

## INDICE DE RESPIRACION RAPIDA SUPERFICIAL DIAFRAGMATICA COMO PREDICTOR WEANING DE LA VENTILACION MECANICA

*Rate of rapid superficial diaphragmatic breathing as a weaning predictor of mechanical ventilation*

<https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0119>

**Gonzalo Javier Plua Tigua1\***

<https://orcid.org/0000-0003-3604-7890>

[gonzaloplua@hotmail.com](mailto:gonzaloplua@hotmail.com)

**Andreina Lisette Andrade2**

<https://orcid.org/0000-0001-6109-829X>

[andreinaandradegallardo@gmail.com](mailto:andreinaandradegallardo@gmail.com)

**Daneshia Nicole Yáñez Menéndez1**

<https://orcid.org/0000-0002-0228-8218>

[daneshia.yanezm@gmail.com](mailto:daneshia.yanezm@gmail.com)

**Gonzalo Mauricio Yagual Lucas1**

<https://orcid.org/0000-0003-0966-1369>

[mauricioyagual68@gmail.com](mailto:mauricioyagual68@gmail.com)

**Aceptado:** 12/12/2021

**Aceptado:** 12/4/2022

### RESUMEN

**Introducción:** El destete de la ventilación mecánica (VM) es un paso clave para los pacientes sometidos a VM invasiva en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Entre las diversas herramientas destinadas a ayudar a predecir el fracaso sucesor del destete, encontramos el índice rápido de respiración superficial (RSBI por sus siglas en inglés), es decir, la relación entre la frecuencia respiratoria y el volumen corriente ( $Fr/Vt$ ) medido durante una prueba de respiración espontánea (SBT por sus siglas en inglés). **Objetivo:** Describir el índice de respiración superficial diagramática como predictor Weaning de la ventilación mecánica. **Materiales y métodos:** Estudio de revisión, de tipo monográfico. Apoyado en artículos científicos, publicados en diferentes revistas indexada en índices reconocidos. **Resultado:** Durante un SBT, el valor de RSBI parece ser paralelo a la evolución de la fatiga de los músculos respiratorios. Por lo tanto, se considera que el RSBI refleja la carga inspiratoria, siendo la disminución del volumen tidal junto con el aumento de frecuencia respiratoria indicativo de posible debilidad o fatiga de los músculos inspiratorios, u otros efectos fisiológicos. **Conclusión:** Entre los pacientes ventilados en la UCI, una alteración multifactorial del diafragma es común y puede resultar en falla del destete y prolongación de la VM invasiva; por lo tanto, evaluar la función del diafragma es un medio útil para evaluar la capacidad del paciente para tolerar la respiración espontánea.

**PALABRAS CLAVES:** índice de respiración rápida superficial diafragmática, índice de Tobín, excursión diafragmática, weaning ventilatorio.

1. Hospital Guasmo Sur-Ecuador
  2. Ministerio de Salud Pública de Ecuador
- \* Autor de correspondencia: [gonzaloplua@hotmail.com](mailto:gonzaloplua@hotmail.com)

## SUMMARY

**Introduction:** Weaning from mechanical ventilation (MV) is a key step for patients undergoing invasive MV in the intensive care unit (ICU). Among the various tools intended to help predict successor failure weaning, we found the rapid shallow breathing index (RSBI for its acronym in English), that is, the relationship between the respiratory rate and the volume current ( $Fr/Vt$ ) measured during a spontaneous breathing test (SBT by its acronym in English). **Objective:** To describe the rate of shallow breathing Diagrammatic as a Weaning predictor of mechanical ventilation. **Materials and methods:** Review study, monographic type. supported by articles scientific, published in different magazines indexed in recognized indices. **Result:** During an SBT, the RSBI value appears to be parallel to the evolution of respiratory muscle fatigue. Therefore, it is considered that the RSBI reflects the inspiratory load, being the decrease in tidal volume together with the increased respiratory rate indicative of possible weakness or fatigue of the inspiratory muscles, or other physiological effects. **Conclusion:** Among the patients ventilated in the ICU, a multifactorial alteration of the diaphragm is common and can result in weaning failure and prolongation of invasive MV; by Therefore, assessing diaphragm function is a useful means of assessing the patient's ability to tolerate spontaneous breathing.

