

## ECOGRAFIA TORÁCICA Y VIA AEREA.

*José Luís López-Prats. Hospital Clínico Universitario de Valencia. Valencia.*

*Ana Coca Pérez. UCIP Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid.*

*Susana Jaraba Caballero. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba.*

*Manuel Ángel Frías Pérez. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba.*

*Luís Renter Valdovinos. UCIP H. Parc Taulí, Sabadell.*

*Soledad Torrús Carmona. Complejo Hospitalario de Navarra. Pamplona*

*Jorge Rodríguez Ozcoidi. Complejo Hospitalario de Navarra. Pamplona*

*José Luís Vázquez Martínez. UCIP Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid.*

*María Slöcker Barrio. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid*

*Susana Reyes Domínguez. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia.*

*Revisado por Luís Renter Valdovinos. UCIP H. Parc Taulí, Sabadell.*

## ÍNDICE

- 1) INTRODUCCIÓN**
- 2) PRINCIPIOS DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR Y SEMIOLOGÍA DE LOS ULTRASONIDOS EN EL PULMÓN**
  - a) Principios básicos de la ecografía pulmonar
  - b) Técnica
  - c) Hallazgos ecográficos en el pulmón
- 3) EVALUACIÓN ECOGRÁFICA PLEURAL.**
  - a) Derrame Pleural
  - b) Neumotórax
- 4) SÍNDROME INTERSTICIAL ECOGRÁFICO Y REPERCUSIÓN HEMODINÁMICA EN EL PULMÓN.**
- 5) CONSOLIDACIONES**
- 6) AIREACIÓN PULMONAR**
- 7) CONTROL ECOGRÁFICO VIA AEREA CENTRAL**
  - a) Comprobación intubación en caso vía aérea difícil. Protocolo TRUE
  - b) Detección intubación bronquial selectiva
  - c) Control de cuerdas vocales
- 8) ECOGRAFÍA PULMONAR EN EL RECIÉN NACIDO**
  - a) Enfermedad por defecto de surfactante (EDS)
  - b) Taquipnea transitoria del recién nacido (TTNR)
  - c) Aspiración meconial
  - d) Hipoplasia pulmonar
- 9) Evaluación ecográfica del diafragma**
  - a) Introducción
  - b) Abordaje ecográfico del diafragma: tipos de sondas y ventanas ecográficas
  - c) Abordaje ecográfico del diafragma: parámetros y valores de normalidad
  - d) Utilidades de la ecografía diafragmática en UCI



## INTRODUCCIÓN.

**José Luis López-Prats. Hospital Clínico Universitario de Valencia. Valencia.**

Tradicionalmente la radiología ha apoyado a la valoración clínica respiratoria en el paciente crítico, mediante la radiografía simple tórax y ocasionalmente en el TAC, patrón oro de valoración del parénquima pulmonar.

La ecografía torácica constituye un claro ejemplo de la ecografía en el punto de atención (point of care) con todas las ventajas que esto implica, dotando al clínico de una herramienta diagnóstica que permite una valoración inmediata, repetida, inocua (evita radiaciones ionizantes) y con un alto poder discriminativo en manos entrenadas. Además, el niño ofrece una ventana ecográfica especialmente ventajosa, dado la insuficiente osificación de los cartílagos costales.

A lo largo de este documento presentaremos unas nociones básicas que evidencian como la ecografía permite tomar decisiones rápidas en situaciones graves, evaluar la respuesta a procedimientos terapéuticos y maniobras ventilatorias, vigilar la evolución de distintas enfermedades y complicaciones pulmonares y, todo ello sin necesidad de trasladar al paciente y sin perder nivel de monitorización.



## PRINCIPIOS DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR Y SEMIOLOGÍA DE LOS ULTRASONIDOS EN EL PULMÓN

Ana Coca Pérez. UCIP Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid.

### Principios básicos de la ecografía pulmonar:

Cuando utilizamos la ecografía para el diagnóstico de enfermedades pulmonares es importante que recordemos que el pulmón normal está lleno de aire, y que las ondas sonoras se propagan muy mal en él. Existe una gran diferencia de impedancia acústica y velocidad de propagación de las ondas sonoras entre los tejidos y el aire. El aire esparce las ondas sonoras en múltiples direcciones, y por tanto el transductor no puede recibir y organizar la información de las ondas reflejadas para la obtención de una imagen de estructuras reales, apareciendo los artefactos de reflexión y reverberación.

Cuando un proceso patológico reduce la aireación del pulmón, la ecografía detecta cambios de una manera predecible. Al perderse la aireación normal del pulmón el haz de ultrasonidos atraviesa la pleura, pudiendo entonces formarse una imagen ecográfica real. El espectro de hallazgos ecográficos depende de la relación aire/líquido.

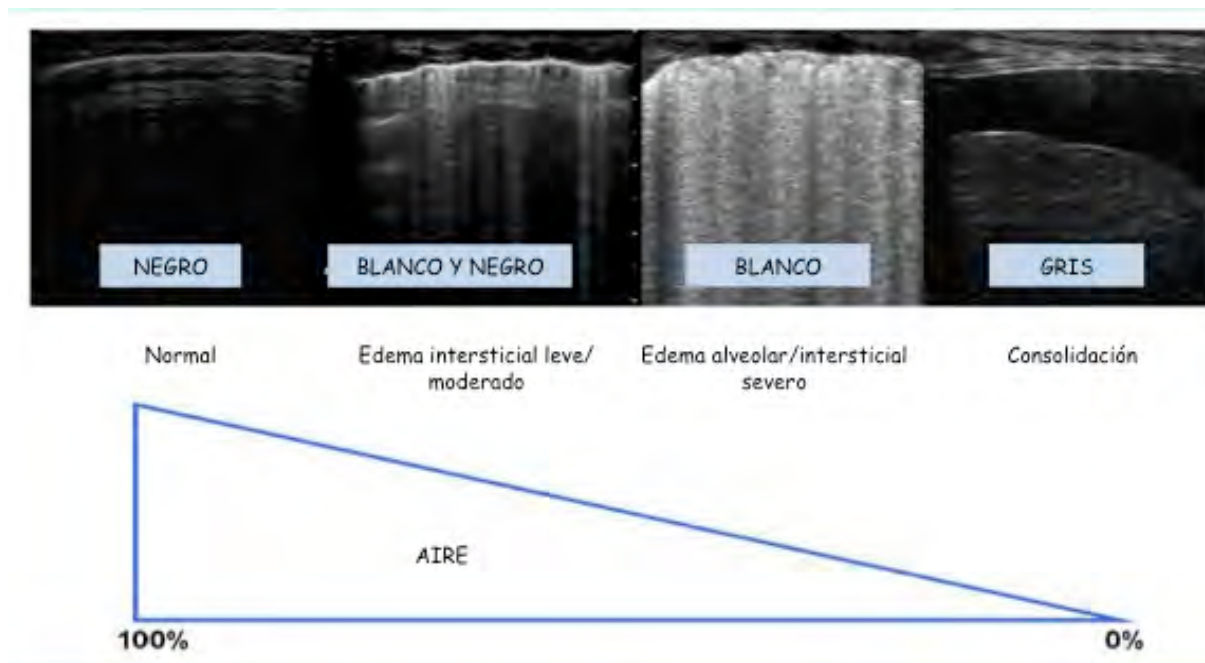


Imagen 1. Patrones ecográficos del pulmón según la proporción aire/líquido.

La ecografía pulmonar se basa, por lo tanto, en el análisis dinámico y estático de la combinación de artefactos e imágenes reales que se obtienen.

La ecografía pulmonar nos va a servir para detectar patrones de aireación normal, acúmulo de líquido alveolo-intersticial, consolidaciones pulmonares y patología pleural (derrame pleural y neumotórax)

### Técnica:

Para realizar la ecografía pulmonar pueden utilizarse varias sondas, con frecuencias desde 4 a 12 Hz. Una sonda lineal de alta frecuencia (5-10 Hz) ofrece muy buena resolución y definición de las estructuras superficiales, siendo muy útil para la visualización del deslizamiento pleural normal, el diagnóstico de neumotórax y los artefactos (líneas A y B). Esta es también la sonda de elección en neonatos. Una sonda cóncava convencional de baja frecuencia (3,5-5 Hz) permite visualizar mejor las zonas profundas del pulmón, y por lo tanto es más útil para el diagnóstico de las consolidaciones y el derrame pleural. Las sondas microcóncavas tienen

la ventaja de acomodarse mejor al espacio intercostal. En pediatría la sonda lineal será suficiente para el estudio de todas las condiciones.

Una vez seleccionada la sonda es recomendable usar un preconfigurado específico del que disponga nuestro ecógrafo para visualizar pulmón. En caso de no disponer de éste, es ideal elegir uno superficial y que no tenga atenuadores de artefactos si vamos a estudiar la presencia de aire (dentro o fuera del parénquima). Para el resto de patologías podemos usar otros de mayor profundidad y sin importarnos esos atenuadores.

La sonda se coloca perpendicular al espacio intercostal, con el marcador de la sonda mirando en dirección craneal. El ecógrafo debe prepararse de tal manera que el punto de la imagen quede en el lado izquierdo de la pantalla. Así, en un examen longitudinal, siempre se verá en la parte izquierda de la pantalla la proyección craneal. La proyección oblicua (colocando la sonda paralela al espacio intercostal) permite eliminar la sombra acústica que producen las costillas.

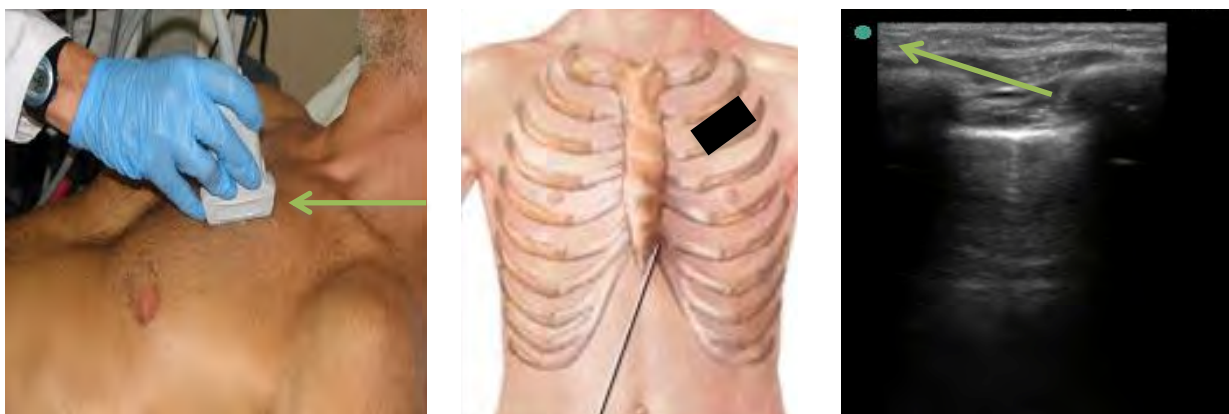


Imagen 2. Técnica de exploración ecográfica del pulmón. A) Perpendicular a los espacios intercostales. B) Oblicua a los espacios intercostales. C) Preparación de la pantalla. Flechas verdes indican la marca en la sonda y en la pantalla

En la exploración ecográfica del pulmón se distinguen 3 regiones, que se deben de explorar en su totalidad: anterior, lateral y posterior:

- Región anterior: limitada por la clavícula, el esternón, la línea pleural anterior y el diafragma. La exploración de esta región nos da información sobre la patología “más rica en aire” como es el neumotórax, o el patrón intersticial de relevancia clínica.
- Región lateral: limitada por la línea axilar anterior, la línea axilar posterior y el diafragma. Su exploración nos da información sobre la existencia de patología pleural tipo derrame, consolidaciones y la movilidad del diafragma.
- Región posterior: limitada por la línea axilar posterior y la columna. Es la zona dependiente de la gravedad, y su exploración es útil para el diagnóstico de derrames pleurales pequeños, consolidaciones y patrones intersticiales.

En cuanto a las limitaciones de la técnica, la única limitación absoluta es la presencia de enfisema, ya que el aire subcutáneo impide que se propague el haz de ultrasonidos más allá. Limitaciones relativas son la obesidad, la musculatura muy desarrollada, la presencia de un hematoma en la pared torácica y apósitos que no deban retirarse.

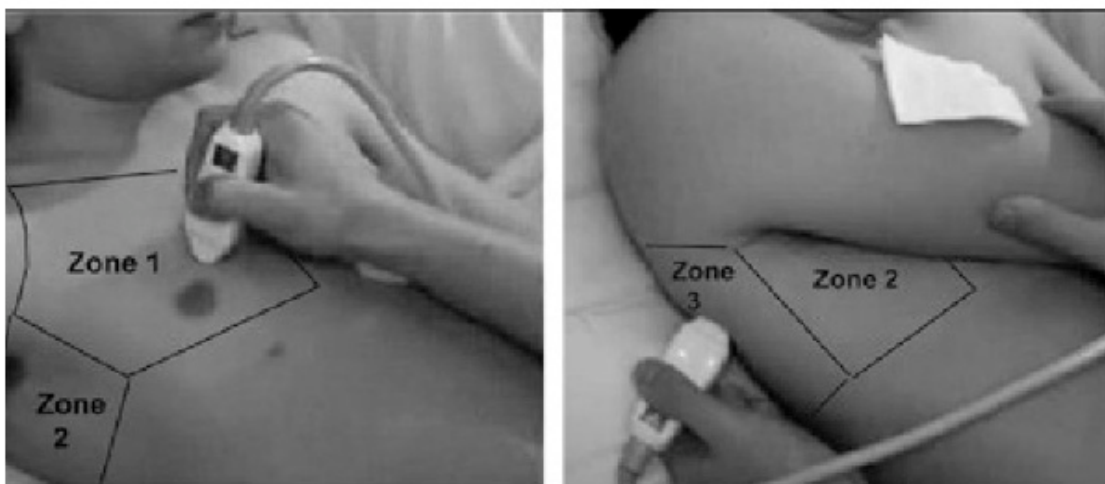


Imagen 3. Regiones de exploración ecográfica del pulmón. Zona 1: anterior. Zona 2: lateral. Zona 3: posterior.

La técnica de la ecografía pulmonar es una técnica de imagen en superficie. Esto significa que las zonas alteradas que están rodeadas de aire no se pueden visualizar, sólo siendo visibles las zonas alteradas que lleguen a tener contacto con la superficie pleural. Afortunadamente, la mayoría de los procesos que afectan al pulmón y que son de interés para el intensivista, se extienden hasta la periferia del pulmón. Todos los casos de neumotórax y derrame pleural llegan a la pleura, así como el 98.5% de las consolidaciones. El síndrome intersticial es un fenómeno difuso, y por lo tanto también llega a la pleura visceral.

El estudio ecográfico del pulmón incluye tanto imágenes estáticas como dinámicas, así como los modos 2D y modo M.

#### **Hallazgos ecográficos:**

Daniel Linchenstein describió los 10 signos básicos en ecografía pulmonar, gracias a los cuales, y dependiendo de su patrón predominante en las imágenes ecográficas, se obtienen sensibilidades y especificidades cercanas al 100% para el diagnóstico de patología pulmonar. Una vez dominados estos diez signos básicos (extensibles a doce si añadimos el broncograma aéreo dinámico y el pulso pulmón) los podemos utilizar para una amplia variedad de aplicaciones.

Estos diez signos básicos incluyen:

1. Signo del murciélago ("*bat sign*")
2. Deslizamiento pulmonar ("*lung sliding*")
3. Líneas A, líneas B y otras.
4. Signo del cuadrado ("*quad sign*")
5. Signo del senoide ("*sinusoid sign*")
6. Signo de la consolidación ("*tissue-like sign*")
7. Signo del desflecamiento ("*shred sign*")
8. Signo de la estratosfera o del código de barras ("*stratosphere sign*")
9. Punto pulmón ("*lung point*")

## A. SIGNO DEL MURCIÉLAGO (“Bat sign”)

Es la imagen en Modo 2D que siempre debemos reconocer al iniciar la exploración ecográfica. La obtenemos cuando colocamos la sonda perpendicularmente entre dos espacios intercostales. En la imagen se puede distinguir:

- Tejido celular subcutáneo
- Capa muscular
- Dos costillas con sus sombras acústicas correspondientes
- Línea pleural: que se visualiza como una línea hiperecogénica en medio de las dos costillas, a aproximadamente 0,5 cm por debajo del inicio de las mismas, y que es la interfase entre los tejidos blandos de la pared torácica y los pulmones aireados; la gran hiperecogenicidad de dicha línea es generada por la grandísima diferencia de impedancia acústica existente entre el músculo intercostal y el aire, lo que genera la reflexión (el rebote) de casi el 100% del ultrasonido que llega desde la sonda.

