



# Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de *weaning* exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos

Rapid diaphragmatic superficial breathing index as a predictor of successful weaning of mechanical ventilation in neurocritical patients

Índice respiratório rápido e superficial diafragmático como preditor de *weaning* exitoso da ventilação mecânica em pacientes neurocríticos

Francisco Alberto Rodríguez Lee,\* David Rubio Payan,\* Idania Yael Trias Bonilla,\* Manuel Salvador Aguilera Rosas\*

## RESUMEN

**Introducción:** la ventilación mecánica invasiva es un soporte vital en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Su uso prolongado está asociado con incremento de la morbilidad y mortalidad. El fracaso en el proceso de retirada de la ventilación mecánica afecta a 20% de los casos, teniendo un impacto en el curso clínico del paciente que se asocia con mortalidad en 50% de los mismos. Dentro de las múltiples herramientas y métodos para el éxito del *weaning* de reciente aplicación se integra la evaluación de la función diafragmática.

**Objetivo:** analizar la asociación entre el índice de respiración rápida superficial diafragmática y el éxito en el proceso de *weaning* de la ventilación mecánica en pacientes neurocríticos.

**Material y métodos:** estudio de carácter observacional, analítico, transversal y prospectivo realizado en pacientes orointubados con cuidados neurocríticos en la unidad de terapia intensiva. **Tamaño de la muestra:** los datos se analizarán con SPSS. Se usarán medidas de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas, y frecuencias y porcentajes para cualitativas. Se aplicarán la prueba t de Student y  $\chi^2$  o Fisher según corresponda. Las curvas Kaplan-Meier evaluarán diferencias en evolución y estancia hospitalaria. Valores de  $p < 0.05$  se considerarán significativos. **Factibilidad:** el número necesario de pacientes es viable, se cuenta con camas censables e insumos necesarios, el investigador cuenta con experiencia en la medición de las variables. No se requiere de un financiamiento externo.

**Resultados:** se incluyeron 52 pacientes, 42.3% fueron mujeres y 57.7% hombres, con edad media de 37.2 años. Se observó un IMC promedio de 24.4, un puntaje promedio de Glasgow de 6.8 y estuvieron intubados un promedio de 5.2 días. A menor índice de Tobin ( $p = 0.003$ ) y un porcentaje de fuga reducido ( $p = 0.000$ ) se asoció con un mayor éxito en el *weaning* ventilatorio. El volumen tidal inspiratorio también mostró correlación positiva con el éxito ( $p = 0.001$ ), al igual que la frecuencia respiratoria menor ( $p = 0.003$ ). Las mujeres presentaron mayores probabilidades de éxito en comparación con los hombres ( $p = 0.038$ ). La tasa de éxito del *weaning* en la población estudiada fue de 90.4%.

**Conclusiones:** índice de Tobin Diafragmático es un predictor de éxito del destete ventilatorio. Factores como edad, frecuencia respiratoria, volumen tidal y porcentaje de fuga son predictores del éxito en el destete ventilatorio.

**Palabras clave:** Tobin, excursión diafragmática, D-RBSI, *weaning* ventilatorio.

## ABSTRACT

**Introduction:** invasive mechanical ventilation is a vital support for patients with acute respiratory failure in intensive care units. Prolonged use is associated with increased morbidity and mortality. Failure in the weaning process affects 20% of cases, impacting the patient's clinical course and being associated with 50% mortality. Among the various tools and methods for successful weaning, recent applications include the evaluation of diaphragmatic function.

**Objective:** to analyze the association between the diaphragmatic rapid shallow breathing index and the success of the weaning process from mechanical ventilation in neurocritical patients.

**Material and methods:** this is an observational, analytical, cross-sectional, and prospective study conducted on orotracheally intubated neurocritical patients in the Intensive Care Unit. Sample size: data will be analyzed using SPSS. Measures of central tendency and dispersion will be used for quantitative variables, and frequencies and percentages for qualitative variables. The Student's t-test and  $\chi^2$  or Fisher's test will be applied as appropriate. Kaplan-Meier curves will evaluate differences in evolution and hospital stay. Values of  $p < 0.05$  will be considered significant. **Feasibility:** the required number of patients is feasible, with sufficient beds and necessary supplies. The researcher has experience in measuring the variables. External funding is not required.

**Results:** a total of 52 patients were included, 42.3% were women and 57.7% men, with a mean age of 37.2 years. The average BMI was 24.4, the mean Glasgow score was 6.8, and they were intubated for an average of 5.2 days. A lower Tobin index ( $p = 0.003$ ) and reduced leakage percentage ( $p = 0.000$ ) were associated with greater success in ventilator weaning. Inspiratory tidal volume also showed a positive correlation with success ( $p = 0.001$ ), as did a lower respiratory rate ( $p = 0.003$ ). Women had a higher likelihood of success compared to men ( $p = 0.038$ ). The overall success rate of weaning in the studied population was 90.4%.

**Conclusions:** diaphragmatic Rapid Shallow Index is a predictor of successful ventilator weaning. Factors such as age, respiratory rate, tidal volume, and leakage percentage are predictors of successful ventilator weaning.

**Keywords:** Tobin, diaphragmatic excursion, D-RBSI, ventilatory weaning.

## RESUMO

**Introdução:** a ventilação mecânica invasiva é suporte vital em pacientes com insuficiência respiratória aguda nas unidades de terapia intensiva. Seu uso prolongado está associado ao aumento da morbimortalidade. A falha no processo de retirada da ventilação mecânica afeta 20% dos casos, tendo impacto na evolução clínica do paciente que está associada à mortalidade em 50% deles. Dentro das múltiplas ferramentas e métodos para o sucesso do *weaning* recentemente aplicados, integra-se a avaliação da função diafragmática.

**Objetivo:** analisar a associação entre o índice diafragmático de respiração rápida e superficial e o sucesso no processo de *weaning* da ventilação mecânica em pacientes neurocríticos.

**Material e métodos:** estudo observacional, analítico, transversal e prospectivo realizado em pacientes orointubados com cuidados neurocríticos na Unidade de Terapia Intensiva. **Tamanho da amostra:** os dados serão analisados com SPSS. Serão utilizadas medidas de tendência central e dispersão para variáveis quantitativas, e frequências e porcentagens para variáveis qualitativas. O teste t de Student e o teste  $\chi^2$  ou Fisher serão aplicados conforme apropriado. As curvas de Kaplan-Meier avaliarão diferenças na evolução e permanência hospitalar. Valores de  $p < 0.05$  serão considerados significativos. **Viabilidade:** o número necessário de pacientes é viável, existem leitos censitários e insumos necessários, o pesquisador tem experiência na mensuração das variáveis. Não é necessário financiamento externo.

