

# Índice de tiempo de excursión diafragmática como predictor de extubación en terapia intensiva

Diaphragmatic excursion time index as a predictor of extubation in intensive therapy

Salvador Domínguez-Estrada<sup>1a</sup>, Edgar Bravo-Santibañez<sup>2b</sup>, Xóchitl Ramos-Ramos<sup>3c</sup>, José-Sergio López-Briones<sup>4d</sup>

## Resumen

**Introducción:** la extubación es un proceso crítico en la UCI. El USG pulmonar tiene diferentes aplicaciones, algunas predicen el éxito en la extubación, como el índice de tiempo de excursión diafragmática (ITED).

**Objetivo:** determinar si el índice de tiempo de excursión diafragmática es predictor en el éxito del retiro de la ventilación mecánica en los pacientes en la unidad de terapia intensiva.

**Material y métodos:** estudio de rendimiento diagnóstico, en pacientes en UCI y en protocolo de extubación. Medición diafragmática por USG, evaluando ITED; punto de corte de  $2.42 \pm 1.55$  cm/s. En la prueba de hipótesis se realizó entre las dos variables cualitativas JI cuadrada, para poder aceptar o rechazar H0, con una significancia estadística una  $p < 0.05$  para determinar si existe dependencia entre las variables dependiente e independiente.

**Resultados:** se seleccionaron en total 200 pacientes de la población, con extubación exitosa en un 52.5% y fracaso a la extubación 47.5%. Los valores pronósticos del ITED fueron: S: 77.1%(68.2-84.1%), E: 56.8%(46.8-66.3%). Curva ROC para ITED, AUC de 0.665 (0.58-0.74;  $p = 0.001$ ). En objetivos secundarios se realizó una correlación entre variables ventilatorias y demográficas para la extubación exitosa; con FvT (Rho: 0.680,  $p = 0.0001$ ).

**Conclusiones:** el ITED para retiro de la ventilación mecánica, tiene una baja sensibilidad y especificidad como resultado de la extubación exitosa. El hallazgo de que el ITED no es un predictor adecuado que determinan el resultado de la extubación exitosa.

## Abstract

**Background:** Extubation is a critical process in the ICU. Pulmonary USG has different applications, those that predict success in extubation, such as the diaphragmatic excursion time index (DEIT).

**Objective:** To determine the diaphragmatic excursion time index is a predictor of the success of weaning off mechanical ventilation in patients in the intensive care unit.

**Material and methods:** Diagnostic performance study in patients in the ICU and in the extubation protocol. Diaphragmatic measurement by USG, evaluating DEIT; cut-off point of  $2.42 \pm 1.55$  cm/s. In the hypothesis test, a JI square was carried out between the two qualitative variables, in order to accept or reject H0, with a statistical significance of  $p < 0.05$  to determine if there is dependence between the dependent and independent variables.

**Results:** Total of 200 patients from the population, with successful extubation in 52.5% and extubation failure in 47.5%. Prognostic values of the DEIT were: S: 77.1% (68.2-84.1%), E: 56.8% (46.8-66.3%). ROC curve for ITED, AUC of 0.665 (0.58-0.74;  $p = 0.001$ ). In secondary objectives, a correlation was made between ventilatory and demographic variables for successful extubation; with FvT (Rho: 0.680,  $p = 0.0001$ ).

**Conclusions:** The DEIT for withdrawal of mechanical ventilation has low sensitivity and specificity as a result of successful extubation. The finding that DEIT is not an adequate predictor determining the outcome of successful extubation.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital Regional No. 58, Servicio de Terapia Intensiva. León, Guanajuato, México

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad Médica de Alta Especialidad No. 1 Bajío, Servicio de Terapia Intensiva. León, Guanajuato, México

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada, Coordinador Auxiliar Médico de Investigación en Salud. León, Guanajuato, México

<sup>4</sup>Universidad de Guanajuato, Dirección en Ciencias Médicas, Laboratorio de Biología Molecular. León, Guanajuato, México

ORCID: 0009-0002-4605-9094<sup>a</sup>, 0000-0003-1553-573X<sup>b</sup>, 0000-0002-2161-826X<sup>c</sup>, 0000-0003-0273-0958<sup>d</sup>