En conjunto componen una imagen que semeja el perfil de un murciélago: el borde superior de las sombras de las costillas (“alas del murciélago”) y la línea pleural (“cabeza o lomo del murciélago”). Esta imagen se denomina **signo del murciélago o “bat-sign”**. La localización de esta imagen es un paso fundamental en la valoración del pulmón, permitiendo localizar la superficie del mismo en cualquier circunstancia.

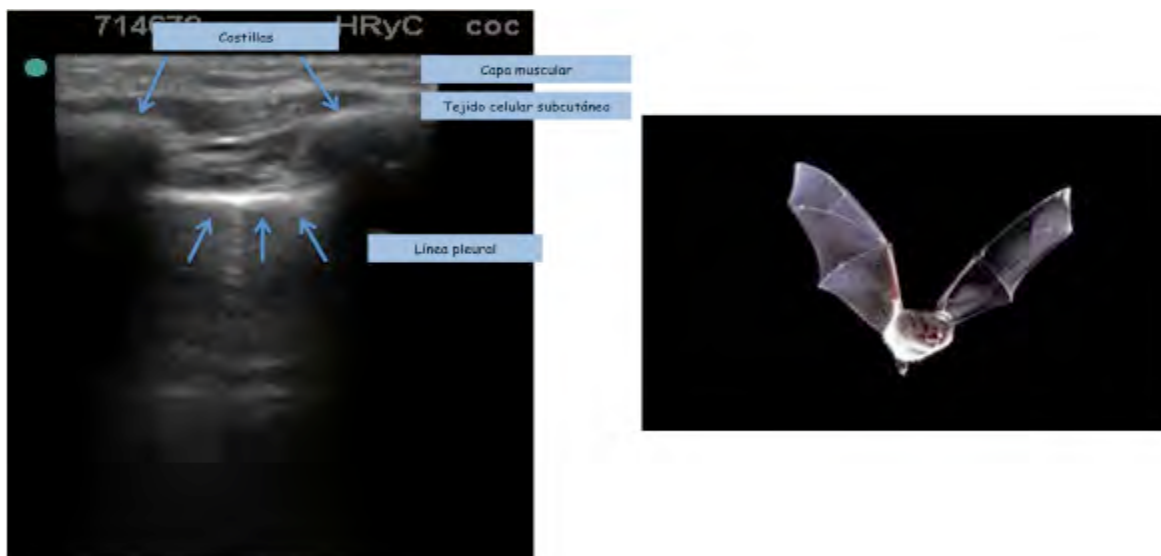


Imagen 4. Imagen en Modo 2D. Signo del murciélago.

## B. DESLIZAMIENTO PULMONAR Y SUS EQUIVALENTES: SIGNO DE LA ORILLA DE MAR Y PULSO PULMÓN.

La misma imagen anteriormente descrita, en tiempo real, de forma dinámica, muestra la línea pleural moviéndose a lo largo de su eje. La presencia de este **deslizamiento pulmonar (“lung sliding”)** indica que ambas pleuras, parietal y visceral, están adheridas entre sí, y por lo tanto descarta la existencia de líquido o aire entre ellas. El movimiento es derivado de la respiración (espontánea o mecánica) del paciente lo que hace que la visceral se deslice contra la parietal.

Si exploramos esta misma imagen en Modo M, el deslizamiento pleural dará lugar a la imagen en **orilla de mar (“seashore sign”)**, donde el patrón lineal (las olas) son las estructuras inmóviles de la pared torácica (desde la piel a la pleura), y el patrón granular (la arena) representa la movilidad de ambas pleuras.



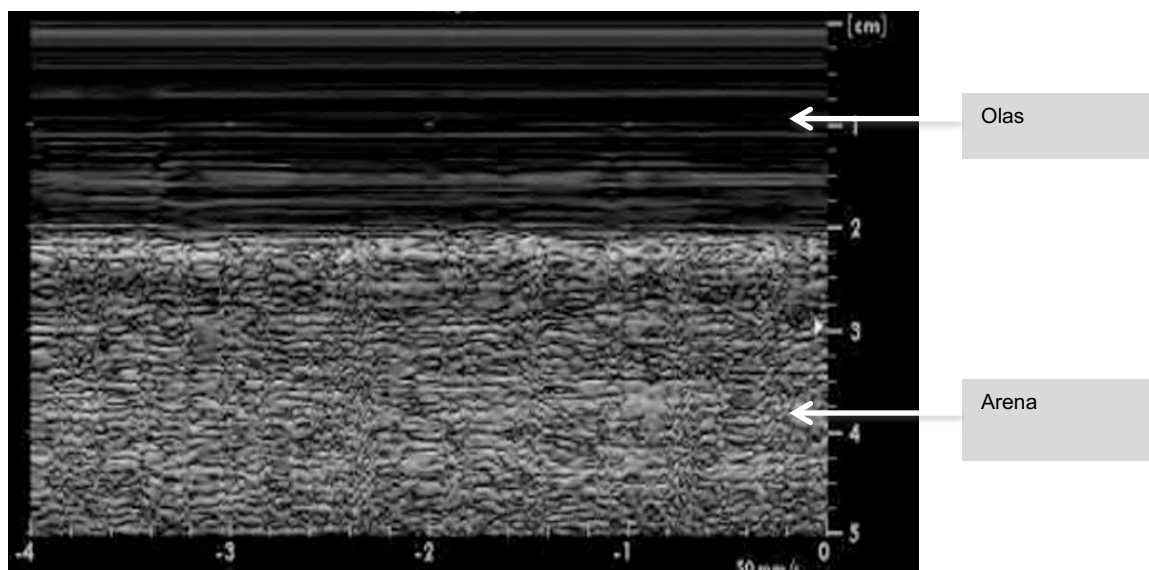


Imagen 5. Imagen en Modo M. Signo de la orilla mar.

Otro hallazgo dinámico es el **pulso pulmón ("lung pulse")**, que consiste en el movimiento de la línea pleural de manera sincrónica con el latido cardiaco. Se origina porque la fuerza del latido cardiaco es suficiente para causar el movimiento del pulmón y de la pleura visceral suprayacente, que está adherida a la pleura parietal, y existe por lo tanto deslizamiento entre ambas. Este hallazgo ecográfico, aunque es un equivalente del deslizamiento pulmonar, se objetiva en casos de apnea o ausencia de ventilación pulmonar (por ejemplo, en casos de atelectasias de todo un lóbulo)

En Modo M se puede visualizar la transmisión rítmica de los latidos cardiacos. Se ve un patrón predominantemente lineal-lineal (ausencia de movimiento tanto en los tejidos que se encuentran por encima de la línea pleural-pared torácica-, como por debajo de la línea pleural-ausencia de deslizamiento pleural por ausencia de ventilación), pero con zonas granulares que coinciden con los latidos cardiacos (expresión de movimiento de deslizamiento de ambas pleuras)

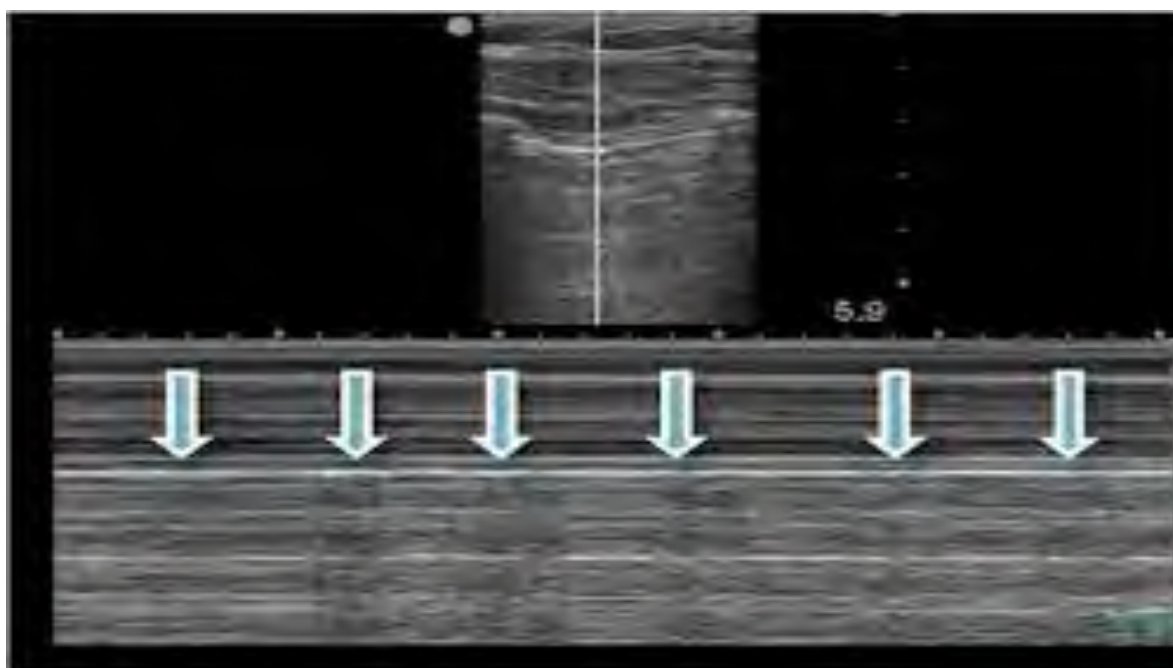


Imagen 6. Imagen en Modo M. Signo del pulso pulmón.

La presencia de los signos anteriores (deslizamiento pulmonar o pulso pulmón) en la zona donde estamos aplicando el transductor, excluye con una sensibilidad cercana al 100% la presencia de neumotórax. Sin embargo, su ausencia no es exclusiva del neumotórax, puesto que cualquier circunstancia que reduzca la entrada de aire al pulmón hace que el deslizamiento pulmonar se vea disminuido o incluso abolido (ej.: intubación selectiva del bronquio derecho u otras causas de obstrucción de un bronquio principal; procesos que afectan a la aireación del pulmón como SDRA, súper PEEP, enfisema, neumonías o atelectasias severas; procesos que causan sínfisis pleural o la apnea)

### C. ARTEFACTOS PULMONARES: LÍNEAS A, B Y OTRAS LÍNEAS

Las **líneas A** son líneas horizontales, hiperecogénicas, similares a la línea pleural (son su reflejo), que se repiten de forma paralela y equidistante (misma distancia entre transductor y línea pleural) hasta el final de la pantalla, y que se originan por un artefacto de reverberación de las interfases acústicas por encima de la pleural (la pleura actúa como un espejo al hacer rebotar el ultrasonido, el cual, en vez de entrar en su totalidad en la sonda, parte vuelve a rebotar contra la interfase piel-transductor y vuelve hacia el pulmón). Su ecogenicidad se va atenuando con la profundidad y siempre indican la presencia de aire.

Las líneas A en presencia de deslizamiento pulmonar indican un pulmón normalmente aireado. En ausencia de deslizamiento pulmonar pueden ser encontradas en casos de neumotórax, aunque no exclusivamente como ya se dijo previamente.

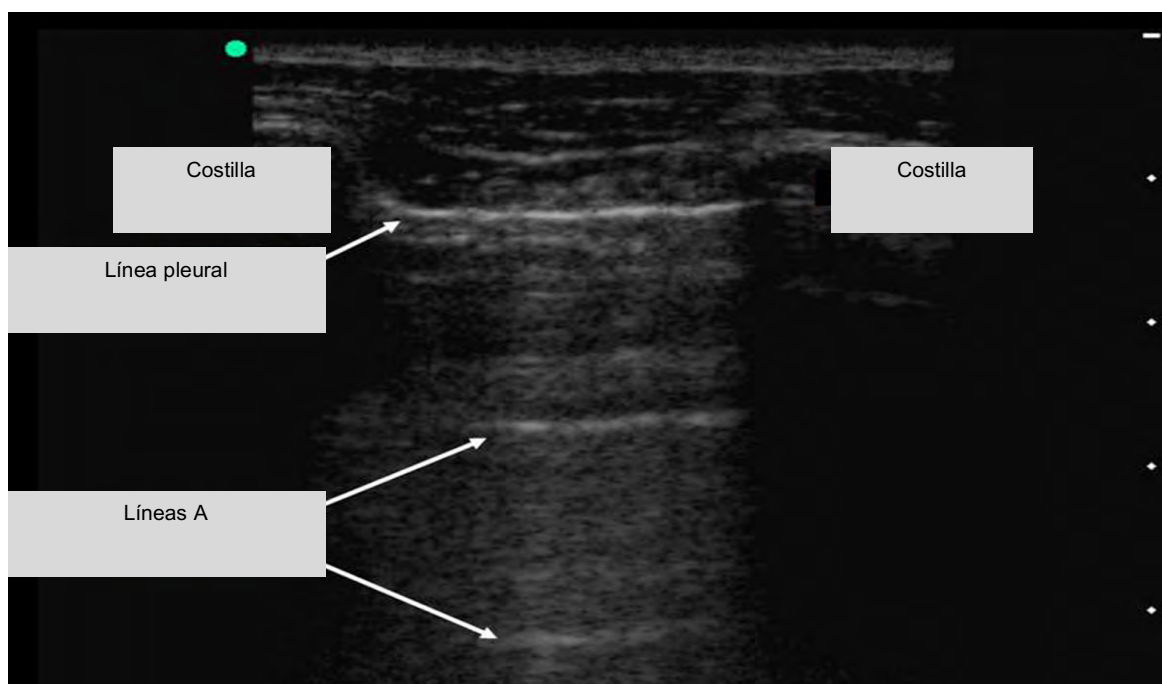


Imagen 7. Imagen en Modo 2D. Líneas A.

A medida que se va perdiendo la aireación normal del pulmón, como consecuencia de su sustitución por líquido u otro contenido, va disminuyendo la diferencia de la impedancia acústica entre los tejidos de la pared torácica y el parénquima pulmonar permitiendo un paso parcial del haz de ultrasonidos que incide con las primeras capas del parénquima pulmonar formándose los artefactos verticales llamados líneas B (el efecto espejo de la pleura se pierde parcialmente)

Las **líneas B** son líneas perpendiculares a la pleura, que se originan en ella, hiperecogénicas, bien definidas, largas (no desaparecen), llegando hasta el final de la pantalla, que borran las líneas A y que se mueven con el deslizamiento del pulmón. Son artefactos que se generan como consecuencia de la existencia de elementos de alta impedancia acústicas en relación con estructuras vecinas.



En sujetos sanos puede ser normal ver hasta 2 líneas B por espacio intercostal y localizadas en campo medio (suele ser la cisura) y bases pulmonares. En los neonatos también pueden verse, inmediatamente después al nacimiento, e irán progresivamente desapareciendo a favor de la presencia de líneas A. La presencia de más de 3 o más líneas B en el mismo campo ecográfico indica patología subyacente y es lo que determina el denominado síndrome intersticial (ecográfico).

Cuando el acúmulo de líquido intraparenquimatoso u otro contenido se acentúa, las líneas B irán apareciendo más confluentes, dando una imagen ecográfica de pulmón blanco.

