



# BUAP

## TITULO DE LA TESIS PROFESIONAL

“Correlación de la función diafragmática medida por ultrasonido en comparación con la fuerza inspiratoria negativa, como predictores de destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla”

### Presenta

Jesús Ciro Cristobal Landeros Yáñez

Tesis para obtener Diploma de grado en especialidad Medicina del Enfermo en Estado Crítico

**ASESOR METODOLOGICO:** MCMi José Luis Gálvez Romero

**ASESOR EXPERTO:** Dr. Sergio Reyes Inurrigarro

**INVESTIGADOR ASOCIADO:** Dra. Karla López Altamirano



Puebla de Zaragoza a 06 de enero del año 2023.

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	1
2. INTRODUCCION.....	3
3. ANTECEDENTES .....	4
3.1 Antecedentes generales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2 Antecedentes específicos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
5. OBJETIVOS .....	10
5.1 Objetivo Principal .....	10
5.2 Objetivos Específicos .....	10
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
7. RESULTADOS.....	18
8. DISCUSIÓN .....	18
9. CONCLUSIONES .....	28
10. BIBLIOIGRAFÍA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## 1. RESUMEN

**Introducción.** El diafragma es el principal musculo respiratorio y su disfunción en el enfermo en estado crítico favorece el desarrollo de complicaciones respiratorias, incrementando con ello los días de ventilación mecánica. Aproximadamente el 20% de los pacientes que se encuentran bajo ventilación mecánica presentan dificultades en el destete ventilatorio, se considera que cerca del 40% del total del tiempo de ventilación mecánica se destina para el proceso de destete ventilatorio. En los pacientes bajo ventilación mecánica el musculo diafragma puede desarrollar debilidad y atrofia, lo que puede provocar una duración prolongada de la ventilación.

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

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

**Resultados.** Se incluyeron 50 pacientes, 58% hombres (29/50), edad en años de  $62 \pm 2.8$  DE. Diagnósticos de ingreso a UCI: neurológicos quirúrgicos y no quirúrgicos 23(46%), paciente post quirúrgico no cardiotorácico 11/50 (22%), infecciosos 9/50 (15%), paciente post quirúrgico cardiotorácico 5/50 (10%) y trastornos primarios respiratorios 2/50(4%). La necesidad de ventilación mecánica invasiva en días fue de  $4.6 \pm 1.5$  DE; se realizó prueba ventilatoria espontánea con pieza en T en 49/50 (98%) pacientes y CPAP/PS en 1/50 (2%). El éxito al retiro de la ventilación mecánica se reportó en 44/50 (88%) pacientes. Se presentó fracaso en 2 (33.3%) pacientes neuro críticos, 2 (33.3%) pacientes con patología de origen infeccioso, 1 (16.6%) paciente post quirúrgico no cardiotorácico y 1/50 (16.6%) paciente post quirúrgico cardiotorácico. Medición de excursión diafragmática previo a la extubación, AUC de 0.8 (IC 95% de 0.55 a 1;  $p = 0.009$ ), punto de corte para predecir extubación exitosa fue de 1.09, sensibilidad de 97.7%, especificidad de 83.3%, valor predictivo positivo de 97.7% y valor predictivo negativo de 83.3%. Tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma, AUC 0.79 (IC 95% de 0.547 a 1), punto de corte 0.81 segundos,  $p=0.002$ , sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%. Valor predictivo

positivo 97.2%, Valor predictivo negativo 35.7%. NIF, AUC 0.48, (IC 95% de 0.79 a 0.91), punto de corte -23.5,  $p = (0.9)$ , sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3%, valor predictivo positivo 75%, Valor predictivo negativo 5.9%; e índice de Tobin/Yang, AUC de 0.32 (IC 95% 0.12 A 0.52), punto de corte 79,  $p = (0.2)$ , sensibilidad 18%, especificidad 66.7%, valor predictivo positivo 80%, valor predictivo negativo 10%. Coeficiente de correlación de excursión diafragmática de ingreso de 0.23,  $p = 0.1$ , excursión diafragmática a las 48 horas de 0.81,  $p = 0.001$ , tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma de 0.9,  $p = 0.001$ .

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

## 2. INTRODUCCIÓN

El diafragma es el principal musculo respiratorio y su función en el enfermo en estado crítico favorece el desarrollo de complicaciones respiratorias que pueden incrementar los días bajo ventilación mecánica (Esper, 2016). Alrededor del 20% de los pacientes que se encuentran bajo ventilación mecánica tienen dificultades y complicaciones en el destete ventilatorio, cerca del 40% del total de tiempo en ventilación mecánica es necesario o se destina para el proceso de destete o liberación (Zhou, 2017).

En los pacientes bajo ventilación mecánica, el diafragma está sujeto a diversas condiciones que pueden generar diversas alteraciones, entre ellas, debilidad y atrofia, lo que conlleva múltiples complicaciones, traducidas en prolongación del tiempo de la ventilación mecánica e incremento en incidencia de infecciones respiratorias. Muchos estudios informaron una alta prevalencia de disfunción del musculo diafragma durante el destete y progresión ventilatoria, y se ha demostrado que estas condiciones se asocian a peores resultados en la evolución clínica del enfermo. Las herramientas de utilidad descritas en la actualidad para medir y evaluar la función del diafragma, y que son motivo de revisión en este estudio son; ultrasonografía a la cabecera del enfermo y fuerza inspiratoria negativa, ambas, métodos no invasivos para evaluar y visualizar directamente la fuerza mecánica del diafragma. (Rittayamai, 2019)

A pesar de un número creciente de estudios que informan respecto al uso de medidas para medir la fuerza del diafragma, no existe una metodología firmemente establecida sobre la aplicación de herramientas para su medición, por lo que consideramos necesario comparar la efectividad de las previamente referidas para el destete ventilatorio, así como posterior retiro exitoso de la ventilación mecánica. (Theerawit, 2018). Determinar el momento ideal para la extubación de un paciente críticamente enfermo continua siendo un desafío para el medico intensivista, ya que, el retiro prematuro de la ventilación mecánica invasiva presenta un alto riesgo de falla al realizar el destete, lo cual puede provocar la Re intubación del paciente, sometiendo a un estrés hemodinámico y respiratorio al enfermo, en contra parte la extubación tardía presenta complicaciones infecciones, como el desarrollo de neumonía asociada a ventilación mecánica, lesión traqueal, lesiones pulmonares asociadas e inducidas por la ventilación mecánica. Tanto el destete prematuro como tardío cuentan con la importante característica de aumentar la mortalidad, la estancia hospitalaria

dentro de la unidad de cuidados intensivos y un costo económico tanto para el sistema de salud como para la familia del paciente crítico. (Zhou, 2017).

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 ANTECEDENTES GENERALES

La disfunción diafragmática continúa siendo la principal causa de dificultad o fracaso durante el destete o inflamatorios, o en casos donde se prolonga el uso de ventilación mecánica invasiva en un paciente críticamente enfermo. (McCool, 2012). Aunque el examen por fluoroscopia del diafragma sigue siendo el estándar ventilatorio. Su prevalencia se reporta entre el 33% al 95%. Contribuyen a esta, una enfermedad crítica como polineuropatía y miopatía (Theerawit, 2018).