**Palabras clave**  
Respiración Artificial  
Diafragma  
Ultrasonido  
Cuidados Críticos

**Keywords**  
Respiration, Artificial  
Diaphragm  
Ultrasonics  
Critical Care

**Fecha de recibido:** 21/12/2023

**Fecha de aceptado:** 22/02/2024

### Comunicación con:

Salvador Domínguez Estrada

✉ chavadock@gmail.com

☎ 472 231 8817

**Cómo citar este artículo:** Domínguez-Estrada S, Bravo-Santibañez E, Ramos-Ramos X *et al.* Índice de tiempo de excursión diafragmática como predictor de extubación en terapia intensiva. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2024;62(4):e6000. doi: 10.5281/zenodo.11396976

## Introducción

La ventilación mecánica (VM) es un soporte ventilatorio en pacientes que, por alguna patología, presentan insuficiencia respiratoria aguda, con alteraciones en el intercambio gaseoso (disoxia) sin cubrir las demandas metabólicas de oxígeno.<sup>1</sup>

No obstante, el retraso en la suspensión de la VM aumenta las complicaciones, la morbimortalidad y los costos hospitalarios.<sup>2</sup> Incluso con un protocolo adecuado para el retiro de la VM el fallo de extubación (FE) persiste en el 15 al 30% de los casos.<sup>3</sup>

Una de las complicaciones más frecuentes de la VM son las alteraciones estructurales y funcionales en los músculos respiratorios, principalmente en el diafragma, lo que conduce a una pérdida de la fuerza y resistencia muscular, con dependencia y mayor tiempo de ventilación mecánica en UCI.<sup>4</sup>

Existen otros mecanismos que aumentan los cambios en la función muscular como las neuromiopatías, la insuficiencia respiratoria, la sepsis, algunos medicamentos (sedantes, esteroides y metabolitos activos de bloqueo neuromuscular), así como la duración de la VM y la desnutrición.<sup>5</sup>

Se ha demostrado que la mortalidad aumenta al incrementarse la duración de la VM, principalmente debido a las complicaciones, como la neumonía asociada al ventilador y el traumatismo de las vías respiratorias.<sup>6</sup>

Por lo tanto, la progresión y la extubación son procesos críticos en el manejo de pacientes con ventilación mecánica invasiva.<sup>7</sup> Las pruebas de respiración espontánea (SBT) son el método utilizado dentro las unidades de cuidados intensivos (UCI) para el retiro de la ventilación mecánica como NIF (fuerza inspiratoria negativa) > -20 cmH<sub>2</sub>O, FvT (Yang-Tobin) < 110 ml, prueba de fuga > 15%, P0.1 (presión medida en los primeros 100 milisegundos de la inspiración) 0 a -2 cmH<sub>2</sub>O, reflejo tusígeno y reflejo deglutorio.<sup>8</sup>

La ecografía pulmonar tiene diferentes aplicaciones en el paciente crítico, como predecir el éxito en la extubación, principalmente en el análisis del estado funcional del diafragma, como el grosor diafragmático 1.6 - 2.9 mm, el delta del grosor diafragmático > 30%, el índice de Tobin diafragmático < 1.6 cm y la excursión diafragmática 1.6 - 2.9 cm.<sup>9</sup>

El índice de tiempo de excursión diafragmática (ITED); es un indicador del trabajo del diafragma en respuesta a la carga inspiratoria. La fórmula que se utiliza es TI/excursión diafragmática durante la fase inspiratoria. (TI/ED).<sup>10</sup>

En estudios previos el ITED superior a 2.42 ± 1.55 cm/s

tuvo una sensibilidad del 84.9%, una especificidad del 65% y un área bajo la curva (AUC) de 0.75 para determinar una extubación exitosa.<sup>11</sup>

La progresión y la extubación son procesos críticos en el manejo de pacientes con ventilación mecánica invasiva (IMV).<sup>12</sup> En la UCI, las pruebas de respiración espontánea (SBT) se utilizan para el retiro del ventilador,<sup>13</sup> y la extubación se considera exitosa si no requiere asistencia mecánica durante las primeras 48 horas posteriores a la misma.<sup>14</sup>

La extubación es la culminación del progreso ventilatorio y se basa en parámetros objetivos para mantener la respiración sin ayuda de una prótesis respiratoria y un ventilador mecánico.<sup>15</sup> El fracaso a la extubación representa 7 veces la probabilidad de fallecer y 31 veces la probabilidad de requerir una estancia prolongada en la UCI (> 14 días) en comparación con los que no fracasan.<sup>16</sup>

