



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARIA DE SALUD

**INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES  
RESPIRATORIAS  
"ISMAEL COSÍO VILLEGAS"**

ESPECIALIDAD EN:  
NEUMOLOGÍA

**Volumen pulmonar total y regional por tomografía de  
impedancia eléctrica durante el destete de la  
ventilación mecánica invasiva**

TESIS  
PARA OBTENER EL GRADO DE MEDICO ESPECIALISTA EN:  
**NEUMOLOGÍA**

PRESENTA:  
**DR. JESÚS ACOSTA PÉREZ**

TUTOR Y ASESOR:  
**DR. THIERRY HERNÁNDEZ GILSOUL**



MÉXICO, DF., AGOSTO DE 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**SECRETARIA DE SALUD  
DIRECCIÓN DE ENSEÑANZA  
INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
“ISMAEL COSÍO VILLEGAS”  
NEUMOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

---

**DR. JUAN CARLOS VÁZQUEZ GARCÍA**  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

---

**DRA MARGARITA FERNÁNDEZ VEGA**  
SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA

---

**DRA. MARÍA DEL CARMEN CANO SALAS**  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

---

**DR. THIERRY HERNANDEZ  
GILSOUL**  
ASESOR Y TUTOR DE TESIS DE TITULACIÓN EN NEUMOLOGÍA  
MÉDICO ADSCRITO A LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS  
RESPIRATORIOS

---

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS:

- A mi hijo y a mi esposa por estar siempre a mi lado en los buenos y en los malos tiempos, por su paciencia y apoyo ante la ausencia que conlleva la realización de una especialidad, por su amor incondicional y eterno.
- A mi madre por su apoyo y el amor que solo una madre sabe dar, por estar siempre ahí para mí, por haberme enseñado a siempre seguir adelante sin voltear atrás y a minimizar cualquier obstáculo.
- A mi tía Rocío y a mi abuela Elva Urbina Verboonen también por su apoyo, por tratarme siempre como un hijo, por estar pendiente de mi familia, por regalarme tranquilidad en tiempos difíciles, por todo el amor que me han dado.
- A mi padre por enseñarme el camino de la medicina, por hacerlo ver siempre tan fácil y por su entrega tan apasionada a la profesión, por motivarme a ir lo más lejos posible.
- Con mucho cariño a la Dra. Carmen Margarita Hernández Cárdenas por su apoyo, por ayudarme a abrir nuevas puertas de manera incondicional y desinteresada, por motivarme a competir contra cualquiera y por dejarme formar parte de su equipo en la realización de este trabajo.
- A mi maestro y tutor de Tesis Dr. Thierry Hernández Gilsoul por el tiempo que invirtió en este trabajo, por enseñarme más de lo que un libro hubiera podido, por su paciencia y dedicación desinteresada para ayudarme.
- A mis compañeros y hermanos Josué Daniel Cadeza Aguilar, Inti Rodríguez López, Isabel Ramírez, José Luis Vargas. Gracias por su valiosa amistad, por su lealtad y por estar ahí para mí cuando lo necesité.
- Al Instituto Nacional de Enfermedades respiratorias dejarme formar parte de su equipo y ayudar en mi formación como médico especialista.

## ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Planteamiento del problema	11
3. Justificación	11
4. Pregunta de Investigación	12
5. Hipótesis	12
6. Objetivos	13
7. Material y métodos	
a. Diseño del estudio	14
b. Población en estudio	14
c. Metodología	15
d. Procesamiento y análisis estadístico	16
8. Definición de variables	17
9. Implicaciones éticas	18
10. Resultados	19
11. Discusión	23
12. Conclusiones	27
13. Referencias Bibliográficas	28
14. Anexos	32

## INTRODUCCION

### DESTETE DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA.

El retiro de la ventilación mecánica invasiva (VMI), es uno de los procedimientos fundamentales en la Unidades de Cuidados Intensivos (UCI). La discontinuación de la VMI consta principalmente de dos pasos: la prueba de preparación (prueba de ventilación espontánea) y el destete.<sup>1-2</sup>

La prueba de ventilación espontánea (PVE) puede sobrellevarse por medio de la instauración de un período de tiempo sin el ventilador (conocida como prueba pieza en "T") o bien con ventilación en modalidad espontánea.<sup>3-4</sup> El lapso de tiempo por el cual se realiza la PVE a comprobado ser efectivo entre 30 a 120 minutos.<sup>5</sup>

El retiro de la VMI consiste en 2 pasos principalmente:

- 1.- Evaluar diario si el paciente puede realizar una PVE.
- 2.- "Destete": disminución progresiva del soporte ventilatorio.<sup>2-9</sup>

Sin embargo, existe un índice considerable de falla al retiro de la ventilación en la UCI, el cual se reporta entre 5-30% en la mayoría de las cohortes e incluso con mayor porcentaje en algunos reportes.<sup>9</sup> Cabe mencionar que la re-intubación se asocia con una mayor estancia intrahospitalaria y el riesgo de complicaciones.<sup>8</sup> Ya que los pacientes que son extubados exitosamente tienen menor morbilidad, mortalidad y un gasto más bajo de recursos que aquellos que necesitan más días de VMI o son re-intubados.<sup>10-11</sup> La estrategia considerada más exitosa para el destete incluye, una evaluación diaria para determinar realizar una PVE y por tanto la extubación del paciente.<sup>12-13</sup>

Los métodos tradicionales de PVE incluyen varias modalidades ventilatorias como: presión soporte (PS), modo CPAP (*continuous positive airway pressure*, por sus siglas en inglés), y pieza en "T" (PT), ésta última con y sin apoyo ventilatorio. Con una duración que va de 30 minutos a 2 horas. (sin diferencia en el desenlace con ambos tiempos), en aquellos pacientes con mayor duración de la VMI (> 10 días) se sugiere una PVE con la mayor duración. La PVE es simple, eficiente, segura y efectiva.

