



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

**PROGRAMA  
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO**

**INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO  
SUBDIRECCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
HOSPITAL REGIONAL 1° DE OCTUBRE**

**DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA EVALUADA POR ULTRASONIDO Y SU  
UTILIDAD EN EL RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA, PRUEBA PILOTO.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE POSGRADO COMO MÉDICO  
SUBESPECIALISTA EN MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO**

**PRESENTA**

**DR.OSCAR RODRIGO MENDEZ TORRES**

**ASESOR DE TESIS**

**DRA. NANCY TRUJILLO RAMÍREZ**

**MÉXICO, DF., AGOSTO 2013**

**NO. DE REGISTRO 760/13**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## **AUTORIZACIONES**

---

**DR. RICARDO JUÁREZ OCAÑA**  
**COORDINADOR DE ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN DESARROLLO E**  
**INVESTIGACIÓN**

---

**M EN C. JOSÉ VICENTE ROSAS BARRIENTOS**  
**JEFE DE INVESTIGACIÓN MÉDICA Y ASESOR DE TESIS**

---

**DR. ASISCLO DE JESUS VILLAGOMEZ ORTIZ**  
**PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO**

## **AUTORIZACIONES**

---

**DR. NANCY TRUJILLO RAMIREZ  
ASESOR DE TESIS**

---

**M EN C. JOSÉ VICENTE ROSAS BARRIENTOS  
ASESOR DE TESIS**

---

**DR. ASISCLO DE JESUS VILLAGOMEZ ORTIZ  
ASESOR DE TESIS**

## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>II</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>17</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>18</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>22</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>23</b>

## **Resumen**

### **Introducción:**

Durante la estancia en terapia intensiva el diafragma es susceptible a diversas agresiones: hipotensión, hipoxia y sepsis además la ventilación mecánica por si sola produce disfunción diafragmática. En años recientes se ha utilizado el ultrasonido diafragmático como un método no invasivo para evaluar la movilidad diafragmática, Sin embargo, la utilidad de esta técnica continúa en evaluación para predecir el destete de la ventilación mecánica.

### **Material y métodos:**

Se realizó un estudio piloto, observacional, prospectivo, prolectivo y logitudinal Se utilizaron expedientes y hojas de enfermería de pacientes hospitalizados en terapia intensiva que reunieron los criterios para realizar la prueba de ventilación espontanea en pieza en T.

### **Resultados:**

Del total de 30 pacientes incluidos se encontraron 3 pacientes con disfunción diafragmática (DD), 2 ( 6.6% ) de lado derecho y 1 (3.3%) del lado izquierdo, los pacientes con DD tenían un IRS ( índice de respiración superficial) mayor ( $46.9 \pm 7.4$ ) que los pacientes sin DD ( $56 \pm 49.4$ ), la presencia de DD derecha se relaciono con mayor probabilidad de falla primaria en el retiro del ventilador mecánico ( $p= 0.0014$ ).

### **Conclusiones:**

El ultrasonido diafragmático es una herramienta prometedora para evaluar la movilidad del diafragma dirigida a poder diagnosticar la presencia de disfunción diafragmática en pacientes hospitalizados en terapia intensiva bajo ventilación mecánica, sin embargo aun se requieren mas estudios con un mayor número de pacientes para determinar su utilidad e incluirlo como parte del protocolo de retiro de la asistencia mecánica ventilatoria.

### **Palabras clave:**

Disfunción diafragmática ( DD ) índice de respiración superficial (ISR), prueba de ventilación espontánea (PVE).

## **Abstract**

### **Introduction:**

The diaphragm is susceptible to various insults such as hypotension, hypoxia, and sepsis all of which are common in intensive care unit patients, in addition, mechanical ventilation itself can induce diaphragmatic dysfunction. In recent years, diaphragmatic ultrasound has been used as a noninvasive method to evaluate diaphragmatic mobility, However, to our knowledge, the usefulness of this technique is ongoing to predict weaning from mechanical ventilation.

### **Methods:**

We conducted a pilot, observational prospective longitudinal prospective study, we used all the patients records hospitalized in intensive care who met the criteria to make spontaneous breathing test.

### **Results:**

Of the 30 patients included we found 3 patients with diaphragmatic dysfunction (DD), 2 (6.6%) of the right and 1 (3.3%) on the left side, the patients with DD had a rapid shallow breathing index greater ( $46.9 \pm 7.4$ ) than patients without DD ( $56 \pm 49.4$ ), the presence of right DD was associated with increased likelihood of primary failure in mechanical ventilator weaning ( $p = 0.0014$ )

### **Conclusions:**

Diaphragmatic ultrasound is a promising tool to evaluate the mobility of the diaphragm directed to be able to diagnose the presence of diaphragmatic dysfunction in hospitalized in intensive care patients with mechanical ventilation, even though more studies are needed with larger numbers of patients to determine their usefulness and include it as part of the weaning.

### **Keywords:**

Diaphragmatic Dysfunction (DD), Rapid shallow breathing index (RSBI), spontaneous breathing trial (SBT).

## **Introducción:**

Las dificultades para interrumpir la asistencia respiratoria se encuentran en el 20-25% de los pacientes con ventilación mecánica se emplea hasta un 40% del tiempo en la unidad de terapia intensiva en su retiro. Durante su estancia en terapia intensiva el diafragma es susceptible a diversas agresiones tales como hipotensión, hipoxia y sepsis además la ventilación mecánica por si sola produce disfunción diafragmática, la presencia de esta última se ha relacionado con falla en el protocolo de retiro de la ventilación mecánica, incrementando días de estancia en terapia intensiva, mortalidad y aumento en el riesgo de infecciones respiratorias.

En años recientes se ha evaluado al ultrasonido diafragmático como un método no invasivo para evaluar la movilidad diafragmática se puede realizar a la cabecera del paciente evitando los riesgos de traslados y movilizaciones innecesarias. Sin embargo, para nuestro conocimiento, la utilidad de esta técnica continúa en evaluación para predecir el destete de la ventilación mecánica.

## **Antecedentes**

### **Ultrasonido diafragmático**

Las alteraciones de la movilidad diafragmática se pueden observar con frecuencia en enfermedades adyacentes a la caja torácica, distrofia muscular, patologías abdominales, enfermedades del sistema nervioso y del nervio frénico. En terapia intensiva el diafragma es susceptible a diversas agresiones tales como hipotensión, hipoxia y sepsis además la ventilación mecánica por si sola produce disfunción diafragmática (DD).<sup>1, 2</sup> Las dificultades para interrumpir la asistencia respiratoria se encuentran en el 20-25% de los pacientes con ventilación mecánica se emplea hasta un 40%<sup>3</sup> del tiempo en la unidad de terapia intensiva en su retiro.<sup>4</sup> Sin embargo la prevalencia y la importancia clínica de la DD en pacientes de la UCI aún no están claras. La dificultad en el estudio de DD está relacionada en parte a la complejidad de las herramientas de diagnóstico disponibles actualmente. La fluoroscopia es un método radiográfico que requiere el transporte de los pacientes ventilados ello conlleva a riesgos médicos considerables además de someterse a radiaciones ionizantes, otro método o utilizado el estudio de conducción del nervio frénico el cual provoca una sensación desagradable y sólo detecta anomalías en la conducción neural lo que no significa necesariamente disfunción del músculo del diafragma. A diferencia de los métodos convencionales, la ecografía tiene las siguientes ventajas; es una herramienta de diagnóstico adecuado carentes de los peligros de radiación, está disponible a la cabecera del paciente por lo tanto evita la necesidad de transporte y proporciona información funcional sobre el músculo en sí y se puede repetir si se requiere seguimiento.

Varias técnicas han sido utilizadas para evaluar el movimiento del diafragma, incluyendo modo B,<sup>5,6</sup> modo M<sup>7,8</sup> y mediciones de los cambios en el grosor del diafragma.<sup>9, 10</sup>



Entre estos el modo M fue el más fácil de realizar mostraron altos coeficientes de correlación entre y dentro de los observadores a demás de ser capaz de cuantificar los movimientos del diafragma.<sup>11, 12</sup>

Sin embargo, para nuestro conocimiento, la utilidad de esta técnica continúa en evaluación para predecir el destete de la ventilación mecánica. Boussuges y colaboradores<sup>12</sup> realizaron un estudio prospectivo diseñado para determinar los valores de referencia de amplitud diafragmática registradas por ecografía en modo M este estudio incluyo doscientos diez sujetos adultos sanos (150 hombres, 60 mujeres) se identifico por ambos lados la parte posterior del diafragma y se utilizo el modo M para identificar y mostrar el movimiento de las estructuras anatómicas. Los exámenes se llevaron a cabo durante una respiración tranquila, voluntaria (olfateo) y profunda. Además de evaluar la excursión diafragmática se evaluó la reproducibilidad inter e intra observador. Los movimientos diafragmáticos derecho e izquierdo fueron evaluados con éxito durante una respiración tranquila en todos los sujetos. La medición durante una respiración voluntaria fue siempre posible en el lado derecho y en 208 de 210 en el lado izquierdo. Durante la respiración profunda se observo un oscurecimiento del diafragma por descenso del pulmón en pacientes con excursión diafragmática marcada.

