



# Correlación de la función diafragmática medida por ultrasonido en comparación con la fuerza inspiratoria negativa, como predictores de destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos

Correlation of diaphragmatic function measured by ultrasound in comparison with negative inspiratory force, as predictors of ventilatory weaning in critically ill patients

*Correlação da função diafragmática medida por ultrassonografia comparada à força inspiratória negativa, como preditores de desmame ventilatório em pacientes em estado crítico*

Jesús Ciro Cristóbal Landeros Yáñez\*

## RESUMEN

**Introducción:** el diafragma es el principal músculo respiratorio y su disfunción en el enfermo en estado crítico favorece el desarrollo de complicaciones respiratorias, incrementando con ello los días de ventilación mecánica.

**Objetivo:** determinar la correlación de la función diafragmática medida por ultrasonido en comparación con la fuerza inspiratoria negativa (NIF), como predictores de destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos de la Unidad de Cuidados Intensivos.

**Material y métodos:** estudio comparativo de precisión diagnóstica, observacional, longitudinal, prospectivo. Se midió con ultrasonido la excursión diafragmática al ingreso y diariamente hasta lograr el retiro de la ventilación mecánica; adicionalmente, se midió el tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma (TPIA) y la NIF. Se consideró éxito en el retiro al no requerir nuevamente soporte ventilatorio durante un lapso de 48 horas.

**Resultados:** se incluyeron 50 pacientes: neurológicos quirúrgicos y no quirúrgicos 23 (46%), postquirúrgico no cardiotorácico 11 (22%), infecciosos nueve (18%), postquirúrgico cardiotorácico cinco (10%) y trastornos primarios respiratorios dos (4%). Se realizó prueba de ventilación espontánea con pieza en T en 49 (98%) pacientes y CPAP/PS en uno (2%). El éxito al retiro se reportó en 44 (88%) pacientes. Medición de excursión diafragmática previo a la extubación, AUC de 0.8 ( $p = 0.009$ ), el punto de corte para predecir extubación exitosa fue de 1.09, sensibilidad de 97.7%, especificidad de 83.3%; TPIA, AUC de 0.79, punto de corte 0.81 segundos,  $p = 0.002$ , sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%. NIF, AUC 0.48, punto de corte -23.5,  $p = 0.9$ , sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3; índice de Tobin/Yang, AUC de 0.32, punto de corte 79,  $p = 0.2$ , sensibilidad 18%, especificidad 66.7%. Coeficiente de correlación de excursión diafragmática de ingreso de 0.23,  $p = 0.1$ , excursión diafragmática a las 48 horas de 0.81,  $p = 0.001$ , TPIA de 0.9,  $p = 0.001$ .

**Conclusión:** tanto la excursión diafragmática como el tiempo para llegar a la amplitud inspiratoria pico del diafragma, medidos por ultrasonido, presentan una adecuada sensibilidad y especificidad para predecir extubación exitosa en el paciente críticamente enfermo en comparación con la fuerza inspiratoria negativa.

**Palabras clave:** excursión diafragmática, tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma, extubación, fuerza inspiratoria negativa.

## ABSTRACT

**Introduction:** the diaphragm is the main respiratory muscle and its dysfunction in critically ill patients favors the development of respiratory complications, thereby increasing the days of mechanical ventilation.

**Objective:** to determine the correlation of diaphragmatic function measured by ultrasound in comparison with negative inspiratory force (NIF), as predictors of ventilatory weaning in critically ill patients in the Intensive Care Unit.

**Material and methods:** comparative study of diagnostic accuracy, observational, longitudinal, prospective, diaphragmatic excursion was measured

with ultrasound upon admission and daily until withdrawal of mechanical ventilation; additionally, time to peak inspiratory amplitude of the diaphragm (TPIA) and NIF was measured. Withdrawal was considered successful when ventilatory support was not required again for a period of 48 hours.

