos respecto al parénquima circundante (figura 16, vídeo 18). Aproximadamente dos tercios de estas lesiones asientan en regiones posterobasales y son más frecuentes en el pulmón derecho. Suelen tener un diámetro superior a 2 cm, se mueven con la respiración y, a veces, muestran una imagen hiperecótica central, correspondiente a un bronquiolo. Es frecuente la aparición de un pequeño derrame pleural adyacente o basal^{5, 27, 33}. Típicamente, no muestran señal de flujo vascular en la ecografía Doppler

color. Aunque la especificidad de estos hallazgos es limitada, la identificación de dos o más lesiones de esta morfología, de base pleural y tamaño de 0,5 a 3 cm, en un paciente con sospecha clínica elevada, son signos muy sugestivos de TEP, aún más si se asocia un ligero derrame pleural²⁷.

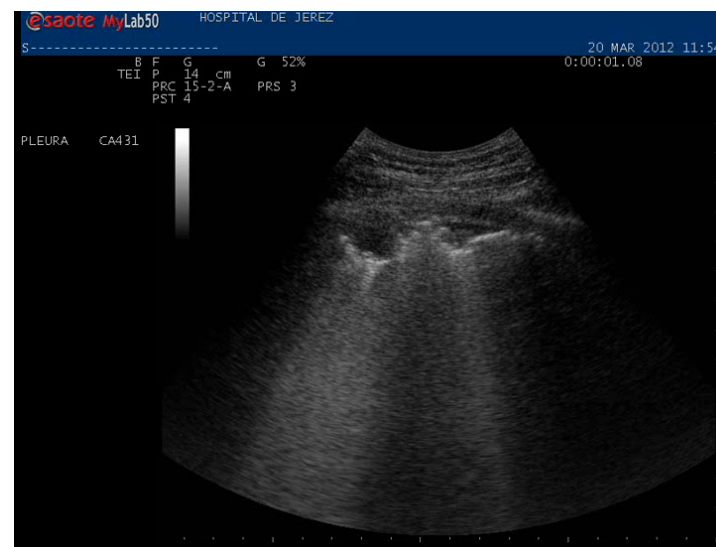
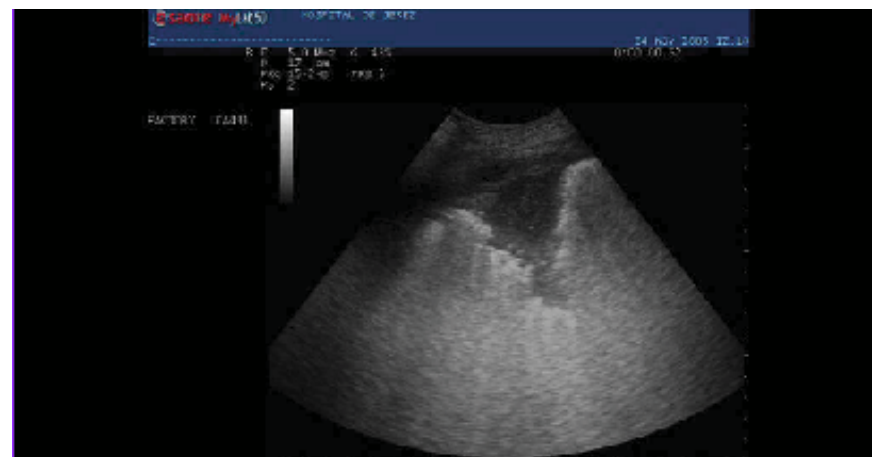


Figura 16: Infartos pulmonares. Lesiones hipocóicas de morfología triangular y base pleural.



Vídeo 18: Infarto pulmonar.

Neoplasia

Como se ha señalado para otras patologías pulmonares, sólo podrán evaluarse por ecografía aquellas neoplasias que tengan contacto pleural. Aunque es difícil diferenciar lesiones benignas de tumores malignos, la ecografía puede ofrecer información sobre la naturaleza de la neoplasia y, además, servir de guía para la biopsia percutánea, por lo cual se considera una técnica muy valiosa en el estudio de las neoplasias pulmonares²⁷.

Los tumores pulmonares periféricos suelen manifestarse como masas redondeadas hipoeogénicas, de bordes relativamente bien definidos y, habitualmente, presentan refuerzo acústico posterior (figura 17). Su aspecto interno puede ser homogéneo o heterogéneo, con áreas más hipoeogénicas o anecoicas si existe necrosis tumoral y es típica la ausencia de broncograma aéreo. Generalmente, son móviles con la respiración (vídeo 19), salvo que infiltran la pared torácica y su morfología no cambia con los movimientos respiratorios. Las lesiones que alcanzan la pleura, forman un ángulo agudo con la línea pleural, la cual puede aparecer interrumpida.

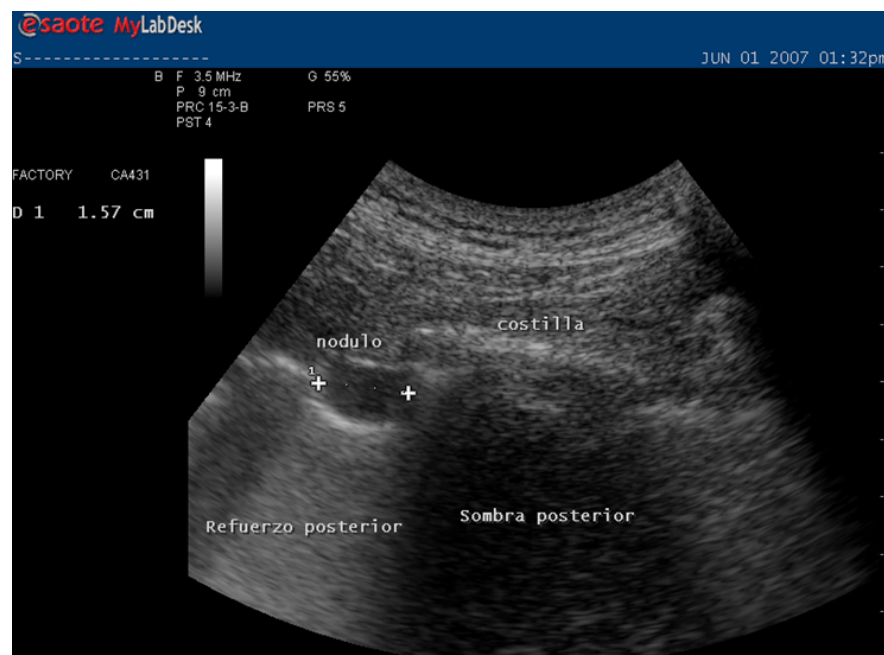
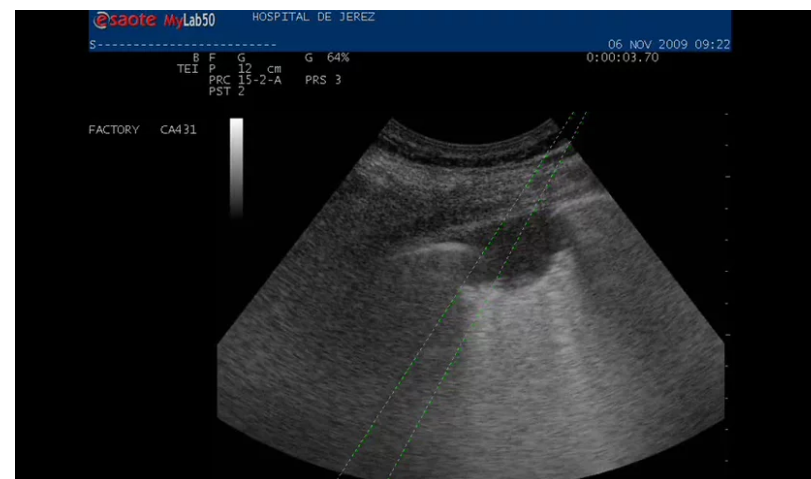


Figura 17: Lesión tumoral nodular periférica.



Vídeo 19: Tumor móvil.

Se ha demostrado que la ecografía es más sensible que la TC (89% - 100%, frente a 42% - 68%) para detectar la invasión de la pared torácica^{5,10,27}. Las neoplasias que invaden la pleura parietal y la pared costal muestran una pérdida del movimiento pulmonar normal con la respiración (vídeo 20). Otros criterios son la infiltración de estructuras de la pared y la destrucción de costillas.



Vídeo 20: Tumor pulmón con invasión pared.

La ecografía con Doppler color puede ser útil para distinguir entre lesiones benignas y malignas, en función de la existencia de neovascularización⁵. Asimismo, la ecografía con contraste, en función del tiempo y extensión de captación del mismo, puede ayudar al diagnóstico de lesiones pulmonares periféricas²⁷.

Patología de la pared torácica

La pared torácica está muy accesible a la ecografía, que permite evaluar diferentes patologías, como masas de tejidos blandos, adenopatías y lesiones óseas.

Las primeras incluyen abscesos, lipomas y una amplia variedad de lesiones, la mayoría benignas. Las masas de pared torácica presentan una ecogenicidad muy variable y los hallazgos ecográficos son muy inespecíficos como para diferenciar entre varias etiologías⁴, por lo que el potencial de la ecografía se limita a su detección, pudiendo servir, además, como ayuda en procedimientos intervencionistas³⁴.

Las adenopatías supraclaviculares y axilares pueden ser visualizadas y definidas mediante ecografía, la cual incluso puede distinguir entre adenopatías reactivas y de etiología maligna⁵. Las adenopatías inflamatorias son de morfología triangular u ovalada y muestran un hilio graso ecogénico. Las que presentan infiltración neoplásica son redondeadas, hipoeecogénicas y no tienen hilio graso. Debe sospecharse diseminación extracapsular si los bordes son irregulares⁴.

La ecografía permite detectar metástasis óseas costales, las cuales aparecen como masas hipoeecóicas, que reemplazan la ecogenicidad normal de la costilla e interrumpen la línea de la cortical^{4,5}. Se ha reportado, asimismo, que la ecografía es más sensible que la radiografía en la detección de fracturas costales, que pueden verse como una interrupción o desplazamiento de la línea costal^{4,5}. En las fracturas no desplazadas, pueden observarse reverberaciones posteriores al punto de fractura, hallazgo conocido como signo de la chimenea. La ecografía, además, permite evaluar complicaciones asociadas a la fractura, como hematomas perióseos, o más complejas, como hemotórax y neumotórax.

Patología diafragmática

El principal interés de la ecografía radica en la evaluación de la función del diafragma, pudiendo determinar la dirección y la amplitud del movimiento del mismo. Mediante la ecografía, se obtienen imágenes en tiempo real y, a diferencia de otras técnicas, como la fluoroscopia, se evita el uso de radiaciones ionizantes.

Se han propuesto diversas formas de exploración, de las cuales la más empleada es la proyección anterior subcostal, con el paciente en decúbito supino, utilizando una sonda curva. Asimismo, se describen varios métodos para evaluar la movilidad diafragmática, entre los que se incluyen cambios en el grosor del diafragma durante la contracción, la visualización del movimiento del mismo en el modo B o M y el cambio de posición, en relación a otros órganos abdominales³⁵.

En el modo B, el diafragma se ve como una línea hipereecogénica, inmediatamente por encima del hígado. Ambos hemidiafragmas se desplazan hacia abajo con la inspiración y la parálisis de alguno de ellos se observará como desaparición de este desplazamiento o incluso movimiento paradójico. El cambio a modo M, permite visualizar el movimiento de estructuras localizadas a todo lo largo de la onda de ultrasonidos. La superficie del diafragma aparece en este modo como una línea hipereecogénica de forma sinusoidal, en la cual el vértice corresponde al punto de inspiración máxima y la base a la espiración (figura 18). Sobre esta imagen pueden realizarse mediciones, de forma que la altura de la curva equivale a la amplitud de la excursión del diafragma, que es de, aproximadamente, 1,8 cm durante la respiración normal y alcanza los 7,8 cm en la forzada³⁶.

El grosor del diafragma puede valorarse con una sonda lineal a nivel del 8° - 9° espacio intercostal en la línea medioaxilar, zona de aposición del diafragma a la pared costal. Durante la respiración normal, el grosor del diafragma es de unos 2,8 mm y durante la máxima puede llegar a 4 mm o más. Estos datos parecen correlacionarse con los volúmenes pulmonares.

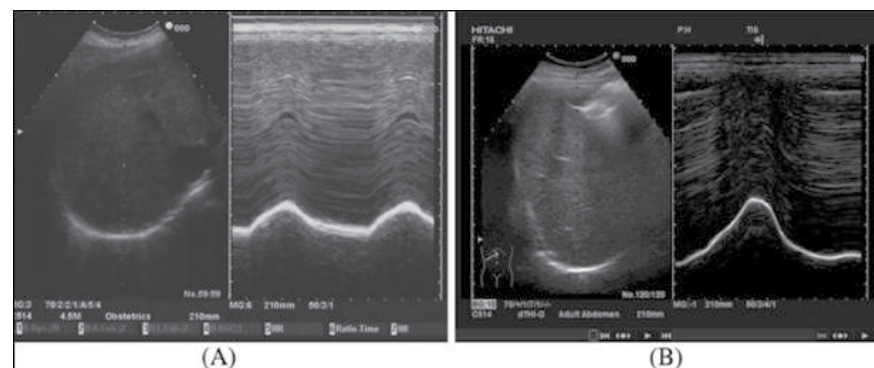


Figura 18: Visualización del diafragma en modo B y M en respiración normal (A) y en respiración forzada (B). Tomada de referencia 36.

CONCLUSIONES

La ecografía es una herramienta muy útil en neumología, por sus múltiples aplicaciones en diversas enfermedades torácicas. Ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la ausencia de radiaciones, portabilidad, bajo coste y presenta muy pocos inconvenientes. Pensamos que debe potenciarse el aprendizaje y entrenamiento, especialmente entre los médicos más jóvenes y en período de formación, en esta técnica llamada a ser el estetoscopio del neumólogo del siglo XXI.

BIBLIOGRAFÍA

- Herth FJF, Kreuter M. Ultrasound in pulmonology. *Respiration* 2014; 87: 1-2.
- Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Lung sliding*. *Chest* 1995; 108: 1345-1348.
- Koegelenberg CF, von Groote-Bidlingmaier F, Bolliger CT. Transthoracic ultrasonography for the respiratory physician. *Respiration* 2012; 84: 337-350.
- Koegelenberg CF, Diacon AH, Bolliger CT. Transthoracic ultrasound for chest wall, pleura, and the peripheral lung. In: Bolliger CT, Herth FJF, Mayo PH, et al. (eds): *Clinical chest ultrasound: from the ICU to the bronchoscopy suite*. Prog Respir Res. Basel, Karger, 2009. P 22-33.
- Vollmer I, Gayete A. Ecografía torácica. *Arch Bronconeumol* 2010; 46: 27-34.
- Gargani L, Volpicelli G. How I do it: lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound* 2014; 12: 25.
- Villena MV. Aplicaciones de la ecografía pleural. *Arch Bronconeumol* 2012; 48: 265-266.
- Diacon AH, Theron J, Bolliger CT. Transthoracic ultrasound for the pulmonologist. *Curr Opin Pulm Med* 2005; 11: 307-312.
- Lobo V, Weingrow D, Perera P et al. Thoracic ultrasonography. *Crit Care Clin* 2014; 30: 93-117.
- Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH. Thoracic ultrasonography for the pulmonary specialist. *Chest* 2011; 140: 1332-1341.
- Gallego Gomez MP, Garcia Benedito P, Pereira Boo et al. La ecografía torácica en la enfermedad pleuro-pulmonar. *Radiología* 2014; 56: 52-60.
- Chira R, Chira A, Saplaan RM et al. Pleural ultrasonography. Pictorial essay. *Med Ultrason* 2014; 16: 364-371.
- Volpicelli G. Lung sonography. *J Ultrasound Med* 2013; 32: 165-171.
- Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P et al. The comet-tail artifact; an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 1640-1646.
- Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999; 25: 383-388.
- Grymiski J, Krakowka P, Lypaciewicz G. The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. *Chest* 1976; 70: 33-37.
- Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pleuropulmonary pathology. *World J Radiol* 2010; 2: 83-90.
- Yang PC, Luh KT, Chang DB et al. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159: 29-33.
- Qureshi NR, Rahman NM, Gleeson. Thoracic ultrasound in the diagnosis of malignant pleural effusion. *Thorax* 2009; 64: 139-143.
- Chian CF, Su WL, Soh LH et al. Echogenic swirling pattern as a predictor of malignant pleural effusions in patients with malignancies. *Chest* 2004; 126: 129-134.
- Salamonsen MR, Lo AK, Ng AC et al. Novel use of pleural ultrasound can identify malignant entrapped lung prior to effusion drainage. *Chest* 2014; 146: 1286-1293.
- Villena V, Cases E, Fernández A et al. Normativa sobre el diagnóstico y tratamiento del derrame pleural. Actualización. *Arch Bronconeumol* 2014; 50:235-249.
- Havelock T, Teoh R, Laws D et al. Pleural procedures and thoracic ultrasound: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax* 2010; 65 Suppl 2: ii61-76.
- Herth F. Diagnosis and staging of mesothelioma transthoracic ultrasound. *Lung Cancer* 2004; 45 (Suppl): 63-67.
- Ding W, Shen Y, Yang J et al. Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography. A meta-analysis. *Chest* 2011; 140: 859-866.
- Kumar S, Agarwal R, Aggarwal AN et al. Role of ultrasonography in the diagnosis and management of pneumothorax following transbronchial lung biopsy. *J Bronchol Intervent Pulmonol* 2015; 22: 14-19.
- Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases. *World J Radiol* 2010; 2: 203-214.
- Volpicelli G, Cardinale L, Garofalo G et al. Usefulness of lung ultrasound in the bedside distinction between pulmonary edema and exacerbation of COPD. *Emerg Radiol* 2008; 15: 145-151.
- Barskova T, Gargani L, Guiducci S et al. Lung ultrasound for the screening of interstitial lung disease in very early systemic sclerosis. *Ann Rheum Dis* 2013; 72: 390-395.
- Chaves MA, Shams N, Ellington LE et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research* 2014; 15:50.
- Reissig A, Copetti R. Lung ultrasound in community-acquired pneumonia and in interstitial lung diseases. *Respiration* 2014; 87: 179-189.
- Niemann T, Egelhof T, Bongartz G. Transthoracic sonography for the detection of pulmonary embolism: a meta-analysis. *Ultraschall Med* 2009; 30: 150-156.
- Mathis G, Blank W, Reissig A et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 2005; 128: 1531-1538.
- Chira R, Chira A, Mircea PA. Thoracic Wall ultrasonography-normal and pathological findings. Pictorial essay. *Med Ultrason* 2011; 13: 228-233.
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. *Chest* 2009; 135: 391-400.
- Testa A, Soldati G, Giannuzzi R et al. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol* 2011; 37: 44-52.

PUNCIONES TRANSTORÁCICAS GUIADAS CON ECOGRAFÍA

M. Arenas Gordillo¹, D. del Castillo Otero².

¹Unidad de Neumología. Hospital San Juan de Dios del Aljarafe. Sevilla. ²Unidad de Neumología y Alergia. Hospital de Jerez de la Frontera.

RESUMEN

La ecografía transtorácica es una técnica de gran utilidad para guiar punciones. Presenta ventajas sobre otras, como el TAC y la fluoroscopia. El mayor beneficio que el neumólogo puede encontrar en ella es la accesibilidad de la técnica y la visión en tiempo real de la aguja. Como cualquier otra, requiere de una curva de aprendizaje, que es perfectamente asumible por los neumólogos que se dedican a realizar técnicas neumológicas.

Palabras clave: punciones transtorácicas, biopsias transtorácicas guiadas con ecografía, ecografía transtorácica, punciones pulmonares guiadas.

INTRODUCCIÓN

La ecografía es una técnica de imagen ampliamente extendida en muchas especialidades. Los avances técnicos han hecho que los ecógrafos tengan cada vez mejor definición y mayor portabilidad. Disponer de una imagen de las estructuras, mientras realizamos una técnica invasiva, aumenta la rentabilidad y seguridad, disminuyendo el riesgo de yatrogenia. La neumología ha sido una de las especialidades médicas que más tarde ha incluido la ecografía como herramienta diagnóstica, pero hoy en día nadie duda de la necesidad de disponer de un ecógrafo en las unidades de técnicas neumológicas.

La ecografía, como guía de punción, debe ser una herramienta más al lado de otras, como la punción transtorácica guiada con TAC o la punción transto-

rácica guiada con fluoroscopia. Sin embargo, siempre que la lesión sea visible con ecografía, ésta tiene ventajas sobre las otras dos. Entre ellas se encuentra la accesibilidad: será el propio neumólogo intervencionista quien podrá realizar la punción guiada con eco. La portabilidad de los aparatos permite realizar punciones en la propia habitación del paciente o incluso llevar el ecógrafo a zonas de pacientes críticos, cuando éste paciente no se pueda desplazar. Con la ecografía se evitan radiaciones ionizantes y puede repetirse cuantas veces sea necesario. Por último, con ella podemos ver lo que estamos haciendo en tiempo real, mientras que con la TAC lo vemos a posteriori, donde hemos realizado la punción.

MATERIAL NECESARIO

Existe gran variedad de ecógrafos, desde los más sofisticados hasta equipos portátiles que tienen el tamaño de un *smartphone*. Para realizar punciones guiadas con ecografía, podemos encontrar equipos portátiles que tienen las suficientes prestaciones. Como ya se ha dicho en capítulos anteriores, los transductores convexos, con frecuencias de entre 3,5 - 5 Mhz, dan una buena imagen en profundidad y aceptable en superficie. Con este tipo de transductores, se pueden realizar todo tipo de punciones, ya que tienen gran versatilidad. Los transductores lineales, con frecuencias entre 7,5 - 10 MHz, dan mejor definición en superficie, con lo cual visualizaremos mejor engrosamientos pleurales y tumoraciones localizadas en la pared torácica¹. En lesiones profundas o cuando el acceso a la ventana ecográfica es dificultoso por las estructuras óseas, pueden emplearse transductores sectoriales.

Aplicaciones útiles para punciones que debería tener el ecógrafo

Entre los elementos básicos de los ecógrafos se encuentra la ganancia, que sirve para modificar la escala de grises de forma general. También es útil el

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Manuel Arenas Gordillo
marenas@separ.es

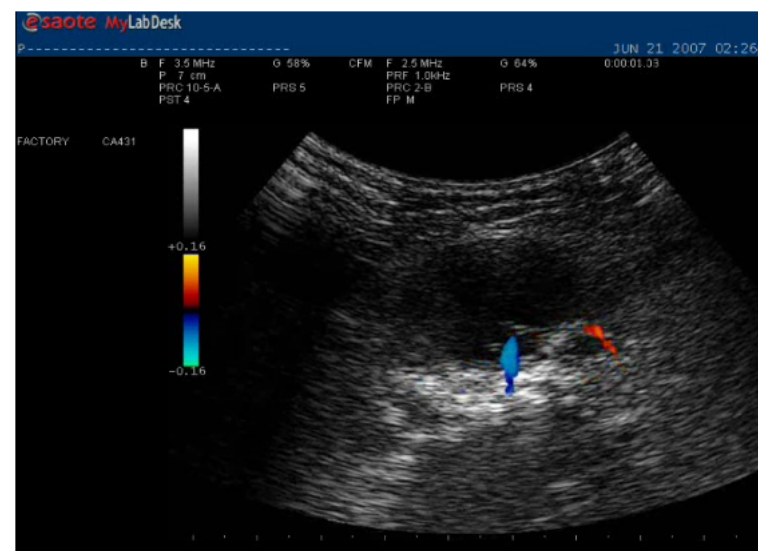
panel de compensación de ganancia temporal, el cual nos ayuda a mejorar la calidad de imagen, seleccionando las zonas, las más superficiales o las más profundas. Para realizar punciones guiadas con ecografía, es esencial la utilidad de los ecógrafos de realizar diferentes mediciones. La posibilidad de cambiar la profundidad de la imagen o ecos ayuda a centrar la atención sobre la lesión que vamos a puncionar.

Otra herramienta muy útil que tienen la mayoría de los ecógrafos es el *software* para punciones. Mediante esta utilidad, aparecerán en la pantalla dos líneas con una determinada angulación, que nos pueden servir de referencia para realizar nuestra punción. La incorporación de una guía de punción al transductor, junto con el *software* de punción, pueden ser gran utilidad, en algunos casos, para mejorar la visibilidad de la aguja. Estas guías tienen distintos soportes para poder utilizarlas con agujas de calibres diferentes, tanto finas de citología como gruesas de biopsia (Figura 1).

El doppler color es de gran ayuda para realizar punciones guiadas. Sirve para valorar la vascularización de la lesión y visualizar vasos que deberían evitarse en el trayecto de la aguja (Vídeo 1). Por otra parte, una vez introducida, el doppler color puede ayudarnos a identificar dónde está situada si movemos el fiador de dentro de la misma.



Figura 1: Transductor convex con protector estéril y soporte de guía para punciones. Aguja espinal de 22 G en el soporte de punciones.



Vídeo 1: Masa en la pared anterior. Corresponde a un mieloma. Vascularización de la tumoración visualizada con doppler color.

Los avances en la tecnología han incorporado nuevas utilidades a los ecógrafos, como el *software* de realce de la aguja de punción. Con esta utilidad, podremos tener una mejor visión de la aguja en tiempo real. Otra de las posibilidades es realizar ecografía con contraste, para realizar determinados tejidos a la hora de practicar punciones ecoguiadas. Hay que tener en cuenta que estas dos utilidades pueden encarecer un equipo de ecografía y, en concreto, la ecografía con contraste aún no está muy extendida en la punción ecoguiada transtorácica.

INDICACIONES

La utilización de la ecografía transtorácica como guía de técnicas invasivas está indicada en diferentes patologías². Entre ellas, se encuentran: guía de punción en el proceso diagnóstico de tumores de la pared torácica, diagnóstico de engrosamientos o tumoraciones pleurales, guía de toracocentesis de pequeños derrames pleurales, guía para la inserción de tubos de drenaje torácico en empiemas o derrames loculados, localización de tumores pulmonares periféricos y guía de punciones, identificar consolidaciones pulmonares o abscesos para

guiar punciones diagnósticas microbiológicas, guiar punciones de tumoraciones a nivel de mediastino anterosuperior y visualizar adenopatías supraclaviculares o cervicales, ejerciendo de guía de punciones de las mismas, para la estadificación del cáncer de pulmón.

Contraindicaciones de la punción guiada con ecografía

- 1- En pacientes poco colaboradores, cuando tienen tos intensa o no pueden controlar la respiración, es difícil que se pueda realizar la técnica de manera correcta y segura.
- 2- Alteraciones no corregibles de la coagulación. Cuando el INR está por encima de 1,8 o plaquetas por debajo de 50.000³.
- 3- Lesiones sospechosas de ser de origen vascular no deberían ser puncionadas.
- 4- Escasa visibilidad de la lesión o interposición de estructuras óseas que impidan la punción.

Contraindicaciones relativas serían: hipertensión pulmonar severa, enfisema severo, pacientes sometidos a ventilación mecánica y cardiopatía isquémica inestable.

TIPOS DE MANIOBRAS PARA REALIZAR PUNCIONES (Figura 2)

Realización en dos tiempos

La mayoría de las punciones localizadas en la pared torácica se pueden realizar de esta forma, sobre todo en lesiones de gran tamaño, por encima de 3 cm. En primer lugar, localizamos la lesión, realizamos todas las mediciones, ponemos nuestra señal en el punto de entrada de la aguja y, posteriormente, introducimos la misma con las medidas exactas.