**Resultados:** foram incluídos 52 pacientes, 42.3% do sexo feminino e 57.7% do sexo masculino, com idade média de 37.2 anos. Observou-se um IMC médio de 24.4, um escore médio de Glasgow de 6.8 e permaneceram intubados por uma média de 5.2 dias. Um índice de Tobin mais baixo ( $p = 0.003$ ) e um percentual de vazamento reduzido ( $p = 0.000$ ) foram associados a um maior sucesso no *weaning* ventilatório. O volume corrente inspiratório também foi positivamente correlacionado com o sucesso ( $p = 0.001$ ), assim como a frequência respiratória mais baixa ( $p = 0.003$ ). As mulheres apresentaram maior probabilidade de sucesso em comparação com os homens ( $p = 0.038$ ). A taxa de sucesso do *weaning* na população do estudo foi de 90.4%.

**Conclusões:** o índice diafragmático de tobín é um indicador de sucesso do *weaning* ventilatório. Fatores como idade, frequência respiratória, volume corrente e porcentagem de vazamento são preditores do sucesso do *weaning* ventilatório.

**Palavras-chave:** tobín, excursão diafragmática, D-RBSI, *weaning* ventilatório.

\* Hospital General de Culiacán «Dr. Bernardo J. Gastélum». México.

Recibido: 28/08/2024. Aceptado: 10/09/2024.

**Citar como:** Rodríguez LFA, Rubio PD, Trias BIY, Aguilera RMS. Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de *weaning* exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos. Med Crit. 2024;38(8):650-658. <https://dx.doi.org/10.35366/120011>

## INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica invasiva es un soporte vital esencial en la gestión de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Aunque es una herramienta terapéutica fundamental, su uso prolongado está asociado con diversas complicaciones, incrementando la morbilidad y mortalidad, así como extendiendo la estancia hospitalaria y los costos asociados al cuidado de la salud.<sup>1-4</sup> En este contexto, el proceso de *weaning* (desconexión) ventilatorio emerge como una fase crítica en la recuperación, demandando estrategias efectivas y eficientes para su implementación.<sup>5-8</sup>

Dentro de las múltiples herramientas y métodos desarrollados para predecir el éxito del *weaning*, el índice de respiración rápida superficial (IRRS), comúnmente conocido como índice de Tobin, ha sido ampliamente utilizado.<sup>9-13</sup> Sin embargo, recientes avances han sugerido la importancia de integrar la evaluación de la función diafragmática en estos índices predictivos, dando lugar al desarrollo del índice de Tobin diafragmático (D-RBSI).<sup>14-18</sup> Este índice se propone como un predictor más sensible y específico del éxito en el proceso de *weaning*, al considerar no sólo la capacidad ventilatoria sino también la fuerza y resistencia del músculo diafragmático.<sup>19-22</sup>

La relevancia de este estudio se fundamenta en la necesidad de optimizar los criterios para la desconexión de la ventilación mecánica, reduciendo el riesgo de fallo de extubación y las complicaciones asociadas al uso prolongado de soporte ventilatorio en pacientes. Al examinar la aplicabilidad y eficacia del índice de Tobin diafragmático como herramienta predictiva, este trabajo busca contribuir a la mejora de los protocolos de *weaning* ventilatorio, fundamentándose en una base sólida de evidencia científica y práctica clínica.

A través de una revisión exhaustiva de la literatura existente, este estudio abordó las dimensiones críticas del *weaning* ventilatorio, desde sus principios fisiológicos hasta las implicaciones prácticas de los índices predictivos en la toma de decisiones clínicas. Asimismo, se exploraron los desafíos y oportunidades en la implementación de este índice en el manejo de pacientes neurocríticos, subrayando el papel de la innovación y la investigación en la evolución de las prácticas de cuidado respiratorio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la unidad de cuidados intensivos, en ella se atiende a pacientes neurocríticos, representando un centro de referencia para casos de alta complejidad en la región, recibiendo pacientes de áreas circunvecinas. La unidad de cuidados intensivos

cuenta con un avanzado equipo de ultrasonido la de marca GE HealthCare, modelo Venu GO, equipado con una sonda sectorial de 2-5 MHz, disponible las 24 horas del día para la realización de estudios diagnósticos cruciales en el manejo de pacientes neurocríticos. Este recurso se complementa con un sistema informático integral, que facilita el acceso a los resultados de ultrasonido en todas las computadoras de la unidad, promoviendo un manejo eficiente y oportuno de la información diagnóstica vital para el seguimiento y tratamiento de los pacientes.

Diseño metodológico: de acuerdo con el grado de control de las variables y la intervención del investigador: **observacional**. De acuerdo con el alcance y objetivo que se busca en el estudio: **analítico**. De acuerdo con el número de veces en que se miden las variables: **transversal**. De acuerdo con el momento que se obtendrá y se evaluarán los datos: **prospectivo**. Tipo: **clínico-epidemiológico**.

Tipo de estudio: de carácter observacional, descriptivo, transversal y prospectivo. Se enfoca en pacientes orointubados con traumatismo craneoencefálico que requirieron cuidados neurocríticos en la unidad de terapia intensiva desde el 1 de marzo hasta el 31 de agosto de 2024, estos pacientes fueron sometidos a *weaning* ventilatorio. Como parte de este proceso, se les aplicaron pruebas predictoras de destete, incluyendo el índice de Tobin y el índice diafragmático Tobin (D-RBSI), con el objetivo de evaluar su efectividad en la predicción del éxito en el destete ventilatorio.

Criterios de inclusión: pacientes con traumatismo craneoencefálico orointubados que hayan tenido la necesidad de cuidados neurocríticos. Ambos sexos. Pacientes que presentaron integridad de caja torácica y abdominal. Pacientes extubados con previa valoración de *weaning* ventilatorio ya sea con prueba en T o mecánica (ventilador mecánico). Pacientes que cumplieron con los siguientes criterios de *weaning* ventilatorio: estabilidad hemodinámica o necesidad de vasopresor (norepinefrina  $\leq 0.05$   $\mu\text{g/kg/min}$  con una PAS  $\geq 90$  mmHg);  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200$  mmHg y PEEP  $\leq 5$   $\text{cmH}_2\text{O}$ ; Glasgow  $> 8$  puntos o RASS  $> +1$ ; FC  $\leq 125$  lpm o que no supere 20% de la basal; pH  $\geq 7.35$ ; necesidad  $\leq 2$  aspiraciones traqueales/hora; presión arterial de  $\text{CO}_2$  ( $\text{PaCO}_2$ )  $\leq 50$  mmHg; fracción inspirada de oxígeno ( $\text{FiO}_2$ )  $\leq 0.4$ ; ausencia de fiebre (temperatura  $< 38$  °C) mínimo durante 8 horas; capacidad de mantener la oxigenación arterial ( $\text{Hb} > 10$  g/dL).