**Keywords:** Rapid superficial diaphragmatic breathing index, Tobin index, diaphragmatic excursion, ventilatory weaning.

## INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica invasiva incluye un tubo endotraqueal y un ventilador mecánico (a diferencia de la ventilación no invasiva en la que la interfaz es una máscara facial). Además de servir como conducto para la administración de respiraciones mecánicas, el tubo endotraqueal protege las vías respiratorias, permite la succión de secreciones y facilita procedimientos selectos, incluida la broncoscopia (1) (2).

La ventilación mecánica invasiva ayuda a estabilizar a los pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica e hipercápnica, disminuye el trabajo inspiratorio de la respiración, redistribuye el flujo sanguíneo de los músculos respiratorios en ejercicio a otros tejidos en pacientes con shock y permite la implementación de ventilación protectora pulmonar (volumen tidal bajo) en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) (3) (4).

El fundamento de la intubación endotraqueal y la ventilación mecánica debe ser optimizar las condiciones para la recuperación clínica y no para el restablecimiento de los valores fisiológicos "normales", que probablemente serían perjudiciales para los pacientes. El paradigma de la ventilación mecánica con protección pulmonar ha abogado tradicionalmente por los entornos ventilatorios menos perjudiciales y las estrategias complementarias, pero también se ha prestado mayor atención a los efectos

potencialmente dañinos de la ventilación mecánica sobre el corazón y el diafragma. El reconocimiento de estos mecanismos de lesión de órganos alternativos impulsó el desarrollo de estrategias de ventilación mecánica protectoras del corazón (p. Ej., ventrículo derecho) y protectoras de los músculos (p. Ej., diafragma) (5). Es por ello, que el propósito de este artículo es, describir el índice de respiración superficial diagramática como predictor Weaning de la ventilación mecánica

## MATERIALES Y METODOS

Para la construcción de esta de investigación se empleo el paradigma cualitativo, bajo la perspectiva de una investigación monográfica de tipo documental, de nivel descriptivo. El cual consiste en una revisión bibliográfica de documentos en línea, publicados y validados por revistas y portales científicos indexados en los diferentes índices, como lo es latindex 2.0, Scielo, Lilac, Scopus, entre otros. Para ello se reviso alrededor de documentos, donde se encontró información valida que sustenta la experiencia de los autores en la temática. Las técnicas empleadas fueron el fichaje, subrayado, y análisis de contenido. Lo cual permitió la construcción teórica de este artículo científico.

## RESULTADOS

### **Destete de la ventilación mecánica**

El destete de la ventilación mecánica es un elemento esencial y universal en la atención de los pacientes intubados en estado crítico que reciben ventilación mecánica. El destete abarca todo el proceso de liberación del paciente del soporte mecánico y del tubo endotraqueal, incluidos los aspectos relevantes de la atención terminal. Existe incertidumbre sobre los mejores métodos para realizar este proceso, que generalmente requerirá la cooperación del paciente durante la fase de recuperación de una enfermedad crítica. Esto hace que el destete sea un problema clínico importante para los pacientes y los médicos (6).

### **Proceso del destete.**

Tobin propuso una serie de etapas, desde la intubación y el inicio de la ventilación mecánica hasta el inicio del esfuerzo de destete, la liberación final de la ventilación mecánica y la extubación exitosa. Estas seis etapas son las siguientes: 1) tratamiento de insuficiencia respiratoria aguda (IRA); 2) sospecha de que el destete puede ser posible; 3) evaluación de la preparación para el destete; 4) ensayo de respiración espontánea (SBT por sus siglas en inglés); 5) extubación; y posiblemente 6) reintubación (7).

Es importante reconocer que la demora en llegar a la etapa 2, la sospecha de que el destete puede ser posible y el inicio de la etapa 3, que evalúa la preparación para el destete, es una causa común de retraso en el destete. La etapa 2 comienza cuando el médico piensa por primera vez que existe una probabilidad razonable de éxito en el

destete. La etapa 3 comienza cuando el médico inicia realmente un proceso de pruebas diarias de preparación para el destete con el fin de confirmar esta sospecha. La etapa 3 finaliza cuando los resultados de la prueba diaria provocan una reevaluación de la probabilidad a un nivel lo suficientemente alto como para justificar un SBT (8).