En consecuencia la excursión diafragmática derecha pudo ser medida en 195 de 210 pacientes y la excursión diafragmática izquierda en 45 sujetos Por último se determinaron lo valores normales de ambas excursiones diafragmáticas y dado que las excursiones eran mayores en los hombres que en las mujeres, el género deben tenerse en cuenta. Los valores límite más bajos eran cerca de 0,9 cm para las mujeres y 1 cm para los hombres durante la respiración tranquila, 1,6 cm para las mujeres y 1,8 cm para los hombres durante la respiración voluntaria y 3,7 cm para las mujeres y 4,7 cm para los hombres durante la respiración profunda y finalmente demostraron que la ecografía en modo M es un método reproducible para valuar el movimiento hemidiafragmática. Recientemente Won Young Kim<sup>13</sup> y colaboradores publicaron un estudio observacional y prospectivo con el objetivo de determinar la prevalencia de disfunción diafragmática diagnosticado por ecografía en modo M (excursión vertical, <10 mm o movimiento paradójico) en la atención médica de pacientes en la unidad de terapia intensiva y evaluaron la influencia en el destete. Se incluyeron ochenta y ocho pacientes que requirieron ventilación mecánica por más de 48 horas y que cumplieron los criterios para una prueba en respiración espontánea, fueron excluidos los pacientes con historia de enfermedad neuromuscular o diafragmática así como evidencia de neumotórax o neumomediastino. Durante el tiempo de duración de la prueba se evaluó cada hemidiafragma por ecografía en modo M utilizando el hígado y el bazo como ventanas con el paciente en posición supina, se calculó de forma simultánea el índice de respiración superficial en la cabecera del paciente. De los 82 pacientes elegibles la prevalencia de disfunción diafragmática fue de 29% , los pacientes con disfunción diafragmática tenían más tiempo del destete; 401 hrs vs 90 horas, ( $p < 0,01$ ) y mas tiempo total de ventilación; 576 hrs vs 203 horas,  $p < 0.01$ ) que en pacientes sin disfunción diafragmática.

Los pacientes con DD también tuvieron índices más altos de fracaso en el retiro del ventilador primario (20 de 24 vs 34 de 58,  $p < 0,01$ ) y secundario (10 de 20 vs 10 de 46,  $p < 0,01$ ). En el grupo DD, las excursiones del diafragma promedio fueron 3,0 mm en el derecho y 2,6 mm en el diafragma izquierdo en comparación con 17,9 mm y 18,0 mm en el grupo sin DD, respectivamente.

El índice de respiración superficial durante la prueba fue significativamente mayor en el grupo de DD que en el grupo no-DD ( $p < 0,01$ ). La sensibilidad, especificidad, el valor predictivo positivo y predictivo negativo en sujetos con DD ecográfica en la predicción del fracaso del destete primario fueron 83%, 41%, 37%, y 86%, respectivamente.

Por lo tanto la Ecografía diafragmática puede ser útil en la identificación de pacientes con alto riesgo de dificultad para el destete y tiempo prolongado de ventilación mecánica.

### Método de medición y valores de cohorte

La ecografía diafragmática<sup>12</sup> se realiza mediante un transductor de 3.5-5 MHz. el transductor se coloca inmediatamente debajo del reborde costal derecho o izquierdo en la línea media claviclar o en la línea axilar anterior izquierda o derecha se dirige en sentido medial, craneal y dorsal por lo que el haz de ultrasonido alcanza perpendicularmente el tercio posterior del correspondiente hemidiafragma.

**Figura 1.**

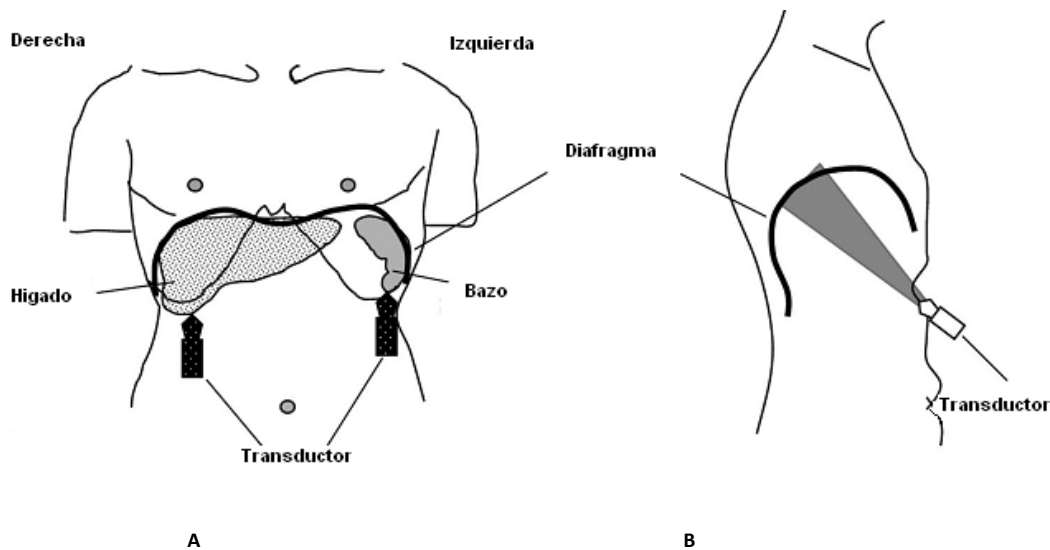
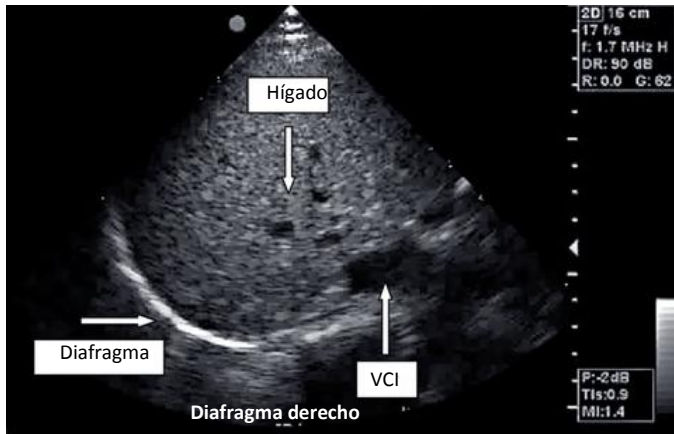


Figura 1: Enfoque ecográfico de los hemidiafragmas derecho e izquierdo. A: El hígado y el bazo fueron utilizados como ventanas acústicas. B : el transductor debe estar inclinado cranealmente para que el haz de ultrasonido alcance perpendicularmente la parte posterior del diafragma.

El modo de dos dimensiones (2D) se utiliza inicialmente para obtener el mejor enfoque y seleccionar la línea de exploración; el modo M se usa entonces para visualizar el movimiento de la estructuras anatómicas a lo largo de la línea seleccionada **figuras 2 y 3**



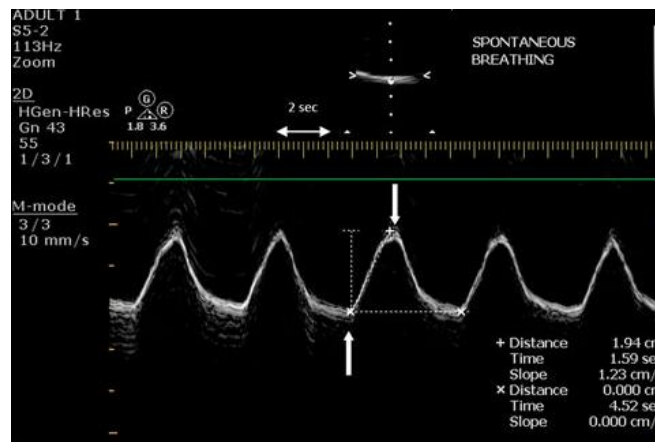
**Figura 2**



**Figura 3**

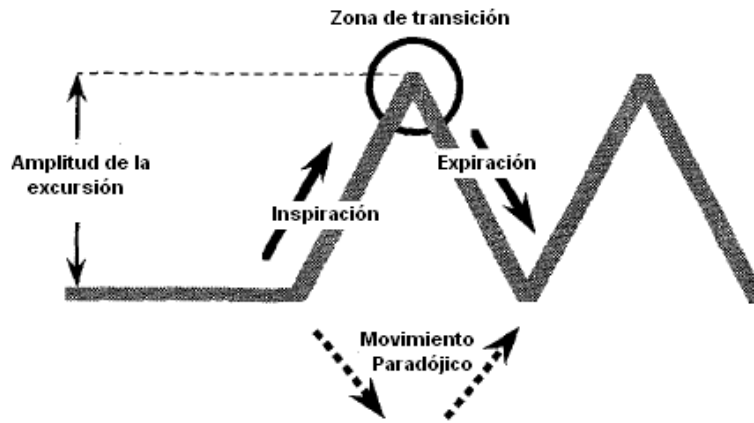
Figuras 2 y 3 Ecografía diafragmática en modo B la línea brillante refleja el diafragma. <sup>12, 14</sup>