Criterios de exclusión: pacientes que se extubaron con protocolo *fast-track* en el periodo postquirúrgico, pacientes embarazadas, con fractura de huesos faciales, menores de 17 años y mayores de 70 años, con  $\geq 3$  pruebas de ventilación espontánea fallida, ingresados a la terapia intensiva con sondas endopleurales o medias-tinales. Pacientes que presentaron cirugía de abdomen

o tórax asociado a su traumatismo craneoencefálico, con hipertensión intrabdominal o abdomen congelado, con fracturas costales que generaron inestabilidad en la mecánica respiratoria, con porcentaje de fuga < 10%, daño cervical tipo luxación, fractura, espondilolistesis, espondilólisis, hernia de disco. Necesidad de realizarse o haberle realizado una toracotomía o toracocentesis. Uso de bloqueadores neuromusculares en las 48 horas anteriores al inicio del *weaning*. El uso previo de aminoglucósidos durante su estancia en la UCI.

**Criterios de eliminación:** pacientes con criterios de síndrome rostro-caudal o muerte encefálica, aquéllos a los que se les realizó traqueostomía, que fallecieron después de la extubación, que soliciten alta voluntaria o traslado a otra unidad, con neumotórax, hemotórax que requiera manejo con sondas pleurales, y estridor laríngeo después de la extubación.

**Tamaño de muestra:** para asegurar el poder estadístico de este estudio, se efectuó un cálculo del tamaño de la muestra empleando la fórmula ajustada para proporciones en poblaciones finitas. Esto se basó en el total de pacientes neurocríticos atendidos en la unidad de cuidados intensivos que presentaban condiciones que requerían el proceso de *weaning* ventilatorio. Con una población total de 60 pacientes en este contexto específico, se consideró un intervalo de confianza (IC) de 95%, siguiendo las recomendaciones y prácticas estándar en investigaciones clínicas. La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra necesario para nuestro estudio se ajustó teniendo en cuenta estos parámetros específicos, asegurando así la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre el éxito del *weaning* ventilatorio en pacientes neurocríticos.

$N = 60$  (Total de la población)

$Z = 1.96$  (valor Z para 95% de nivel de confianza)

$p = 0.5$  (proporción esperada, utilizada para maximizar el tamaño de la muestra)

$d = 0.05$  (margen de error de 5%)

$n \approx 52$

**Especificación de las variables:** *variable dependiente:* peso predicho, índice de Tobin, índice de Tobin diafragmático, porcentaje de fuga. *Variable independiente:* sexo, edad, frecuencia respiratoria, volumen tidal inspiratorio, volumen tidal espiratorio, peso real y talla.

**Procesamiento de datos:** de acuerdo con el plan de actividades previsto, el proceso de recolección de datos comenzará con la visita al área de la unidad de cuidados intensivos y al Departamento de Expedientes Clínicos por parte del investigador principal. El enfoque fue identificar a pacientes neurocríticos que hayan sido sometidos al proceso de *weaning* ventilatorio, utilizando tanto el índice de Tobin como el índice de Tobin diafragmático, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Esta etapa se benefició del ac-

ceso a registros electrónicos y físicos, permitiendo una comparación efectiva entre los pacientes sin requerir procedimientos adicionales, lo cual optimiza el manejo de consentimientos informados.

El procedimiento se detalla a continuación:

1. Aprobación y registro: se inició con la presentación y aprobación del protocolo por el comité local de ética e investigación, asegurando el cumplimiento de las regulaciones actuales.
2. Selección de pacientes: se llevó a cabo la identificación y revisión de expedientes clínicos de pacientes neurocríticos, diferenciando aquellos que han sido evaluados con el índice de Tobin y el índice de Tobin diafragmático, utilizando los registros hospitalarios como principal fuente de información.
3. Recolección de datos: se utilizó una herramienta estandarizada para la recolección de datos, la cual permitirá registrar información pertinente de los pacientes, incluyendo el peso predicho, índices de Tobin, porcentaje de fuga, datos demográficos (edad, sexo), frecuencia respiratoria, volúmenes tidal inspiratorio y espiratorio, peso real y talla.
4. Creación de la base de datos: se configuró una base de datos en *software* como Microsoft Excel para organizar la información recopilada, facilitando el análisis comparativo posterior.
5. Análisis estadístico: los datos se depositaron en un *software* estadístico, SPSS (versión 27), aplicando técnicas estadísticas adecuadas para comparar las diferencias significativas en los resultados del proceso de *weaning* ventilatorio entre los pacientes evaluados, además del análisis de las variables independientes.

Se utilizaron medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviaciones estándar, valores mínimos y máximos) para las variables cuantitativas. Para las variables cualitativas se emplearon frecuencias y porcentajes para describir la distribución de las características de la muestra.

Posteriormente, se procedió a la comparación de las variables cuantitativas entre los grupos. Para aquéllas con distribución normal, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, facilitando la comparación de medias. En el caso de las variables cualitativas, se empleó la prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) o la prueba exacta de Fisher, según correspondiera, permitiendo comparar proporciones entre los grupos. Adicionalmente, se implementaron curvas de supervivencia mediante el análisis de Kaplan-Meier, lo cual será instrumental para evaluar diferencias en la evolución y estancia intrahospitalaria de los grupos a lo largo del tiempo. Para todos los análisis estadísticos inferenciales, se consi-

derarán significativos aquellos valores de  $p < 0.05$ , estableciendo un umbral claro y justificado para la significancia estadística.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el periodo de recolección de datos, enfocándose en la integridad y calidad de la información obtenida. Una vez completada la recolección y verificación de datos, se procedió a una interpretación detallada y comparativa de los resultados, culminando en la elaboración de un informe final.

Para la evaluación ecográfica del diafragma, se adoptó la posición semifowler, colocando al paciente con la cabeza elevada a un ángulo de 30 a 45 grados. Esta posición es esencial para facilitar la medición diafragmática óptima, que fue realizada por un residente de terapia intensiva o un intensivista con experiencia en ecografía diafragmática.

La ventana ecográfica para la evaluación del diafragma se obtuvo utilizando una sonda de ultrasonido de 2 a 5 MHz (GE HealthCare, modelo Venu GO). La localización anatómica para la insonación debe ser la línea media claviclar o la línea axilar anterior, ya sea derecha o izquierda, ubicándose por debajo del reborde costal derecho o izquierdo. La sonda debe dirigirse de manera medial, cefálica y dorsal, asegurando que el haz ultrasonido incida perpendicularmente sobre el tercio posterior del hemidiafragma examinado, en modo bidimensional (2D). Posteriormente, se activó la modalidad M para capturar el movimiento diafragmático vertical desde el inicio hasta el final de la inspiración, facilitando así una evaluación detallada de la función diafragmática (Figura 1).

