TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Presentado para acceder al título de

MAGÍSTER en KINESIOLOGÍA Y FISIOTERAPIA CARDIORRESPIRATORIA

Título: “Utilidad de parámetros ecográficos diafragmáticos para predecir desvinculación de asistencia mecánica ventilatoria en pacientes críticos”

Autor: Maurino, Damián Jesús

N.º DNI: 26596379

Director/a:

Dr. Capomassi Mauricio

Lugar:

Rosario

Fecha de presentación

01/08/0024

Firma autor

Índice:

Introducción……. Pág. 1

Marco teórico…….. Pág. 2- 22

Planteo y Objetivos ……... Pág. 23

Justificación…… Pág. 24

Weaning Ecoguiado, Caso clínico…….. Pág. 24 - 28

Discusión……. Pág. 29 - 32

Conclusión…….……. Pág. 32 - 33

Bibliografía……..……. Pág. 34 - 39

Anexo……. Pág. 40 - 44

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica es una intervención esencial para el paciente con insuficiencia respiratoria aguda o crónica, proporcionando un soporte vital en tanto se abordan las causas que generan la disfunción pulmonar u orgánica en general.

Conocido es que la utilización prolongada de ventilación mecánica puede resultar en alteraciones de la musculatura involucrada en el proceso respiratorio espontáneo y fisiológico, especialmente del diafragma, principal músculo involucrado en el ciclo y responsable de aproximadamente entre el 40 % y 90 % de la ventilación en reposo. Esto acontece ya que cuando un paciente está bajo los efectos de la ventilación mecánica, la acción de los músculos respiratorios se transforma pasiva, acto que por lo general lleva a debilidad o atrofia lo que dificulta la transición a la respiración espontánea. (1)

Se ha estudiado además que la retirada precoz o tardía de la ventilación mecánica es determinante para la aparición de morbilidades asociadas lo que incrementa tiempo de internación en las diferentes áreas del sistema de salud, gastos en recursos hospitalarios, sanitarios y un incremento considerable en la tasa de mortalidad del paciente crítico. Es necesario destacar que la tasa de fallo en el proceso de desvinculación de la ventilación mecánica (weaning) se ha comprobado entre un 15 a 25%. (2-4)

Por lo expuesto anteriormente es necesaria una evaluación cuidadosa y precoz de la fuerza y función del diafragma durante el proceso de weaning, para que este sea exitoso lo que implicaría un restablecimiento de la función respiratoria en forma independiente con la menor cantidad de complicaciones posibles.

La ecografía diafragmática ha surgido en las últimas décadas como herramienta que puede evaluar en tiempo real la estructura y función del diafragma, lo que hace necesaria la continuación de la construcción del desarrollo de esta técnica para la combinación y aporte al protocolo de weaning convencional en búsqueda de una precoz desvinculación de la ventilación mecánica en beneficio del paciente crítico. (1)

MARCO TEÓRICO

Ventilación mecánica:

La ventilación mecánica es una herramienta terapéutica que como procedimiento busca sustituir en forma temporal la función respiratoria normal. Está indicada en las situaciones que, por diferentes motivos patológicos, el pulmón no puede cumplir con los objetivos fisiológicos que son inherentes a su función (5).

Este procedimiento es llevado a cabo a través de ventiladores mecánicos, los cuales sustituyen la función respiratoria del paciente en forma total o parcial por un período de tiempo determinado. Estos dispositivos introducen mediante presión positiva una mezcla de aire y oxígeno (O2) en las vías aéreas del paciente.

Los objetivos de la ventilación mecánica se enumeran en el cuadro N° 1:

Objetivos de la ventilación mecánica	
A- Objetivos fisiológicos	B- Objetivos clínicos
1- Dar soporte o regular el intercambio gaseoso.	1- Revertir hipoxia.
a. Ventilación alveolar (PaCO2 y PH).	2- Revertir acidosis resp. aguda.
b. Oxigenación arterial (PaO2, SaO2).	3- Mejorar distrés respiratorio
2- Para aumentar volumen pulmonar.	4- Prevenir atelectasias.
a. Suspiros o insuflación pulmonar.	5- Revertir fatiga muscular.
b. Capacidad residual pulmonar.	6- Permitir sedación.
3- Para reducir trabajo respiratorio.	7- Disminuir el consumo de O2.
a. Poner en reposo músculos respiratorios.	8- Disminuir presión Intracraneal.

El ingreso del aire al pulmón se produce por gradientes de presiones generados en la vía aérea como consecuencia de la contracción de los músculos respiratorios o de la acción de un ventilador (paciente ventilado) que origina un flujo de gases.

Ciclo respiratorio:

La respiración se divide en dos fases; inspiración (activa) y espiración (pasiva). La primera fisiológicamente se produce por el movimiento (contracción de los músculos respiratorios) principalmente del diafragma que genera presión negativa en el espacio

pleural y como consecuencia la distención pulmonar. Se produce de esta forma un flujo de aire desde la boca al alvéolo, debido a la diferencia de presión entre estos dos puntos, pasando el aire de la zona de mayor presión a la de menor presión.

La espiración es un fenómeno pasivo provocado por fuerzas generadas por las propiedades elásticas del pulmón y la caja torácica, lo que ocasiona la salida del aire desde el alvéolo hacia el exterior (6).

Cuando se aplica ventilación mecánica, el aire ingresa a los pulmones por la presión positiva generada desde el ventilador, a esta presión se le opone la resistencia al flujo aéreo del árbol traqueo bronquial (presión resistiva) y la resistencia elástica del parénquima pulmonar.

Por lo descripto previamente puede evidenciarse que la principal diferencia entre la ventilación espontanea fisiológica y la generada por el ventilador, es que en el primer caso el aire ingresa por diferencia de presión entre dos puntos (presión negativa) generado por la contracción de los músculos respiratorios; en el segundo el aire ingresa por la presión positiva generada por la máquina.