La disfunción diafragmática es una causa infradiagnosticada de disnea y siempre debe considerarse en el diagnóstico diferencial de disnea inexplicable. La disfunción del diafragma varía desde una pérdida parcial de la capacidad de generar presión (debilidad) hasta una pérdida completa de la función diafragmática (parálisis). La debilidad o parálisis del diafragma puede involucrar uno o ambas hemidiafragmas y puede verse en el contexto de trastornos metabólicos de oro para la evaluación del movimiento diafragmático, es complicado su empleo en pacientes dentro de la unidad de cuidados intensivos. La ecografía a la cabecera del enfermo se realiza cada vez más para evaluación en tiempo real del movimiento diafragmático.

Esta técnica permite la evaluación cualitativa y cuantitativa de la función diafragmática en términos de espesor y amplitud diafragmáticos durante la contracción, lo que a su vez sirve de ayuda para diagnosticar la debilidad diafragmática y la carga de trabajo respiratoria. (Theerawit, 2018)

Otra prueba que se puede realizar para monitorización de la disfunción diafragmática es la fuerza negativa en la inspiración (NIF), es un método para documentar la presión diafragmática generada en contra de una obstrucción, va del 70 al 80 % del valor predicho, refleja la longitud subóptima, la tensión propiamente dicha; esta técnica visualiza principalmente los lazos centrales de los músculos espiratorios en un tendón total restringido del diafragma, no la capacidad del componente muscular, en lugar de un componente miopático generalizado, y está sujeto a limitaciones similares al proceso. Los de fluoroscopia del diafragma, sin embargo, es una prueba con facilidad para su realización y disponible en la mayoría de las unidades de cuidados intensivos. (McCool, 2012)

## **DISFUNCION DIAFRAGMATICA INDUCIDA POR VENTILACION MECANICA**

Este término se refiere a la disfunción de la musculatura diafragmática, secundaria al efecto negativo de la propia ventilación mecánica y que puede ocurrir en paralelo o no, con la afectación del resto de musculatura de la caja torácica. Estudios realizados demuestran que la inactividad del musculo diafragma que se produce en los pacientes ventilados con modalidades ventilatorias controladas provocaba una perdida rápida y progresiva de la función del diafragma. La importancia clínica de la disfunción diafragmática radica en su rápida aparición, afecta aproximadamente a un 65% de los pacientes bajo ventilación mecánica. (Munawar, 2018). Varios factores se encuentran asociados con el desarrollo de la disfunción del diafragma, incluido el ajuste inadecuado de la presión de soporte, los días de ventilación mecánica y el uso de fármacos sedantes y agentes bloqueadores neuromusculares (Martin, 2017).

## **DESTETE VENTILATORIO**

El retiro o destete o weaning ventilatorio se define como el proceso a través del cual ocurre la transferencia gradual al paciente del trabajo respiratorio realizado por el ventilador mecánico, proceso mediante el cual, el paciente asume de nuevo la respiración espontánea y consta de dos procesos: el destete del soporte ventilatorio mecánico y liberación de la vía aérea. El destete del ventilador se realiza en pacientes que han estado por más de 48 horas bajo soporte Ventilatorio mediante una prueba de ventilación espontánea. Los criterios utilizados para el inicio de la prueba de ventilación espontánea incluye entre otros : relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> mayor 150 o SaO<sub>2</sub> mayor a 90% con FiO<sub>2</sub> igual o menor de 0.40 y PEEP igual o menor de 5 cmH<sub>2</sub>O, temperatura menor a 38°C estabilidad hemodinámica, cual definimos como ausencia de hipotensión clínicamente significativa o que no requiere vasopresores o los requiere a bajas dosis, hemoglobina mayor o igual de 10 gr/dl, presión inspiratoria máxima (P<sub>I</sub>max) para predecir un destete satisfactorio con un umbral de presión entre -20 y -30 cmH<sub>2</sub>O, requiere el esfuerzo eficaz y la cooperación del enfermo, el nivel de conciencia adecuado definido como paciente despierto o que se despierta con facilidad, presión de oclusión de la vía a 100 milisegundos (P<sub>0.1</sub>), índice de ventilación rápida superficial (IVRS), también conocido como índice de Yang y Tobin, expresado como  $VRS = FR/Vt$ , los pacientes con  $IVRS > 106$  rpm/L tienen alto riesgo de fracaso del destete ventilatorio, una zona gris de 60 a 106

rpm/L y probablemente con bajo riesgo de fracaso con IVRS < 60 rpm/L. (Hernández-López & David, 2017)

## **PRESIÓN INSPIRATORIA MÁXIMA (PIMAX) O FUERZA INSPIRATORIA NEGATIVA (NIF)**

La presión inspiratoria máxima utilizada durante mucho tiempo en el entorno de la Unidad de cuidados intensivos para evaluar la fuerza de los músculos inspiratorios, dicha maniobra consiste en un esfuerzo inspiratorio máximo mediante una válvula unidireccional, que permite la exhalación mientras la inhalación está temporalmente bloqueada, lo que permite a los pacientes después de 3-4 esfuerzos respiratorios realizar un esfuerzo máximo a un volumen pulmonar cercano al residual. Su medición es sencilla de realizar y no es invasiva, sin embargo, requiere un grado considerable de cooperación. Con frecuencia es utilizada la presión máxima que se genera con un esfuerzo inspiratorio realizado desde la capacidad funcional residual con lo que evaluamos la fuerza de los músculos asociados con la respiración, pues en condiciones normales el humano puede realizar una PImax superior a -100 cmH<sub>2</sub>O. Para determinar un destete exitoso es de utilidad un umbral de presión entre -20 y -30 cmH<sub>2</sub>O y requiere el esfuerzo y la cooperación del enfermo, por lo que a veces es difícil obtener una medida adecuada. Para mejorar su aplicación y reproducibilidad puede sugerir el método descrito por Truwit y Marini que no depende de la cooperación del enfermo. Para realizar esta maniobra, la vía aérea es ocluida por alrededor 20 a 25 segundos con una válvula unidireccional que permite al paciente exhalar, pero no inhalar, obligando al enfermo a realizar un gran esfuerzo a la inspiración. (Hernández-López & David, 2017)

## **ULTRASONIDO DIAFRAGMATICO**

A pesar de un mayor número de estudios que informan el uso de las medidas de ultrasonido diafragmático, no existe un método firmemente establecido para su aplicación (Munawar, 2018). El diafragma es el principal músculo respiratorio, con una excursión de 1 a 2 cm, el diafragma proporciona casi el 75% de la ventilación pulmonar en reposo, mientras que durante la respiración forzada su amplitud puede llegar hasta 7 a 11cm (Ms, 2018). Una de las medidas más aceptadas es el desplazamiento diafragmático/excursión diafragmática; para evaluar, necesitamos una sonda de ultrasonido de 3,5-5MHz, la cual se coloca justo por debajo de las costillas justo a nivel de la línea media clavicular, otra opción puede ser sobre la línea axilar anterior derecha o izquierda, dirigiendo

el haz de ultrasonido perpendicular al tercio posterior de dicha hemidiafragma. Durante el proceso de inspiración, el musculo diafragma normal se desplaza en forma caudal y, por tanto, se acercará al transductor. Se define disfunción diafragmática como una excursión menor de 10mm o una excursión negativa (o movimiento paradójico). Se reportaron por Kim y colaboradores valores de excursión diafragmática  $> 1.8$  cm en pacientes ventilados en maniobras de retiro de ventilación con éxito. Los valores reportados como normales del grosor diafragmático en condiciones normales oscilan entre 1.8-3 mm. (ER, 2014)