Los pacientes se escanean a lo largo del eje largo de los espacios intercostales, el hígado funciona como una ventana acústica de lado derecho y el bazo del lado izquierdo el movimiento normal diafragmático inspiratorio es caudal, ya que el diafragma se mueve hacia el transductor y el espiratorio es craneal ya que el diafragma se mueve lejos del transductor **Figura 4.**



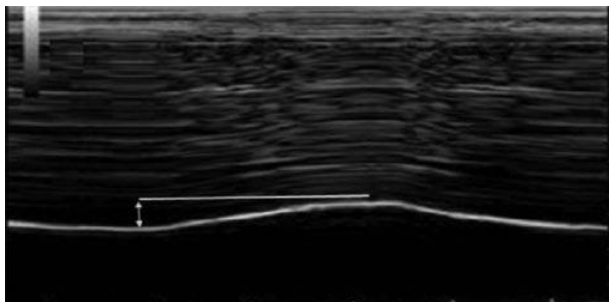
**Figura 4** Ecografía diafragma en modo M Las flechas indican el comienzo y el fin de la contracción del diafragma. <sup>1</sup>

En el modo M la amplitud de excursión se trazando una línea base horizontal desde el punto más alto de la inspiración en el grafico trazando otra línea vertical desde el punto mínimo de la espiración. **Figuras 5 y 6**

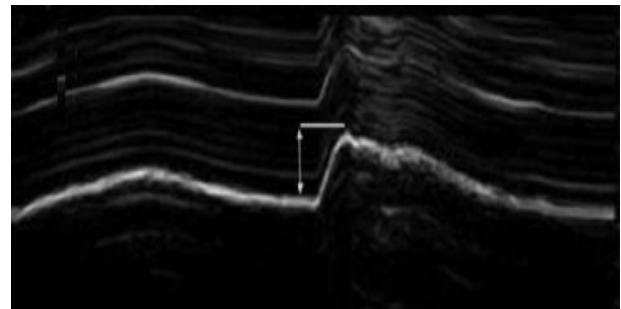


**Figura 5**

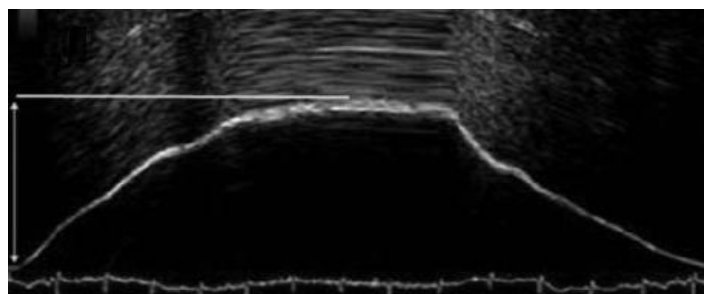
Presentación esquemática (línea gris) del movimiento diafragmático normal. Están representados los principales parámetros estudiados, dirección normal (flechas negras) en la inspiración es hacia arriba hacia el transductor. La inspiración se identifica después de una pausa y su dirección se aleja del transductor. La amplitud diafragmática es medida desde la línea de base. El movimiento paradójico se representa en las flechas de puntos.<sup>15</sup>



**A**



**B**



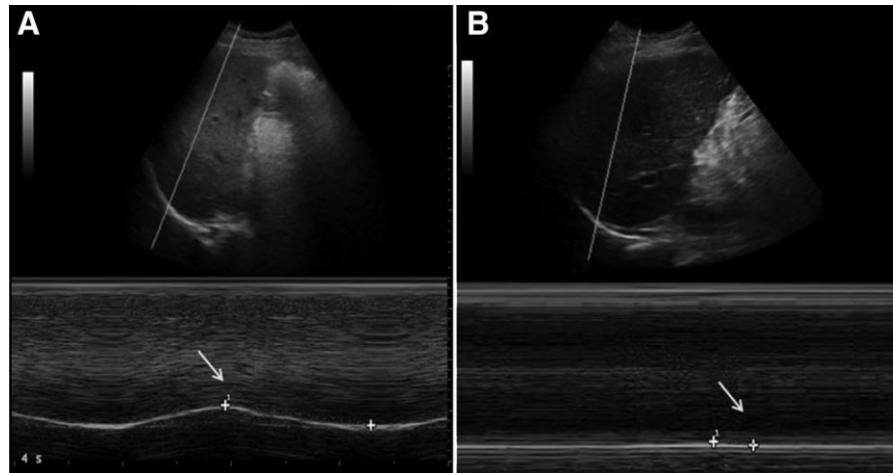
**C**

**Figura 6:** Movimientos del diafragma registradas en modo-M. Las mediciones se realizaron durante la respiración tranquila ( A), voluntaria ( B), y la respiración profunda ( C)<sup>12</sup>

Los valores más bajos de excursión del diafragma en individuos sanos se reportaron cerca de 0,9 cm para las mujeres y 1 cm para los hombres durante la respiración tranquila, 1,6 cm para las mujeres y 1,8 cm para los hombres durante la respiración voluntaria y 3,7 cm para las mujeres y 4,7 cm para los hombres durante la respiración profunda.<sup>12</sup>

La presencia de disfunción diafrágica fue diagnosticada por ecografía en modo M si la excursión vertical es  $<10$  mm o existe la presencia de movimiento paradójico, dado que no hay datos normales para excursión del diafragma en pacientes ventilados, el punto de corte para la DD en este estudio fue algo arbitrario. Se aprobó 10 mm como el límite inferior de la excursión para ambas hemidiafragmas basado en los informes anteriores en sujetos normales no ventilados: 9 mm para mujeres y 10 mm para los hombres. **Figura 7**

Curiosamente, los datos en el grupo de no DD (diafragma derecho 17,9 mm y diafragma izquierdo 18,0 mm) fueron similares a los valores medios del mismo informe.<sup>1</sup>



**Figura 7. A:** Paciente con excursión diafrágica normal derecha que muestra un pico inspiratorio (**flecha**) por encima de la línea de base. **B:** paciente con disfunción del hemidiafragma derecho con un pico negativo inspiratorio por debajo de la línea de base, indicando el movimiento paradójico del diafragma.<sup>13</sup>

### Precisión y reproducibilidad

Varios estudios han abordado el tema de la exactitud y la reproducibilidad del ultrasonido para medir el desplazamiento diafrágico en pacientes de UCI. En un estudio realizado por Boussuges y colaboradores<sup>12</sup> informaron que la reproducibilidad intraobservador fue del 96 y el 94%, y la reproducibilidad interobservador 95 y 91%, durante una respiración tranquila para el diafragma derecho e izquierdo, respectivamente.

La reproducibilidad intraobservador e interobservador durante la medición de la excursión diafrágica reportados en pacientes de UCI fue en el mismo rango, entre 88 y 99%. Para mejorar la reproducibilidad, hay algunos consejos técnicos para el ecografista:

- En primer lugar, se sabe que hay poca diferencia en la excursión diafragmática entre el centro y la parte posterior de la diafragma.<sup>16</sup> Por lo tanto, hay pocas razones para preocuparse acerca de la ubicación exacta del transductor se debe obtener el mejor enfoque y seleccionar la línea de exploración diafragmática en modo 2D antes de aplicar el modo M.
- En segundo lugar, el cursor para la medición de la excursión diafragmática en modo M deben colocarse estrictamente lo mas perpendicular como sea posible con respecto a la región media o parte posterior del diafragma. Esto se puede obtener por rotación del transductor o mediante la corrección del ángulo en modo M .
- Por último, para medir el grosor diafragmático se requiere de un transductor con alta resolución lineal  $\geq 10$  MHz.

### **Limitaciones de la técnica**

Se deben seguir algunas reglas que deben respetarse para evitar errores en la recolección e interpretación de datos. Una limitación evidente especialmente en los pacientes de la UCI, es una mala ventana acústica (imágenes de baja calidad), y esto ocurre entre 2 y 10%.<sup>13,17,18</sup> Cuando se mide la excursión diafragmática el ecografista debe estar lo más perpendicular posible a la línea de excursión diafragmática, de lo contrario la precisión y la repetibilidad de las mediciones pueden verse seriamente afectadas.