Gracias a la ventilación mecánica se brinda al paciente gravemente enfermo, un soporte para mantenerlo con vida, hasta que el sistema respiratorio sea capaz, nuevamente de cumplir su función, momento a partir del cual se inicia el proceso de weaning.

No debemos perder de vista que la ventilación mecánica tiene una limitación temporal, genera efectos deletéreos en el paciente por lo que deberá aplicarse el menor tiempo posible.

En tanto se puede decir que desconectar al paciente del ventilador se transforma en una prioridad, pasando la fase aguda de la enfermedad, debido a sus complicaciones que serán descritas a continuación y debemos evitar. (7)

<u>Complicaciones de la ventilación mecánica</u>:

La ventilación mecánica invasiva es una técnica agresiva, que así esté aplicada correctamente, no está exenta de complicaciones.

Dentro de las complicaciones debemos recordar puntualmente dos entidades frecuentes relacionadas y asociadas al fracaso de weaning:

* Neumonía asociada a la ventilación mecánica.

* Disfunción diafragmática.

Otras complicaciones: Las que podemos dividir en los siguientes grupos (8)

A) Derivada de la vía aérea artificial:
   - Asociadas a la intubación y al uso de laringoscopía:
     - Sistema cardiovascular:
       - Arritmias.
       - Hipertensión.
       - Isquemia miocárdica.
       - Infarto.
     - Sistema respiratorio:
       - Hipoxia.
       - Hipercapnia.
       - Laringoespasmo.
       - Broncoespasmo.
     - Sistema nervioso central:
       - Aumento de la presión intracraneana.
       - Aumento de la presión intraocular.
   - Durante la intubación: Hace referencia a complicaciones generadas en el momento de la colocación del tubo endotraqueal en la vía aérea:
       - Intubación dificultosa.
       - Intubación esofágica.
       - Intubación selectiva.
       - Vómitos, epistaxis, lesiones dentales y de la mucosa oral, en articulación temporomandibular.
       - Laringoespasmo y edema agudo de pulmón no cardiogénico.
       - Extrasístoles ventriculares, taquicardia, bradiarritmias, hipotensión, hipoxemia, hipertensión, paro cardiaco.

B) Complicaciones derivadas de la presencia del tubo endotraqueal en la vía aérea:
   - Son lesiones laríngeas macroscópicas por hiperpresión, pueden aparecer a las seis horas de realizada la intubación, se recomienda no superar presión de 25 mmHg en el balón de neumotaponamiento.

- Otras podrían ser: Obstrucción, desplazamiento o introducción del tubo endotraqueal al bronquio fuente derecho.
- Daño en vía aérea superior, traqueo malacia, estenosis traqueal, fístulas traqueo-esofágicas.

C) Complicaciones tras la extubación:
   - Laringoespasmo.
   - Edema agudo de pulmón no cardiogénico.
   - Broncoespasmo, ulcera en labios, boca, parálisis de cuerdas vocales.

D) Complicaciones pulmonares en forma de daño pulmonar asociados a la ventilación mecánica: (9)
   - Barotrauma: Daño causado por presión alta en la vía aérea, se define como la presencia de aire en el tejido extra alveolar ya que ocurre una ruptura de la pared alveolar por sobre distención. Tras la rotura alveolar el aire discurre por el espacio intersticial, disecando proximalmente a lo largo de la vaina bronco vascular hacia el hilio pulmonar y el mediastino, este mecanismo se conoce como efecto MACKLIN, rompe la pleura y provoca neumotórax.
   - Volutrauma: Se genera por utilización de volúmenes elevados. Sobre distiende el alvéolo y causa edema agudo de pulmón no cardiogénico y hemorragia alveolar.
   - Atelectrauma: Se asocia a la utilización de bajos volúmenes se produce por mecanismo de cierre y apertura cíclica de un alvéolo colapsado, dando lugar a fenómenos inflamatorios.
   - Biotrauma: Producto de la liberación de mediadores químicos a la circulación general lo que provoca lesión en órganos a distancia.
   - Toxicidad por oxígeno: Cuando se utiliza FIO2 alta por largos períodos de tiempo (más de 48hs). Las lesiones que se observan son similares a la producidas en el SDRA.

E) Neumonía asociada a ventilación mecánica (NAVM): Esta entidad se define como aquella infección del tracto respiratorio bajo que se produce 48 hs tras la intubación o en las 72 hs siguientes a la extubación o retirada de traqueostomía y que no estaba presente ni en período de incubación en el momento de la

intubación. (10) La NAVM es la causa más frecuente de lesiones adquiridas en unidades de cuidados intensivo (UCI).

Se estima que el 28% de complicaciones infecciosas relacionadas a la ventilación mecánica corresponde a NAVM (11)

Su presencia se relaciona con el incremento de la estancia intrahospitalaria, mayor consumo de antibióticos y mayor tiempo en ventilación mecánica. Por otra parte, se estima que se asocia a un incremento de la mortalidad en porcentaje variable, entre el 5% – 25% (12).

F) Complicaciones en el diafragma: El diafragma es una estructura músculo tendinosa delgada que se inserta a nivel anterior en la apófisis xifoides del esternón, lateralmente en los bordes costales hasta los extremos de la décima y undécima costilla, a nivel posterior en las vértebras lumbares mediante dos pilares (derecho L3, izquierdo L2). Su inervación se la brinda el nervio frénico, que emerge a nivel cervical desde C3, C4 y C5. (13)

Tiene forma de cúpula y separa la cavidad torácica de la cavidad abdominal. Actúa como pistón generando un flujo cuando desciende y desplaza el contenido abdominal hacia abajo.

La presión generada entre la cavidad torácica y la abdominal se denomina presión trans-diafragmática (también conocida como Pdi) que no es más que la diferencia entre la presión pleural y la presión abdominal lo cual permite un cálculo específico de la fuerza diafragmática. (14)

1) <u>Disfunción diafragmática</u>: Numerosos trabajos de investigación desde hace años, centran su atención en el estudio de la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica (15). Los pacientes sometidos a ventilación mecánica, una vez resuelta la patología que los llevo a dicho estado, deberán pasar por un proceso de destete de los parámetros ventilatorios para posteriormente poder ser extubados. Al ser sometidos a una ventilación prolongada, por un período mayor a 5 días, se asociará a weaning prolongado, teniendo resultados negativos en cuanto a la mortalidad.