Esta técnica meticulosa y estandarizada garantiza la adquisición de datos precisos y fiables sobre la función diafragmática, contribuyendo significativamente a la calidad del estudio y a la interpretación de los resultados relacionados con el proceso de *weaning* ventilatorio en pacientes neurocríticos.<sup>23</sup>

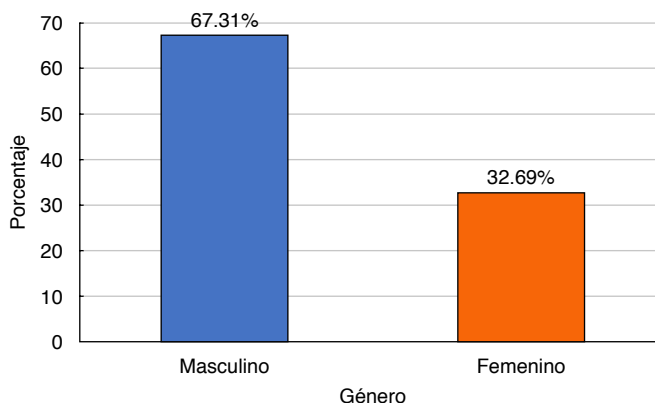
## RESULTADOS

De acuerdo con la estadística descriptiva de nuestra población de estudio durante el periodo de marzo a agosto de 2024, se obtuvo un total de 52 participantes. La distribución por género mostró que 42.3% ( $n = 22$ ) corresponde a mujeres, mientras 57.7% ( $n = 30$ ) son hombres. La edad media de los participantes fue de  $37.2 \pm 14.3$  años. El peso promedio de los participantes fue de  $72.4 \pm 15.2$  kg. Con respecto a la talla, se obtuvo una media de  $1.72 \pm 0.04$  m, resultando en un índice de masa corporal (IMC) promedio de 24.4.

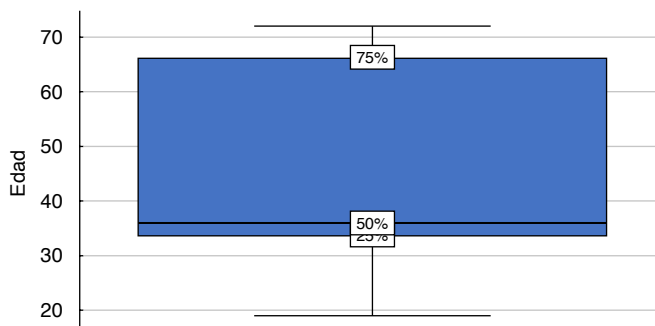
La población estudiada presentó un puntaje de Glasgow promedio de  $6.8 \pm 2.1$ . Los participantes presentaron una media de  $5.2 \pm 2.1$  días intubados. Mantuvieron una frecuencia respiratoria en promedio de 18.5 respiraciones por minuto, con una saturación de oxígeno

media de 96.3%. La presión positiva media fue de  $67.14 \pm 4.76$  mmHg.

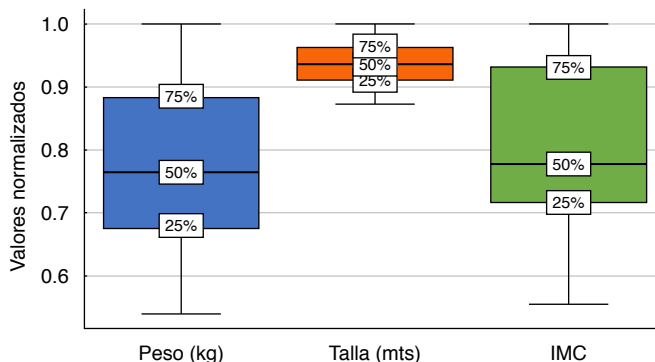
En cuanto a los índices y medidas relacionadas con el proceso de *weaning*, el índice de Tobin mostró una media de  $32.2 \pm 7.4$ . El volumen tidal inspiratorio promedio fue de  $555.4 \pm 75.6$  mL. Se encontró una media de  $0.54 \pm 0.2$  de acuerdo con el porcentaje de fuga detectado. La presión de soporte ventilatorio calculada



**Figura 1:** Distribución de género entre los participantes del estudio.  
Fuente: Base de datos.

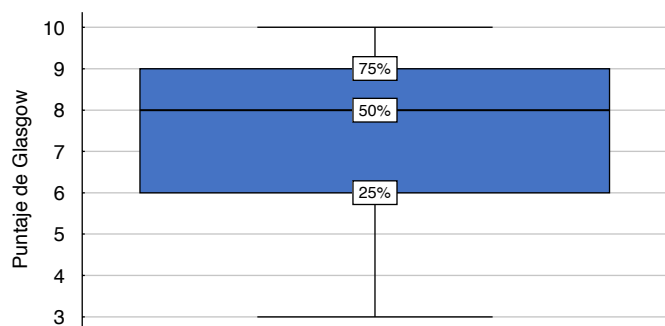


**Figura 2:** Distribución de edades de los participantes del estudio.  
Fuente: Base de datos.



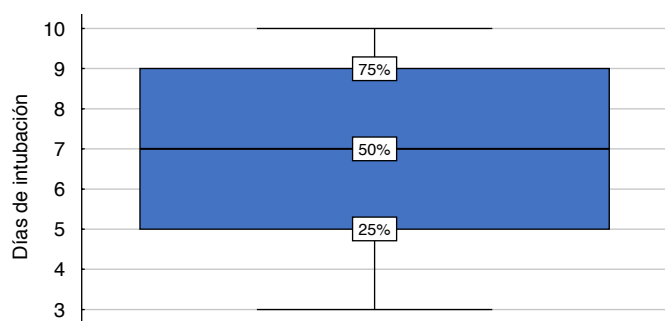
**Figura 3:** Distribución de peso, talla e IMC de los participantes del estudio.  
Fuente: Base de datos.





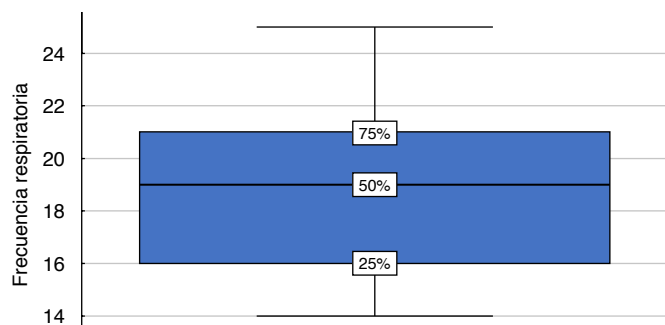
**Figura 4:** Distribución de la Escala de Coma de Glasgow de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.