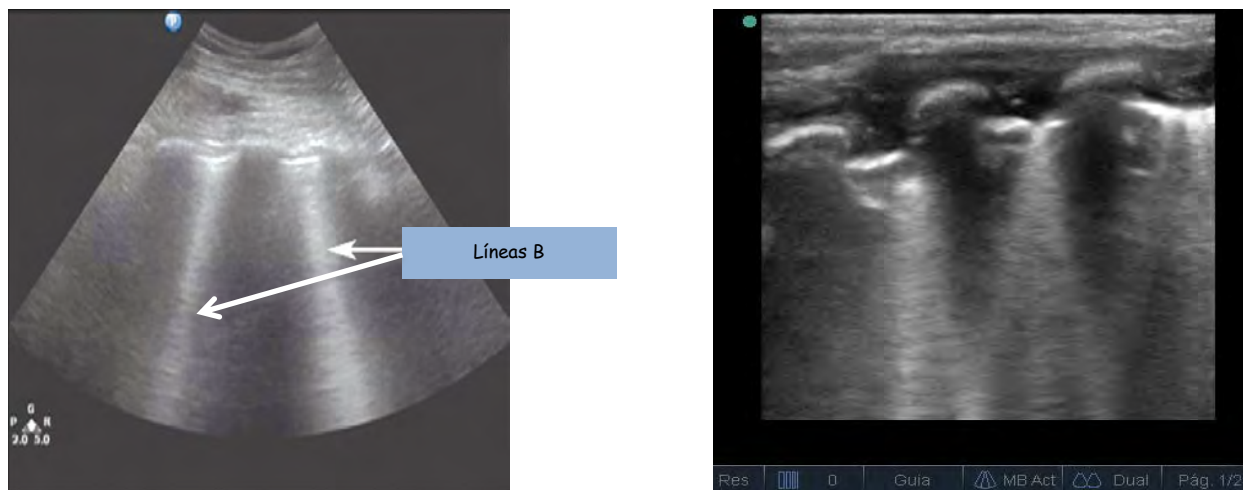


Imagen 8. Imágenes en Modo 2D. A) Líneas B. B) Líneas B confluentes: pulmón blanco.

Estas líneas deben diferenciarse de los **artefactos cortos**, como son las líneas Z y E. Las **líneas Z** son líneas verticales que salen de la pleura, anchas, menos ecogénicas que la línea pleural, mal definidas, cortas (desaparecen tras 2-4 cm), que no borran las líneas A, y no se mueven con el deslizamiento del pulmón. Aparecen en gente sana pero también en caso de neumotórax.

Las **líneas E** son artefactos cortos, superficiales a la pleura, y que se ven en casos de enfisema parietal o cuerpos extraños parietales.

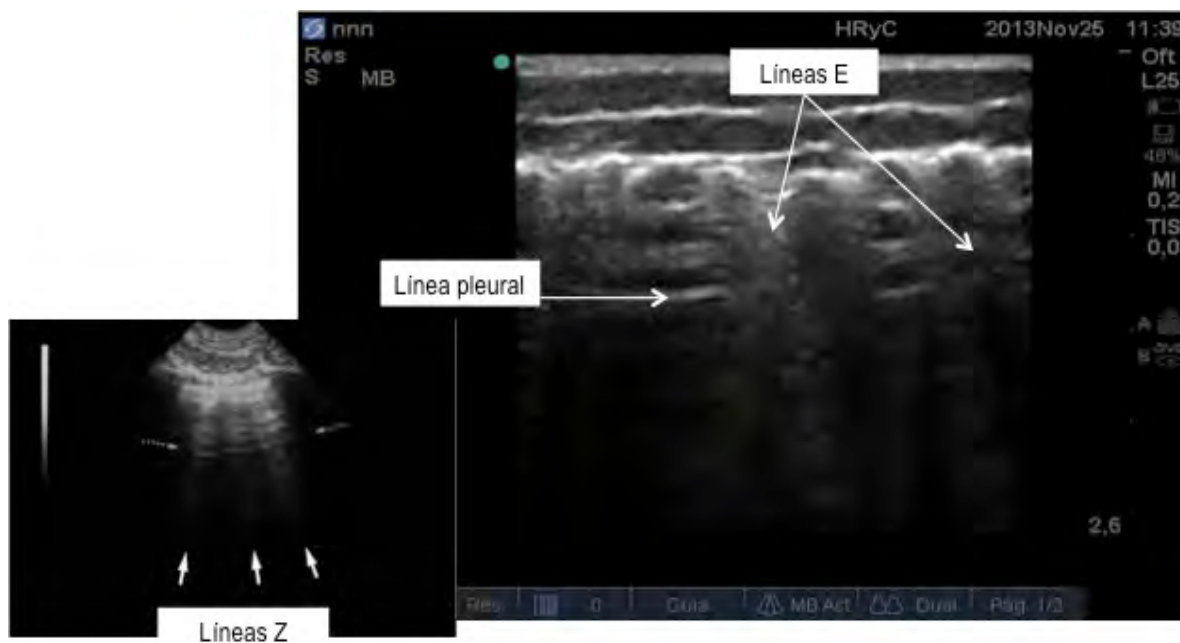


Imagen 9. Imágenes en Modo 2D. Artefactos cortos. A) Líneas Z. B) Líneas E.

#### D. SIGNO DEL CUADRADO (“Quad sign”)

Imagen ecográfica en Modo 2D consistente en la presencia de una imagen hipo o anecoica cuadrada, limitada por arriba por la línea pleural (pleura parietal), lateralmente por las sombras de las costillas, e inferiormente por la línea pulmonar (pleural visceral). El borde profundo del cuadrado siempre es regular.

#### E. SIGNO DEL SINUSOIDE (“Sinusoid sign”)

Imagen ecográfica en Modo M que pone de manifiesto la variación de la distancia interpleural en los movimientos respiratorios, con disminución de la distancia durante la inspiración. El parénquima pulmonar flotante se dirige hacia la línea de la pleura parietal con cada inspiración formando una imagen sinusoidal.

Estos dos últimos signos son expresión universal de la existencia de derrame pleural, independientemente de sus características ecogénicas. Con el signo del senoide se detectan cantidades muy pequeñas de derrame pleural, aunque puede estar ausente en caso de derrames pleurales muy espesos.



Imagen 10. A) Imagen en Modo 2D. Signo del cuadrado. B) Imagen en Modo M. Signo del senoide.

#### F. SIGNO DE LA CONSOLIDACIÓN (“Tissue-like sign”)

La consolidación del pulmón produce un patrón ecográfico característico denominado “tissue-like” (“tejido aparente”), expresando una densidad similar a la de los tejidos como el hígado o bazo. De ahí la expresión comúnmente usada de “hepatización ecográfica del pulmón”. Se trata de una imagen real, que se produce como consecuencia de la pérdida completa de aireación de los alveolos y la sustitución del aire por líquido u otro material que sí permite el paso del ultrasonido. El signo de la consolidación es expresión de afectación alveolar, independientemente de la causa de la misma (atelectasia, neumonía, proceso pulmonar infiltrativo...)

Si las estructuras bronquiales que airean la zona de pulmón afectada por el patrón alveolar están patentes, puede verse broncograma aéreo, que ecográficamente se representa como zonas hiperecogénicas (focos, líneas o estrías). Estos focos pueden ser móviles, expresión del movimiento de aire dentro de los bronquios durante los ciclos respiratorios (broncograma aéreo dinámico), o inmóviles (broncograma aéreo estático)

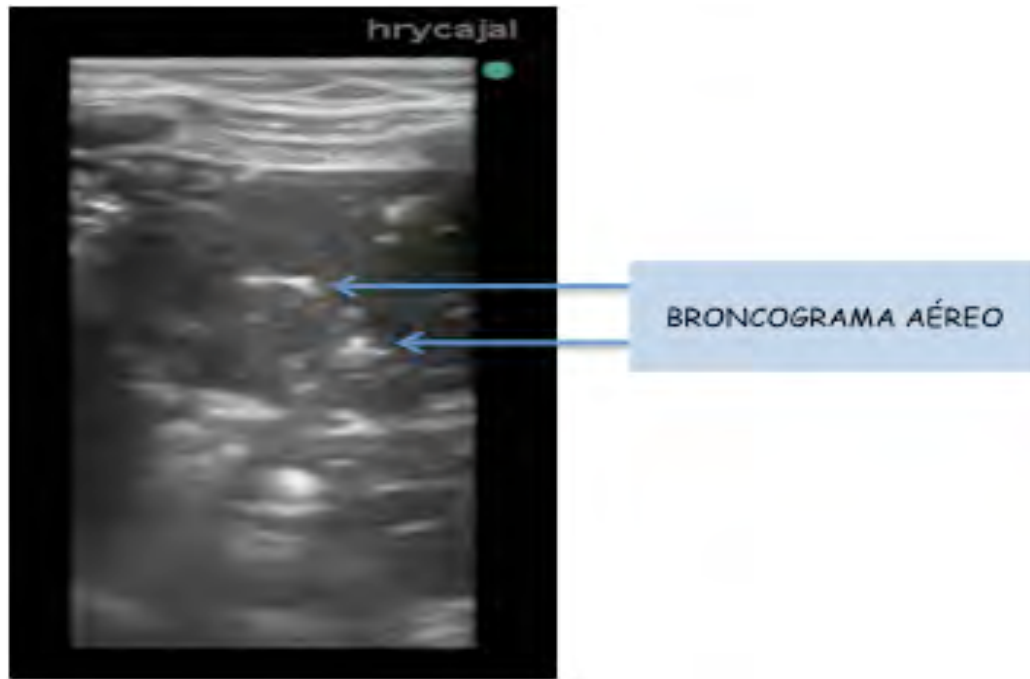


Imagen 11. Imagen en Modo 2D. Signo de la consolidación y broncograma aéreo.

#### **G. SIGNO DEL DESFLECAMIENTO ("Shred Sign")**

Es una imagen ecográfica en Modo 2D que surge de la línea pleural, característica del síndrome alveolar. Se trata de una imagen con un patente signo de consolidación o simplemente hipoecoica, limitada superiormente por la línea pleural (o la línea pulmonar si hay derrame) e inferiormente por una línea irregular, como en sacabocados, como expresión de la unión con el pulmón aireado. Es un signo bastante específico de consolidación pulmonar. La diferencia con la imagen del derrame pleural es que, en el signo del cuadrado, el borde inferior es recto, no irregular, y además paralelo a la línea pleural.

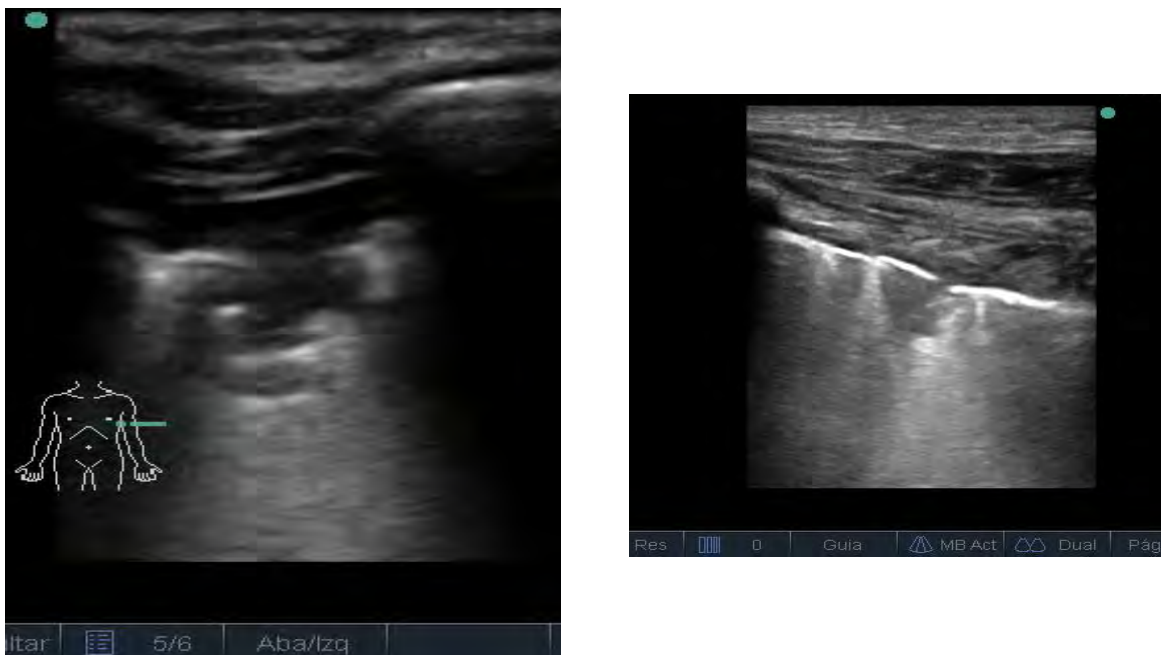


Imagen 12. Imágenes en Modo 2D. Signo del desflecamiento.

## **H. SIGNO DE LA ESTRATOSFERA O DEL CÓDIGO DE BARRAS (“Stratosphere sign”)**

Es una imagen que se obtiene en Modo M, consistente en la presencia de una patrón lineal tanto por encima como por debajo de la línea pleural, expresión de la falta de movimiento entre ambas pleuras (ausencia de deslizamiento pulmonar). Recuérdese que, en un pulmón normal, los ultrasonidos atravesando los tejidos por encima de la línea pleural (tejido celular subcutáneo y capa muscular, que son inmóviles) dan un patrón lineal, pero por debajo de la línea pleural que si hay movimiento, dan una patrón granular (Signo de la orilla del mar)

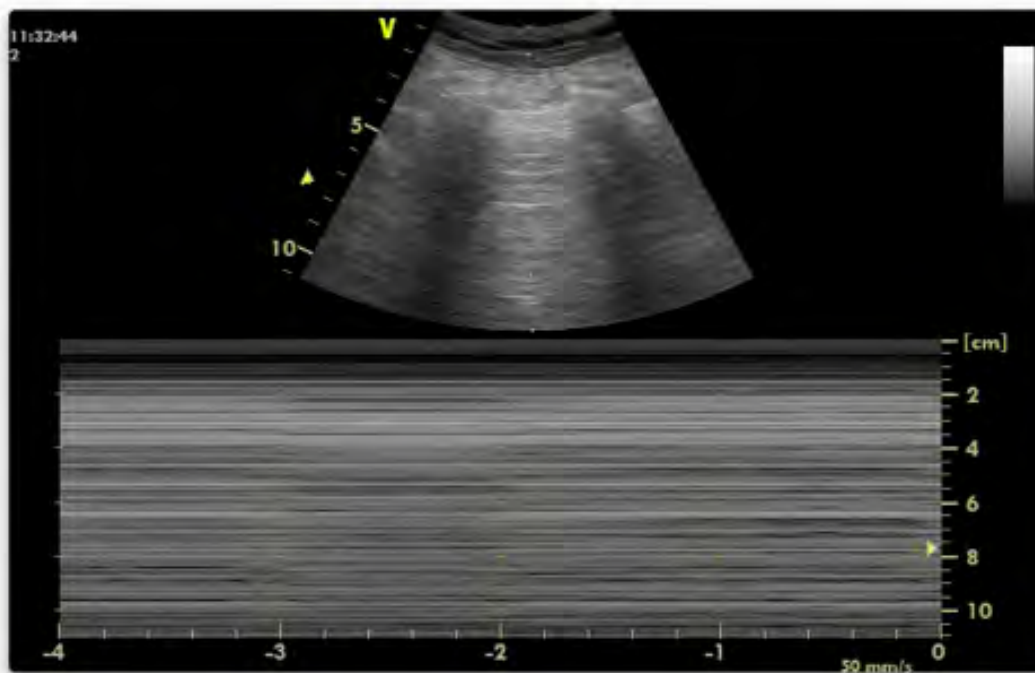


Imagen 13. Imagen en Modo M. Signo de la estratosfera o del código de barras.

Dado que la visualización de la ausencia de deslizamiento pulmonar en Modo 2D puede ser algo dificultosa, especialmente al principio del manejo de la ecografía, el signo de la estratosfera, como equivalente de la ausencia de deslizamiento pulmonar, nos puede servir de gran ayuda para hacerlo patente.

## **I. PUNTO PULMÓN (“Lung point”)**

El punto pulmón es una signo 100% específico de neumotórax, por lo que su presencia confirma el diagnóstico de sospecha.

Se produce cuando coexisten, en la misma imagen, hallazgos de pulmón normal (deslizamiento pulmonar presente y líneas A) con hallazgos de la presencia de neumotórax (ausencia de deslizamiento). Y es que, por lo general, los neumotórax no son totales, sino parciales, dejando algún punto en el que las dos pleuras siguen en yuxtaposición. El punto pulmón es la zona de unión de las pleuras que siguen en contacto con las pleuras despegadas por la presencia de aire.

Si bien es específico de neumotórax, es un signo poco sensible, estando la sensibilidad relacionada con la experiencia del examinador. Para su visualización se requiere cierto grado de entrenamiento.