Se define *fracaso a la extubación* a la necesidad de reintubación, a la instauración de ventilación no invasiva o a la muerte dentro de 48 horas posteriores a la extubación.<sup>17</sup> La insuficiencia respiratoria posextubación se define con dos o más de las siguientes características: fr > 35/min, Vt < 5 ml/kg, pH < 7.20, PaCO<sub>2</sub> > 10 mmHg de aumento basal, alteración de la conciencia, respiración paradójica.<sup>18</sup>

Asimismo, el retraso en la extubación expone al paciente a un riesgo de complicaciones y aumenta el costo de la atención hospitalaria. Se ha demostrado que la mortalidad aumenta con el incremento en la duración de la VM debido a algunas complicaciones, especialmente la neumonía asociada al ventilador y el traumatismo de las vías respiratorias.<sup>19</sup> Los sujetos que mantienen VM prolongada representan el 6% de todos los pacientes ventilados, pero consumen el 37% de los recursos de la UCI.<sup>20</sup>

El uso de la ecografía en la UCI es cada vez mayor, debido a su portabilidad, velocidad, seguridad y los alentadores resultados obtenidos para el manejo de múltiples entidades.<sup>21</sup> La ecografía proporciona información tanto morfológica como funcional en tiempo real, puede ser útil para dos factores importantes que pueden influir en la extubación: el estado de aireación del parénquima pulmonar<sup>22</sup> y el estado funcional del diafragma, para la probabilidad de éxito al retiro de la VM. La liberación exitosa de la VM depende de varios factores, ya que en los pacientes debe haberse resuelto la patología de ingreso a UCI, y generar un patrón ventilatorio confiable.<sup>23</sup>

Existen predictores ecográficos del diafragma, como la excursión diafragmática (DE), que mide la distancia que el diafragma es capaz de moverse durante el ciclo respiratorio;

así como el Tobin diafragmático, que refleja la medición de la frecuencia respiratoria del paciente entre la excursión diafragmática.<sup>24</sup>

La fórmula que se utiliza para calcular el ITED es TI/excursión diafragmática durante la fase inspiratoria (TI/ED). El índice de DET superior a  $2.42 \pm 1.55$  cm/s tuvo una sensibilidad del 84.9% y una especificidad del 65% para determinar extubación exitosa (área bajo la curva de 0.75).

## Material y métodos

Se realizó un estudio de prueba diagnóstica, prospectivo y longitudinal en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital General Regional No. 58 del IMSS en León, Guanajuato, de septiembre del 2022 a junio del 2023.

### Criterios de selección

Criterios de inclusión: pacientes mayores de 18 años con ventilación mecánica en modalidad espontánea (parámetros mínimos de presión soporte de 8 cmH<sub>2</sub>O, PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O y FIO<sub>2</sub> de 40%) y en protocolo de retiro. Pacientes con 48 horas o más de intubación y menos de 10 días de intubación.

### Criterios de eliminación

**Pacientes con ventana ultrasonográfica inadecuada.**

Criterios de exclusión: secuelas neurológicas superiores severas y/o patologías neuromusculares, lesiones de médula espinal, tórax inestable, gran quemado, traumatismo de tórax abierto, parálisis diafragmática y/o lesión del diafragma.

### Procedimiento

A los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, después de > 30 minutos en modalidad de ventilación espontánea, se les midió el tiempo inspiratorio y la excursión diafragmática con ultrasonido, por un solo investigador. El índice de tiempo de excursión diafragmática se calculó con la fórmula: tiempo inspiratorio/excursión diafragmática, con un punto de corte de  $> 2.42 \pm 1.55$  cm/seg.

Además, se midieron las siguientes variables que predicen éxito en la extubación: índice de respiración superficial (Fr/Vt), presión inspiratoria máxima (NIF), presión de oclu-

sión de las vías aéreas en 0.1 segundos (P0.1) excursión diafragmática, tobin diafragmático y fracción de acortamiento diafragmático. Los pacientes fueron extubados cuando el ITED fue  $> 2.42$  y con pruebas ventilatorias óptimas (NIF  $> -20$  cmH<sub>2</sub>O, FvT  $< 110$  ml, prueba de fuga  $> 15\%$ , P0.1 0 a  $-2$  cmH<sub>2</sub>O), reflejo tusígeno y reflejo deglutorio presente.

La variable de desenlace, fracaso en la extubación, se definió como requerimiento de soporte ventilatorio dentro de las primeras 48 horas posteriores a la extubación.

