



## Editorial

## Ecografía diafragmática: una herramienta de novedosa a rutinaria

### Diaphragmatic Ultrasound: An Innovative Tool Has Become Routine

Javier Sayas Catalán\*, Ana Hernández-Voth y María Victoria Villena Garrido

Servicio de Neumología, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid, España



El diafragma es el principal músculo respiratorio y consta de dos músculos, con una doble inervación y unidos mediante un tendón central. Su contracción producirá un desplazamiento caudal que aumenta el volumen de la caja torácica y genera una presión negativa necesaria para un flujo inspiratorio. La disfunción diafragmática resulta de problemas anatómicos, neuromusculares o biomecánicos que alteran su contracción<sup>1</sup>.

Entre las técnicas para su evaluación el *patrón oro* es la presión transdiafragmática, invasiva, incapaz de discriminar entre afectación uni- o bilateral y de escaso uso en la práctica clínica habitual. Otras, como las presiones (PIM o SNIP), o la capacidad vital en supino son no invasivas y sencillas, pero poco sensibles. Tampoco discriminan la naturaleza uni- o bilateral de la afectación. Entre las técnicas de imagen están las «clásicas» como la radioscopia (poco sensible si la afectación es bilateral) y herramientas de gran complejidad como la cinetomografía computarizada o la cinerresonancia magnética, que muestran el movimiento tridimensional y contenido muscular, pero con elevado coste y complejidad, por tanto poco prácticas para la evaluación rutinaria diafragmática<sup>2</sup>.

En los últimos años, el desarrollo de la ecografía diafragmática ha supuesto una revolución, ya que permite evaluar de forma bilateral la morfología y función diafragmáticas en tiempo real, permite el seguimiento sin exposición a la radiación, siendo asequible y ubicua.

Se han propuesto varios métodos para evaluar la movilidad diafragmática desde la primera descripción por parte de Haber en 1975<sup>3</sup>, que en la actualidad se resumen en dos: el desplazamiento de la cúpula, y el engrosamiento muscular<sup>4,5</sup>.

La medición del desplazamiento evalúa la capacidad del diafragma de generar cambios de volumen en la caja torácica. Se realiza una *abordaje subcostal*, usando una sonda convexa de baja frecuencia a nivel de la línea medio claviclar, buscando el tercio posterior de la cúpula diafragmática en el lado derecho, a través de la ventana hepática. En el lado izquierdo se utiliza la ventana esplénica, pero la cúpula es más difícil de localizar, especialmente si hay interposición de vísceras abdominales<sup>6</sup>. Una alternativa es el *abordaje*

*lateral*, colocando la sonda en posición perpendicular en los espacios intercostales inferiores a nivel de la línea medio axilar. Tras la localización de la cúpula en «modo 2D», el modo ecográfico «M anatómico» facilita la identificación de la porción de la cúpula con mayor movilidad, para su medición en un corte sagital. Se mide el desplazamiento en respiración en reposo (volumen corriente), en inspiración y espiración profundas (capacidad vital) o en maniobras de *sniff* (fig. 1). Puede medirse también su potencia (desplazamiento a lo largo del tiempo, en forma de pendiente de la curva de desplazamiento). En algunas situaciones en las que no se discrimina adecuadamente el diafragma, se puede medir el desplazamiento de vísceras abdominales (vena cava en el lado derecho, o del bazo en el izquierdo), con aceptables resultados. Esto se conoce como «método indirecto»<sup>7</sup>.

La medición del grosor diafragmático es otro método actualmente empleado, permite determinar la masa muscular diafragmática, y valorar la fracción de engrosamiento, o *«thickening fraction»* (TF). Para esta medición se utiliza una sonda lineal de alta frecuencia, colocada entre los últimos espacios intercostales. De esta forma se localiza la «zona de aposición», donde el diafragma se inserta en la pared costal. El diafragma se identifica como la franja hipocógena limitada por dos líneas hiperrefringentes, que corresponden a la pleura y al peritoneo. El TF es la relación entre el grosor en reposo (capacidad residual funcional) y en máxima inspiración (capacidad vital) (figs. 1 y 2).

