

Ecografía de la función diafragmática

José Luis Vázquez Martínez, Ana Coca Pérez, María Sánchez Porras

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

Vázquez Martínez JL, Coca Pérez A, Sánchez Porras M. Protocolo de ecografía de la función diafragmática. *Protoc diagn ter pediatr.* 2021;1:409-16.



RESUMEN

El diafragma es el principal músculo respiratorio. La disminución del movimiento diafragmático puede producirse por alteraciones neurológicas centrales o periféricas, distrofias musculares y por injurias traumáticas del nervio frénico. También se puede observar disfunción diafragmática en el caso de patología torácica o abdominal adyacente.

La exploración ecográfica tiene la ventaja de ser relativamente sencilla, inocua, indolora, repetible y realizable a pie de cama. La exploración diafragmática mediante ecografía puede realizarse a través de tres ventanas ecográficas diferentes: abdominal (subdiafragmática), torácica (supradiafragmática) o subxifoidea (plano transversal).

Mediante la ecografía podemos evaluar el nivel de posicionamiento del hemidiafragma, monitorizar la excursión diafragmática, medir su grosor, calcular la fracción de engrosamiento diafragmático y la velocidad de contracción.

La utilización de la exploración ecográfica diafragmática permite identificar la existencia de alteraciones de la motilidad diafragmática (parálisis o paresias). También ha demostrado ser útil a la hora de predecir el éxito en la retirada de la ventilación mecánica. La técnica puede verse limitada por una mala ventana acústica.

Palabras clave: ecografía a pie de cama; diafragma; ventilación mecánica; parálisis diafragmática.

Diaphragmatic function ultrasound

ABSTRACT

The diaphragm is the main respiratory muscle. The decrease in diaphragmatic movement can be produced by central or peripheral neurological disorders, muscular dystrophies and by traumatic injuries to the phrenic nerve. Diaphragmatic dysfunction can also be observed in the case of adjacent thoracic or abdominal pathology.

Ultrasound examination has the advantage of being relatively simple, harmless, painless, repeatable, and feasible at bedside. Diaphragmatic exploration by ultrasound can be performed through three different ultrasound windows: abdominal (subdiaphragmatic), thoracic (supradiaphragmatic) or subxiphoid (transverse plane).

Using ultrasound, we can assess the level of positioning of the hemidiaphragm, monitor the diaphragmatic movement, measure its thickness, calculate the fraction of diaphragmatic thickening and the rate of contraction.

The use of diaphragmatic ultrasound examination allows to identify the existence of diaphragmatic motility alterations (paralysis or paresia). It has also been shown to be useful in predicting success in removing mechanical ventilation.

The technique may be limited by a poor acoustic window.

Key words: point of care ultrasound; diaphragm; mechanical ventilation; diaphragm paralysis.

1. INTRODUCCIÓN

El diafragma es el principal músculo respiratorio. Está caracterizado por tener forma abovedada. Consta de una parte fibrosa central (sirve básicamente como anclaje) y otra periférica, muscular, cuya contracción genera el típico movimiento craneocaudal diafragmático¹.

2. CAUSA DE LESIÓN DIAFRAGMÁTICA

La disminución del movimiento diafragmático puede producirse por alteraciones neurológicas centrales o periféricas, distrofias mus-

culares y por injurias traumáticas del nervio frénico (a destacar, traumatismo de parto, del plexo braquial, asociadas a canalizaciones vasculares centrales, cirugía de extremidad superior y corrección de cardiopatías congénitas). En niños sometidos a ventilación mecánica se produce hasta una atrofia del 3,4% diario, que empeora por el uso de relajantes musculares². También se puede observar disfunción diafragmática en el caso de patología torácica o abdominal adyacente: enfermedad pulmonar intersticial y enfermedad obstructiva crónica, neumonías, masas torácicas o abdominales y grandes colecciones líquidas (derrames pleurales o ascitis).

3. DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA

Desde el punto de vista clínico, el espectro de la disfunción es muy amplio, desde el hallazgo ocasional de una elevación diafragmática en una radiografía de tórax hasta fallo respiratorio inexplicable con retención de CO₂, fallos de extubación o prolongación de los tiempos de destete de la ventilación mecánica.

4. EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DEL DIAFRAGMA

La exploración ecográfica tiene la ventaja de ser relativamente sencilla, inocua (no precisa irradiar), indolora (a diferencia de la electromiografía), repetible y realizable a pie de cama³.

- Ventana abdominal o subdiafragmática: sonda phased-array o convex (baja frecuencia) (**Figura 1**).
 - Exploración subcostal: entre línea medio-clavicular y axilar anterior, apuntando hacia arriba y hacia atrás (para escanear perpendicularmente la cúpula diafragmática a través del hígado o del bazo)⁴.
 - El diafragma se identifica como una estructura compuesta de dos líneas hipercoicas, una craneal (pleura) y otra caudal (peritoneo), en el medio de las cuales se encuentra la imagen hipocóica correspondiente al propio músculo frénico.

Figura 1. Exploración del diafragma (supra- y subdiafragmática).

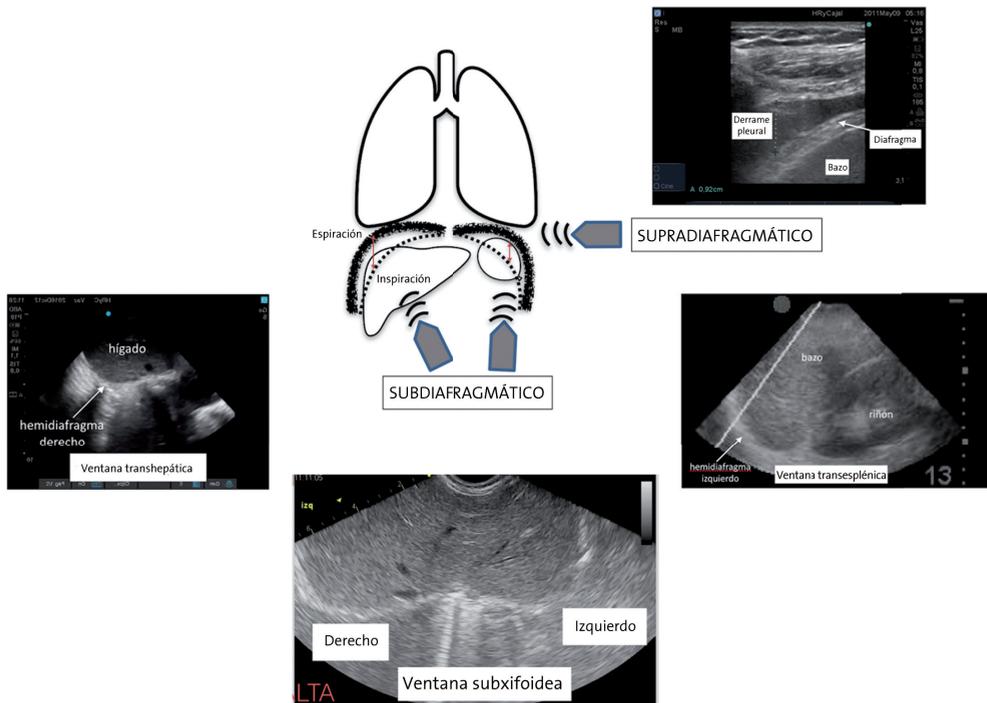
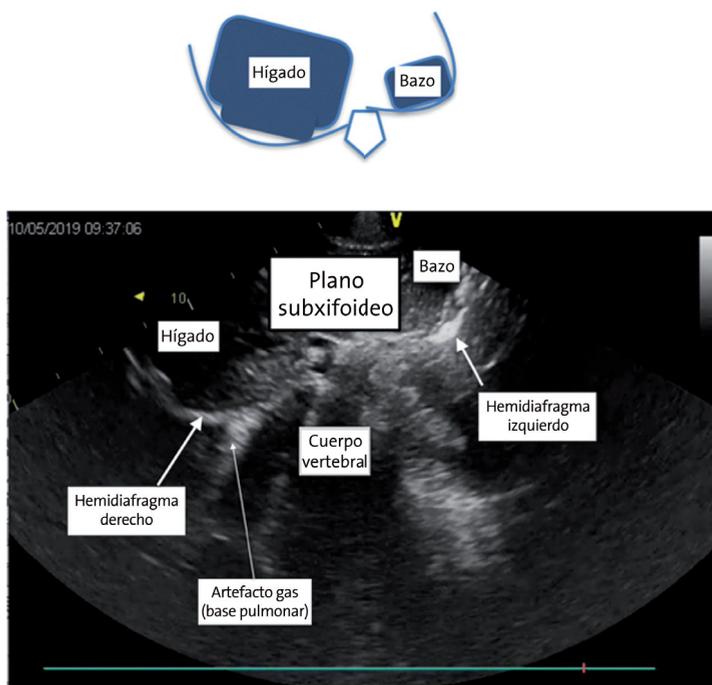