### Técnica de medición

El equipo que se utilizó para las mediciones fue el ultrasonido digital Doppler color, portátil de la marca SONIX-TOUCH con número de serie SXTCHPL101510V0136, con transductor lineal 10.5 MHz y sectorial 4-2 MHz. Las mediciones se realizaron en posición de decúbito supino, en el 6° y 7° arco costal del lado derecho, se identificó el área hepática para visualizar el diafragma. La excursión del diafragma se midió en el eje vertical del trazado en modo M desde el principio hasta el final de la inspiración. En el eje horizontal se midió el tiempo inspiratorio.

## Aspectos éticos

El consentimiento informado para la inclusión del paciente fue solicitado al familiar responsable. Este trabajo se apejó a la declaración de Helsinki, y fue aprobado por los comités evaluadores de investigación y ética en investigación del hospital donde se realizó el estudio con el registro R-2022-1005-009.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico se efectuó con el programa estadístico R. La estadística descriptiva de las variables cualitativas fue con porcentajes y las variables cuantitativas se describieron con medidas de tendencia central (media o mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar o rangos intercuartiles) de acuerdo con pruebas de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov). Para la estadística inferencial del objetivo principal se realizó la prueba de diferencia de proporciones tipo Chi cuadrada entre los pacientes que tuvieron prueba positiva o negativa del tiempo de excursión diafragmática (2.42) entre aquellos que fracasaron o tuvieron éxito a la extubación. La evaluación de la capacidad pronóstica del tiempo de excursión diafragmática se llevó a cabo en dos formas: 1) análisis de tabla 2 x 2 para obtener la sensibilidad, especificidad, valores predictivos (positivos y negativo) e índice de verosimilitud (positivo y negativo);

además de análisis de probabilidad posprueba (positivo y negativo), con intervalo de confianza al 95% (IC95%) y 2) análisis del ITED cuantitativamente con curva ROC, obteniendo el área bajo la curva (AUC) con IC95%. Finalmente, se realizó el análisis de regresión logística binaria múltiple entre las principales variables (ITED, excursión diafragmática, tobin diafragmático, NIF, P0.1) que se asocian con el éxito en la extubación, obteniendo RM (razón de momios) con IC95%. Para este estudio, toda  $p \leq 0.05$  se consideró estadísticamente significativa. Sin embargo, aún no se cuenta con evidencia suficiente para establecer su utilidad clínica como prueba predictora de extubación exitosa en la unidad de cuidados intensivos. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio es determinar si el índice de tiempo de excursión diafragmática es predictor en el éxito del retiro de la ventilación mecánica en los pacientes en la unidad de terapia intensiva.

## Resultados

Al final del periodo comprendido entre septiembre del 2022 y julio del 2023 se identificaron 200 pacientes que cumplieron con todos los criterios de selección. En el total de la población fue más frecuente el sexo hombre con (55.5%), con una mediana (q1-q3) de edad de 52 años (45-63 años), con peso de 76 kg (69-85), la principal patología de base fue diabetes mellitus tipo 2 (48.5 %); la mediana de días de sedación fue de un 1 día (0-2 días) y la ventilación mecánica de 3 días (1-4 días). Al final del seguimiento, el 52.5% tuvo extubación exitosa y una mortalidad del 7%, los demás datos de la población se encuentran en el cuadro I.

**Cuadro I** Características demográficas de la población

Características	Total (n = 200)
Sexo hombre, n (%)	111 (55.5)
Edad, años	52 (45-63)*
Peso, kg	76 (69-85)
IMC, kg/m <sup>2</sup>	29.97 (25.39-30.84)
DM, n (%)	97 (48.5)
HAS, n (%)	66 (33)
IRC, n (%)	45 (22.5)
Fr, r/min	19 (16-24)
Balance hídrico, ml	479 (18.75-1242.75)
ITED, cm/s	2.48 (2.24-2.85)
Éxito a la extubación, n (%)	105 (52.5)

\*Mediana (p25 - p75)

IMC: índice de masa corporal; DM: diabetes mellitus tipo 2; HAS: hipertensión arterial sistémica; IRC: insuficiencia renal crónica; Fr: frecuencia respiratoria; ITED: índice de tiempo de excursión diafragmática

Para analizar a la población se clasificaron en dos grupos: aquellos con éxito en la extubación (n = 105) y aquellos con fracaso en la extubación (n = 95). No se observaron diferencia en los datos demográficos (edad, peso, sexo o IMC) o en los antecedentes patológicos de los pacientes. Sin embargo, el balance hídrico fue superior (145 frente a 900 ml,  $p < 0.001$ ), así como los días de ventilación mecánica (4 frente a 2 días,  $p < 0.001$ ) en los pacientes con fracaso en la extubación. Al evaluar las variables ventilatorias fue superior el FVT (49 frente a 130 ml,  $p < 0.001$ ) y el índice de excursión diafragmática (2.63 frente a 2.38 cm/seg,  $p < 0.001$ ) en aquellos con fracaso a la extubación (cuadro II).