## **GROSOR DIAFRAGMÁTICO**

El grosor del diafragma es dependiente directamente de la masa muscular, correlacionando directamente con la capacidad vital forzada. La disminución del grosor del musculo diafragma es asociado con el descenso de amplitud valorada por electromiografía, y que indica presencia de atrofia. El grosor diafragmático se cuantifica de forma sencilla y la cabecera del paciente por ultrasonografía, siendo la hemidiafragma derecha, en su ventana hepática, la ventana ultrasonográfica más accesible en comparación al hemidiafragma izquierdo. Para realizar la medición de el grosor utilizaremos una sonda de 10-12 MHz, colocándola de manera perpendicular sobre el 9.º-10.º espacio intercostal en la línea axilar anterior, para observar parte de la zona de aposición del diafragma con la caja torácica. El grosor diafragmático es medido en un modo M o con la imagen 2D durante una espiración no forzada. El grosor diafragmático normal en pacientes ventilados es de  $2,4 \pm 0,8$  mm, indicando atrofia valores por debajo de 2 mm. (Dot, 2017)

## **VARIACIÓN DEL GROSOR DIAFRAGMÁTICO**

La variación del grosor diafragmático se calcula usando un modo M mediante la fórmula para cálculo de esta. Dicha medición puede utilizarse como un indicador e la capacidad diafragmática para generar presión. Una variación  $< 20\%$  podría ser considerada como un predictor de fracaso de la desconexión de la Ventilación mecánica, con una mejor predicción que el uso del índice de Tobin. Se medirá mediante la siguiente fórmula con la cual se calcula la variación del grosor diafragmático. Variación grosor diafragmático= Grosor al final de la inspiración - Grosor al final de la espiración/ Grosor al final de la espiración.

## **TIEMPO DE AMPLITUD INSPIRATORIA PICO DEL DIAFRAGMA (TPIA)**

La medición se realiza a través de un abordaje subcostal o intercostal en la línea media claviclar, o directamente posicionando el transductor en la línea axilar anterior derecha o izquierda. El hígado o el bazo se identificó como una ventana para cada hemidiafragma. La sonda de ultrasonido se colocó en la dirección en que el haz de ultrasonido alcanzó el tercio posterior de la hemidiafragma correspondiente perpendicularmente. Se definió el tiempo de amplitud inspiratoria pico del diafragma, se define como el tiempo desde el comienzo de la contracción diafragmática a la amplitud máxima de la excursión diafragmática a la inspiración medida desde un rastreo ultrasonográfico en modo M rastreo. Se definió como un TPIA adecuado, como una medición  $>$  a 0.8 segundos, relacionada a una adecuada contracción del musculo diafragmático en un tiempo oportuno de contracción. (Theerawit P. 2018)

## 1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante años recientes se han observado dificultades en la interrupción de la asistencia respiratoria en los pacientes críticos, que se encuentran bajo ventilación mecánica y se sabe que se emplea un tiempo considerable para su retiro en la Terapia intensiva. Durante la estancia en dicho servicio el diafragma se ve expuesto a distintas agresiones como hipotensión, hipoxia, uso prolongado de medicamentos que afectan la función muscular del mismo (relajantes musculares entre otros), enfermedades que prolongan los días del enfermo en la unidad, lo anteriormente mencionado se ha relacionado con falla en el protocolo de retiro de la ventilación, aumentando los días de estancia hospitalaria, mortalidad e incremento de complicaciones como infecciones respiratorias y sus repercusiones para el paciente en estado crítico.

Durante largo tiempo se han evaluado herramientas y métodos a la cabecera del paciente para evaluar el estado funcional del diafragma, principal musculo relacionado a la ventilación, y ampliamente relacionado al fracaso al retiro de la ventilación mecánica. (Qian, 2021) (Llamas-Álvarez, 2017)

Ante el anterior argumento surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la precisión diagnóstica de la correlación de la función diafragmática medida por ultrasonido en comparación con la fuerza Inspiratoria Negativa (NIF), como predictores de destete ventilatorio de pacientes críticamente enfermos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional Puebla?

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO PRINCIPAL**

Determinar la correlación de la función diafrágica medida por ultrasonido en comparación con la fuerza inspiratoria negativa, como predictores de destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos de la Unidad de Cuidados Intensivos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cuál de las mediciones diafrágicas realizadas correlaciona en mayor proporción con destete ventilatorio exitoso.
- Describir las características estructurales y de funcionalidad del diafragma, durante la estancia del paciente en la Unidad de Cuidados Intensivos.
- Determinar el área bajo la curva, punto de corte, sensibilidad y especificidad de cada una de las pruebas diagnósticas.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.

<b>POR SU OBJETIVO</b>	COMPARATIVO DE PRECISIÓN DIAGNÓSTICA
<b>POR LA ASIGNACION DE LA MANIOBRA</b>	OBSERVACIONAL
<b>POR LA TEMPORALIDAD</b>	LONGITUDINAL
<b>POR LA DIRECCIONALIDAD</b>	PROSPECTIVO
<b>POR LA OBTENCION DE LA INFORMACION</b>	PROLECTIVO
<b>POR LA UBICACIÓN DEL ESTUDIO</b>	UNICENTRICO
<b>CONFORMACION DE GRUPOS</b>	HOMODÉMICO

#### 6.2 UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL.

Pacientes Hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital ISSSTE Puebla en los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva.

Pacientes que se encuentran hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos, que se encuentran bajo ventilación mecánica invasiva, y se encuentren en protocolo de destete ventilatorio.

#### 6.3 ESTRATEGIA DEL TRABAJO

Paciente que cumplen con criterios de inclusión y que se encuentran en protocolo para realización de destete ventilatorio, se les realizo ultrasonografía a nivel diafragmático, donde se realizaron las mediciones de excursión diafragmática y TPIA, demostrando movilidad del diafragma en inspiración y espiración durante un modo espontáneo de VM o durante la prueba de ventilación espontanea, se describe como normal un valor  $> 1.8$  cm. Dichas medidas ultrasonográficas fueron comparadas con mediciones convencionales de destete ventilatorio que pretenden valorar fuerza en los músculos asociados a la respiración (diafragma) en este caso se evaluó la Fuerza inspiración

negativa. Se realizarán uniformemente todas las mediciones descritas en todos los pacientes y se realizara la correlación de las variables descritas.

## **6.4 MUESTREO.**

### **6.4.1 DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTREO**

Se calculó una N de 50 pacientes con la siguiente fórmula.

$$N= 4(Z\alpha)^2(pq)/IC^2$$

En donde:

Z: nivel de confianza

P: probabilidad de éxito o proporción esperada

Q: probabilidad fracaso

D: precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Con base Llamas-Álvarez 2017, Whebell, 2020, Gok 2021, quien reporta una sensibilidad para esta prueba del 85%, si la probabilidad de error tipo 1 es del 5% y consideraremos un factor de precisión de 2% entonces requerimos estudiar a 50 pacientes y agregamos un 10% de posibilidad de perdida, en total necesitamos 55 pacientes.

### **6.4.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA**

Por aparición consecutiva de eventos

### **6.4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO**

#### **6.4.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- 1. Pacientes mayores de 18 años.
- 2. Pacientes hospitalizados en la UCI del Hospital Regional ISSSTE Puebla.
- 3. Pacientes con ventilación mecánica al ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos.