   El 50% de los pacientes requieren soporte ventilatorio de corto plazo mientras que el 20% necesitara estar ventilado por períodos mayores a 21

días, lo cual presenta un impacto muy importante en la perdida de fuerza del diafragma.

Si tenemos en cuenta los modos controlados de ventilación en donde el ventilador realiza todo el trabajo respiratorio al paciente, y este no tiene la posibilidad de dar inicio a una inspiración, aplicado por un tiempo prolongado generan atrofia diafragmática inducida por el ventilador que excede en la curva de tiempo a la atrofia observada en los músculos esqueléticos durante el desuso. (16)

2) Mecanismos de disfunción diafragmática: La ventilación mecánica produce un aumento en la generación de radicales libres de oxígeno, lo que genera una inducción de la vía de la caspasas y calpaínas. También activa la vía de la ubiquitina proteasoma provocando un incremento de la proteólisis.

   Además, sufre un incremento de la transcripción de genes relacionados a la autofagia, generando en su conjunto una disminución de síntesis de proteínas, la que asociada a la proteólisis dan como resultado un balance negativo en las proteínas musculares, determinando una injuria y atrofia de miofibrillas (17).

   i. Atrofia muscular: Puede resultar de una disminución en la síntesis de proteínas o a la degradación proteica, esta se observa en animales con 18 hs. de ventilación mecánica.

   ii. Remodelación de las fibras: Los tipos de fibras musculares con que cuenta el diafragma son tradicionalmente clasificadas como tipo I o lentas y tipo II o rápidas, basadas en la composición de la cadena pesada de las moléculas de miosina. Una ventilación controlada por 2 o 4 días puede producir un patrón mixto de fibras musculares (disminución de fibras Tipo I con incremento de las fibras que co-expresan fibras lentas y rápidas de la cadena de miosina). Este cambio reduce la resistencia del diafragma.

iii. Estrés oxidativo: Es reflejado por el incremento de la oxidación proteica y peroxidación de lípidos. En animales se observa en 6 hs. Esta injuria puede contribuir a la atrofia y disfunción contráctil.

iv. Injuria estructural: Las anomalías de los componentes estructurales de las fibras se han visto a las 48hs de la ventilación mecánica controlada, estas incluyen miofibrillas rotas, edema de mitocondrias, depósito de lípidos y vacuolas. Estas anomalías son inversamente proporcionales a la fuerza del diafragma. (18)

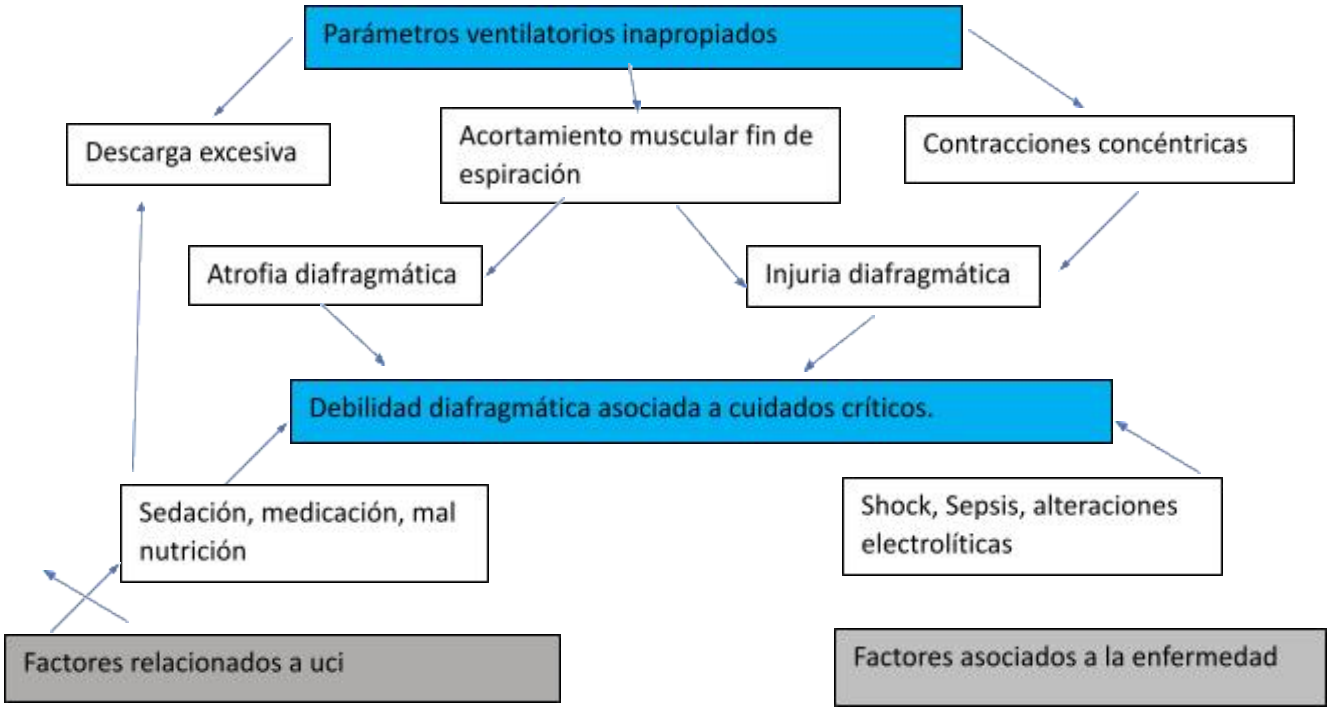

Figura 1: Fisiopatología de la disfunción diafragmática asociada a internación en UCI:

Como puede observase en la figura 1 existen 3 factores principales asociados a la disfunción diafragmática. Los relacionados con la atención en UCI (sedación prolongada, medicamentos como relajantes musculares o corticoesteroides o la mal nutrición) los factores relacionados con la enfermedad (desbalance electrolítico, infecciones, estados de shock), o factores relacionados con el ventilador; exceso de asistencia, asincronías que conllevan a lesiones en la fibra muscular diafragmática etc.