**Results:** 50 patients were included: surgical and non-surgical neurological 23 (46%), non-cardiothoracic post-surgical 11 (22%), infectious nine (18%), cardiothoracic post-surgical five (10%) and primary respiratory disorders two (4%). Spontaneous ventilation test with T-piece was performed in 49 (98%) patients and CPAP/PS in one (2%). Success at removal was reported in 44 (88%) patients. Measurement of diaphragmatic excursion prior to extubation, AUC of 0.8 ( $p = 0.009$ ), cut-off point to predict successful extubation was 1.09, sensitivity of 97.7%, specificity of 83.3%; TPIA, AUC 0.79, cut-off point 0.81 seconds,  $p = 0.002$ , sensitivity of 79.5% and specificity 83.3%; NIF, AUC 0.48, cut-off point -23.5,  $p = 0.9$ , sensitivity 27.3%, specificity 33.3; Tobin/Yang index, AUC of 0.32, cut-off point 79,  $p = 0.2$ , sensitivity 18%, specificity 66.7%. Correlation coefficient of admission diaphragmatic excursion of 0.23,  $p = 0.1$ , diaphragmatic excursion at 48 hours of 0.81,  $p = 0.001$ , TPIA of 0.9,  $p = 0.001$ .

**Conclusion:** both diaphragmatic excursion and the time to reach the peak inspiratory amplitude of the diaphragm, measured by ultrasound, present adequate sensitivity and specificity to predict successful extubation in the critically ill patient compared to negative inspiratory force.

**Keywords:** diaphragmatic excursion, peak inspiratory amplitude time of the diaphragm, extubation, negative inspiratory force.

## RESUMO

**Introdução:** o diafragma é o principal músculo respiratório e sua disfunção em pacientes em estado grave favorece o desenvolvimento de complicações respiratórias, aumentando assim os dias de ventilação mecânica.

**Objetivo:** determinar a correlação da função diafragmática medida por ultrassonografia em comparação com a força inspiratória negativa (NIF), como preditores de desmame ventilatório em pacientes em estado crítico da Unidade de Terapia Intensiva.

**Material e métodos:** estudo comparativo da precisão diagnóstica, observacional, longitudinal, prospectivo, excursão diafragmática foi medida com ultrassonografia na admissão e diariamente até a retirada da ventilação mecânica; além disso, foram medidos o tempo de amplitude inspiratória de pico do diafragma (TPIA) e o NIF. A retirada foi considerada bem-sucedida quando o suporte ventilatório não foi necessário novamente por 48 horas.

**Resultados:** incluíram-se 50 pacientes, neurológicos cirúrgicos e não cirúrgicos 23 (46%), paciente pós-cirúrgico não cardiotorácico 11 (22%), infeccioso nove (18%), paciente pós-cirúrgico cardiotorácico cinco (10%) e distúrbios respiratórios primários dois (4%). Teste de ventilação espontânea com peça T foi realizado em 49 (98%) pacientes e CPAP/PS em um (2%). O sucesso na remoção foi relatado em 44 (88%) pacientes. Medição da excursão diafragmática antes da extubação, AUC de 0.8 ( $p = 0.009$ ), ponto de corte para prever extubação bem-sucedida foi 1.09, sensibilidade de 97.7%, especificidade de 83.3%; TPIA, AUC 0.79, ponto de corte 0.81 segundos,  $p = 0.002$ , sensibilidade de 79.5% e especificidade de 83.3%; NIF, AUC 0.48, ponto de corte -23.5,  $p = (0.9)$ , sensibilidade 27.3%, especificidade 33.3; índice de Tobin/Yang, AUC de 0.32, ponto de corte 79,  $p = (0.2)$ , sensibilidade 18%, especificidade 66.7%. Coeficiente de correlação da excursão diafragmática na admissão de 0.23,  $p = 0.1$ , excursão diafragmática às 48 horas de 0.81,  $p = 0.001$ , TPIA de 0.9,  $p = 0.001$ .

**Conclusão:** tanto a excursão diafragmática quanto o tempo para atingir o pico de amplitude inspiratória do diafragma, medido por ultrassonografia, apresentam sensibilidade e especificidade adequadas para prever o sucesso da extubação no paciente em estado crítico em comparação com a força inspiratória negativa.

\* Hospital Regional ISSSTE Puebla.

Recibido: 15/09/2023. Aceptado: 09/10/2023.

**Citar como:** Landeros YJCC. Correlación de la función diafragmática medida por ultrasonido en comparación con la fuerza inspiratoria negativa, como predictores de destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos. Med Crit. 2023;37(8):686-690. <https://dx.doi.org/10.35366/115226>

**Palavras-chave:** excursão diafragmática, tempo de amplitude inspiratória de pico do diafragma, extubação, força inspiratória negativa.