- 4. Pacientes que hayan cumplido los criterios para inicio de prueba de ventilación espontánea durante su estancia en UCI. ( $F_{iO_2} < 50\%$ , presión positiva al final de la espiración  $< 5$  cm H<sub>2</sub>O, frecuencia respiratoria  $< 30$  rpm, relación  $P_{aO_2}/F_{iO_2} > 150$  mmHg, Glasgow  $> 14$ , estabilidad hemodinámica, test de fuga  $> 12\%$ )

#### **6.4.3.1 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

1. Embarazo.
2. Historia de enfermedad neuromuscular.
3. Neumotórax no resuelto.
4. Absceso subfrénico.
5. Lesión conocida del nervio frénico.
6. Obesidad mórbida.
7. Falta de disposición del paciente o familiar para participar en el estudio.

#### **6.4.3.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Pacientes Re intubados después de una primera falla a la extubación.
- Paciente el cual, sus familiares decidían egresar del estudio.
- Pacientes con llenado de hoja de datos incompleto.

#### **6.4.4 DISEÑO Y TIPO DE MUESTRA**

Estudio comparativo de precisión diagnóstica, observacional, longitudinal

## 6.5 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES Y ESCALA DE MEDICIÓN.

Variable	Definición operacional	Definición conceptual	Escala de medición	Valor	Instrumento de medición
<b>TIEMPO DE VENTILACION MECANICA</b>	Tiempo en el cual se mantiene la ventilación mecánica en un paciente crítico.	Cantidad de días, los cuales se mantiene un paciente bajo ventilación mecánica invasiva.	<b>Cuantitativa Numérica</b>	Días de ventilación mecánica invasiva.	Hoja de registro
<b>EXCURSION DIAFRAGMATICA</b>	Evalúa la movilidad del diafragma con el ultrasonido en modo M, y la segunda es la medición de los cambios de grosor diafragmático en inspiración y espiración, denominada delta del grosor diafragmático.	Medición mediante ultrasonido en modo M la movilidad del diafragma en inspiración y espiración al colocar al paciente en modo espontáneo de VM o durante una prueba de ventilación espontanea (ER, 2014).	<b>Numérica Cuantitativa</b>	Cm.	Hoja de registro.
<b>FUERZA INSPIRATORIA NEGATIVA</b>	La Presión Inspiratoria Máxima (PiMax) se caracteriza por ser la máxima presión generada por los músculos inspiratorios al realizar una inspiración forzada; supone en la práctica una evaluación sencilla y	Se medirá la presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio realizado desde la capacidad funcional residual para evaluar la fuerza de los músculos respiratorios en específico. La Pimax evalúa principalmente	<b>Numérica cuantitativa</b>	cmH2O	Hoja de registro

	global de la fuerza de la musculatura inspiratoria.	la fuerza diafragmática			
<b>ÉXITO DE RETIRO DE LA VENTILACION MECANICA</b>	Es el proceso de transición de la ventilación artificial a la espontánea, en los pacientes que permanecen en VM invasiva durante un tiempo superior a las 24 h.	Se medirá considerando exitoso el retiro de la ventilación mecánica al transcurrir 48 horas o más del retiro de la VMI, y que el paciente no presente datos de dificultad respiratoria. (Whebell, 2020)	<b>Cualitativa nominal dicotómica</b>	Cualitativa Sí= 1 No = 0	Hoja de registro
<b>AMPLITUD DEL TIEMPO PICO INSPIRATORIO DEL DIAFRAGMA (TPIA)</b>	El TPIA se definió como el tiempo necesario para lograr la a amplitud máxima de la excursión inspiratoria diafragmática.	El TPIA se medirá como el tiempo desde el inicio de la contracción a la amplitud máxima de la excursión inspiratoria diafragmática medida a partir del trazado del modo M (DiNino, 2014).	<b>Cuantitativa Numérica</b>	Segundos (Vega, 2019).	Hoja de registro.

## 6.6 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se eligieron pacientes para nuestro estudio de acuerdo con la aparición consecutiva de eventos a la realización de mediciones ultrasonográficas

## 6.7 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Una vez ingresado un paciente al estudio se registrarán las siguientes variables demográficas y clínicas: sexo, edad, comorbilidades de acuerdo al índice de Charlson, fecha y motivo de ingreso a la UCI, gravedad de la enfermedad evaluada mediante la escala APACHE II, presencia de disfunción orgánica evaluada mediante la escala SOFA, al ingreso se toma la medición ultrasonográfica de excursión diafragmática y tiempo de amplitud máxima del diafragma a la inspiración, diariamente hasta evaluar el retiro de la ventilación mecánica bajo criterio médico y cumpliendo condiciones para destete ventilatorio. Posteriormente se realizó prueba en pieza en T en todos los pacientes que cumplieran con los criterios de inclusión (Aikaterini, 2016).

La ultrasonografía que fue utilizada durante el estudio fue un sistema de ultrasonido Sonosite Fujifilm, sonda lineal de 10 MHz en modo M, la evaluación fue realizada en posición decúbito ventral, visualizando el diafragma con la sonda lineal posicionado en la pared torácica a nivel subcostal anterior, específicamente en el sitio de aposición diafragmática. Las mediciones de la Excursión diafragmática y TPIA, se realizaron por médico residente de Medicina Critica bajo supervisión de Medico adscrito al servicio de medicina critica entrenado en USG en paciente Critico. A la par se evalúa la Fuerza de inspiración negativa, junto con la toma de predictores habituales para realizar el destete ventilatorio. Una vez retirada la ventilación mecánica, se vigiló al paciente por 48 horas y se consideró éxito en el retiro de la ventilación mecánica cuando el paciente no requirió soporte mecánico ventilatorio durante ese lapso. (Emmanuel, 2019)

## 6.8 ANÁLISIS DE DATOS

Las variables continuas serán expresadas como promedio  $\pm$  desviación estándar para los datos paramétricos y como medianas con rango Inter cuartil para los no paramétricos. La normalidad de los datos se evaluará mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnof.

Para evaluar si existe correlación del ultrasonido diafragmático con la fuerza inspiratoria negativa se emplearán la prueba de correlación  $r$  de Spearman o el coeficiente de correlación de Pearson de acuerdo con la distribución de los datos, En todos los casos, un valor de  $p < 0.05$  será considerado estadísticamente significativo. El análisis de los datos se realizará utilizando el Statistical Package for Social Science versión 25.0 para Windows (IBM SPSS Statistics 25.0 para Windows, Armonk, NY).

Para determinar cuál de las pruebas predice mejor el destete, usaremos curva ROC y consideraremos un área bajo la curva mayor a 0.5 con IC95% y un  $p$  valor menor o igual 0.05, determinaremos punto de corte, así como la sensibilidad y especificidad de cada prueba.

## **6.9 DISEÑO ESTADÍSTICO**

### **6.9.1 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA**

La función diafragmática medida por ultrasonido se correlaciona de igual manera que la medición de la fuerza inspiratoria negativa, para la predicción del destete en pacientes críticamente enfermos en la UCI del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

### **6.9.2 PRUEBAS ESTADÍSTICA:**

Se utilizó estadística descriptiva, para las variables numéricas se empleó, media y desviación estándar, para las variables cualitativas se expresaron en frecuencias, porcentajes y rangos según el caso, Para determinar cuál de las pruebas predice mejor el destete, usaremos curva ROC y consideraremos un área bajo la curva mayor a 0.5 con IC95% y un  $p$  valor menor o igual 0.05, determinaremos punto de corte, así como la sensibilidad y especificidad de cada prueba.