El punto pulmón es una imagen ecográfica que puede obtenerse en Modo 2D y Modo M.

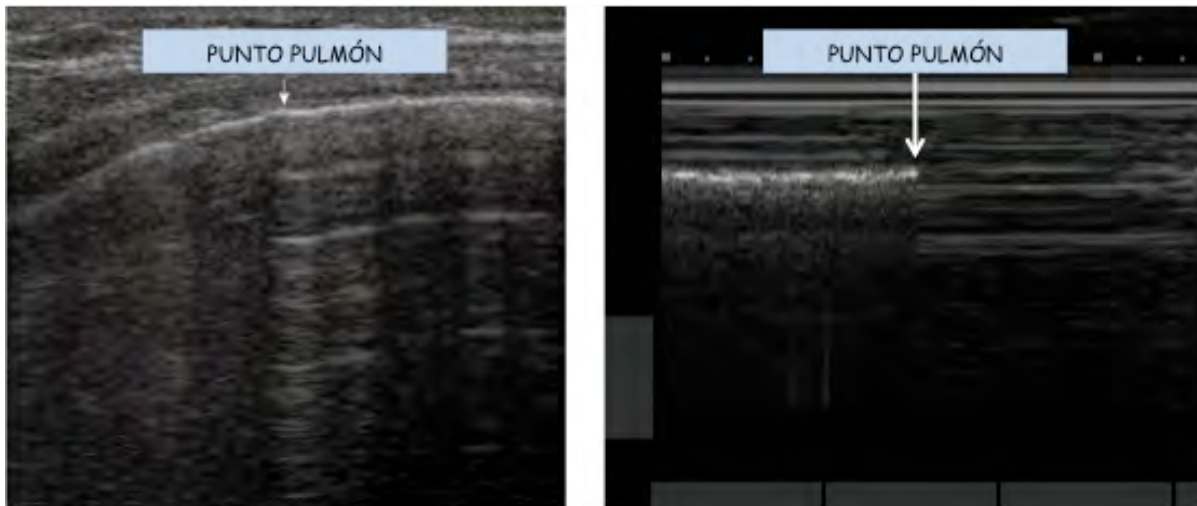


Imagen 14. Punto pulmón. A) Imagen en Modo 2D. A la izquierda de la imagen, el pulmón aireado normalmente. A la derecha, el neumotórax. B) Imagen en Modo M. A la izquierda, el pulmón normalmente aireado (signo de la orilla de mar) A la derecha, el neumotórax (signo de la estratosfera)

#### **Bibliografía:**

1. Lichtenstein DA. Whole body ultrasonography in the critically ill. Springer. 2010; p117-211.
2. Volpicelli G. Lung sonography. J Ultrasound Med. 2013; 32: 165-171.
3. Guardelli G, Feletti F, Nanni A y cols. Chest Ultrasonography in the ICU. Respir Care. 2012; 57: 773-781.
4. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M y cols. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med. 2012; 38: 577-591.
5. Zanforlin A, Giannuzzi R, Nardini S y cols. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document I. Multidiscip Respir Med. 2013; 8:54.
6. Smargiassi A, Inchingolo R, Soldati G y cols. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document II. Multidiscip Respir Med. 2013; 8: 55.



## EVALUACIÓN ECOGRÁFICA PLEURAL

Susana Jaraba Caballero. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

Dentro de la ecografía pulmonar, la valoración ecográfica pleural aporta grandes ventajas sobre la radiología convencional por su fiabilidad (sensibilidad y especificidad mayores), rapidez de diagnóstico y posibilidad de realización inmediata a pie de cama, siendo muy útil en patologías que requieren una actuación terapéutica inmediata.

### DERRAME PLEURAL:

Hay que buscar el líquido en las zonas declives (aunque no siempre es así en postoperados torácicos). Ecográficamente aparece generalmente como una zona anecoica. Una de las ventajas de la ecografía es que detecta cantidades de líquido mucho menores que la radiología convencional.

El “signo del cuadrilátero” o “signo del cuadrado” nos indica la presencia de derrame en la ecografía 2D: colección limitada por sombra de costillas, pleura parietal y pleura visceral.

La imagen ecográfica en modo M es el “signo del senoide”: El parénquima pulmonar se dirige hacia la línea de la pleura parietal con cada inspiración. Indica baja viscosidad del derrame, pudiendo estar ausente si hay septos o es muy viscoso.

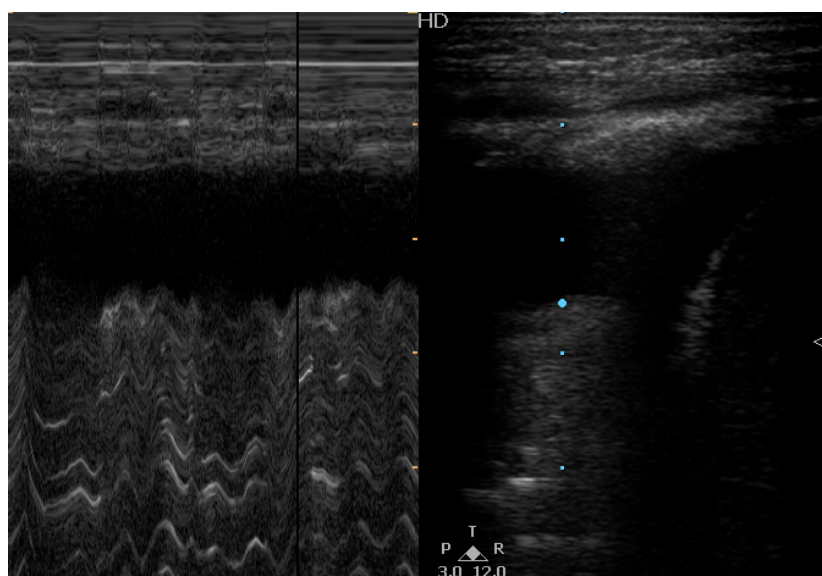


Imagen 1. Imagen de un derrame pleural que muestra el signo del senoide (modo M)

Dentro de las características de los derrames, es importante tener en cuenta que:

- Un trasudado siempre es anecoico.
- Un derrame anecoico puede ser trasudado o exudado.
- Un derrame ecoico siempre será exudado (“signo del plancton”).
- Los exudados pueden ser anecoicos o ecogénicos.

Para realizar una toracocentesis asistida por ecografía: buscar punto de mayor seguridad (máxima distancia interpleural inspiratoria) y observarlo durante varios ciclos respiratorios constatando la no interposición de estructuras. Marcar el punto óptimo de punción y mantener al paciente en la misma posición para la punción.



## NEUMOTÓRAX:

Se debe buscar en regiones torácicas anteriores.

La ecografía pulmonar ha demostrado tener una sensibilidad y especificidad muy similares a las de la tomografía computarizada torácica para detectar neumotórax (superior a la radiografía simple). Su mayor ventaja es la posibilidad de realización inmediata, incluso durante las maniobras de reanimación.

0. Presencia del “murciélago” y de líneas A.
1. Abolición del deslizamiento pleural. La línea pleural parece estar fija.

La presencia de deslizamiento pleural (o de punto de pulmón) indica que ambas pleuras están adheridas. Por tanto, la presencia excluye un neumotórax subyacente. Pero la ausencia de dicho deslizamiento no confirma el neumotórax, pues puede ocurrir por adherencias u otros motivos.

Como la evaluación del deslizamiento pleural a veces puede ser difícil cuando no se tiene mucha experiencia, el modo M nos puede resultar de gran ayuda para confirmar la presencia o no de deslizamiento pleural. En modo M, en caso de que no exista deslizamiento pleural, tanto por encima como por debajo de la línea pleural obtendremos un patrón lineal, que indica ausencia de movimiento, y se conoce como “signo de la estratosfera” o “signo del código de barras”.

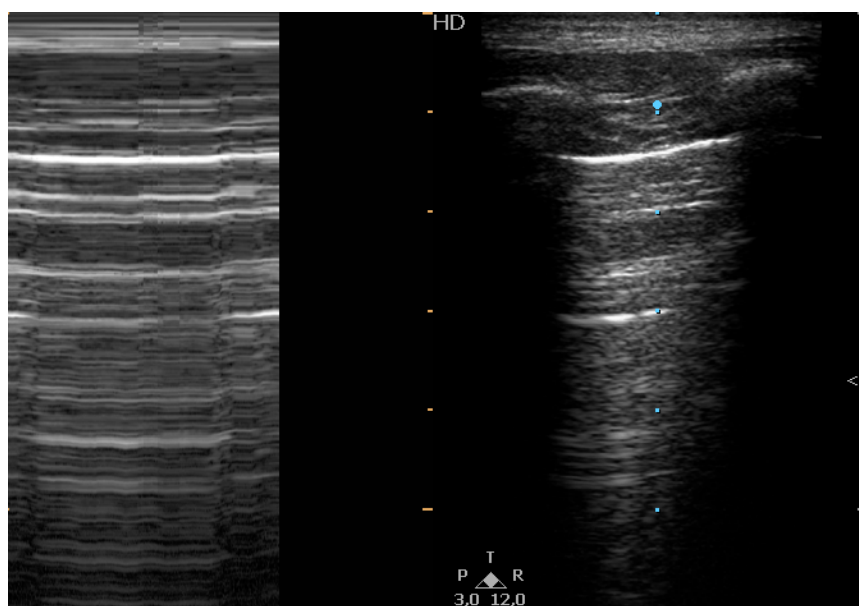


Imagen 2: Imagen en modo M de un neumotórax (signo de la estratosfera).

En el caso de que las dos pleuras estén adheridas pero el niño esté en apnea, las pleuras adheridas entre sí probablemente transmitirán el impulso de los latidos del corazón y en modo M podremos apreciar un patrón predominantemente lineal-lineal, pero con zonas granulares puntuales por debajo de la línea que representa la pleura y que coinciden con cada latido cardíaco. Esto es lo que se conoce como “pulso pulmón”. Indica igualmente que las pleuras están adheridas y descarta la presencia de un neumotórax. Ocurre igual en una intubación selectiva de un pulmón y en zonas de atelectasia.

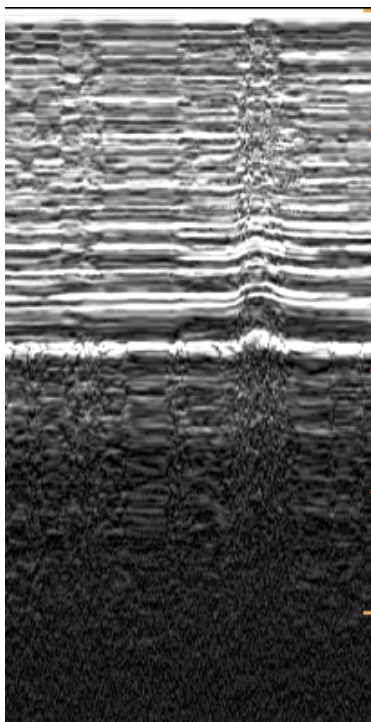


Imagen 3. Imagen del signo del pulso pulmón en modo M.

2. La presencia de líneas B excluye neumotórax (con una sensibilidad del 100%). Puesto que son artefactos generados en el parénquima pulmonar pegado a la pleura visceral, si se ven, es por que la pleura visceral y parietal están en contacto.
3. “Punto pulmón” es el signo específico de neumotórax (especificidad del 100%). Es el punto de transición entre la zona con neumotórax y sin neumotórax. La zona de inicio del neumotórax varía con la inspiración y la espiración. Partiendo de esta base, si colocamos la sonda en ese lugar, obtendremos un registro doble: existe deslizamiento pleural en la inspiración y desaparece en la espiración. Tendríamos un doble patrón lineal-granular y lineal-lineal, dependiendo del momento del ciclo respiratorio en el que nos encontrásemos. Este punto en el que se produce el cambio de patrón se conoce como “punto pulmón”. El punto pulmón tiene una especificidad del 100% para el diagnóstico de neumotórax y, además, aporta información sobre el tamaño del mismo permitiéndonos delimitar la zona afectada.

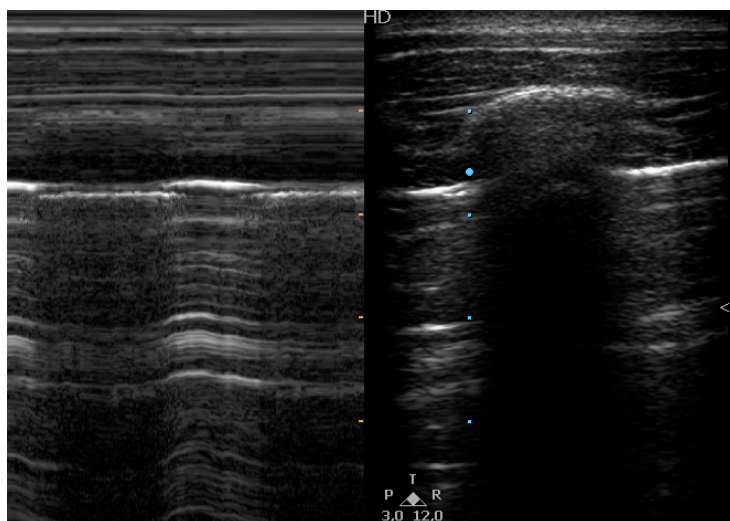


Imagen 4. Imagen de un neumotórax identificándose el punto pulmón (modo M)

Es importante recordar que con la ecografía podemos valorar la extensión del neumotórax, pero no su volumen. También debemos tener en cuenta que con que exista una pequeña línea de neumotórax, no podremos ver ninguna patología pulmonar que haya debajo.

El deslizamiento pleural tiene una sensibilidad del 100% para descartar neumotórax. La ausencia de deslizamiento pleural ("signo de la estratosfera") tiene una especificidad del 95% para diagnosticar neumotórax. Si añadimos la presencia de líneas A (con ausencia de líneas B) a la ausencia de deslizamiento pleural, la especificidad sube hasta un 96%. Encontrar el punto pulmón proporciona una especificidad del 100% para el diagnóstico de neumotórax.

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

1. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care*. 2014; 4: 1.
2. Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest*. 2015; 147(6): 1659-70
3. Cattarossi L. Lung ultrasound: its role in neonatology and pediatrics. *Early Hum Dev*. 2013; 89 Suppl 1: S17-9.



## SINDROME INTERSTICIAL ECOGRAFICO Y REPERCUSIÓN HEMODINÁMICA EN EL PULMÓN.

Manuel Ángel Frías Pérez. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

Las líneas B se correlacionan con el engrosamiento de los septos interlobulillares subpleurales secundario al edema, la inflamación o la fibrosis intersticial. A nivel ecográfico, su positividad se conoce como **Síndrome Intersticial** (SI).

### REVISIÓN ANATÓMICA:

El lobulillo pulmonar secundario es la unidad básica de la estructura y función pulmonar. Tiene forma poliédrica, con paredes de entre 1 y 2,5 cm de diámetro y está delimitado por los septos interlobulillares. De estos septos parten infinidad de fibras de tejido conectivo hacia el centro del lobulillo, formando el intersticio alveolar y actuando como soporte de las vías aéreas y de los vasos. El bronquiolo y la arteriola son centrolobulillares, mientras que las venas discurren por las paredes del lobulillo, por lo que la circulación va desde el centro hacia el intersticio interlobulillar. El sistema linfático también drena de forma centrípeta, hacia los hilios y el mediastino.

### CARACTERÍSTICAS ECOGRÁFICAS DE LAS LÍNEAS B

Son líneas perpendiculares a la pleura, que se inician en esta y se extienden hasta el extremo inferior de la pantalla aumentando su anchura. Son hiperecogénicas, bien definidas, borran las líneas A y se mueven sincrónicamente con el desplazamiento pulmonar. En realidad, se trata de artefactos de reverberación parecidos a un láser.