Por otro lado, los métodos de destete incluyen: ventilación espontánea en modo PS, con descenso progresivo de presión soporte; modo SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation, por sus siglas en inglés) con una disminución progresiva de las ventilaciones asistidas, así como los modos de ventilación automática inteligente, los cuales sobrellevan el descenso del soporte de manera automatizada.<sup>5-14</sup>

En un estudio de 546 pacientes con VMI, el 76% tuvo éxito en PVE con PT y de estos 82% fueron extubados. El resto fue aleatorizado para realizar PVE diaria con PT vs disminución progresiva de la PS o SIMV, concluyendo que aquellos a quienes se realizaba diario una PVE tenían más éxito a la extubación.<sup>4</sup>

En otro estudio, 300 pacientes fueron asignados por medio de aleatorización a retiro de VMI con PVE diaria (PT o CPAP) vs juicio clínico. En éste estudio se observó que aquellos pacientes a quienes se les realizó la PVE diaria lograron disminuir los días de VMI (4.5 vs 6 días) y complicaciones en comparación a aquellos que se extubaron solo con juicio clínico.<sup>13</sup>

Adicionalmente, estudios aleatorizados y algunos meta-análisis sugieren que no hay un método de PVE superior a otro. Por lo que éste puede ser seleccionado a preferencia del clínico. En la mayoría de pacientes cualquier método es suficiente con algunas excepciones como el diámetro del tubo (<7 mm, PS. Edema agudo de pulmón, Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), se beneficiarán más del modo CPAP).<sup>15</sup>

Independiente al método utilizado el clínico deberá determinar si la prueba fue éxito o falla. Los criterios objetivos a determinar durante la PVE incluyen; taquipnea, dificultad respiratoria, cambios hemodinámicos (Tensión arterial sistólica >180 mmhg, o menor a 90 mmhg), desaturación (SpO2 <90%), estado mental, agitación, PaO2 < 50 mmHg, pH < 7.32. Sin embargo, el clínico no deberá solo confiar en estos parámetros, si no, integrarlo a su propio juicio al pie de cama del paciente.<sup>4-16</sup>

Estudios han demostrado la sobre-cautela que tienen los clínicos al iniciar el destete de la VMI. Esto expone a los pacientes a una VMI prolongada innecesaria y sus riesgos asociados. Es por esto que se han indagado en múltiples protocolos y procedimientos para el retiro de la misma. Múltiples estudios han demostrado el beneficio que ofrece un protocolo de destete a los cuidados usuales por lo que muchas UCI los han incorporado a su rutina en los cuidados de pacientes bajo VMI.<sup>17-18</sup>

El beneficio de un protocolo de destete ha sido demostrado por un meta análisis de 11 estudios aleatorizados en el cual se redujo la duración de la VMI hasta por un 25% sin incremento de los riesgos adversos.<sup>19</sup>

## **PREDICTORES DE DESTETE.**

Además del juicio clínico se han estudiado los “test fisiológicos” o también llamados predictores de destete. Estos pretenden identificar a todos los pacientes listos para respirar de manera independiente y deberán ser fáciles de realizar, altamente reproducibles, además deben usar equipo y técnicas disponibles en la UCI, algunos de los predictores son los siguientes:

El índice de respiración superficial: ( $F/V_t$ , donde, FR = frecuencia respiratoria y  $V_t$  = volumen tidal) con un valor  $<105$ , es el más extensamente estudiado y comúnmente utilizado como predictor de destete. Fue descrito por primera vez en una cohorte y tiene una sensibilidad de 97%, especificidad 64%, valor predictivo negativo y positivo de 78 y 95%, respectivamente.<sup>20</sup>

Índice de oxigenación: es un predictor pobre para retiro de VMI no deberá ser usado solo, puesto no se ha demostrado que los pacientes con pobre oxigenación puedan predecir éxito o falla. En un estudio una  $PaO_2/FiO_2 > 238$  demostró un valor predictivo positivo (VPP) de 90% y un valor predictivo negativo (VPN) de 10%.<sup>12-21</sup>

Ventilación minuto: La demanda estimada del sistema respiratorio, la cual es aproximadamente de 5 a 6 L/min en individuos sanos en reposo. Esta aumenta en pacientes bajo VMI que tienen un aumento en la producción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), (por ejemplo: fiebre, estados hiper-metabólicos, etc.), acidosis metabólica, hipoxemia, aumento del espacio muerto o aumento del *drive* respiratorio. Ya que el aumento de la ventilación minuto se traduce en un incremento en la demanda respiratoria es razonable pensar que el aumento del mismo podría predecir falla al destete. Sin embargo, una revisión sistemática demostró que es un predictor pobre para destete.<sup>8</sup>

La presión inspiratoria máxima (PIM): Valora la fuerza de los músculos inspiratorios. Una revisión sistemática demostró también a este parámetro como un predictor pobre de éxito al retiro de la VMI con baja sensibilidad y especificidad, sin embargo, con un ligero aumento en la probabilidad de falla al destete en pacientes con una PIM disminuida. Una razón probable puede ser porque esta maniobra solo evalúa la fuerza de los músculos y no la carga que estos reciben, esta prueba se realiza ocluyendo la válvula hasta 20 a 25 segundos para estimular un esfuerzo máximo.<sup>8-22</sup>

Compliance (compliance dinámica o  $C_{dyn}$ ): es una cuantificación indirecta del trabajo respiratorio diseñado para superar las fuerzas elásticas del sistema respiratorio. Es estimado bajo una condición de cero flujo de gases (valor normal, 60-100 ml/cmH<sub>2</sub>O). En una cohorte un valor menor a 33 tuvo una pobre capacidad predictora de falla al destete, probablemente por la pobre asociación entre baja compliance con la capacidad de los músculos respiratorios.<sup>20</sup>

Presión de oclusión (P 0.1): El *drive* respiratorio puede ser estimado midiendo la presión de la vía aérea generada en 0.1 segundos durante un esfuerzo espiratorio en una vía aérea ocluida. Lo normal en sujetos sanos es no menor de -2 cmH<sub>2</sub>O. Aquellos que fallan al destete tendrán un P 0.1 más negativo, esto traduciría un *drive* respiratorio aumentado. La precisión predictiva del P 0.1 aumenta significativamente al dividirse entre la PIM (P 0.1/PIM), valores más altos a 0.13 han sido asociados con falla al destete.<sup>23-24</sup>

*Work of breath* o trabajo respiratorio (WOB, por sus siglas en inglés): El trabajo respiratorio puede ser calculado con el  $V_t$  y con la presión intra-torácica (medido a través de la inserción de un balón esofágico con sensor de presión). Este ha sido estudiado como un predictor potencial de destete pues este tiende a ser mayor entre pacientes con falla al destete en comparación a aquellos con éxito al mismo. Sin embargo, un valor preciso que discrimine éxito o falla al destete (no es universal).<sup>25</sup>

Acidosis de la mucosa gástrica: El flujo de sangre puede pasar al lecho esplácnico a través de los músculos respiratorios durante el destete para incrementar las demandas de oxígeno de los músculos respiratorios. Esto es más severo en la falla al destete y puede resultar en una acidosis de la mucosa (o isquemia). Es por esto que la acidosis de la mucosa gástrica pudiera ser un indicador de falla al destete. Este método es limitado por la necesidad de una sonda nasogástrica con sensor. Se demostró en 2 estudios con 29 y 19 pacientes respectivamente, bajo VMI donde se observó una disminución significativa del pH en aquellos pacientes que fallaron al destete en comparación a aquellos con éxito.<sup>26-27</sup>

El costo respiratorio de oxígeno ( $O_2$ ): Es la diferencia entre el consumo total de  $O_2$  durante la respiración espontánea. Su medición requiere un equipo especial (valores metabólicos), lo cual no está rutinariamente en la UCI. En sujetos sanos se toma en cuenta un valor menor al 5% del total del consumo de  $O_2$ . En sujetos quienes han sido destetados puede exceder el 50% y tiende a ser mayor en pacientes quienes tienen falla al destete. Los estudios han fallado en identificar un rango certero para determinar riesgo elevado de falla al retiro de la VMI. Además, no discrimina de un consumo no respiratorio de  $O_2$ .<sup>28-29</sup>

## INDICES INTEGRATIVOS

Adicionalmente a los predictores previamente mencionados, se han conformado algunos índices con la combinación de varios predictores.