Punción con visión directa

Se realiza, sobre todo, en lesiones pequeñas si son menores de 3 cm, cuando asientan en pulmón, si queremos evitar determinadas estructuras o bien en lesiones que tienen distintas ecogenicidades, para evitar zonas menos ecogénicas, que pueden contener mayor necrosis. La aguja se introduce en este caso por el lateral del transductor, dando la angulación necesaria.

Utilización de guía de punción

A la mayoría de los transductores que existen en el mercado se les puede acoplar una guía de punción para diferentes calibres de agujas. Incluso, en alguno de ellos, es posible variar el ángulo de introducción de la aguja. La ventaja de utilizarlos es obtener una mejor visualización de ésta y dar mayor seguridad de la trayectoria.

Transductores específicos para punción

Por último, existen transductores específicos que disponen de un orificio por donde se introduce la aguja de punción. Este tipo de transductores ofrecen mejor visualización de la misma, pero suponen un aumento del gasto en material.

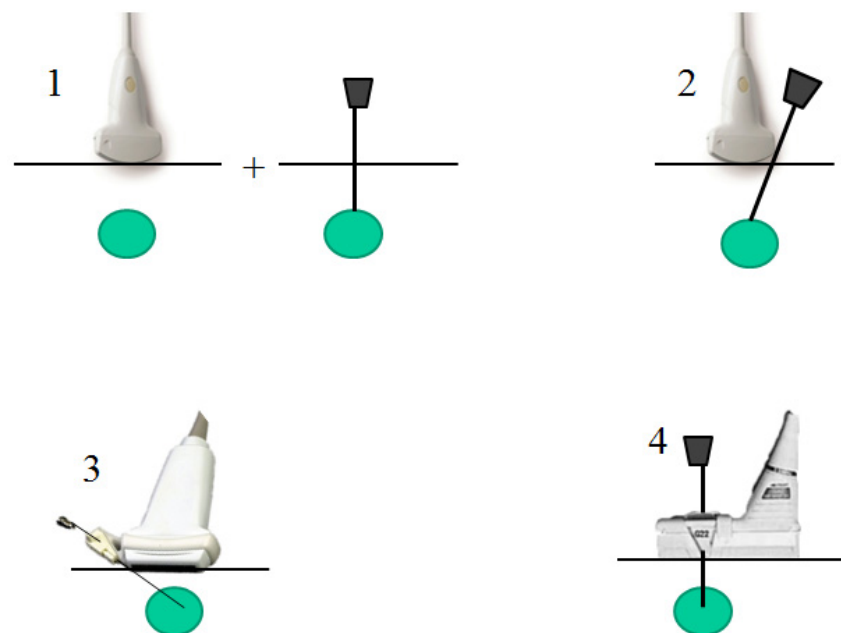


Figura 2: Diferentes métodos para realización de punciones guiadas con ecografía: 1- Realización en dos tiempos. Primero visualización de la lesión y posteriormente punción. 2- Visión en tiempo real o "Free hand". 3- Punción con guía sobre el transductor. 4- Punción con transductor específico para biopsias.

PROCEDIMIENTO GENERAL

Preparativos

Como en cualquier otro procedimiento invasivo, es necesario tener el consentimiento informado del paciente. Debemos informarle de qué es lo que vamos a hacer y con qué objetivo. Se debe reflejar en la historia clínica su aceptación. El paciente debe estar dispuesto a colaborar durante el procedimiento, ya que, en algunos casos, se necesita que realice una respiración lenta, incluso en determinadas ocasiones una apnea durante unos segundos, como en el caso de lesiones pequeñas en el pulmón.

Antes del procedimiento deberemos tener, en la mayoría de los casos, una TAC como referencia. En ella podremos ver la lesión que queremos puncionar y su relación con las estructuras vecinas. Las medidas en la TAC podremos compararlas con las de la lesión que estamos visualizando con ecografía, para comprobar que se trata de la misma.

Para realizar punciones guiadas con ecografía, no existe una posición estándar. Lo ideal es que el paciente y el operador estén lo más cómodos posible. En nuestra experiencia, si es factible, colocamos al paciente en decúbito, ya sea prono, supino o bien lateral, para poder apoyarnos sobre la pared torácica de éste cuando estamos realizando la punción. Con el paciente sentado, los apoyos de las manos para evitar el deslizamiento del transductor son más difíciles.

Una vez que el paciente está en la posición correcta, debemos realizar las mediciones con nuestro ecógrafo, tanto de la lesión en sí, para compararla con la TAC, como de la distancia hasta la superficie. Siempre debemos tener en cuenta que, si ejercemos mucha presión sobre el transductor al realizar la medición, la distancia a la superficie será menor que la real.

La utilización del doppler, previa a la punción, puede informarnos de la vascularización de la lesión y del trayecto por donde va a pasar nuestra aguja, para evitar, en la medida de lo posible, los vasos visibles.

Una vez realizadas todas las mediciones, debemos señalar en la piel del paciente el punto exacto de introducción de la aguja y memorizar la trayectoria con la angulación correcta de la misma.

Como en cualquier procedimiento invasivo, debe limpiarse la zona con antiséptico y emplear material estéril. Para el transductor, existen en el mercado protectores estériles. También hay gel estéril o incluso se puede emplear gel de povidona yodada.

En la mayoría de los casos, intentaremos realizar primero una punción con aguja fina (PAAF) y, posteriormente, punción con aguja de biopsia. Por este motivo, realizaremos una infiltración anestésica por planos, comenzando por realizar un habón en la piel, plano muscular y región de la pleura parietal, con la intención de cubrir todo el trayecto de la aguja. Si estamos seguros de que sólo vamos a realizar PAAF, no es necesario poner anestesia local por planos.

Técnica de punción con aguja fina para citología (PAAF)

Para este tipo de punción se emplean agujas de 0,6 a 0,8 mm, que corresponden a 23G - 21G. Nosotros, habitualmente, utilizamos agujas de 22G, usadas para punción espinal, aunque en el mercado hay disponibles agujas específicas para PAAF. Es conveniente colocar una señal en la aguja o un tope con la profundidad máxima a la que debemos introducirla, ya que, en ocasiones, no es visible la punta con ecografía, sobre todo en lesiones profundas.

Si realizamos la punción con visión directa, introduciremos la aguja por el lateral del transductor y con el ángulo correcto, que dependerá de la profundidad (Figura 3). Una vez introducida, debemos retirar el fiador y enroscar una alargadera, conectada en el otro extremo a una jeringa. Posteriormente, el ayudante realiza una aspiración mantenida con la jeringa, manteniendo el vacío mientras el operador va ejerciendo pequeños movimientos hacia adelante y atrás con la aguja, para que se introduzca material en la misma. Cuando consideremos que hay suficiente material dentro, se deja de aspirar y, posteriormente, sin aspiración, se saca la aguja. El material que queda en la misma se extiende con cuidado en los portas y se fija. Independientemente de las extensiones en portas, es de gran utilidad para el diagnóstico obtener material de punción con aguja fina para realizar un bloque celular. Para ello, se puede limpiar la aguja en un pequeño recipiente con formol y se envía al laboratorio.

Para conseguir una mayor rentabilidad de la técnica, se deberían realizar al menos 3 pases de localizaciones diferentes. El número de cristales debe ser al de menos 6 y, además, realizar un bloque celular en formol. Los cristales deben ser teñidos y revisados por un patólogo inmediatamente tras la punción. En el caso de que no exista material suficiente o en el de que éste sea de mala calidad, deberá repetirse la punción.

La PAAF tiene mayor rentabilidad en neoplasias epiteliales pulmonares y es menor en linfomas, mesoteliomas o lesiones benignas. Yao *et al.* publicaron una revisión sistemática de las series publicadas de PAAF y biopsias con agujas en el diagnóstico del cáncer de pulmón. La sensibilidad para la PAAF

era de 81,3% – 90,8%. Los autores concluyen que, comparando la punción con aguja fina con la de aguja de biopsia, no hay diferencias significativas en cuanto a la sensibilidad para el diagnóstico de lesiones malignas. También encontraron que la biopsia con aguja tiene mayor especificidad en lesiones benignas⁴. No hay, hasta ahora, trabajos que comparen la rentabilidad para el diagnóstico de la PAAF con la biopsia con aguja y su utilidad posterior para el estudio de marcadores del cáncer de pulmón.



Figura 3: Punción con aguja fina con visión directa de la lesión. Las manos están apoyadas sobre la pared torácica del paciente.

Técnica de punción con aguja gruesa de biopsia

Para realizar punciones histológicas se emplean agujas de calibre grueso, de entre 1,2 y 2 mm, que corresponden a 18 - 21 G (Figura 4). Hay multitud de agujas de biopsias, pero las más empleadas son las mecanizadas, tipo trucut. Este modelo de agujas se cargan y tienen un estilete, que sale posteriormente al dispararla. Debemos considerar siempre la longitud del estilete al realizar las mediciones, para no pasarnos de la lesión de donde queremos tomar muestras ni quedarnos cortos. Previamente a la punción, es necesario realizar una buena

anestesia local por planos. Debemos realizar una pequeña incisión con bisturí en la piel para la introducción de la aguja, con objeto de evitar la resistencia de la misma. Se introduce cargada y con la angulación que hemos determinado previamente, si queremos realizarla con visión directa. Si realizamos la punción en dos tiempos, se introduce perpendicularmente en la señal que hemos puesto previamente en la piel.

La PAAF y la punción con aguja histológica son complementarias y, siempre que sea posible, debemos realizar ambas para conseguir una mayor rentabilidad de la técnica^{5,6}. Con ambas técnicas se podrá obtener el diagnóstico en hasta en un 89% de los casos.

Las complicaciones con aguja de biopsia serán, teóricamente, algo mayores por el aumento de calibre de la misma. Sin embargo, en la revisión sistemática de Yao *et al.*, la utilización de la aguja de biopsia no supuso un aumento del ratio de neumotórax y hemoptisis, comparado con la PAAF⁴.

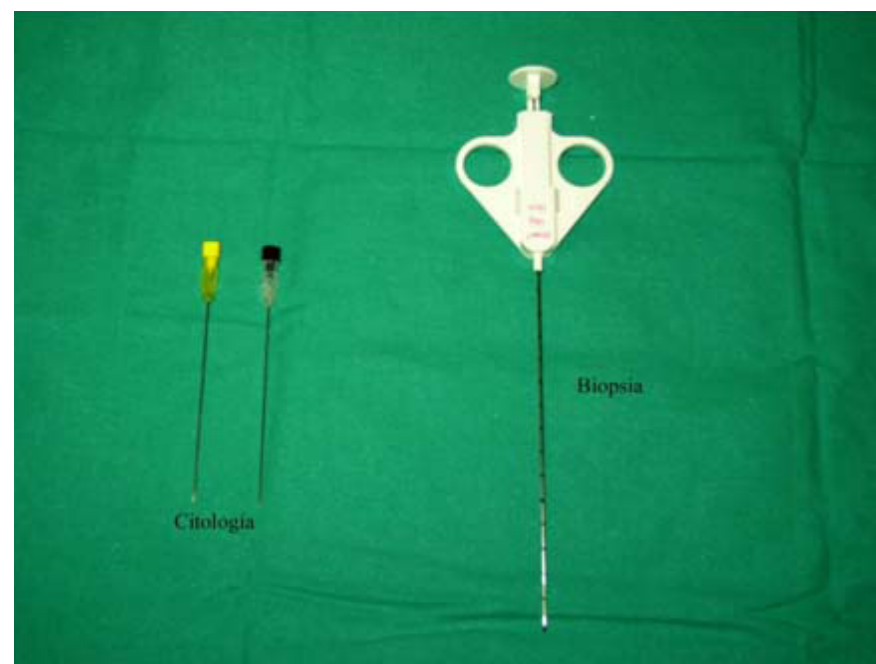


Figura 4: Aguja fina para PAAF de 22g y 20G. Aguja gruesa de 18G para realización de biopsia tipo trucut.

Visión de la aguja

La visión de la aguja con ecografía va a depender de varios factores. En primer lugar, del ángulo de introducción de la misma con respecto al transductor. Cuanto mayor sea el ángulo, mejor será la visión. También influye la profundidad de las lesiones, siendo peor la visibilidad de la aguja en las más profundas. Por otra parte, los tejidos con menor ecogenicidad permitirán una mejor visualización de la aguja que aquellos que sean más ecogénicos. Por último, también va a depender de la longitud de onda del transductor. Aquellos con mayor longitud de onda permitirán una mejor visualización. A pesar de todas estas consideraciones, la visión de la aguja, aunque sólo sea el doble reflejo de la punta, con frecuencia es dificultosa. Por este motivo, es necesaria siempre una exacta medición del trayecto.

Una vez realizada la punción y extraídas las muestras, la ecografía puede servirnos para valorar cómo ha quedado la zona de punción, visualizar la cantidad de líquido residual, si se trata de una toracocentesis evacuadora, o bien descartar la existencia de un neumotórax inmediato tras la técnica e incluso de un hematoma postpunción. Algunos autores recomiendan la observación durante 24 horas tras la punción, para detectar neumotórax de aparición tardía. En nuestra experiencia, es segura la observación durante dos horas y realizar una radiografía de tórax previa al alta.

Las complicaciones, de manera general, están entre el 1 y el 2%. Las más frecuentes son el neumotórax y la hemoptisis, que suelen ser leves, sin necesidad de otras actuaciones.

Particularidades por zonas de punción

Punciones de la pared torácica

Con frecuencia, lesiones tumorales, ya sean benignas o malignas, pueden asentar en la pared torácica. No es infrecuente detectar lesiones metastásicas a nivel de arcos costales, que se manifiestan por dolor de larga evolución que no cede con analgésicos convencionales (Figuras 5 y 6, vídeos 2 y 3). Los transductores lineales, con frecuencias más altas que los convex, ofrecen mejor definición en la pared torácica. Con este tipo de transductores se distinguen bien las tumoraciones, que se manifiestan ecográficamente como zonas más hipoeocogénicas que el tejido que le rodea. En el caso de los tumores pulmonares, que pueden invadir la pared torácica, la ecografía es una técnica muy sensible para determinar invasión de la pared y guiar punciones a este nivel.

Diacon *et al.* encontraron una sensibilidad del 85% para tumores que asentaban en la pared torácica y del 100% para mesoteliomas⁷. La combinación de PAAF y posterior biopsia, aumenta la rentabilidad de la técnica, llegando al 89%, según los mismos autores⁸.

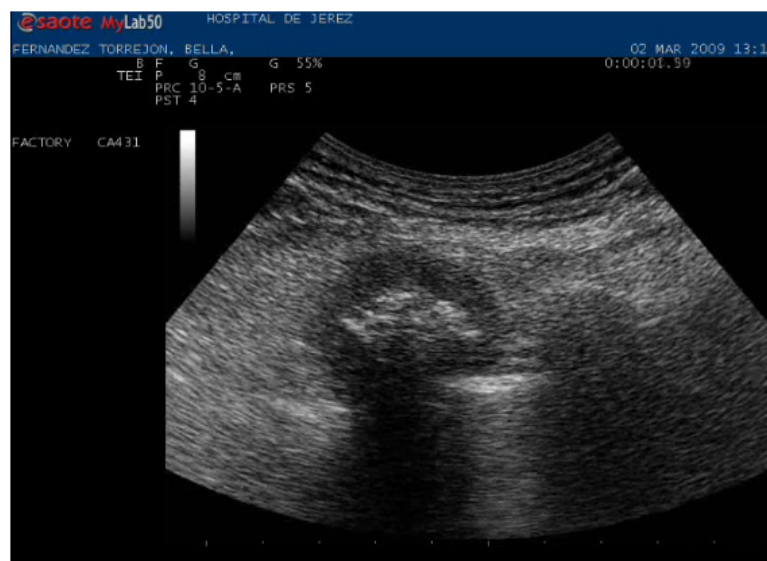
Las complicaciones de las punciones sobre lesiones que asientan en pared torácica son menores, ya que el riesgo de neumotórax será bajo, la visibilidad de la aguja será mejor y, en caso de sangrado, se podrá comprimir con mayor facilidad.



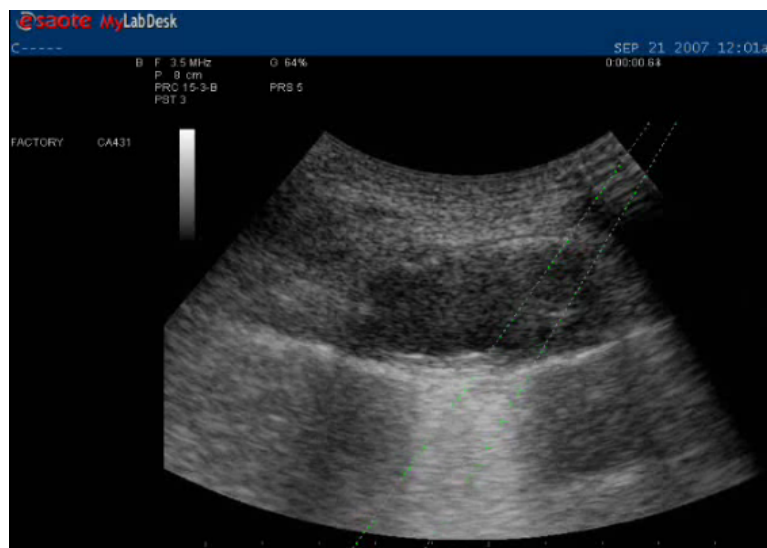
Figura 5: Metástasis de adenocarcinoma sobre arco costal. Se aprecia arco costal normal con su sombra posterior y al lado arco costal con aumento de partes blandas alrededor con zona más hiperecogénica en el interior. Se aprecia línea pleural con el signo del deslizamiento.



Figura 6: Masa en la pared anterior sobre el esternón. Con ecografía se aprecia tumoración redondeada hipoeocica con vascularización en su base. El diagnóstico fue de mieloma.



Video 2: Metástasis de adenocarcinoma sobre arco costal. Se aprecia arco costal normal con su sombra posterior y al lado arco costal con aumento de partes blandas alrededor con zona más hiperecogénica en el interior. Se aprecia línea pleural con el signo del deslizamiento.



Video 3: Tumoración en la pared torácica correspondiente a metástasis de un adenocarcinoma. Con ecografía se aprecia una imagen bien delimitada hipocóica. Se aprecia el signo del deslizamiento pleural por debajo de la misma.

Punciones a nivel pleural

La utilidad de la ecografía como guía de punción a nivel pleural está fuera de toda duda. Se ha demostrado la disminución de complicaciones utilizando ecografía. La toracocentesis realizada con los métodos clásicos, radiología y signos clínicos, produce un 6% de neumotórax. Por otra parte, hasta un 12 - 15% son punciones en blanco^{9,10}. En las toracocentesis fallidas por los métodos clásicos, la utilización posterior de ecografía consigue el éxito en el 88% de los casos. La realización de ecografía posterior a toracocentesis en blanco, demostró que hasta en el 58% de los casos de toracocentesis en blanco por los métodos clásicos estaban realizadas por debajo del diafragma¹¹. La utilización de la ecografía como guía de punción para derrames pleurales, requiere que ésta y la toracocentesis se realicen en el mismo acto y no debe desplazarse al paciente para marcar el punto de punción, ya que, con frecuencia, pequeños cambios en la posición del mismo o en la orientación del transductor producen nuevamente toracocentesis en blanco.

Hoy en día, se recomienda realizar toracocentesis guiada con ecografía, siempre que dispongamos de un ecógrafo, independientemente de la cuantía del derrame, ya que pueden coexistir derrame pleural y elevación diafragmática, o bien lesiones fibróticas que simulen un derrame en la radiografía de tórax convencional (Figura 7). La ecografía puede detectar derrames pleurales no visibles con radiografía, siendo posible extraer muestra de líquido pleural en derrames de mínima cuantía. En los derrames pleurales loculados u organizados, puede orientarnos hacia el lugar con menos ecogenicidad, que será la zona de mayor rentabilidad en el caso de líquido (Figura 8).

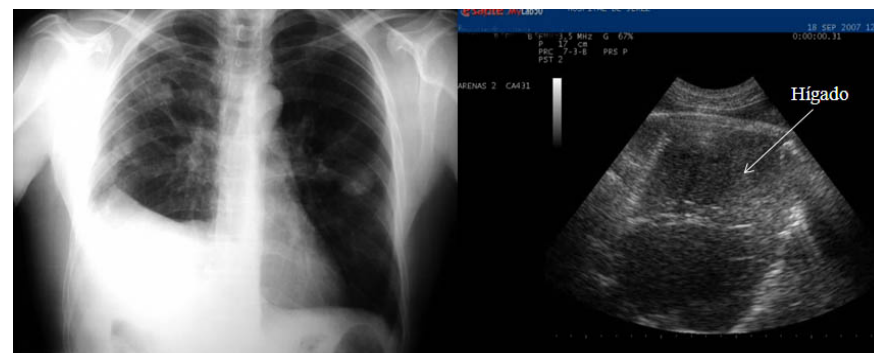
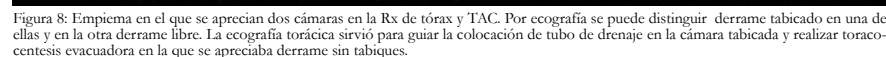
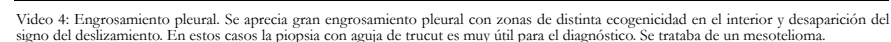


Figura 7: Radiografía de tórax posteroanterior de un paciente que ingresó por dolor torácico. A pesar de sugerir la radiografía derrame pleural, la ecografía mostró elevación del diafragma, sin derrame y tejido fibrótico. El paciente había sido sometido años antes a intervención quirúrgica de quiste hidatídico.



40

Rev. Econ. Bus. 2016, 28, (2), Suplemento 1, 33–45



Rev. Econ. Bus. 2016, 28, (2), Suplemento 1, 33–45

Rev. Econ. Bus. 2016, 28, (2), Suplemento 1, 33–45

Rev. Econ. Bus. 2016, 28, (2), Suplemento 1, 33–45

lesiones, ya sean tumores malignos o benignos, infiltrados pulmonares y abscesos. Las características ecográficas de las distintas patologías pulmonares ya se han descrito en otro apartado (Video 5).



Video 5: Tumoración pulmonar bien delimitada subpleural que se mueve con los movimientos respiratorios. La biopsia con aguja guiada dio el diagnóstico de granulomatosis de Wegener.

Las punciones transtorácicas con aguja fina, para el diagnóstico etiológico de neumonías, se han realizado desde hace muchos años. Tras quedar en desuso, la ecografía les ha dado un nuevo empuje, ya que permiten realizar las punciones con mayor seguridad¹⁵. La visión en tiempo real del infiltrado neumónico y la punción en el mismo acto, le confieren mayor seguridad y rentabilidad. Los abscesos pulmonares que contacten con la pleura también serán visibles con ecografía y la punción guiada con aguja fina nos aportará, en la mayoría de los casos, material suficiente para los cultivos (Figura 9).

La ecografía, como guía de punciones de lesiones periféricas pulmonares sospechosas de malignidad, es una herramienta más al lado de otras técnicas, como la TAC o la fluoroscopia. Las ventajas fundamentales frente a las otras son su gran accesibilidad y la visualización en tiempo real, sin radiar al paciente. Con la colaboración del mismo, se puede controlar la respiración para

mejorar la visión directa con ecografía. Con ella es visible la zona de tumor que está en contacto con la pleural visceral y, por tanto, no debe haber zona de pulmón aireado que se interponga. Esto hace que la punción guiada con ecografía tenga menor riesgo de neumotórax que la guiada con TAC, ya que, con esta última, se realizan también punciones de lesiones rodeadas de parénquima pulmonar.

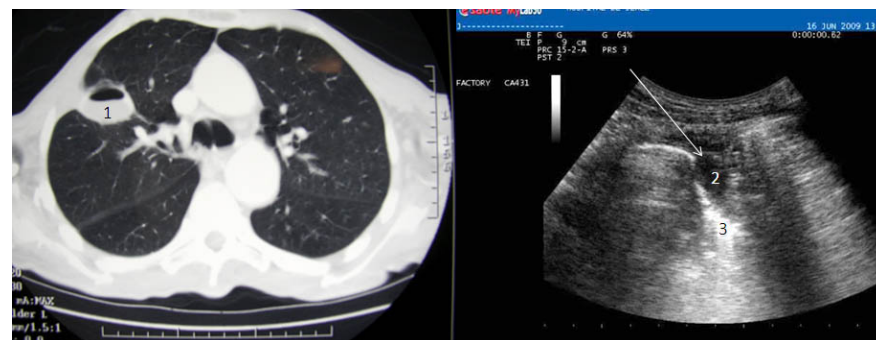


Figura 9: 1-Absceso pulmonar en contacto con la pleura. 2-Imagen del absceso con ecografía. La zona de líquido corresponde a la parte hipocóica. 3-La zona hiperecogénica corresponde a la zona de aire del absceso. La flecha indica la dirección de la aguja. Se cultivó *Acinetobacter* en el líquido extraído con PAAF.

Las tumoraciones pulmonares periféricas se visualizan con ecografía como zonas bien definidas, hipocogénicas, que dejan un refuerzo posterior y que se mueven con los movimientos respiratorios, salvo si infiltran la pared torácica. En ocasiones, son visibles distintas ecogenicidades en el interior de la lesión. Las zonas más hipocogénicas corresponden a puntos de mayor necrosis y, por tanto, de menor rentabilidad a la hora de tomar muestras. La sensibilidad que ofrece la toma de muestras guiada con ecografía de lesiones neoplásicas pulmonares periféricas es del 96,8% (Figura 10, video 6).

Kyung *et al.* han publicado recientemente una serie de 100 casos consecutivos de biopsias con aguja transtorácica, guiada con ecografía, de lesiones pulmonares periféricas. La rentabilidad de la técnica fue del 91,8%. El 57% de los casos diagnosticados fueron lesiones malignas y 42,3% benignas. Observaron que la rentabilidad de la técnica era mayor, de manera significativa, cuando las lesiones tenían un contacto con la pleura mayor de 3 cm¹⁶.

La ecografía con contraste ofrece la ventaja de visualizar con mayor claridad las zonas de tejido tumoral viable, comparado con aquellas zonas necróticas, que tendrán menos rentabilidad en las muestras de biopsia. Cao *et*

al. demostraron que el uso de contraste aumenta la rentabilidad al 93,6%, comparado con la rentabilidad sin contraste, que era del 78%¹⁷.

Para realizar punciones con ecografía de lesiones a nivel pulmonar, se debe tener en cuenta la colaboración del paciente. La tos y los movimientos respiratorios con la respiración hacen que este tipo de lesiones sean móviles. El paciente debe colaborar para disminuir los movimientos respiratorios e incluso, en ocasiones, es necesaria una apnea, para evitar que lesiones pequeñas se salgan del campo de visión.

Cuando se realizan punciones a nivel pulmonar de tumoraciones menores de 3 cm, es recomendable hacerlo con visión directa, debido a la movilidad de las mismas. La posibilidad de utilizar una guía de punción en estos casos mejora la visibilidad de la aguja.