## 4. RESULTADOS

Durante el periodo evaluado, se incluyeron en el estudio 50 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, 58% hombres (29/50), 42% mujeres (21/50), con una edad en años de  $62 \pm 2.8$  DE. Contaban con diversos padecimientos: neurológicos quirúrgicos y no quirúrgicos 23(46%), paciente post quirúrgico no cardiotorácico 11/50 (22%), infecciosos 9/50 (15%), paciente post quirúrgico cardiotorácico 5/50 (10%) y trastornos primarios respiratorios 2/50(4%). La necesidad de ventilación mecánica invasiva en días fue de  $4.6 \pm 1.5$  DE; se realizó prueba de ventilación espontanea con pieza en T en 49/50 (98%) pacientes y CPAP/PS en 1/50 (2%) Tabla 1.

El éxito al retiro de la ventilación mecánica se reportó en 44/50 (88%) pacientes, fracaso en 2 (33.3%) pacientes neuro críticos, 2 (33.3%) pacientes con patología de origen infeccioso, 1 (16.6%) paciente post quirúrgico no cardiotorácico y 1/50 (16.6%) paciente post quirúrgico cardiotorácico. Tabla 1.

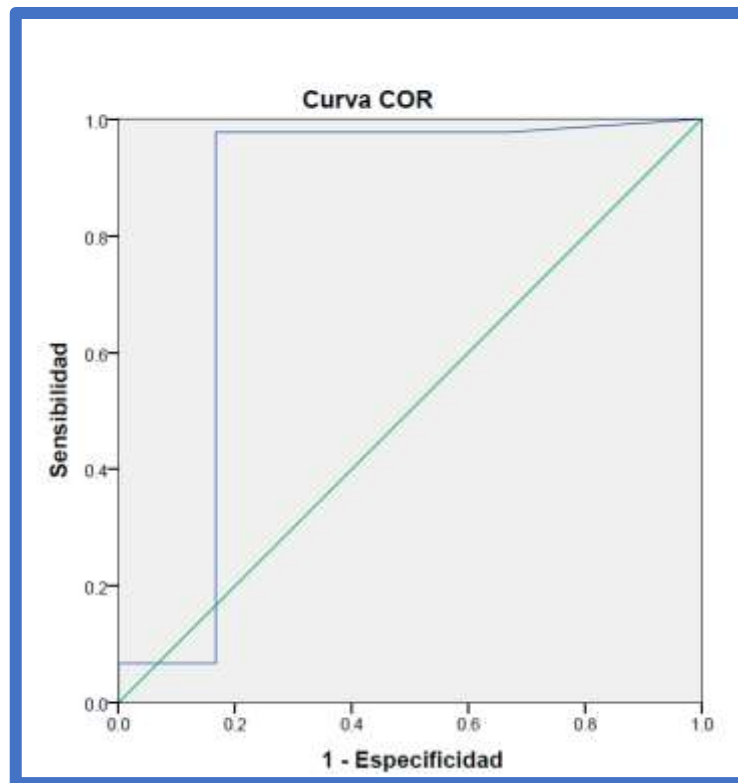
Se calculó curva COR para determinar sensibilidad y especificidad de la medición de excursión diafragmática previo a la extubación. Se obtuvo un área bajo la curva de 0.8 (IC 95% de 0.55 a 1;  $p = 0.009$ ), el punto de corte para predecir extubación exitosa fue de 1.09, con una sensibilidad de 97.7%, especificidad de 83.3%, valor predictivo positivo de 97.7% y valor predictivo negativo de 83.3%. Figura 1.

Otra medición ultrasonográfica realizada fue el el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma se encontró un área bajo la curva 0.79 (IC 95% de 0.547 a 1), con un punto de corte 0.81 segundos,  $p=0.002$ , sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%. Valor predictivo positivo 97.2%, Valor predictivo negativo 35.7%. Figura 2.

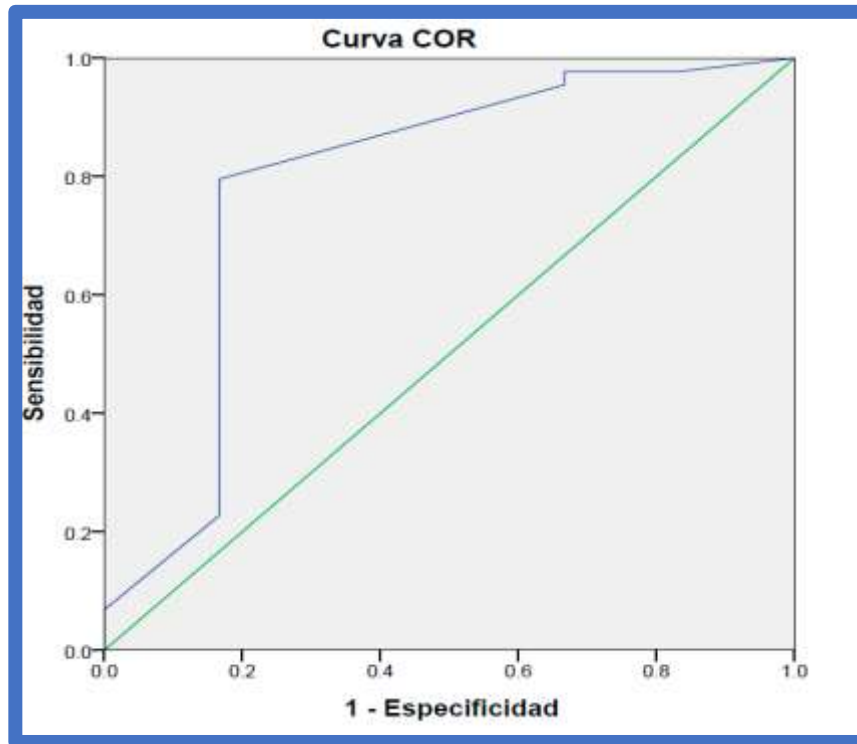
Se analizaron mediante curva COR las pruebas de NIF, área bajo la curva 0.48, (IC 95% de 0.79 a 0.91), punto de corte -23.5,  $p = (0.9)$ , sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3% Valor predictivo positivo 75%, Valor predictivo negativo 5.9%; e índice de Tobin/Yang con un área bajo la curva de 0.32 (IC 95% 0.12 A 0.52), punto de corte 79,  $p= (0.2)$ , sensibilidad 18% y especificidad 66.7%. Valor predictivo positivo 80% Valor predictivo negativo 10%. Figura 3.