Cociente de esfuerzo inspiratorio (IEQ): =  $[(0.75V_t/C_{dyn}) \times (T_i/TTOT)] / MIP$ . (donde  $V_t$  es volumen tidal; Complianza dinámica  $C_{dyn}$ ;  $T_i$ ; tiempo inspiratorio;  $T_{TOT}$  es el tiempo total del ciclo respiratorio y PIM, presión inspiratoria máxima). Un IEQ >0.15 sugiere fatiga por lo tanto se supone como predictor de falla al destete.

Índice de CROP (complianza, frecuencia respiratoria, oxigenación, presión) =  $[C_{dyn} * PIM * (PaO_2 / PAO_2)] / FR$ , donde  $PAO_2$  es la presión alveolar de  $O_2$ . Un estudio prospectivo de cohorte encontró que un CROP de 13 ml/r/min podría predecir éxito al destete con un VPP de 71% y un VPN de 70%. En este mismo estudio se observó menos precisión en comparación con el  $F/V_t$ .<sup>20-30</sup>

Índice de CORE: (complianza, oxigenación, respiración, esfuerzo) =  $[C_{dyn} * (PIM/P 0.1) * (PaO_2 / PAO_2)] / FR$ . Este índice se comparó contra  $F/V_t$  y CROP sin encontrar una asociación fuerte para predecir éxito o falla al retiro de la VMI.<sup>31</sup>

Índice de destete (WI, *weaning index*, por sus siglas en inglés) =  $PTI * (VE40/VTsb)$ . Donde PTI, es índice de tiempo de presión modificado; VE40 ventilación minuto necesaria para una  $PCO_2$  de 40 mmhg,  $V_{tsb}$  volumen tidal durante la respiración espontánea. En un análisis POST-HOC fue altamente predictivo para destete.<sup>32</sup>

Índice de weaning integrativo (IWI, Integrative weaning index, por sus siglas en inglés) =  $(C_{dyn}) * SaO_2 / F/V_t$ . En un estudio observacional los valores de referencia se determinaron en 115 pacientes y validados prospectivamente con 216 pacientes adicionales. Un IWI > 25 predijo sensibilidad y especificidad de 0.97 y 0.94 respectivamente.<sup>23</sup>

## TOMOGRAFÍA DE IMPEDANCIA ELÉCTRICA

La tomografía por impedancia eléctrica (TIE) es un método no invasivo libre de radiación que permite la visualización por imagen y la obtención de datos en tiempo real de la ventilación regional y el volumen pulmonar.<sup>10</sup> Su uso ha sido validado en estudios de reclutamiento alveolar y detección de complicaciones como derrame pleural o neumotórax.<sup>11-12</sup>

La TIE se basa en mediciones de la bio-impedancia, esto debido a que las propiedades bio-eléctricas del tejido pulmonar cambian con el contenido de aire. Por consecuencia, los cambios del volumen pulmonar debido a la ventilación resultan en cambios de la impedancia torácica.

Por medio de esta técnica Hinz y Cols. demostraron en 10 pacientes con ventilación mecánica invasiva por más de 24 horas con lesión pulmonar aguda, cambios en el volumen pulmonar cuando se comparó con un método de medición de volumen pulmonar a través de maniobra de lavado de nitrógeno con circuito cerrado, por este método se observó un aumento en el volumen pulmonar conforme se aumentó la PEEP.<sup>13</sup> He incluso en un estudio similar en pacientes obesos se demostró dichos cambios de volumetría a diferentes PEEP.<sup>14</sup> Ambos estudio fueron precedidos por Van Genderingen y Cols. así como Frerichs y Cols. los cuales demostraron dicha correlación con modelos porcinos.<sup>15-16</sup>

De tal manera que diversos estudios experimentales y clínicos han validado que la TIE ofrece la posibilidad de medir la distribución regional de la ventilación en pacientes con VMI, y han confirmado la correlación entre los cambios de impedancia eléctrica detectados por este método y la densidad regional pulmonar comparado siempre contra un método de medición de gas y el considerado actualmente el estándar de oro del reclutamiento alveolar la tomografía pulmonar según el protocolo de Gattinoni.<sup>17</sup>

Actualmente no se cuenta con ningún antecedente sobre la utilización de la TIE en el proceso de destete.

En un estudio de cohorte publicado en 2015 en el que se utilizó el TIE para monitorizar una maniobra de apertura pulmonar vs. maniobras estándar de reclutamiento en 15 pacientes con SIRA moderado temprano observando mejoría un menor *drive* respiratorio, mejoría en oxigenación y una distribución más homogénea de la ventilación a través de la variación en la impedancia de  $V_t$  (ROI ventral / dorsal, *region of interes*, por sus siglas en ingles). Es así que se ha confirmado la utilidad del TIE como una herramienta útil que podría subsidiar la necesidad de realizar TAC convencional de manera periódica en el paciente crítico (protocolo de Gattinoni) considerada la prueba de oro para determinar reclutamiento alveolar.<sup>34</sup> Otro estudio de cohorte de pacientes traqueostomizados en la UCI, se utilizó el TIE para observar des-reclutamiento tras la desinflación de las válvulas de fonación en estos pacientes, el monitoreo con TIE permitió demostrar el no des-reclutamiento en estos pacientes.<sup>35</sup>

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El retiro de la ventilación mecánica comprende un algoritmo clínico complejo y común en la UCI, los predictores actuales de éxito al destete de la ventilación mecánica tienen una baja sensibilidad y especificidad y debido a ellos se sugiere tomar en cuenta varios predictores además del juicio clínico para realizar la PVE, debido a la importancia de la extubación temprana y exitosa se necesita de más herramientas para apoyo del clínico en este procedimiento.

## **3. JUSTIFICACION**

Considerando el proceso de destete fundamental en la UTI, y la PVE como el método más exitoso de retiro de la ventilación, aún con tasas de falla a la extubación que van del 5 al 30%, debido al bajo coeficiente de probabilidad de los predictores actuales, y por otro lado el surgimiento de la TIE como un método de monitorización de la ventilación pulmonar al pie de la cama, libre de radiación, el cual ha demostrado correlación con áreas de reclutamiento alveolar, existe la necesidad de determinar si este método de monitorización puede diferenciar cambios de volumen (des-reclutamiento) durante el destete de la VMI y así determinar si potencialmente puede mejorar el entendimiento del destete.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿Existe una caída de unidades de impedancia eléctrica durante la PVE y tras la extubación del paciente?