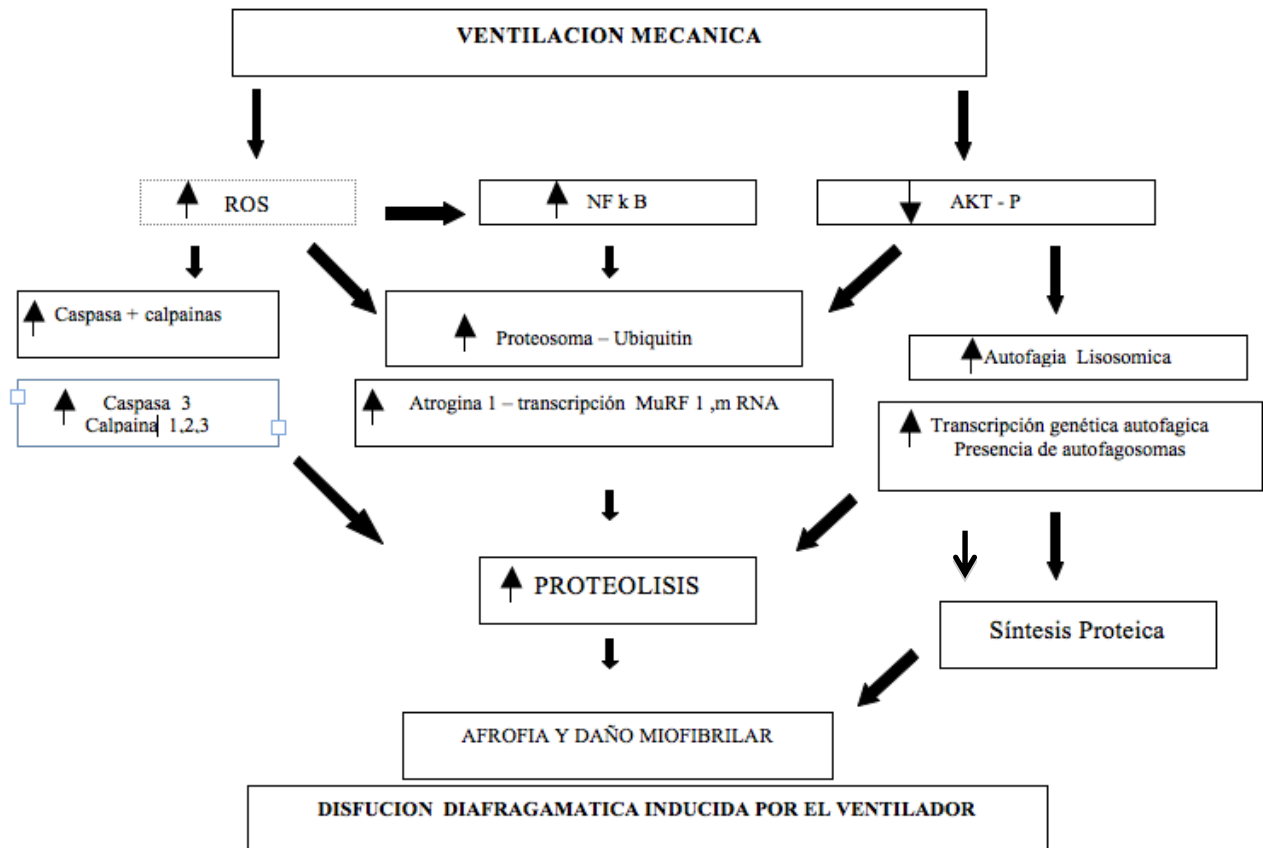
Para evaluar la excursión diafragmática sin asistencia ventilatoria, es necesaria una breve grabación (5-10 min) durante la respiración espontánea.<sup>19</sup>

### **Disfunción diafragmática Fisiopatología**

La ventilación mecánica controlada (CMV) induce una profunda y rápida reducción de la capacidad generadora de fuerza diafragmática, este termino se ha denominado “disfunción diafragmática inducida por el ventilador” (VIDD)<sup>20</sup> y se ha propuesto como un factor potencial de fracaso del destete.

En estudios con animales, utilizando CMV para abolir por completo las contracciones del músculo diafragma, la VIDD se desarrolla dentro de unas pocas horas a días ambos in vitro<sup>21</sup> y en vivo<sup>22,23</sup>. la cual esta asociada a una importante atrofia de las fibras musculares, lesión de la fibra muscular y múltiples alteraciones bioquímicas tales como aumento en la producción de radicales derivados de oxígeno (ROS), disminución de la síntesis de proteínas, aumento de la proteólisis y apoptosis.<sup>24,25,26</sup> Recientemente, observaciones similares se ha demostrado en humanos donadores de órganos con muerte encefálica sometidos a CMV.<sup>25</sup>

Se han realizado enormes esfuerzos para explorar los mecanismos de VIDD en cual sin lugar a dudas se requieren de ROS para las cascadas moleculares que eventualmente producen atrofia y lesión miofibrilar diafragmática. Sin embargo, el factor desencadenante para la producción de ROS sigue siendo un enigma. En el estudio realizado por Davis y colaboradores<sup>27</sup> y Brancatisano et al<sup>28</sup> observaron una disminución en el flujo sanguíneo regional del diafragma disminuyendo rápidamente la disponibilidad de oxígeno (Do<sub>2</sub>) y el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) a los 30min de ser sometidos CMV continuando disminuyendo después de 6 horas por tal motivo la hipoxia regional puede afectar y metabolismo oxidativo muscular aumentando la producción de ROS mitocondrial. **Figura 8**



**Figura 8:** Vías implicadas en estudios humanos de la disfunción diafragmática inducida por el ventilador mecánico en pacientes en estado crítico. La Inactividad diafragmática inducida por la ventilación mecánica se asocia con un aumento de la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y una regulación a la baja de la vía de Akt. Esto conduce a un aumento de la proteólisis en el diafragma a través de la activación de las caspasas, calpaína, proteasomas y vías lisosomales autofágicas. Además la regulación a la baja de la vía de Akt inhibe la síntesis de proteínas, todo lo anterior conjuntamente contribuye a la atrofia y lesión diafragmática de las fibras musculares, resultando en el deterioro funcional del diafragma. **Akt-P** forma de la proteínas quinasa B fosforilada (activada).<sup>33</sup>

Se observó también la incapacidad del músculo diafragma para aumentar el flujo sanguíneo en respuesta a una estimulación eléctrica directa después de 6 horas, en contraste con la respuesta después de 30 minutos de CMV en los que el flujo sanguíneo se triplicó por lo que se formularon las siguientes preguntas; ¿La incapacidad para aumentar el flujo de sanguíneo esta en función de la duración de la inactividad o al ciclo de trabajo respiratorio corto (relación de la duración total de las contracciones musculares entre la duración total de las contracciones musculares más la inactividad)? Al aplicar 3 minutos de estimulación eléctrica directa después de 6 hrs de ventilación pasiva se obtuvo un ciclo de trabajo respiratorio del 2% en relación a un 3% al estimular después de 30 minutos por tal motivo la capacidad para determinar el flujo sanguíneo regional depende tanto de la fuerza como del ciclo de trabajo respiratorio.<sup>29</sup> Teniendo en cuenta las consecuencias directas de la inactividad diafragma con al CMV, la prevención de VIDD es de suma importancia en vista de papel deletéreo de los ROS, la administración de antioxidantes parece para proteger de la VIDD.<sup>24, 30,31,32</sup>

La estimulación eléctrica temprana en el curso de la CMV incrementa el flujo sanguíneo lo que sugiere que el mantenimiento de las contracciones diafragmáticas son esenciales para prevenir la VIDD. La intensidad, duración o el método de producir las contracciones adecuadas del músculo diafragma se desconoce. La producción de ROS en el mecanismo de VIDD, y la prevención de VIDD través estimulación del nervio frénico siguen siendo investigados

### **Retiro del ventilador mecánico (destete)**

Se le llama destete al proceso mediante el cual se logra, en forma gradual o rápida, el retiro del apoyo ventilatorio y la reanudación de la ventilación espontánea normal.

En la práctica, el proceso de destete se inicia cuando se tiene la seguridad de que el motivo que inicio el apoyo ventilatorio esta total o parcialmente resuelto, esto se traduce en una mejoría de la insuficiencia respiratoria que se puede evaluar con determinados índices que midan parámetros de oxigenación y estabilidad hemodinámica. Se exigen además determinados niveles de hemoglobina, un estado de conciencia apropiado, ausencia de fiebre y otros criterios en forma variable en dependencia del criterio médico.

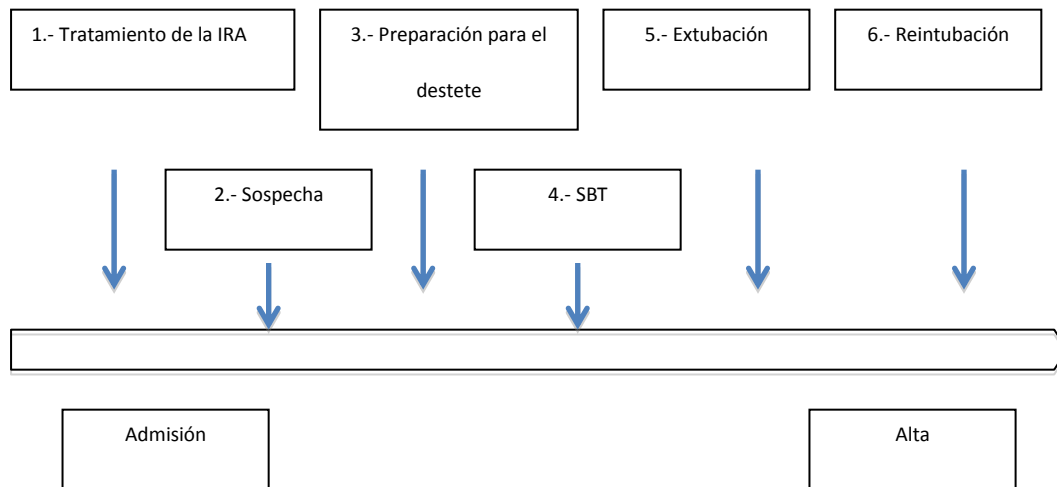
Una vez reunidos estos requisitos se evalúa si el paciente es capaz de soportar la retirada del apoyo ventilatorio es a través de una prueba de ventilación espontánea. La tolerancia a la ventilación espontánea debe evaluarse en un periodo que oscila entre 30 y 120 minutos.