#### Abreviaturas:

APACHE = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (evaluación de fisiología aguda y salud crónica).

AUC = área bajo la curva (Area Under the Curve).

CPAP = presión positiva continua en las vías respiratorias (Continuous Positive Airway Pressure).

CPAP/PS = presión positiva continua en las vías respiratorias/ soporte de presión.

IC95% = índice de confianza de 95%.

NIF = fuerza inspiratoria negativa (Negative Inspiratory Force).

ROC = característica operativa del receptor (Receiver Operating Characteristic).

SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (evaluación secuencial de falla orgánica).

TPIA = tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma (Time to Peak Inspiratory Amplitude of the diaphragm).

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos.

## INTRODUCCIÓN

El diafragma es el principal músculo respiratorio y su función en el enfermo en estado crítico favorece el desarrollo de complicaciones respiratorias que pueden incrementar los días bajo ventilación mecánica.<sup>1</sup> Alrededor de 20% de los pacientes que se encuentran bajo ventilación mecánica tienen dificultades y complicaciones en el destete ventilatorio; cerca de 40% del total de tiempo en ventilación mecánica es necesario o se destina para el proceso de destete o liberación.<sup>2</sup>

En los pacientes bajo ventilación mecánica, el diafragma está sujeto a diversas condiciones que pueden generar distintas alteraciones, entre ellas, debilidad y atrofia, lo que conlleva múltiples complicaciones, traducidas en prolongación del tiempo de la ventilación mecánica e incremento en incidencia de infecciones respiratorias. Muchos estudios informaron una alta prevalencia de disfunción del músculo diafragma durante el destete y progresión ventilatoria; se ha demostrado que estas condiciones se asocian a peores resultados en la evolución clínica del enfermo. Las herramientas de utilidad descritas en la actualidad para medir y evaluar la función del diafragma, y que son motivo de revisión en este estudio, son: ultrasonografía a la cabecera del enfermo y fuerza inspiratoria negativa, métodos no invasivos para evaluar y visualizar directamente la fuerza mecánica del diafragma.<sup>3,4</sup>

A pesar de un número creciente de estudios que informan respecto al uso de medidas para estimar la fuerza del diafragma, no existe una metodología firmemente establecida sobre la aplicación de herramientas para su medición, por lo que consideramos necesario comparar la efectividad de las previamente referidas para el destete ventilatorio, así como posterior retiro exitoso de la ventilación mecánica.<sup>5</sup> Determinar el momento ideal

para la extubación de un paciente críticamente enfermo continúa siendo un desafío para el médico intensivista, ya que el retiro prematuro de la ventilación mecánica invasiva presenta un alto riesgo de falla al realizar el destete, lo cual puede provocar la reintubación del paciente, sometiendo a un estrés hemodinámico y respiratorio al enfermo; en contraparte, la extubación tardía presenta complicaciones como infecciones (por ejemplo el desarrollo de neumonía asociada a ventilación mecánica), lesión traqueal, lesiones pulmonares asociadas e inducidas por la ventilación mecánica. Tanto el destete prematuro como tardío cuentan con la importante característica de aumentar la mortalidad, la estancia hospitalaria dentro de la unidad de cuidados intensivos y el costo económico para el sistema de salud y para la familia del paciente crítico.<sup>2</sup>

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio comparativo de precisión diagnóstica, observacional, longitudinal, prospectivo, en pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Se midió con ultrasonido el grosor diafragmático al ingreso y diariamente durante la estancia en la UCI hasta lograr el retiro de la ventilación mecánica; adicionalmente, se midió el tiempo para llegar a la amplitud inspiratoria pico del diafragma y fuerza inspiratoria negativa. Se consideró éxito en el retiro de la ventilación mecánica el no requerir nuevamente soporte ventilatorio durante un lapso de 48 horas.