#### **5. HIPÓTESIS**

Los pacientes que realizan la PVE y son destetados, presentarán unidades de impedancia diferentes determinados por TIE.

## 6. OBJETIVOS

### Objetivo principal

- Identificar los cambios de impedancia eléctrica con la TIE entre los pacientes extubados exitosamente y los que presentan falla a la extubación.

### Objetivos Específicos.

- Conocer las diferencias de los pacientes no extubados por fallo en la PVE comparado con su impedancia eléctrica previa a la PVE y durante la PVE.
- Conocer las diferencias de los pacientes extubados por una PVE exitosa comparado con su impedancia eléctrica previa a la PVE y durante la PVE.
- Identificar diferencias de los pacientes sin fallo al retiro de la VMI comparado con su impedancia eléctrica durante la PVE y posterior al retiro.
- Identificar diferencias de los pacientes con falla al retiro de la VMI comparado con su impedancia eléctrica durante la PVE y posterior al retiro.
- Comparar el cambio de impedancia eléctrica de los pacientes que pasaron la PVE contra los que no pasaron la PVE.
- Comparar el cambio de impedancia eléctrica de los pacientes que se retiraron exitosamente de la VMI contra los fallaron al retiro de la VMI.
- Definir potenciales parámetros de impedancia eléctrica como posible predictor para PVE y/o retiro de la ventilación.

## **7. MATERIAL Y METODOS:**

### **a. DISEÑO DEL ESTUDIO**

Estudio observacional, analítico y prospectivo.

### **b. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

#### **Criterios de Selección**

- Ser mayor de 18 años de edad,
- Contar con VMI por más de 48 hrs.
- Equipo clínico de la UCI decide realizar una PVE para valorar extubación.

#### **Criterios de exclusión**

- Pacientes con cirugía pulmonar (lobectomía pulmonar, neumonectomía, etc.)
- Pacientes con fístula pleural.
- Pacientes con marcapasos.
- Pacientes con obesidad mórbida con índice de masa corporal (IMC)  $> 50 \text{ kg/m}^2$

#### **Criterio de eliminación**

- Pacientes que no se logre adecuada calibración, captación o grabación de la señal con el TIE.
- Pacientes que soliciten retiro del TIE durante el estudio.

### **c. METODOLOGÍA**

Se realizó un estudio observacional, longitudinal y prospectivo en pacientes bajo VMI de la UTI del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas” (INER) e Instituto Nacional de Nutrición y Ciencias Médicas “Salvador Zubiran” (INNSZ), se realizó la monitorización a través del TIE antes, durante y posterior a la PVE.

El protocolo de monitorización incluyó la colocación del TIE (Pulmovista, Dräger, Alemania), se colocó un cinto (el material en contacto con paciente es de poliuretano termoplástico) adecuado para peso del paciente (5 tamaños disponibles), con los sensores en contacto con la piel y se aplicó gel hipo alérgico conductor, se colocó un sensor único utilizado como referencia en la parte anterior del abdomen, el cable en la cara externa del cinto se conectó a otro cable que es conectado al TIE. Se colocó en la región basal torácico, habitualmente por debajo de las tetillas como referencia anatómica externa para capturar las regiones dependientes pulmonares, el TIE realiza una calibración automática, y muestra en la pantalla el análisis de captura de cada uno de los 16 electrodos del cinto y por lo tanto la calidad de detección de señal de los 16 sensores (y del sensor de referencia), el cual durante toda la monitorización mantiene en la pantalla un marcador de calidad de señal. Se ajustó la monitorización de frecuencia el cual debe ser con rango no mayor ni menor a la frecuencia respiratoria del paciente, la monitorización regional pulmonar se define a cuatro zonas de distribución (denominadas por el TIE como ROI) equivalentes antero-posteriores e izquierda-derecha del corte tomográfico, se ingresa iniciales de paciente, fecha y registro del mismo. La TIE cuenta con memoria interna y exportación de datos.

La monitorización se la realizó por el equipo de investigación el cual no se involucró en la decisión clínica del resultado de la PVE ni del retiro a la ventilación. La captura de datos se muestra en unidades de impedancia, con 20 capturas por segundo, las cuales se muestran una onda similar al ciclo respiratorio de volumen-tiempo.

Se realizó la monitorización grabada de 20 minutos previos al inicio de la PVE (durante ventilación asisto/controlada), durante PVE (30 minutos a 2 horas), la PVE se realizó en la modalidad de elección del grupo clínico a cargo del paciente. Adicionalmente se monitorizó 20 minutos en caso de extubación.

El médico a cargo del paciente, tomó la decisión de realizar la PVE a juicio propio, y no tuvo acceso a la información de dicha monitorización, por lo que la decisión de extubar el paciente se realizó bajo juicio clínico libre. No se solicitaron muestras sanguíneas mínimas o adicionales a las que el mismo grupo clínico decidió realizar durante la PVE.

Al grupo de pacientes que se extubó se le dio un seguimiento de 48 horas para valorar si fue re-intubado y así definir, falla a la extubación.

#### **d. PROCESAMIENTO, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El tamaño de muestra se calculó a partir de la fórmula de diferencias de dos promedios de impedancia pulmonar, tomando una precisión del 95% y un poder del 80%, con base en los datos del Corley y cols<sup>19</sup>, tomando la impedancia pulmonar como variable de interés y un 20% de pérdidas durante el estudio:  $n = 2(Z\alpha + Z\beta)^2 S^2 / d^2$ . Dónde:  $Z\alpha =$  Precisión = 1.96,  $Z\beta =$  Poder = 0.842,  $S =$  Varianza de la variable cuantitativa de interés (impedancia pulmonar) = 213,  $d =$  Valor mínimo de las diferencias de las medias = 10. Sustituyendo:  $n = 2(1.96 + 0.842)^2 (213)^2 / (10)^2 = 33$ ,  $n = 2(1.96 + 0.842)^2 (213)^2 / (10)^2 = 33 + (33 \times 0.20) = 39.6$ . Por lo tanto, 40 pacientes por cada grupo para el estudio.

Las variables se expresan en proporciones y medidas de tendencia central según su distribución. Se correlaciono parámetros de la TIE, con variables continuas con dicotómica en el tiempo, por lo que la comparación entre grupos se realizó medio de prueba de t de student para muestras independientes, se aplicó un modelo de regresión lineal y binominal para correlacionar la información de las variables, en todas las pruebas se consideró un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo. Se utilizó el programa de SPSS 17.0 (Chicago, IL, USA) para el análisis estadístico.

## 8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

### Las variables a determinar incluyen:

#### Variables demográficas

Edad en años, talla en metros (mts), peso en Kilogramos (kg) e IMC en kg/m<sup>2</sup>.