**Tabla 1.** Características demográficas en pacientes críticamente enfermos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional Puebla

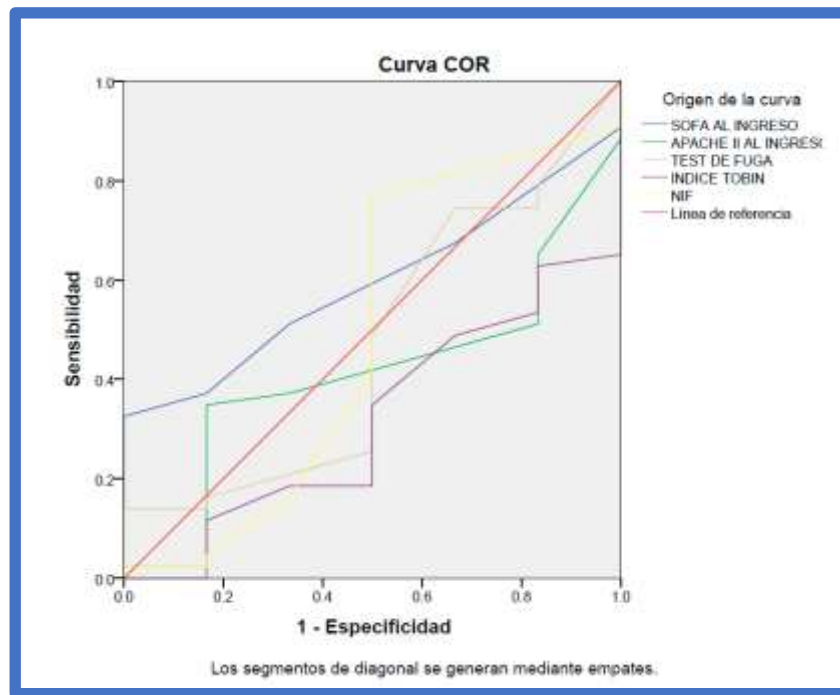
Variable	N= 50 FCIA (%)
Sexo	
Hombre	29 (58%)
Mujer	21 (42%)
Diagnóstico de ingreso	
Neurológicos	23 (46%)
Post quirúrgicos no cardiotorácico	11 (22%)
Post quirúrgico cardiocríticos	5 (10%)
Respiratorio	2 (4%)
Infecioso	9(18%)
Prueba de ventilación espontánea	
CPAP PS	1(2%)
Pieza en T	49(98%)
Comorbilidades	
Obesidad	1 (2%)
Diabetes mellitus	9 (18%)
Hipertensión	15(30%)
Cardiopatía isquémica	1(2%)
2 o más enfermedades	21(42%)
Éxito de extubación	44 (88%)

**Figura 1. Curva COR para la medición de excursión diafragmática en paciente crítico**

Se realizó curva COR para determinar sensibilidad y especificidad de la medición de excursión diafragmática previo a la extubación. Área bajo la curva de 0.8 (IC 95% de 0.55 a 1), con un punto de corte 1.09 cm y una  $p = 0.009$ , sensibilidad de 97.7% y especificidad 83.3%. Valor predictivo positivo de 97.7%, Valor predictivo negativo de 83.3%.

**Figura 2. Curva COR para la TPIA diafragmática en paciente critico**

Para el TPIA se encontró un área bajo la curva 0.79 (IC 95% de 0.547 a 1), con un punto de corte 0.81 segundos,  $p=0.002$ , sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%. Valor predictivo positivo de 97.2%, Valor predictivo negativo 35.7%.

**Figura 3. Curva COR para NIF e Índice de Tobin y Yang**

Se analizaron mediante curva COR las pruebas de NIF, área bajo la curva 0.48, (IC 95% de 0.79 a 0.91), punto de corte -23.5,  $p= (0.9)$ , sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3% VPP 75%, VPN 5.9%; e índice de Tobin/Yang con una área bajo la curva de 0.32 (IC 95% 0.12 A 0.52), punto de corte 79,  $P=(0.2)$ , sensibilidad 18% y especificidad 66.7%. Valor predictivo positivo 80% Valor predictivo negativo 10%.

**Tabla 2.**

**Predicción de excursión diafragmática y fuerza inspiratoria negativa para el destete ventilatorio en pacientes críticamente enfermos en la UCI Hospital Regional Puebla**

Variable	AUC	IC95%	Punto de corte	* p	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
<b>EXCURSION DIAFRAGMATICA</b>	0.83	0.55 a 1	1.09	0.009	97.7 %	83.3 %	97.7 %	83.3%
<b>TPIA</b>	0.79	0.547 a 1	0.81	0.002	79.5%	83.3%	97.2%	35.7 %
<b>NIF</b>	0.48	0.79 a 0.9	-23.5	0.9	27.3%	33.3%	75 %	5.9 %
<b>TOBIN</b>	0.32	0.12 a 0.52	79	0.2	18%	66.7 %	80 %	10 %

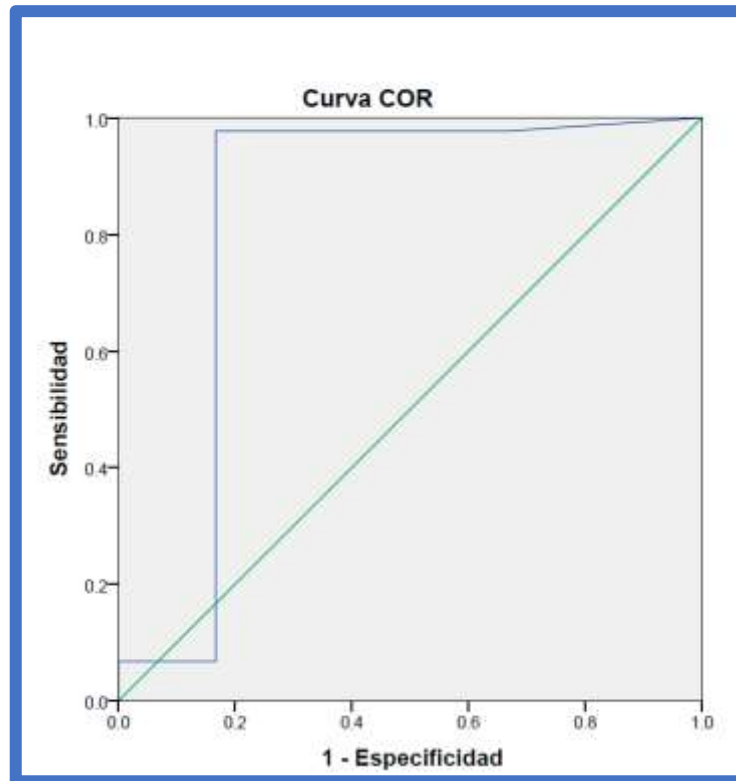
**Excursión diafragmática.** Medición mediante modo-M de la excursión diafragmática durante una inspiración normal.

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

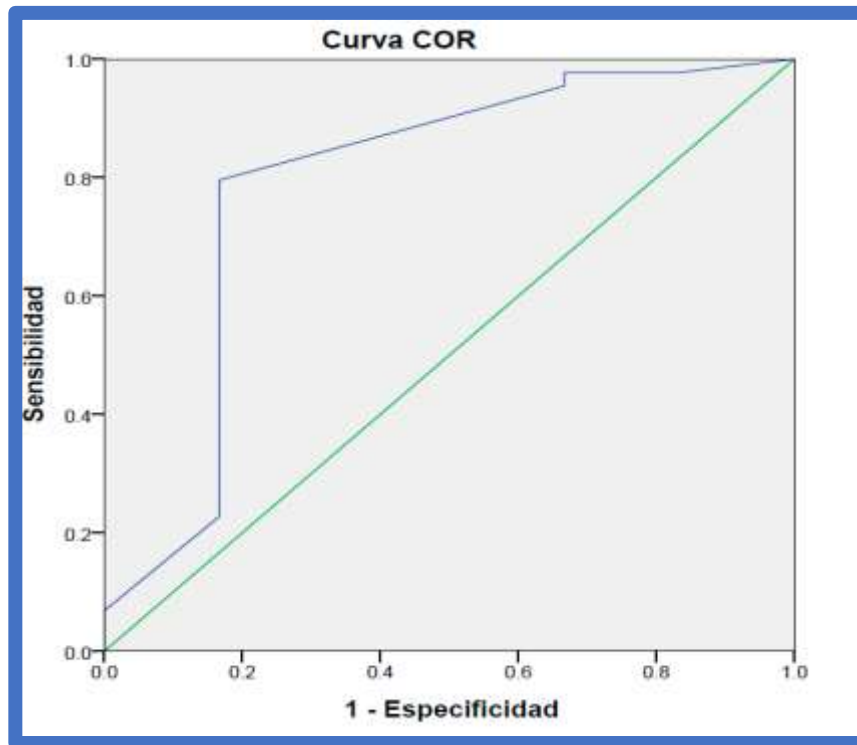
**NIF:** El cálculo del valor de Fuerza Inspiratoria Negativa, denominada Presión Inspiratoria Máxima, nos proporciona un valor global de la fuerza de la musculatura respiratoria y la capacidad para toser y expectorar.