Existe mucha evidencia de que el destete tiende a retrasarse, lo que expone al paciente a molestias innecesarias y aumenta el riesgo de complicaciones, y aumenta el costo de la atención. El tiempo empleado en el proceso de destete representa el 40-50% de la duración total de la ventilación mecánica. Esteban y col. demostraron que la mortalidad aumenta con el aumento de la duración de la ventilación mecánica, en parte debido a las complicaciones de la ventilación mecánica prolongada, especialmente la neumonía asociada al ventilador y los traumatismos de las vías respiratorias. La incidencia de extubación no planificada oscila entre el 0,3 y el 16%. En la mayoría de los casos (83%), la extubación no planificada la inicia el paciente, mientras que el 17% son accidentales (9).

### **Definiciones de éxito y fracaso del destete**

En la mayoría de los estudios, el fracaso del destete se define como el fracaso de la prueba de respiración espontánea o la necesidad de reintubación dentro de las 48 h siguientes a la extubación. El fracaso de SBT se define por: 1) índices objetivos de fracaso, como taquipnea, taquicardia, hipertensión, hipotensión, hipoxemia o acidosis, arritmia; y 2) índices subjetivos, como agitación o angustia, estado mental deprimido, diaforesis y evidencia de esfuerzo creciente. La falla de una prueba de respiración espontánea a menudo se relaciona con una disfunción cardiovascular o la incapacidad de la bomba respiratoria para soportar la carga de la respiración (10).

El fracaso de la extubación se asocia con una alta tasa de mortalidad, ya sea al seleccionar pacientes de alto riesgo o al inducir efectos deletéreos como aspiración, atelectasia y neumonía. Curiosamente, la mortalidad no aumenta especialmente cuando el fracaso de la extubación está relacionado con la obstrucción de las vías respiratorias superiores. Se han descrito predictores de fracaso de la extubación, como exceso de secreciones, tensión arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub> 45 mmHg), duración de la ventilación mecánica > 72 h, trastornos de la vía aérea superior y un intento fallido de destete previo (11).

### **Clasificación de los pacientes.**

Brochard durante la International Consensus Conference, clasifico los pacientes en tres grupos de destete. El grupo de destete simple incluye pacientes que superan con éxito el SBT inicial y son extubados con éxito en el primer intento. Este grupo, denominado grupo 1, representa aproximadamente el 69% de los pacientes en destete (8).



El grupo 2, destete difícil, incluye pacientes que requieren hasta tres SBT o hasta 7 días desde el primer SBT para lograr un destete exitoso. El grupo 3, destete prolongado, incluye pacientes que requieren más de tres SBT o  $> 7$  días de destete después del primer SBT (7).

La ventilación mecánica prolongada se asocia con una morbilidad y mortalidad significativas. Por lo tanto, se debe considerar el destete lo antes posible en el curso de la ventilación mecánica. El proceso de destete inicial del ventilador implica una estrategia de dos pasos. Comienza con una evaluación con respecto a la preparación para el destete, que luego es seguida por SBT como prueba de diagnóstico para determinar la probabilidad de una extubación exitosa. De hecho, para la mayoría de los pacientes, todo el proceso de destete implica simplemente la confirmación de que el paciente está listo para la extubación (12).

La evaluación inicial de la preparación para la interrupción del soporte de ventilación mecánica a menudo implica el cálculo del índice de respiración rápida superficial (RSBI). En general, los pacientes deben ser considerados para un cálculo de RSBI y posterior SBT más temprano que tarde, ya que los médicos frecuentemente subestiman la capacidad de los pacientes para ser destetados exitosamente (13).

Para muchos pacientes, la interrupción de la sedación es un paso crítico que puede lograrse mediante la interrupción diaria de la sedación o la titulación continua de la sedación hasta un nivel que permita que el paciente responda adecuadamente. Una evaluación inicial de la probabilidad de un SBT exitosa es apropiada para evitar ensayos en pacientes con una alta probabilidad de fracaso (14).