**Figura 5:** Días de intubación de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.



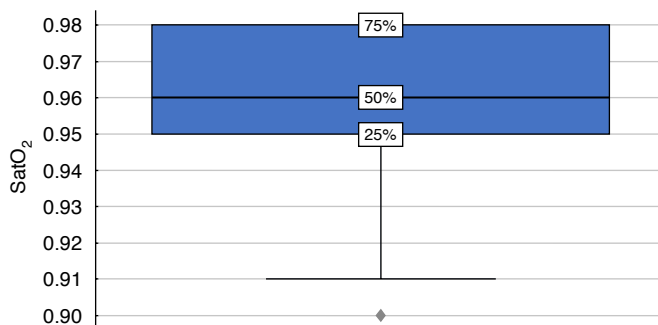
**Figura 6:** Distribución de la Frecuencia Respiratoria de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

tuvo una media de 0.8, y el índice de respiración rápida superficial diafragmática (D-RBSI) logró una media de 1.6 (*Figuras 1 a 11 y Tabla 1*).

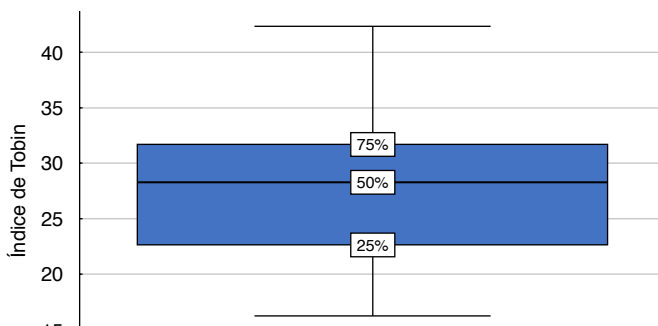
Para el análisis estadístico de variables cualitativas y cuantitativas, se utilizaron las pruebas de  $\chi^2$  y t de Student respectivamente. Para establecer la asociación de riesgo, se estimó el *odds ratio* con un intervalo de confianza de 95%. La normalidad de las variables fue evaluada utilizando la prueba de Kolmogórov-Smirnov, dado que la muestra era mayor a 30 participantes.

Al asociar la edad con el éxito del *weaning* ventilatorio, se obtuvo una significancia  $p = 0.009$ , indicando que los participantes con menor edad tienen mayores probabilidades de éxito. En relación con la frecuencia respiratoria (FR), se observó que, a menores respiraciones por minuto, mayor es el éxito del *weaning*, con una significancia  $p = 0.003$ . Al correlacionar el volumen tidal inspiratorio (Vti) con el éxito del *weaning*, se presentó un resultado significativo ( $p = 0.001$ ), es decir, pacientes que presentan un mayor Vti tienen mayor probabilidad de éxito.



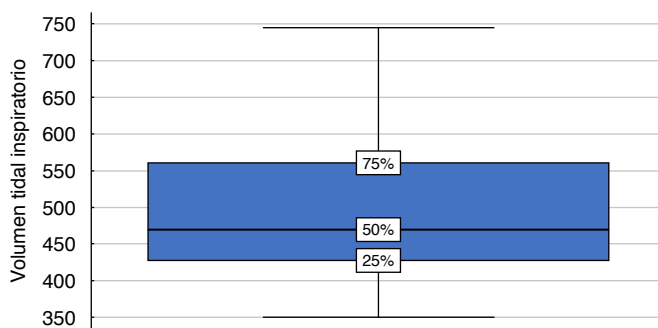
**Figura 7:** Distribución de la saturación de oxígeno de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.



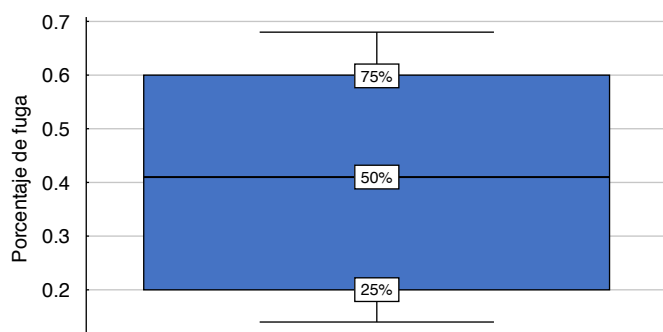
**Figura 8:** Distribución del Índice de Tobin de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

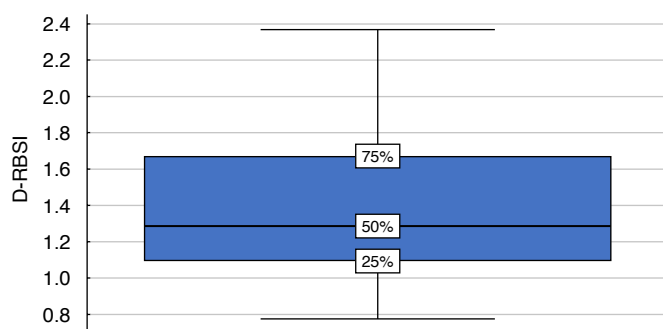


**Figura 9:** Distribución del volumen tidal inspiratorio de participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.



**Figura 10:** Distribución del porcentaje de fuga en los participantes del estudio.  
Fuente: Base de datos.



**Figura 11:** Distribución del D-RBSI en los participantes del estudio.  
Fuente: Base de datos.

Se entabló una asociación significativa ( $t = 7.95$ ,  $p = 0.001$ ) entre los pacientes con menor porcentaje de fuga y el éxito en el *weaning*. Los pacientes con un menor índice de Tobin presentaron mayor éxito en el *weaning*, estimando una relación significativa ( $p = 0.001$ ). Al relacionar el éxito del *weaning* con el índice de respiración rápida superficial diafragmática (D-RBSI), se encontró una mayor respuesta positiva en participantes con un índice bajo, presentando mayor probabilidad de éxito ( $p = 0.015$ ).

Para la variable cualitativa de género, se encontró que existe una significancia estadística ( $p = 0.038$ ), indicando que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en el *weaning* ventilatorio. Cabe destacar que en el grupo de fracaso no hubo suficientes datos para el género femenino, por lo que no se pudo calcular la media y desviación estándar para este grupo (Tabla 2).

Los resultados muestran que hay una diferencia significativa en el índice de Tobin y el porcentaje de fuga entre los grupos de éxito y fracaso en el *weaning* ventilatorio, con valores de  $p$  de 0.003 y 0.000, respectivamente. Esto sugiere que un menor índice de Tobin y un menor porcentaje de fuga están asociados con un mayor éxito en el proceso de *weaning*.

Para las variables cualitativas, la prueba de  $\chi^2$  indica que hay una diferencia significativa en la distribución de

género entre los grupos de éxito y fracaso, con un valor de  $p = 0.038$ , lo que sugiere que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en el *weaning* ventilatorio.