**TOBIN/YANG.** índice  $f/V_t$ , denominado índice de respiraciones rápidas y superficiales, Consiste en dividir la frecuencia respiratoria entre el volumen corriente en litros.

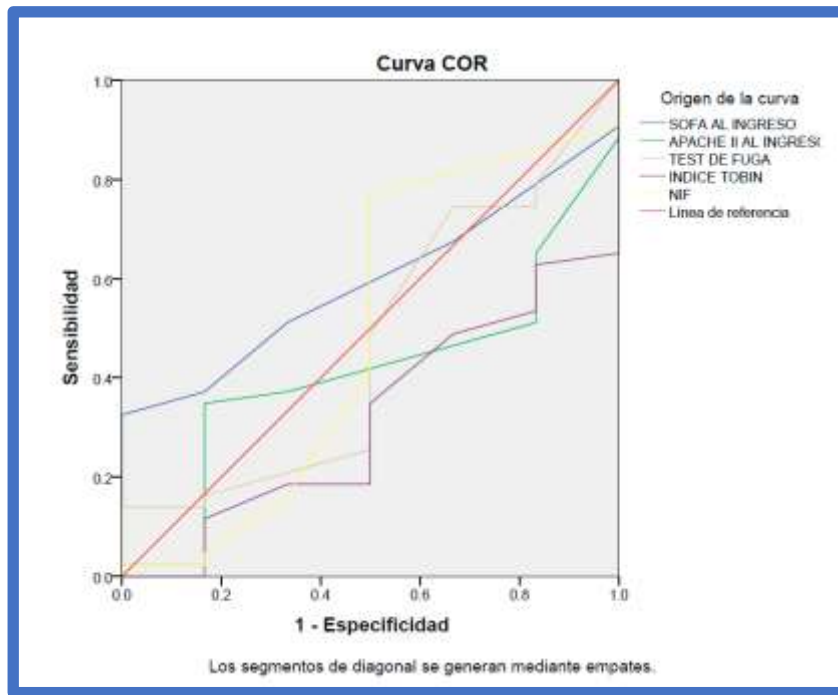
Se calculó una curva COR y consideramos significancia estadística un valor de  $<0.05$ . **Figura 1. Curva COR para la medición de excursión diafrágica como predictor de extubación exitosa en paciente crítico del Hospital Regional ISSSTE Puebla**



Se realizó curva COR para determinar sensibilidad y especificidad de la medición de excursión diafrágica previo a la extubación. Área bajo la curva de 0.8 (IC 95% de 0.55 a 1), con un punto de corte 1.09 cm y una  $p=0.009$ , sensibilidad de 97.7% y especificidad 83.3%. Valor predictivo positivo 97.7%, Valor predictivo negativa 83.3%.

**Figura 2. Curva COR para la TPIA diafragmática en paciente crítico**

Para el TPIA se encontró un área bajo la curva 0.79 (IC 95% de 0.547 a 1), con un punto de corte 0.81 segundos,  $p=0.002$ , sensibilidad de 79.5% y especificidad 83.3%. Valor predictivo positivo 97.2%, Valor predictivo negativo 35.7%.

**Figura 3. Curva COR para NIF e Índice de Tobin y Yang**

Se analizaron mediante curva COR las pruebas de NIF, área bajo la curva 0.48, (IC 95% de 0.79 a 0.91), punto de corte -23.5,  $p=(0.9)$ , sensibilidad de 27.3%, especificidad 33.3% Valor predictivo positivo 75%, valor predictivo negativo 5.9%; e índice de Tobin/Yang con una área bajo la curva de 0.32 (IC 95% 0.12 A 0.52), punto de corte 79,  $p=(0.2)$ , sensibilidad 18% y especificidad 66.7%. Valor predictivo positivo 80% valor predictivo negativo 10%.

**Tabla 2.**

**Predicción de excursión diafragmática y fuerza inspiratoria negativa, como predictores de extubación exitosa ventilatorio en pacientes críticamente enfermos en la UCI Hospital Regional Puebla**

Variable	AUC	IC95%	Punto de corte	* p	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
<b>EXCURSION DIAFRAGMATICA</b>	0.83	0.55 a 1	1.09	0.009	97.7 %	83.3 %	97.7 %	83.3%
<b>TPIA</b>	0.79	0.547 a 1	0.81	0.002	79.5%	83.3%	97.2%	35.7 %
<b>NIF</b>	0.48	0.79 a 0.9	-23.5	0.9	27.3%	33.3%	75 %	5.9 %
<b>TOBIN</b>	0.32	0.12 a 0.52	79	0.2	18%	66.7 %	80 %	10 %

**Excursión diafragmática.** Medición mediante modo-M de la excursión diafragmática durante una inspiración normal.

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

**NIF:** El cálculo del valor de Fuerza Inspiratoria Negativa, denominada Presión Inspiratoria Máxima, nos proporciona un valor global de la fuerza de la musculatura respiratoria y la capacidad para toser y expectorar.

**TOBIN/YANG.** índice  $f/V_t$ , denominado índice de respiraciones rápidas y superficiales, Consiste en dividir la frecuencia respiratoria entre el volumen corriente en litros.

**Se calculó una curva COR y consideramos significancia estadística un valor de <0.05**

## 5. DISCUSIÓN

En el presente estudio en el que se realizó ecografía diafragmática en el momento previo a la extubación en correlación con mediciones convencionales realizadas en el destete ventilatorio, la predicción del éxito en el retiro de la ventilación mecánica es fundamental en el manejo de pacientes críticos sometidos a Ventilación mecánica (A.M. Llamas-Álvarez, 2017). El diafragma es el principal musculo respiratorio y tiene un papel fundamental en el proceso de la ventilación, y la debilidad de este es muy común que se presente en enfermos en estado crítico, puede existir desde antes de la admisión a la unidad de cuidados intensivos y puede presentar la necesidad de estancias hospitalarias prolongadas. (McCool, F. D. 2012) La debilidad del musculo diafragma se asocia a enfermedades graves y complicaciones en la evolución del paciente que incluyen un aumento de la mortalidad en la Unidad de cuidados intensivos, dificultad para el destete ventilatorio y una duración prolongada de la ventilación mecánica (Dres Martin 2017). Las técnicas de fácil acceso y sobre todo a la cabecera del paciente, para la evaluación de los músculos respiratorios prometen mejorar la detección de la debilidad del diafragma y permitir estrategias preventivas, que impactaran directamente en el manejo optimo del paciente (Esper, R. C. 2016).