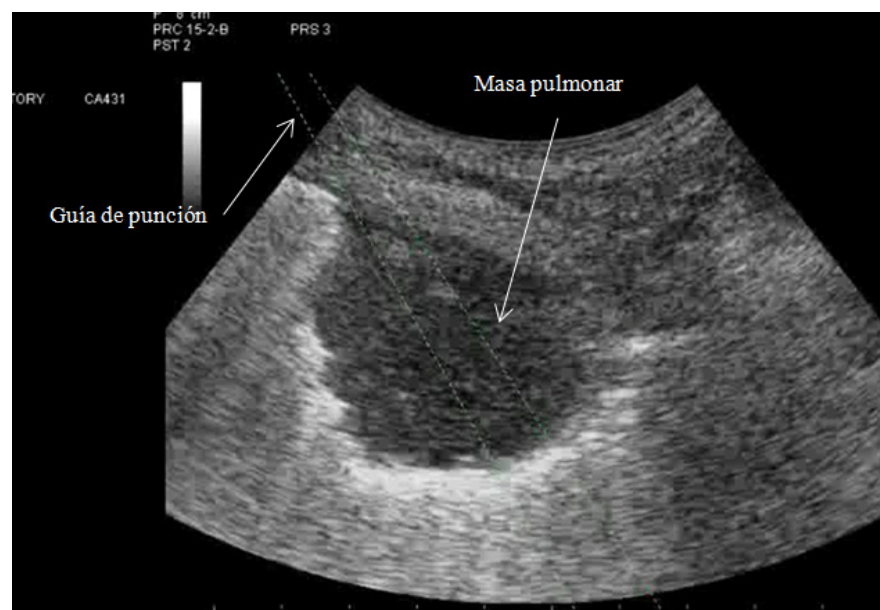


Figura 10: Masa pulmonar hipocóica con refuerzo posterior. Se aprecia las líneas del software de la guía de punción del ecógrafo por donde irá la aguja.



Vídeo 6: Pequeña tumoración subpleural polilobulada de unos 2 cm. Se utilizó la guía de punción para guiar la aguja. El diagnóstico fue de carcinoma no microcítico de pulmón.

Punciones en mediastino anterosuperior

Los tumores mediastínicos suelen asentar en mediastino anterior. Con frecuencia, contactan con la pared anterior del tórax, haciéndose visibles con ecografía. La exploración del mediastino suele realizarse con el paciente en decúbito supino y colocando el transductor a nivel supraesternal o paraesternal. En esta localización, se pueden visualizar con ecografía timomas, linfomas, tumores de células germinales, quistes dermoides, etc.

Para realizar punciones a nivel del mediastino, es fundamental utilizar el doppler para detectar la vascularización de las lesiones y la situación de los grandes vasos. Es importante evitar los vasos mamarios, que discurren paralelos al esternón (Figura 11).

La rentabilidad de las punciones en el mediastino, guiadas con ecografía, es muy alta, llegando al 93%, con una incidencia de complicaciones del 1%¹⁸. A este nivel, existen series publicadas por neumólogos, donde alcanzan una rentabilidad en una sola sesión de PAAF más biopsia del 93%¹⁹. La utilización de

ecografía, como guía de punción en masas localizadas en mediastino anterosuperior, puede evitar mediastinoscopias a estos pacientes. Las complicaciones, realizando de forma correcta las mediciones y empleando el doppler color, son escasas, rondando entre el 0 y el 4%, de forma global.

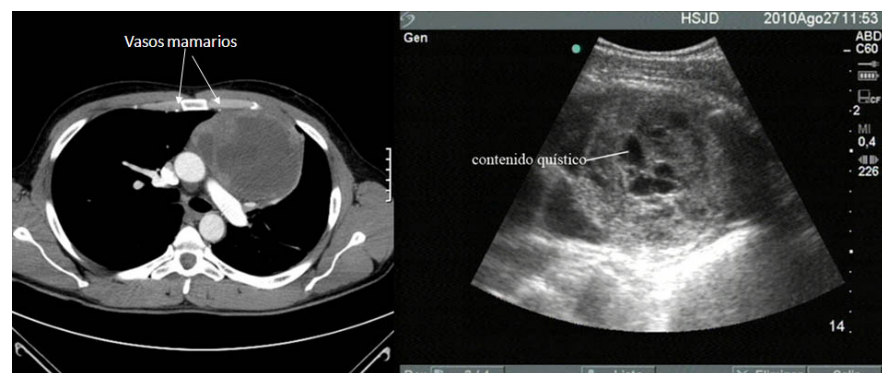


Figura 11: Masa mediastínica anterior en contacto con la pared del tórax. Con ecografía pueden distinguirse zonas quísticas hipocóicas. Se realizó punción biopsia y PAAF guiada con ecografía dando el diagnóstico de tumor germinal.

LA ECOGRAFÍA EN LA ESTADIFICACIÓN DEL CÁNCER DE PULMÓN

En los pacientes en estudio por cáncer de pulmón, pueden aparecer lesiones captantes en el PET, que sean visibles por ecografía. Stigt *et al.* demostraron que la ecografía es de gran utilidad para confirmar o descartar metástasis detectadas por PET y visibles por ecografía. Este autor, utilizaba la ecografía como guía de punciones tras el PET en lesiones supraclaviculares, lesiones que asentaban en el tórax y también de lesiones extratorácicas, visibles con ecografía. De una serie de 134, el 80% fueron malignas, 14% benignas y en el 7% las muestras fueron inadecuadas para el diagnóstico²⁰.

APRENDIZAJE DE REALIZACIÓN DE PUNCIONES ECOGUIADAS

La ecografía torácica es una técnica operador dependiente. Necesita de un período de aprendizaje para poder distinguir las diferentes estructuras y su relación. Normalmente, comienza por la localización de derrames pleurales. El alumno debe buscar siempre zonas de referencia, como el bazo y el hígado, que son fáciles de distinguir y, posteriormente, buscar por encima de estos

dos órganos las lesiones o derrames pleurales. Cuando el alumno es capaz de distinguir las distintas estructuras y ecogenicidades, puede comenzar a realizar mediciones. Para hacer punciones ecoguiadas, el primer paso será sobre derrames pleurales. Para realizar punciones con visión directa de lesiones sólidas, es recomendable practicar previamente con un fantoma, para entender y aprender la angulación que debe darse a la aguja, en función de la profundidad de la lesión. Una vez aprendida la técnica de punción, el último paso sería el aprendizaje de punciones sobre lesiones en el mediastino. Para ello, la utilización del doppler es imprescindible (Figura 12, vídeo 7).

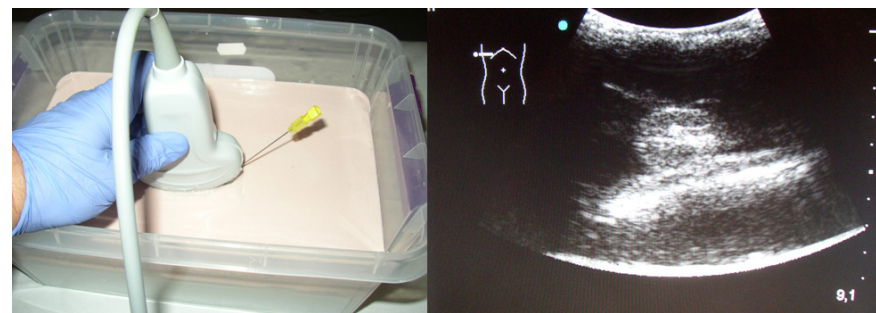
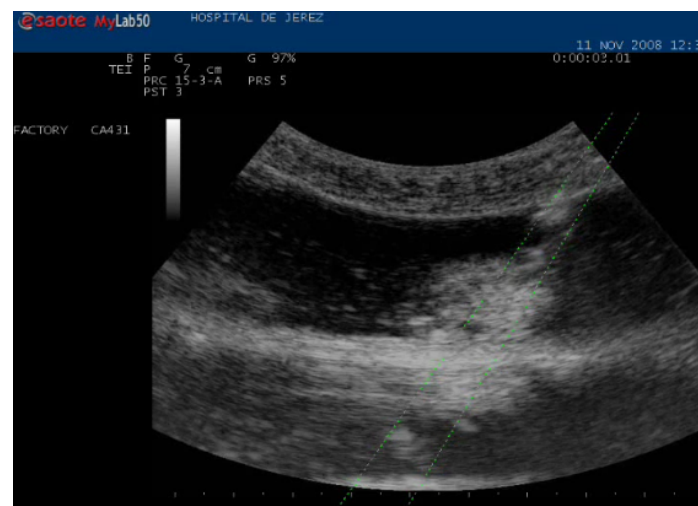


Figura 12: Fantoma para la práctica de punciones. Con la utilización de este tipo de fantasmas se puede aprender la correcta angulación de la aguja en función de la profundidad y la posición de las manos.



Vídeo 7: Utilización del fantoma y visión de la aguja en el fantoma.

PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE BIOPSIA Y CITOLOGÍA. TÉCNICAS INMUNOHISTOQUÍMICAS Y BIOMOLECULARES

La determinación de biomarcadores ha revolucionado el tratamiento del carcinoma de pulmón no microcítico, haciéndolo cada vez más individualizado. Estas determinaciones no están disponibles en todos los hospitales y las muestras tienen que ser derivadas a centros de referencia. Los servicios de oncología, con frecuencia, solicitan toma de nuevas muestras para realización de biomarcadores, ya sea en el contexto de ensayos clínicos o bien ante la escasez de material previo. Por todo esto, es imprescindible la coordinación entre los distintos niveles y hospitales, para que no existan demoras en el tratamiento e ineficiencias en todo el proceso, que supongan para el paciente un mayor sufrimiento.

De forma general, se recomienda obtener la mayor cantidad de material tumoral, sin que esto suponga un aumento del riesgo para el paciente.

Dentro del consenso nacional entre la Sociedad Española de Anatomía Patológica y la Sociedad Española de Oncología Médica, para la determinación de biomarcadores del carcinoma de pulmón no microcítico en estadio avanzado, se establecen las distintas pautas para el procesamiento de las muestras²¹.

En la fase preanalítica, se recomienda la fijación lo antes posible tras la obtención de la muestra y siempre deberá ser menos de una hora. Se aconseja fijar las muestras en formol neutro, tamponado al 10%. El tiempo de fijación óptimo se establece entre 8 y 24 horas para las muestras quirúrgicas grandes y entre 6 y 12 para las muestras pequeñas. Las muestras citológicas fijadas en alcohol, también pueden emplearse para la determinación de biomarcadores y proporcionan ADN de calidad.

La clasificación histológica es el primer biomarcador y, hoy en día, se recomienda realizar siempre técnicas inmunohistoquímicas para determinar la estirpe del carcinoma de pulmón no microcítico. El diagnóstico exacto va a determinar el tipo de terapia oncológica y la realización de biomarcadores, para individualizar más el tratamiento²². La realización de técnicas inmunohistoquímicas y, posteriormente, biomoleculares, hace que el número de extensiones requerido en el caso de la PAAF sea mayor. En el caso de punciones con biopsias, si es posible, obtendremos al menos tres muestras.

Las muestras obtenidas mediante broncoscopia, biopsias con aguja gruesa, ecobroncoscopia (EBUS), punción con aguja fina (PAAF) y toracoscopia, son útiles para realización de determinaciones biomoleculares, siempre que

cumplan determinados requisitos. Por tanto, las muestras obtenidas mediante PAAF transtorácica también son útiles. En el Consenso Nacional de las Sociedades de Anatomía patológica y Oncología, se establece que, si la proporción tumoral es adecuada, se puede retirar el cubre de la extensión citológica y raspar con cuchilla todo el porta, para obtener el material a procesar. Las mutaciones estandarizadas, hoy en día, son el EGFR y las translocaciones cromosómicas para el gen ALK. Sin embargo, hay otras muchas que están en investigación.

CONCLUSIONES

La ecografía es una herramienta muy útil para guiar procedimientos de punciones citológicas y biopsias en el tórax. La incorporación de los equipos de ecobroncoscopia ha hecho que el neumólogo se vaya introduciendo en el campo de la ecografía. La técnica puede ser realizada por neumólogos en las unidades de técnicas con un entrenamiento previo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Koh DM, Burke S, Davies N et al. Transthoracic US of the chest: clinical uses and applications. *Radiographics* 2002; 22: 22.
2. Yang PC. Ultrasound-guided transthoracic biopsy of chest. *Radiologic clinics of North America* 2000; 38: 323-343.
3. Mathis G, editor. *Chest Sonography*. Berlin: Springer-Verlag; 2011. P 187-209.
4. Yao X, Gomes MM, Tsao MS et al. Fine-needle aspiration biopsy versus core-needle biopsy in diagnosing lung cancer. *Curr Oncol* 2012; 19: 16-27.
5. Diacon AH, Theron J, Schubert P et al. Ultrasound assisted transthoracic biopsy: fine-needle aspiration or cutting-needle biopsy? *Eur Respir J* 2007; 29: 357-62.
6. Schubert P, Wright CA, Louw M et al. Ultrasound assisted transthoracic biopsy: cells or sections? *Diagn Cytopathol* 2005; 33: 233-7.
7. Diacon AH, Schuurmans MM, Theron J et al. Safety and yield of ultrasound assisted transthoracic biopsy performed by pulmonologists. *Respiration* 2004; 71: 519-522.
8. Diacon AH, Theron J, Schubert P et al. Ultrasound-assisted transthoracic biopsy: fine needle aspiration or cutting-needle biopsy? *Eur Respir J* 2007; 29: 357-362.
9. Heffner JE, Klein JS, Hampson C. Diagnostic Utility and Clinical Application of Imaging for Pleural Space Infections. *Chest* 2010; 137: 467 - 479.
10. Gordon CE, Feller-Kopman D, Balk EM et al. Pneumothorax following thoracentesis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med* 2010; 170: 332-339.
11. Weingardt JP, Guico RR, Nemcek AA Jr et al. Ultrasound findings following failed, clinically directed thoracenteses. *J Clin Ultrasound* 1994; 22: 419-426.

12. Chang DB, Yang PC, Luh KT et al. Ultrasound-guided pleural biopsy with Tru-Cut needle. *Chest* 1991; 100: 1.328-1.333.
13. Koegelenberg CF, Bolliger CT, Theron J et al. Direct comparison of the diagnostic yield of ultrasound-assisted Abrams and Tru-Cut needle biopsies for pleural tuberculosis. *Thorax* 2010; 65: 857-862.
14. Hallifax RJ, Corcoran JP, Ahmed A et al. Physician-based ultrasound-guided biopsy for diagnosing pleural disease. *Chest* 2014; 146: 1.001-1.006.
15. Wrightson JM, Crook DWM et al. Safety and acceptability of bedside ultrasound-guided transthoracic lung needle aspiration (TNA) in pneumonia. *Thorax* 2014; 69: A24: 1.136.
16. Jeon KN, Bae K, Park MJ et al. Us-guided transthoracic biopsy of peripheral lung lesions: pleural contact length influences diagnostic yield. *Acta Radiol* 2013; 55: 3.
17. Cao BS, Wu JH, Li XL et al. Sonographically guided transthoracic biopsy of peripheral lung and mediastinal lesions: role of contrast-enhanced sonography. *J Ultrasound Med* 2011; 30: 1.479-1.490.
18. Blank W. Interventional chest sonography. *Chest Sonography* 2008; 183-205.
19. Koegelenberg CFN, Diacon AH, Iruen EM et al. The diagnostic yield and safety of ultrasound-assisted transthoracic biopsy of mediastinal masses. *Respiration* 2011; 81: 134-141.
20. Stigt JA, Oostdijk AH, Boers JE et al. Percutaneous ultrasound-guided biopsies in the evaluation of thoracic tumours after PET-CT: A prospective diagnostic study. *Respiration* 2012; 83: 45-52.
21. Gómez JJ, De Castro J, Concha A et al. Recomendaciones para la determinación de biomarcadores en el carcinoma de pulmón no microcítico avanzado. Consenso Nacional de la Sociedad Española de Anatomía Patológica y de la Sociedad Española de Oncología Médica. *Rev Esp Patol.* 2012; 45: 14-28.
22. Sánchez Hernández IM, Resano Barrio MP. Quimioterapia. Nuevas terapias diana. *Actualizaciones NeumoMadrid*. Vol XIX 2012; 159-177.

LA ECOGRAFÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA ENFERMEDAD TROMBOEMBÓLICA VENOSA

T. Elías Hernández, R. Morillo Guerrero, L. Jara Palomares, R. Otero Candelera.

Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla.

RESUMEN

La trombosis venosa profunda (TVP) y el tromboembolismo pulmonar (TEP) son manifestaciones clínicas distintas de una misma enfermedad, la enfermedad tromboembólica venosa (ETV). La ecografía de miembros inferiores es la técnica de imagen de elección para el diagnóstico de la TVP. Para el neumólogo, cuyo objetivo sería el diagnóstico de la TVP, no es necesario realizar una ecografía doppler, ya que se puede hacer el diagnóstico mediante ecografía compresiva bidimensional en escala de grises. El signo ecográfico más sensible (S) y específico (E) para el diagnóstico de TVP de miembros inferiores es la falta de compresibilidad de la vena (S 91% y E 99%). Además, nos puede dar un diagnóstico alternativo distinto a la TVP. Tanto la ecografía compresiva en dos puntos, realizada de forma seriada, como la ecografía compresiva completa única, son técnicas ecográficas que han demostrado ser seguras para descartar TVP, con una baja incidencia de ETV a los 3 meses de seguimiento.

La ecografía torácica es útil clínicamente para el diagnóstico del TEP y puede ser una alternativa al angioTAC de tórax en grupos especiales de pacientes, como enfermos renales o embarazadas. El hallazgo ecográfico más característico es la existencia de una zona hipoecoica de base pleural y morfología triangular, localizada en la zona donde el paciente ha tenido dolor pleurítico. Además de hallazgos parenquimatosos, podemos encontrar hallazgos vasculares y pleurales. La sensibilidad de la ecografía para

el diagnóstico de TEP es del 74% y la especificidad del 95%. Su principal limitación es que sólo permite detectar lesiones tromboembólicas que afecten a la periferia. La ecografía multiórgano (miembros inferiores, corazón y tórax) ha demostrado mejores resultados que la ecografía de cada órgano por separado en la sospecha de TEP y podría ser útil para seleccionar a aquellos pacientes a los que no habría que realizar angioTAC de tórax.

Palabras clave: enfermedad tromboembólica, trombosis venosa profunda, tromboembolismo pulmonar, ecografía de miembros inferiores, ecografía torácica.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad tromboembólica venosa (ETV), entidad que comprende la trombosis venosa profunda (TVP), el tromboembolismo pulmonar (TEP) ó ambos, es un problema de salud pública que causa una importante morbilidad y mortalidad¹, con un alto coste y consumo de recursos². Aproximadamente, dos tercios de los pacientes con ETV presentan TVP y el tercio restante TEP, siendo ésta la primera causa de mortalidad en la ETV.

La TVP y el TEP son, por tanto, manifestaciones clínicas distintas de una misma enfermedad, por lo que comparten procedimientos diagnósticos y tratamientos comunes. La existencia de TVP silente hace que el TEP pueda ser la primera manifestación clínica de la enfermedad, por lo que la ecografía de miembros inferiores es una prueba de imagen que ha sido incorporada en los algoritmos diagnósticos del TEP^{3,4}. Por lo tanto, en un paciente con sospecha clínica de ETV, deberíamos realizar una exploración del sistema venoso periférico. El hallazgo ecográfico pulmonar más característico es la existencia de una zona hipoecoica de base pleural y morfología triangular, localizada en

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Teresa Elías Hernández
teresa.elias.sspa@juntadeandalucia.es

la zona donde el paciente ha tenido dolor pleurítico. Además de hallazgos parenquimatosos, podemos encontrar hallazgos vasculares y pleurales característicos. La sensibilidad de la ecografía para el diagnóstico de TEP es del 74% y la especificidad del 95%. Su principal limitación es que sólo permite detectar lesiones tromboembólicas que afectan a la periferia.

LA ECOGRAFÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA TROMBOSIS VENOSA PROFUNDA

Anatomía y nomenclatura del sistema venoso de las extremidades inferiores

El sistema venoso es el responsable de transportar la sangre de la periferia al corazón, con objeto de que en los pulmones pueda ser oxigenada y así nutrir a los diferentes tejidos con el oxígeno necesario.

En las extremidades inferiores debemos distinguir dos sistemas venosos, el profundo (SVP) y el superficial (SVS), que se encuentran íntimamente conectados. La alteración venosa o la disfunción de los mismos son los causantes de la patología venosa. El SVP es el responsable del transporte del 90% del flujo venoso de los miembros inferiores (esta sangre proviene de la musculatura) y el 10% restante circula por el SVS (esta sangre proviene del drenaje venoso de la piel y del tejido subfascial). Ambos sistemas se encuentran unidos entre sí por venas que se denominan perforantes o comunicantes.

La guía de la *American College of Radiology-American Institute of Ultrasound in Medicine-Society of Radiologist in Ultrasound*⁶ (ACR-AIUM-SRU) recomienda utilizar el término proximal y distal, tomando como referencia la articulación de la cadera: proximales son las venas cercanas a la cadera (femoral común, femoral profunda, femoral y poplítea) y distales, las más alejadas (venas de la pantorrilla). Las venas de la pantorrilla, anatómicamente, son venas profundas⁶, aunque a veces puede haber confusión, debido a que la historia natural y el tratamiento de las trombosis distales es distinto al de la trombosis de las venas proximales.

Sistema venoso superficial (SVS)

Está formado por las venas superficiales de las extremidades que se hayan en el tejido celular subcutáneo. Este sistema venoso da lugar al arco plantar y a las venas plantares que, a su vez, drenan en el sistema safeno, en el que hay que distinguir entre safena interna y externa.

Vena safena interna: este sistema se inicia en el maléolo interno y se extiende

a nivel de la cara interna de la extremidad, para confluir en el cayado de la safena interna a nivel de la femoral común. Durante este recorrido por la cara interna de la extremidad, existen diversas colaterales o comunicaciones con el SVP y con la safena externa.

Vena safena externa: el sistema de la safena externa se alimenta de las venas del dorso del pie así como de la región latero-posterior de la extremidad, y desemboca a nivel de la vena poplítea, en el hueco poplíteo o por encima en algunos casos.

Sistema venoso profundo (Figura 1)

Las venas profundas están por debajo de la musculatura y toman el nombre de las arterias a las que acompañan, siguiendo el mismo trayecto, aportando el 90% de la sangre venosa de la extremidad. A nivel distal, las venas profundas son dobles: dos tibiales anteriores, dos posteriores y dos peroneas. La poplítea puede ser única o doble y está formada por la unión del tronco venoso tibio-peroneo y de la vena tibial anterior. A partir del canal de los abductores se denomina vena femoral (previamente denominada vena femoral superficial⁶), que continúa en sentido proximal hasta formar la vena femoral común. A partir del triángulo de Scarpa, se forma la vena iliaca externa (que es la prolongación de la femoral común), que se continúa con la iliaca común, dando lugar finalmente a la vena cava inferior (VCI).

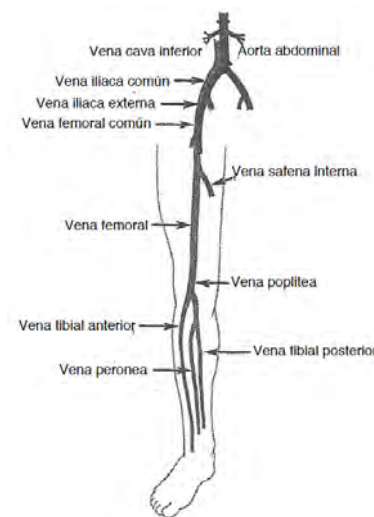


Figura 1: Sistema Venoso Profundo de la Extremidad Inferior

En la pantorrilla hay también venas profundas que están localizadas en el interior del músculo: la vena del sóleo y la vena del gastrocnemio. En estas venas es donde frecuentemente se inicia la formación del trombo⁷.

Existen variantes anatómicas de las venas de las extremidades⁸. La vena femoral está duplicada en el 33% de los casos, siendo esta duplicación en forma de ojal. La duplicación puede variar de 1 a 30 cm, siendo la media de 10 cm, aunque la mayoría de las duplicaciones son de pequeño tamaño. La vena poplítea, a la altura del hueso poplíteo, es única en el 56% de los casos, doble en el 42% y triple en el 2%.

Las venas perforantes comunican el SVS con el SVP permitiendo, por medio de sus válvulas, el flujo unidireccional del primero al segundo. La incompetencia valvular de las venas perforantes da lugar a la aparición de varices superficiales.

Instrumental para la evaluación del sistema venoso. Técnicas ecográficas:

La ecografía bidimensional de miembros inferiores ha revolucionado el diagnóstico de la TVP. La exploración en tiempo real con la ecografía en modo B, combinada con la ecografía doppler doble y la ecografía doppler de flujo en color, aporta información anatómica objetiva muy parecida a la que proporciona la flebografía (patrón oro), así como información fisiológica sobre la hemodinámica venosa.

Hoy en día, la ecografía es la técnica de imagen de elección⁹ por su bajo coste, su carácter no invasivo, gran disponibilidad, movilidad y su demostrada exactitud. Todo ello, unido inicialmente a la difusión de las heparinas de bajo peso molecular y, hoy en día, a los anticoagulantes orales de acción directa, ha facilitado enormemente el manejo ambulatorio de la TVP.

Además de para el diagnóstico de la TVP, la ecografía tiene otras aplicaciones, como es el estudio de la incompetencia venosa, el mapeo venoso preoperatorio y la evaluación de la permeabilidad del sistema venoso antes de la inserción de catéteres venosos.

La guía de la *American College of Radiology-American Institute of Ultrasound in Medicine-Society of Radiologist in Ultrasound*⁶ (ACR-AIUM-SRU) describe de forma detallada el examen mediante ecografía-doppler del sistema venoso.

La ecografía bidimensional de escala de grises, gracias a la localización relativamente superficial de las venas y a la ausencia de estructuras interpuestas, nos permite obtener imágenes de gran resolución de la mayoría de las venas periféricas, con muy pocas excepciones. Esta localización superficial permi-

te utilizar transductores de mayor frecuencia. En la mayoría de los casos, se puede utilizar un transductor de red física lineal de 5 MHz para visualizar las venas femoropoplíteas. En pacientes obesos o en los casos de tener que evaluar las venas ilíacas o la vena VCI, puede ser necesario un transductor de 3,5 MHz, con objeto de conseguir una profundidad de penetración adecuada. Utilizando transductores de frecuencia superior (7,5 MHz) se pueden visualizar perfectamente las venas superficiales. En general, para mejorar la resolución hay que utilizar el transductor de máxima frecuencia, que proporcione la profundidad de penetración adecuada.

La ecografía-doppler (con análisis espectral cuantitativo doble y doppler cualitativo de flujo en color) nos proporciona información anatómica y fisiológica, y así podemos obtener una información muy completa en relación a los trastornos vasculares, no sólo venosos, sino también arteriales. La ecografía-doppler de flujo en color permite simplificar las exploraciones y reducir el tiempo de estudio, explorar rápidamente segmentos muy extensos del sistema venoso y aportar información en segmentos inaccesibles a la compresión (subclavia o venas de las piernas de personas de gran tamaño).

No se ha demostrado que las técnicas ecográficas que incorporan función doppler o doppler-color sean superiores a la ecografía compresiva para el diagnóstico de la TVP. Por lo tanto, para el neumólogo, cuyo objetivo sería el diagnóstico de la TVP, no sería necesario disponer de un ecógrafo doppler-color^{10, 11}, pudiéndose utilizar el mismo ecógrafo bidimensional sin doppler que se utiliza para el tórax. La ecografía a realizar sería bidimensional en escala de grises. Los transductores que dan mejores imágenes del sistema venoso son los lineales de 7 MHz, pero si sólo disponemos de uno para el tórax y los miembros inferiores, debería ser convexo de 5 MHz.

Procedimiento técnico: ecografía compresiva.

Se deben explorar ambos miembros inferiores (ya que puede haber TVP asintomática), empezando por el miembro sano, para compararlo posteriormente con el lado afecto. Presionando ligeramente la pierna con el transductor, una vena normal se colapsa completamente y su pared coaptan. El grado de presión necesaria varía dependiendo de la profundidad y la localización de la vena, pero siempre es menor que la que se requiere para comprimir la arteria contigua.