Figura 2. Imagen subxifoidea de ambos hemidiafragmas.



- Exploración sencilla en lado derecho, más difícil en lado izquierdo por la presencia del gas de la cámara gástrica y porque la ventana transónica del bazo es menor (en la exploración del hemidiafragma izquierdo se aconseja una aproximación más coronal o paralela al eje de las costillas).
- Ventana torácica o supradiagráfica: sonda lineal (alta frecuencia) o convex (niños mayorcitos) (Figura 1).
 - Exploración intercostal baja, generalmente línea medio-axilar.
 - La apariencia del diafragma en esa aproximación suele ser de una única línea hipercoica fácilmente identificable.
- La existencia de patología pulmonar o derrame pleural facilita su visión.
- Ventana subxifoidea (plano transversal): sonda convex o phased-array (baja frecuencia) (Figura 2):
 - En niños permite la visualización simultánea de ambos hemidiafragmas, muy útil para comparar sus respectivas motilidades (especialmente útil para el diagnóstico de lesiones unilaterales).
 - Valoración de movimiento paradójico de un hemidiafragma respecto al otro (ascenso hemidiafragma afectado durante la inspiración y lo contrario en espiración).

5. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA FUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA

- Determinación del nivel de posicionamiento del hemidiafragma (alto en caso de parálisis; en niños críticos y en decúbito se suelen apreciar más alto de lo normal sin que ello implique necesariamente una lesión frénica).
- Monitorización de la excursión diafragmática (disminuida en paresias, ausente o paradójica en parálisis frénica unilateral) (**Figura 3**).
 - Debe realizarse en respiración espontánea, desconectándose la VM (ventilación

mecánica) en el caso de niños intubados para evitar la interferencia de la PEEP (presión positiva al final de la espiración) o de la presión soporte. En caso de no ser posible, los resultados tienen valor limitado y se precisan controles evolutivos.

- Por comparación con lado contralateral. Se debe tener en cuenta que la excursión del lado izquierdo es mayor que la del derecho⁵. Se puede valorar la existencia o no de movimiento paradójico.
- Modo B: valoración cualitativa del movimiento, especialmente útil en parálisis o paresias unilaterales.

Figura 3. Análisis de la motilidad diafragmática.