Sin embargo, el valor predictivo de los índices que intentan predecir una SBT exitosa puede ser bajo en la práctica clínica. Pero debe tenerse en cuenta que la probabilidad previa a la prueba de un destete exitoso, en la que se basa el valor predictivo de los índices, puede ser muy alta debido a la medición tardía de estos índices en la mayoría de la evolución de los pacientes. La prueba más utilizada es el cálculo del RSBI (frecuencia respiratoria (FR) / V T). Un valor  $<100$ -105 respiraciones/min predice un SBT exitoso con una sensibilidad informada de 0,97 y una especificidad de 0,65 (15).

#### **Evaluación ecográfica del diafragma**

La ecografía de cabecera se ha convertido en una herramienta valiosa en el tratamiento de los pacientes de la unidad de cuidados intensivos. Esto es especialmente cierto en situaciones de emergencia donde una técnica de imagen adecuada se ve frecuentemente limitada por una variedad de factores, incluida la dificultad para el transporte del paciente al departamento de radiología debido a la gravedad de la enfermedad. La ecografía es una técnica no invasiva, que ha demostrado ser una modalidad de cabecera

precisa, segura y fácil de usar, que supera muchas de las limitaciones estándar de las técnicas de imagen (16).

El diafragma es el principal músculo respiratorio y su disfunción predispone a complicaciones respiratorias y puede prolongar la duración de la ventilación mecánica. La evaluación ecográfica del diafragma ha comenzado recientemente a ganar popularidad en la UCI a medida que surgen necesidades específicas para evaluar la función diafragmática en muchas situaciones clínicas. El movimiento diafragmático anormal se observa en condiciones tales como lesión del nervio frénico, enfermedades neuromusculares, después de cirugía abdominal o cardíaca y en pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica (17) (18)

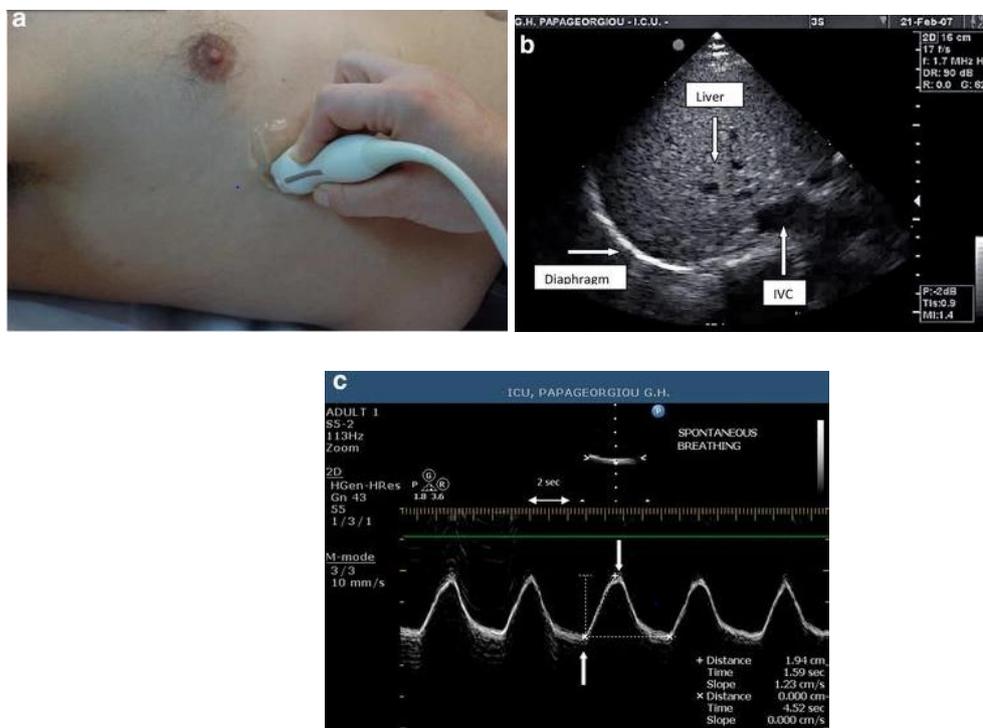
Dado que el movimiento diafragmático juega un papel destacado en la respiración espontánea, la observación de la cinética del diafragma parece esencial. El uso de herramientas previamente disponibles para este propósito es limitado debido a los riesgos asociados de radiación ionizante (fluoroscopia, tomografía computarizada) o debido a su naturaleza compleja y / o altamente especializada, requiriendo un operador calificado (medición de presión transdiafragmática, electromiografía diafragmática, frénico estimulación nerviosa, resonancia magnética) (4).