Durante la exploración, el paciente se coloca en decúbito supino, con la pierna en abducción y en rotación externa, y la rodilla ligeramente flexionada

(Figura 2). La exploración convencional comienza por la vena femoral común proximal, en la región inmediatamente distal al ligamento inguinal. El latido arterial nos sirve para distinguir durante todo el trayecto la posición de la arteria y la vena. La arteria, al contrario que la vena, no se colapsa y podemos visualizar los latidos durante la exploración. Las venas se visualizan en el plano transversal y se van comprimiendo escalonadamente cada 2 - 3 cm, siguiendo el trayecto de la vena en dirección caudal. Desde el cayado de la femoral continuamos con la femoral común, femoral profunda y femoral distal, en el canal del adductor. La zona del canal de los adductores la podemos considerar una zona ciega, ya que con frecuencia no podemos comprimir la vena, pero es extremadamente raro tener una trombosis aislada de la femoral distal a este nivel sin afectación más proximal ni a nivel poplíteo. En este plano se visualizan también las venas femoral profunda proximal y safena interna. La vena poplitea se explora en decúbito prono, con el pie apoyado sobre una almohada para mantener la rodilla ligeramente flexionada o bien en decúbito lateral izquierdo. Según nuestra experiencia¹², nosotros realizamos la exploración de la vena poplítea con el paciente sentado al borde de la camilla y con las piernas apoyadas en un taburete (Figura 3). Esta posición favorece el relleno venoso, facilitando la localización de la vena a nivel poplíteo. El sistema venoso pélvico se visualiza con dificultad, debido a su profundidad y a la interposición del gas intestinal.



Figura 2: Colocación del paciente para la exploración de vena femoral común, cayado, vena femoral y safena interna proximal.



Figura 3: Colocación del paciente para exploración de vena poplítea y pantorrilla.

Debemos también explorar las áreas sintomáticas de la pantorrilla si en la exploración convencional no observamos datos patológicos⁵. De esta forma, en ausencia de trombosis, podemos hacer otros diagnósticos alternativos que justifiquen la sintomatología del paciente.

Presionando ligeramente la pierna con el transductor, una vena normal se colapsa completamente y su paredes coaptan (Figura 4, video 1). El signo ecográfico más sensible y específico para el diagnóstico de TVP¹³ de miembros inferiores es la falta de compresibilidad de la vena (S 91% y E 99%) (Figuras 5 y 6; videos 2 y 3). La visualización de ecos en el interior de la vena, el aumento de diámetro de la misma y la falta de flujo son signos indirectos y tienen menor S y E.

La sensibilidad para el diagnóstico de TVP proximal sintomática es del 89 - 96% y la especificidad del 94 - 99%. Esta S baja al 79% cuando el paciente está asintomático. En el territorio distal, en el paciente sintomático, la S es del 73 - 75%, y la especificidad es del 99%¹⁴. Si el paciente está asintomático, la S baja, oscilando entre el 33 y el 58%.

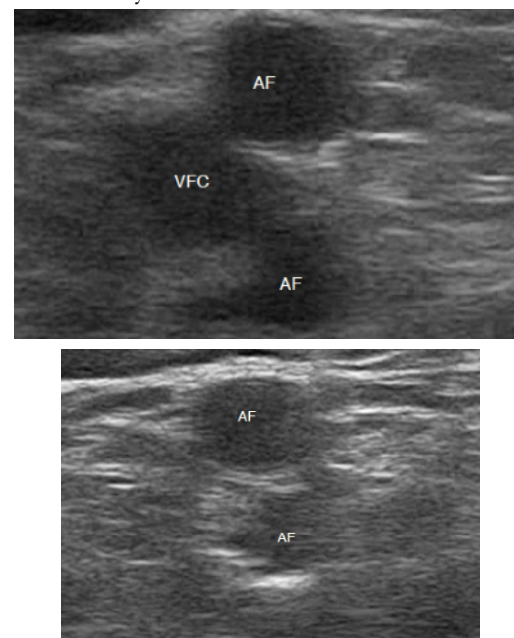
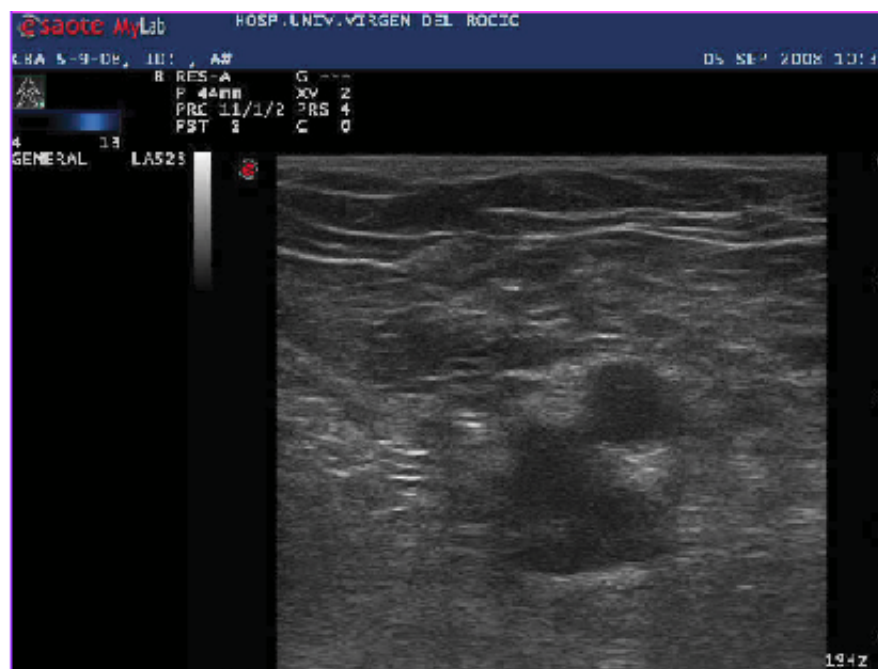


Figura 4: Corte transversal de la vena. A: VFC sin comprimir. B: tras maniobra de compresión desaparece totalmente la luz de la vena. AF: arteria femoral; VFC: vena femoral común.



Video 1

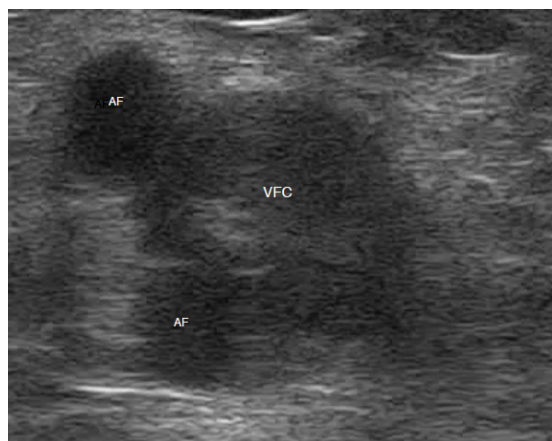


Figura 5: TVP aguda de vena femoral común. TVP: trombosis venosa profunda; AF: arteria femoral; VFC: vena femoral común. Con la maniobra de compresión, la vena femoral común no se comprime, su luz está ocupada por material trombótico.

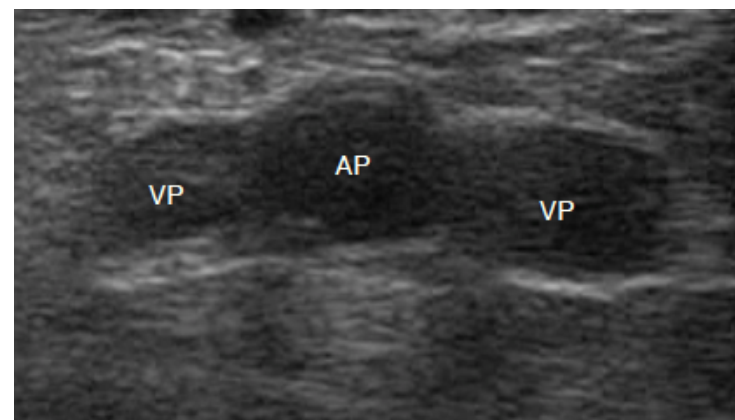
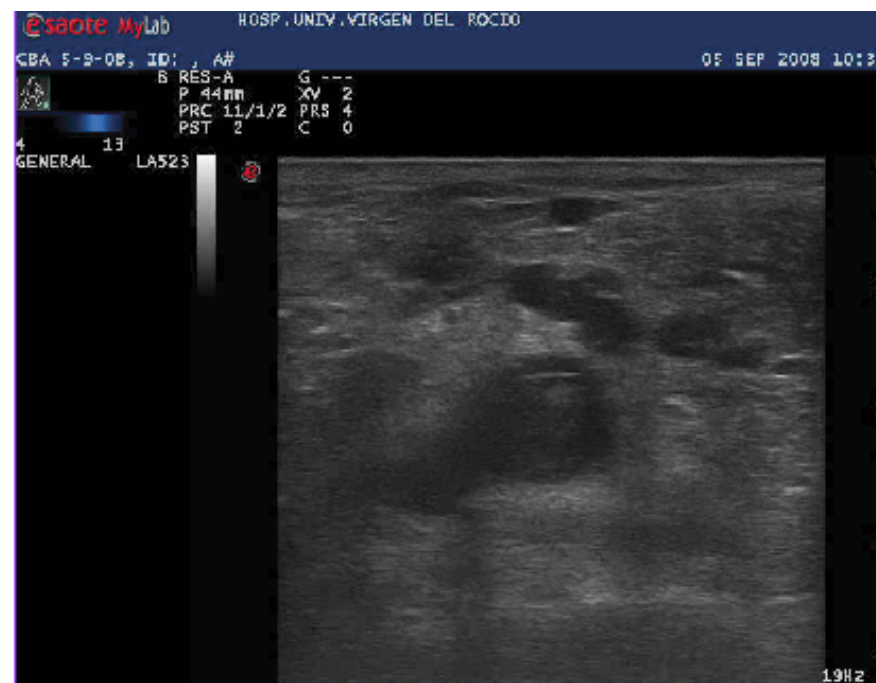
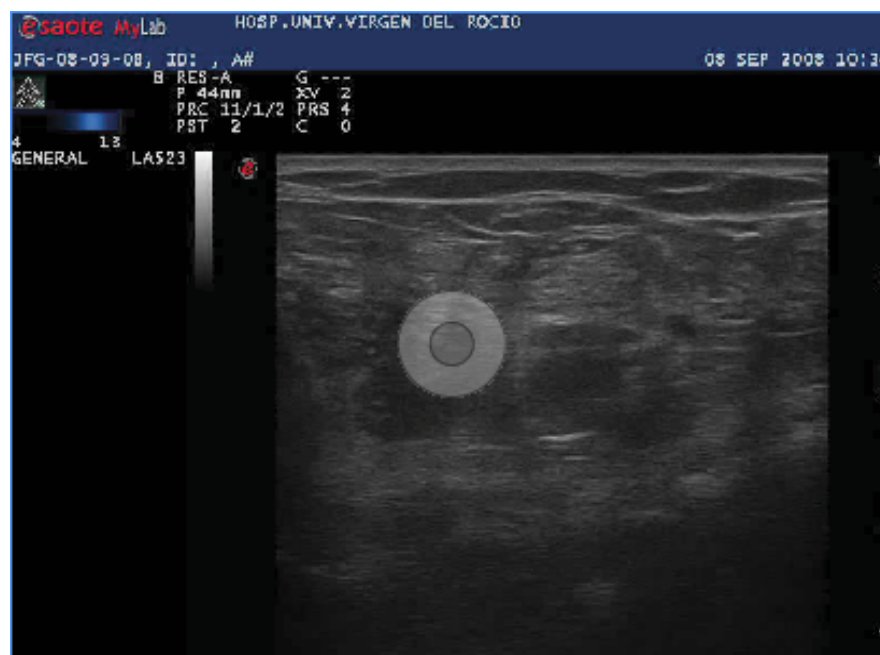


Figura 6: TVP aguda de venas popliteas. TVP : trombosis venosa profunda; VP: vena poplitea; AP: arteria poplitea. Con la maniobra de compresión, las venas popliteas no se comprimen, su luz está ocupada por material trombótico.



Video 2



Video 3

Aplicaciones y limitaciones de la ecografía compresiva

La ecografía compresiva nos permite realizar un seguimiento de los pacientes con trombosis aguda hasta su resolución completa o hasta la estabilización de los cambios a trombosis crónica. Posteriormente, conociendo si se ha resuelto completamente la trombosis o conociendo el tamaño del trombo residual, en caso de sospecha de recidiva, podríamos identificar fácilmente una trombosis aguda nueva o superpuesta a la anterior. Por este motivo, algunos autores recomiendan realizar una ecografía justo en el momento de la suspensión del tratamiento anticoagulante, para tomarla como referencia basal.

La ecografía, además, nos permite diagnosticar otras patologías que cursan con síntomas similares a los de una TVP: quiste de Baker, derrame articular, hematomas, linfedema o adenopatías.

Las limitaciones a la exploración de los miembros inferiores pueden ser debidas a obesidad, edema, dolor a la presión, férulas o diferentes mecanismos de inmovilización. Posibles falsos positivos pueden ser debidos a compresiones

extrínsecas de una vena por una masa pélvica u otra patología perivascular. Los falsos negativos pueden ser debidos a trombosis de las venas más distales en la pantorrilla, venas duplicadas y también en trombosis asintomática. Tampoco es una técnica rentable para el diagnóstico de trombosis de las venas intraabdominales, como la cava o las ilíacas.

Especialmente difícil puede ser la interpretación de una ecografía en un paciente con antecedente previo de TVP y sospecha de nueva trombosis. Con el paso del tiempo, los trombos experimentan una organización fibroelástica, con retracción del coágulo, oclusión crónica o aumento del grosor de las paredes del segmento afectado. Estos cambios dificultan la visualización del coágulo e impiden la compresión venosa completa. Por este motivo, la ecografía de compresión tiene poca utilidad en el diagnóstico de la trombosis crónica, pero la ecografía-doppler de flujo en color puede ayudarnos a diferenciar entre una trombosis aguda y cambios crónicos.

Ecografía venosa compresiva en dos puntos frente a ecografía venosa compresiva completa

La ecografía compresiva en dos puntos (vena femoral común y poplítea) de forma seriada ha sido ampliamente evaluada en la literatura¹⁵. Dos exploraciones negativas, con una semana de diferencia entre ambas, predicen un riesgo muy bajo de enfermedad tromboembólica a los tres meses de seguimiento. La ecografía compresiva en dos puntos detecta TVP entre 2 - 5,7% de los casos, tras repetir la exploración a la semana¹⁶.

Algunos clínicos recomiendan la realización de una ecografía compresiva completa única, desde el muslo hasta el tobillo. Esta estrategia es generalmente segura, con menos de 1% de recurrencia de enfermedad tromboembólica venosa a los tres meses de seguimiento^{17, 18} y, además, nos permite realizar un diagnóstico alternativo al de la trombosis.

Estudios realizados comparando ambas técnicas han puesto de manifiesto que son seguras para descartar TVP, con una baja incidencia de ETV a los 3 meses de seguimiento (0,9 - 2%)^{16, 18, 19}. La ecografía completa tiene la ventaja de que sólo hay que realizar una exploración por paciente, pero se diagnostican un mayor número de trombosis distales. La ecografía en dos puntos se realiza en un menor tiempo, pero tenemos que repetir la exploración en 4 de cada 5 pacientes.

Algoritmos diagnósticos de la TVP

El diagnóstico de confirmación de la TVP requiere de la realización de una

ecografía del sistema venoso de las extremidades inferiores. Sin embargo, no sería costo-efectivo realizar ecografía a todos los pacientes, ya que esta enfermedad se confirma sólo en el 20% de los casos en los que se sospecha. Por este motivo, para simplificar el número de exploraciones a realizar, se recomiendan algoritmos diagnósticos basados en la probabilidad clínica pretest y en la determinación de Dímero-D, que nos van a permitir seleccionar a aquellos pacientes que se beneficiarían de la realización de la prueba de imagen^{3,9}. El algoritmo ideal sería aquel que mejor se adapte a los recursos y rentabilidad diagnóstica de cada área sanitaria.

LA ECOGRAFÍA TORÁCICA EN EL DIAGNÓSTICO DEL TROMBOEMBOLISMO PULMONAR

En el tromboembolismo pulmonar, como consecuencia de la oclusión aguda de las arterias pulmonares, se ponen en marcha una serie de mecanismos fisiopatológicos, tanto de origen mecánico (defectos de perfusión) como celular (liberación de sustancias vasoactivas y proinflamatorias), que dan lugar a alteraciones en el parénquima pulmonar²⁰. Esos cambios, que se producen en el parénquima afecto, crean una ventana de ultrasonidos que permite que las ondas viajen hasta el interior del pulmón.

Para que esas alteraciones puedan ser detectadas en la ecografía torácica, es necesario que haya afectación de la superficie pleural adyacente a la zona de parénquima afectado, bien de forma directa (infarto pulmonar) ó indirecta (atelectasia, derrame pleural) ya que se crea una ventana acústica que permite que los ultrasonidos penetren en los tejidos más profundos (Figura 7). Como consecuencia de la presencia de lesiones asociadas al tromboembolismo pulmonar, la línea pleural adyacente a dichas lesiones pierde su ecogenicidad y adquiere una forma irregular o fragmentada.

El equipamiento necesario y el procedimiento para la realización de la ecografía torácica es objeto de otro capítulo de esta monografía.

Características de las lesiones asociadas al tromboembolismo pulmonar

Los hallazgos ecográficos asociados al tromboembolismo pulmonar se clasifican, en función de la estructura anatómica que afecte, en parenquimatosos, pleurales y vasculares²¹ (Figura 8).

Hallazgos parenquimatosos: el hallazgo ecográfico más característico es la existencia de una zona hipoecoica de base pleural y morfología triangular, locali-

zada en la zona donde el paciente ha tenido dolor pleurítico (>85%, Figura 9). El resto de lesiones tienen morfología redondeada o poligonal. Independientemente de la forma, la lesión es homogénea, se extiende hasta la superficie pleural y suele ser mayor de 2 cm. En la quinta parte de los casos, encontramos una zona central hiperecoica que indica acupación por aire del bronquiolo afecto y que se considera un signo de afectación segmentaria.

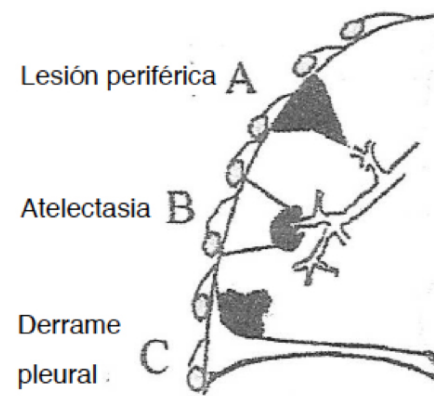


Figura 7: Hallazgos ultrasónicos en la ecografía torácica: directos (A) ó indirectos (B,C) a través de una "ventana ultrasónica" como atelectasias (B) ó derrame pleural (C)

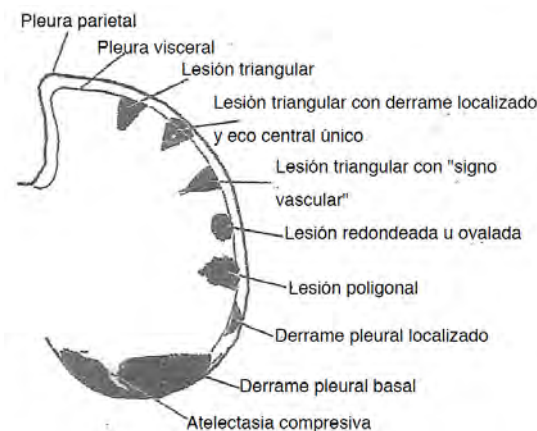


Figura 8: Representación esquemática de los hallazgos parenquimatosos, pleurales y vasculares asociados al TEP.



Figura 9: Lesión ecográfica típica del TEP: zona hipocóica de base pleural, y morfología triangular.

El número de lesiones ecográficas que podemos encontrar en un paciente es variable, tanto en tamaño (5 - 20 mm) como en número (2,6 lesiones de media); se localizan principalmente en los lóbulos inferiores (79,7%), preferentemente del pulmón derecho. La presencia de múltiples consolidaciones en la zona afecta por el dolor pleurítico incrementa la probabilidad de que la causa sea un tromboembolismo pulmonar. Si las lesiones no se resuelven en pocos horas o la resolución es incompleta, éstas adoptan una morfología no homogénea y se hacen más ecoicas, con forma triangular y bordes bien delimitados, irregulares o dentados. Si estas lesiones no se complican en forma de neumonía o abscesos, van disminuyendo progresivamente de tamaño, desapareciendo en semanas o meses. Como secuela de estas lesiones pueden aparecer irregularidades en la superficie pleural adyacente, debido al proceso fibrótico local.

Hallazgos pleurales: el derrame pleural es un hallazgo frecuente en el tromboembolismo pulmonar (más del 50% de los casos)²². Suele ser localizado y basal. Este derrame se caracteriza por la existencia de una dehiscencia circunscrita entre la pleura parietal y visceral, provocada por un proceso inflamatorio parenquimatoso, que afecta a la pleura adyacente. La línea pleural adyacente a la lesión tiene bordes convexos, es menos ecogénica y aparece fragmentada.

Hallazgos vasculares: la exploración ecográfica con doppler-color puede aportar información adicional. En las zonas infartadas no vamos a detectar flujo en color (consolidación con escasa perfusión); y en zonas que se van recanalizando durante el seguimiento vamos a poder ir viendo una reaparición de la señal de flujo. También podemos ver en ocasiones un vaso congestivo en el vértice de una lesión subpleural hipodensa y que se corresponde con una arteria pulmonar de paredes engrosadas en torno a un trombo intraluminal organizado.

En un estudio realizado en 352 pacientes con sospecha de TEP²³, se analiza la utilidad de la ecografía torácica para el diagnóstico de TEP y se compara con el angioTAC de tórax como técnica de imagen de referencia. Los criterios diagnósticos de TEP establecidos para la ecografía torácica fueron:

- 1- TEP confirmado: 2 ó más lesiones subpleurales de morfología triangular o redondeada.
- 2- TEP probable: 1 lesión subpleural de morfología triangular junto con un pequeño derrame pleural.
- 3- TEP posible: lesión subpleural inespecífica < de 5 mm o pequeño derrame pleural único.
- 4- TEP no establecido: ecografía normal. El TEP se confirmó mediante angioTAC en 194 pacientes (55%). En el 74% de los pacientes con TEP confirmado se encontraron en la ecografía torácica lesiones subpleurales y en el 49%, derrame pleural. La sensibilidad (S) de la ecografía para el diagnóstico de TEP fue del 74%, con una especificidad (E) del 95%, valor predictivo positivo (VPP) 95% y valor predictivo negativo (VPN) 75%. La seguridad fue del 84% y la prevalencia del 55%. Para el criterio diagnóstico 1, la S fue del 43% y E del 99%.

En relación a las lesiones periféricas que pueden encontrarse en el tromboembolismo pulmonar, debemos tener en cuenta que hay que realizar un diagnóstico diferencial con otras lesiones periféricas en el contexto de otras patologías, como neumonía, carcinoma broncogénico, metástasis pulmonares y pleuritis²⁴.

Ventajas y limitaciones de la ecografía torácica en el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar

Al ser un procedimiento no invasivo, con la ecografía torácica podemos ir monitorizando los cambios que van ocurriendo en la historia natural del trom-

boembolismo pulmonar, evitando así las complicaciones derivadas de la administración de contraste intravenoso y de las radiaciones ionizantes. Es una exploración que se puede realizar a pie de cama. Nos permite, además, detectar precozmente complicaciones como la infección de una zona infartada. La ecografía permite también detectar lesiones periféricas y así complementar los resultados de otras técnicas de imagen que detectan trombos centrales. Es la técnica más sensible para detectar derrame pleural y permite diferenciar entre derrame localizado y derrame basal.

En cuanto a las limitaciones, la principal es que sólo permite detectar lesiones tromboembólicas que afectan a la periferia. En segundo lugar, sólo dos tercios de las lesiones periféricas se pueden detectar por ecografía. El resto no se detectan, por encontrarse superpuestas a las estructuras óseas de la caja torácica. En tercer lugar, hay que tener en cuenta que esta exploración es operador-dependiente y que es fundamental la experiencia de la persona que realiza la exploración ecográfica.

Papel de la ecografía torácica en el algoritmo diagnóstico del tromboembolismo pulmonar

Actualmente, las guías de práctica clínica recomiendan la realización de un angioTAC de tórax como técnica de imagen de elección para el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar²⁴. Esta técnica permite, además, estimar la carga trombótica, valorar las cavidades cardíacas y realizar un diagnóstico alternativo al TEP.

La ecografía torácica es útil clínicamente para el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar y representa una alternativa diagnóstica al angioTAC de tórax cuando esta técnica está contraindicada o no está disponible (grado de recomendación fuerte, nivel de evidencia B)²⁵.

La tomografía computerizada somete al paciente a una exposición elevada de radiaciones y puede, además, haber efectos adversos derivados del uso de contraste intravenoso. La técnica es costosa, hay centros en los que no está disponible las 24 horas y hay que tener precauciones en algunos grupos de pacientes, como en los enfermos renales y las embarazadas. Por estos motivos se están realizando estudios utilizando la ecografía multiórgano (pulmón, corazón y sistema venoso de las extremidades inferiores) como técnica de screening para seleccionar a aquellos pacientes con sospecha de TEP a los que se les debe realizar una tomografía computerizada. En un estudio observacional²⁶ de 96 pacientes con sospecha clínica de TEP, se les realiza una ecografía

multiórgano y un angioTAC de tórax. El TEP se confirmó mediante angioTAC en 12 pacientes (12,5%). La ecografía multiórgano mostró TVP en 2 pacientes (2,1%) y un diagnóstico alternativo al TEP en 54 (56%), hallazgos que fueron concordantes con el diagnóstico alternativo al TEP encontrado en el angioTAC. Los autores concluyen que el angioTAC podría haberse evitado en el 58,3% de los pacientes, con la consiguiente reducción de costes y evitación de exposición a radiaciones ionizantes. Nazerian *et al.*²⁷, en un estudio multicéntrico y prospectivo, analizaron la seguridad de la ecografía multiórgano en el diagnóstico del TEP. Incluyeron 357 pacientes consecutivos con sospecha de TEP, a los que se realizó angioTAC de tórax y ecografía multiórgano. El TEP se confirmó mediante angioTAC en 110 pacientes (30,8%). La ecografía multiórgano mostró para el diagnóstico de TEP una S del 90%, E 86,2%, VPP del 74,4% y VPN del 95%. Estos resultados fueron mejores que los encontrados en el estudio ecográfico de cada órgano por separado. De 132 pacientes con ecografía multiórgano negativa para TEP (37%), pero con un diagnóstico ecográfico alternativo al TEP o un resultado de Dímero-D negativo, ninguno tuvo como resultado final el diagnóstico de TEP. Los autores concluyen que la ecografía multiórgano es más sensible que la ecografía de un solo órgano para el diagnóstico de TEP y proponen la relación de esta técnica de imagen, dentro del algoritmo diagnóstico del TEP, para reducir el número de angioTAC a realizar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Beckman MG, Hooper WC, Critchley SE et al. Venous thromboembolism. A public Health Concern. *Am J Prev Med* 2010; 38 (4S): S495-S501.
2. Goldhaber SZ, Eliot CG. Acute pulmonary embolism: part I: epidemiology, pathophysiology and diagnosis. *Circulation* 2003; 108: 2726-2729.
3. Howard LS, Hughes RJ. NICE guidelines: management of venous thromboembolic disease and role of thrombophilia testing. *Thorax* 2013; 68: 391-393.
4. Uresandi F, Monreal M, García-Bragado F et al. National Consensus on the Diagnosis, Risk Stratification and Treatment of Patients with Pulmonary Embolism Spanish Society of Pneumology and Thoracic Surgery (SEPAR). *Arch Bronconeumol* 2013; 49 (12): 534-547.
5. American Institute of Ultrasound in Medicine. American College of Radiology. Society of Radiologist in Ultrasound. Practice guideline for the performance of peripheral venous ultrasound examinations. *J Ultrasound Med* 2011; 30 (1): 143-50.
6. Caggiati A, Bergan JJ, Gloviczki P. Nomenclature of the veins of the lower limbs: an international interdisciplinary consensus statement. *J Vasc Surg* 2002; 36: 416-422.
7. Thomas DP. Overview of venous thrombogenesis. *Semin Thromb Hemost* 1988; 14 (1): 1-8.