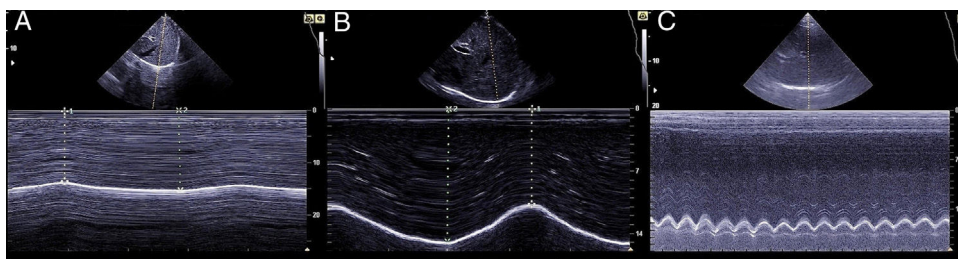
Para ambas mediciones se han propuesto valores normales por distintos autores<sup>6,8</sup>.

Estas medidas tienen una serie de aplicaciones prácticas muy relevantes. Una de las más estudiadas es la *predicción del éxito en la retirada de la ventilación mecánica en pacientes críticos*: un TF > 30% se asocia a un mayor éxito en el *weaning*, mientras que uno < 20% predice un «destete» prolongado, permitiendo evaluar el daño diafragmático inducido por ventilación mecánica<sup>4</sup>.

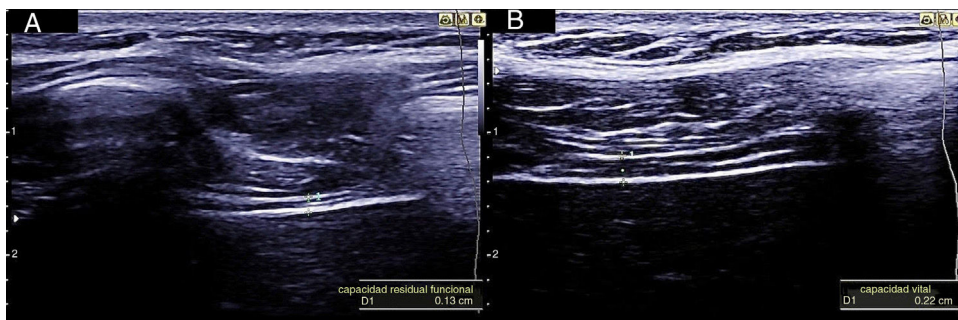
La ecografía en la *evaluación del paciente neuromuscular* es prometedora en patologías con especial predilección por el diafragma, como las glucogenosis o las miopatías mitocondriales. Es útil en pacientes cuya afectación bulbar impide la realización de pruebas funcionales respiratorias tradicionales. En concreto, ha demostrado ser un predictor de hipoventilación en pacientes con ELA<sup>2,9</sup>, aunque discutida por otros autores<sup>10</sup>.

\* Autor para correspondencia.

 Correo electrónico: [jsayascat@gmail.com](mailto:jsayascat@gmail.com) (J. Sayas Catalán).



**Figura 1.** Cúpula diafragmática en modos «2D» y «M anatómico» y mediciones de desplazamiento de la cúpula en A) desplazamiento en volumen corriente, B) desplazamiento en capacidad vital, C) maniobras de sniff.



**Figura 2.** Diafragma en zona de aposición y medición de grosor, 2A) capacidad residual funcional, 2B) capacidad vital.

En el paciente con EPOC se ha propuesto el uso de la ecografía diafragmática para evaluar el efecto de la rehabilitación sobre el diafragma<sup>11</sup>, y está descrita como predictor de éxito de la ventilación mecánica no invasiva en pacientes con exacerbaciones graves<sup>12</sup>.

También tiene utilidad en la detección y seguimiento de la disfunción diafragmática postoperatoria de cirugías que pueden cursar con lesiones frénicas, como la cardiaca o la torácica. Se puede valorar la indemnidad del nervio frénico mediante la estimulación de su trayecto cervical, observando la respuesta en desplazamiento y engrosamiento diafragmático.

En otras aplicaciones, como la titulación de los umbrales de estimulación de un marcapasos frénico, la ecografía diafragmática podría sustituir técnicas más invasivas, como el uso de la presión diafragmática transesofágica<sup>13</sup>.

Sin embargo, en nuestra opinión, existen todavía algunas limitaciones que lastran su desarrollo. La ausencia de valores estandarizados de normalidad, basados en grandes poblaciones (como lo son las ecuaciones predictivas de la espirometría), la variabilidad en las mediciones en función de la postura, ubicación del transductor, etc. han limitado su generalización. Otras cuestiones, como la necesidad de establecer un periodo previo de ventilación espontánea antes de evaluar el TF en pacientes sometidos a ventilación mecánica, deben tenerse en cuenta a la hora de usar esta técnica. Incluso al desconectar a ventilación espontánea, es posible que la fatiga muscular tarde algunos minutos en manifestarse, para poder ser evaluada<sup>14</sup>.