En respuesta al objetivo principal, los valores pronósticos del índice de tiempo de excursión diafragmática fueron: sensibilidad: 77.1% (68.2-84.1%), especificidad: 56.8% (46.8-66.3%), VPP: 66.4% (57.6-74.2%), VPN: 69.2% (58.3-78.4%), con una prevalencia del 52.5%, para un LR+ de 1.79% (1.39-2.30 %), LR- de 0.40% (0.27-0.59%), con una probabilidad posprueba del 66.4%. Además, el análisis de curva ROC del índice de tiempo de excursión diafragmática reportó un AUC de 0.665 (0.58-0.74;  $p: 0.001$ ) (figura 1).

Los valores del análisis de la curva ROC del ITED fue un AUC de 0.665 (0.58-0.74,  $p < 0.001$ ), y para el FvT fue AUC de 0.893 (0.84-0.94,  $p < 0.001$ ) (figura 2).

Finalmente, para identificar la asociación de las variables ventilatorias y no ventilatorias con el éxito o fracaso a la extubación se realizó un análisis de regresión logística múltiple observado que el FvT (OR: 57.851, IC95%: 19.487-171.739,  $p < 0.0001$ ), y el índice de tiempo de excursión diafragmática (OR: 2.422, IC95%: 1.020-2.754,  $p = 0.045$ ) son las variables con riesgo y significancia estadística para el fracaso de extubación (cuadro III).

## Discusión

El objetivo principal del presente trabajo fue investigar el índice de tiempo de excursión diafragmática como predictor del éxito en la extubación en pacientes críticos; encontrándose propiedades regulares en la curva ROC para la prueba. En el estudio de ultrasonografía diafragmática, como abordaje novedoso en paciente críticos, Garrido *et al.*, en su investigación de ultrasonografía diafragmática, del 2019, se evaluó un índice predictivo de extubación (UNDIMex), en el que se incluyeron 114 pacientes con una edad media de 36 años, de los que 59 pacientes eran mujeres (51%), con un número de días de ventilación mecánica media de 2 (IQR 1-4) para extubación exitosa y 4 (IQR 2-6.5) extubación fallida, con una diferencia entre la variable edad a nuestra población estudiada, con media edad de 52 (p25-p75; 45-63) y similitud en cuanto a los días de ventilación

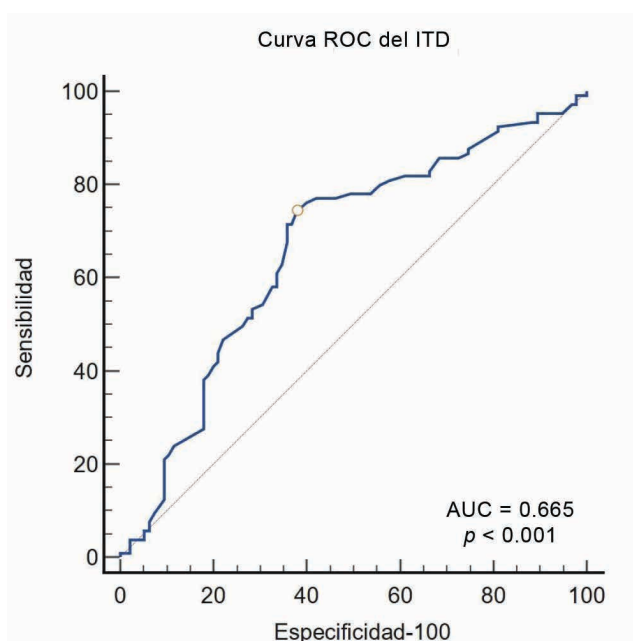
**Cuadro II** Asociación de variables para extubación exitosa y extubación fallida