WEANING o destete de la ventilación mecánica:

Se puede entender en términos de weaning o destete de la ventilación mecánica al proceso de retirada del sistema, por lo tanto; desconexión, destete y o weaning son sinónimos entre sí, pero no de extubación. Esta última es el proceso de retirada del tubo orotraqueal, en tanto podemos entender weaning como un proceso más amplio con numerosas fases. (19)

El proceso de destete de ventilación mecánica ocupa entre el 40% y 50% del total del tiempo de ventilación mecánica.

Definiciones a considerar:

1- Prueba de respiración espontánea: (PRE) hace referencia a una prueba de ventilación del paciente a través del tubo endotraqueal sin soporte ventilatorio (se utiliza una pieza en T con aporte de oxígeno)

Figura 2: Muestra paciente realizando PRE con pieza en T.

O con una asistencia que puede realizarse en modo presión soporte, utilizando un soporte menor a 8 cm H2O con 0 de PEEP.

En cuanto a los métodos mencionados y tradicionales de prueba de respiración espontanea, no se ha demostrado superioridad de ninguno de ellos sobre el otro. La PRE es simple segura y eficaz, se considera el mejor indicador para evaluar weaning del paciente en ventilación mecánica (20). Se estableció su duración entre 30 y 120 minutos. Hasta el momento no se ha demostrado que ninguno de los dos períodos de tiempo sea uno mejor que el otro, hay datos

que sugieren que el decidir entre una prueba de 30 o 120 minutos debe basarse en la presencia de algunos factores de riesgo como: tiempo de permanencia en ventilación mecánica, causa de falla de weaning y contexto clínico del paciente. En caso de pacientes que han fallado una PRE, el someterlo nuevamente una prueba de hasta 120 minutos podría garantizar la retirada de la ventilación mecánica más segura. (21)

Para diagnosticar el fracaso en PRE se postularon parámetros objetivos y subjetivos.

- Parámetros subjetivos:
  - Agitación y ansiedad.
  - Deterioro del nivel de conciencia.
  - Diaforesis.
  - Cianosis.
  - Incremento del esfuerzo respiratorio.
- Parámetros objetivos:
  - PaO2 menor o igual a 50 – 60 mmHg con FiO2 mayor o igual a 0,5 o saturación O2 menor a 90%.
  - PaCO2 mayor a 50 mmHg o incremento mayor a 8 mmHg.
  - PH menor a 7,32 o descenso de PH menor o igual a 0,07.
  - Frecuencia respiratoria mayor a 35 respiraciones/minuto o incremento mayor o igual al 50% del basal.
  - Frecuencia cardíaca mayor a 140 latidos/minuto o incremento mayores o iguales del 20% del basal.
  - Presión arterial sistólica menor a 90 mmHg.
  - Frecuencia respiratoria / VT mayor a 105 Respiraciones/ min / L (índice de Tobin y Young)

Se comprobó que el 60% de los pacientes que toleran bien la primera PRE con dispositivo en T pueden ser extubados.

Clasificación de weaning

En la conferencia consenso 2007 se propuso una clasificación de destete en tres grupos determinados por el número de pruebas de ventilación espontánea, el tiempo empleado y los resultados de ellos: (22)

1. Destete sencillo: Extubación del paciente en la primera prueba, ocurre en el 30 – 58% de los pacientes. Con mortalidad variable del 0 -13%.
2. Destete difícil: Cuando se produce el fracaso en la primera prueba de respiración espontánea y tres o menos intentos de pruebas de respiración espontánea en 7 días o menos tras la primera fallida (del 26 – 40%) con mortalidad que varía entre el 1 – 11%.

3. Destete prolongado: Fracaso en la primera prueba de respiración espontánea y más de tres intentos de pruebas de respiración espontánea o se realizan pasados los 7 días después de la primera prueba de respiración espontánea fallida (del 6 – 30%) en el 68% de estos pacientes se requiere traqueostomía. La mortalidad es del 13 – 22%, significativamente mayor a la de los grupos anteriores.

Esta clasificación tiene en cuenta solamente a los pacientes sometidos a ventilación espontánea que son extubados, omitiendo a aquellos que no fueron sometidos a pruebas de respiración espontánea alguna por ejemplo pacientes traqueostomizados.

En el 2017 se publica un estudio multicéntrico observacional, en Europa (23) con intención de incluir a los grupos de pacientes no tenidos en cuenta.

Nueva propuesta de clasificación:

A. Grupo "No weaning": Pacientes que han sufrido ningún intento de retirada de la ventilación mecánica (PRE), comprende el 24% de los casos.
B. Grupo 1 (Weaning corto): Se retira con éxito la ventilación mecánica en el primer intento en un día (57%) mortalidad del 6%.
C. Grupo 2 (Weaning difícil): La retirada se concreta después del primer día, pero antes de la semana del primer intento. Contempla el 10% de los pacientes con mortalidad del 17%.
D. Grupo 3 (Weaning prolongado): Se prolonga más de 7 días del primer intento. Incluye al 9% de los pacientes con mortalidad del 29%.

Criterios de inicio de weaning

- Mejoría o resolución del cuadro agudo que causo el ingreso a ventilación mecánica.