8. Quinlan DJ, Alikhan R, Gishen P et al. Variations in lower limb venous anatomy: implications for US diagnosis of deep vein thrombosis. *Radiology* 2003; 228 (2): 44-448.
9. Bates SM, Jaeschke R, Stevens S et al. Diagnosis of DVT. Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest* 2012; 141 (2) Suppl: e351S-418S
10. Lensing AWA, Büller HR. Objective test for the diagnosis of venous thrombosis. En: Hull, Oineo Editors. Disorders of thrombosis. Philadelphia; Saunders, 1996; p 239-59.
11. Needleman L. Update on the lower extremity venous ultrasonography examination. *Radiol-Clin N Am* 52; 2014: 1359-1374.
12. Arenas Gordillo M, García Vera J, Soto Campos JG. La ecografía realizada por neumólogos. En: Manual de Diagnóstico y Terapéutica en Neumología: Ergon, 2006; p 143-151.
13. Hamper UM, DeJong MR, Scoutt LM. Ultrasound evaluation of the lower extremity veins. *RadiolClin North Am* 2007; 45 (3): 525-47.
14. Segal JB, Eng J, Tamariz LJ et al. Review of the evidence on diagnosis of deep venous thrombosis and pulmonary embolism. *Ann Fam Med* 2007; 5 (1): 63-67.
15. Bernardi E, Camporese G, Büller HR et al. Serial 2-point ultrasonography plus D-dimer vs whole-leg color-coded Doppler ultrasonography for diagnosing suspected symptomatic deep vein thrombosis: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008; 300 (14): 1653-9.
16. Guanella R, Righini M. Serial limited versus single complete compression ultrasonography for the diagnosis of lower extremity deep vein thrombosis. *SeminRespirCrit Care Med* 2012; 33 (2): 144-50.
17. Jonhson SA, Stevens SM, Woller SC et al. Risk of deep venous thrombosis following a single negative whole-leg compression ultrasound: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2010; 303 (5): 438-45.
18. Horner D, Hogg K, Body R et al. Single whole-leg compression ultrasound for exclusion of deep vein thrombosis in symptomatic ambulatory patients: a prospective observational cohort study. *Emerg Med J* 2013; 30 (10): 886-880.
19. Gibson NS, Schellong MS, El Kheir DY et al. Safety and sensitivity of two ultrasound strategies in patients with clinically suspected deep venous thrombosis: a prospective management study. *J ThrombHemost* 2011; 7: 2035-2041.
20. Kroegel C, Reissig A. Principle mechanisms underlying venous thromboembolism: epidemiology, risk factors, pathophysiology and pathogenesis. *Respiration* 2003; 70: 7-30.
21. Reissig A, Heyne JP, Kroegel C. Sonography of the lung and pleura in pulmonary embolism: sonomorphologic characterizations and comparison with spiral CT scanning. *Chest* 2001; 120: 1977-1983.
22. Reissig A, Kroegel C. Thoracic ultrasound of lung and pleura in the diagnosis of pulmonary embolism: a novel non-invasive bedside approach. *Respiration* 2003; 70: 441-452.
23. Mathis G, Blank W, Reissig A et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism. *Chest* 2005; 128: 1501-1508.
24. Konstantinides S, Torbicki A, Agnelli G et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European Heart Journal* doi:10.1093/eurheartj/ehu283.
25. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M et al. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference of Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point of care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38 (4): 577-591.
26. Koenig S, Chandra S, Alavertian A et al. Ultrasound assessment of pulmonary embolism in patients receiving CT pulmonary angiography. *Chest* 2014; 145 (4): 818-823.
27. Nazerian P, Vanni S, Volpicelli G et al. Accuracy of point-of-care multiorgan ultrasonography for the diagnosis of pulmonary embolism. *Chest* 2014; 145 (5): 931-932.

VALORACIÓN DE LA PRESIÓN PULMONAR Y SU REPERCUSIÓN SOBRE CAVIDADES DERECHAS POR ECOCARDIOGRAFÍA

M. Ruiz Borrell, A. Revello Bustos, J. Marín Morgado, B. Pérez Cano

Hospital San Juan de Dios. Consorcio Público del Aljarafe. Bormujos, Sevilla

RESUMEN

El presente capítulo tiene como objetivo acercar al neumólogo el conocimiento de la ecocardiografía como herramienta fundamental para la estimación de parámetros hemodinámicos de indudable importancia para el diagnóstico, la estratificación del riesgo y el manejo terapéutico de la hipertensión pulmonar (HTP) y el tromboembolismo pulmonar (TEP). En general, estas mediciones ecocardiográficas muestran una excelente correlación con la hemodinámica y los métodos empleados no son excesivamente complejos, estando al alcance de cualquier profesional con un tiempo de adiestramiento muy razonable. Este texto trata de explicar, de forma gráfica y sencilla, los distintos métodos empleados en ecocardiografía para cuantificar la presión pulmonar y las resistencias vasculares pulmonares. La ecocardiografía valora, además, las repercusiones que la HTP y el TEP ejercen sobre las cavidades derechas en su intento de adaptación, permitiéndonos analizar los principales parámetros de morfología y función ventricular derecha, que han demostrado tener un valor pronóstico en estas patologías.

Palabras clave: ecocardiografía, hipertensión pulmonar, tromboembolismo pulmonar.

INTRODUCCIÓN

La hipertensión pulmonar y las distintas entidades que la engloban han sufrido varias modificaciones en su clasificación en los últimos años (Evian 1998, Venecia 2003, Danna Point 2008) y, aunque posiblemente se continúen introduciendo cambios en algunos aspectos en años venideros, lo que todas estas entidades tienen en común permanecerá invariable, esto es, una PAP media >25 mm de Hg. Obviamente, la forma más exacta para cuantificar la presión pulmonar es introducir un catéter con un transductor de presión en la propia arteria pulmonar, pero el principal problema que plantea es que esta medición no es incruenta, ni suele realizarse a pie de cama o en la consulta.

La ecocardiografía ha sufrido un importante desarrollo en los últimos 20 años y demostrado ser una importante herramienta, no para la medición directa, sino para la estimación de la presión arterial pulmonar (PAP), con una excelente correlación con la determinada por hemodinámica. Presenta, además, varias ventajas frente a ésta, como ser incruenta, accesible y barata. Permite, además, realizar el diagnóstico diferencial a pie de cama de paciente atendidos en Urgencias por disnea y/o dolor torácico y/o hipotensión, descartando otras entidades (taconamiento cardíaco, IAM, disección...), confirmando la existencia de un TEP, la repercusión del mismo sobre el ventrículo derecho y permitiendo tomar decisiones terapéuticas en determinados casos, a veces sin necesidad de ninguna otra técnica de imagen, como así reflejan las últimas guías clínicas sobre TEP de la Sociedad Europea de Cardiología¹. Como inconveniente, presenta la necesidad de que el paciente tenga una aceptable ventana ecocardiográfica, que permita un estudio con la suficiente calidad. Los pacientes obesos, con EPOC, enfisematosos o los pacientes intubados y en ventilación mecánica, pueden suponer un problema para la obtención de imágenes en algunos de los planos de estudio. Por otra parte, el método para la estimación de la PAP sistólica (PAPs), como se verá más adelante, requiere

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Mariano Carmelo Ruiz Borrell
mrborrell@hotmail.es

de la existencia de una insuficiencia tricuspídea, que puede no estar presente hasta en un 10 a 25% de pacientes con HTP. Conviene también recordar que en el 50% de los TEP la ecocardiografía es normal.

La estimación de la PAPs por ecocardiografía tiene una buena correlación con la hemodinámica (0,57 – 0,85), aunque presenta algunas limitaciones que hay que considerar, como es la variabilidad presente en personas con mayor edad y sobrepeso²; así, el 6% de mayores de 50 años y el 5% con IMC superior a 30, pueden tener PAP superiores a 40 mm de Hg. Este hecho es importante y justifica el que no exista un punto de corte fiable por ecocardiografía a partir del cual establecer un diagnóstico de certeza de HTP.

Por otra parte, la sobreestimación de la PAP por ecocardiografía en aproximadamente 10 mm de Hg ocurre en hasta un 48% de los casos³. También puede infraestimarse la PAP cuando se cuantifica en presencia de insuficiencia tricúspide severa.

Todas estas limitaciones no restan importancia a la utilidad de la ecocardiografía en la valoración de pacientes con http, pero sí justifican que las actuales guías contemplen el diagnóstico ecocardiográfico de la HTP en base a una probabilidad que se establece según la PAP, estimada por ecocardiografía y la existencia de otras variables ecocardiográficas sugestivas de HTP (dilatación de cavidades derechas, dilatación vena cava, acortamiento del tiempo de aceleración del flujo pulmonar...), según se recoge en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios ecocardiográficos para valorar la probabilidad de hipertensión pulmonar (Rev Esp Cardiol 2010; 63(5):583-96).

Diagnóstico ecocardiográfico: HP improbable		
Velocidad de regurgitación tricuspídea $\leq 2,8$ m/s, presión sistólica en AP ≤ 36 mmHg, y sin variables ecocardiográficas adicionales que parecen indicar una HP	I	B
Diagnóstico ecocardiográfico: HP posible		
Velocidad de regurgitación tricuspídea $\leq 2,8$ m/s, presión sistólica en AP ≤ 36 mmHg, pero con variables ecocardiográficas adicionales que parecen indicar una HP	Ila	C
Velocidad de regurgitación tricuspídea de 2,9-3,4 m/s, presión sistólica AP de 37-50 mmHg con/sin variables ecocardiográficas adicionales que parecen indicar una HP	Ila	C
Diagnóstico ecocardiográfico: HP probable		
Velocidad de regurgitación tricuspídea $> 3,4$ m/s, presión sistólica en AP > 50 mmHg, con/sin variables ecocardiográficas adicionales que parecen indicar un HP	I	B
La ecocardiografía Doppler durante el ejercicio no es recomendable para explorar la HP	III	C

*Clase de recomendación.

^aNivel de evidencia.

Presión auricular derecha estimada de 5 mmHg. Variables ecocardiográficas adicionales que indican el diagnóstico de hipertensión pulmonar (HP).

MÉTODOS ECOCARDIOGRÁFICOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL PULMONAR

La ecocardiografía doppler nos permite estimar tanto la PAP sistólica como la PAP diastólica y la PAP media. También podremos estimar por esta técnica la resistencia arterial pulmonar y la capacitancia vascular pulmonar.

Estimación de la presión arterial pulmonar sistólica (PAPs)

Es el método más difundido para el screening de la HTP⁴. La proyección ecocardiográfica más utilizada es la de apical 4 cámaras (A4C), aunque puede emplearse cualquier otra proyección en la que visualicemos la insuficiencia tricuspídea, siempre que permita una correcta alineación del doppler en la misma dirección del chorro de regurgitación, como puede ser la proyección de eje corto de los grandes vasos o también la proyección subcostal.

El ventrículo derecho (VD), para que la sangre avance, tiene siempre que ejercer una presión sistólica suficiente para vencer la resistencia que ejerce la válvula pulmonar para su apertura (mínima, despreciable en ausencia de estenosis valvular pulmonar) y la presión existente en el árbol arterial pulmonar. Conforme la presión arterial pulmonar va aumentando, por cualquier proceso patológico, el VD tiene que ir progresivamente aumentando la presión sistólica ejercida en cada contracción. Como consecuencia de ello, el ventrículo sufre un proceso de adaptación que conlleva una hipertrofia y dilatación de la cavidad. Este crecimiento del VD origina una dilatación del anillo tricúspideo y una fuga por incompetencia de la válvula tricúspide, siendo ésta un hallazgo común en pacientes con HTP (el 80% de pacientes con PAP >35 y el 96% con PAP >50 presentan insuficiencia tricuspídea⁵). Con independencia de su magnitud (ligera, moderada o severa), la velocidad que el chorro de regurgitación alcanzará vendrá determinada por la diferencia de presión existente entre el VD y la aurícula derecha (AD), conforme a la ecuación simplificada de Bernoulli (gradiente de presión = $4V^2$).

De esta forma, midiendo la velocidad pico de la insuficiencia tricuspídea, podemos conocer la diferencia de presión sistólica existente entre el VD y la AD (figuras 1 y 2). Lógicamente, a este gradiente de presión hay que sumarle la presión de la AD y obtendremos como resultado la presión que el VD llega a alcanzar durante la sístole que, en ausencia de obstrucción al tracto de salida del VD, es superponible a la PAPs. La presión de la AD puede estimarse como de 5 a 10 mmHg en la gran mayoría de los pacientes, o puede determinarse de forma más exacta según el tamaño de la vena cava y su capacidad de colapsar-

se en inspiración (figura 3).

En algunos pacientes puede ocurrir que la señal del doppler espectral de la insuficiencia tricuspídea sea escasa y defectuosa, no permitiendo una medición fiable. Esta señal puede mejorarse notablemente mediante la infusión intravenosa de suero salino agitado.

La PAD podemos estimarla analizando el grosor y colapso de la vena cava inferior (VCI), visualizada en la proyección subcostal tal y como se muestra en la figura 3, asignando valores de 5 a 20 mm de Hg, de acuerdo a los siguientes criterios:

- 5 mm de Hg si VCI <20 mm y colapso inspiratorio >50%.
- 10 mm de Hg si VCI <20 mm y colapso inspiratorio <50%.
- 15 mm de Hg si VCI >20 mm y colapso inspiratorio >50%.
- 20 mm de Hg si VCI >20 mm y colapso inspiratorio <50%.

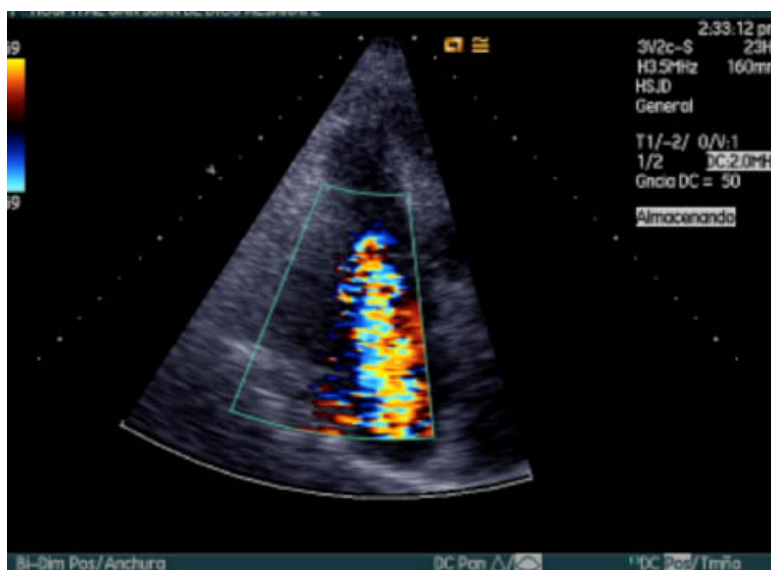


Figura 1: Insuficiencia tricuspídea desde apical 4 cámaras.

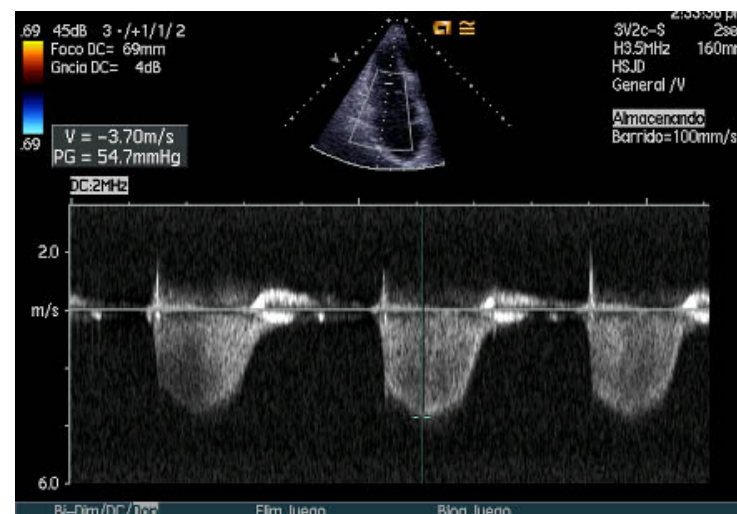


Figura 2: Ecuación simplificada de Bernoulli: $P = 4 V^2$. Determinación del gradiente sistólico de presión entre VD y AD midiendo la velocidad pico de la insuficiencia tricuspídea. $PAPs = Grad. P AD/VD + PAD = 4V^2 + PAD$. En el ejemplo mostrado: $PAPs = 4 \times 3,72 = 54,7$ mm de Hg + PAD.



Figura 3: Medición en modo M de la cava inferior desde el plano subcostal.

Estimación de la presión arterial pulmonar media (PAPm)

Son varios los métodos que podemos utilizar para estimar la PAPm por ecocardiografía y el que usemos en cada momento dependerá de la presencia de insuficiencia tricúspide, de insuficiencia pulmonar o del análisis del flujo eyectivo pulmonar. El posible uso de todos estos métodos en un mismo paciente permitirá una mayor exactitud en la estimación de este parámetro.

El espectro doppler de la insuficiencia pulmonar presenta una aceleración rápida inicial, que alcanza un valor máximo inmediatamente después del cierre de la válvula pulmonar (velocidad máxima de regurgitación pulmonar) y una desaceleración progresiva hasta la apertura de nuevo de la válvula pulmonar (velocidad final de regurgitación pulmonar). La velocidad máxima de regurgitación pulmonar permite, por la ecuación simplificada de Bernouilli ($p = 4V^2$), calcular el gradiente protodiastólico entre la arteria pulmonar y el VD. Masuyama *et al.*⁶ demostraron que este gradiente protodiastólico, sumado a la presión en AD, es superponible a la presión media de la arteria pulmonar (figura 4).

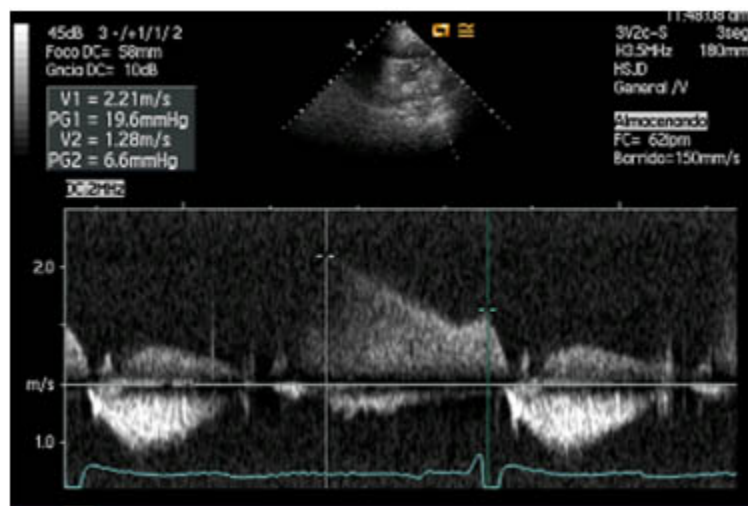


Figura 4: Determinación de la PAPm y de la PAPd a partir del espectro doppler de la insuficiencia pulmonar. PAPm = 4xVeloc. máxima de la IP² + PAD. En el caso mostrado PAPm = 4 x 2,21² + 5 (estimado en AD) = 24,6 mm de Hg.

El análisis del flujo de insuficiencia pulmonar nos permite también el cálculo de la PAP diastólica (PAPd), que será igual al gradiente telediastólico entre AP y VD, al que habremos de sumar la presión en AD con el método ya explicado:

$$\text{PAPd} = 4 \times \text{veloc. telediastólica IP}^2 + \text{PAD.}$$

En el caso mostrado, PAPd = 4 x 1,28² mmHg + 5 mmHg (presión estimada en AD) = 6,6 + 5 = 11,6 mmHg.

Chemla *et al.*⁷, dedujeron el cálculo de la PAPm a partir de la PAPs mediante la siguiente fórmula, que puede ser empleada cuando nos encontremos ante un paciente con insuficiencia tricuspídea, pero sin insuficiencia pulmonar:

$$\text{PAP media} = 0,61 \times \text{PAPs} + 2 \text{ mmHg.}$$

Otro método útil y generalizado para la estimación de la PAPm se basa en el análisis del flujo sistólico eyectivo pulmonar mediante el conocido método de Mahan *et al.*⁸, los cuales demostraron que existe una relación inversa entre el tiempo de aceleración pulmonar (TAcP), que es el tiempo que va desde la apertura de la válvula pulmonar hasta el máximo pico de velocidad del flujo y la PAPm. Usando un punto de corte para el TAcP <100 msec, conseguimos un 78% de sensibilidad y un 100% de especificidad para la detección de HTP. Aunque este método no permite una estimación precisa de la PAPm por su dependencia con la frecuencia, el gasto cardíaco o la presencia de insuficiencia pulmonar significativa si permite separar pacientes con PAP normal de aquellos con HTP.

Podemos afirmar que los pacientes con TAcP >120 msec no tienen HTP, que los que presentan un TAcP <100 msec tienen algún grado de HTP y que aquellos con un TAcP <80 msec son pacientes con HTP significativa.

Para la determinación de la PAPm por este método, tenemos que conseguir un adecuado espectro doppler del flujo eyectivo pulmonar en la proyección eje corto de grandes vasos, según se muestra en la figura 5 y aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{PAPm} = 79 - (0,45 \times \text{TAcP}).$$

El análisis cualitativo de la morfología del flujo eyectivo pulmonar es también de gran importancia, ya que se ha observado la presencia de una muesca mesodiastólica en pacientes con HTP severa, como muestra la figura 6.

Más recientemente, el grupo de Aduen9 (Florida, USA) ha propuesto un método ecocardiográfico alternativo para la determinación de la PAPm, seguro y más preciso que el método que emplea la insuficiencia pulmonar, basado en

la determinación del gradiente medio sistólico entre el VD y la AD, mediante la integral velocidad tiempo (VTI) de la insuficiencia tricuspídea, que se haya incluida en el software de todos los aparatos de ecocardiografía. A este gradiente medio hay que sumarle la presión en AD (figura 7).

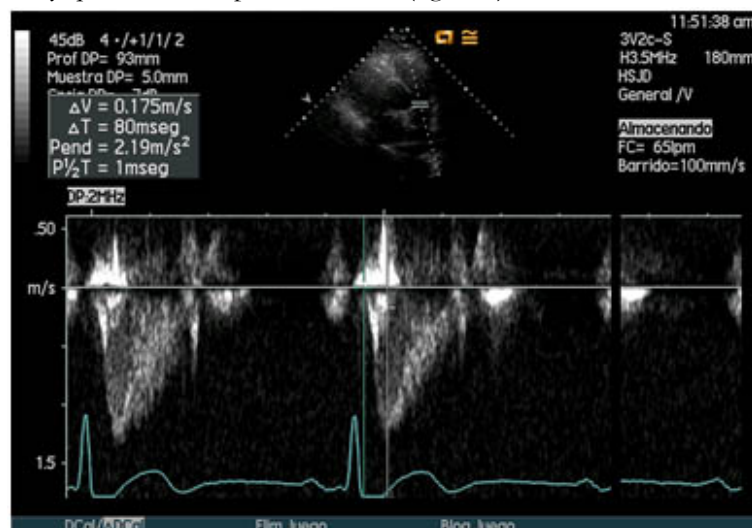


Figura 5: Método de Mahan para el cálculo de la PAPm. En el caso mostrado: $PAPm = 79 - (80 \times 0,45) = 79 - 36 = 43$ mm de Hg.

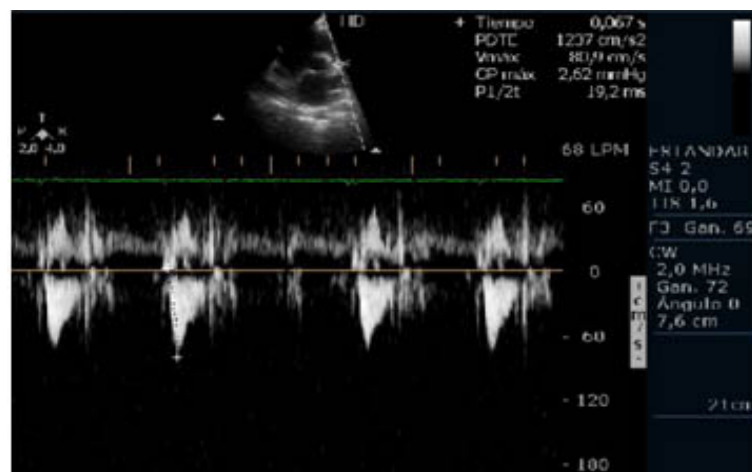


Figura 6: Muesca mesosistólica del flujo pulmonar en un paciente con HTLV severa.

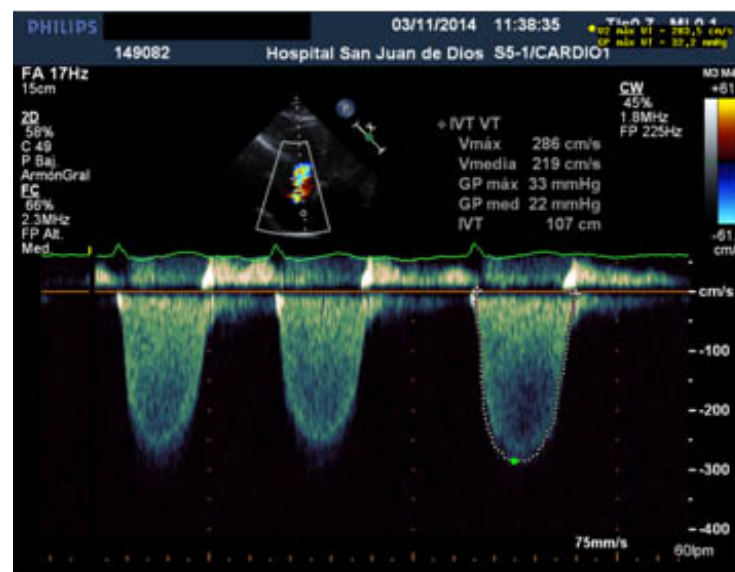


Figura 7: Cálculo de la PAPm a partir de la insuficiencia tricuspídea. $PAPm = \text{Grad. Medio IT} + \text{PAD}$. En el caso mostrado: $PAPm = 22 \text{ mm de Hg} + 5 \text{ mm de Hg (estimado en AD)} = 27 \text{ mm de Hg}$.

Estimación de las resistencias vasculares pulmonares

La resistencia vascular (RVP) es la que ofrece el lecho vascular al paso del flujo sanguíneo. Se mide en unidades Wood, que es una unidad híbrida, mmHg/l/min, o en unidades absolutas: dina/s/cm – 5 (unidad Wood x 80). El cálculo es una extrapolación de la ley de Poiseuille, la cual establece la relación que hay entre la caída de presión de un circuito con la longitud del tubo y el radio del mismo.