El éxito del *weaning* fue medido utilizando una escala definida basada en la extubación exitosa sin necesidad de reintubación dentro de las primeras 48 horas. La tasa de éxito del *weaning* en nuestra población fue de 90.4%.

Además, se ha aclarado que los días de deteste fueron, en promedio, menores que los días de intubación, lo que confirma la eficiencia del proceso de *weaning* aplicado.

## DISCUSIÓN

La ventilación mecánica invasiva es un soporte vital esencial en la gestión de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Aunque es una herramienta terapéutica fundamental, su uso prolongado está asociado con diversas complicaciones, incrementando la morbilidad y mortalidad, así como extendiendo la estancia hospitalaria y los costos asociados al cuidado de la salud. En este contexto, el proceso de *weaning* (desconexión) ventilatorio emerge como una fase crítica en la recuperación de pacientes neurocríticos, demandando estrategias efectivas y eficientes para su implementación.

Dentro de las múltiples herramientas y métodos desarrollados para predecir el éxito del *weaning*, el índice de respiración rápida superficial (IRRS), comúnmente conocido como índice de Tobin, ha sido ampliamente utilizado. Sin embargo, recientes avances han sugerido la importancia de integrar la evaluación de la función diafragmática en estos índices predictivos, dando lugar al desarrollo del índice de Tobin diafragmático (D-RBSI).

**Tabla 1:** Variables sociodemográficas y clínicas de los pacientes del estudio (N = 52).

Variable	Media $\pm$ DE
Género, n (%)	
Mujer	22 (42.3)
Hombre	30 (57.7)
Edad [años]	37.2 $\pm$ 14.3
Peso [kg]	72.4 $\pm$ 15.2
Talla [m]	1.72 $\pm$ 0.04
IMC [kg/m <sup>2</sup> ]	24.4
Puntaje de Glasgow	6.8 $\pm$ 2.1
Días intubados	5.2 $\pm$ 2.1
Frecuencia respiratoria [rpm]	18.5
Saturación de oxígeno [%]	96.3
Presión positiva media [mmHg]	67.14 $\pm$ 4.76
Índice de Tobin	32.2 $\pm$ 7.4
Volumen tidal inspiratorio [mL]	555.4 $\pm$ 75.6
Porcentaje de fuga	0.54 $\pm$ 0.2
Índice de respiración rápida y superficial diafragmática	1.6

Fuente: base de datos.

**Tabla 2:** Resultados comparativos de variables entre grupos de éxito y fracaso en el *weaning* ventilatorio.

Variable	Éxito Media ± DE	Fracaso Media ± DE	p
Edad [años]	45.86 ± 18.35	35.80 ± 7.24	0.097
Frecuencia respiratoria [rpm]	18.90 ± 3.37	16.90 ± 2.23	0.081
Volumen tidal inspiratorio [mL]	494.07 ± 122.26	554.00 ± 10.75	0.131
Índice de Tobin	25.73 ± 6.57	32.70 ± 4.30	0.003
Porcentaje de fuga	0.45 ± 0.18	0.19 ± 0.05	0.000
Índice de respiración rápida y superficial diafragmática	1.33 ± 0.46	1.83 ± 0.51	0.004
Sexo [femenino], %	40.48	N/A	0.038

Fuente: base de datos.

Este índice se propone como un predictor más sensible y específico del éxito en el proceso de *weaning*, al considerar no sólo la capacidad ventilatoria sino también la fuerza y resistencia del músculo diafragmático.

En el contexto de la ventilación mecánica en pacientes neurocríticos, nuestro estudio aporta una visión integral sobre la utilidad del índice de respiración rápida superficial diafragmática (D-RBSI) como predictor del éxito en el *weaning* ventilatorio.<sup>24-27</sup> Los resultados obtenidos en nuestra investigación destacan varias observaciones significativas y se alinean con hallazgos previos en la literatura científica.

Nuestros hallazgos muestran que la edad promedio de los pacientes exitosos en el destete fue de 35.80 años, mientras que para los no exitosos fue de 45.86 años. Esto concuerda con estudios previos que indican que la edad avanzada es un factor de riesgo para el fracaso del destete.<sup>11,28-30</sup> Por ejemplo, Rabinstein y colaboradores destacaron que la prevalencia de problemas respiratorios en individuos bajo cuidados neurocríticos es notable y que la información acerca de la retirada de la ventilación mecánica es limitada.<sup>31</sup> Nuestro estudio contribuye a llenar este vacío, proporcionando datos específicos sobre la edad y otros factores.

En cuanto a la frecuencia respiratoria, los pacientes exitosos presentaron una media de 16.90 respiraciones por minuto, significativamente menor que la de los pacientes no exitosos, que fue de 18.90 respiraciones por minuto. Esto se alinea con las investigaciones de Mowafy y Abdelgalel, quienes encontraron que una frecuencia respiratoria más baja durante la prueba de respiración espontánea se asocia con una mayor probabilidad de éxito en el destete.<sup>32</sup>

El volumen tidal inspiratorio (Vti) mostró diferencias significativas con los pacientes exitosos teniendo un Vti promedio de 554.00 mL frente a los 494.07 mL de los no exitosos. Este hallazgo es consistente con el estudio de Abbas y colaboradores, quienes destacaron la importancia de un mayor volumen tidal para el éxito del destete en pacientes con EPOC aguda.<sup>33</sup>

El porcentaje de fuga presentó una diferencia marcada, con pacientes exitosos mostrando 0.19% comparado con 0.45% de los no exitosos. Un menor porcentaje

de fuga indica una mejor adaptación al ventilador y menor riesgo de complicaciones, lo cual es consistente con la literatura existente.

El índice de Tobin, con una media de 32.70 en pacientes exitosos y 25.73 en los no exitosos, sigue siendo un predictor fiable del éxito del destete, como lo han indicado estudios previos.<sup>32</sup> Un menor índice de Tobin está asociado con una mejor capacidad respiratoria independiente.