Características	Extubación exitosa (n = 105)	Extubación fallida (n = 95)	Significancia <i>p</i>
Edad, años	51 (45-63)	53 (48-63)	0.409 †
Peso, kg	75 (68-85)	76 (72-89)	0.124
Fr, r/min	18 (15-22.5)	19 (17-24)	0.030
Balance hídrico, ml	145 (-247-692.50)	900 (425-1400)	< 0.001
Ventilación mecánica, días	2 (1-3)	4 (3-5)	< 0.001
FVT, ml	49 (35-65)	130 (98-147)	< 0.001
ITED, cm/seg	2.63 (2.42-2.87)	2.38 (2.14-2.64)	< 0.001
Mortalidad, %	1	13.7	< 0.001

Se describe como mediana (q1-q3), índice de tiempo de excursión diafragmática

Fr: frecuencia respiratoria; FVT: presión inspiratoria máxima; ITED: índice de respiración superficial

**Figura 1** Curva ROC para índice de tiempo de excursión diafragmática (ITED)

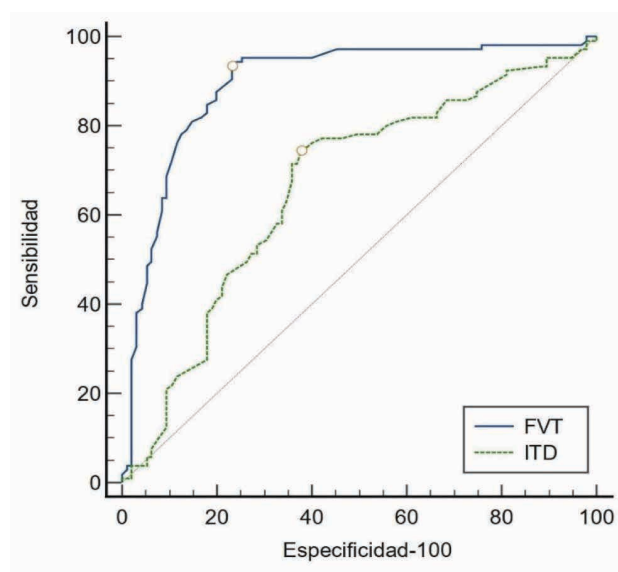


Análisis de curva ROC del índice de tiempo de excursión diafragmática con un AUC de 0.665 (IC95%: 0.58-0.78, *p* < 0.001).

mecánica 2 (1-3), extubación exitosa y 4 (3-5) extubación fallida. Los principales diagnósticos de ingreso en UCI fueron cardiovasculares (33%), con una tasa alta para pacientes con patología programada quirúrgica, sin patología y enfermedades respiratorias (22%); 114 pacientes se lograron extubar y 28 pacientes (24%) fracasaron a la extubación, en comparación con nuestro estudio, que reportó una tasa de fracaso a la extubación del 47.5%.

Se realizó una prueba como índice predictivo para extubación en pacientes críticos, encontrando una sensibilidad

**Figura 2** Curva ROC para el índice de tiempo de excursión diafragmática (ITED) y el índice de Yang-Tobin (FvT)



Análisis de curva ROC del ITED con un AUC de 0.665 (IC95%: 0.58-0.78, *p* < 0.001) y para el FvT fue AUC de 0.893 (0.84-0.94, *p* < 0.001)

**Cuadro III** Regresión logística para variables ventilatorias y ultrasonográficas para extubación exitosa

	RM	IC95%	Significancia
ITED	2.422	1.020-2.754	<b>0.045</b>
ED	1.828	0.600-5.569	0.289
TD	1.213	0.455-3.231	0.699
FvT	57.851	19.487-171.739	< 0.001
NIF	0.983	0.963-1.003	0.096
P 0.1	0.961	0.809-1.140	0.646

(ITED) índice de tiempo de excursión diafragmática; (ED) excursión diafragmática; (TD) Tobín diafragmático; (FvT) índice Tang-Tobín; (NIF) índice de ventilación superficial; (P 0.1) presión de oclusión de la vía aérea en 0.1 seg.