- Parámetros neurológicos: No sedación, adecuado estado mental. Escala de coma de Glasgow mayor a 8.
- Capacidad de toser.
- Secreciones traqueo-bronquiales no excesivas.
- Parámetros cardio vasculares estables: Frecuencia cardíaca menor 140 L/m.
- Presión arterial sistólica: Entre 90 – 160 mmHg sin vasopresores o mínima dosis Ej.: dopamina menos de 5 mg/kg/minuto.
- Oxigenación: Saturación de O2 mayor a 90% o PAO2 mayor a 60 mmHg con FiO2 menor o igual a 0,4 (o PaO2/FiO2 mayor o igual a 150 mmHg) y Peep menor o igual a 8 cm de H2O.
- Estado metabólico correcto (PH mayor a 7,25)
- Adecuado nivel de hemoglobina (mayor o igual a 7 – 10 mg/dl)
- Temperatura corporal menor o igual a 38°

Si el paciente no cumple con estos criterios deberá continuar en ventilación mecánica y evaluarlos a diario, hasta el momento que los cumpla y sea posible de ese modo iniciar el proceso de weaning. Si el paciente cumple los criterios el paso siguiente es la PRE.

Test predictores de éxito de Weaning:

De los pacientes que son extubados, vale decir llegaron al final de su proceso de weaning, el 13- 18% fracasan y necesitan reintubación durante las primeras 48hs (24) y la mortalidad asciende al 30%, debido a estos datos se han tratado de hallar índices predictivos de éxito o fracaso de destete. Los predictores de tolerancia de la PRE, llamados también test de screening de weaning se utilizan para prever si ese paciente será capaz de superar o no la retirada de la ventilación mecánica o posteriormente del tubo y asumir su propia respiración. Hay numerosos índices predictores de éxito en la literatura, unos se relacionan con la oxigenación del paciente (PaO2/FiO2) otros con la actividad muscular (Pimax) otros con volúmenes espiratorios, VT (relación FR/VT) otros con el drive respiratorio central (presión de oclusión de la vía aérea) otros con la mecánica respiratoria (compliance dinámica o estática). Se considera PRE el mejor predictor.

Índices propuestos:

1- Índice de O2: Una adecuada oxigenación es un criterio clínico esencial para retirar ventilación mecánica, pero es un pobre predictor de éxito en destete (25)

2- Índice de Tobin y Yang (RSBI): Es el más estudiado y utilizado. Queda definido por la FR/VT. Valores superiores a 105 R/M/L indican una mayor probabilidad de fracaso (26) y al contrario valores inferiores predicen éxito. Podemos traducir esto, en que los pacientes que tienden a respirar rápidamente (FR alta) y/o superficialmente (VT bajos) tienen un alto RSBI y no suelen tolerar la retirada de la ventilación mecánica.

3- Presión de oclusión o PO1: Es la presión negativa que se genera durante los primeros 100 mseg. de inspiración cuando la válvula de trigger está aún cerrada. Durante los primeros 100 mseg, la presión es independiente de la conciencia del paciente y de la mecánica respiratoria, por lo tanto, sería una medida indirecta de los centros respiratorios. Este índice es una medida del drive, por lo que un estímulo elevado durante la respiración espontánea daría lugar a un desequilibrio entre la carga, la mecánica y la función neuromuscular. Aunque es una presión negativa se expresa en valores positivos en el ventilador siendo el valor normal de 0 – 2 cmH2O. Valores mayores de entre 4 y 6 cmH2O se asocian a fracasos del destete. (24)

4- Capacidad vital: Es el máximo volumen que es capaz de espirar un paciente después de una inspiración profunda. Integra la fuerza que pueden generar los músculos respiratorios y la propiedad mecánica del sistema, aunque es independiente del esfuerzo del paciente y de su nivel de cooperación. Valor normal= 65 – 75 ml/kg, aunque 10 ml/kg serían suficientes para mantener una respiración espontánea.

5- Presión inspiratoria máxima (Pi Max): Es la presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio, realizada desde capacidad residual funcional. Se mide colocando un manómetro en el orificio del tubo endotraqueal con la

colocación de una válvula unidireccional que permita al paciente exhalar, pero no inhalar, obligándolo a realizar un esfuerzo inspiratorio de gran magnitud durante 20 a 25 seg. Se utiliza para estimar la fuerza de los músculos respiratorios. En condiciones normales podemos medir una Pi Max. de menos 100 cm de H2O, pero para predecir un destete exitoso basta con menos 20 cm de H2O (27).

6- Volumen minuto (VE): Es la ventilación por minuto que se constituye en un indicador de las demandas a las que está sometido el sistema respiratorio. En condiciones normales individuos sanos en reposo es de 5 – 6 lts/min. Pero en pacientes ventilados o que tienen un aumento en la producción de CO2, debe aumentarse el requerimiento ventilatorio (VE) para mantener una PaCO2 normal y como consecuencia aliviar la carga de los músculos respiratorios. Mayor sea el VE indica que mayor es la demanda de los músculos respiratorios.

7- Volumen de ventilación máxima voluntaria (VMV): Es el volumen que puede ser exhalado con un esfuerzo ventilatorio máximo en 1 minuto.
VN= rangos desde 50 – 200 lts/min.
La ventilación minuto es aproximadamente de 6 lts/min. La relación entre ventilación minuto y VMV indican la proporción de la capacidad ventilatoria requerida por un paciente para mantener una PaCO2 adecuada, y la variabilidad de la reserva ventilatoria para afrontar las demandas posteriores. La combinación de una ventilación minuto = 10 lts/min y la capacidad de doblar este valor durante la VMV indica éxito en destete (28).

8- Trabajo respiratorio: Puede calcularse a partir del volumen de ventilación pulmonar y la presión intratorácica que se genera por la contracción de los músculos respiratorios, medida con balón esofágico. Un valor del trabajo respiratorio del 15% es el límite utilizado para predecir fallos en destete (29).

9- Compliance estática: Es la presión estática requerida para mantener el volumen circulante por encima de la capacidad residual funcional (CRF).

Cuantifica indirectamente el trabajo respiratorio que se requiere para superar las fuerzas elásticas del sistema respiratorio. Se mide cuando el flujo es cero mediante una pausa inspiratoria. Puede estimarse con la siguiente formula: CST = VT corregido/ (Pplat – PeeP)

VN = oscila entre 60 y 100 ml/cmH2O, valores menores a 33 ml/cmH2O se asocia con mayor dificultad al destete.