Finalmente, el índice de respiración rápida y superficial diafragmática (D-RBSI) mostró que los pacientes exitosos tenían un D-RBSI promedio de 1.83 frente a 1.33 en los no exitosos. Este índice ha sido validado como un predictor eficaz del éxito del destete en diversos estudios, reforzando nuestros hallazgos.<sup>31,34-36</sup> En comparación, estudios como el de Godoy y colaboradores subrayan la importancia de considerar la función diafragmática en el proceso de destete, confirmando la relevancia del D-RBSI.<sup>37</sup>

Estos resultados tienen importantes implicaciones para la práctica clínica en unidades de cuidados intensivos, especialmente en el manejo de pacientes neurocríticos. La identificación de predictores fiables del éxito del destete puede ayudar a los clínicos a tomar decisiones más informadas, reduciendo así el tiempo de ventilación mecánica y minimizando el riesgo de complicaciones asociadas. La implementación de protocolos basados en estos predictores puede mejorar los desenlaces clínicos, disminuyendo la tasa de reintubación y mejorando la recuperación de los pacientes.<sup>32,36</sup>

Una revisión recientemente publicada por Rabinstein y colaboradores sobre el destete en la atención neurocrítica concluyó con una afirmación certera: «decidir cuándo es seguro comenzar el destete del paciente de la ventilación mecánica, particularmente cuándo es seguro intentar la extubación, es un dilema clínico común».<sup>31</sup> Nuestro estudio proporciona evidencia adicional que puede ayudar a resolver este dilema, ofreciendo datos específicos sobre variables como la edad, la frecuencia respiratoria y el volumen tidal.

Aunque la prevalencia de problemas respiratorios en individuos bajo cuidados neurocríticos es notable, la información acerca de la retirada de la ventilación mecánica (VM) es limitada. Para comenzar el proceso de

retirada de la VM, se necesita que la causa subyacente haya sido resuelta, una condición que infrecuentemente se observa en el ámbito neurocrítico.<sup>34</sup> Investigaciones prospectivas multicéntricas han indicado que este grupo de pacientes necesita ventilación por tiempos extendidos y muestra índices elevados de complicaciones como neumonía vinculada al uso de ventilador y una mayor mortalidad en comparación con sujetos de la población general.<sup>28</sup>

El proceso de retirada de la ventilación mecánica resultó ser complicado en cerca de la mitad de los casos y se extendió en 10% de ellos.<sup>28</sup> De manera interesante, tanto la duración del proceso de destete como la frecuencia de necesidad de reintubación resultaron ser comparables con aquellos pacientes sin afecciones neurológicas. En un estudio controlado y aleatorizado, Navalesi y colaboradores analizaron los procedimientos de retirada y extubación a través de un método protocolar, interdisciplinario y supervisado. Los resultados demostraron una notable disminución en la incidencia de fracasos en la extubación al seguir el método protocolar en contraste con el grupo control.<sup>38</sup>

Las cifras de fracaso en la extubación en sujetos con condiciones neurocríticas se han situado entre 5 y 20% en estudios de las últimas dos décadas. Esta variabilidad en los resultados podría ser la razón por la cual los criterios estándar para el destete de la VM resultan inaplicables en pacientes con compromiso de la conciencia.<sup>38</sup> Estudios adicionales han evidenciado que los criterios respiratorios convencionales para la retirada de la VM y la extubación no son indicadores fiables en el contexto neurocrítico.<sup>39</sup>

La valoración de la función diafragmática antes de iniciar el proceso de destete puede proporcionar información valiosa sobre el posible éxito de esta fase.<sup>40</sup> Utilizar la ecografía directamente en la unidad de cuidados intensivos ofrece un método sencillo, rápido, no invasor y efectivo para examinar la actividad diafragmática. El desplazamiento diafragmático (DD), que indica la fuerza que el diafragma puede generar y, por consiguiente, el volumen de aire movilizado durante la inhalación, cuando es inferior a 10 mm, se ha identificado como un indicador de un posible fracaso en el proceso de destete de pacientes en unidades de cuidados intensivos.<sup>40</sup>

El índice de respiración rápida y superficial (RBSI), que se calcula a partir de la proporción entre la frecuencia respiratoria y el volumen tidal ( $RR/VT$ ), constituye uno de los indicadores más frecuentemente empleados para anticipar los resultados del proceso de destete. No obstante, su fiabilidad puede verse afectada debido a variaciones en su sensibilidad y especificidad.<sup>40</sup> En este contexto, Spadaro y su equipo han propuesto una nueva variante, el RBSI diafragmático (D-RBSI), que reemplaza el volumen tidal (VT) por el desplazamiento diafragmático (DD) en la fórmula original ( $D-RBSI = RR/$

DD). Esta modificación busca eliminar las distorsiones en la evaluación causadas por el trabajo de los músculos accesorios durante la respiración, las cuales pueden ocultar la presencia de disfunción diafragmática y, por ende, afectar la exactitud del RBSI tradicional.<sup>40</sup>

En el estudio *Extubation after acute brain injury: an unsolved dilemma!!*, publicado en 2024 en *Neurocritical Care* por Daniel Agustín Godoy, Maximiliano Rovegno, y Manuel Jibaja, se examina el crítico proceso de destete y extubación en pacientes con lesiones cerebrales agudas. El artículo subraya la ventilación mecánica (VM) como una intervención vital para pacientes con condiciones neurológicas severas, destacando que estas condiciones representan la segunda causa más común de VM. Los investigadores señalan una preocupante escasez de datos sobre las estrategias de destete en este grupo específico, a pesar de su mayor riesgo de complicaciones respiratorias, neumonía vinculada a ventilación y mortalidad en comparación con pacientes generales.<sup>37</sup>

Nuestro estudio contribuye a esta discusión proporcionando datos específicos sobre los predictores de éxito en el destete en pacientes neurocríticos, y cómo estos se comparan con las estrategias propuestas en estudios previos. En particular, el uso del D-RBSI y otros índices relevantes en nuestro estudio refuerza la importancia de una evaluación detallada.

Una de las principales fortalezas de este estudio es el enfoque en pacientes neurocríticos, un grupo que a menudo enfrenta desafíos únicos en el proceso de destete. Además, la utilización de múltiples índices de predicción proporciona una evaluación integral de los factores que influyen en el éxito del destete. Sin embargo, el estudio también presenta algunas limitaciones. La muestra, aunque representativa, puede no reflejar completamente la diversidad de la población neurocrítica. Además, la naturaleza observacional del estudio limita la capacidad para establecer causalidad. Futuros estudios deben considerar diseños prospectivos y multicéntricos para validar estos hallazgos.

## CONCLUSIONES

En este estudio, se exploraron diversos factores que influyen en el éxito del destete ventilatorio en pacientes neurocríticos. Los resultados demostraron que la edad, la frecuencia respiratoria, el volumen tidal inspiratorio, el porcentaje de fuga, el índice de Tobin y el índice de respiración rápida y superficial diafragmática (D-RBSI) son predictores significativos del éxito en el destete. Además, se encontró que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en comparación con los hombres.

Estos hallazgos no sólo refuerzan la importancia de una evaluación integral y detallada de los pacientes antes del destete, sino que también subrayan la necesidad



de utilizar múltiples índices de predicción para tomar decisiones clínicas informadas. La implementación de protocolos basados en estos predictores puede mejorar significativamente los desenlaces clínicos, reduciendo el tiempo de ventilación mecánica, disminuyendo la tasa de reintubación y mejorando la recuperación de los pacientes.