Una vez ingresado un paciente al estudio, se registraron las siguientes variables demográficas y clínicas: sexo, edad, comorbilidades de acuerdo al índice de Charlson, fecha y motivo de ingreso a la UCI, gravedad de la enfermedad estimada mediante la escala APACHE II, presencia de disfunción orgánica evaluada mediante la escala SOFA. Al ingreso, se tomó la medición ultrasonográfica de excursión diafragmática y tiempo de amplitud máxima del diafragma a la inspiración, diariamente hasta evaluar el retiro de la ventilación mecánica bajo criterio médico y cumpliendo condiciones para destete ventilatorio. Posteriormente, se realizó prueba en pieza en T en todos los pacientes que cumplieran con los criterios de inclusión.<sup>6</sup>

La ultrasonografía utilizada durante el estudio fue un sistema de ultrasonido Sonosite Fujifilm, sonda lineal de 10 MHZ en modo M; la evaluación fue realizada en posición decúbito ventral, visualizando el diafragma con la sonda lineal colocado en la pared torácica a nivel subcostal anterior, específicamente en el sitio de aposición diafragmática.<sup>7</sup> Las mediciones de la excursión diafragmática y tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma (TPIA) fueron realizadas por un médico residente de medicina crítica bajo supervisión del médico adscrito al servicio de medicina crítica entrenado en ultrasonografía

(USG) en paciente crítico.<sup>8</sup> A la par, se evalúa la fuerza de inspiración negativa, junto con la toma de predictores habituales para realizar el destete ventilatorio. Una vez retirada la ventilación mecánica, se vigiló al paciente por 48 horas y se consideró éxito en el retiro de la ventilación mecánica cuando el paciente no requirió soporte mecánico ventilatorio durante ese lapso.<sup>9,10</sup>

RESULTADOS

Durante el periodo evaluado, se incluyeron en el estudio 50 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, 58% hombres (29/50), 42% mujeres (21/50), con una edad media de 62 ± 2.8 años. Contaban con diversos padecimientos: neurológicos quirúrgicos y no quirúrgicos 23 (46%) pacientes; postquirúrgico no cardiorácico 11 (22%); infecciosos nueve (18%); paciente postquirúrgico cardiorácico cinco (10%) y trastornos primarios respiratorios dos (4%). La necesidad de ventilación mecánica invasiva en días fue de 4.6 ± 1.5; se realizó prueba de ventilación espontánea con pieza en T en 49 (98%) pacientes y CPAP/PS en uno (2%) (Tabla 1).

El éxito al retiro de la ventilación mecánica se reportó en 44 (88%) pacientes. Los seis (12%) casos en los que se registró fracaso fueron: dos (33.3%) neurocríticos, dos (33.3%) con patología de origen infeccioso, uno (16.6%) postquirúrgico no cardiorácico y uno (16.6%) postquirúrgico cardiorácico.

Se calculó curva ROC para determinar sensibilidad y especificidad de la medición de excursión diafragmática previo a la extubación. Se obtuvo un área bajo la curva (AUC) de 0.8 (IC95%: 0.55 a 1.0; p = 0.009), el punto de corte para predecir extubación exitosa fue de 1.09, con sensibilidad de 97.7%, especificidad de 83.3%, valor predictivo positivo de 97.7% y valor predictivo negativo de 83.3%.

Otra medición ultrasonográfica realizada fue el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma (TPIA). Se encontró un AUC de 0.79 (IC95%: 0.547 a 1.0), con un punto de corte 0.81 segundos, p = 0.002, sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%, valor predictivo positivo 97.2%, valor predictivo negativo 35.7%.

Mediante curva ROC, se analizaron las pruebas de fuerza inspiratoria negativa (NIF). Se obtuvo AUC de 0.48, (IC95%: 0.79 a 0.91), punto de corte -23.5, p = (0.9), sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3%, valor predictivo positivo 75%, valor predictivo negativo 5.9%; e índice de Tobin/Yang con un AUC de 0.32 (IC95%: 0.12 a 0.52), punto de corte 79, p = (0.2), sensibilidad 18% y especificidad 66.7 (Tabla 2).

DISCUSIÓN

En el presente estudio se realizó ecografía diafragmática en el momento previo a la extubación en correlación con

mediciones convencionales realizadas en el destete ventilatorio. La predicción del éxito en el retiro de la ventilación mecánica es fundamental en el manejo de pacientes críticos sometidos a ventilación mecánica.<sup>11</sup> El diafragma es el principal músculo respiratorio y tiene un papel fundamental en el proceso de la ventilación; la debilidad de éste es muy común que se presente en enfermos en estado crítico, puede existir desde antes de la admisión a la unidad de cuidados intensivos y puede presentar la necesidad de estancias hospitalarias prolongadas.<sup>12</sup> La debilidad del músculo diafragma se asocia a enfermedades graves y complicaciones en la evolución del paciente que incluyen aumento de la mortalidad en la unidad de cuidados intensivos, dificultad para el destete ventilatorio y una duración prolongada de la ventilación mecánica.<sup>13</sup> Las técnicas de fácil acceso y, sobre todo, a la cabecera del paciente para la evaluación de los músculos respiratorios prometen mejorar la detección de la debilidad del diafragma y permitir estrategias preventivas, que impactarán directamente en el manejo óptimo del paciente.<sup>1</sup>