### BASES BIOFÍSICAS

Los métodos de ultrasonidos se basan en el principio de que estas ondas son reflejadas cuando contactan con una interfase entre dos medios con diferentes impedancias acústicas. En condiciones normales, las ondas que atraviesan el pulmón encuentran mayoritariamente aire (alta impedancia sin interfases) y los ultrasonidos se dispersan. Cuando existe agua extravascular pulmonar, las ondas hallan los septos interlobulillares subpleurales engrosados por el edema (estructuras de baja impedancia alrededor de zonas aéreas, o sea, interfases). La reflexión de ondas en tan numerosas interfases crea el fenómeno de resonancia. Cuando la onda atraviesa estos espacios, el retraso en el tiempo entre las sucesivas reverberaciones es interpretado en el transductor como una distancia, resultando una imagen persistente. El desplazamiento típico de "luz de faro" de las líneas B se debe al movimiento bifásico del pulmón. Esta explicación también es válida cuando lo que existe es una inflamación o una fibrosis de los septos interlobulillares.

### APLICACIONES CLÍNICAS

En el **fallo cardiaco**, la clínica suele ser tardía para detectar el **edema pulmonar secundario** y la radiografía de tórax, aunque es el método más utilizado para diagnosticarlo, presenta amplia variabilidad interobservador. Además, la ausencia de signos radiográficos de edema no excluye la presencia de una presión de enclavamiento pulmonar (PCP) elevada. Las guías internacionales (2009; AHA/ACC) no recomiendan ya las radiografías seriadas para el seguimiento de la congestión pulmonar en el fallo cardiaco crónico ya que es poco sensible y sólo aporta información en casos extremos. La medida directa de la PCP sería el "patrón oro" pero es invasiva y, por tanto, de uso clínico limitado. Otra forma de diagnosticarlo sería con procedimientos menos invasivos como el sistema PiCCO que cuantifica el agua extravascular pulmonar (EVLW) por el método de termodilución transpulmonar.

El número de líneas B detectadas aumenta con el empeoramiento de la clase funcional según la NYHA (1). Las líneas B se han relacionado con las líneas de Kerley en la radiografía de tórax y con diversas escalas radiológicas para cuantificar el agua pulmonar (2), así como con medidas del EVLW (3) y con la gravedad de la disfunción



diastólica para cualquier nivel de disfunción sistólica (1). Otros, han encontrado correlación entre líneas B de origen cardiogénico y las cifras de BNP (4).

Por tanto, las líneas B sirven para diferenciar la disnea de origen cardiogénico de la no cardiogénica, como demostró Lichtenstein (5) en pacientes adultos, encontrando líneas B en todos los casos de edema cardiogénico (sensibilidad 100%) y tan solo en 2 de los 26 pacientes con EPOC descompensada (especificidad del 92%).

También es una herramienta sensible para valorar la respuesta al tratamiento midiendo la congestión pulmonar. En la IC descompensada, las líneas B desaparecen en pocos minutos tras una dosis de diuréticos o con otros métodos de reducción de fluidos corporales (ej. diálisis) (6).

A nivel extrahospitalario, puede detectar pacientes con incremento de la congestión pulmonar antes de que presenten clínica y adelantar el tratamiento, con lo que se disminuye el número de ingresos.

Se puede decir que, desde el punto de vista práctico, la medida de congestión pulmonar a partir de la ecografía resulta importante en todos los estadios de la insuficiencia cardiaca: a nivel extrahospitalario, para detectar una inminente descompensación, para el diagnóstico primario de la insuficiencia cardiaca aguda en pacientes que consultan en Urgencias por disnea y durante la hospitalización para estratificar el riesgo y la gravedad y controlar la respuesta al tratamiento. Incluso, aporta información pronóstica, ya que los pacientes sin congestión al alta tienen menos posibilidades de sufrir descompensaciones o de reingresar en los meses posteriores.

## DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

La aparición de líneas B no es exclusiva del edema pulmonar cardiogénico; también se observan en el SI del SDRA, en la bronquiolitis, en contusiones pulmonares, TRALI, en la fibrosis pulmonar... Cualquier patología que pueda alterar el equilibrio aire / líquido normal del pulmón lo puede generar.

- A favor del SDRA están la detección ecográfica de consolidaciones subpleurales, la afectación parcheada o “spared areas” (zonas de pulmón normal rodeadas por otras con líneas B múltiples) y la existencia de grandes condensaciones. En el edema cardiogénico estos hallazgos no son típicos, las líneas B suelen ser difusas, múltiples y repartidas homogéneamente.
- Las líneas B también son típicas de la fibrosis pulmonar y sirven para medir la afectación del órgano. Deben explorarse también zonas posteriores del tórax ya que la fibrosis comienza en zonas basales y posteriores. Para distinguirlas del edema cardiogénico, hay que tener en cuenta que en este desaparecen en pocas horas como respuesta al tratamiento diurético. En la fibrosis pulmonar, además, suele existir (al contrario que en el edema cardiogénico) engrosamientos e irregularidades en la pleura.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El examen puede realizarse con cualquier sonda (lineal, sectorial o microcóncava) y con cualquier equipo ecográfico, no siendo necesarios el modo doppler ni el segundo armónico. Los pacientes pueden estar en cualquier posición, aunque generalmente se exploran en decúbito o semidecúbito.

**En cada campo explorado (zona de pulmón limitada por dos costillas), se considera positiva la aparición de al menos 3 líneas B.**

Tipos de estudios:



1. Tradicionalmente, se describe un protocolo que cuantifica el número de líneas B halladas en hasta **28 zonas del tórax** (7). Del hemitórax derecho se exploran los espacios intercostales 2º a 5º, divididos a su vez en cuatro zonas: paraesternal, medioclavicular, axilar anterior y axilar medial y en el hemitórax izquierdo sólo los espacios 2º a 4º (por la situación cardíaca) divididos también en cuatro cada uno. La suma de líneas B por campo varía desde 0 a 10, siendo 0 la ausencia completa y 10 se identifica con el pulmón blanco. Si existen pocas líneas, es fácil contabilizarlas, pero cuando existen muchas tienden a confluir; el pulmón blanco o con demasiadas líneas se contabiliza como 10. El número total de líneas halladas se suma, resultando una puntuación o score de líneas B que cuantifica el edema pulmonar y nos sirve para comprobar la evolución y la respuesta al tratamiento. Para completar este tipo de exploración se precisan alrededor de diez minutos y es más aplicable en adultos y en Cardiología.
2. **Estudio simplificado:** Volpicelli et al. (8) dividen cada hemitórax en sólo cuatro zonas (dos superiores y dos inferiores, separadas las mediales y laterales por la línea axilar anterior), e incluso la paraesternal inferior izquierda puede obviarse pues está ocupada por el corazón. Este tipo de exploración simplificada resulta más fácil de aplicar en enfermos críticos y, sobre todo, en niños, por el menor tamaño del tórax. No existen estudios en Pediatría que determinen el grado de edema en función del número de líneas B halladas, pero su aumento o disminución orientan sobre la evolución del paciente, pudiendo además repetirse cuantas veces se requiera.
3. En enfermos críticos y situaciones de urgencia, incluso una **técnica rápida** (9) valorando solo 2 regiones anteriores (una a cada lado) puede ser empleada para diagnóstico de SI por edema pulmonar cardiogénico.

**Síndrome Intersticial:** por consenso, se considera una exploración positiva la existencia de dos o más regiones (cada una con 3 ó más líneas B) y de forma bilateral.

La variabilidad para valorar líneas B a nivel intraobservador e interobservador se ha contabilizado y resulta baja: del 5 y 7%, respectivamente. Por ello, este tipo de exploración es fácilmente realizable por cualquier profesional con relativamente escasa instrucción.

#### **Resumen de la cuantificación de líneas B:**

- a) número por campo estudiado (0 a 10)
- b) número de campos con líneas B significativas (exploración de 8 campos o menos)

## **CONCLUSIONES**

El sistema cardiopulmonar está tan interconectado que el estudio combinado de ambos resulta obligado. La presencia líneas B múltiples, difusas y bilaterales asociadas a una disfunción sistólica y/o diastólica del ventrículo izquierdo o a una enfermedad valvular cardíaca, es altamente indicativa de una congestión pulmonar cardiogénica. No obstante, para distintos niveles de disfunción cardíaca, la respuesta de la vasculatura pulmonar puede ser variable. La ecografía pulmonar es capaz de identificar a los pacientes que aún asintomáticos, se están descompensando y requieren un tratamiento más agresivo.

Ante la aparición de líneas B múltiples, difusas y bilaterales, asociadas a una función cardíaca normal, debemos pensar que la causa del edema pulmonar no es el corazón (edema no cardiogénico), pudiéndose tratar de un





SDRA, una neumonía intersticial o una fibrosis pulmonar (la afectación en este caso suele ser crónica). Es preciso integrar los hallazgos ecográficos con la historia del paciente, la presentación clínica y otras pruebas diagnósticas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Frassi F, Gargani L, Gligorova S, Ciampi Q, Mottola G, Picano E. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur J Echocardiogr.* 2007;8:474–9.
2. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, Picano E. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol.* 2004;93:1265–70.
3. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, Picano E. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.* 2005;127:1690–5.
4. Gargani L, Frassi F, Soldati G, Tesorio P, Gheorghiade M, Picano E. Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: a comparison with natriuretic peptides. *Eur J Heart Fail.* 2008;10:70–7.
5. Lichtenstein D, Meziere G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med.* 1998;24:1331–4.
6. Noble V, Murray A, Capp R, Sylvia-Reardon M et al. Ultrasound assessment for extravascular lung water in patients undergoing hemodialysis. Time course for resolution. *CHEST*, 2009; 135: 1433-9.
7. Gargani L. Lung Ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovasc Ultrasound*, 2011; 9:6(1).
8. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*, 2006. 24: 689-96.
9. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein D, et al. Internacional evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Consensus conference on lung ultrasound. *Intensive Care Med*, 2012. DOI 10.1007/s00134-012-2513-4.



## CONSOLIDACIONES

Luis Renter Valdovinos. UCIP Parc Taulí, Sabadell.

Las consolidaciones pulmonares son visibles debido a que los alveolos pierden el aire (bien por falta de aireación, como en la atelectasia, bien por aparición de líquido o fluidos, como en la neumonía) que habitualmente tienen en su interior permitiendo entonces el paso del ultrasonido dando una imagen real en la pantalla del ecógrafo. Las consolidaciones pueden ser producidas por diversas causas como infección, atelectasias obstructivas y compresivas, embolismo pulmonar, neoplasias y contusiones, así que la ecografía podrá ayudar en la orientación diagnóstica de todas ellas. En función de si esa consolidación mantiene aún cierta cantidad de aire en su interior se podrán ver artefactos hiperecoicos puntiformes o lineales, estáticos o con movimiento coincidente con el ciclo respiratorio; estas imágenes corresponden a broncogramas aéreos estáticos o dinámicos. Una vez localizada una condensación al explorar el pulmón con cortes longitudinales, deberemos rotar la sonda para estudiarla desde los espacios intercostales evitando así las sombras acústicas. Casi siempre las consolidaciones en pacientes críticos estarán en contacto con la pleura permitiéndonos visualizarlas mediante ecografía. Se debe tener especial cuidado al valorar imágenes “tejido aparentes” en las bases pulmonares pues pudieran ser vísceras abdominales. Para ello debe identificarse siempre el diafragma y así confirmar la localización de esa imagen.

Para el intensivista, la diferenciación entre consolidación por pérdida de aireación (atelectasia) o por aparición de fluidos en su interior (neumonía, SDRA...) es muy importante. Y aunque son la clínica y contexto del paciente los que deberán ayudar a determinar su etiología debemos de conocer algunos signos ecográficos que a veces podrán ayudarnos a hacer el diagnóstico diferencial.

- 1- La presencia de pulso de pulmón, de ausencia de deslizamiento pleural y de mínimo desplazamiento del diafragma, todo ello derivado de la falta de correcta ventilación, pueden ser signos precoces de atelectasia.
- 2- La disposición del broncograma aéreo también puede orientar, siendo más paralelo y lineal en la atelectasia y más arboriforme en la neumonía.
- 3- La presencia de broncograma aéreo dinámico prácticamente descarta la posibilidad de que sea una atelectasia. En pacientes adultos en ventilación mecánica que inician síntomas y signos de neumonía, un patrón de consolidación con broncograma aéreo estático o dinámico tenía una sensibilidad del 100% y especificidad del 60% para neumonía asociada a ventilación mecánica confirmada microbiológicamente, por lo que en caso de ausencia de dicho patrón es muy improbable la existencia de neumonía asociada a ventilación mecánica.

## BIBLIOGRAFÍA

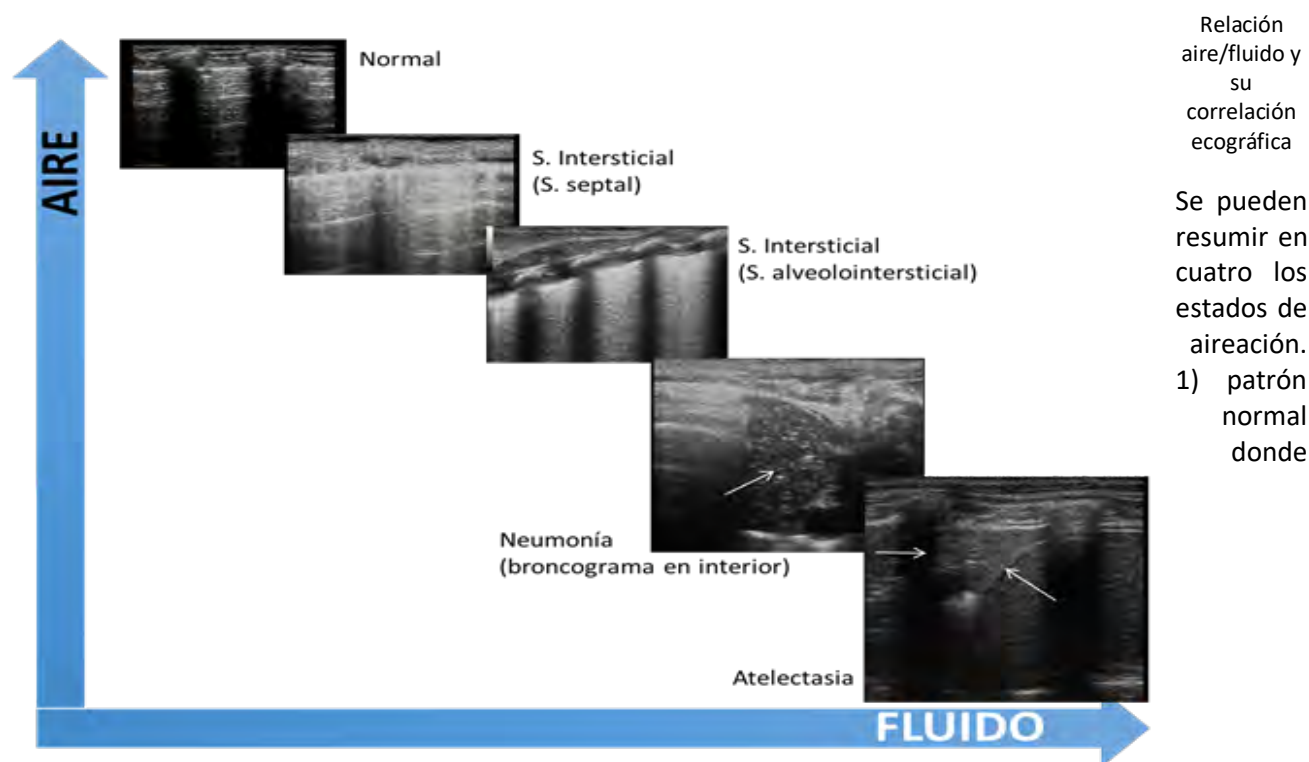
1. Lichtenstein DA et al: Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30:276–281.
2. Kim OH et al: US in the Diagnosis of Pediatric Chest Diseases. *Radiographics* 2000; 20:653-671.
3. Berlet T et al: Sonographic patterns of lung consolidation in mechanically ventilated patients with and without ventilator-associated pneumonia: A prospective cohort study. *Journal of Critical Care* 2015 Apr;30(2):327-33.



## AIREACION PULMONAR

Luis Renter Valdovinos. UCIP Parc Taulí, Sabadell.