Para ello existe también una serie de parámetros objetivos y subjetivos que permiten tomar la decisión de continuar la desconexión hasta la reanudación de la ventilación espontánea o suspender la prueba de ventilación espontánea y reinstaurar la ventilación mecánica.



## Proceso de retiro

Tobin <sup>34</sup> Propone seis etapas ( **figura 9** ): 1.- Tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda (IRA) 2.- Sospecha de que el destete puede ser posible; 3.- Preparación del destete, 4.- Prueba de respiración espontánea (SBT); 5.- Extubación, y posiblemente 6.- Reintubación. Es importante reconocer que la demora en llegar a la etapa 2 y 3, son una causa común de retraso en el destete. La etapa 2 comienza cuando existe una probabilidad alta de éxito del destete. La etapa 3 comienza cuando se inicia un proceso de pruebas diarias para la preparación para el destete con el fin de confirmar esta sospecha y finaliza cuando los resultados de la prueba diaria provocan una nueva evaluación con probabilidad suficientemente alta para justificar una SBT esta ultima se puede realizar con el tubo en T o presión soporte con bajo nivel  $\leq 8$  cm H<sub>2</sub>O.



**Figura 9**

Representación esquemática de las diferentes etapas que ocurren en un paciente con ventilación mecánica. IRA: insuficiencia respiratoria aguda; SBT: Prueba de respiración espontánea

El proceso de destete ocupa de un 40 a 50% del tiempo total de la ventilación mecánica. <sup>35,36</sup> ESTEBAN et al. <sup>36</sup> demostraron que la mortalidad aumenta con el aumento de la duración de la ventilación mecánica, en parte a causa de las complicaciones de la ventilación mecánica prolongada (neumonía asociada a la ventilación mecánica) y trauma de las vías respiratorias. <sup>37</sup> En el estudio de COPLIN et al. <sup>38</sup>, la mortalidad fue del 12% cuando no hubo retraso en la extubación y el 27% cuando hubo retraso. Por lo tanto, los criterios para empezar el destete se deben evaluar sistemáticamente cada día para permitir el pronto inicio del destete, tan pronto como el paciente esté preparado. <sup>39</sup> La incidencia de extubación no planificada oscila desde 0,3 hasta 16%. <sup>40</sup> En la mayoría de los casos (83%), la extubación no planificada es iniciada por el paciente, mientras que el 17% son accidentales. <sup>40</sup> Casi la mitad de los pacientes con auto extubación durante el período de destete no requieren reintubación <sup>41</sup>, lo que sugiere que muchos pacientes son mantenidos más de lo necesario en ventilación mecánica.

## Éxito y fracaso del destete

**Tabla 1** Factores que intervienen en el retiro del ventilador mecánico

Fisiopatología	Considerar
Carga respiratoria	<p>Aumento en el trabajo respiratorio: parámetros del ventilador inapropiados.</p> <p>Compliance Reducida: Neumonía (asociada a la ventilación); edema cardiogénico o no cardiogénico fibrosis pulmonar, hemorragia pulmonar, infiltrados pulmonares difusos, broncoconstricción</p> <p>El aumento de la carga resistiva</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante SBT: tubo endotraqueal</li> <li>• Después de la extubación: edema de glotis, aumento de las secreciones respiratorias, retención de esputo</li> </ul>
Carga cardiaca	<p>Insuficiencia cardiaca previo a la enfermedad crítica</p> <p>El aumento de la carga de trabajo cardíaco puede ocasionar disfunción miocárdica: hiperinflación dinámica, aumento en la demanda metabólica, sepsis sin resolver.</p> <p>Depresión del SNC central: alcalosis metabólica, ventilación mecánica, medicamentos hipnótico sedantes, fracaso del sistema neuromuscular respiratorio.</p> <p>Disfunción periférica: Principales causas de debilidad neuromuscular;</p>
Neuromuscular	<p>CINMA</p> <p>Delirio</p> <p>Ansiedad, depresión</p>
Psicológicas	<p>Alteraciones metabólicas</p>
Metabólica	<p>Papel de los Corticoesteroides</p> <p>Hiperglucemia</p> <p>Sobrepeso</p> <p>Desnutrición</p>
Nutrición	<p>Disfunción del diafragma inducido por el ventilador</p>
Anemia	

SBT: prueba de respiración espontánea; CINMA: anomalías neuromusculares asociados a la enfermedad crítica

En la mayoría de los estudios el fracaso del destete se define como falla en la prueba de respiración espontánea ( SBT ) o la necesidad de reintubación dentro de las primeras 48 h después de la extubación.<sup>42, 43</sup> El fracaso de la prueba de ventilación espontánea (SBT) se define por: 1) índices objetivos de fracaso, como taquipnea, taquicardia, hipertensión,

hipotensión, hipoxemia o acidosis, arritmias, y 2) índices subjetivos, tales como agitación o angustia, depresión del estado mental, diaforesis y evidencia de aumento de esfuerzo respiratorio (**tabla 1**).<sup>42, 44, 45</sup> El fracaso de la SBT a menudo está relacionada con disfunción cardiovascular o incapacidad de la bomba respiratoria para soportar la carga de la respiración. El fracaso en la extubación puede estar relacionada con las mismas causas<sup>46, 47</sup> adicionando obstrucción de las vías respiratorias superiores o secreciones excesivas.<sup>40</sup> Los autores en este estudio proponen las siguientes definiciones: Éxito en el destete: Se define como ausencia de apoyo ventilatorio 48 h después de la extubación. Falla en el destete: Se define con uno de los siguientes puntos; 1) Falla en la SBT, 2) reintubación y / o la reanudación de la asistencia respiratoria tras la extubación exitosa, o 3) la muerte dentro de las 48 h después de la extubación. (**Tabla 2**). Otro termino empleado es el de “destete en progreso” son aquellos pacientes en los que una vez extubados siguen apoyados pero por ventilación mecánica non invasiva.

**Tabla 2 Criterios de falla de la prueba de ventilación espontanea**

Evaluación clínica e índices subjetivos	<p>Agitación y ansiedad</p> <p>Depresión del estado mental</p> <p>Diaforesis</p> <p>Cianosis</p> <p>Aumento en el esfuerzo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la actividad del músculo accesorios</li> <li>• Signos faciales de angustia</li> <li>• Disnea</li> </ul>
Medidas objetivas	<p><math>PaO_2 \leq 50-60</math> mmHg con <math>FIO_2 \geq 50\%</math> o <math>SaO_2 &lt; 90\%</math></p> <p><math>PaCO_2 &gt; 50</math> mmHg o un aumento en <math>PaCO_2 &gt; 8</math> mm de Hg,</p> <p><math>pH &lt; 7,32</math> o una disminución en el <math>pH \geq 0.07</math> unidades de pH</p> <p><math>FR/VT &gt; 105</math> respiraciones x min x l</p> <p><math>FR &gt; 35</math> respiraciones x min o aumento <math>\geq 50\%</math></p> <p><math>FC &gt; 140</math> latidos x min o aumentó <math>&gt; 20\%</math></p> <p>PA sistólica <math>&gt; 180</math> mmHg o incrementado <math>&gt; 20\%</math></p> <p>PA sistólica <math>&lt; 90</math> mmHg</p> <p>Arritmias cardíacas</p>

PaO2: presión arterial de oxígeno, FIO2: fracción inspiratoria de oxígeno, SaO2: saturación arterial de oxígeno, PaCO2: presión arterial de dióxido de carbono, FR: frecuencia respiratoria; VT: volumen corriente, FC: frecuencia cardiaca, PA: presión arterial

## Clasificación:

Brochard <sup>48</sup> propuso una nueva clasificación según la dificultad y la duración del proceso de destete en tres grupos ( **tabla 3** ).

Tabla 3 Clasificación clínica de retiro del ventilador mecánico.

Grupo	Definición
<b>Destete Simple</b>	Pacientes con éxito en el primer intento de destete y sin dificultad en el retiro de la ventilación mecánica
<b>Destete Difícil</b>	Pacientes con falla en el destete inicial y requieren hasta tres intentos de SBT o hasta 7 días después de la primera SBT para lograr con éxito el destete.
<b>Destete Prolongado</b>	Pacientes con falla en mas de tres intentos de destete o requieren mas de 7 días después de la primera SBT para intentar el destete.