La determinación de la RVP es fundamental para el diagnóstico y el manejo terapéutico de la HTP. La medición se realiza mediante cateterismo derecho, de acuerdo a la siguiente fórmula por todos conocida: $RVP = PAPm - PAI$ (PCP) / GC, donde PAI es la presión en aurícula izquierda, que es la misma que la presión capilar pulmonar (PCP), dada la baja resistencia del lecho venoso pulmonar.

Abbas *et al.*¹⁰ propusieron que las RVP podían ser calculadas mediante la relación entre la velocidad pico de la insuficiencia tricuspídea (VRT) y la integral velocidad tiempo (VTI) del flujo pulmonar, determinado con doppler pulsado en el TSVD, justo por delante de la válvula pulmonar, conforme a la siguiente

ecuación conocida como índice de Abbas:

Índice de Abbas = VRT (en m/seg)/VTI flujo pulmonar (en cm).

Una relación VRT/VTI (TSVD) <0,2 traduce una RVP <2UW, con una sensibilidad de un 70% y una especificidad del 94%. La RVP, en unidades Wood, se obtiene multiplicando el índice de Abbas por 10.

$RVP = \text{Índice de Abbas} \times 10 = VRT / VTI \text{ flujo pulmonar} \times 10 \text{ U Woods.}$

Este método ha demostrado tener una excelente correlación ($r = 0,929$) con la determinación por hemodinámica¹¹.

Las figuras 8 y 9 muestran la metodología para la medición de la RVP.

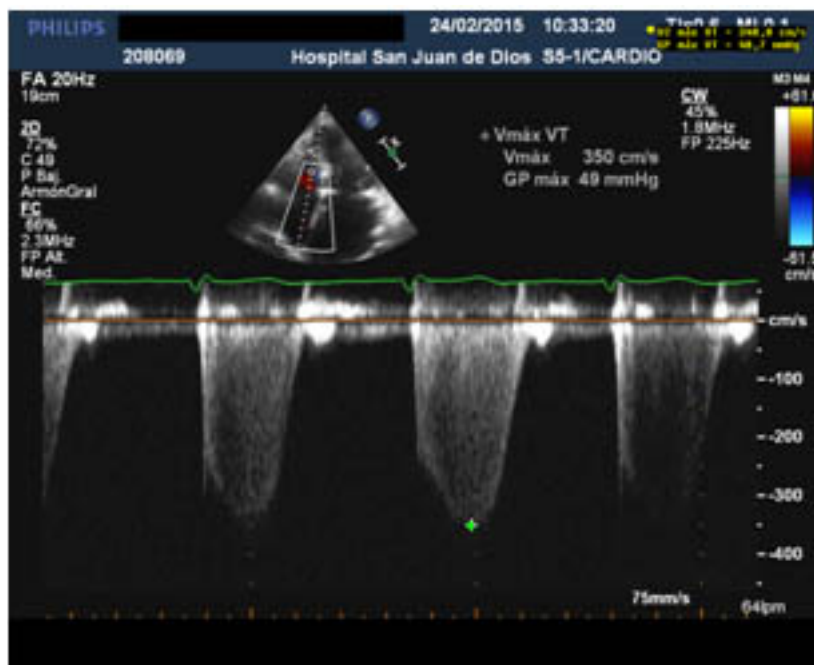


Figura 8: Medición de la velocidad pico de la TR (VRT).

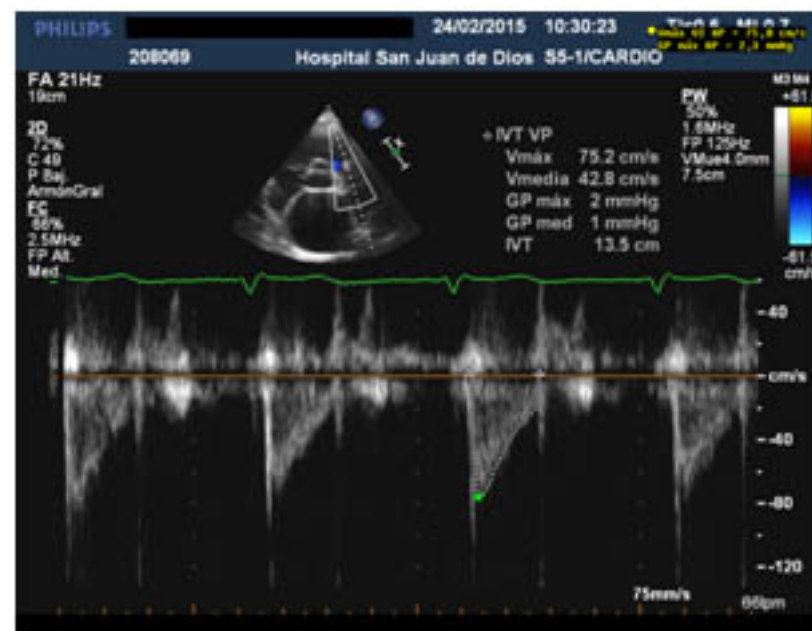


Figura 9: Integral velocidad tiempo (VTI) del flujo pulmonar. En el caso mostrado calcularemos la RVP según la fórmula: $RVP = VRT / VTI \text{ flujo pulmonar} \times 10 \text{ U Woods.}$ $RVP = 3,5 / 13,5 \times 10 = 2,59 \text{ U Woods.}$

Estimación de la capacitancia vascular pulmonar

La capacitancia vascular pulmonar (CVP) es el cambio de volumen que experimenta el árbol arterial pulmonar ante un cambio determinado de presión. Es, por tanto, expresión de la rigidez arterial pulmonar y se mide en mm³/mmHg. La reducción de la CVP es un fuerte marcador pronóstico de mortalidad en la HTP¹².

El cálculo de la CVP se realiza conforme a la siguiente fórmula:

$CVP = \text{Volumen Sistólico (VS)} / \text{Presión de pulso (PAPs-PAPd)}.$

La PAPs y la PAPd pueden obtenerse ecográficamente como se describió con anterioridad. El VS es fácil de calcular ecográficamente mediante la siguiente fórmula:

$VS = VTI \text{ del flujo pulmonar} \times \text{Área del tracto salida del VD (TSVD)}.$

$VS = VTI \text{ flujo pulmonar} \times \pi r^2$, siendo r el radio ó mitad del diámetro del TSVD, justo por debajo de la válvula pulmonar.

Por tanto, la fórmula final queda de la siguiente manera:

$$CVP = VTI \text{ flujo pulmonar} \times \pi r^2 / PAPs - PAPd.$$

En la figura 10 se muestra como se determina el numerador del cociente de la fórmula anterior, esto es el VS.

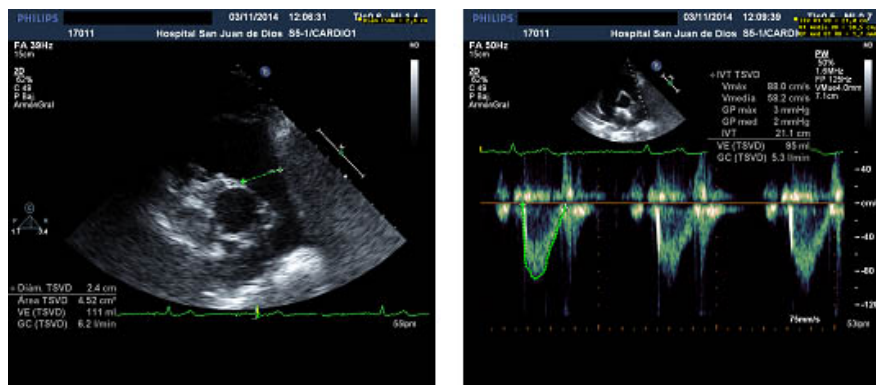


Figura 10: Cálculo del VS conociendo el diámetro del TSVD a nivel de la válvula pulmonar y el VTI del flujo pulmonar. En el ejemplo mostrado el diámetro del TSVD es 2,4 cm por tanto el radio es 1,2 cm y el área del TSVD ($\pi \times r^2$) es 4,52 cm² ($\pi \times 1,2^2$). El VTI del flujo pulmonar es 21,1 cm. Por tanto el VS (área TSVD x VTI flujo pulmonar) es 95 ml (4,52 x 21,1).

VALORACION DE LA MORFOLOGIA Y FUNCION DEL VENTRICULO DERECHO

El ventrículo derecho (VD) presenta una serie de peculiaridades que lo hacen diferente al ventrículo izquierdo (VI). Sus paredes son más delgadas, teniendo una masa muscular que es la sexta parte de la del VI. Está mucho más trabeculado. Su forma en semiluna, que abraza al VI, permite distinguir en él tres partes: un tracto de entrada, un infundíbulo y un tracto de salida.

Su contractilidad también es diferente, de forma que es menos sincronizada, una contractilidad secuencial, casi peristáltica (comienza en el tracto de entrada y se extiende a infundíbulo y tracto de salida). La contracción del VD se inicia antes que la del VI y finaliza después, por lo que los periodos de contracción y de relajación isovolumétricas están mucho más acortados que los del VI.

El VD trabaja con un régimen de presiones mucho más bajo que el VI (las resistencias pulmonares son la décima parte de las sistémicas y el gradiente de perfusión que requiere para impulsar la sangre sobre el circuito pulmonar es de tan sólo 5 mm de Hg). Esta condición es la que permite al VD manejar tanto volumen con unas paredes tan delgadas, gracias a su gran *compliance*, de ahí que el VD se comporte realmente como una bomba de volumen, mientras que el VI lo hace como una bomba de presión. Sin embargo, este hecho diferencial le supone al VD una mayor dependencia sobre las condiciones de carga, de postcarga y de presión intrapericárdica.

De igual manera, poseer unas paredes más finas y con menor potencia contráctil le confiere al VD una mayor reserva coronaria de manera que, al contrario de lo que sucede en el VI, en el que la circulación coronaria es casi exclusivamente diastólica, la circulación coronaria del VD se produce tanto en diástole como en sístole.

La principal consecuencia de esta original morfología y contracción del VD es que no existe ningún modelo matemático que, por analogía, nos permita calcular sus volúmenes a lo largo de la sístole y cuantificar su fracción de eyección de forma fiable, problema resuelto en el VI, que se asemeja a un elipsoide con contracción sincronizada, permitiendo con facilidad estos cálculos volumétricos. Por tanto, el estudio del VD exige la integración de varios parámetros, para cuya determinación utilizaremos distintos métodos, unos cuantitativos, otros semicuantitativos e incluso algunos cualitativos, así como distintas técnicas ecocardiográficas, como eco 2D, doppler y doppler tisular, tal y como desarrollamos a continuación. El análisis integral de todos ellos nos dará una idea del grado de dilatación y disfunción del VD.

Dimensiones del VD

Para la medición del VD usaremos la ecografía 2D en varias proyecciones ecocardiográficas, como describen las guías de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, conjuntamente con la europea y la canadiense¹³. La proyección A4C es la que más información nos ofrece, ya que en ella visualizamos tanto el tracto de entrada como la zona media y la apical. El TSVD se visualiza en el eje corto de grandes vasos. También debemos visualizar el VD en los ejes largo y corto paraesternal y desde el subcostal.

La medición puede realizarse de forma cuantitativa midiendo los distintos ejes y distancias en las distintas proyecciones, para lo que necesitamos conocer los valores normales de cada una de ellas.

En la figura 11 se muestra una proyección en A4C, con los diámetros que debemos medir para estudiar el tamaño del VD. Los valores normales y patológicos se muestran en la tabla 2.

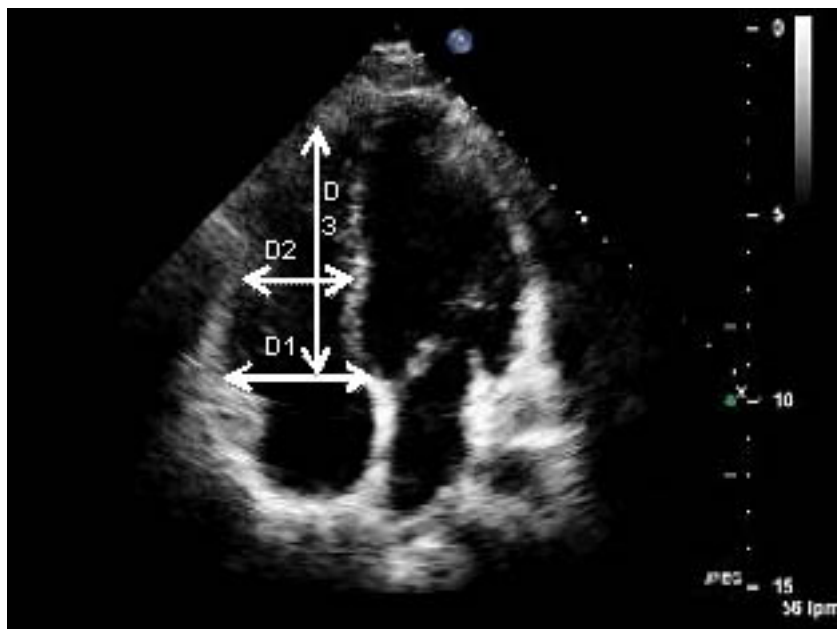


Figura 11: Estudio del tamaño del VD en el plano apical de 4C.

Tabla 2. Dimensiones normales y patológicas del VD en A 4C.

DIAMETRO	Normal	Dilatación moderada	Dilatación severa
D1 (basal)	< 34 mm	> 38 mm	> 42 mm
D2 (medio)	< 28 mm	> 33 mm	> 39 mm
D3 (base-apex)	< 80 mm	> 85 mm	> 92 mm

Desde el eje corto de los grandes vasos podemos evaluar las dimensiones del TSVD y de la arteria pulmonar, como se muestra en la figura 12. En la tabla 3 se reflejan los valores normales y patológicos.

Otro medida fácil de realizar es la del mayor diámetro del VD en el plano paraesternal eje largo tal y como muestra la figura 13. Un valor mayor de 34 mm indicará dilatación ventricular derecha.

Esta misma proyección es la más utilizada para medir el grosor de la pared libre del VD, que se considera hipertrófica por encima de 5 mm.

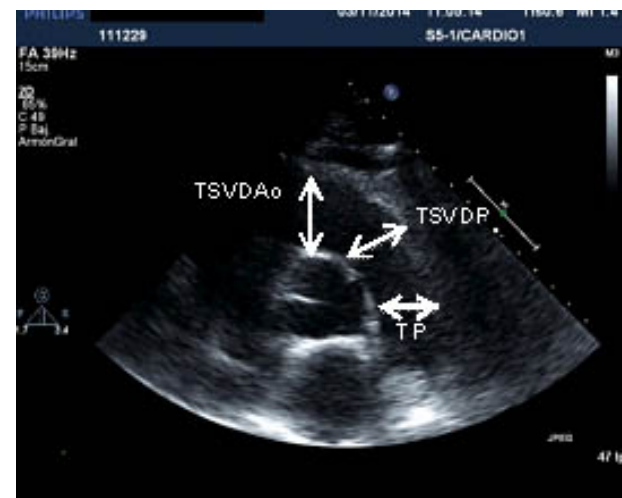


Figura 12: Dimensiones del TSVD y AP desde eje corto de grandes vasos.

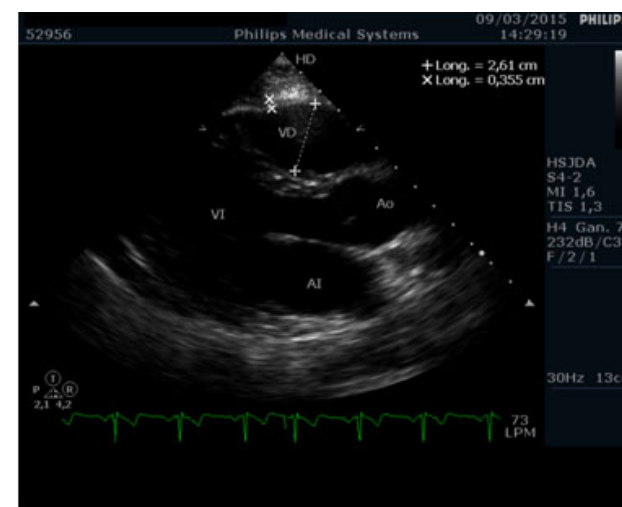


Figura 13: Valoración del VD desde paraesternal eje largo.

Aunque es aconsejable realizar todas estas medidas de forma rutinaria, sobre todo durante la formación práctica en ecocardiografía, la valoración subjetiva es también importante y determinante cuando se ha adquirido experiencia. De esta forma, la simple relación del tamaño entre el VD y el VI nos dará una idea del grado de dilatación de aquel. Así, el VD de tamaño normal siempre es menor que el VI. Cuando se dilata ligeramente, se presenta algo más grande, pero todavía de menor tamaño que el VI. Cuando el VD tiene el mismo tamaño que el VI, diremos que está moderadamente dilatado. Por último, si el VD es de mayor tamaño que el VI, el grado de dilatación será severo, como se muestra en la figura 14.

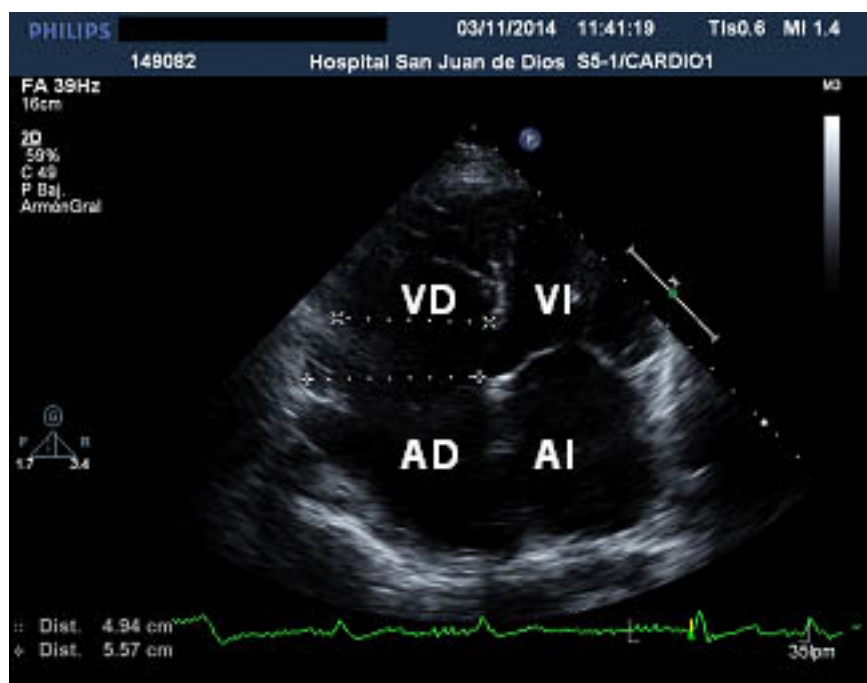


Figura 14: Dilatación severa del VD objetiva (diámetros basal y medio 55 y 49 mm) y subjetiva (VD de mayor tamaño que el VI).

Morfología del VD

Tanto la sobrecarga de volumen como la sobrecarga de presión determinan un aplanamiento del septum interventricular, de forma que la cavidad del VI, que normalmente presenta morfología circular en el eje corto, adopta una forma en letra “D”.

En la sobrecarga de presión derecha, existe un desplazamiento del septum hacia la izquierda, con reversión de la curvatura septal, sobre todo durante la sístole, presentando el septum un movimiento retrasado respecto de la pared posterior del VI que, en su máxima expresión, puede llegar a representar un auténtico movimiento septal paradójico. En la sobrecarga de volumen, el aplanamiento septal es más evidente durante la diástole.

El índice de esfericidad del VI es el cociente entre la distancia antero-posterior y la septolateral, cuyo valor normal, obviamente, es 1, dada su morfología esférica. Índices de esfericidad superiores a 1 indican sobrecarga del VD. La cuantificación y su variación en el tiempo tienen información pronóstica y sirven para monitorizar la respuesta clínica a las distintas terapias¹⁴. Las figuras 15 y 16 muestran el índice de esfericidad y el movimiento septal, en modo M, de un paciente al diagnóstico de TEP y a la semana de tratamiento con heparina.

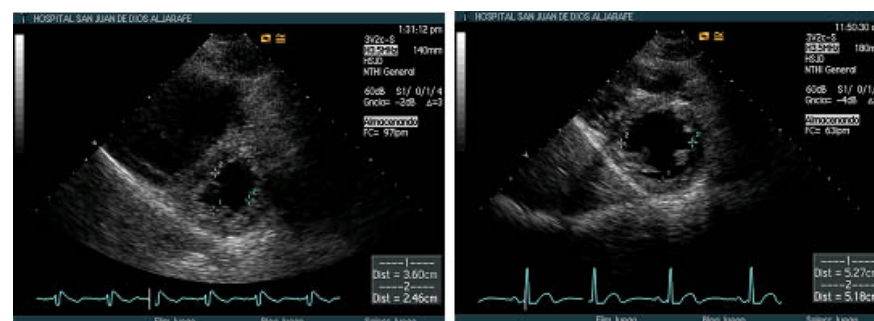


Figura 15: Índice de esfericidad en paciente con TEP. A la izquierda en el diagnóstico y a la derecha tras una semana de tratamiento con HBPM.

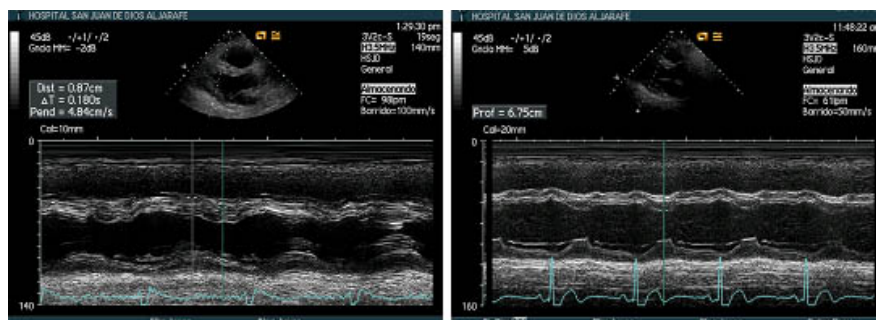


Figura 16: A la izquierda, movimiento septal atrasado al diagnóstico de TEP, que se normaliza tras una semana de tratamiento con HBPM en la imagen derecha.

Función ventricular derecha

Para valorar la función ventricular derecha, usaremos técnicas de estimación que emplean la eco 2D, el doppler y el doppler tisular como herramientas para la determinación de diferentes parámetros, cuyas técnicas de obtención describimos a continuación.

Cambio de área fraccional del VD (CAF)

Desde la proyección A4C en telediástole, trazaremos una línea recta a la altura del anillo tricuspídeo y continuaremos por todo el borde endocárdico, hasta cerrar la superficie de nuevo en el anillo tricuspídeo, dando como resultado el área de dicha superficie o área fraccional en telediástole (AFD). Este mismo procedimiento lo realizaremos en telesístole, obteniendo el área fraccional en telesístole (AFS), tal y como muestra la figura 17. Nótese que hablamos de porcentaje de cambio de áreas planimetradas y no de volúmenes, al no existir un modelo matemático que nos permita su cálculo. Por tanto, tampoco podemos hablar de fracción de eyección de VD por este método.

El cambio de área fraccional viene determinado por la fórmula:

$$\text{CAF} = \text{AFD} - \text{AFS} / \text{AFD} \times 100$$

Los valores normales van de 32 a 60%. Un CAF <18% sugiere disfunción severa del VD.

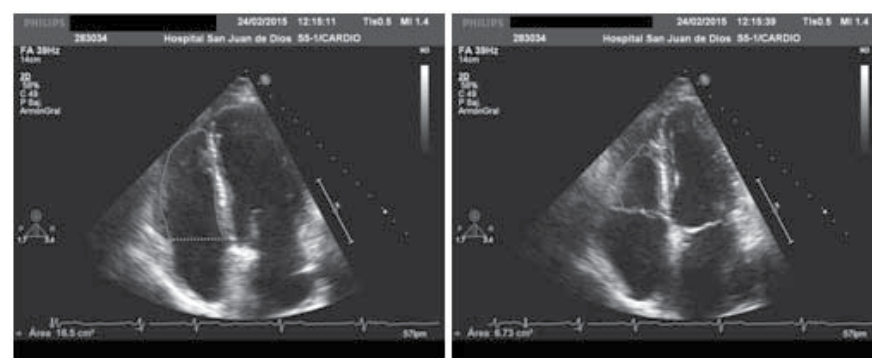


Figura 17: Cálculo del cambio de área fraccional del VD. En el caso mostrado $16,5 - 6,7 / 16,5 \times 100 = 59,3\%$.

Movimiento del anillo tricuspídeo (TAPSE)

El TAPSE, término que deriva del acrónimo en inglés *tricuspid annulus plane systolic excursion*, hace referencia al desplazamiento del anillo tricuspídeo hacia el ápex en sístole, reflejando el acortamiento de base a ápex del VD. Este método de estimación de la función ventricular derecha ha demostrado una buena correlación con la RM¹⁵.

Los valores normales de TAPSE para población adulta están por encima de los 20 mm. Un TAPSE entre 15 y 20 mm se sitúa en el límite inferior de la normalidad, en una zona gris no claramente definida. TAPSE por debajo de 15 mm indica disfunción ventricular derecha. Diferentes estudios muestran que un TAPSE menor de 18 mm se considera marcador de mal pronóstico en pacientes con hipertensión pulmonar¹⁶ y un TAPSE menor de 14 mm es signo de mal pronóstico en paciente con insuficiencia cardíaca izquierda¹⁷.

Se realiza fácilmente, utilizando el modo M a nivel del la porción más lateral del anillo tricuspídeo en el plano apical 4C, como muestra la figura 18.

El inconveniente de este método es que asume que la función global del VD, con la complejidad tridimensional que lo caracteriza, puede deducirse a partir del desplazamiento de un único segmento. Por otra parte, depende del ángulo de incidencia de la línea de corte del modo M.

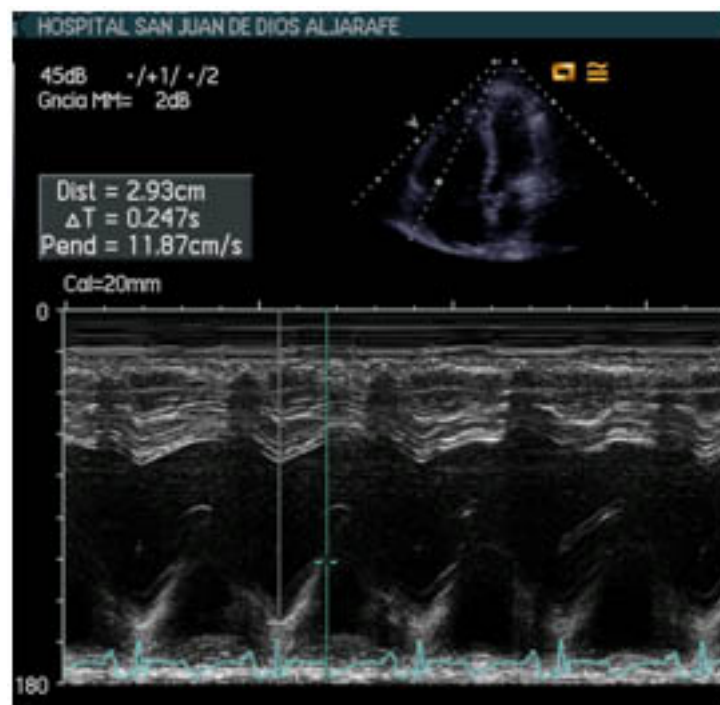


Figura 18: Método de medición del TAPSE.