en pacientes con extubación exitosa del 92.8% (IC95%: 76.5-99.1), especificidad del 63.9% (IC95%: 52.9-74.0), VPP del 45.6% y VPN del 96.5%. AUO de ITED de 0.81 y UNDIMex de 0.80 para un punto de corte > 4.06 cm/s, con  $p = 0.514$ , no significativo.<sup>1</sup> En el estudio de Atul Palker *et al.* se planteó como objetivo principal evaluar el rendimiento del índice de tiempo de excursión para predecir la extubación. Ingresaron 73 pacientes al estudio, con una media de edad de 71 años, 31 pacientes eran hombres (51%); el número de días de estancia hospitalaria fue de 6 días para falla y 10 días para éxito a la extubación, con una diferencia muy amplia respecto a nuestra población, tanto para la edad como para los días de ventilación mecánica. Los principales diagnósticos de ingreso en UCI fueron: insuficiencia respiratoria (51.6%), *shock* (20.5%), causas neurológicas (15.1%) y misceláneos (8.1%). Utilizando el único valor de corte para el ITED se encontró que el punto de corte mayor de 0.92cm/s tuvo una sensibilidad del 90% y una especificidad del 45.6% para determinar una extubación exitosa (AUC: 0.66).<sup>2</sup> Durante la transición entre A/C y ventilación espontánea, una disminución en la excursión diafragmática menor al 16.4% tuvo una sensibilidad del 84.9%, una especificidad del 65% con AUC de 0.75.<sup>3</sup> A diferencia del estudio que realizamos, no se planteó realizar las tres mediciones del artículo original, por lo que se consideró realizar solo en modalidad espontánea.

Se evidenció que el índice de Yang-Tobín (FVT) en este estudio demostró ser un buen predictor del éxito de la extubación en nuestro estudio, con AUC de 0.89 (IC95%: 0.84-0.94) con índice de Youden de 95 respiraciones/min/L, con S de 95.2%, E del 73.7%, VPP del 80%, VPN del 93.3%, LR+ de 3.62, LR- de 0.06. Algunos autores<sup>5</sup> demostraron que el FVT no debería usarse para predecir una extubación efectiva. Otros autores<sup>6</sup> evidenciaron que el valor de corte del FVT (105 respiraciones/min/L) predecía con precisión solo el 20% de los fracasos de extubación, valor estadísticamente no significativo evaluado en los resultados de nuestro estudio, el cual permite mayor rango de seguridad a la extubación. Según Boutou *et al.*<sup>7</sup> las mediciones de FVT tomadas al principio de una respiración espontánea ( $\leq 30$  min), no pueden predecir correctamente una extubación exitosa. En el análisis multivariado se tomaron en cuenta las variables ultrasonográficas y ventilatorias, con mayor significancia estadística, con la finalidad de evaluar la mejor variable para obtener una extubación exitosa.

Como limitantes del estudio identificamos que se trata de un estudio unicéntrico, ya que solo se evaluaron pacientes derechohabientes al IMSS. Otra limitante probable importante fue la posibilidad de extubar a los pacientes por los

autores, sin intervención de médicos en turno que no tenían conocimiento de variables ultrasonográficas y/o ventilatorias.

Dentro de las fortalezas identificamos que es un estudio que se realizó en pacientes con patologías graves y cuadros agudos; asimismo, es el primer estudio en el estado de León, Guanajuato, que se describe para extubación en pacientes críticos, realizando medición del diafragma por ultrasonido.

## Conclusiones

El ITED mediante ultrasonografía, durante el proceso de retiro de la ventilación mecánica, tiene una sensibilidad y especificidad no adecuadas para una extubación exitosa. El hallazgo es que el ITED no es un predictor superior al estándar de oro, sin embargo consideramos que el FvT aún se mantiene como un test óptimo para el retiro de la ventilación mecánica de acuerdo con el AUC de 0.95.

En futuras investigaciones, los estudios deben apuntar a validar este sistema de medición ultrasonográfica en diferentes contextos clínicos, así como a confirmar los criterios óptimos para el rendimiento diagnóstico y determinar si podría usarse para personalizar las intervenciones con el propósito de lograr una extubación exitosa en pacientes críticamente enfermos en protocolo de retiro de la ventilación mecánica.

## Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi maestro y amigo, el Dr. Edgar Bravo Santibañez, por su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. Asimismo, quisiera expresar mi gratitud a la Dra. Xóchitl Ramos Ramos y al Dr. Jose Sergio López Briones, quienes contribuyeron con el desarrollo de mi investigación, este artículo no sería el que es sin sus recomendaciones. A la Universidad de Guanajuato por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional. Agradezco especialmente a mi departamento de Terapia Intensiva de la clínica No. 58 del Instituto Mexicano del Seguro Social por su apoyo.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