SBT: prueba de respiración espontánea.

El grupo de destete simple incluye a pacientes quienes pasan exitosamente la SBT inicial y son extubados con éxito en el primer intento. Este grupo, denominado grupo 1, representa, 69% de los pacientes .

El pronóstico de este grupo es bueno, con una mortalidad en la UCI de un 5% <sup>43</sup> , <sup>49</sup> y una mortalidad hospitalaria del 12%. <sup>49</sup> El resto de los pacientes representan los grupos 2 y 3, en esta población la mortalidad en la UCI es del 25%.

### Procedimiento habitual inicial del destete

El proceso inicial de retirada del respirador implica una estrategia de dos pasos, primero se inicia con una evaluación previa destete, seguida por la SBT para determinar la probabilidad de éxito de la extubación. De hecho para la mayoría de los pacientes todo el proceso de destete implica simplemente la confirmación de que el paciente está listo para la extubación. Los pacientes que cumplen los criterios consignados en la **tabla 4** deben considerarse que están listos para dejar de depender de la asistencia respiratoria mecánica. Muchos de los pacientes no cumplen todos los criterios en la **tabla 4** y a pesar de eso tienen un retiro de la ventilación exitosa, estos criterios deben tomarse como consideraciones probables para el destete mas que como criterios estrictos que se deben cumplir simultáneamente.



**Tabla 5** Precisión de los índices utilizados para predecir el resultado del destete.

INDICE	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD	VALOR PREDICTIVO POSITIVO	VALOR PREDICTIVO NEGATIVO
Ventilación minuto	0.78	0.18	0.55	0.38
Frecuencia respiratoria	0.92	0.36	0.65	0.77
Volumen tidal	0.97	0.54	0.73	0.94
Volumen tidal/ peso del paciente	0.94	0.39	0.67	0.85
Presión inspiratoria máxima	1.00	0.11	0.59	1.00
Complianza dinámica	0.72	0.50	0.65	0.58
Complianza estática	0.75	0.36	0.60	0.53
Relación PaO <sub>2</sub> / PAO <sub>2</sub>	0.81	0.29	0.59	0.53
Frecuencia /volumen tidal	0.97	0.64	0.78	0.95
índice de CROP	0.81	0.57	0.71	0.70

Tobin MJ. Mechanical ventilation. N Engl J Med 1994; 330: 1056–1061

### **Prueba de respiración espontánea**

La prueba de respiración espontánea (SBT) se debe realizar diariamente con el fin de determinar en forma temprana el retiro del ventilador, se han realizado múltiples estudios que analizan la forma de realizar esta prueba, no parece haber ninguna diferencia en el porcentaje de pacientes extubados con éxito utilizando el tubo en T en comparación con el uso de un nivel bajo de presión de soporte (PS) entre 7 ay 8 cm de H<sub>2</sub>O o el uso de CPAP.<sup>51</sup> El uso del tubo con compensación automática (ATC) el cual se ajusta a la resistencia asumida del tubo endotraqueal es tan exitoso como el uso simple del tubo en T o un bajo nivel de PS.<sup>52</sup>

Los estudios demuestran que los pacientes logran una SBT adecuada en los primeros 20 min<sup>49, 50</sup> la tasa de éxito para una SBT por 30 min es similar comparándola con una prueba de 120 min de duración.<sup>49, 53</sup> No se ha estudiado la necesidad de una duración mas prolongada de esta prueba en pacientes que han fracasado previamente al destete. Los criterios para una SBT exitosa incluyen: un adecuado patrón respiratorio e intercambio gaseoso, estabilidad hemodinámica y confort adecuado. Seis estudios<sup>42, 45,49,54, 55</sup> demostraron que los pacientes que pasaron la SBT y que fueron extubados la reintubación fue necesaria solo en 13%. A los pacientes a los que no se les realizo una SBT y se les retiró el tubo endotraqueal la tasa de fracaso fue del 40%.<sup>56</sup>

Los pacientes que superen la SBT deben ser extubados si el estado neurológico es adecuado, secreciones mínimas y ausencia de obstrucción de las vías respiratorias, Aunque la depresión del sistema nervioso frecuentemente esta considerada como una contraindicación para la extubación,<sup>57</sup> Coplin et al.<sup>58</sup> demostraron una tasa de reintubación baja (9%) en los pacientes con lesiones cerebrales estables con un Glasgow Coma de 4. KOH et al.<sup>59</sup> encontraron que la puntuación de coma de Glasgow no predijo el fracaso de la extubación. Khamiees et al.<sup>60</sup> demostraron que las causas mas comunes de extubación fallida fueron un esfuerzo de tos inadecuado y el exceso de secreciones endotraqueales . En los pacientes con insuficiencia respiratoria neuromuscular, un flujo pico de tos de 160 L x min se correlacionó con una extubación exitosa.<sup>61</sup>

Cuando existe la sospecha de obstrucción por edema se debe realizar una prueba de fuga (fuga de aire alrededor del tubo endotraqueal después de la deflación del manguito) antes de proceder con la extubación.

## **Objetivo:**

El objetivo de este trabajo consistió en medir la amplitud diafragmática mediante el ultrasonido en pacientes que se encontraban en protocolo de retiro de la asistencia mecánica ventilatoria hospitalizados en la unidad de terapia intensiva encaminado también a conocer la frecuencia de disfunción diafragmática, comorbilidades asociadas su repercusión y su probable utilidad en el retiro del ventilador mecánico.

## **Material y métodos**

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, prolectivo y logitudinal al ser un estudio piloto la muestra fue de 30 pacientes. Se utilizaron expedientes y hojas de enfermería de pacientes hospitalizados en terapia intensiva que reunieron los criterios para realizar la prueba de ventilación espontánea en pieza en T.

Se incluyeron se incluyeron expedientes de pacientes quienes cumplieron los siguientes criterios : Edad >18 años, FIO<sub>2</sub> < 50%, presión positiva al final de la espiración ≤ 5 cm H<sub>2</sub>O, frecuencia respiratoria ≤ 30 respiraciones / min, relación PaO<sub>2</sub> / FIO<sub>2</sub> > 150 mm Hg, glasgow ≥14, estabilidad hemodinámica en ausencia de vasopresores, pieza en T ≥ 30 min, test de fuga ≥ 12 %. Se excluyeron aquellos casos que presentaron; Parálisis diafragmática, lesión de la columna cervical o enfermedad neuromuscular (miastenia gravis, síndrome de Guillain Barre síndrome de Down, esclerosis lateral amiotrófica), Toracostomía actual, neumotórax o neumomediastino. derrame pleural > 10%, uso de bloqueadores neuromusculares, traqueostomía, aminoglucósidos y corticoesteroides.

Se verifico en el expediente la hora de inicio prueba de ventilación espontánea con pieza en T , se calculó el índice de respiración superficial y al mismo tiempo se evaluó mediante ultrasonido la movilidad de cada hemidiafragma como se describe en la técnica habitual .

Posteriormente se conformaron dos grupos uno con disfunción diafragmática y otro sin disfunción diafragmática recogiendo cada uno de los parámetros a evaluar dando seguimiento hasta su extubación.

El análisis estadístico incluyo medidas de frecuencias, porcentajes, medidas de tendencia central, prueba de ji cuadrada para comparar variables cualitativas con alfa de 0.05.

Este protocolo fue aceptado por los comités de investigación y de ética del H. R. 1° de Octubre, ISSSTE.



## Resultados:

Se incluyeron 30 pacientes, 18 (60%) hombres y 12 (40%) mujeres con un promedio de edad de 60 años y como principales comorbilidades Diabetes Mellitus tipo 2 e Hipertensión Arterial Sistémica con mejoría clínica y bioquímica al momento del retiro del ventilador mecánico el cual se ve reflejado en la puntuación de APACHE II. La movilidad diafragmática derecha e izquierda fueron similares, se encontró un tiempo de duración de la prueba de ventilación espontánea y retiro del tubo endotraqueal promedio de extubación de 1 hora. ver **Cuadro 1.**

**Cuadro 1. Características generales de los pacientes**

Características	Frecuencia (n=30)
Sexo	
Masculino	18 (60)
Femenino	12 (40)
Edad (años)	60,43 ± 16.1
Comorbilidades	
DM2	11 ( 36.6 )
HAS	10 (33.3)
CC	4 (13,3)
CI	1 (3,3)
Esquizofrenia	1 (3,3)
EPOC	1(3,3)
ERC	1(3,3)
FA	1 (3,3)
APACHE II	
Ingreso	18,3 ± 7,6
Extubación	7,8 ± 0,8
Índice respiración superficial	47,7 ± 15,14
Amplitud DD	1,3 ± 0,4
Amplitud DI	1,3 ± 0,4
Tiempo total de ventilación	81,9 ± 7,33
Duración PVET y extubación	1,1± 0.2

Abrev. PVET : prueba de ventilación espontánea en pieza en T; DM2: diabetes mellitus; HAS: hipertensión arterial sistémica; CC: crisis convulsivas; CI: cardiopatía isquémica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; ERC: enfermedad renal crónica; FA: fibrilación auricular; DD : diafragma derecho; DI : diafragma izquierdo.