Velocidad sistólica del doppler tisular del anillo tricuspídeo

El doppler tisular no mide la velocidad de desplazamiento de la sangre, sino la del tejido miocárdico, por lo que la muestra de volumen del doppler pulsado tisular debe situarse en la pared del VD, no en la cavidad. En la actualidad, prácticamente todos los aparatos comercializados disponen de software para doppler tisular. El anillo tricuspídeo y los segmentos de la pared libre próximos a él son los más fiables y reproducibles para su evaluación. Como toda técnica doppler, es ángulo-dependiente y de ahí que los segmentos medios y apicales del VD sean más difíciles y menos fiables para su estudio desde apical 4C, por su excesiva angulación con respecto a la línea de sección del doppler tisular.

El análisis de la onda de desplazamiento sistólico (S') ha sido ampliamente estudiada en población sana¹⁸, situándose los valores medios en 15 cm/seg a nivel del anillo y segmento basal, con un límite inferior de 10 cm/seg. Esta

técnica ha demostrado una buena correlación con la ventriculografía isotópica para discriminar pacientes con disfunción ventricular derecha.

La figura 19 muestra la metodología de adquisición de la velocidad S' desde A4C.

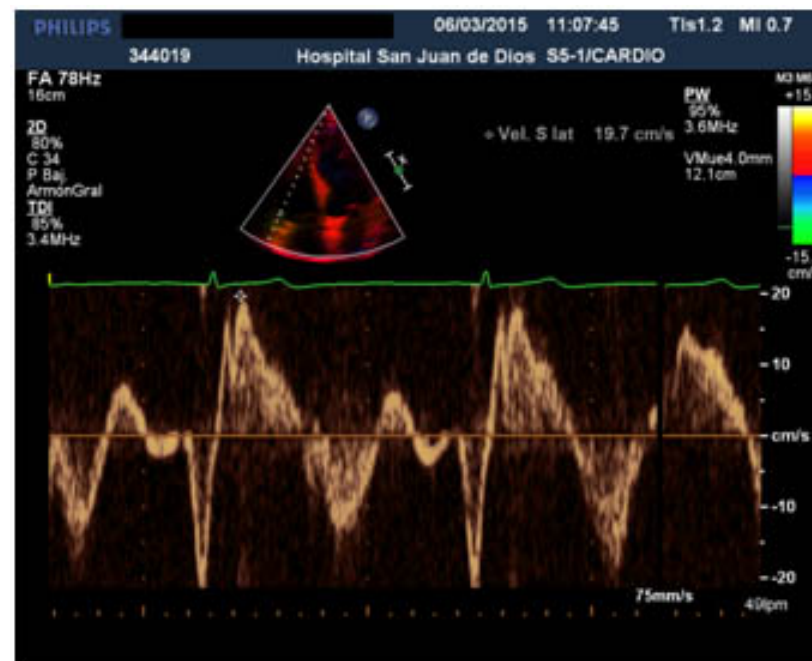


Figura 19: Velocidad sistólica del doppler tisular del anillo mitral. Normal > 15 cm/seg. Disfunción VD < 10 cm/seg.

Índice de rendimiento miocárdico derecho (IRMD) ó índice Tei

El IRMD analiza la relación existente entre el tiempo eyectivo del VD (TE) y los tiempos isovolumétricos del VD; éstos son el tiempo de contracción isovolumétrica al inicio de la sístole (TCIV), desde el cierre tricuspídeo hasta la apertura pulmonar y el tiempo de relajación isovolumétrica tras finalizar la sístole (TRIV), desde el cierre pulmonar hasta la apertura tricuspídea. Esta relación permanece constante a diferentes rangos de frecuencia cardíaca¹⁹.

Puede determinarse por doppler pulsado y también por doppler tisular. Por doppler pulsado mediremos el tiempo de eyección del flujo pulmonar en el eje corto de grandes vasos. En el plano A4C, determinaremos el tiempo de llenado tricuspídeo, que es el tiempo que va desde el final de la onda A hasta el

inicio de la onda E siguiente (tiempo desde cierre hasta apertura de la válvula tricúspide). Como se determinan en imágenes diferentes, deben conseguirse intervalos RR lo más similares posibles, para evitar errores en su determinación. El esquema de la figura 20 fusiona ambos flujos, pulmonar y tricuspídeo, en el ciclo cardíaco para la compresión del cociente que define el índice Tei.

$IRMD = TCIV + TRIV / TE = a - b / b$, donde “a” es el tiempo desde el cierre hasta la apertura de la válvula tricúspide y “b” el de eyección pulmonar.

El método que emplea el doppler tisular para la medición del índice Tei tiene la ventaja de que todas las mediciones se realizan en un mismo latido, tal y como muestra la figura 21. La correlación entre ambos métodos es escasa y sus valores límites difieren algo, siendo el límite superior de la normalidad 0,40 para el índice Tei, determinado por doppler pulsado y 0,55 para el doppler tisular.

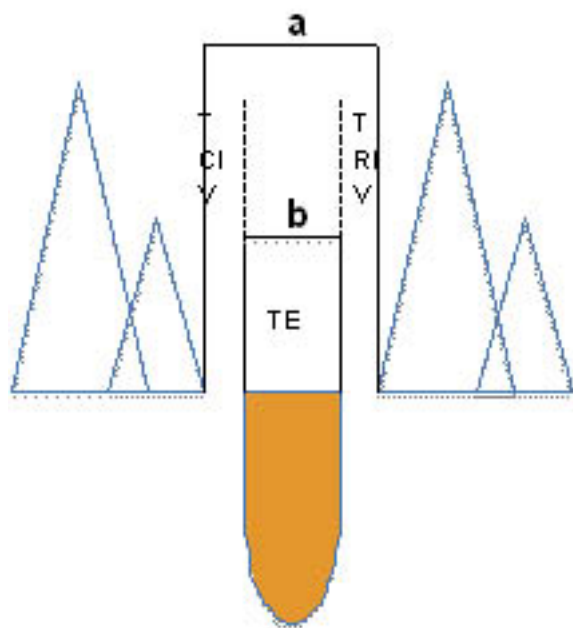


Figura 20: Esquema índice Tei. La medida “a” se realiza con el doppler pulsado del llenado tricuspídeo en A4C. La medida “b” midiendo el tiempo de eyección pulmonar por doppler en eje corto de grandes vasos.

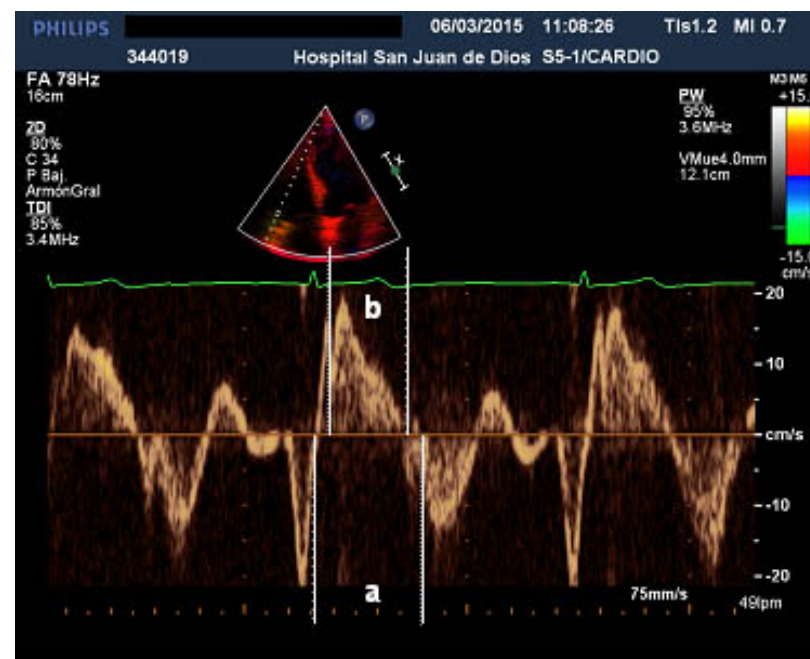


Figura 21: Índice Tei o IRMD determinado por el doppler tisular del anillo tricuspídeo lateral.

CONCLUSIONES

Como resumen de todo lo anterior, podremos afirmar que un paciente tiene disfunción ventricular derecha cuando presente los siguientes valores, determinados por ecocardiografía:

- CAMBIO DE ÁREA FRACCIONAL: CAF <30%.
- TAPSE <15 mm.
- VELOCIDAD SISTÓLICA ANILLO TRICUSPÍDEO LATERAL POR DOPPLER TISULAR: S' <10 cm/seg.
- INDICE TEI O DE RENDIMIENTO MIOCARDICO DERECHO:
IRMD POR DOPPLER PULSADO >0,40.
IRMD POR DOPPLER TISULAR >0,55.

Con el presente capítulo hemos tratado de ofrecer una visión práctica de

la utilidad de la ecocardiografía para el manejo de la HTP y del TEP, de una forma concisa, sencilla y pedagógica. Nuestro principal objetivo ha sido despertar la inquietud y el interés por estas técnicas en los jóvenes neumólogos, con la esperanza de obtener el mayor número posible de alumnos para futuros cursos teórico-prácticos en estas disciplinas, con la convicción de que en un futuro, más próximo que lejano, en todos los servicios de Neumología habrá un ecocardiógrafo para uso exclusivo de los neumólogos, con el fin de practicar despistaje de HTP entre sus pacientes, así como para monitorizar la respuesta de éstos a las terapias recibidas.

BIBLIOGRAFIA

1. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European Heart Journal* 2014; 35: 3033–3080.
2. McQuillan BM, Picard MH, Leavitt M et al. Clinical correlates and reference intervals for pulmonary artery systolic pressure among echocardiographically normal subjects. *Circulation* 2001;104: 2797-802.
3. Fisher MR, Forfia PR, Chamera E et al. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 179: 615-21.
4. Yock PG, Popp RL. Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* 1984; 70 (4): 657-62.
5. Berger M, Haimowitz A, Van Tosh A et al. Quantitative assessment of pulmonary hypertension in patients with tricuspid regurgitation using continuous wave Doppler ultrasound. *J Am CollCardiol* 1985; 6: 359-65.
6. Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A et al. Continuous-wave Doppler echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to noninvasive estimation of pulmonary artery pressure. *Circulation* 1986; 74 (3): 484-92.
7. Chemla D, Castelain V, Humbert M et al. New formula for predicting mean pulmonary artery pressure using systolic pulmonary artery pressure. *Chest* 2004; 126: 1313-7.
8. Dabestani A, Mahan G, Gardin JM et al. Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1987; 59 (6): 662-8.
9. Aduen JF, Castello R, Lozano MM et al. An alternative echocardiographic method to estimate mean pulmonary artery pressure: diagnostic and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22 (7): 814-9.
10. Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB et al. A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance. *J Am CollCardiol* 2003; 41 (6): 1021-7.
11. Ulett KB, Marwick TH. Incorporation of pulmonary vascular resistance measurement into standard echocardiography: implications for assessment of pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 24: 1020-1022.
12. Mahapatra S, Nishimura RA, Oh JK et al. The prognostic value of pulmonary vascular capacitance determined by Doppler echocardiography in patients with pulmonary arterial hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2006; 19 (8): 1045-50.
13. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A report from the American Society of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23 (7): 685-792.
14. Raymond RJ, Hinderliter AL, Willis PW et al. Echocardiographic predictors of adverse outcomes in primary pulmonary hypertension. *J Am CollCardiol* 2002; 39: 1214-9.
15. Forfia M, Cameli M, Carbone SF et al. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015; 16 (1): 47-52.
16. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174: 1034-41.
17. Ghio S, Recusan F, Klersy C et al. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2000; 85: 837-42.
18. Lindqvist P, Waldenström A, Henein M et al. Regional and global right ventricular function in healthy individuals aged 20-90 years: a pulsed Doppler tissue imaging study: Umeå General Population Heart Study. *Echocardiography* 2005; 22: 305-14.
19. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; 9: 838-47.

ECOBRONCOSCOPIA

B. Romero Romero, A. Donate Salcedo, L. Padrón Fraysse, J. Martín Juan

Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias. H. U. Virgen del Rocío. Sevilla.

RESUMEN

La ecografía endobronquial (EBUS: *endobronchial ultrasound*) combina en un endoscopio flexible dos sistemas de imagen: uno óptico, idéntico al de los bronoscopios convencionales y una sonda de ecografía. Existen dos tipos de ecobronoscopios: lineal/sectorial y radial. El primero disponible fue el ecobronoscopio radial, pero en la actualidad el más utilizado es el lineal.

Las principales indicaciones de la ecobroncoscopia radial se refieren al estudio de lesiones pulmonares periféricas y a la exploración de la pared traqueobronquial para ver si existe infiltración neoplásica o no. Su principal desventaja es que no permite la toma de muestras en tiempo real. Sus complicaciones son las mismas que una broncoscopia convencional con realización de biopsias transbronquiales siendo, por tanto, una técnica segura y muy eficaz.

La ecobroncoscopia lineal tiene como principal indicación la estadificación mediastínica en pacientes con sospecha o previamente diagnosticados de cáncer de pulmón primario o metastático, aunque también se utiliza para la evaluación mediastínica en otras patologías. El uso de Doppler color permite la diferenciación de estructuras vasculares, lo que hace la técnica más segura. Su principal ventaja respecto a la ecobroncoscopia radial es que permite la punción en tiempo real. Es una técnica segura, cuya tasa de complicaciones es muy baja (1,5%).

Palabras clave: ecobroncoscopio, EBUS, estadificación mediastínica, cáncer de pulmón.

ECOBRONCOSCOPIA

La ecografía endobronquial (EBUS: *endobronchial ultrasound*) combina en un endoscopio flexible dos sistemas de imagen: un sistema óptico, idéntico al de los bronoscopios convencionales y una sonda de ecografía. Permite la visualización de estructuras adyacentes a la pared traqueobronquial y, además, la toma de muestras a nivel de estas estructuras.

Esta técnica fue descrita por primera vez por Hürter y Hanrath en 1990¹. En esa ocasión se utilizaron sondas vasculares y otras miniaturizadas a través del canal del bronoscopio.

TIPOS DE ECOBRONCOSCOPIOS

Existen dos tipos de ecobronoscopios: lineal/sectorial y radial, dependiendo del de transductor utilizado.

El ecobronoscopio lineal es el más utilizado en la actualidad. Tiene un transductor incorporado a la punta del ecobronoscopio que emite un haz de ultrasonidos paralelo al eje mayor del bronoscopio de 50 a 90°, con una frecuencia que oscila entre 5 y 7,5 mHz, lo que permite visualizar estructuras con una profundidad de hasta 9 cms. El extremo distal del bronoscopio con el transductor tiene un diámetro total de 7 mm, lo que obliga a su introducción por boca. Permite la visualización simultánea de una imagen endoscópica y ecográfica. La utilización de Doppler color permite la identificación de estructuras vasculares, lo que contribuye aún más a aumentar la seguridad de la

Recibido: 15 de marzo de 2015. Aceptado: 15 de septiembre de 2015.

Unidad de Endoscopia Respiratoria
bearomeroromero3@gmail.com

técnica. Su principal ventaja es que se pueden tomar muestras de las estructuras estudiadas en tiempo real, lo que aumenta la rentabilidad y seguridad de la técnica.

El ecobroncoscopio radial permite una visión ecográfica de 360° (todas las estructuras adyacentes al bronquio seleccionado). El modo de visión radial se obtiene con transductores rotatorios miniaturizados, que emiten un haz de ultrasonidos de 360° perpendicular al eje del broncoscopio. Estos transductores se introducen como sonda en el canal de trabajo de un broncoscopio terapéutico cuyo diámetro oscile entre 2,8 a 3,2 mm. Estos transductores emiten ultrasonidos con una frecuencia que oscila entre 12 y 20 MHz, lo que permite una gran resolución en distancias cercanas, perdiendo en profundidad. Para conseguir una mejor resolución de imagen, estos transductores tienen un balón en su punta, que se infla inyectando suero fisiológico, lo que ocluye la luz bronquial, consiguiendo un mejor contacto con la pared bronquial y, de esta forma, mejorando la calidad de la imagen. La principal desventaja del ecobroncoscopio radial es que no permite la toma de muestras en tiempo real.

INDICACIONES

Principales indicaciones del EBUS radial

1. Valoración de la infiltración tumoral de la vía aérea: esta indicación aporta una información muy valiosa, puesto que una neoplasia de pulmón que invada la pared traqueal supone su clasificación como localmente avanzado y, por lo tanto, no candidato a cirugía. Por el contrario, si un tumor comprime pero no infiltra, la pared traqueal puede permitir su tratamiento quirúrgico².
2. Valoración de la pared de las vías aéreas centrales con sus diferentes capas en la patología no neoplásica.
3. Valoración de la existencia de lesiones tipo “carcinoma in situ” en la vía aérea (también valoración de la evolución tras tratamiento endobronquial)³.
4. Valoración de adenopatías mediastínicas para su posterior punción mediante TBNA convencional. Su rentabilidad respecto a la punción a ciegas es mayor, pero su uso se ha abandonado a favor del uso de la ecobroncoscopia lineal, que permite la punción-aspiración en tiempo real⁴.
5. Estudio del nódulo pulmonar solitario (NPS): es ésta indicación la que más se ha extendido en los últimos tiempos en nuestro medio. Herth *et al.*⁵, en uno de los primeros trabajos publicados a este respecto, compararon

la rentabilidad de biopsias transbronquiales guiadas por ecobroncoscopia radial con las guiadas por radioscopia convencional en el estudio de NPS. En el estudio de lesiones con diámetro superior a 3 cms, no encontraron diferencias significativas en la rentabilidad de las dos técnicas (89% fluoroscopia vs 79% ecobroncoscopia radial). En las lesiones con diámetro inferior a 3 cm, sin embargo, la ecobroncoscopia radial tenía una rentabilidad mayor (89% vs 57% fluoroscopia).

Los factores que se han demostrado que aumentan la rentabilidad de la técnica son^{6,7}:

- 1) Localización de la minisonda ecográfica dentro de la lesión pulmonar (83%) frente a localización adyacente a la lesión (61%) o cuando la minisonda se sitúa externa al nódulo (4%).
- 2) Identificación en la TAC previa del bronquio que conduce a la lesión “signo del bronquio”.
- 3) Lesiones sólidas frente a no sólidas.
- 4) Lesiones localizadas en lóbulo medio y lingula.

Las limitaciones fundamentales en esta indicación son la imposibilidad de la toma de muestras en tiempo real y que el calibre y la disposición de los bronquios periféricos (distorsión, estenosis) puede dificultar la introducción de la sonda.

Indicaciones para la realización de la EBUS lineal

Diagnóstico y estadificación mediastínica del carcinoma pulmonar de células no pequeñas: esta es la indicación fundamental de esta técnica. La clínica y la radiología permiten la sospecha clínica de cáncer de pulmón. Sin embargo, la baja sensibilidad de las pruebas de imagen, como TAC (47 - 54%) y PET (50 - 89%), algo más altas en las técnicas de fusión PET-TAC (47 - 89%), hacen necesarias técnicas citohistológicas para la confirmación⁸.

La estadificación es necesaria para determinar el pronóstico y la estrategia de tratamiento, ya que la afectación mediastínica se traduce en inoperabilidad de entrada y, por tanto, en necesidad de tratamiento quimioterápico y/o radioterápico.

La ecobroncoscopia se utiliza como herramienta de diagnóstico inicial en los casos en los que no hay afectación endoscópica bronquial o en los que sólo se observan adenopatías mediastínicas. La punción de adenopatías me-

diastínicas guiadas por EBUS (EBUS-TBNA) permite acceder a las cadenas paratraqueales altas (2R, 2L), paratraqueales bajas (4R, 4L), subcarinales e intrapulmonares. No son accesibles los ganglios subaórticos y paraaórticos ni los paraesofágicos. Estas estaciones son abordables mediante ecoendoscopia.

La realización de EBUS-TBNA para estadificación del carcinoma de pulmón está indicada en las siguientes situaciones:

- 1) Adenopatías mediastínicas cuyo diámetro en su eje menor sea mayor a 1 cm en las imágenes de TAC, o con captación patológica en las imágenes de PET / PET TAC.
- 2) Tumores centrales o con ganglios hiliares (posibles N1) independientemente de los resultados de PET⁸.

No existiría indicación de EBUS-TBNA en los casos de extensa afectación mediastínica “tipo bulky”, salvo con finalidad diagnóstica.

La sensibilidad (S) de EBUS-TBNA en los estudios publicados supera el 85%, siendo la especificidad (E) y el valor predictivo positivo (VPP) del 100%. Sin embargo, el valor predictivo negativo (VPN) es muy variable entre las distintas series, siendo determinado no sólo por experiencia técnica, sino también por la prevalencia y probabilidad pretest de los casos a estudiar. Si la probabilidad pretest es alta, en caso de negatividad del EBUS, debería confirmarse este hallazgo mediante mediastinoscopia.⁹⁻¹¹

El rendimiento diagnóstico de EBUS-TBNA es alto, incluso cuando las adenopatías tienen diámetro menor inferior al cm (5 - 10 mm). En un estudio realizado por Herth *et al.*¹² en pacientes con cáncer de pulmón con mediastino normal, según técnica de PET y TAC, encontraron una sensibilidad del EBUS-TBNA en estos pacientes del 92%, lo que nos hace pensar en si sería necesaria la valoración preoperatoria con EBUS-TBNA en pacientes con cáncer de pulmón en estadios precoces. Según la normativa SEPAR para estadificación del cáncer de pulmón, con PET/TAC negativo habría que confirmar la no afectación mediastínica en los siguientes casos: tumores de localización central (contacto con el mediastino), tumores de baja actividad metabólica, aparente afectación N1, adenopatías mayores de 15 mm sin captación (probabilidad de afectación tumoral post test del 21%).⁸

Valoración de la T a nivel mediastínico: los tumores adyacentes a vía aérea central también pueden ser diagnosticados mediante la técnica de punción aspi-

ración dirigida por EBUS, con un rendimiento diagnóstico alto. Con EBUS podemos visualizar estructuras vasculares mediastínicas y valorar si existe o no infiltración de las mismas.

Re-estadificación mediastínica tras tratamiento neoadyuvante: en estos pacientes, tanto la TAC como el PET presentan S y E muy bajas y la repetición de una mediastinoscopia es muy complicada por la gran cantidad de adherencias que existen por la cirugía previa. Herth *et al.*, en un estudio realizado a 124 pacientes, demostraron que el rendimiento diagnóstico de EBUS-TBNA en la reestadificación presentaba una S del 76%, E del 100%, VPP del 100% y VPN del 20%.

El planteamiento habitual en los casos de reestadificación es realizar EBUS-TBNA si la estadificación inicial ha sido por mediastinoscopia; si fue por EBUS-TBNA, se debería realizar mediastinoscopia^{8,13}.

Adenopatías mediastínicas debidas a neoplasias extratorácicas: hay ocasiones en las que el único hallazgo en las pruebas de imagen es el de adenopatías mediastínicas, en pacientes en que se conoce ya un tumor extratorácico o se sospecha el mismo. La única vía de abordaje diagnóstico en estos pacientes es la EBUS-TBNA. En un estudio realizado con 168 pacientes con sospecha de adenopatías mediastínicas metastásicas de una neoplasia extratorácica, se confirmó el diagnóstico en el 68% de los pacientes. La EBUS-TBNA alcanzó una S del 87% y VPN del 73%.¹⁴

Adenopatías mediastínicas con sospecha de sarcoidosis: existen tres estudios que han valorado la utilidad de esta técnica en el estudio de adenopatías con sospecha de sarcoidosis. Wong *et al.*¹⁵ estudiaron 65 pacientes con sospecha de sarcoidosis, siendo la EBUS-TBNA diagnóstica en el 91,8% de los casos, confirmando la sospecha clínico-radiológica. Garwood *et al.*¹⁶ estudiaron 50 pacientes con esta sospecha clínica. Los valores S, E, VPP y VPN encontrados fueron del 88%, 100%, 100% y 12,5%, respectivamente. Oki *et al.*¹⁷ estudiaron 15 pacientes consecutivos con sospecha de sarcoidosis, siendo la EBUS-TBNA diagnóstica en 13 de ellos.

Adenopatías mediastínicas con sospecha de linfoma: el material citológico obtenido mediante EBUS-TBNA es útil para el diagnóstico inicial de procesos linfoproliferativos (Hodgkin y no Hodgkin), dado que el diagnóstico definitivo de los mismos requiere determinación de inmunofenotipo, realizado mediante citometría de flujo y/o pruebas de inmunohistoquímica. Si este estudio con EBUS resulta negativo, el diagnóstico definitivo requiere biopsia ganglionar.

Steinfort *et al.*¹⁸ estudiaron 55 pacientes con sospecha de linfoma. El diag-

nóstico de linfoma se realizó en 21 de ellos. La EBUS-TBNA demostró esta patología (linfoma) en 16 pacientes (76%), pero 4 de estos 16 pacientes requirieron otra biopsia quirúrgica para caracterizar el subtipo de linfoma. La S y E para el diagnóstico definitivo de linfoma fue 57% y 100%, respectivamente.

La principal limitación en estos casos de sospecha de linfoma es la cantidad de muestra obtenida, que es muy escasa, al ser punciones realizadas con agujas 22 G. La futura incorporación de agujas con un mayor calibre permitirá un mejor rendimiento de esta técnica en el estudio de los linfomas.

REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA ECOBRONCOSCOPIA

Ecobroncoscopia lineal: se puede realizar en la sala convencional de endoscopia respiratoria. El material necesario para la realización de esta técnica es:

- Ecobroncoscopio lineal (Figura 1).
- Fuente de luz.
- Procesador de ecografía, que puede estar integrado dentro de la misma torre del broncoscopio o independiente (cuando es independiente se puede utilizar como ecógrafo convencional en la sala de técnicas) (Figura 2).
- Monitor con capacidad para ver dos pantallas (imagen ecográfica e imagen endoscópica), o bien dos monitores independientes.
- Agujas de punción (existen dos diámetros disponibles en el mercado actualmente: 22G y 21G). En la estadificación mediastínica del cáncer emplearemos una aguja diferente en cada estación puncionada (Figura 3).
- Portas para los extendidos citológicos, tubos Eppendorf para recogida del material citológico restante para realización de bloque celular, tubos con suero estéril para citometría de flujo y análisis microbiológico.
- Equipo de succión potente.
- Equipo de monitorización (TA, saturación O₂, electrocardiograma).
- Lidocaina al 1% y al 2% para la anestesia tópica.
- Oxígeno suplementario.
- Medicación y material para la sedación consciente/sedoanalgesia: Midazolam, Propofol y Fentanilo, según la situación del paciente y las preferencias del endoscopista/anestesista.
- Si el paciente está intubado, para la realización de la técnica se requieren tubos oro-traqueales de un diámetro superior a 8 mm. También se puede realizar la técnica con mascarilla laríngea.