Diagnóstico y enfermedad(es) de base según la clasificación internacional de enfermedades decima versión (CIE 10) versión 2015 “Organización mundial de la salud (OMS), SOFA (por sus siglas en inglés *Sequential Organ Failure Assessment*) al ingreso a la UCI, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> al momento de la intubación, valores gasométricos en las 24 horas previas a la PVE y durante la PVE de tenerlos (a juicio del médico a cargo del caso): pH, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, Bicarbonato (HCO<sub>3</sub>), lactato, SvcO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. Se tomaron signos vitales previos durante y posterior a la PVE, (frecuencia cardiaca y respiratoria, presión arterial y SpO<sub>2</sub>).

Días de VMI, días de hospitalización y mortalidad a 28 días.

#### Variables de la ventilación mecánica

Parámetros ventilatorios previos a la PVE: Modalidad, Vt, PEEP, FiO<sub>2</sub>, Presión (Ppico).

Predictores durante la PVE: F/Vt, PIM y P 0.1.

#### Variables de Impedancia eléctrica en el tiempo

Promedio de unidades de Impedancia eléctrica (UIE) durante ventilación asisto/controlada previo a PVE.

Promedio de UIE durante la prueba de ventilación espontánea.

Promedio de UIE en ventilación espontánea (extubado).

$\Delta$  impedancia: Se calculó como el cambio proporcional del promedio de UIE de acuerdo a las dicotómicas de tiempo, por lo que se obtuvo tres grupos de interés: cambio entre asisto-controlado y PVE ( $\Delta$  Imp AC-PVE), PVE y extubación ( $\Delta$  Imp PVE-Ext) así como cambio entre asisto-controlado y extubación ( $\Delta$  Imp AC-Ext).

\*Todas se expresan de manera global y regional por cuadrante ROI.

#### **Variables dicotómicas en el tiempo.**

Falla o éxito a la PVE.

Falla o éxito a la extubación.

## **IMPLICACIONES ÉTICAS**

La monitorización por TIE no confiere ningún riesgo, es libre de radiación, y es imperceptible la adquisición de imagen. No se solicitan laboratorios obligatorios, ni se realiza toma de muestras para dicho estudio. No requiere insumos puesto el TIE utiliza un cinto reutilizable e higienizable.

No se considera un beneficio directo, sin embargo, de proporcionar datos relevantes podría eventualmente proporcionar información para la decisión del retiro de la VMI en la población de pacientes que requieren VMI.

Los datos obtenidos se descargaron a una base de datos donde se cambió el nombre del paciente por el número de cuenta del paciente, solo el médico responsable del estudio y colaboradores tienen acceso a dichos datos, aun así. Las bases de datos y los datos generados en impreso serán salvaguardados por medio de contraseñas para su acceso, así como en archiveros bajo llave, apegados a las normativas de buenas prácticas.

## 10. RESULTADOS

Se realizó la monitorización de 50 pacientes que sobrellevaron su PVE, en el grupo predominó el sexo masculino, con una edad entre 26 y 56 años de edad, el grupo con la muestra más grande fue aquel con éxito a la extubación con una (n=30) y el más pequeño el de falla a la extubación con (n=7). Dentro de las variables demográficas no se encontraron diferencias entre los 3 grupos de interés (falla a la PVE, éxito a la PVE con éxito a la extubación y éxito a la PVE con falla a la extubación). Cabe mencionar que dentro de las variables de comorbilidades se identificaron 3 pacientes con obesidad que fueron exitosos al retiro de la VMI. La proporción de comorbilidades respiratorias, diabetes mellitus, así como de VIH/SIDA entre los grupos se muestra en la Tabla 1. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a las variables demográficas entre los tres grupos. Ver tabla 1.

Tabla 1.			
Variables demográficas por grupo de interés			
	PVE – (n=13)	PVE + Extubación exitosa (n=30)	PVE + Falla a extubación (n=7)
Edad (años)	36 ± 10	40 ± 16	39.57 ± 8.6
Hombres	7 (53.8)	17 (56.7)	6 (85.7)
Mujeres	6 (46.2)	13 (43.3)	1 (14.3)
Peso (kg)	65.4 ± 14.2	65.9 ± 14.7	67.82 ± 10.3
Talla (mts)	1.63 ± 0.04	1.64 ± 0.09	1.7 ± 0.1
IMC (kg/mts <sup>2</sup> )	24.6 ± 5.8	24.4 ± 4.7	23.3 ± 2.3
Comorbilidades, $\chi$ (DE)			
IT (cajetillas/año)	2.8 ± 7.6	6 ± 15.8	6.1 ± 2.3
Exp. Leña (horas/año)	9.2 ± 33.2	28.4 ± 81.8	0
SOFA (pts.)	6 ± 4	7 ± 4	9 ± 4
Comorbilidades, n (%)			
Diabetes mellitus	1 (7.7)	7 (23.3)	0
Obesos	1 (7.7)	3 (10)	0
EPOC	0	2 (6.7)	0
SAHOS	1 (7.7)	1 (3.3)	0
Asma	0	2 (6.7)	0
Intersticial	0	2 (6.7)	1 (14.3)
VIH	6 (46.2)	9 (30)	2 (28.6)
Inmunodeprimidos	2 (15.4)	4 (10.8)	1 (14.3)
SIRA	3 (23.1)	14 (46.7)	5 (71.4)

EPOC = Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; Ext = Extubación; FiO<sub>2</sub> = Fracción inspirada de oxígeno; f/Vt = Índice de frecuencia/volumen tidal; IMC = Índice de masa corporal; IT = Índice tabáquico; SOFA = Sequential Organ Failure Assessment; SAHOS = Síndrome de Apnea-Hipopnea Obstructiva del Sueño; SIRA = Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda; VIH, Virus de Inmunodeficiencia Adquirida.

Dentro de las variables de ventilación, aunque no hubo una diferencia estadísticamente significativa, se observó una tendencia del valor de la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menor en aquellos pacientes con falla a la extubación, en comparación a aquellos con falla a la PVE y aquellos con éxito al retiro de la VMI. La mayoría de los pacientes fueron sometidos a PVE en modo PS, y solo dos en PT. No se observaron diferencias significativas en las variables de PEEP, presión soporte sobre PEEP, Vt, aporte de FiO<sub>2</sub> al iniciar la PVE

Dentro de las variables de PVE (predictores de éxito al retiro de la VMI) el índice de respiración superficial fue más alto en los pacientes con falla a la PVE y falla a la extubación respectivamente  $57.3 \pm 49.5$  y  $57.6 \pm 37.4$  en comparación a aquellos con éxito al retiro de la VMI  $38.3 \pm 16.2$ , aunque sin significancia estadística. Ver tabla 2.