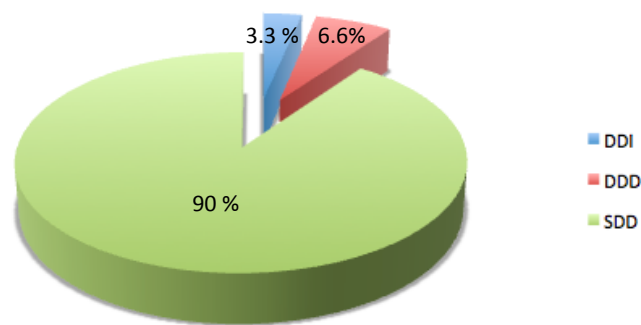
Los dos principales motivos de manejo avanzado de la vía aérea en la población general fueron: Insuficiencia respiratoria tipo I y disminución del estado de conciencia 15 (40 %) y 9 (30%) respectivamente. **Cuadro 2**

**Cuadro 2 Motivo de manejo avanzado de la vía aérea**

Causa	frecuencia N= 30
Insuficiencia respiratoria tipo I	15 (50)
Disminución del Nivel de conciencia	9 (30)
Estado de choque	6 (20)

Del total de 30 pacientes incluidos se encontraron 3 pacientes con disfunción diafragmática (DD), 2 ( 6.6% ) de lado derecho y 1 (3.3%) con DD del lado izquierdo, 2 del género masculino y 1 del género femenino. **Grafico 1**

**Total de pacientes con disfunción diafragmática**



**Grafico 1** Abrev. DDI: disfunción diafragmática izquierda; DDD: disfunción diafragmática derecha; SDD: sin disfunción diafragmática.

Los pacientes se clasificaron en dos grupos uno con disfunción diafragmática y otro sin disfunción; encontrando que la edad y el APACHEII al retiro del ventilador fue mayor en el grupo con DD pero sin significancia estadística. En cuanto a las variables utilizadas en el retiro de ventilador mecánico se encontró que los pacientes con DD tenían un IRS ( índice de respiración superficial) mayor ( $46.9 \pm 7.4$ ) que los pacientes sin DD ( $56 \pm 49.4$ ) sin embargo no se encontró significancia estadística, llama la atención que en aquellos pacientes con menor duración de la prueba de ventilación espontánea en pieza en T fueron aquellos en quienes se diagnosticó DD P: 0.058. **Cuadro 3**

**Cuadro 3****Características clínicas de los pacientes diagnosticados con DD y sin DD**

VARIABLES	CON DISFUNCION (n: 3 )	SIN DISFUNCION (n:27)	P
Edad ( años )	73 ± 9.8	58 ± 16.1	NS
APACHE ingreso (puntos)	18.33 ± 9.5	18.3 ± 7.7	NS
APACHE al retiro(puntos )	8.33 ± 1.1	7.8 ± 0.7	NS
Índice de respiración superficial	56 ± 49.4	46.9 ± 7.4	NS
Tiempo total de la ventilación ( horas)	77 ± 42.5	82 ± 103	NS
Duración PBET y extubación( minutos)	45 ± 24	66 ± 12	0.058
<b>COMORBILIDADES</b>			
NINGUNO	2 (6.6)	6 (20)	NS
DM2	0	5 (16.6)	NS
DM2, HAS	0	3 (10.0)	NS
DM2, HAS ,FA	1 (3.3)	0	NS
DM2, HAS, ERC	0	1 (3.3)	NS
CARDIOPATIA ISQUEMICA	0	1( 3.3)	NS
CRISIS CONVULSIVAS	0	4	NS
EZQUIZOFRENIA	0	1 (3.3)	NS
HAS	0	4	NS
HAS, EPOC	0	1 (3.3)	NS

Abr. PBET : prueba de ventilación espontanea en pieza en T; DD: disfunción diafragmática; DM2: diabetes mellitus; HAS: hipertensión arterial sistémica; CC: crisis convulsivas; CI: cardiopatía isquémica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; ERC: enfermedad renal crónica; FA: fibrilación auricular.

En el grupo con DD el motivo inicial de intubación orotraqueal fue la presencia insuficiencia respiratoria tipo I seguido de estado de choque. **Cuadro 4**

**Cuadro 4** Principal motivo inicial de intubación en pacientes con DD y sin DD

VARIABLES	CON DD (n: 3 )	SIN DD (n:27)
<b>MOTIVO DE INTUBACION</b>		
Insuficiencia respiratoria tipo I	2 (6.6)	15 (49.9)
Estado de choque	1 (3.3)	5 (16.6)
Disminución del Nivel de conciencia	0	3 (10)

Abr. DD: disfunción diafragmática;

Los 3 pacientes con diagnóstico de DD tuvieron falla primaria en el retiro del ventilador mecánico, en todos los casos el motivo de falla y reintubación fue el aumento de trabajo respiratorio e hipoxemia.

La presencia de DD derecha se relaciono con mayor probabilidad de falla primaria en el retiro del ventilador mecánico (p= 0.0014). **Cuadro 5**

**Cuadro 5** Variables clínicas y ultrasonográficas con falla primaria al retiro del ventilador y extubación exitosa

VARIABLES	CON FALLA PRIMARIA (n: 3)	EXTUBACION EXITOSA (n:27)
Edad ( años )	73 ± 9.8	59 ± 16.1
APACHE ingreso (puntos)	18.33 ± 7.5	18.3 ± 9.5
APACHE al retiro(puntos )	8.33 ± 0.7	7.8 ± 1.1
Disfunción derecha (cm)	0.9 ± 0.2	1.4 ± 0.2 *
Disfunción izquierda ( cm)	1.2 ± 0.4	1.3 ± 0.4
Índice de respiración superficial	56 ± 49.4	46.5 ± 7.6
Tiempo total de la ventilación ( horas)	77 ± 42.5	82 ± 102.4
Duración PVET y extubación( ( minutos )	45 ± 24	66 ± 12

\*

Mann-Whitney U p = 0.014

Abrev. PVET : prueba de ventilación espontanea en pieza en T.

Finalmente el modo de ventilación previo a la prueba de ventilación espontanea en pieza en T fue CPAP/PS (Presión Positiva Continua en la vía aérea / Presión soporte ) en el 100% de los casos.

## **Discusión :**

Para nuestro conocimiento este es el primer estudio realizado en México encaminado a determinar la amplitud diafragmática por ultrasonido, conocer la frecuencia de disfunción diafragmática, su repercusión y su probable utilidad en el protocolo de retiro del ventilador mecánico en pacientes de terapia intensiva.

Debido a que no hay en consenso aun de datos normales de amplitud diafragmática en la prueba de ventilación espontánea en pieza en T tomamos arbitrariamente y en base a reportes previos el punto de corte de 10 mm como límite inferior normal.

Encontramos que todos los pacientes con diagnóstico de disfunción diafragmática tuvieron falla primaria en el retiro del ventilador mecánico sobre todo en aquellos con DD derecha con significancia estadística ( $p = 0.014$ ), en ningún caso encontramos DD bilateral probablemente debido a que la determinación de la movilidad diafragmática derecha sea más fácil ya que tenemos una mayor ventana acústica por la presencia de hígado.

se encontró que los pacientes con DD tenían un IRS ( índice de respiración superficial) mayor ( $46.9 \pm 7.4$ ) que los pacientes sin DD ( $56 \pm 49.4$ ) sin embargo no se encontró significancia estadística, llama la atención que en aquellos pacientes con menor duración de la prueba de ventilación espontánea en pieza en T fueron aquellos en quienes se diagnóstico DD ( $p = 0.058$ ) probablemente debido a la falta de sospecha de la misma lo cual nos indica que la duración de la prueba de ventilación espontánea debe ser mayor a 30 minutos para una mejor evaluación.

Se observó también que el modo ventilatorio más usado previo a la prueba de ventilación espontánea es CPAP/PS.

Otra limitante de este estudio fue el no medir otros parámetros de función diafragmática, sería interesante correlacionarlo con parámetros morfométricos como los parámetros: fuerza/presión del diafragma, máxima presión inspiratoria, grosor del diafragma o presión transdiafragmática y en este estudio aumentar el tamaño de la muestra.

## **Conclusión:**

El ultrasonido diafragmático es una herramienta prometedora para evaluar la movilidad del diafragma dirigida a poder diagnosticar la presencia de disfunción diafragmática en pacientes hospitalizados en terapia intensiva bajo ventilación mecánica, sin embargo aun se requieren más estudios con un mayor número de pacientes para determinar su utilidad e incluirlo como parte del protocolo de retiro de la asistencia mecánica ventilatoria.