La ecografía diafragmática es una técnica cuyo desarrollo en la Neumología moderna la llevará a ser otra herramienta más en el arsenal diagnóstico del neumólogo. Su rápida implantación también obedece a la facilidad para obtener experiencia en su uso, con una rápida curva de aprendizaje<sup>15</sup>. Unido a la disponibilidad ubicua de ecógrafos, su uso a pie de cama, y las mejoras tecnológicas futuras, hacen de ella una pieza añadida en la evaluación funcional muscular respiratoria. Para generalizar más aún su uso, deberán estandarizarse los valores normales con grandes cohortes, protocolizar la técnica de medición y definir de forma más precisa su sensibilidad/especificidad en distintas patologías.

## Conflicto de intereses

Javier Sayas reconoce honorarios por tareas docentes relacionadas con la ventilación mecánica por parte de Chiesi, ResMed, Philips, Mundipharma. Es el investigador principal de un proyecto financiado parcialmente por Menarini, y es investigador asociado de un proyecto que incluye el uso de ecografía diafragmática financiado por Sanofi.

Ana Hernández-Voth es la investigadora principal de un proyecto financiado por Sanofi, y ha recibido honorarios por actividades docentes de Chiesi.

Victoria Villena reconoce honorarios por tareas docentes por parte de Menarini.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Dr. Borja de la Quintana Gordon su dedicación docente y colaboración.

## Bibliografía

1. McCool FD, Tzelepis GE. Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med.* 2012;366:932–42.
2. Harlaar L, Ciet P, van der Ploeg AT, Brusse E, van der Beek N, Wielopolski PA, et al. Imaging of respiratory muscles in neuromuscular disease: A review. *Neuromuscul Disord.* 2018;28:246–56.
3. Haber K, Asher M, Freimanis AK. Echographic evaluation of diaphragmatic motion in intra-abdominal diseases. *Radiology.* 1975;114:141–4.
4. De la Quintana Gordon FB, Nacarino Alcorta B, Fajardo Perez M. Ultrasound evaluation of diaphragm function and its application in critical patients, mechanical ventilation and brachial plexus block. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2017;64:513–21.
5. Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobano JM, Toubes ME, Riveiro V, Valdes L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology.* 2018;10. <http://dx.doi.org/10.16/j.pulmoe.2018.10.008>.
6. Gerscovich EO, Cronan M, McGahan JP, Jain K, Jones CD, McDonald C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med.* 2001;20:597–604.
7. Grams ST, von Saltiel R, Mayer AF, Schivinski CI, de SNLF, Nobrega IS, et al. Assessment of the reproducibility of the indirect ultrasound method of measuring diaphragm mobility. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;34:18–25.
8. Bousuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135:391–400.

9. Fantini R, Mandrioli J, Zona S, Antenora F, Iattoni A, Monelli M, et al. Ultrasound assessment of diaphragmatic function in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Respirology*. 2016;21:932–8.
10. Pinto S, Alves P, Swash M, de Carvalho M. Phrenic nerve stimulation is more sensitive than ultrasound measurement of diaphragm thickness in assessing early ALS progression. *Neurophysiol Clin*. 2017;47:69–73.
11. Crimi C, Heffler E, Augelletti T, Campisi R, Noto A, Vancheri C, et al. Utility of ultrasound assessment of diaphragmatic function before and after pulmonary rehabilitation in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:3131–9.
12. Marchioni A, Castaniere I, Tonelli R, Fantini R, Fontana M, Tabbi L, et al. Ultrasound-assessed diaphragmatic impairment is a predictor of outcomes in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease undergoing noninvasive ventilation. *Crit Care*. 2018;22:109.
13. Skalsky AJ, Lesser DJ, McDonald CM. 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*. 2015;26:133–43.
14. Llamas-Alvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Perez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: Systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017;152:1140–50.
15. Sarwal A, Parry SM, Berry MJ, Hsu FC, Lewis MT, Justus NW, et al. Interobserver reliability of quantitative muscle sonographic analysis in the critically ill population. *J Ultrasound Med*. 2015;34:1191–200.