Tabla 2.			
Variables de ventilación por grupo de interés.			
	PVE – (n=13)	PVE + Extubación exitosa (n=30)	PVE + Falla a extubación (n=7)
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	4.8 ± 0.6	5 ± 0.4	5 ± 0.1
P <sub>soporte</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	8 ± 1	7 ± 2	9 ± 1.4
Vt (cc)	459.7 ± 88	514.7 ± 143.6	597 ± 164
FiO <sub>2</sub> (%)	36.9 ± 7.2	34.8 ± 5.4	37.1 ± 6.3
P/F (cmH <sub>2</sub> O/%)	234.4 ± 125.6	180.2 ± 84.8	148 ± 30
Variables de PVE por grupo de interés.			
f/Vt (rpm/lts)	57.3 ± 49.5	38.3 ± 16.2	57.6 ± 37.4
PIM (cmH <sub>2</sub> O)	-22 ± 12.2	-28 ± 8.6	-28 ± 5.7
p0.1 (cmH <sub>2</sub> O)	-4.1 ± 2.2	-4.3 ± 2.5	-5 ± 1

FiO<sub>2</sub> = Fracción inspirada de oxígeno; f/Vt = Índice de frecuencia/volumen tidal; PEEP = Positive End Espiratory Pressure; P<sub>soporte</sub> = Presión soporte; PIM = Presión inspiratoria máxima; PVE = prueba de ventilación espontánea; p0.1 = presión al 0.1segundo; P/F = Índice de presión arterial de oxígeno/FiO<sub>2</sub>; Vt = volumen tidal.

Se realizó la comparación entre grupos con los diferentes desenlaces, por medio de la diferencia en porcentaje de UIE medido por TIE durante la ventilación asistida-controlada y la PVE y ambas entre la extubación. En el grupo de pacientes que fallaron la PVE se observó una diferencia de impedancia eléctrica entre la ventilación asistida-controlada y la PVE de  $-15 \pm 33.8$  % correspondiente en promedio a un descenso (des-reclutamiento). En el grupo de éxito a la extubación se observó una diferencia de  $-11 \pm 27$  % de UIE entre AC y PVE, y de  $9.6 \pm 72.38$  % UIE entre PVE – extubación, así como de  $-5.7 \pm 64$  % UIE entre AC - extubación. En el grupo de falla a la extubación se demostró una diferencia de  $7 \pm 82$  % UIE entre AC y PVE, una diferencia de  $-37.8 \pm 36$  % UIE con una  $p=0.031$ , mostrando un des-reclutamiento tras la extubación, y por ultimo una diferencia de  $-11 \pm 110.26$  % de UIE entre AC y extubación. Ver tabla 3.

Tabla 3.			
Variables de TIE por grupo de interés.			
	PVE – (n=13)	PVE + Extubación exitosa (n=30)	PVE + Falla a extubación (n=7)
$\Delta$ Imp AC-PVE (%)	$-15.5 \pm 33.8$	$-11 \pm 27$	$7 \pm 82$
$\Delta$ Imp PVE-Ext (%)	-	$9.6 \pm 72.38$	$-37.8 \pm 36$ *
$\Delta$ Imp AC-Ext (%)	-	$-5.7 \pm 64$	$-11 \pm 110.26$

$\Delta$  Imp = Delta de impedancia. \* $p=0.031$  versus grupo PVE + Extubación exitosa

Dentro de las variables de desenlace los pacientes que se extubaron de manera exitosa presentaron una tendencia de menos días de estancia en UCI, menos días de hospitalización en comparación a aquellos con falla a la PVE y falla a la extubación. Ver tabla 4.

Tabla 4.			
Variables desenlace por grupo de interés			
	PVE – (n=13)	PVE + Extubación exitosa (n=30)	PVE + Falla a extubación (n=7)
Días de VMI	10.7 ± 9.9	7 ± 7.9	11.67 ± 5.7
Días en UTI	18.7 ± 12.7	8.9 ± 5.8	20.64 ± 8.4
Días Hospitalización	31.7 ± 17.3	19.6 ± 8.7	36.57 ± 18.5
Mortalidad 28 días (%)	0	5 (13.5)	1 (14.3)
Mortalidad (%)	0	5 (13.5%)	2 (28.6%)

PVE = prueba de ventilación espontánea; UTI = Unidad de Terapia Intensiva.

## 11. DISCUSIÓN

En este estudio se logró reclutar un grupo demográficamente homogéneo de pacientes. Los valores paramétricos del ventilador al momento de realizar la PVE coinciden con los de otros estudios, en el estudio *The Awakening and Breathing Controlled (ABC)*, Se monitorizaron 336 pacientes y se observaron como parámetros de VMI previo a la PVE (PEEP <8 y FIO<sub>2</sub> < 50%) estabilidad hemodinámica.<sup>12.</sup>

El éxito de la extubación temprana se asocia a una reducción importante de los costos clínicos asociados con la VMI. Una vez que se ha resuelto la causa que llevo el paciente a la VMI, y por lo tanto los índices de oxigenación sobre todo en pacientes cuya causa de intubación fue pulmonar, se considera iniciar la progresión al destete,<sup>1.</sup> En nuestro estudio se observó una tendencia a un valor menor de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en los pacientes que fallaron a la extubación, esto puede explicarse bajo el argumento que aquellos con mayor lesión pulmonar presentaron esta tendencia a el fallo del retiro de ventilación, sin embargo, a pesar de que la oxigenación pareciera ser esencial para la extubación, algunos estudios sugieren que el punto de corte para considerar el retiro a la ventilación puede ser una PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> >150. En un estudio aleatorizado investigando el impacto del despertar diario y la PVE diaria en pacientes bajo VMI se demostró el éxito aun entre pacientes con una pobre oxigenación (PaO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> entre 110 y 120).<sup>40.</sup> Otro estudio retrospectivo de cohorte de 269 pacientes encontró que una relación PaO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> ≥ 238 mmhg predecía éxito al destete con un VPN de 10% y un VPP 90%.<sup>41.</sup> Es por esto que se debe interpretar con cautela por que el valor predictivo positivo puede ser más alto y el valor predictivo negativo más bajo en la mayoría de las poblaciones ya que este resultado fue inusualmente alto en este estudio.

En cuanto a los valores de F/Vt, se observó un valor promedio de 57±. 47.5 rpm/lts en el grupo de los que fallaron a la PVE, valor que no coincide con el reportado clásicamente como punto de corte (>105) esto puede explicarse debido al tipo de PVE que se realizó en este estudio, el F/Vt es descrito en pacientes que se les realiza PVE en PT, y se ha demostrado que cuando se realiza una diferente PVE dicho corte puede cambiar, así como lo demostraron El-Khatib et al, quienes encontraron en el grupo de pacientes que realizaron la PVE en modo de presión soporte y CPAP (incluso con un PEEP de hasta 5) modifican su F/vt,<sup>42.</sup> estos resultados coinciden con los observados en nuestro estudio.