Las imágenes producidas por el ultrasonido a nivel pulmonar dependen de la relación aire/fluido; una progresiva disminución del aire producirá un progresivo cambio en los artefactos ecográficos producidos pudiendo objetivar de una forma semicuantitativa dicha alteración. Esto tiene un gran número de implicaciones en diferentes patologías ya mencionadas previamente y en pacientes con soporte respiratorio, pues permite ver tanto el empeoramiento como la mejora en su aireación pudiendo aplicar, si es necesario por problemas de oxigenación o ventilación, medidas habituales (prono, aumento de PEEP, maniobras de reclutamiento, inicio de soporte ventilatorio no invasivo...) o no avanzar en su retirada (pruebas de extubación).



predominan las líneas A y no hay más de 3 líneas B (denominado N), 2) patrón moderado de pérdida de ventilación, con aparición de más de 3 líneas B pero separadas entre 5 y 7 mm, dejando ver perfectamente las líneas A entre ellas (denominado B1), 3) patrón severo de pérdida de ventilación, con abundantes líneas B que pueden llegar a coalescer dando imagen de pulmón blanco y donde casi no se perciben líneas A (denominado B2) y 4) patrón de consolidación donde se observa una imagen real de tejido aparente con artefactos hiperecoicos o no en su interior (denominado C).

Para poder cuantificar de forma objetiva el estado de aireación se puede calcular un **score de aireación** basándose en la clasificación anterior y puntuando el peor patrón observado al explorar las diferentes áreas de interés (12 en total: superior e inferior de las caras anterior, lateral y posterior de cada hemitórax; N=0, B1=1, B2=2, C=3), pudiendo ir de 0 a 36. Durante una prueba de extubación con tubo en "T" un importante aumento del score (>17) se relaciona con distrés postextubación. Un valor  $\leq 12$  resultó ser altamente sensible para excluirlo. También se ha relacionado con el % de parénquima no aireado calculado por TC.

Existe también un **score de reaireación** que en función de los cambios en el estado de aireación de cada una de las 12 áreas definidas anteriormente otorga una puntuación pudiendo calcularse a la inversa como **score de pérdida de aireación**. Un aumento de este score se ha correlacionado significativamente, como ya se

mencionó antes, con la mejoría de la oxigenación derivada de un aumento de PEEP y puede servir para controlar la respuesta a antibióticos de neumonías asociadas a ventilación mecánica.

En caso de evidenciar un defecto de aireación homogénea y bilateral (SDRA difuso) una prueba de aumento de PEEP superior a 10 puede probarse mientras que en caso de ser focal (patrón normal de aireación en campos anteriores) el riesgo de generar hiperinsuflación en áreas normalmente aireadas es mayor por lo que no debería de sobrepasarse una PEEP de 10. Con cada subida de PEEP puede observarse principalmente en caras anteriores la desaparición de líneas B. Debe de quedar claro que una de las limitaciones de la ecografía es su incapacidad de detectar la hiperinsuflación (esta ofrecerá una imagen de líneas A muy evidentes, pero sin otras características que lo diferencien de un pulmón normalmente aireado). Ya se ha mencionado previamente al hablar del SDRA y el edema agudo de pulmón la utilidad de la ecografía relacionando algunos patrones con la oxigenación, agua pulmonar... pudiendo servir en el control de la evolución de estas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Algieri I et al: CT scan and ultrasound comparative assessment of PEEP-induced lung aeration changes in ARDS. *Crit Care* 2014; 18(Suppl 1): P285.
2. Bouhemad B et al: Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med* 2010 Jan; 38(1):84-92.
3. Soummer A et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med* 2012 Jul; 40(7):2064-72.



## ECOGRAFIA TORACICA EN EL NEONATO: ASPECTOS ESPECÍFICOS

Soledad Torrús Carmona, Jorge Rodríguez Ozcoidi. Complejo Hospitalario Navarra

### ENFERMEDAD POR DEFECTO DE SURFACTANTE (EDS)

La imagen ecográfica típica de esta patología es la de un pulmón blanco, por la presencia de líneas B coalescentes, difusas y simétricas en ambos campos pulmonares (aunque la afectación puede ser asimétrica, mayor en un campo que en otro). La línea pleural también está afectada en esta entidad y la encontramos engrosada e irregular. Además, se pueden observar áreas hipoecoicas subpleurales en la región posterior y lateral de pequeño tamaño, que corresponderían a las consolidaciones pulmonares. Además de estas consolidaciones, también se pueden encontrar otras de mayor tamaño con un patrón “tissue-like” y con broncograma sobre todo en regiones posteriores.

Lo importante, es que todos estos hallazgos ecográficos, ya pueden ser detectables al nacimiento antes del inicio de la clínica.

Para el diagnóstico de la EDS precisamos de tres hallazgos constantes:

1. Anomalía de la línea pleural (un engrosamiento mayor de 0.5 mm, con consolidaciones de pequeño tamaño y línea irregular).
2. Pulmón blanco bilateral: Se observaría presencia de líneas B coalescentes bilaterales y difusas que incluyan todo el pulmón.
3. Ausencia de “spared áreas”, que son áreas de patrón normal que se extienden al menos en un espacio intercostal en corte longitudinal y que están rodeadas por áreas de síndrome alveolo-intersticial.



Figura 1. Imágen ecográfica en EDS

### TAQUIPNEA TRANSITORIA DEL RECIÉN NACIDO (TTRN)

En la ecografía pulmonar de este cuadro podemos objetivar un patrón característico (que es bilateral y casi simétrico): presencia de líneas B compactas en los campos pulmonares inferiores, dando una imagen de

pulmón blanco y, por el contrario, una apariencia prácticamente normal en los campos pulmonares superiores, dando una imagen de pulmón negro. En esta entidad la línea pleural es normal (en contraposición con EDS). Además, podemos hallar un signo característico y patognomónico de esta enfermedad, el **punto doble pulmón** (“double lung point”) que se produce porque la unión entre el campo superior e inferior es tan brusca y distinta (ecogenicidades muy diferentes), que parece que se están observando dos pulmones contiguos pero diferentes. Veríamos áreas de líneas B en zonas inferiores que disminuyen o desaparecen en las superiores.

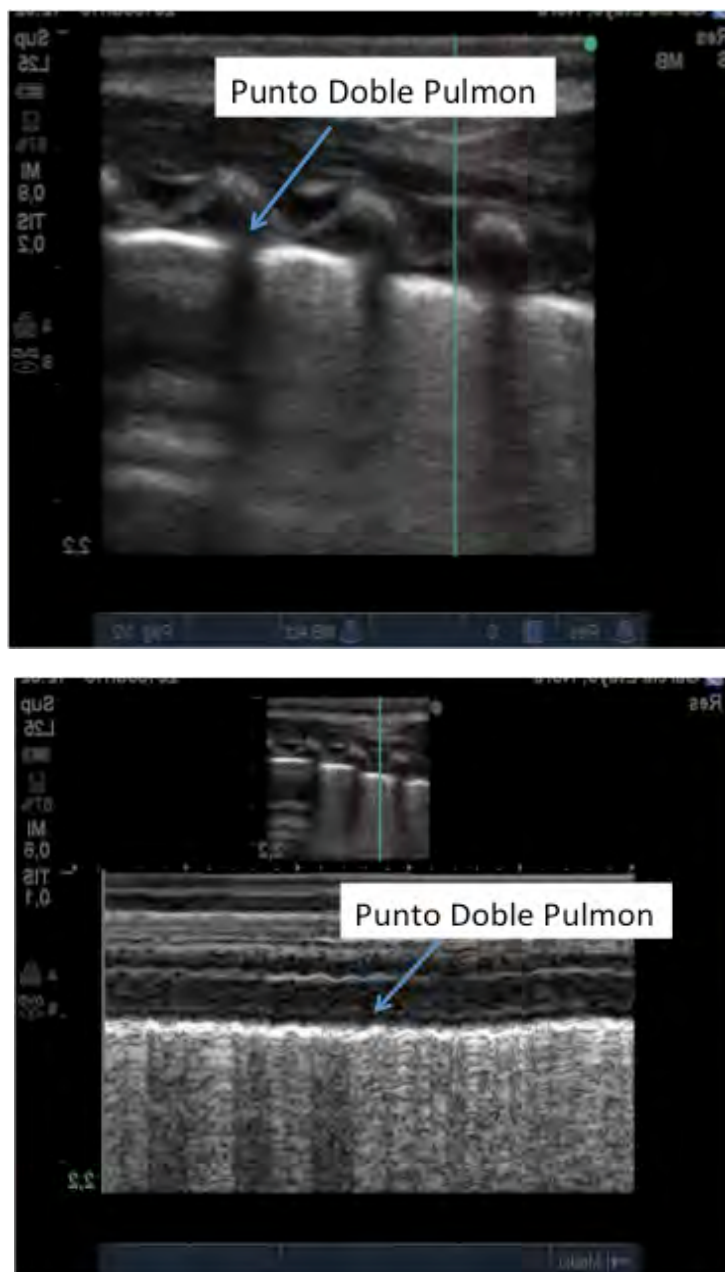


Figura2. Imagen punto doble pulmón en TTRN (sup: modo B; inf: modo M)

## ASPIRACIÓN MECONIAL

Desde el punto de vista ecográfico, se pueden visualizar esas condensaciones alveolares difusas parcheadas como imágenes de consolidación pulmonar. Para ello deben cumplir una serie de características: surgir de la pleura, tienen un patrón “tissue-like” (imagen ecográfica similar al hígado) y visualizaremos rebordes anatómicos, aunque como el patrón es parcheado en ciertas ocasiones pueden confluir. Además, también pueden aparecer imágenes de broncograma aéreo ecográfico, esto quiere decir que dentro de la consolidación



pueden verse focos hiperecogénicos (puntiformes o lineales) que corresponden a la presencia de burbujas de aire en los bronquios.

En esta patología además es relativamente frecuente la aparición de neumotórax, por lo que también podríamos encontrar signos sugestivos del mismo como pueden ser ausencia de desplazamiento pleural (signo de la estratosfera), ausencia de líneas B, presencia del punto pulmón...por lo que ante la aparición de estos signos habría que descartarlo.

### **HIPOPLASIA PULMONAR**

Desde el punto de vista ecográfico encontraremos en la mayoría de los casos un patrón pulmonar normal, pero con una asimetría muy importante respecto al pulmón contralateral en cuanto a tamaño, ya que tanto los bronquios como los alveolos están infradesarrollados. En la ecografía prenatal, la utilización de ecografía Doppler color y Doppler pulsado, visualizando la circulación pulmonar fetal, la forma y velocidad de las ondas del flujo sanguíneo pulmonar, suele ser la aplicación más útil de la ecografía para esta patología.



## CONTROL ECOGRAFICO VIA AEREA CENTRAL

José Luis Vázquez Martínez. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

La ecografía constituye una ayuda muy importante para el clínico a la hora de realizar una intubación endotraqueal. Puede utilizarse como guía (a tiempo real) o más frecuentemente, para que una vez haya finalizado el procedimiento comprobar el adecuado posicionamiento del mismo.

Básicamente el uso de la ecografía se dirige a:

### 1. Comprobación intubación en caso vía aérea difícil. Protocolo TRUE (Tracheal Rapid Ultrasound Scan):

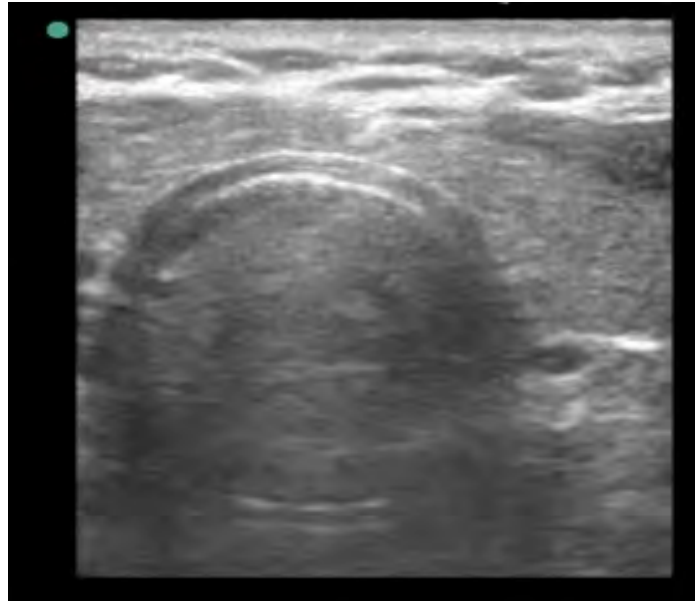
Para ello se utiliza una sonda lineal o convex que se coloca transversalmente sobre la pared anterior del cuello, a través del cartílago tiroides (actúa de ventana acústica), justo por encima de la escotadura supraesternal. La tráquea es fácilmente identificable como una línea hipercoica generada por la interfase aire-mucosa de la pared anterior traqueal (la diferencia de ecogenicidad de la mucosa con el aire subyacente genera una línea hipercoica similar a la línea pleural) dispuesta como una U invertida. Posterior a ella, se aprecia un artefacto de reverberación (columna de gas) que se reconoce fácilmente.



Tráquea normal (a través cartílago tiroides)

El esófago es un órgano que se dispone lateral y a la izquierda de la tráquea a este nivel. Dado que es una cavidad virtual en condiciones normales, solo se visualiza si está ocupado o dilatado. En caso de intubación esofágica, se apreciará una segunda columna de gas, adyacente a la traqueal.

Por tanto, en caso de una intubación traqueal adecuada, solo apreciaremos un único artefacto en cola de cometa (el que corresponde a la tráquea), siendo doble cuando el tubo endotraqueal se haya malposicionado en el esófago.



*Tráquea intubada (una única columna de gas)*



*Intubación esofágica (doble columna de gas)*

Si disponemos la sonda longitudinalmente (plano sagital medial o paramedial) apreciaremos el TET paralelo a la columna vertebral con una imagen en carril (esta imagen es difícil de adquirir y realmente no aporta una información importante). Se puede facilitar la visión de la parte caudal del tubo mediante el relleno con SSF del manguito o cuff.



*Vista sagital Intubación endotraqueal*

2. Detección intubación bronquial selectiva: no sliding unilateral (generalmente en pulmón izquierdo): apreciaremos un único artefacto de reverberación posterior en tráquea y a continuación escaneamos hemitórax izquierdo para comprobar si existe o no movilidad pleural. En caso de intubación selectiva, solo se moverá la pleura derecha (y no la izquierda); retirando el TET progresivamente podremos observar como se recupera el sliding pleural en hemitórax izquierdo

3. Control de cuerdas vocales: pueden explorarse con sonda de alta frecuencia a través de la membrana tirohiodea y de la cricotiroides, pero es mejor hacerlo a través del cartílago tiroides o del cricoides. Las cuerdas vocales verdaderas se aprecian como dos estructuras triangulares hipocóicas que a nivel medial se dibujan por unas líneas hipercoicas que corresponden a los ligamentos vocales. Podemos observar su movilidad (apertura y cierre con la respiración) descartando la existencia de paresias vocales unilaterales (motilidad asimétrica)



*Cuerdas vocales cerradas*

## EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL DIAFRAGMA

María Slöcker Barrio, Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Susana Reyes Domínguez. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca.

### ÍNDICE

1. Introducción. Anatomía y fisiología del diafragma
2. Abordaje ecográfico del diafragma. Tipos de sondas y ventanas ecográficas.
3. Abordaje ecográfico del diafragma. Parámetros y valores de normalidad.
4. Utilidades de la ecografía diafragmática en UCIP.
  - 4.1 Alteraciones en la motilidad diafragmática: paresia/parálisis diafragmática.
  - 4.2 Disfunción diafragmática durante la VM

### 1. INTRODUCCIÓN

El diafragma es una estructura musculotendinosa que se inserta a nivel anterior en la apófisis xifoides y lateralmente en los bordes costales hasta los extremos de la undécima y duodécima costilla. A nivel posterior se inserta en las vértebras lumbares mediante dos pilares, el derecho en el cuerpo de L3 y el izquierdo en el de L2. Esta estructura realiza una curvatura hacia atrás y hacia abajo desde el nivel T8 hasta su inserción en el ligamento arcuato medio, situado a nivel del cuerpo vertebral T12. El diafragma se compone de una porción cilíndrica, compuesta por tejido muscular estriado, y una cúpula tendinosa a través de la cual se produce el paso entre el tórax y el abdomen de múltiples estructuras vitales. La porción muscular cilíndrica se encuentra inserta en la llamada “zona de aposición” costal, y su contracción produce un movimiento del diafragma hacia abajo y hacia delante. La inervación de esta estructura se produce por el nervio frénico (que se origina de las ramas ventrales de las raíces C3 a C5), responsable de la contracción de cada hemidiafragma ipsilateral. (1,2)

El diafragma es responsable de hasta el 75% del volumen de la respiración en reposo, sin embargo, en la inspiración forzada además del movimiento con máxima amplitud del diafragma, la musculatura accesoria contribuye intensamente. El desarrollo de los músculos intercostales se produce hacia los dos años, por eso el correcto funcionamiento del diafragma en lactantes tiene tanta importancia en el fracaso respiratorio (1).