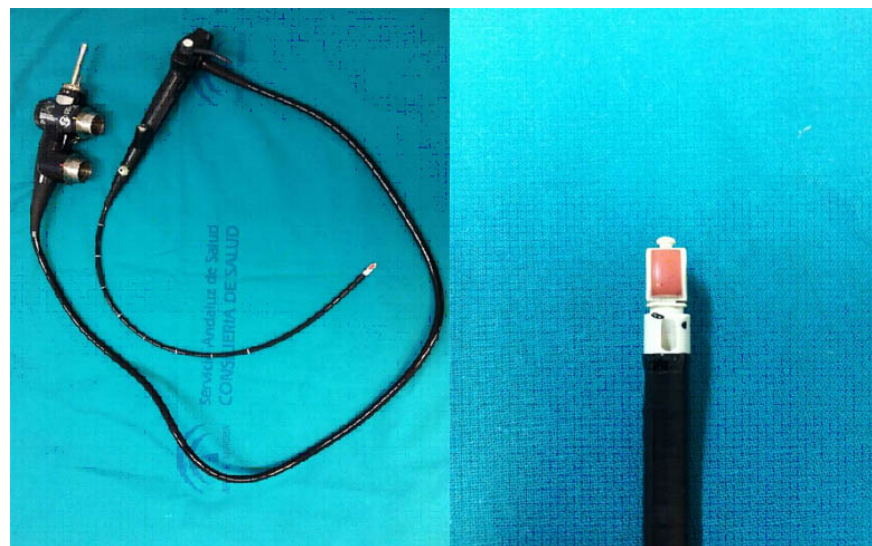


Figura 1: Ecobroncoscopio lineal.



Figura 2: Consola de ecografía.



Figura 3: Aguja de punción.

El personal necesario para la realización de un EBUS lineal es:

- Médico broncoscopista.
- Médico asistente para manejo de la aguja de punción o enfermero/a con experiencia en el manejo de la misma.
- Enfermero/a para preparación de las muestras.
- Auxiliar en la sala de endoscopia.
- La sedoanalgesia y sobre todo la sedación consciente pueden ser realizadas por el médico broncoscopista. Sin embargo, cuando el paciente presenta comorbilidades asociadas, deterioro importante en su estado general y el acceso a las cadenas mediastínicas resulte difícil por tamaño o localización, la seudoanalgesia debería ser realizada por un anestesista, previa valoración preoperatoria del riesgo anestésico.
- La presencia de un citólogo en la sala de exploración durante la realización de la técnica para realizar examen *in situ* de las muestras extraídas (ROSE) reduce el número de entradas y permite establecer un diagnóstico rápido.

Ecobroncoscopia radial: el material necesario para la realización de esta técnica es:

- Broncoscopio terapéutico (canal de trabajo de 2,8 mm).
- Fuente de luz.
- Monitor.
- Procesador de ecografía.
- Sonda miniaturizada ultrasónica, con un diámetro externo distal de 1,4 y 1,7 mm en la parte del conector y una frecuencia de 20 mHz, o minisonda con un extremo distal de 1,7 y 2 mm en la parte del conector, longitud de 2.050 mm y frecuencia de 20 mHz. (Figura 4).
- Kit de vaina de guía "guide sheath" de un solo uso, con pinzas de biopsia fenestradas ovales y cepillo citológico de una longitud de 10 mm.
- Aparato de radioscopia en el estudio de lesiones pulmonares periféricas, para localizar la lesión y colocar las sondas/catéteres en el lugar adecuado. Se requieren equipos de protección individual plomados para el personal. Hay hospitales en los que no se utiliza la radioscopia, aunque parece demostrado que la utilización de estos aparatos mejora el rendimiento de la técnica⁷.
- Portas para los extendidos citológicos, tubos Eppendorf para recogida del material citológico restante para realización de bloque celular, tubos con suero estéril para citometría de flujo. Tubos con formol para la recogida de biopsias.
- Equipo de succión potente.
- Equipo de monitorización (TA, saturación O₂, electrocardiograma)
- Lidocaina al 1% y al 2% para la anestesia tópica.
- Oxígeno suplementario.
- Medicación para la sedación consciente/sedoanalgesia intravenosa: Midazolam, Propofol y Fentanilo según la situación del paciente y las preferencias del endoscopista / anestesista.
- Si el paciente está intubado para la realización de la técnica se requieren tubos orotraqueales. También se puede realizar la técnica con mascarilla laríngea.

El personal necesario para la realización de un EBUS radial:

- Médico broncoscopista.
- Médico asistente para manejo de la minisonda o enfermero/a con experiencia en el manejo de la misma.
- Enfermero/a para preparación de las muestras.

- Auxiliar en la sala de endoscopia.
- Técnico de radiología.
- La sedoanalgesia y sobre todo la sedación consciente pueden ser realizadas por el médico broncoscopista. Sin embargo, cuando el paciente presenta comorbilidades asociadas, deterioro importante en su estado general y el acceso a las cadenas mediastínicas es difícil por tamaño o localización, debería ser realizada por un anestesista, previa valoración preoperatoria del riesgo anestésico.
- En los casos en los que se realiza examen in situ de las muestras extraídas "ROSE" es necesaria la presencia de un citólogo en la sala de endoscopia durante la realización de la técnica.

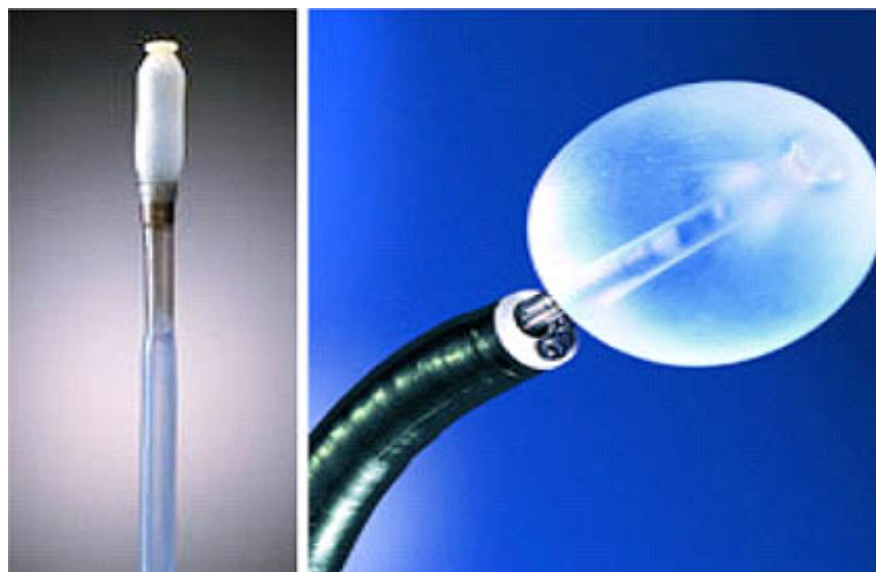


Figura 4: Vaina y mini-sonda ecográfica a través del canal de trabajo del broncoscopio.

TÉCNICA

Ecobroncoscopia lineal: uno de los puntos básicos para el éxito de esta técnica es el conocimiento de la anatomía del mediastino para poder identificar las diferentes estructuras a estudio. Es muy importante analizar la localización y tamaño de las adenopatías antes de comenzar el procedimiento.

Previamente a la exploración, colocaremos el balón en el extremo distal del broncoscopio. El balón sirve para mejorar la visión ecográfica en pacientes

con anomalías de la vía aérea y en cadenas ganglionares de difícil acceso, como la 4L. Se coloca en la punta del broncoscopio, una vez extraído el aire del canal, pudiéndose inflar con suero fisiológico, introduciendo de 0,3 ml (adenopatías hiliares) a 0,5 ml (adenopatías mediastínicas).

El ecobroncoscopio lineal se introduce por la boca; ésta tiene que estar bien anestesiada para evitar náuseas y/o tos. Habitualmente, utilizamos un tubo de Guedel modificado, que permite la introducción del broncoscopio con mayor facilidad. En los últimos meses, estamos utilizando también la mascarilla laríngea, que no sólo facilita la introducción del broncoscopio, sino que hace el resto de la exploración más cómoda para el broncoscopista ya que permite conseguir una mayor profundidad en la sedoanalgesia (Figura 5). Es importante saber que el sistema óptico del ecobroncoscopio proporciona un campo de visión de 80° y a 35° del eje longitudinal del broncoscopio. Por este motivo, para obtener una visión directa, hay que flexionar el extremo del broncoscopio ligeramente hacia abajo.



Figura 5: Guedel modificado / mascarilla laríngea. Ambos facilitan la introducción del ecobroncoscopio.

Al visualizar las cuerdas vocales instilamos lidocaina al 2% y, posteriormente, introducimos el ecobroncoscopio, visualizando la comisura anterior de la glotis. Una vez introducido en la vía aérea, hay que flexionarlo ligeramente hacia abajo para obtener la visión directa. A partir de este momento, utilizaremos los dos modos visuales (ecográfico y endoscópico) en el monitor para localizar las estructuras mediastínicas que vamos a estudiar.

Una vez que el broncoscopio está situado en la vía aérea en la posición deseada (en función de las pruebas de imagen previas para localizar las adenopatías a estudio), se flexiona y presiona ligeramente en la vía aérea. Si la visión no es aceptable, se infla el balón. Localizamos la adenopatía a estudio de forma cuidadosa, intentando visualizar en el centro de la imagen el ganglio

en su diámetro mayor.

Si la exploración se hace para estadificación de un carcinoma pulmonar, exploraremos todos los ganglios sospechosos en PET-TAC y aquellos mayores o iguales a 5 mm de diámetro, descartando secuencialmente N3, N2, N1. Normalmente, comenzamos explorando las cadenas altas 2R y 2L, después 4R y 4L, seguidamente la región subcarinal (7), y finalmente ambos hilos.

Las características ecográficas del ganglio estudiado según algunos trabajos publicados²², pueden ser útiles para predecir la probabilidad de malignidad o benignidad. Se consideran características ecográficas de benignidad en un ganglio linfático: diámetro menor inferior al cm, forma oval, márgenes no bien definidos, ecogenicidad homogénea, centro hiperecoico presente, que corresponde a la estructura hiliar, ausencia de necrosis. Son características de malignidad: diámetro menor mayor de 1 cm, morfología redondeada, márgenes regulares, ecogenicidad heterogénea, ausencia de centro hiperecoico, presencia de necrosis (Figuras 6 y 7).

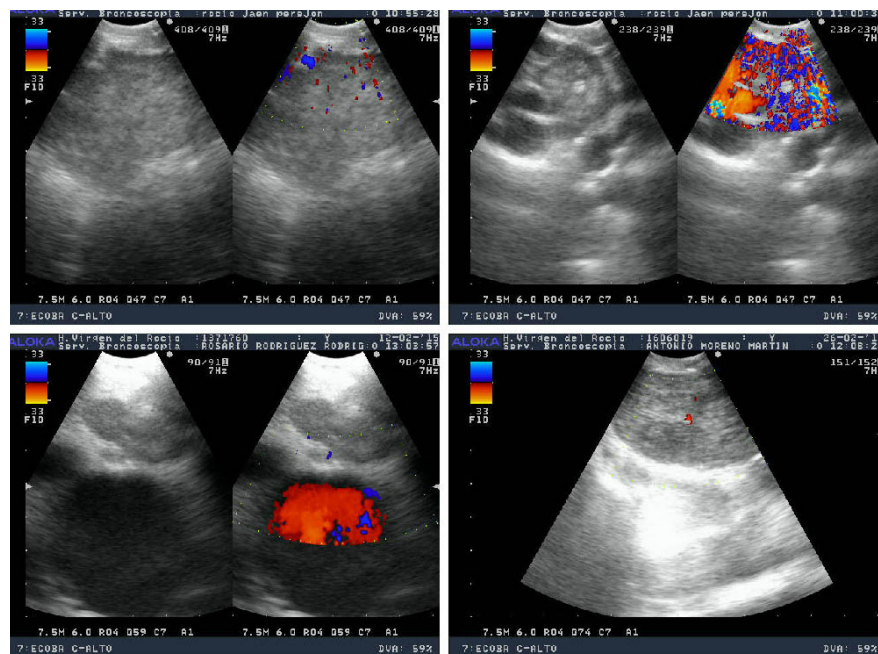


Figura 6: Adenopatías con características ecográficas de malignidad: forma redondeada, márgenes muy bien definidos, ecogenicidad heterogénea, diámetro menor superior al cm, presencia de necrosis.

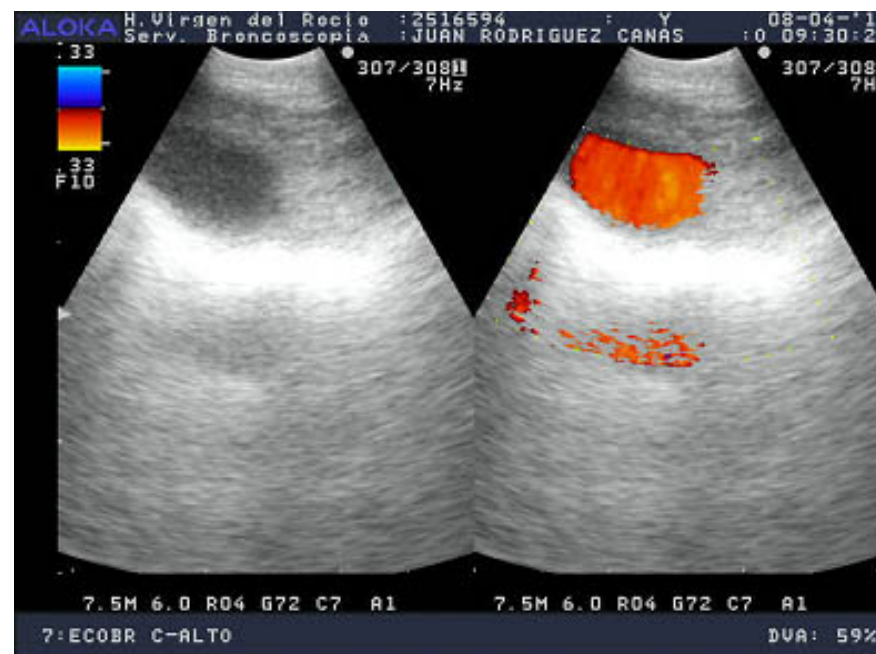


Figura 7: Adenopatía adyacente a vena azigos con características ecográficas de benignidad: morfología oval, diámetro menor inferior al cm, márgenes no bien definidos, ecogenicidad homogénea, ausencia de necrosis.

También existen algunos trabajos que establecen distintos patrones de vascularización del ganglio, que también pueden ser útiles para diferenciar malignidad/benignidad. Nakajima *et al.* clasifican las adenopatías en 4 grados, en función del flujo que exista en su interior valorando, además, la existencia de flujo desde la arteria bronquial hacia la adenopatía (signo del flujo AB). Las adenopatías con grado II y III y signo del flujo AB tienden a ser malignas²³.

Actualmente, existe controversia acerca de la rigurosidad y meticulosidad en el muestreo de las adenopatías, pudiendo realizarse un muestreo selectivo de aquellas sospechosas en PET-TAC y/o mayores de 5 mm en su diámetro menor, o bien un muestreo sistemático, puncionando 2R, 4R, 2L, 4L y 7¹⁹. No existe evidencia de un mayor beneficio en una u otra forma de muestreo en la actualidad.

Una vez identificadas las estructuras a estudiar, realizaremos la punción de las mismas. La punción-aspiración se realiza normalmente con una jeringa.

ga con vacío de 20 ml. Si el ganglio está muy vascularizado o puncionamos la estación 7 y la muestra obtenida es muy hemática, se recomienda no utilizar jeringa y, simplemente retirando lentamente el estilete a medida que se mueve la aguja dentro del ganglio, puede obtenerse muestra adecuada por capilaridad.

Si disponemos de examen in situ de las muestras (ROSE) por parte de un patólogo, lo razonable es comenzar puncionando aquellas adenopatías que suponen un estadio N3, para ir después seguidamente puncionando N2 y finalmente N1. Si una de las punciones fuera positiva para malignidad, con suficiente material, finalizaríamos la estadificación por EBUS-TBNA. Si el patólogo no está presente mientras realizamos la exploración, existe consenso en la realización de tres punciones por cadena ganglionar estudiada. Si, en cambio, el patólogo está presente mientras realizamos la técnica, se considera que si la muestra es positiva y suficiente no hay que realizar más punciones. Si fuera negativa para neoplasia, existe consenso en la realización de dos punciones por cadena ganglionar estudiada²⁰.

Es muy importante el adecuado procesamiento de las muestras obtenidas para obtener los mejores resultados. Puede variar entre los diferentes centros, por lo que es fundamental trabajar en equipo con el citopatólogo. Las muestras que obtenemos tienen que ser adecuadamente procesadas para estudio anatomopatológico (extensiones citológicas y bloques celulares), estudio microbiológico (muestras diluidas en suero estéril) y estudio de citometría de flujo cuando hay sospecha de síndrome linfoproliferativo (muestras diluidas también en suero estéril).

Se ha demostrado que las muestras obtenidas de ganglio linfático mediante EBUS permiten la realización de estudios moleculares para determinación de mutaciones en el gen EGFR y reordenamiento del gen ALK²¹.

La presencia del citopatólogo en la sala de endoscopia mientras se realiza la técnica es muy útil, ya que consigue mejorar la rentabilidad de la prueba, disminuyendo por un lado la obtención de muestras inadecuadas y, por otro, mejorando la calidad de las muestras obtenidas (Figuras 8 y 9).

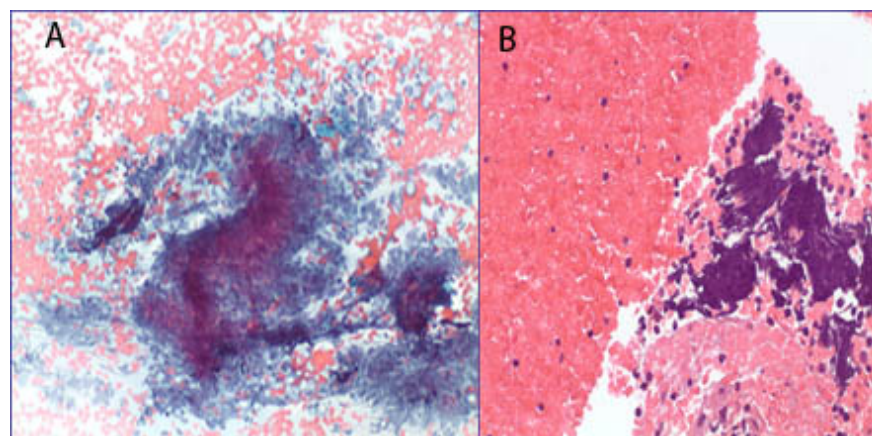


Figura 8: Valoración de la calidad de la muestra por el citopatólogo:
A: No valorable (artefacto tipo "crushing" o aplastamiento celular) Extendido celular (Dic Quik 10X)
B: No valorable (artefacto tipo "crushing" o aplastamiento celular) Bloque celular (H&E 20X)
Fotografía cortesía de la Dra. Gómez Izquierdo

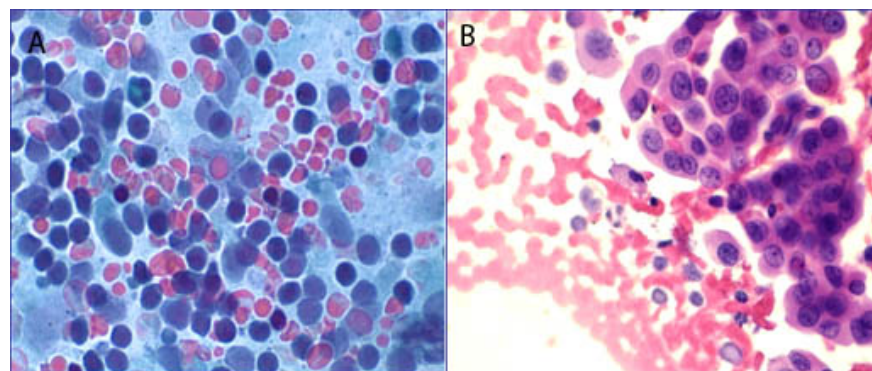


Figura 9: Muestras adecuadas para el diagnóstico:
A: Celularidad propia de ganglio linfático. Linfadenitis reactiva. Extendido celular Diff - Quik 40X
B: Escasa celularidad propia de ganglio linfático. Células epitelioides, cuboidales de aspecto monomorfo. Citoplasmas amplios algunos con aspecto granular (Metástasis carcinoma) Bloque celular H&E 20X
Fotografías cortesía de la Dra. Gómez Izquierdo.

Ecobroncoscopia radial: el broncoscopio se introduce según técnica convencional, explorando el árbol traqueobronquial posteriormente como en cualquier broncoscopia diagnóstica.

Según las técnicas de imagen (TAC, PET-TAC) seleccionamos el bronquio

segmentario que llegue a la lesión que estamos estudiando. En el estudio del NPS, el “signo del bronquio” en las imágenes de TAC ayuda a seleccionar el bronquio segmentario con mayor seguridad siendo, por tanto, la prueba más rentable posteriormente.

A través del canal de trabajo del broncoscopio, introducimos la sonda con el transductor ecográfico de 20 MHz en el interior de una guía de plástico (*guide seath*) y se avanza en el bronquio segmentario hasta localizar la lesión por ecografía, comprobando posteriormente esta localización con radioscopia en el caso de lesiones periféricas pulmonares. Las lesiones pulmonares tienen una textura ecogénica y unos límites bien definidos, debido a la interfase entre el pulmón aireado y la lesión.

A continuación, se retira la sonda ecográfica y se introduce el cepillo específico y, posteriormente, las pinzas de biopsia a través de la guía de plástico. Se recomienda la realización de 2 - 3 pases para el cepillado y de 4 biopsias.

Las muestras que se obtienen tienen que ser adecuadamente procesadas para su estudio posterior.

COMPLICACIONES

Complicaciones EBUS lineal: se considera una técnica segura. Los acontecimientos adversos más frecuentes se relacionan con la sedación del paciente (depresión respiratoria). Otras complicaciones frecuentes pueden ser: mediastinitis con o sin bacteriemia y neumotórax o neumomediastino. Las complicaciones hemorrágicas son menos frecuentes que en las punciones realizadas a ciegas.

En un estudio²⁴ sobre complicaciones de EBUS-TBNA, realizado en 1.323 pacientes, aparecieron complicaciones en 20 de ellos: hemorragia en 3 casos, neumotórax en 7 (4 con necesidad de drenaje torácico), hipoxemia mantenida en 4, insuficiencia respiratoria global en 4, hipotensión en 1 caso y lesión grave de la vía aérea en otro, con resultado de muerte (primer caso publicado de muerte asociado a EBUS-TBNA).

Complicaciones EBUS radial: son las mismas complicaciones de una broncoscopia diagnóstica convencional. Si la exploración es para estudio de NPS, las complicaciones son equivalentes a las de la biopsia transbronquial guiada por radioscopia (hemorragia y neumotórax como complicaciones más frecuentes).

CONCLUSIONES

La ecobroncoscopia, en sus dos modalidades (radial y lineal) es una técnica segura y eficaz. La EBUS-TBNA disminuye el número de pruebas diagnósticas necesarias para el diagnóstico y/o estadificación del carcinoma pulmonar y disminuye la realización de técnicas invasivas en un porcentaje importante de pacientes. Es necesaria la confirmación de los resultados negativos mediante otras técnicas.

La EBUS radial es un instrumento útil para la exploración de la vía aérea principal. Incrementa el rendimiento de la fibrobroncoscopia en el diagnóstico de lesiones pulmonares periféricas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hurtér T, Hanrath P. Endobronchial sonography in the diagnosis of pulmonary and mediastinal tumors. *Dtsch Med Wochenschr* 1990; 115 (50): 1899-905.
2. Kurimoto N, Murayama T, Yoshioka S et al. Assessment of usefulness of endobronchial ultrasonography in determination of depth of tracheobronchial tumor invasion. *Chest* 1999; 115: 1500-6.
3. Miyazu Y, Miyazawa T, Kurimoto N et al. Endobronchial ultrasonography in the assesment of centrally located early- stage lung cancer before photodynamic therapy. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165: 832 -7.
4. Herth F, Becker HD, Ernst A. Conventional vs endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: a randomized trial. *Chest* 2004; 125: 322-5.
5. Herth F, Ernst A, Becker HD. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial lung biopsy in solitary pulmonary nodules and peripheral lesions. *Eur Respir J* 2002; 20: 972 -74.
6. Steinfort DP, Khor YH, Manser RL et al. Radial probe endobronchial ultrasound for the diagnosis of peripheral lung cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2011; 37: 902-10.
7. Sanchez Font A, Giralt L, Vollmer I et al. Utilidad de la ultasnografía endobronquial radial en el diagnóstico de lesiones pulmonares periféricas. *Estudio controlado con fluoroscopia. Arch Bronconeumol* 2014; 50 (5): 166-71.
8. Sánchez de Cos J, Hernández H J, Jiménez López JF et al. Normativa SEPAR para estadificación del cáncer de pulmón. *Arch Bronconeumol* 2011; 47 (9): 454 -65.
9. Ping G, Zhao Y, Jiang L et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial aspiration for staging of lung cancer. A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cancer* 2009; 45: 1389-96.
10. Medford ARL. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration. *Int J Clin Pract* 2010; 64 (13): 1773-83.
11. Varela- Lema L, Fernández Villar A, Ruano Ravina A. Effectiveness and safety of endobronchial ultrasound-transbronchial needle aspiration: a systematic review. *Eur Respir J* 2009; 33: 1156-64.

12. Herth FJ, Ernst A, Eberhardt R et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration of lymph nodes in the radiologically normal mediastinum. *Eur Respir J* 2006; 28: 910-4.
13. Herth FJ, Annema JT, Eberhardt Rk et al. Endobronchial ultrasound with transbronchial needle aspiration for restaging the mediastinum in lung cancer. *J Clin Oncol* 2008; 26: 3346-50.
14. Navani N, Nankiwel M, WoolHouse I et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for the diagnosis of intrathoracic lymphadenopathy in patients with extrathoracic malignancy: a multicenter study. *J Thorac Oncol* 2011; 6: 1505-9.
15. Wong M, Yasukufu K, Nakajima T et al. Endobronchial ultrasound: new insight for the diagnosis of sarcoidosis. *Chest* 2007; 29 (6): 1182-6.
16. Garwood S, Judson MA, Silvesti G et al. Endobronchial ultrasound for the diagnosis of pulmonary sarcoidosis. *Chest* 2007; 132 (4): 1298-304.
17. Oki M, Saka H, Kitagawa C et al. Realtime endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration is useful for diagnosing sarcoidosis. *Respirology* 2007; 12 (6): 863-8.
18. Steinfort DP, Conron M, Tsui A et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for the evaluation of suspected lymphoma. *J Thorac Oncol* 2010; 5 (6): 804-9.
19. Detterbeck F, Puchalski J, Rubinowitz A et al. Classification of the thoroughness of mediastinal staging of lung cancer. *Chest* 2010; 137 (2): 436-42.
20. Lee HG, Lee GK, Lee HS et al. Real-time endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration in mediastinal staging of non-small cell lung cancer: how many aspirations per target lymph node station? *Chest* 2008; 134: 368-74.
21. Esterbrook G, Ananthanama S, Plantb P. Adequacy of endobronchial ultrasound needle aspiration samples in the subtyping of non-small cell lung cancer. *Lung Cancer* 2013; 80: 30-34.
22. Fujiwara T, Yasukufu K, Nakajima T et al. The utility of sonographic features during endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for lymph node staging in patients with lung cancer. A standard endobronchial ultrasound image classification system. *Chest* 2010; 138 (3): 641-47.
23. Nakajima T, Anayama T, Shingyoji M et al. Vascular image patterns of lymph nodes for the prediction of metastatic disease during EBUS-TBNA for mediastinal staging of lung cancer. *J Thorac Oncol* 2012; 7: 1009-14.
24. Shah A, Ost D, Jimenez C et al. Complications related to endobronchial ultrasound guided transbronchial needle aspiration. On behalf of the ACCP Quality Improvement Registry Education and Evaluation (AQUIRE) Participants. *Chest* 2011; 140: 865A.