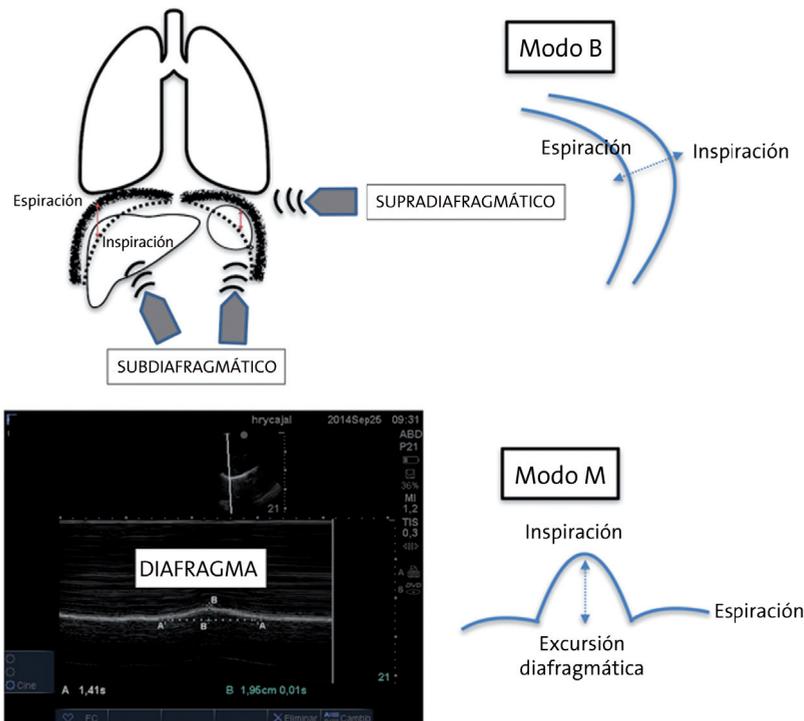
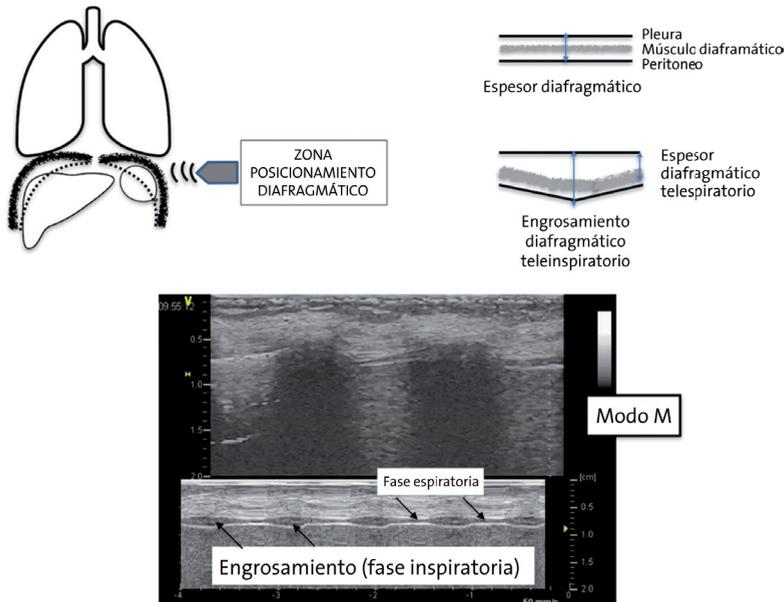


Figura 4. Análisis del engrosamiento diafragmático.



- Modo M (análisis de los cambios de una estructura ecográfica en el tiempo) permite cuantificar la máxima excursión diafragmática (existen tablas de movilidad normal según diferentes edades pediátricas que en cualquier caso deben ser individualizados).
- Limitaciones: en niños especialmente, la presencia de motilidad (+) no descarta parálisis, pues el movimiento puede deberse al movimiento pasivo del diafragma inducido por la musculatura respiratoria accesoria⁶.
- Medición del grosor diafragmático (modo B).
 - Zona de aposicionamiento (donde las vísceras abdominales alcanzan la caja torácica inferior), generalmente 8-10° espacio intercostal.
- Puede detectarse un incremento (caso de edema generalizado) o un adelgazamiento (atrofia).
- Las mediciones seriadas resultan muy útiles para categorizar el esfuerzo inspiratorio del paciente⁷ en el periodo de *weaning*.
- Cálculo de la fracción de engrosamiento diafragmático (modo-M) (Figura 4).
 - En modo M, se calcula porcentualmente la diferencia entre el máximo grosor diafragmático (teleinspiratorio) y el mínimo (teleespiratorio) respecto al teleespiratorio⁸.
 - Se aconseja el uso de *zoom* para facilitar la exactitud de la medición.
 - Valores normales: mayor del 36%.