En este estudio, se identificó el momento adecuado para realizar el retiro de la ventilación mecánica mediante la medición ultrasonográfica de la excursión diafragmática y el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma en correlación con mediciones convencionales tomadas con el ventilador –como la fuerza inspiratoria negativa– como predictores en el fracaso de la extubación.<sup>14</sup> En los pacientes bajo apoyo de ventilación, el retiro de ésta es un proceso lento y complicado.<sup>15</sup> En nuestro estudio, los pacientes fueron colocados en una prueba de ventilación espontánea y 12% fracasaron al retiro, lo cual concuerda con lo reportado

Tabla 1: Características demográficas de la población estudiada. N = 50.

Variable	n (%)
Género	
Hombre	29 (58)
Mujer	21 (42)
Diagnóstico de ingreso	
Neurológicos	23 (46)
Postquirúrgicos	
No cardiorácico	11 (22)
Cardiocríticos	5 (10)
Respiratorio	2 (4)
Infeccioso	9 (18)
Prueba de ventilación espontánea	
CPAP/PS	1 (2)
Pieza en T	49 (98)
Comorbilidades	
Obesidad	1 (2)
Diabetes mellitus	9 (18)
Hipertensión	15 (30)
Cardiopatía isquémica	1 (2)
Dos o más enfermedades	21 (42)
Éxito de extubación	44 (88)

CPAP/PS = presión positiva continua en las vías respiratorias/soporte de presión.



**Tabla 2: Predicción de excursión diafragmática y fuerza inspiratoria negativa para el destete ventilatorio en pacientes críticamente. N = 50.**

Variable	AUC	IC95%	Punto de corte	*p	Sensibilidad %	Especificidad %	VPP %	VPN %
Excursión diafragmática	0.83	0.55 a 1	1.09	0.009	97.7	83.3	97.7	83.3
TPIA	0.79	0.547 a 1	0.81	0.002	79.5	83.3	97.2	35.7
NIF	0.48	0.79 a 0.9	-23.5	0.9	27.3	33.3	75.0	5.9
TOBIN	0.32	0.12 a 0.52	79.0	0.2	18.0	66.7	80.0	10.0

AUC = área bajo la curva. VPP = valor predictivo positivo. VPN = valor predictivo negativo. TPIA = tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma. NIF = fuerza inspiratoria negativa.

Excursión diafragmática: medición mediante modo-M de la excursión diafragmática durante una inspiración normal.

TPIA: el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma se define como el tiempo desde el inicio de la contracción diafragmática en inspiración y al finalizar en la espiración medido con el ultrasonido en modo M.

NIF: el cálculo del valor de fuerza inspiratoria negativa, denominada presión inspiratoria máxima, nos proporciona un valor global de la fuerza de la musculatura respiratoria y la capacidad para toser y expectorar.

TOBIN/YANG: índice f/Vt, denominado índice de respiraciones rápidas y superficiales, consiste en dividir la frecuencia respiratoria entre el volumen corriente en litros.

en la literatura.<sup>2</sup> Por ello, consideramos importantes las estrategias para el retiro de la ventilación; también sabemos que el diafragma contribuye a generar hasta 70% del volumen corriente en cada ventilación y que su disfunción es multifactorial; consideramos importante el detectar los factores que pudieran afectarlo y así tomar estrategias para evitar su disfunción.<sup>16</sup>