10- PH gástrico: (mayor o igual a 7,30): Al desviar el flujo de sangre, desde áreas no vitales para cubrir las demandas excesivamente aumentadas de los músculos respiratorios durante el destete, se produce una isquemia con acidosis esplácnica, de modo que, si se mide el PH gástrico durante la VM y el destete, se tiene un indicador preciso de la evolución. Según algunos autores este indicador tiene una especificidad y sensibilidad del 100% para predecir fallo en el destete cuando el PH es más ácido.

11- Coeficiente de esfuerzo inspiratorio: Lo define la siguiente formula:

IEQ= [(0,75 VT/Cdyn) x (Ti/TTOT)]/Pimax

Donde VT es igual al volumen tidal, Cdyn es igual a la compliance dinámica del sistema, Ti es el tiempo inspiratorio y TTOT es el ciclo del trabajo respiratorio, Pimax es la presión inspiratoria máxima.

Se han sugerido que valores menores a 0,15 podrían predecir fallo de destete. (30).

12- Índice CORE: (compleance, oxygenation, reparation effort) formula:

CORE = [Cdym x (Pimax/PO1) x (PaO2/PAO2)]/FR.

Donde:

- Cdym: Es la compleance dinámica.
- Pimax: Es la presión inspiratoria máxima.
- PO1: Es la presión de oclusión.
- PaO2: Es la presión arterial de oxígeno.
- PAO2: Es la presión alveolar de oxígeno.
- FR: Frecuencia respiratoria.

Valor normal: menor a 8 se asocia con éxito en destete.

13- Índice de weaning: La ecuación es la siguiente:

IW = PTI x (VE40/UTSB)

Donde:

- PTI: Es el índice de tiempo de presión modificada.
- VE40: Es la ventilación minuto necesaria para llevar la PaCO2 a 40 mmHg.
- UTSB: Es el volumen tidal durante la respiración espontanea.

Índices que se utilizan para predecir éxito en Weaning

Medición	**Criterio**
Oxigenación	
Fio2	< = 0.40 - 0.50
Peep (cmH2o)	< = 5 – 8 cmH2O
PaO2 (mmHg)	>= 60 mmHg
SaO2 (%)	>= 90 %
PaO2/ FiO2	>150 – 200 mmHg
P (A-a) (mmHg)	< 350 mmHg
Ventilación	
PaCO2 (mmHg)	< 50 mmHg
pH	>7.35
Mecánica Ventilatoria	
Frecuencia respiratoria (R/m)	12 a 30 R/m
Volumen corriente (ml/Kg)	>5 ml/Kg
Capacidad vital (ml/Kg)	10 a 15 ml/Kg
Compliance estática (ml/cmH2O)	>25 ml/ cm H2O
Fr/Vt	< 105
Fuerza de los músculos respiratorios	
Fuerza inspiratoria máx. (PIM) (cmH20)	>-20 a -30 cmH2O
Impulso respiratorio	
Ventilación minuto para PCO2 normal (l/m)	< 10 l/m

PO1 (cmH2O)	< 6 cmH2O
PO1/ PIM	< 0.30
Trabajo respiratorio	
Trabajo durante respiración espontánea	< 1.6 Kg.m/min
Índice presión- tiempo	< 0.15 – 0.18
Reserva Ventilatoria	
Ventilación voluntaria máxima (l/m)	>20 l/m, más del doble del VE

Cuadro N° 2: Índices sugeridos como predictores de éxitos de weaning.

En el cuadro 2 pueden observarse los índices sugeridos y sus valores normales o acordes como predictores de éxitos de weaning.

Causas de fracaso de weaning:

1) Disfunción cardíaca: Tanto pulmones como corazón están funcionalmente unidos, el hecho de retirar la presión positiva de la ventilación mecánica tiene efectos cardiovasculares que condicionan el proceso de weaning por lo tanto al retirar presión positiva (para comenzar PRE) se produce el descenso de presión en el alveolo (Palv), que lleva una reducción de la presión intratorácica (Pit) este descenso tiene varias consecuencias:
    a. Disminución de la presión de la aurícula derecha, lo que incrementa el retorno venoso ocasionando un aumento de la post – carga del ventrículo izquierdo.
    b. Disminución de la presión transpulmonar, por lo que la resistencia pulmonar disminuye y con ella, disminuye la post carga del ventrículo derecho.

Estos dos efectos ocasionan un aumento de la precarga, que se verá potenciado por el aumento del tono adrenérgico. Agregando un aumento del trabajo respiratorio en la respiración espontánea.

Esto explica el porqué, en pacientes con función cardíaca comprometida, esta situación puede desencadenar una descompensación hemodinámica y llevar a un fracaso de destete.

2) Disfunción neurológica: Las encefalopatías se asocian con la dificultad para mantener la vía aérea permeable, llevando a un fracaso en el proceso de weaning. Entre otras la dificultad de toser, manejar secreciones y disfagias. El delirio se asocia a prolongación en la ventilación mecánica (31).
3) Otras alteraciones como endocrino metabólicas que se asocian con malnutrición factores iatrogénicos, que ocasionaron asincronía paciente ventilado (32) se asociación a complicaciones en weaning y aumento de la mortalidad.

EXTUBACIÓN

Una vez superado exitosamente el período de weaning, el paciente se considera apto para ser extubado.

Se tendrán en cuanta los siguientes criterios de extubación, definidos como los requisitos mínimos que el paciente debe reunir para plantearse el procedimiento en forma segura.

CRITERIOS DE EXTUBACIÓN
● Capacidad vital mínima de 15 ml/Kg de peso corporal ideal. ● Presión inspiratoria máxima de -20 cm H2o como mínimo. ● Presión arterial de O2 >= 60 mmHg con FiO2 < 0.5 y PEEP <5 cmH2O. ● Presión arterial de CO2 < 45 mmHg. ● Frecuencia respiratoria inferior a 25 R/min. ● Estabilidad hemodinámica sin vasopresores, o con mínimo apoyo vasopresor. ● Frecuencia cardíaca < 140 L/min ● Ausencia de hipo o hipertermia. ● Ausencia de fallo orgánico agudo. ● Paciente colaborador – GCS > 8. Buen estado mental. ● Ausencia de agitación. Adecuada tos.