### **Técnica ecográfica de evaluación diafragmática**

La ecografía diafragmática se realiza utilizando una sonda de matriz en fase de 3,5 a 5 MHz. La sonda se coloca inmediatamente debajo del margen costal derecho o izquierdo en la línea claviclar media, o en la línea axilar anterior derecha o izquierda y se dirige medial, cefálica y dorsalmente, de modo que el haz de ultrasonido alcance perpendicularmente el tercio posterior del correspondiente hemi-diafragma (Fig. 1a). El modo bidimensional (2D) se utiliza inicialmente para obtener el mejor abordaje y seleccionar la línea de exploración; el modo M se usa entonces para visualizar el movimiento de las estructuras anatómicas a lo largo de la línea seleccionada (Fig. 1b). El movimiento diafragmático inspiratorio normal es caudal, ya que el diafragma se mueve hacia la sonda; el movimiento espiratorio normal es craneal, como los movimientos de diafragma de distancia desde la sonda (Fig. 1c) (19) (20).

En el modo M se puede medir la excursión diafragmática (desplazamiento, cm), la velocidad de contracción diafragmática (pendiente, cm / s), el tiempo inspiratorio ( $T_{insp,s}$ ) y la duración del ciclo ( $T_{tot,s}$ ). En pacientes con ventilación mecánica, la evaluación del movimiento diafragmático a veces requiere desconectar brevemente al paciente del ventilador para visualizar mejor los esfuerzos respiratorios espontáneos. Es de destacar que muchos pacientes de UCI pueden presentar derrames pleurales, consolidación o atelectasias, que, a diferencia de lo que cabría esperar, permiten una identificación más fácil de los hemidiafragmas. Se informó que los valores de excursión diafragmática en individuos sanos fueron  $1.8 \pm 0.3$ ,  $7.0 \pm 0.6$  y  $2.9 \pm 0.6$  cm para los

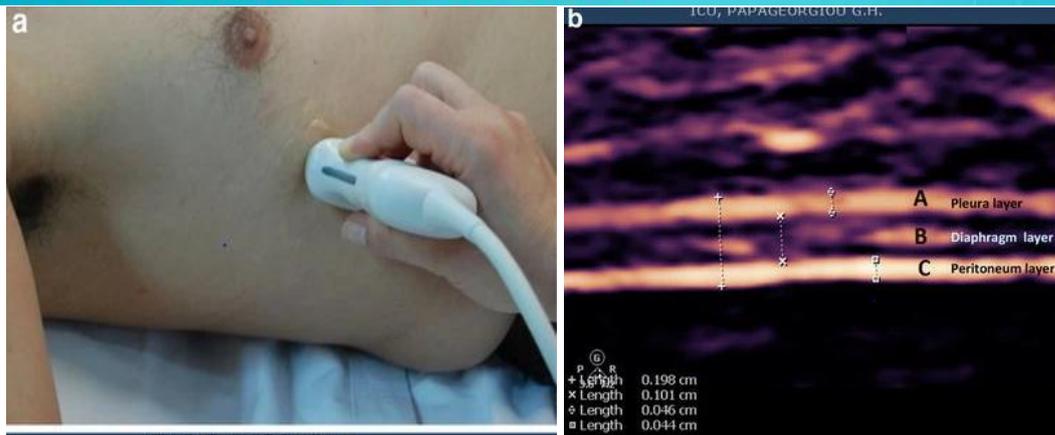
hombres, y  $1.6 \pm 0.3$ ,  $5.7 \pm 1.0$  y  $2.6 \pm 0.5$  cm para las mujeres, durante la respiración tranquila, profunda y olfateo voluntario, respectivamente. Curiosamente, se encontraron los mismos valores de excursión diafragmática (1,8 cm) en pacientes ventilados que habían tenido éxito en una prueba de destete (21).