## REFERENCIAS

- Gutiérrez Muñoz. Ventilación mecánica. *Acta Méd Peruana*. 2011;28(2):84-104.
- Walter K. Mechanical ventilation. *JAMA*. 2021;326(14):1452.
- Walter JM, Corbridge TC, Singer BD. Invasive mechanical ventilation. *South Med J*. 2018;111(12):746-753.
- Mehta AB, Syeda SN, Wiener RS, Walkey AJ. Epidemiological trends in invasive mechanical ventilation in the United States: A population-based study. *J Crit Care*. 2015;30(6):1217-1221.
- Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: state of the art. *Mayo Clin Proc*. 2017;92(9):1382-1400.
- Tobin MJ. Principles and practice of mechanical ventilation. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2012.
- Geiseler J, Westhoff M. Weaning from invasive mechanical ventilation. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2021;116(8):715-726.
- Warnke C, Heine A, Müller-Heinrich A, Knaak C, Friessecke S, Obst A, et al. Predictors of survival after prolonged weaning from mechanical ventilation. *J Crit Care*. 2020;60:212-217.
- Hernández-López GD, Cerón-Juárez R, Escobar-Ortiz D, Graciano-Gaytán L, Gorordo-Delsol LA, Merinos-Sánchez G, et al. Retiro de la ventilación mecánica. *Med Crit*. 2017;31(4):238-245.
- Arcaño ABB, Beccaria LM. Factors associated with extubation failure in an intensive care unit: a case-control study. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2023;31:e3864. doi: 10.1590/1518-8345.6224.3864. PMID: 36995853; PMCID: PMC10077863.
- Thille AW, Cortés-Puch I, Esteban A. Weaning from the ventilator and extubation in ICU. *Curr Opin Crit Care*. 2013;19(1):57-64.
- Sosa-Medellín MA, Marín-Romero MC. Extubación fallida en una unidad de cuidados intensivos de la Ciudad de México. *Med Interna Mex*. 2017;33(4):459-465.
- Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033-1056.
- Rose L. Strategies for weaning from mechanical ventilation: a state of the art review. *Intensive Crit Care Nurs*. 2015;31(4):189-195.
- Chao CM, Sung MI, Cheng KC, Lai CC, Chan KS, Cheng AC, et al. Prognostic factors and outcomes of unplanned extubation. *Sci Rep*. 2017;7(1):8636.
- Leonov Y, Kisil I, Perlov A, Stoichev V, Ginzburg Y, Nazarenko A, et al. Predictors of successful weaning in patients requiring extremely prolonged mechanical ventilation. *Adv Respir Med*. 2020;88(6):477-484.
- Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-1450.
- Grinnan DC, Truitt JD. Clinical review: respiratory mechanics in spontaneous and assisted ventilation. *Crit Care*. 2005;9(5):472-484.
- Jabour ER, Rabil DM, Truitt JD, Rochester DF. Evaluation of a new weaning index based on ventilatory endurance and the efficiency of gas exchange. *Am Rev Respir Dis*. 1991;144(3 Pt 1):531-537.
- Mokhlesi B, Tulaimat A, Gluckman TJ, Wang Y, Evans AT, Corbridge TC. Predicting extubation failure after successful completion of a spontaneous breathing trial. *Respir Care*. 2007;52(12):1710-1717.
- Menon N, Joffe AM, Deem S, Yanez ND, Grabinsky A, Dagal AH, et al. Occurrence and complications of tracheal reintubation in critically ill adults. *Respir Care*. 2012;57(10):1555-1563.
- Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amodeng-Adjepong Y, Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest*. 2003;124(1):262-268.
- Carrillo Esper R, Pérez Calatayud AA, Peña Pérez CA. Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. *Rev Asoc Mex Med Crit Ter Intensiva*. 2016;30(4):242-245.
- Cárdenas Cruz A, Roca Guiseris J. Tratado de medicina intensiva. 2ª ed. Barcelona: Elsevier; 2022. pp. 320-366.
- Anderson CD, Bartscher JF, Scripko PD, Biffi A, Chase D, Guanci M, et al. Neurologic examination and extubation outcome in the neurocritical care unit. *Neurocrit Care*. 2011;15(3):490-497.
- Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, Ferguson ND, Peñuelas O, Abaira V, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):220-230.
- Asehnoun K, Roquilly A, Cinotti R. Respiratory management in patients with severe brain injury. *Crit Care*. 2018;22(1):76.
- Pelosi P, Ferguson ND, Frutos-Vivar F, Anzueto A, Putensen C, Raymonds K, et al. Management and outcome of mechanically ventilated neurologic patients. *Crit Care Med*. 2011;39(6):1482-1492.
- Robba C, Poole D, McNett M, Asehnoun K, Bosel J, Bruder N, et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine consensus. *Intensive Care Med*. 2020;46(12):2397-2410.
- Borsellino B, Schultz MJ, Gama de Abreu M, Robba C, Bilotta F. Mechanical ventilation in neurocritical care patients: a systematic literature review. *Expert Rev Respir Med*. 2016;10(10):1123-1132.
- Rabinstein AA, Cinotti R, Bosel J. Liberation from mechanical ventilation and tracheostomy practice in traumatic brain injury. *Neurocrit Care*. 2023;38(2):439-446.
- Mowafy SMS, Abdelgalel EF. Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: comparison with traditional rapid shallow breathing index. *Egyptian J Anaesth*. 2018;35(1):9-17.
- Abbas A, Embarak S, Walaa M, Lutfy SM. 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.
- Mahanes D, Lewis R. Weaning of the neurologically impaired patient. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2004;16(3):387-393, ix.
- McCredie VA, Ferguson ND, Pinto RL, Adhikari NK, Fowler RA, Chapman MG, et al. Airway management strategies for brain-injured patients meeting standard criteria to consider extubation. A prospective cohort study. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(1):85-93.
- Tigua GJP, Andrade AL, Menéndez DNY, Lucas GMY. Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de la ventilación mecánica. *Más Vida*. 2022;4(2):215-226.
- Godoy DA, Rovegno M, Jibaja M. Extubation after acute brain injury: an unsolved dilemma!! *Neurocrit Care*. 2024;40(2):385-390.
- Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Sommariva M, Vesconi S, Baiardi P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-2992.
- Ko R, Ramos L, Chalela JA. Conventional weaning parameters do not predict extubation failure in neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2009;10(3):269-273.
- Spadaro S, Grasso S, Mauri T, Dalla Corte F, Alvisi V, Ragazzi R, et al. 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):305.

**Financiamiento:** no se requirió financiamiento ni se recibió compensación alguna para la realización de este trabajo.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Correspondencia:

Francisco Alberto Rodríguez Lee

E-mail: fb-df@hotmail.com