## BIBLIOGRAFIA:

1. Khan J, Harrison TB, Rich MM: Mechanisms of neuromuscular dysfunction in critical illness. *Crit Care Clin* 2008; 24:165–177.
2. Herridge MS, Batt J, Hopkins RO: The pathophysiology of long-term neuromuscular and cognitive outcomes following critical illness. *Crit Care Clin* 2008; 24:179–199, x
3. 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; 332:345–350
4. Esteban A, Alia I, Ibanez J, et al: Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994; 106:1188–119
5. Fedullo AJ, Lerner RM, Gibson J, et al. Sonographic measurement of diaphragmatic motion after coronary artery bypass surgery. *Chest* 1992; 102:1683–1686
6. Houston JG, Morris AD, Howie CA, et al. Technical report: quantitative assessment of diaphragmatic movement: a reproducible method using ultrasound. *Clin Radiol* 1992; 46:405–407
7. Targhetta R, Chavagneux R, Ayoub J, et al. Cine´ tique diaphragmatique droite mesure´ e par ultrasonographie en mode TM avec spirome´ trie concomitante chez le sujet normal et asthmatique, Re´ sultats preliminaires. *Rev Med Interne* 1995; 16:819–826
8. Kantarci F, Mihmanli I, Demirel MK, et al. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with M-mode sonography. *J Ultrasound Med* 2004; 23:255–260
9. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, et al: Diaphragmatic thickness–lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol* 1989; 67: 1560–1568
10. Summerhill EM, El-Sameed YA, Glidden TJ, et al: Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound. *Chest* 2008; 133: 737–743
11. Gerscovich EO, Cronan M, McGahan JP, et al: Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med* 2001; 20: 597–604
12. Boussuges A, Gole Y, Blanc P: Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography: Methods, reproducibility, and normal values. *Chest* 2009; 135:391–400
13. Won Young Kim, MD; Hee Jung Suh, RT; Sang-Bum Hong, MD, PhD; Younsuck Koh, MD, PhD, FCCM; Chae-Man Lim, MD, PhD, FCCM Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation *Crit Care Med* 2011; 39:2627–2630
14. Dimitrios Matamis, Eleni Soilemezi, Matthew Tsagourias, Evangelia Akoumianak, Saoussen Dimassi Filippo Boroli, Jean-Christophe M. Richard, Laurent Brochard Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. *Technique and clinical Applications; Intensive Care Med* 2013.
15. E Urvias, D. Pariente, c: Fausser et al: Diaphragmatic paralysis in children: diagnosis by TM mode ultrasound *pediatric Radiology* 1994; 24: 564 – 568
16. Harris RS, Giovannetti M, Kim BK (1983) Normal ventilatory movement of the right hemidiaphragm studied by ultrasonography and pneumotachography. *Radiology* 146:141–144 .

17. Jiang JR , Tsai TH, Jerng JS ,Yu CJ ,Wu HD,Yang PC: Ultrasonographic evaluation of liver / spleen movements and extubation outcome Chest 2004; 126: 179 – 185
18. Vivier E, Mekontso Dessap A, Dimassi S, Vargas F, Lyazidi A, Thille AW, Borchard L: Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non invasive ventilation intensive care 2012.
19. Beaulieu Y, Marik PE: bedside ultrasonographic in the ICU: part 1 (2005) Chest 128:881- 895.
20. Vassilakopoulos T, Petrof BJ: Ventilatorinduced diaphragmatic dysfunction. Am J Respir Crit Care Med 2004; 169:336–341
21. Powers SK, Shanely RA, Coombes JS, et al: Mechanical ventilation results in progressive contractile dysfunction in the diaphragm. J Appl Physiol 2002; 92:1851–1858
22. Sassoon CS, Caiozzo VJ, Manka A, et al: Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation. J Appl Physiol 2002; 92:2585–2595
23. Jung B, Constantin JM, Rossel N, et al: Adaptive support ventilation prevents ventilatorinduced diaphragmatic dysfunction in piglet:An in vivo and in vitro study. Anesthesiology 2010; 112:1435–1443
24. Powers SK, Hudson MB, Nelson WB, et al: Mitochondria- targeted antioxidants protect against mechanical ventilation-induced diaphragm weakness. Crit Care Med 2011; 39:1749–1759
25. Hussain SN, Mofarrahi M, Sigala I, et al: Mechanical ventilation-induced diaphragm disuse in humans triggers autophagy. Am JRespir Crit Care Med 2010; 182:1377–1386
26. Smuder AJ, Hudson MB, Nelson WB, et al: Nuclear factor- $\kappa$ B signaling contributes to mechanical ventilation-induced diaphragm weakness. Crit Care Med 2012; 40:927–934
27. Davis RT III, Bruells CS, Stabley JN, et al: Mechanical ventilation reduces rat diaphragm blood flow and impairs oxygen delivery and uptake. Crit Care Med 2012; 40:2858–2866
28. Brancatisano A, Amis TC, Tully A, et al: Regional distribution of blood flow within the diaphragm. J Appl Physiol 1991; 71:583–589
29. Bellemare F, Wight D, Lavigne CM, et al: Effect of tension and timing of contraction on the blood flow of the diaphragm. J Appl Physiol 1983; 54:1597–1606
30. McClung JM, Kavazis AN, Whidden MA, et al: Antioxidant administration attenuates mechanical ventilation-induced rat diaphragm muscle atrophy independent of protein kinase B (PKB Akt) signalling. J Physiol (Lond) 2007; 585(Pt 1):203–215
31. Agten A, Maes K, Smuder A, et al: N-Acetylcysteine protects the rat diaphragm from the decreased contractility associated with controlled mechanical ventilation. Crit Care Med 2011; 39:777–782
32. Nathens AB, Neff MJ, Jurkovich GJ, et al: Randomized, prospective trial of antioxidant supplementation in critically ill surgical patients. Ann Surg 2002; 236:814–822
33. Samir Jaber\*1,2,3, Boris Jung2,3,4, Stefan Matecki3 and Basil J Petrof4 Clinical review: Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction - human studies confirm animal model findings! Critical Care 2011, 15:206
34. Tobin MJ. Role and interpretation of weaning predictors. As presented at the 5th International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Weaning from Mechanical Ventilation. Hosted by ERS, ATS, ESICM, SCCM and SRLF; Budapest, April 28–29, 2005.

35. Esteban A, Alia I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994; 106: 1188–1193.
36. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al. Mechanical Ventilation International Study Group. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002; 287: 345–355.
37. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1994; 330: 1056–1061.
38. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1530–1536.
39. Hall JB, Wood LD. Liberation of the patient from mechanical ventilation. *JAMA* 1987; 257: 1621–1628.
40. Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med* 2002; 28: 535–546.
41. Epstein SK, Nevins ML, Chung J. Effect of unplanned extubation on outcome of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1912–1916.
42. 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: 345–350.
43. Vallverdu I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1855–1862.
44. 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: 1864–1869.
45. 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: 896–903.
46. 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: 906–915.
47. Capdevila XMD, Perrigault P-F, Ramonatxo M, et al. Changes in breathing pattern and respiratory muscle performance parameters during difficult weaning. *Critical Care Med* 1998; 26: 79–87.
48. Brochard L. Pressure support is the preferred weaning method. As presented at the 5th International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Weaning from Mechanical Ventilation. Hosted by ERS, ATS, ESICM, SCCM and SRLF; Budapest, April 28–29, 2005.
49. Esteban A, Alia 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; 159: 512–518.
50. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324: 1445–1450.
51. Jones DP, Byrne P, Morgan C, Fraser I, Hyland R. Positive end-expiratory pressure versus T-piece. Extubation after mechanical ventilation. *Chest* 1991; 100: 1655–1659.



52. Habberthur C, Mols G, Elsasser S, Bingisser R, Stocker R, Guttman J. Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube, or pressure support ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46: 973–979.
53. Perren A, Domenighetti G, Mauri S, Genini F, Vizzardi N. Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 2002; 28: 1058–1063.
54. Farias JA, Retta A, Alia I, et al. A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in paediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 2001; 27: 1649–1654.
55. Esteban A, Alia I, Gordo F, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 459–465.
56. Zeggwagh AA, Abouqal R, Madani N, Zekraoui A, Kerkeb O. Weaning from mechanical ventilation: a model for extubation. *Intensive Care Med* 1999; 25: 1077–1083.
57. Namen AM, Ely EW, Tatter SB, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 658–664.
58. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubinfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1530–1536.
59. Koh WY, Lew TW, Chin NM, Wong MF. Tracheostomy in a neuro-intensive care setting: indications and timing. *Anaesth Intensive Care* 1997; 25: 365–368.
60. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng- Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest* 2001; 120: 1262–1670.
61. Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest* 1996; 110: 1566–1571.
62. Fisher MM, Raper RF. The “cuff-leak” test for extubation. *Anaesthesia* 1992; 47: 10–12.
63. DeBast Y, De Backer D, Moraine JJ, Lemaire M, Vandenberght C, Vincent JL. The cuff leak test to predict failure of tracheal extubation for laryngeal oedema. *Intensive Care Med* 2002; 28: 1267–1272.