Cuadro N° 3:

El cuadro 3 muestra los criterios a tener en cuenta, que al cumplirse llevaran a la realización de una extubación más segura.

ÉXITO Y FRACASO EN LA EXTUBACIÓN

Se considera éxito en la extubación al paciente capaz de sostener una respiración espontánea transcurriendo 48 hs de la retirada del tubo endotraqueal.

La mayoría de los pacientes se recuperan de la patología que los llevo a ventilación mecánica invasiva (80 – 90%) pueden ser desconectados y extubados con cierta facilidad a las 72hs. En otra cantidad de pacientes la ventilación mecánica invasiva es más difícil de retirar, son pacientes con comorbilidades o que trascurren periodos mayores a 21 días en ventilación, pacientes con edad avanzada (33).

El fracaso se define con la necesidad de volver a intubar y reintroducir al paciente en ventilación mecánica invasiva en un plazo de 48 – 72hs luego de la retirada del tubo endotraqueal y se da en un 5 – 25% de los casos.

ECOGRAFÍA

La ecografía se está imponiendo actualmente como una importante herramienta diagnóstica en el área de los cuidados críticos, por su capacidad de develar interrogantes a los pies del paciente en forma inmediata.

Hay tres características fundamentales que hacen de la ecografía un elemento muy relevante:

1- La ausencia de la generación de radiaciones y daños secundarios.

2- Se puede repetir todas las veces que sean necesarias, evitando traslados complejos de pacientes muy inestables hemodinámicamente.

3- Se trata de un estudio dinámico, en tiempo real, con equipos fácilmente transportables, de bajo costo y mucha efectividad.

En cuanto a sus desventajas se pueden mencionar las ventanas ecográficas del paciente, siendo dificultosas cuando hay edema, enfisema subcutáneo y obesidad, además de ser operador dependiente.

ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA

La ultrasonografía es un método muy disponible, fácil de utilizar y no invasivo. Tiene objetivos principales de evaluación en cuanto al diafragma: (34)

- Determinación de la excursión diafragmática.
- Medición del grosor diafragmático y la fracción de engrosamiento (Delta Tdi)

Podría evaluarse el diafragma utilizando diferentes ventanas y sondas. La sonda lineal es útil para determinar el engrosamiento a través de la ventana en la zona de aposición del diafragma con la caja torácica (sonda de 10 -12 Hz, colocado perpendicularmente sobre el 9° y 10° espacio intercostal en la línea axilar anterior). Las sondas convexas, por otra parte, son útiles para evaluar excursión en las ventanas lateral y anterior (sonda de 3,5 – 5 Hz, se posiciona debajo de la parrilla costal a nivel de la línea medio clavicular, debe dirigirse el ultrasonido perpendicular al tercio posterior de dicho hemidiafragma) (13;15;35;36)

Evaluación ecográfica del diafragma

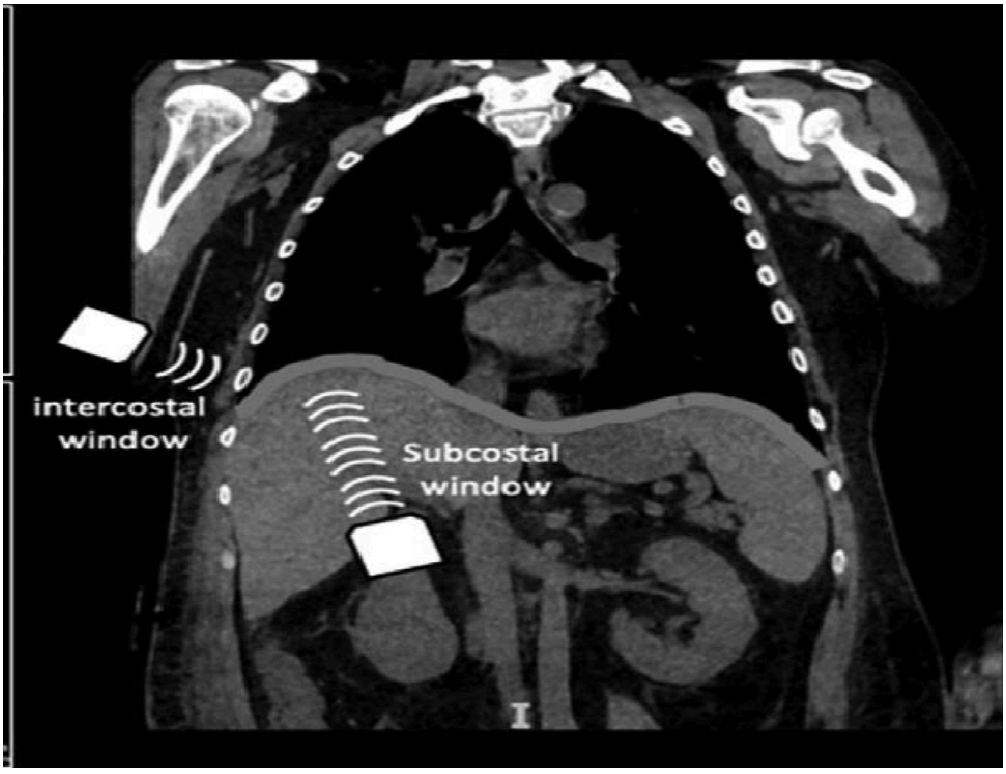

Figura 3: Exploración del diafragma derecho; muestra la zona de aposición y el abordaje subcostal anterior.

Durante el tiempo inspiratorio del ciclo respiratorio, el diafragma se contrae y aumenta el grosor. Una inspiración del 50% de la capacidad vital se correlaciona con la contracción muscular, ya que la resistencia torácica es escasa y uniforme, pero al superar el 50% de la capacidad pulmonar, la resistencia total va aumentando progresivamente obligando a realizar mayor porcentaje de engrosamiento durante la segunda mitad del tiempo inspiratorio (13).