Cabe mencionar que el SIRA, fue la patología más común dentro de nuestra población la cual tampoco impacto en el desenlace de la prueba o en la mortalidad.

Todos los pacientes incluidos en este estudio se encontraban en modos de ventilación convencionales (control volumen y control presión) previo a la PVE, así mismo no se utilizaron otros modos ventilatorios ajenos a presión soporte como CPAP o PT para la realización de la PVE. En 1986, MacIntyre estudió los efectos de la ventilación presión soporte en relación al SIMV y observó que con un volumen minuto similar no había variaciones gasométricas significativas, la frecuencia respiratoria era menor con PS y subjetivamente, los pacientes describían que se hallaban más cómodos. Lo más importante fue el hallazgo de que la PS reducía el trabajo respiratorio y además modificaba las características del trabajo realizado <sup>36-37</sup>. La ventilación por PS favorece el ejercitamiento de los músculos respiratorios. Tiende a cambiar los esfuerzos de alta presión y bajo volumen que se realizan en las situaciones de insuficiencia respiratoria, en esfuerzos de baja presión y alto volumen que son los realizados por el sistema respiratorio en situación fisiológica de condiciones basales y en reposo. <sup>38-39</sup>.

Dentro de las variables de ventilación en nuestro estudio, se observó que el grupo de pacientes con falla a el retiro de la VM presentó una relación PaO<sub>2</sub> / Fio<sub>2</sub> más baja en relación a los pacientes con éxito al retiro y falla a la PVE, cabe mencionar que aun que esto parezca ser esperado esta medición se llevó a cabo previo a el ingreso a nuestra UCI y no previo a la realización de la PVE por lo que no tendremos que asumir que se sometió a pacientes a PVE e mayor estado de gravedad, recordemos que la oxigenación es un predictor pobre para retiro de VMI y no deberá ser usado solo, no se ha demostrado que en los pacientes con pobre oxigenación se pueda predecir éxito o falla al retiro de la VMI. En un estudio Una PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> > 238 demostró un VPP de 90% y un VPN de 10%.<sup>12-21</sup>. Dentro de los predictores de destete (presión de oclusión, F/Vt y PIM) realizados previos a la PVE se observó que en los 3 grupos no hubo una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo con lo que respecta a el índice de respiración superficial, F/Vt (<105) es el más extensamente estudiado y comúnmente utilizado como predictor de destete, este fue descrito por primera vez en un estudio prospectivo de cohorte con una Sensibilidad de 97% y una especificidad de 64%, un VPP 78% y VPN 95%.<sup>20</sup>. Habría pues que tomar en cuenta, que este índice fue calculado en pacientes conectados a un dispositivo de P-T, sin asistencia de ventilador, con un espirómetro de turbina para la medición del flujo, por lo que estamos obligados a pensar que, con el apoyo de PS este índice podría bajar su nivel de corte, es decir en vez de considerar un nivel de corte menor a 105 dependiendo la modalidad que se prefiera para inicio de la PVE, no podríamos esperar el mismo valor en pacientes con P-T asistida con ventilador (incluye la

compensación completa del tubo y el circuito), P-T sin asistencia de ventilador, presión soporte o CPAP por lo que más estudios son necesarios para determinar este punto de corte.

Se logró Identificar cambios de impedancia eléctrica, siendo estos cambios significativos cuando se realizó la comparación en el grupo con falla a la extubación donde se observó una caída en la impedancia de  $-37.8 \pm 36\%$  de la PVE a la extubación, lo que traduce un des-reclutamiento en aquellos en quienes falló el retiro de la VMI. A pesar de que se observaron caídas en el porcentaje de unidades de impedancia eléctrica (UIE) del modo A/C a la PVE en todos los grupos, se demostró una mayor caída en los pacientes que fallaron a la extubación (extubación exitosa  $9.6 \pm 72.38$  vs  $-37.8 \pm 36$  falla a la extubación) no se logró observar una tendencia mayor en el grupo que falla a la extubación, esto puede explicarse por el tamaño de muestra, así como, algunos pacientes que fallaron a la extubación y mostraron incluso un patrón de reclutamiento una vez extubados. Este fenómeno de reclutamiento se puede explicar debido a un mejoramiento del drive respiratorio y una mejora de la fuerza inspiratoria, sin embargo, el tamaño de muestra aún no nos permite realizar una aseveración ni realizar una correlación entre predictores de fuerza inspiratoria y el comportamiento del reclutamiento en asociación con el resto de los predictores.

Se demostró una caída de la impedancia con una ganancia posterior con una variabilidad distinta en cada grupo, sin embargo, se mostró una tendencia y una ganancia posterior incluso tras la extubación exceptuando el grupo ya mencionado.

Otra explicación al fenómeno de reclutamiento en el grupo de falla a la extubación puede darse bajo la definición de una falla a la extubación en cuanto a tiempo, puesto que se requiere 48 hrs tras el retiro de la VMI. Es por esto que una de las limitantes de nuestro estudio fue el tiempo de monitorización posterior al retiro de la VMI en aquellos pacientes con éxito a la PVE. Por el momento y a pesar de las tendencias observadas, nuestro estudio no es concluyente para definir un nivel de corte de caída en el porcentaje de UIE que pueda utilizarse como predictor de éxito o falla al destete en futuros trabajos, pero, pareciera que se podría demostrar, de completar una muestra mayor

Adicionalmente está documentado que la re-intubación se asocia con una mayor estancia intrahospitalaria y el riesgo de complicaciones.<sup>8</sup> Ya que los pacientes que son extubados exitosamente tienen menor morbilidad, mortalidad y un gasto más bajo de recursos que aquellos que necesitan más días de VMI o son re-intubados.<sup>10-11</sup> Este estudio al igual que la evidencia actual muestra en tendencias dicho fenómeno, en aquellos pacientes quienes fueron retirados de la VMI de manera exitosa presentaron menos días

de estancia en UCI y hospitalización, en comparación con aquellos pacientes que fallaron a la PVE y fallaron a la extubación los cuales mostraron una tendencia mayor de días.

La principal limitante del estudio al momento ha sido la dificultad para reclutar un numero en el grupo de falla a la extubación, adicionalmente cabe mencionar que se eliminaron 3 casos de pacientes con falla a la extubación cuya captura de la monitorización presento fallas en la señal. Si bien parece irrelevante, no se han reportado al día estudios donde se realice la monitorización por TIE durante la PVE, este fenómeno, probablemente debería ser reportado una vez que los pacientes que muestran trabajo respiratorio, o más bien, falla a la extubación, pueden presentar problemas de monitorización debido al movimiento torácico aumentado al momento de presentar falla a la extubación.