**GRÁFICO 1 .- EXPLORACION ECOGRAFICA DEL DIAFRAGMA.** A Posición de la sonda para mediciones de excursión diafragmática en modo B y M con sonda de 3,5–5 MHz. B Ecografía de diafragma en modo B. La línea brillante refleja el diafragma. C Ecografía de diafragma en modo M. Las flechas indican el comienzo y el final de la contracción diafragmática. La distancia entre las flechas, indica una excursión (desplazamiento) de 1,9 cm

La ecografía también se ha utilizado para evaluar el grosor diafragmático (mm) en la zona de aposición del diafragma a la caja torácica. La zona de aposición es el área de la pared torácica donde el contenido abdominal llega a la caja torácica inferior (Fig. 2a). En esta zona, el diafragma se observa como una estructura formada por tres capas distintas (fig. 2b): una capa central no ecogénica bordeada por dos capas ecogénicas, el peritoneo y las pleuras diafragmáticas. Para obtener imágenes adecuadas de espesor diafragmático en modo M y modo 2D, es necesaria una sonda lineal de alta frecuencia ( $\geq 10$  MHz). Un índice de engrosamiento diafragmático, la fracción de engrosamiento (FE) se puede calcular utilizando el modo M (FE = espesor al final de la inspiración - espesor al final de la espiración / espesor al final de la espiración) (22).





**GRÁFICO 2.- ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO.** **A** Posición de la sonda para mediciones de espesor diafragmático en modo B y M en la zona de aposición con sonda de 10–12 MHz. **B** Ecografía en modo B del diafragma en la zona de aposición, **a** Pleura diafragmática ecogénica, **b** capa central no ecogénica, **c** capa peritoneal ecogénica.

Valores normales de engrosamiento diafragmático: en individuos normales oscila entre 1,8 y 3 mm. La ecografía también puede ser útil durante el destete de la ventilación mecánica. Jiang y col. realizó una evaluación ecográfica en modo B de los movimientos diafragmáticos midiendo el desplazamiento del hígado / bazo durante las pruebas de respiración espontánea. Este examen demostró ser un buen predictor del resultado de la extubación. Utilizando un valor de corte medio de 1,1 cm de desplazamiento del hígado y el bazo, la sensibilidad y la especificidad para predecir la extubación exitosa fueron 84,4 y 82,6% respectivamente, mejores que los parámetros de destete tradicionales utilizados en el ensayo, como el índice de respiración rápida superficial y el Pimáx (23).

Índice de respiración rápida superficial diafragmática.

Minimizar la duración de la ventilación mecánica (VM) es de suma importancia para todos los médicos de cuidados intensivos. Por lo tanto, decidir el momento adecuado de la retirada de la ventilación mecánica es crucial, ya que retrasar el destete se asocia con una estadía más larga de estancia en cuidados intensivos, la utilización inadecuada de los recursos de atención de salud, y una mayor mortalidad (24).

Aunque las tasas de fracaso del destete y la extubación difieren considerablemente entre las UCI, aproximadamente el 15% de los pacientes en los que se interrumpe la ventilación mecánica requieren reintubación dentro de las 48 h. En consecuencia, es fundamental para los médicos de cuidados intensivos diferenciar entre la preparación para la interrupción de la ventilación y los ensayos exitosos de respiración espontánea (25).

El índice de respiración rápida superficial (RSBI), calculado a partir de la frecuencia respiratoria dividida por el volumen corriente (FR/VT), es un índice de destete bien