## Referencias

1. Vivier E, Mekontso-Dessap A, Dimassi S, et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. (*Intensive Care Med*). 2020 May; 38 (5): 796-803. doi:10.1007/s00134-012-2547-7.
2. Bach JR, Saporito LR., Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. (*Chest*). 2020 Dic; 110 (6): 1566-71. doi: 10.1378/chest.110.6.1566.
3. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, et al. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. (*Crit Ultrasound J*). 2019 Jun 7; 6 (1): 8. doi: 10.1186/2036-7902-6-8.
4. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis. (*Chest*). 2019 Dic; 152 (6): 1140-1150. doi: 10.1016/j.chest.2017.08.028.
5. Ruan SY, Teng NC, Wu HD, et al. Durability of weaning success to release from invasive mechanical ventilation: an analysis of a national database. (*Am J Respir Crit Care Med*). 2022 Sep 15; 196 (6): 792-795. doi: 10.1164/rccm.201610-2153LE.
6. MacIntyre N. Discontinuing mechanical ventilatory support. (*Chest*). 2022 Sep; 132 (3): 1049-56. doi: 10.1378/chest.06-2862.
7. Frutos-Vivar F, Esteban A, Apezteguia C, et al. Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. (*J Crit Care*). 2021 Oct; 26 (5): 502-509. doi: 10.1016/j.jcrrc.2010.12.015.
8. Esteban A, Alía I, Tobin MJ, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. (*Am J Respir Crit Care Med*). 2019 Feb; 159 (2): 512-8. doi: 10.1164/ajrccm.159.2.9803106.
9. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Efecto de la extubación fallida en el resultado de la ventilación mecánica. (*Pecho*). julio de 2022; 112 (1): 186-92. doi: 10.1378/chest.112.1.186.
10. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicentre randomised controlled trial. (*Lancet*). 2020 Jun 3; 355 (9219): 1931-5. doi: 10.1016/s0140-6736(00)02323-0.
11. Esteban A, Alía I, Ibañez J, et al. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. (The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest*). 2018 Oct; 106 (4): 1188-93. doi: 10.1378/chest.106.4.1188.
12. Esteban A, Anzueto A, Frutos F et al. Mechanical Ventilation International Study Group. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. (*JAMA*). 2022 Jun 16; 287 (3): 345-355. doi: 10.1001/jama.287.3.345.
13. Tobin MJ. Mechanical ventilation. (*N Engl J Med*). 2022 Apr 14; 330 (15): 1056-1061. doi: 10.1056/NEJM199404143301507.
14. Cooper LM, Linde-Zwirble WT. Medicare intensive care unit use: analysis of incidence, cost, and payment. (*Crit Care Med*). 2021 Nov; 32 (11): 2247-2253. doi: 10.1097/01.ccm.0000146301.47334.bd.
15. Wagner DP. Economics of prolonged mechanical ventilation. (*Am Rev Respir Dis*). 2020 Agost; 140 (2 Pt 2): 114-118. doi: 10.1164/ajrccm/140.2\_Pt\_2.S14.
16. Epstein SK. Decision to extubate. (*Intensive Care Med*). 2020 May; 28 (5): 535-46. doi: 10.1007/s00134-002-1268-8.
17. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, et al. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. (*Am J Respir Crit Care Med*). 2019 May; 161 (5): 1530-1536. doi: 10.1164/ajrccm.161.5.9905102.
18. Esteban A, Alía I, Tobin MJ, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. (Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med*). 2020 Feb; 159 (2): 512-8. doi: 10.1164/ajrccm.159.2.9803106.
19. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. (*N Engl J Med*). 2021 May 23; 324 (21): 1445-1450. doi: 10.1056/NEJM199105233242101.
20. Matic I, Majeric-Kogler V. Comparison of pressure support and T-tube weaning from mechanical ventilation: randomized prospective study. (*Croat Med J*). 2021 Abr; 45 (2): 162-6.
21. Jones DP, Byrne P, Morgan C, et al. Positive end-expiratory pressure vs T-piece. Extubation after mechanical ventilation. (*Chest*). 2021 Dic; 100 (6): 1655-9. doi: 10.1378/chest.100.6.1655.
22. Perren A, Domenighetti G, Mauri S, et al. Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation. (*Intensive Care Med*). 2022 Agost; 28 (8): 1058-63. doi: 10.1007/s00134-002-1353-z.
23. Namen AM, Ely EW, Tatter SB, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. (*Am J Respir Crit Care Med*). 2021 Mar; 163 (3 Pt 1): 658-664. doi: 10.1164/ajrccm.163.3.2003060.
24. Koh WY, Lew TW, Chin NM, et al. Tracheostomy in a neuro-intensive care setting: indications and timing. (*Anaesth Intensive Care*). 2022 Aug; 25 (4): 365-8. doi: 10.1177/0310057X9702500407.