Bajo lo anteriormente mencionado en este estudio se identificó el momento adecuado para realizar el retiro de la ventilación mecánica para la medición ultrasonográfica de la excursión diafragmático y el el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma en correlación con mediciones convencionales tomadas con el ventilador como la Fuerza inspiratoria negativa como predictores en el fracaso de la extubación. En los pacientes bajo apoyo de ventilación, el retiro de esta es un proceso lento y complicado. En nuestro estudio los pacientes fueron colocados en una prueba de ventilación espontánea y el 12% fracasaron al retiro lo cual concuerda con lo reportado en la literatura (Zhou, P 2017), por lo que consideramos importantes tanto las estrategias para el retiro de la ventilación, así como sabemos que el diafragma contribuye a generar hasta el 70% del volumen corriente en cada ventilación y su disfunción es multifactorial, consideramos importante el detectar los factores que pudieran afectarlo y así tomar estrategias para evitar su disfunción. La evaluación del diafragma por ultrasonido se ha convertido en una herramienta muy necesaria en la evaluación del enfermo en estado crítico, en condiciones que alteran su función a través de la excursión diafragmática, así como el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma. Mariani y colaboradores evaluaron, la presencia de disfunción diafragmática en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva prolongada;

como resultado reporta una reproducibilidad inter observador de 91%, la cual fue mayor a la mostrada en la valoración de la excursión diafragmática (Mariani L. F. 2016). Por lo que, aunque consideramos una herramienta útil es importante el entrenamiento y experiencia para su realización, ya que consideramos que todas estas mediciones son operador dependiente y así con esto reducir el rango de error en su medición (Esper, R. C. 2016). En este estudio nosotros evaluamos la utilidad de las mediciones diafragmáticas (excursión diafragmática y el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma) , tienen una buena sensibilidad y especificidad en correlación con mediciones que realizamos de forma convencional como fuerza inspiratoria negativa y la medición del índice Tobin/ Yang usado en el destete ventilatorio habitual, por lo que determinamos que su medición pudiera tener impacto tanto en la detección de disfunción diafragmático como en el impacto en un mejor protocolo para destete ventilatorio, que impactara en menor tiempo de ventilación mecánica invasiva así como disminución en el tiempo de estancia hospitalaria(Vega F.V, 2019)( Whebell, S. 2020).

## **6. CONCLUSIONES**

Tanto la excursión diafragmática como el tiempo inspiratorio máximo diafragmático, medidos por ultrasonido, presentan una adecuada sensibilidad y especificidad para predecir extubación exitosa en el paciente críticamente enfermo.

## **7. RECOMENDACIONES**

La disfunción diafragmática es una entidad común en el enfermo en estado crítico, que tiene impacto en los días de ventilación mecánica del enfermo, así como en los días de estancia hospitalaria y necesitamos herramientas de fácil acceso, útiles y reproducibles para obtener un impacto en los protocolos del retiro de la ventilación mecánica.

En nuestro estudio los pacientes que fracasaron en el retiro de la ventilación mecánica tuvieron una medición menor en excursión diafragmática y el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma, significativamente menor que la población en la cual se retiró de forma exitosa la ventilación mecánica.

Nuestro estudio evidencio en conclusión que la excursión diafragmática y el tiempo hasta amplitud inspiratoria pico del diafragma resultaron con una mejor significancia así como especificidad y sensibilidad en correlación con fuerza inspiratoria y índice de Tobin/Yang, por lo que consideramos una medición eficaz y de utilidad como predictor en los pacientes que se encuentran en protocolo de retiro de la ventilación mecánica, al igual consideramos una herramienta accesible, a la cabecera del paciente, no invasiva y que puede impactar en un mejor protocolo de retiro de la ventilación mecánica.

## **8. FORTALEZAS**

Primer estudio realizado en la institución en donde se investiga la correlación de las mediciones ultrasonográficas como predictor de destete ventilatorio, fue un estudio fácilmente reproducible sin

representar costos adicionales para la unidad hospitalaria, y con recursos con los que ya contaba la institución.

## 9. LIMITACIONES

Una limitante de este estudio fue no medir otros parámetros de función diafragmática, sería interesante correlacionarlo con parámetros morfométricos como grosor de diafragma o variación de grosor diafragmático. Únicamente fue realizado en un centro hospitalario.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aikaterini, F. (2016). Diaphragmatic ultrasonography in patients with weaning. *Minerva Anestesiologica*, 82(11), 1149.
2. DiNino, E. (2014). Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Critical Care*, 69, 423-427.
3. Dot, I. (2017). Disfunción diafragmática: una realidad en el paciente ventilado mecánicamente. *Archivos de Bronconeulología*, 53(3), 150-156.
4. Emmanuel, V. (2019). Diaphragm: ultrasound: Weaning. *Chest*, 155(6), 1131-1139.
5. ER, C. (2014). Evaluación ultrasonográfica del diafragma en el enfermo grave. *Rev. Asoc Mex Med Crit y Ter Int*, 28(3), 187-194.
6. Esper, R. C. (2016). Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. (Medigraphic, Ed.) 30(4).
7. Hernandez-Lopez, & David, G. (2017). Retiro de la ventilación mecánica. *Medicina Critica*, 31(4), 238-245.
8. Llamas-Alvarez, A. M. (2017). diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome. (C. Care, Ed.) *Chest*, 1140-1150.
9. Martin, D. (2017). Critical illness-associated diaphragm weakness. *Springer-Verlag*, 43, 1441-1442.
10. McCool, F. D. (2012). Dysfunction of the Diaphragm. *NEJM*, 932.
11. Ms, C. L. (2018). Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning. *Medicine journal*, 22.
12. Munawar, K. M. (2018). Comparing Ultrasound-based Diaphragmatic Excursion with Rapid Shallow Breathing Index as Weaning Predictor. *Cureus*, 10.
13. Qian, Z. (2021). Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ OPEN*, 8, 1-10.
14. Rittayamai, N. (2019). The evolution of diaphragm activity and function determined by. *Journal of Critical Care* 51, 133-138.
15. Theerawit, P. (2018). Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning. *BMC Pulmonary Medicine*, 175.
16. Vega, F. V. (2019). Usefulness of diaphragmatic ultrasound in predicting extubation success. (ELSEVIER, Ed.) *MEDICINA INTENSIVA*, 1413.

17. Whebell, S. (2020). Use of Ultrasound to Determine Changes in Diaphragm Mechanics During a Spontaneous Breathing Trial. *Journal of Intensive Care Medicine*, 1-9.
18. Zhou, P. (2017). The predictive value of serial changes in diaphragm function during the spontaneous breathing trial for weaning outcome: a study protocol. *BMJ OPEN*, 1-6.
19. A.M. Llamas-Álvarez, (2017) Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis *Chest.*, 152 (2017), pp. 1140-1150
20. Dres Martin (2017). Critical illness-associated diaphragm Weakness, *Intensive Care Med* (2017) 43:1441–1452
21. Mariani L. F. (2016). Ultrasonography for Screening and Follow-Up of Diaphragmatic Dysfunction in the ICU: a pilot Study, *Journal of Intensive Care Medicine*. (2016). Vol. 31(5) 338-343