- Constata la presencia o no de contracción muscular (descarta movimiento inducido por musculatura accesoria y permite controlar evolutivamente la eficacia de un entrenamiento de cara al *weaning*) frénica.
- Cálculo de la velocidad de contracción (máx. excursión/tiempo en alcanzar máx. excursión)⁹, especialmente indicado para predecir el éxito del *weaning*.

6. LIMITACIONES

- Mala ventana acústica (neumotórax, distensión abdominal por íleo...).
- La medición debe ser lo más perpendicular a la cúpula (en caso contrario se infraestiman las mediciones)¹⁰.

7. GUÍA RÁPIDA

- Ventanas de exploración, equipamiento y planos.
- Evaluación ecográfica de la función diafragmática:

- Elevación o no del hemidiafragma, motilidad y engrosamiento
- Respiración espontánea, sin P soporte ni PEEP idealmente
- Modo B: posicionamiento diafragmático (modo B)
 - Zona de aposicionamiento (8-10° espacio intercostal).
 - Mediciones seriadas, útiles para valorar el esfuerzo inspiratorio del paciente en el periodo de *weaning*.
- Modo M.
 - Máxima excursión diafragmática (motilidad).
 - Movimiento paradójico.
 - Cálculo de la fracción de engrosamiento diafragmático (valores normales: mayor del 36%).
- Cálculo de la velocidad de contracción (máx. excursión/tiempo en alcanzar máx. excursión).
- Especialmente indicado para predecir el éxito del *weaning*.

Ventana	Sonda	Exploración	Diafragma
Abdominal o subdiafragmática	<i>Phased-array</i> o <i>convex</i> (baja frecuencia)	Subcostal (línea medio-clavicular y axilar anterior, apuntando hacia atrás) Usar foco	Hemidiafragma (doble línea hipercoica, en sándwich) Cúpula diafragmática a través del hígado o del bazo
Torácica o supradiafragmática	Sonda lineal (alta frecuencia) o <i>convex</i> (niños mayorcitos)	Intercostal baja (línea medio-axilar) Transversal al espacio intercostal	Hemidiafragma (mejor definido si derrame pleural)
Ventana subxifoidea	<i>Convex</i> o <i>phased-array</i> (baja frecuencia)	Plano transversal	Ambos hemidiafragmas Difícil definir doble estructura lineal lado izquierdo sin patología asociada

BIBLIOGRAFÍA

1. Nadel J, Murray J. Textbook of respiratory medicine. 5.ª ed. Philadelphia; Saunders Elsevier; 2010.
2. Glau CL, Conlon TW, Himebauch AS, *et al.* Progressive diaphragm atrophy in pediatric acute respiratory failure, *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19:406-11.
3. Gil-Juanmiquel L, Gratacós M, Castilla-Fernández Y, *et al.* Bedside ultrasound for the Diagnosis of Abnormal Diaphragmatic Motion in Children After Heart Surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2017 Feb;18(2):159-64.
4. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography* Methods, Reproducibility, and Normal Values. *CHEST.* 2009;135:391-400.
5. Gerscovich EO, MD; Cronan M RDMS; McGahan JP, MD, *et al.* Ultrasonographic Evaluation of Diaphragmatic Motion, *J Ultrasound Med.* 2001;20:597-604.
6. Vázquez JL, López A, Coca A, *et al.* Bilateral diaphragmatic paresis after cardiac surgery: the key is the clinical point-of-care ultrasound, *Int J Crit Care Emerg Med.* 2018;4:31.
7. Umbrello M, Formenti P, Longhi D, *et al.* Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study, *Crit Care.* 2015;19:161.
8. Vivier E, Roche-Campo F, Brochard L, *et al.* Determinants of diaphragm thickening fraction during mechanical ventilation: an ancillary study of a randomised trial, *Eur Respir J.* 2017;50:1700783.
9. Turton P, Sondus AL, Aidarous, WI. A narrative review of diaphragm ultrasound to predict weaning from mechanical ventilation: where are we and where are we heading?, *Ultrasound J.* 2019;11:2-7.
10. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, *et al.* Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications, *Intens Care Med.* 2013;39:801-10.