La evaluación del diafragma por ultrasonido se ha convertido en una herramienta muy necesaria en la valoración del enfermo en estado crítico; evaluada en condiciones que alteran su función a través de la excursión diafragmática y del tiempo hasta la amplitud inspiratoria pico del diafragma.<sup>17</sup> Mariani y colaboradores estimaron la presencia de disfunción diafragmática en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva prolongada; como resultado reportan una reproducibilidad interobservador de 91%, la cual fue mayor a la mostrada en la valoración de la excursión diafragmática.<sup>18,19</sup> Por lo que, aunque la consideramos una herramienta útil, es importante el entrenamiento y experiencia para su realización y reducir así el rango de error en su medición, ya que todas estas mediciones son operador dependiente.<sup>1</sup> En este estudio evaluamos la utilidad de las mediciones diafragmáticas (excursión diafragmática y tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma); tienen una buena sensibilidad y especificidad en correlación con mediciones que realizamos de forma convencional, como fuerza inspiratoria negativa y la medición del índice Tobin/Yang usado en el destete ventilatorio habitual, por lo que determinamos que su medición pudiera tener impacto tanto en la detección de disfunción diafragmática como en el impacto en un mejor protocolo para destete ventilatorio, que impactará en menor tiempo de ventilación mecánica invasiva y disminución en el tiempo de estancia hospitalaria.<sup>20,21</sup>

## CONCLUSIONES

Tanto la excursión diafragmática como el tiempo inspiratorio máximo diafragmático, medidos por ultrasonido, presen-

tan una adecuada sensibilidad y especificidad para predecir extubación exitosa en el paciente críticamente enfermo.

## REFERENCIAS

- Carrillo ER, Perez CAA, Pena PCA. Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. *Rev Asoc Mex Med Crit Ter.* 2016;30(4):242-245.
- Zhou P, Zhang Z, Hong Y, et al. The predictive value of serial changes in diaphragm function during the spontaneous breathing trial for weaning outcome: a study protocol. *BMJ Open.* 2017;7(6):e015043.
- Rittayamai N, Hemvimon S, Chierakul N. The evolution of diaphragm activity and function determined by ultrasound during spontaneous breathing trials. *J Crit Care.* 2019;51:133-138.
- Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2018;8(9):e021189.
- Theerawit P, Eksombatchai D, Sutherasan Y, Suwatanapongched T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S. Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes. *BMC Pulm Med.* 2018;18(1):175.
- Flevari A, Lignos M, Konstantonis D, Armaganidis A. Diaphragmatic ultrasonography as an adjunct predictor tool of weaning success in patients with difficult and prolonged weaning. *Minerva Anesthesiol.* 2016;82(11):1149-1157.
- Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, Brochard LJ. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Med.* 2017;43(10):1441-1452.
- Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest.* 2017;152(6):1140-1150.
- Vivier E, Muller M, Putegnat JB, et al. Inability of diaphragm ultrasound to predict extubation failure: a multicenter study. *Chest.* 2019;155(6):1131-1139.
- Khan MT, Munawar K, Hussain SW, et al. Comparing ultrasound-based diaphragmatic excursion with rapid shallow breathing index as a weaning predictor. *Cureus.* 2018;10(12):e3710.
- Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest.* 2017;152(6):1140-1150.
- McCool FD, Tzelepis GE. Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med.* 2012;366(10):932-42.
- Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, Brochard LJ. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Med.* 2017;43(10):1441-1452.
- Li C, Li X, Han H, Cui H, Wang G, Wang Z. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(22):e10968.

15. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69(5):423-427.
16. Dot I, Pérez-Teran P, Samper MA, Masclans JR. Diaphragm dysfunction in mechanically ventilated patients. *Arch Bronconeumol*. 2017;53(3):150-156.
17. Carrillo RE, Galván TY. Evaluación ultrasonográfica del diafragma en el enfermo grave. *Rev. Asoc Mex Med Crit y Ter Int*. 2014; 28(3):187-194.
18. Mariani LF, Bedel J, Gros A, et al. Ultrasonography for screening and follow-up of diaphragmatic dysfunction in the ICU: a pilot study. *J Intensive Care Med*. 2016;31(5):338-343.
19. Hernández-López GD. Retiro de la ventilación mecánica. *Med Crít*. 2017;31(4):238-245.
20. Varón-Vega F, Hernández Á, López M, et al. Usefulness of diaphragmatic ultrasound in predicting extubation success. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2021;45(4):226-233.
21. Whebell S, Sane S, Naidu S, White H. Use of ultrasound to determine changes in diaphragm mechanics during a spontaneous breathing trial. *J Intensive Care Med*. 2021;36(9):1044-1052.

**Conflictos de intereses:** ninguno.

*Correspondencia:*

**Dr. Jesús Ciro Cristóbal Landeros Yáñez**

**E-mail:** landerosciro@gmail.com