## **12. CONCLUSIONES.**

El retiro de la VMI sigue siendo un reto para el clínico principalmente en la UCI, los predictores e índices de fallo a la extubación son insuficientes. El TIE es una herramienta novedosa y con un gran potencial que permite la monitorización de la ventilación en tiempo real. Existe una caída en el porcentaje de UIE en algunos pacientes al ser sometidos a una PVE y al ser extubados, sin embargo, los datos hasta ahora recabados no nos permiten encontrar diferencias significativas de manera global como regional, Y si bien los pacientes que realizaron la PVE y fueron destetados, sí presentaron una caída significativa del porcentaje de UIE, aún no se cuenta con una muestra suficiente para proponer un punto de corte para futuros estudios. Se necesitan más estudios, y continuar con el reclutamiento de pacientes para definir más preciso el porcentaje de UIE.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MacIntyre NR. Evidence-Based Assessments in the Ventilator Discontinuation Process. [Respir Care 2012;57(10):1611–1618. doi: 10.4187/respcare.02055
2. Tobin MJ, Jubran A. Weaning from mechanical ventilation. In: Principles and Practice of Mechanical Ventilation, Jubran A, Tobin MJ (Eds), McGraw Hill, New York 2006. p.1185.
3. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. JAMA 2002; 287:345.
4. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. N Engl J Med 1995; 332:345.
5. 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. 1999 Feb;159(2):512-8.
6. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. Chest 2001; 120:375S
7. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. N Engl J Med 1996; 335:1864.
8. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. Chest 2001; 120:400S.
9. Slutsky AS. Mechanical ventilation. American College of Chest Physicians' Consensus Conference. Chest 1993; 104:1833.
10. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. JAMA 2002; 287:345.
11. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. Chest 1997; 112:186.
12. Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care

(Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet* 2008; 371:126.

13. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996; 335:1864.

14. Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 177:170.

15. Naughton MT, Rahman MA, Hara K, et al. Effect of continuous positive airway pressure on intrathoracic and left ventricular transmural pressures in patients with congestive heart failure. *Circulation* 1995; 91:1725.

16. Brochard L, Rauss A, Benito S, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:896.

17. Betbesé AJ, Pérez M, Bak E, et al. A prospective study of unplanned endotracheal extubation in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 1998; 26:1180.

18. Dries DJ, McGonigal MD, Malian MS, et al. Protocol-driven ventilator weaning reduces use of mechanical ventilation, rate of early reintubation, and ventilator-associated pneumonia. *J Trauma* 2004; 56:943.

19. Blackwood B, Alderdice F, Burns K, et al. Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2011; 342:c7237.

20. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N England J Med*. 1991;324:1445.

21. Krieger BP, Ershowsky PF, Becker DA, Gazeroglu HB. Evaluation of conventional criteria for predicting successful weaning from mechanical ventilatory support in elderly patients. *Crit Care Med* 1989; 17:858.

22. Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest* 1973; 63:1002.

23. Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, et al. Evaluation of maximal inspiratory pressure, tracheal airway occlusion pressure, and its ratio in the weaning outcome. *J Crit Care* 2009; 24:441.

24. Conti G, Montini L, Pennisi MA, et al. A prospective, blinded evaluation of indexes proposed to predict weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2004; 30:830.

25. Jubran A, Tobin MJ. Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:906.
26. Mohsenifar Z, Hay A, Hay J, et al. Gastric intramural pH as a predictor of success or failure in weaning patients from mechanical ventilation. *Ann Intern Med* 1993; 119:794.
27. Hurtado FJ, Berón M, Olivera W, et al. Gastric intramucosal pH and intraluminal PCO<sub>2</sub> during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2001; 29:70.
28. Field S, Kelly SM, Macklem PT. The oxygen cost of breathing in patients with cardiorespiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126:9.
29. Kemper M, Weissman C, Askanazi J, et al. Metabolic and respiratory changes during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1987; 92:979.
30. Milic-Emili J. Is weaning an art or a science? *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:1107.
31. Delisle S, Francoeur M, Albert M, et al. Preliminary evaluation of a new index to predict the outcome of a spontaneous breathing trial. *Respir Care* 2011; 56:1500.
32. Jabour ER, Rabil DM, Truwit JD, Rochester DF. Evaluation of a new weaning index based on ventilatory endurance and the efficiency of gas exchange. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144:531.
33. Tanios MA, Nevins ML, Hendra KP, et al. A randomized, controlled trial of the role of weaning predictors in clinical decision making. *Crit Care Med* 2006; 34:2530.
34. Cinnella et al. Physiological effects of the open lung approach in patients with early, mild, diffuse acute respiratory syndrome. *Anesthesiology*. 2015. 1113-1120.
35. Sutt et al. Speaking valves in tracheostomised ICU patients weaning off mechanical ventilation do they facilitate lung recruitment. *Critical Care* (2016) 20:91.
36. Tobin, Martin, Jubran. Patient ventilator interaction. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1059-63. 2
37. MacIntyre NR. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 1986; 89:677-83.
38. Gattinoni L, Bombino M, Pelosi P et al. Lung structure and function in different stages of severe adult respiratory distress syndrome. *JAMA* 1994; 271:1772-9.
39. Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM et al. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extra-pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:3-11.

40. Ladeira MT, Vital FM, Andriolo RB, et al. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; CD006056.

41. Jones DP, Byrne P, Morgan C, et al. Positive end-expiratory pressure vs T-piece. Extubation after mechanical ventilation. *Chest* 1991; 100:1655.

42. Mohamad F. ElKhatib, Salah M. Zeineldine, Ghassan W. Jamaledine. Effect of pressure support ventilation and positive end expiratory pressure on the rapid shallow breathing index in intensive care unit patients. *Intensive Care Medicine*. 2008. Vol 34. 505-510.

**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas"**

**Volumen pulmonar total y regional por tomografía de impedancia eléctrica durante el destete de la ventilación mecánica invasiva**

Fecha de monitorización: \_\_\_\_\_ Hora de monitorización \_\_\_\_\_ Cama: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Diagnóstico: \_\_\_\_\_

PARAMETROS VENTILATORIOS	
PREVIOS A LA PVE	
Modalidad	
V. Tidal	
PEEP	
FiO2	
Ppico	
PREDICTORES DE LA PVE	
f/Vt	
PIM	
P0.1	
CROP	

PARAMETROS DE IMPEDANCIA ELECTRICA	
UIEE durante ventilación AC previo a PVE	
UIEE durante la PVE	
UIEE en ventilación espontánea (extubado)	

SOMATOMETRIA	
Talla	
Peso predicho	
IMC	

PARAMETROS CLINICOS			
GRAVEDAD			
APACHE IV			
SAPS 3			
OBSERVACIONES: GASOMETRIA			
	PREVIOS A LA PVE	DURANTE LA PVE	POSTERIOR A LA PVE
pH			
PaO2			
PaCO2			
HCO3			
Lactato			
SvcO2			
SaO2			
PaO2/FiO2			
SIGNOS VITALES			
	PREVIOS A LA PVE	DURANTE LA PVE	POSTERIOR A LA PVE
FC			
FR			
TA			
SpO2			