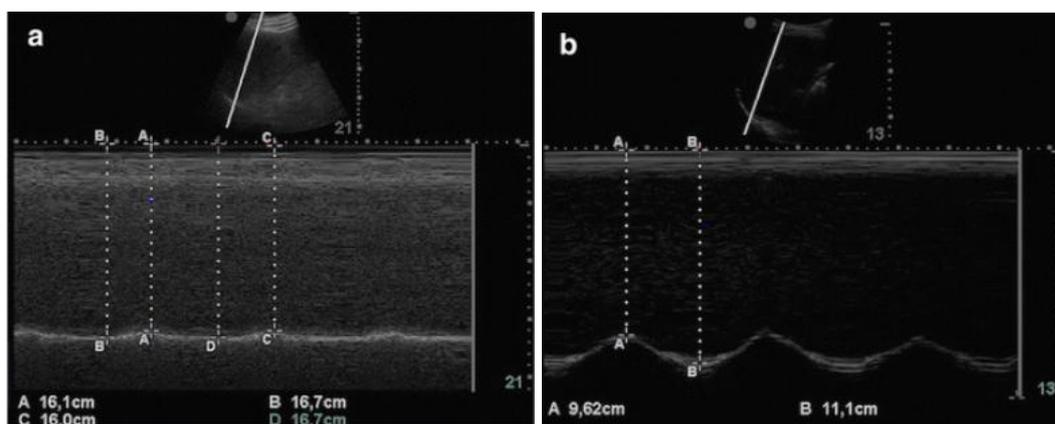


conocido y uno de los índices más clínicos utilizados para predecir el resultado del destete. Sin embargo, tiene algunas limitaciones para predecir los resultados del destete. Varios estudios anteriores han definido diferentes sensibilidades y especificidades para el RSBI menor de 105 para predecir el éxito del destete, lo que puede conducir a errores en la predicción del éxito del destete (26).

Por otro lado, es probable que se produzca un fallo en el destete si existe un desequilibrio entre la carga sobre los músculos inspiratorios y su capacidad neuromuscular, el desequilibrio entre la carga mecánica impuesta sobre el diafragma, que es el principal músculo de la inspiración, y su capacidad de afrontamiento con eso. Por lo tanto, evaluar la función del diafragma antes de cualquier ensayo de destete podría ser útil para predecir el resultado del destete (27).

La ecografía de cabecera es una maniobra fácil, rápida, no invasiva y precisa para evaluar la función diafragmática. Se ha descubierto que el desplazamiento diafragmático (DD), que refleja la capacidad del diafragma para producir fuerza y posteriormente el volumen corriente durante la inspiración y definido como un desplazamiento de menos de 10 mm, es un predictor del fracaso del destete entre los pacientes en UCI médicas (28).

Spadaro y col. concluyeron que el desplazamiento diafragmático, cuando se combina con la frecuencia respiratoria en un índice que llamamos D-RSBI (FR/DD), es más preciso que el RSBI tradicional (FR/VT) para predecir el resultado del destete. Un punto de corte de 1,3 se asocia con la mejor sensibilidad y especificidad (29).



**GRÁFICO 3.- ECOGRAFÍA EN MODO M DEL DIAFRAGMA.** A de un paciente representativo con alteración del desplazamiento diafragmático derecho (DD = 6 mm) y B de un paciente representativo con función conservada del hemidiafragma derecho (DD = 14,8 mm). La DD se midió en el eje vertical de una imagen congelada desde la línea de base, al final de la espiración, hasta el punto de máxima altura de inspiración.



## CONCLUSION

La ventilación mecánica (VM) se ha convertido en una modalidad que salva la vida de los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, que se asocia con hipoxemia y / o acidosis respiratoria potencialmente mortales. Sin embargo, la VM innecesaria prolongada tiene una multitud de complicaciones, como disfunción diafragmática, toxicidad por oxígeno, lesión pulmonar inducida por el ventilador y neumonía asociada al ventilador. Por lo tanto, uno de los principales objetivos de los médicos de la UCI es retirar a los pacientes de la VM lo antes posible para evitar tales complicaciones.

Se demostró que la reintubación debido al fracaso del destete aumenta la mortalidad hasta 10 veces en comparación con los pacientes que no requirieron reinstitución de VM. Se pueden utilizar numerosos parámetros de destete para ayudar a predecir el resultado del destete. Sin embargo, ningún parámetro de destete es 100% exacto para predecir el éxito del destete y la extubación.

La mayoría de los médicos simplemente observan la capacidad del paciente para tolerar una prueba de respiración espontánea (SBT) para determinar el fracaso del destete. Un enfoque más cuantitativo tiene en cuenta la frecuencia respiratoria (FR) y VT durante el SBT. Sin embargo, RSBI tiene sensibilidad y especificidad variables para predecir el resultado del destete. Un parámetro de destete reciente, como el índice de respiración superficial diafragmática (D-RSBI por sus siglas en inglés), proporciona una guía completa en el momento de la extubación con pruebas de respiración espontánea