### 2. ABORDAJE ECOGRÁFICO DEL DIAFRAGMA. TIPOS DE SONDAS Y VENTANAS ECOGRÁFICAS

La observación del diafragma puede realizarse con dos tipos de sondas:

#### 1.- Sonda lineal

La mejor ventana se sitúa entre la 7ª y la 10ª costilla. El transductor se coloca en paralelo y a nivel de la línea axilar posterior con la muesca del transductor apuntando hacia la axila. Puede ser más sencillo localizarlo inicialmente con un plano transversal (1, 2, 4). Ver figura 2.

Si la interposición de las costillas nos impide ver el diafragma, al menos podemos apreciar su movilidad con el “signo del telón”. Al colocar la sonda en la frontera entre tórax y abdomen, el movimiento respiratorio hace que el descenso y ascenso de la base pulmonar entre y salga del campo visual de la sonda. Este movimiento se asemeja a un telón que se corre y descorre y su recorrido refleja el movimiento del hemidiafragma (4).





Figura 2. Abordaje ecográfico lateral del diafragma con sonda lineal.

## 2.- Sonda convex y sonda de ecocardiografía.

Con estos tipos de sonda podemos ver el diafragma a través de un abordaje abdominal, utilizando las ventanas transhepática y transesplénica. Cuando el pulmón es normal, la visualización es más compleja por la presencia de aire, sobre todo a nivel del hemidiafragma izquierdo, por la menor ventana acústica que presenta por la interposición de colon con aire y el bazo, que es más pequeño que el hígado, así como la ausencia de agua a ese nivel.

Es frecuente observar artefactos en forma de cola de cometa partiendo del diafragma hacia el abdomen sin que esto represente patología. La sonda convex y este abordaje permiten observar toda la cúpula diafragmática y su movimiento.

En los recién nacidos y lactantes, debido a su tamaño, es posible observar ambos diafragmas al mismo tiempo utilizando un abordaje subcostal central, girando la muesca hacia las 3 en punto a ambos lados alternativamente, lo que resulta extremadamente útil en la comparación simultánea del movimiento de ambos hemidiafragmas. También podemos realizar este último abordaje con la sonda lineal, aunque el detalle será menor y estará limitado por el tamaño del niño. Ver figura 3 (5,6).

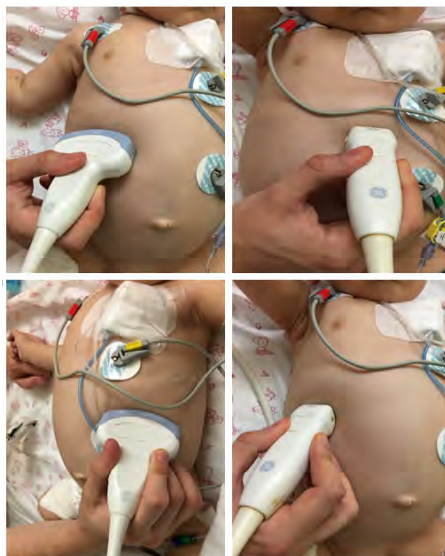


Figura 3. Abordaje ecográfico en ventanas transhepática y transesplénica con sondas convex y de ecocardiografía.



### 3. ABORDAJE ECOGRÁFICO DEL DIAFRAGMA. PARÁMETROS Y VALORES DE NORMALIDAD

Cuando el diafragma se contrae, su parte muscular experimenta un engrosamiento proporcional a esa contracción y un desplazamiento hacia abajo con el objetivo de expandir la caja torácica. Por este motivo, para su estudio, analizaremos ambos parámetros: engrosamiento y movimiento. Cada hemidiafragma puede dividirse en 9 regiones topográficas, derivadas de la división en el plano anteroposterior (anterior, medio y posterior) y en el plano sagital (lateral, medio y medial). Ver figura 4. (1)

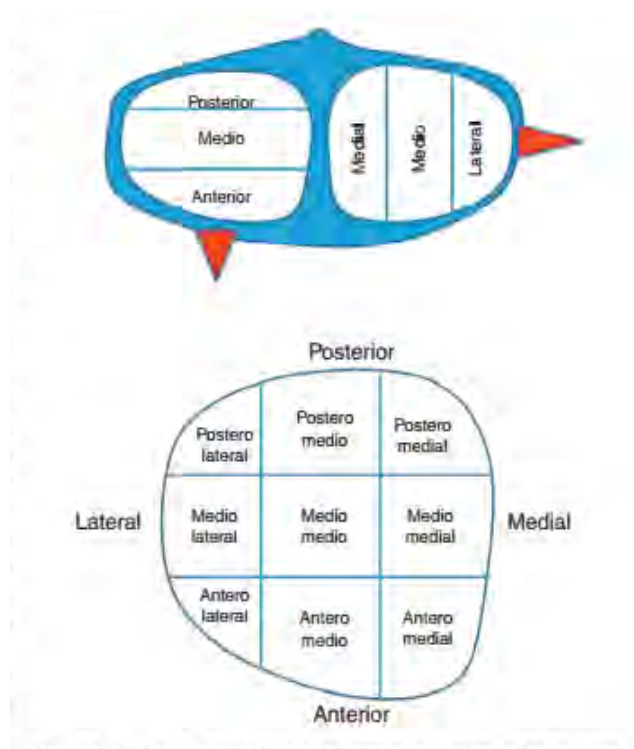


Figura 4. Denominación de las regiones diafragmáticas para definir la zona de exploración. En la imagen se observa en rojo la imagen de la sonda de ecografía y en azul la posición de las zonas no visualizables por ecografía. En la primera imagen se observa un corte completo de ambos hemitórax y en la segunda solo de un lado con el resumen de las 9 zonas definidas.

**Medida del movimiento diafragmático:** Puede realizarse con la sonda lineal de alta frecuencia o con la sonda convex. El modo M se puede utilizar para evaluar cuantitativamente el movimiento diafragmático usando dos parámetros: dirección del movimiento y amplitud de la excursión (2). El movimiento diafragmático se presenta como una onda sinusoidal hiperecoica que asciende en inspiración (se acerca al transductor) y desciende en espiración (se aleja del transductor). La diferencia en milímetros entre la altura alcanzada entre el pico superior e inferior representa el desplazamiento del diafragma durante el ciclo respiratorio, lo que se conoce como “excursión diafragmática”. El movimiento diafragmático se considera normal si la excursión es de más de 4 mm y una diferencia en la excursión entre las cúpulas de menos del 50% (a) (7,8).

Los valores de excursión diafragmática y grosor se han correlacionado con el peso y la talla en el periodo de recién nacido y lactante, hasta los dos años (8-10). Hay que reseñar que el movimiento izquierdo es mayor que el derecho y esto hace que la observación de un lado y otro no sean intercambiables. El Halaby et al. proponen unas tablas y curvas de medición de la excursión diafragmática de ambos hemidiafragmas en función del peso corporal de la edad del paciente, que exponemos a continuación (Figuras 5 y 6).

**Table 6.** Right Diaphragmatic Excursion by Percentile and Body Weight

Body Weight, kg	Right Diaphragmatic Excursion, mm						
	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
≤10	3.8	4.1	4.6	5.8	7.1	8.6	10.4
10–20	6.2	6.8	8.0	9.5	11.3	13.0	14.5
20–30	6.7	8.0	9.5	11.3	13.0	15.1	15.5
30–40	8.2	8.8	10.1	11.6	14.6	16.3	17.9
40–50	8.6	9.5	10.7	11.8	15.0	16.7	18.2
50–60	9.9	10.6	11.7	12.8	15.6	17.0	19.0
60–65	10.1	11.0	12.3	13.9	16.0	18.0	19.4

172

J Ultrasound Med 2016; 35:167–175

**Table 3.** Effect of Sex on Diaphragmatic Excursion and Thickness in the Studied Populations

Group	Right Diaphragmatic Excursion, mm			Left Diaphragmatic Excursion, mm			Right Diaphragmatic Thickness, mm			Left Diaphragmatic Thickness, mm		
	Male	Female	P <sup>a</sup>	Male	Female	P <sup>a</sup>	Male	Female	P <sup>a</sup>	Male	Female	P <sup>a</sup>
1	6.5±1.9	6.4±2.2	.863	6.6±1.6	6.7±1.8	.602	3.4±0.7	3.4±1.0	.624	3.6±0.9	3.4±1.9	.435
2	10.1±2.3	9.8±2.2	.526	9.6±2.1	9.3±1.9	.422	4.6±0.9	4.5±1.0	.941	4.6±0.9	4.6±1.0	.758
3	11.7±2.8	11.4±2.7	.603	10.6±2.4	10.6±2.8	.996	5.3±1.2	5.4±1.5	.823	5.3±1.4	5.0±1.0	.251
4	13.3±2.6	12.7±2.2	.222	13.3±2.6	12.7±2.2	.222	6.3±1.3	6.3±1.2	.857	6.3±1.2	6.4±1.0	.881

Figura 5. Tabla de medición de la excursión diafragmática derecha en milímetros en función de la edad del paciente (El-Halaby et al.)  
Grupos (1=1mes a 2 años, grupo 2=de 2-6 años, grupo 3= de 6 a 12 años, grupo 4=12 a 16 años)

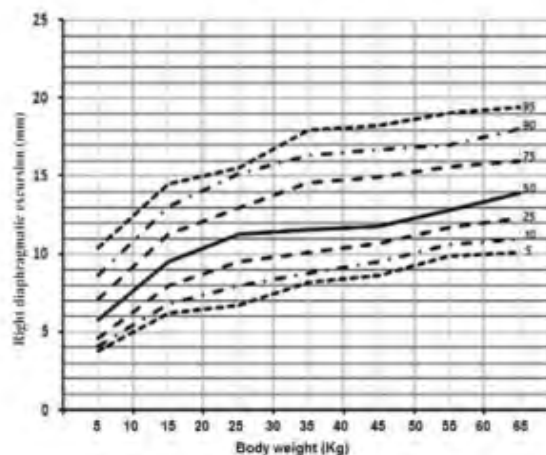


Figura 6. Curvas de percentiles de la excursión diafragmática derecha en milímetros en función del peso corporal en niños sanos (El-Halaby et al.)

Cuando la disfunción diafragmática es bilateral, no se aprecia diferencia entre el movimiento de los hemidiafragmas, la comparación con la medida normal de la excursión diafragmática puede ser útil en esta situación.

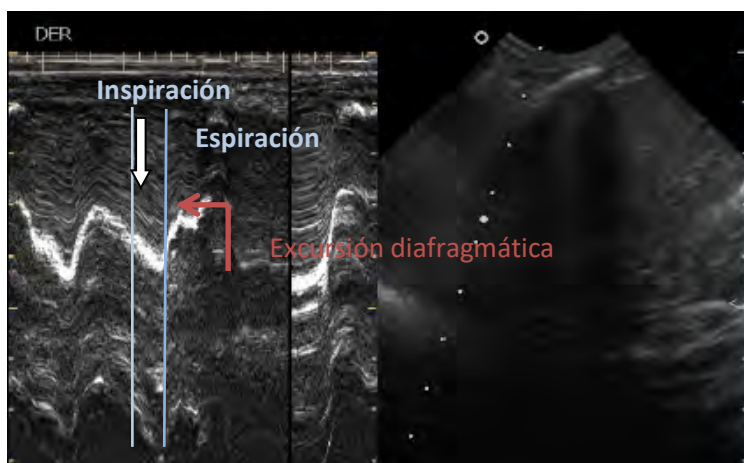


Figura 7. Imagen sagital del hemidiafragma derecho y modo M mostrando un movimiento diafragmático normal. Durante la inspiración, el diafragma se mueve hacia el transductor, durante la espiración, se aleja del transductor. La excursión se mide como la distancia entre el final de la espiración (la primera línea vertical en el trazado) y el final de la inspiración (segunda línea vertical).

### Medida del grosor del diafragma:

En el Modo B o 2D, el diafragma se ve como una estructura de tres capas constituida por pleura y peritoneo que corresponden en la ecografía con dos líneas paralelas hiperecoicas y una franja hipoecoica entre ellas, que corresponde con el músculo y que tiene un grosor variable según la zona explorada y su movilidad. Este conjunto describe un arco que deja el parénquima pulmonar en su parte convexa y el abdomen en la cóncava. Durante la inspiración, la zona muscular experimenta un engrosamiento que puede ser de 2.5-3 mm en respiración normal y de hasta 4 mm en inspiración forzada respecto al grosor objetivado en la espiración (1,4). Ver figura 8.

Durante la inspiración, el grosor diafragmático aumenta a medida que se contrae y acorta el músculo, siendo este engrosamiento significativamente mayor durante la segunda mitad del ciclo respiratorio.

Con el modo 2D medimos el grosor muscular, y con el modo M la variación de grosor en el tiempo a lo largo del ciclo respiratorio. El cambio de grosor estudiado en adultos es muy variable por lo que no sirve las medidas aisladas, lo ideal es el seguimiento evolutivo del paciente. Con el fin de resolver este problema, las mediciones en pacientes adultos se efectúan partiendo de una espiración total (a capacidad residual funcional) y terminando en la capacidad vital, ya que en esos extremos la relación parece ser lineal. Como para esta determinación el paciente tiene que colaborar es complicada en el niño.

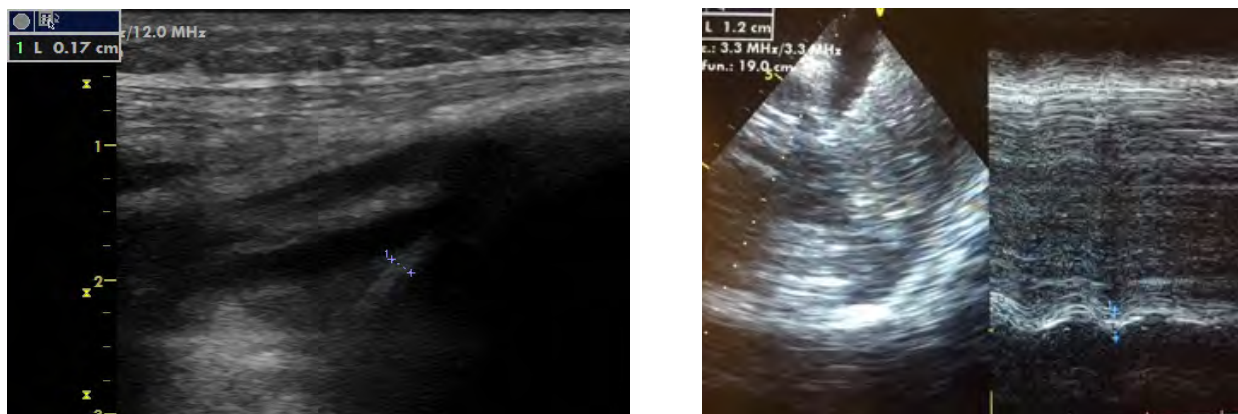


Figura 8. A: Vista ecográfica del diafragma normal en la zona de aposición, con modo 2D (izquierdo) y modo M (derecho).

#### **4. UTILIDADES DE LA ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA EN UCI:**

##### **4.1. Alteraciones de la movilidad: paresia/parálisis**

El diafragma es el principal músculo implicado en la respiración, sobre todo en los recién nacidos y lactantes en los que la musculatura accesoria no es suficientemente potente para compensar su acción en caso de disminución de la función diafragmática. La alteración de la motilidad puede ser parcial (paresia) o completa (parálisis diafragmática). Es una entidad relativamente frecuente en el entorno de la Unidad de Cuidados Intensivos, con una incidencia que varía entre el 0.3 y el 20%. La causa más frecuente es la asociada a cirugía cardíaca, por neuroapraxia del nervio frénico por lesión térmica o lesión directa durante la cirugía. Otras causas incluyen los procesos inflamatorios toraco-abdominales, sepsis, enfermedades neuromusculares, canalización venosa central yugular, la anestesia del plexo braquial o la cirugía del cuello. Su aparición se ha asociado con aumento de la duración de la ventilación mecánica, aumento del riesgo de infección nosocomial, aumento de la duración del ingreso en UCI y un aumento significativo de la morbilidad y la mortalidad (7,11-12).