## REFERENCIAS

- 1) Glau C. Diaphragm Atrophy During Pediatric Acute Respiratory Failure Is Associated With Prolonged Noninvasive Ventilation Requirement Following Extubation. *Pediatr Crit Care Med.* 2020; 21(9).
- 2) Khan M. Comparing Ultrasound-based Diaphragmatic Excursion with Rapid Shallow Breathing Index as a Weaning Predictor. *Cureus.* 2018 ; 10(12).
- 3) Rittayamai N. The evolution of diaphragm activity and function determined by ultrasound during spontaneous breathing trials. *J Crit Care.* 2019; 51(133-138).
- 4) Abbas A. Role of diaphragmatic rapid shallow breathing index in predicting weaning outcome in patients with acute exacerbation of COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018 ; 13(1655-1661).
- 5) Flevari A. Diaphragmatic ultrasonography as an adjunct predictor tool of weaning success in patients with difficult and prolonged weaning. *Minerva Anesthesiol.* 2016; 82(11).

- 6) Kulkarni A. Extubation failure in intensive care unit: predictors and management. *Indian J Crit Care Med.* 2008; 12(1).
- 7) Boles J. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J.* 2007 ; 29(5).
- 8) Thille A. Outcomes of extubation failure in medical intensive care unit patients. *Crit Care Med.* 2011; 39(12).
- 9) McConville J. Weaning patients from the ventilator. *N Engl J Med.* 2012;(367).
- 10) Roberts K. 2018 Year in Review: Adult Invasive Mechanical Ventilation. *Respir Care.* 2019; 64(5).
- 11) Villalba D. Prevalence of and Risk Factors for Mechanical Ventilation Reinstitution in Patients Weaned From Prolonged Mechanical Ventilation. *Respir Care.* 2020; 65(2).
- 12) Zambon M. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2017; 43(29–38).
- 13) Yoo J. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success. *Korean J Intern Med.* 2018; 33(2).
- 14) Karthika M. Rapid shallow breathing index. *Ann Thorac Med.* 2016; 11(3).
- 15) Zhou P. The predictive value of serial changes in diaphragm function during the spontaneous breathing trial for weaning outcome: a study protocol. *BMJ Open.* 2017; 7.
- 16) Li C. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis. *Medicine.* 2018; 97(22).
- 17) Banerjee A. Comparison of Lung Ultrasound-based Weaning Indices with Rapid Shallow Breathing Index: Are They Helpful? *Indian J Crit Care Med.* 2018; 22(6).
- 18) Trivedi V. The Usefulness of the Rapid Shallow Breathing Index in Predicting Successful Extubation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest.* 2021; 1.
- 19) Hayat A. Diaphragmatic Excursion: does it predict successful weaning from mechanical ventilation?. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2017; 27(743–746).
- 20) Mohamed G. The Role of Diaphragmatic Rapid Shallow Breathing Index and Maximum Inspiratory Pressure in Predicting Outcome of Weaning From Mechanical Ventilation. *QJM: An International Journal of Medicine.* 2021; 114(1).

- 21) Farghaly S. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care*. 2017; 30(1).
- 22) Gok F. Diaphragm and Lung Ultrasonography During Weaning From Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients. *Cureus*. 2021; 13(5).
- 23) Haji K. The impact of heart, lung and diaphragmatic ultrasound on prediction of failed extubation from mechanical ventilation in critically ill patients: a prospective observational pilot study. *Crit Ultrasound J*. 2018; 10(1).
- 24) Zhou P. 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).
- 25) Mercurio G. Diaphragm thickening fraction predicts noninvasive ventilation outcome: a preliminary physiological study. *Crit Care*. 2021; 25(1).
- 26) Valette X. Diaphragmatic dysfunction at admission in intensive care unit: the value of diaphragmatic ultrasonography. *Intensive Care Med*. 2015; 41(557–559).
- 27) Abdelwahed W. Diaphragmatic thickness as a predictor index for weaning from mechanical ventilation. *J Crit Care*. 2019; 52(10–15).
- 28) Mariani L. Ultrasonography for screening and follow-up of diaphragmatic dysfunction in the ICU: a pilot study. *J Intensive Care Med*. 2016; 31(338–343).
- 29) Spadaro S. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? the role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Crit Care*. 2016; 20(1).