En la evaluación de la función diafragmática se han utilizado la fluoroscopia, la electromiografía-electroneurografía (EMG) para el estudio de conducción del nervio frénico, y de forma creciente en los últimos años, la ecografía. La fluoroscopia ofrece buena sensibilidad y especificidad, pero precisa radiaciones ionizantes; la EMG precisa de un neurofisiólogo especializado en la realización de dicha técnica y puede realizarse en UCIP; la ecografía en ventilación espontánea a pie de cama ofrece una alta sensibilidad y especificidad, y es de fácil disponibilidad al ser realizada por el intensivista, lo que permite un diagnóstico precoz. (3,9, 13-20). Sin embargo, se trata de una técnica observador dependiente y puede verse limitada por una mala ventana ecográfica, por lo que no debe ser considerada como única evaluación diagnóstica (7).

Para el diagnóstico de alteración del movimiento diafragmático debe realizarse un estudio ecográfico comparando ambos hemidiafragmas, utilizando tanto el modo 2D (visualiza el grosor y el movimiento diafragmático en general) como el modo M (permite evaluar la dirección del movimiento en las distintas fases del ciclo respiratorio y cuantificar la extensión del mismo), como se muestra en las figuras 9 y 10.

La comparación del grosor de los diafragmas nos ayuda al diagnóstico de hipoquinesia y parálisis donde el grosor es mayor en el lado lesionado. En cuanto a la evaluación de la movilidad diafragmática podemos distinguir varios grados de afectación diafragmática:

-Hipoquinesia: un hemidiafragma se mueve menos y su grosor es menor.

-Parálisis diafragmática: el hemidiafragma afecto apenas se mueve en inspiración y el grosor es menor que el contralateral.

-Parálisis con movimiento paradójico: el hemidiafragma es más fino, se eleva en inspiración y desciende en espiración. La diferencia de más del 50% entre las excursiones de los hemidiafragmas derecho e izquierdo es compatible con una parálisis diafragmática. Colocando en niños pequeños el transductor debajo del esternón podemos observar dinámicamente el movimiento contrario entre ambos diafragmas. (18-20)





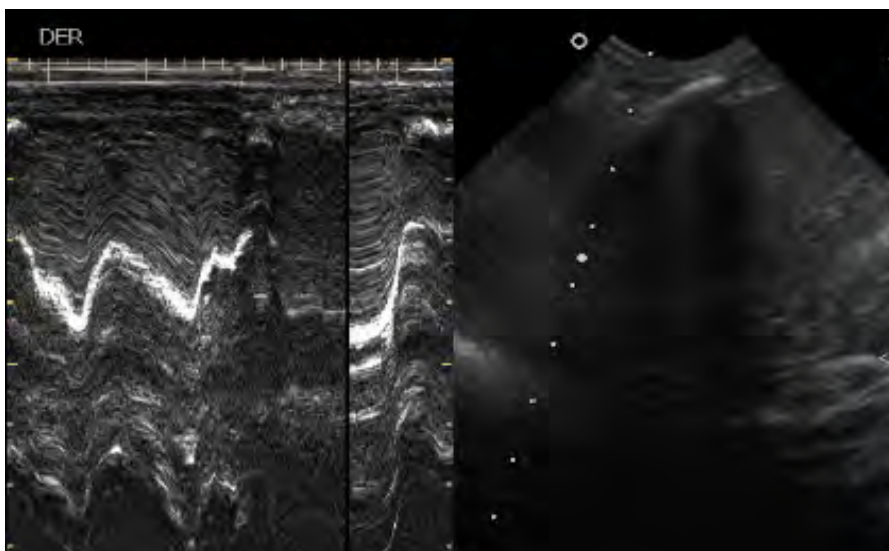


Figura 9. Imagen sagital del hemidiafragma derecho y modo M mostrando un movimiento diafragmático normal. Durante la inspiración, el diafragma se mueve hacia el transductor, durante la espiración, se aleja del transductor.

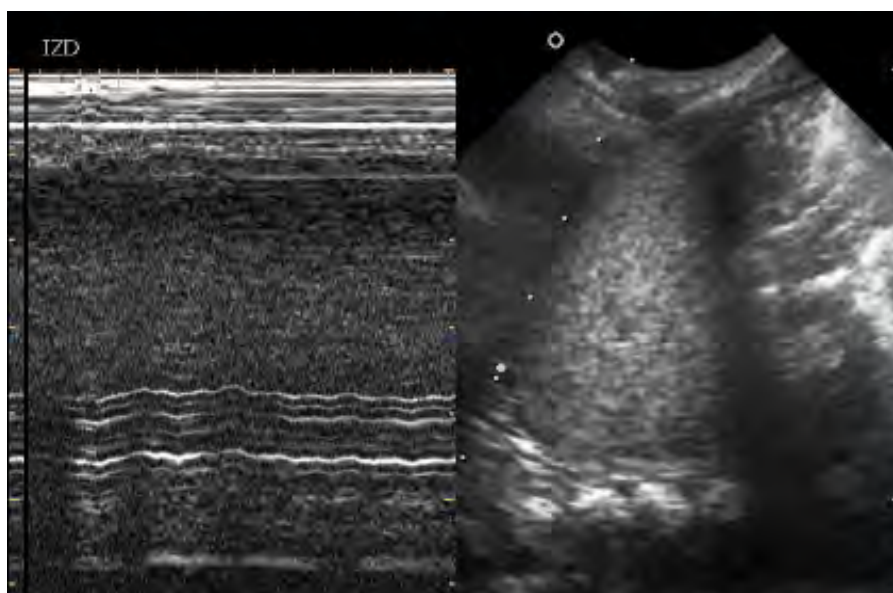


Figura 10. Parálisis diafragmática en un niño de 7 días, sometido a cirugía correctora de D-Trasposición de grandes arterias y con dificultades en el destete de la ventilación mecánica en el postoperatorio. La radiografía de tórax mostraba el hemidiafragma izquierdo elevado. Se aprecia hipocinesia diafragmática y menor grosor muscular que en el lado contralateral.

#### **4.2 disfunción diafragmática en ventilación mecánica**

En los últimos años se ha postulado la disfunción diafragmática como una de las estructuras implicadas en el fallo del destete de la ventilación mecánica (VM) tanto en pacientes adultos como en niños, dejando patente la necesidad de una evaluación diagnóstica rápida, reproducible y que permita un seguimiento evolutivo.

La causa de esta disfunción puede ser neurológica (lesión en nervio frénico), metabólica (aumento del consumo oxidativo) o muscular por reducción de la fuerza de contracción diafragmática debido a la atrofia de las fibras musculares, miopatía de causa medicamentosa (uso de benzodiazepinas, relajantes, aminoglucósidos) etc. Se habla incluso de disfunción diafragmática inducida por el respirador lo cual asocia una duración mayor de la VM y de la estancia en UCI (7, 21-23). Por otro lado, un 6-7 % de los adultos sanos tienen alteraciones de la movilidad de un hemidiafragma.

Hay factores fisiológicos que modifican el movimiento del diafragma como la edad, el sexo, peso, altura, el lado del diafragma o la posición en la que se realiza la exploración, por lo cual es importante definir estas variables a la hora de comparar con los estudios publicados. En general para esta exploración se utiliza la posición semisentada o supina con el cabecero de la cama elevado a 30 grados, ya que hay menos variabilidad entre las observaciones de ambos hemidiafragmas.

Algunos autores han propuesto el uso de la fracción de engrosamiento (TFdi, de thickening fraction diaphragmatic), que tiene en cuenta el grosor inicial y final durante una inspiración desde la capacidad residual funcional hasta la capacidad vital. Ver figura 11.

$TFdi = [(grosor\ tele\ inspiratorio\ Tdi\ (Insp) - grosor\ tele\ espiratorio\ Tdi(Esp)) / (grosor\ tele\ espiratorio * 100)]$ .

Se considera normal un TFdi  $\geq 20\%$ , en condiciones basales sin ningún tipo de soporte ventilatorio. En sujetos sanos en respiración espontánea el valor del TFdi es del 30-40%. Esta medición se ha evaluado en numerosos trabajos para evaluar su reproducibilidad. (10, 24-25). Di Nino et al., por ejemplo, lo han utilizado en adultos junto con el cociente entre TFdi y la frecuencia respiratoria para valorar la probabilidad de éxito en la extubación (23). Esta medida es necesario realizarla en respiración espontánea, sólo con la presión de soporte correspondiente a la compensación del tubo endotraqueal y tras un tiempo de trabajo respiratorio pues puede ser normal inicialmente y claudicar al cabo del tiempo.

También puede ser útil como monitorización de la fatiga respiratoria y de la necesidad de intubación e incluso sería interesante en la valoración de asincronías paciente-respirador (21-22, 25).

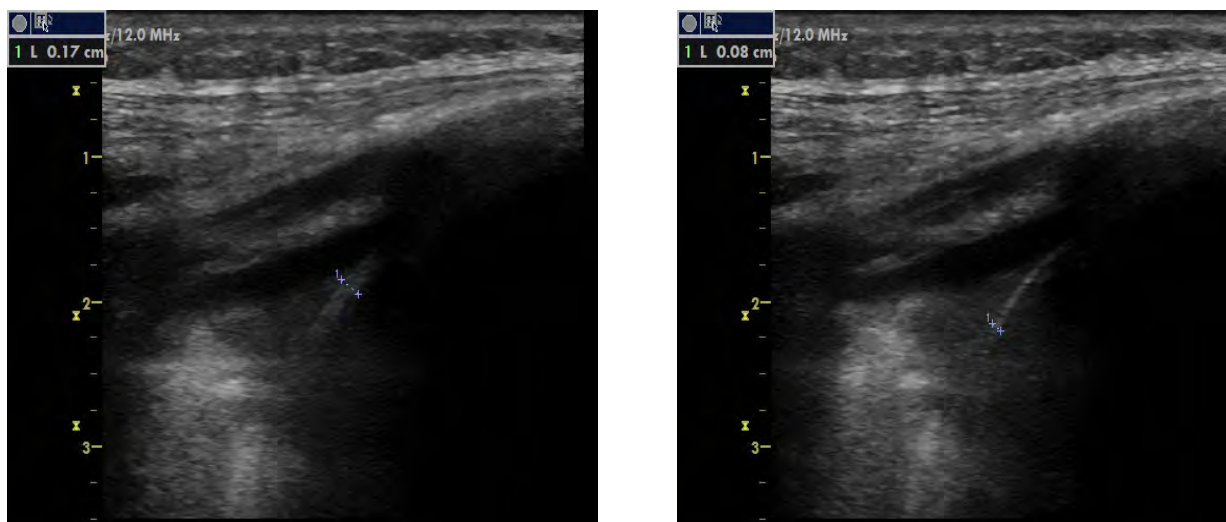


Figura 11. Medida del thickening fraction. En la imagen vemos el diafragma con su estructura formada por una triple capa hiperecogénica, hipocogénica y nuevamente hiperecogénica correspondientes a la pleura visceral, el músculo y el peritoneo. En la imagen izquierda se observa el grosor en inspiración y en la derecha, en espiración.

Teniendo en cuenta toda esta información Quintana et al concluyen que lo lógico es hacer un estudio inicial bilateral del TFdi para conocer la situación basal del paciente en riesgo de alteración de la función diafragmática y realizar un seguimiento del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. de la Quintana Gordon FdB, et al. Valoración ecográfica de la función diafragmática y sus aplicaciones en el paciente crítico, en ventilación mecánica y en la anestesia del plexo braquial. Rev Esp Anestesiol Reanim. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2017.01.001>



2. Chavhan GB, et al. Multimodality Imaging of the Pediatric Diaphragm: Anatomy and Pathologic Conditions. *RadioGraphics* 2010; 30:1797–1817
3. de Toledo JS, Munoz R, Landsittel D, et al. Diagnosis of abnormal diaphragm motion after cardiothoracic surgery: ultrasound performed by a cardiac intensivist vs. fluoroscopy. *Congenit Heart Dis.* 2010; 5:565–572. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-0803.2010.00431.x>.
4. de la Quintana Gordon FdB, et al. Ecografía pulmonar básica. Parte 1. Ecografía pulmonar normal y patología de la pared torácica y la pleura. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2015.
5. Matamis D, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med.* 2013;39:801-10
6. Gierada DS, et al. Imaging evaluation of the diaphragm. *Chest Surg Clin N Am.* 1998;8:237–280.
7. Gil-Juanmiquel L, et al. Bedside Ultrasound for the diagnosis of abnormal diaphragmatic motion in children after heart surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2017 Feb;18(2):159-164.
8. El-Halaby H, et al. Sonographic Evaluation of Diaphragmatic Excursion and Thickness in Healthy Infants and Children. *J Ultrasound Med* 2016; 35:167–175.
9. Yahagi N, et al. Ultrasound detection of diaphragmatic paralysis after cardiac operations. *Ann Thorac Surg.* 1998;65:1841.
10. Boussuges A, et al. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: Methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135:391---400.
11. Mertens L. Diaphragmatic paralysis after cardiac surgery: How to look at it?. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7(5):491-492.
12. Zhang YB, et al. Postoperative diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children: incidence, diagnosis and surgical management. *Chin Med J* 2013;126 (21): 4083-4087.
13. Epelman M, et al. M-mode sonography of diaphragmatic motion: description of technique and experience in 278 pediatric patients. *Pediatr Radiol.* 2005 Jul;35(7):661-7.
14. Lerolle N, Guerot E, Dimassi S, et al. Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest.* 2009;135:401–407.
15. Harper CJ, et al. Variability in Diaphragm Motion During Normal Breathing, Assessed With B-Mode Ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013 December ; 43(12): 927–931.
16. Umbrello M, et al. Ultrasonographic Assessment of Diaphragm Function in Critically Ill Subjects. *Respiratory Care.* 2016;61(4): 542-555.
17. Skalsky AJ, et al. Evaluation of Phrenic Nerve and Diaphragm Function with Peripheral nerve Stimulation and M-Mode Ultrasonography in Potential Pediatric Phrenic Nerve or Diaphragm Pacing Candidates. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 26 (2015) 133–143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmr.2014.09.010>
18. Miller SG, et al. Reliability of two-dimensional echocardiography in the assessment of clinically significant abnormal hemidiaphragm motion in pediatric cardiothoracic patients: Comparison with fluoroscopy. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7:441–444.
19. Urvoas E, et al. Diaphragmatic paralysis in children: Diagnosis by TM-mode ultrasound. *Pediatr Radiol* 1994; 24: 564–568.



20. Gerscovich EO, et al. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med.* 2001;20:597–604.
21. Summerhill EM, et al. Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound. *Chest.* 2008;133:737-43.
22. Kim SH, et al. An evaluation of diaphragmatic movement by M-mode sonography as a predictor of pulmonary dysfunction after upper abdominal surgery. *Anest Analg.* 2010;110:1349-54.
23. Di Nino E, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax.* 2014;69:431-5.
24. Vivier E, Mekontso Dessap A, Dimassi S, Vargas F, Lyazidi A, Thille AW, et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med.* 2012;38:796-803.
25. Criner GJ. Measuring diaphragm shortening using ultrasonography to predict extubation success. *Thorax* 2014;69:402–404.
26. Balaji S, et al. Ultrasound in the diagnosis of diaphragmatic paralysis after operation for congenital heart disease. *Br Heart J.* 1990;64:20–22.
27. Matsui H, et al. Transhepatic diaphragm echography for diaphragm paralysis in infants. *Intensive Care Med* (2015) 41:523–524.
28. de Leeuw M, et al. Impact of diaphragmatic paralysis after cardiothoracic surgery in children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118:510–517.
29. Chen HY, et al. Bilateral Diaphragmatic Paralysis in a Patient With Critical Illness Polyneuropathy. A Case Report. *Medicine*(2015) 94(31):e1288.