El diafragma al contraerse aumenta su espesor y la magnitud de ese engrosamiento durante la inspiración, que puede ser expresado como porcentaje de aumento del engrosamiento (la fracción de engrosamiento diafragmático FEdi).

Este índice solo tiene en cuenta el grosor inicial y el grosor final durante una inspiración desde capacidad residual funcional hasta capacidad vital, refleja la actividad muscular durante la respiración, su eficacia como generador de presión y provee una estimación de fuerza durante el esfuerzo inspiratorio máximo (FEdi max) (13 – 14).

$$FEdi = \frac{(\text{grosor tele inspiratorio}) - (\text{grosor tele espiratorio})}{\text{Grosor tele espiratorio}} \times 100$$

Una FEdi puede predecir éxito de weaning si su valor es mayor al 30%, con una sensibilidad del 88%, y una especificidad del 71% esto demuestra un valor predictivo positivo del 91%.

Valores menores al 20% indican presencia de trastornos diafragmáticos, con probable fracaso en proceso de weaning comparado con índice de Tobin. (13;14;15)

El grosor diafragmático que se mide con ecografía en modo M o con imagen en 2D en el paciente ventilado, normalmente de 2,4 más 0,8 mm, indica atrofia si el grosor está por debajo de los 2 mm (15).

Normalmente la excursión diafragmática es de 0,9 – 2 cm y puede alcanzar valores entre 7 y 10 cm durante una respiración prolongada.

Durante el movimiento diafragmático hay variaciones en los valores ya que durante la respiración espontanea el hemidiafragma derecho esta 1,9 cm más cefálico que el hemidiafragma izquierdo al final de la espiración y 1,3 cm al final de la inspiración, en

pacientes ventilados la diferencia entre hemidiafragmas es de 1,7 cm al final de la espiración y 1,6 cm al final de inspiración (37).

En resumen, los parámetros que evalúan la función diafragmática por ultrasonido son, una excursión diafragmática menor a 10 mm (38) y una FEdi menor a 20%, para hablar de una disfunción diafragmática clínicamente relevante (13)

TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL DIAFRAGMA POR ULTRASONIDO

Se posicionará el transductor debajo del reborde costal derecho e izquierdo en su unión con la línea media clavicular o axilar anterior, dirigiéndolo en sentido craneal, medial y dorsal. La señal del ultrasonido alcanza perpendicularmente el tercio posterior del hemidiafragma correspondiente.

El lóbulo derecho hepático, sirve como ventana acústica en el hemidiafragma derecho y el bazo en el hemidiafragma izquierdo (17;39) de esta forma se evalúa excursión diafragmática, con sonda convexa, la cual tiene mayor penetración y logra llegar a la cúpula.

Para evaluar la variación del grosor diafragmático, el transductor del ecógrafo se localizará entre el 8vo y 10mo espacio intercostal y la línea medio axilar. El diafragma está unido a las costillas en el lugar de aposición costal, donde se ve una triple banda, que significa: el peritoneo, el músculo y la pleura parietal.

Esta ventana puede usarse en modo B o modo M.

Figura 4: Ecografía diafragmática modo B y modo M

En modo M se observa la variación del grosor a través del tiempo. (13).

La excursión diafragmática es la amplitud de excursión desde que se da inicio a la contracción hasta el máximo punto inspiratorio, se observara el desplazamiento cíclico de la cúpula diafragmática durante la inspiración y espiración por ultrasonografía usando el modo M siendo el hígado la ventana acústica cuando se evalúa el hemidiafragma derecho. (40)

Fig. 5: Ecografía diafragmática ventana Hepática, Modo B.

PLANTEO Y OBJETIVOS

Se realizará:

1- La presentación de un caso clínico consistente en la observación de un proceso de weaning eco guiado tomando como variables a estudiar el grosor diafragmático y la fracción de engrosamiento y excursión del diafragma.

2- Revisión bibliográfica de ecografía diafragmática como predictores de Weaning.

Para la obtención de dicha bibliografía, se realizó búsqueda en las bases de datos PubMed, Medline, Lilacs, Cochrane Library y Google Académico; en inglés y castellano; dentro del período 2012 a la actualidad; las cuales incluían siguientes palabras claves:

- “diaphragm” and “ultrasonography” and “Ventilator weaning”
- Extubación, ultrasonido, mecánica respiratoria.

Realizando la búsqueda anteriormente mencionada, se encontraron 6 artículos.

Para llevar a cabo este trabajo se incluyeron los artículos e investigaciones tratados

solo en pacientes adultos y sin combinación de otras técnicas.

Objetivo primario

- Describir el aporte de la ecografía diafragmática en la retirada de ventilación mecánica en un caso clínico de nuestra institución.

Objetivos secundarios

- Reconocer valores recomendados de excursión diafragmática y fracción de engrosamiento para predecir éxito en weaning, a través de búsqueda bibliográfica.
- Reconocer eficacia de ecografía diafragmática en la predicción de éxito para la retirada de ventilación mecánica en pacientes críticos.
- Revisar actualización de técnicas de medición diafragmática y su capacidad para predecir weaning, a través de búsqueda bibliográfica.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Ante la problemática de encontrar el momento adecuado para progresar en la retirada de la ventilación mecánica en pacientes críticos y la aparición del método ecográfico, no invasivo, como posible predictor de éxito de weaning asociado a otros protocolos y parámetros ya conocidos y aplicados, se planteó la duda de efectiva utilidad a tal fin.

Sabido es que la ecografía diafragmática permite evaluar morfología y funcionalidad del músculo más importante de la respiración. Con la evaluación del diafragma, los parámetros del espesor diafragmático y la evaluación de la fracción de acortamiento, se podrá definir si el empleo de la ecografía diafragmática puede ser un predictor del éxito del destete.

Por lo tanto, la ecografía diafragmática podrá constituirse en una técnica evaluatoria importante a la hora de determinar el inicio del weaning y posterior extubación en los pacientes críticos.

Presentación del caso:

Se cuenta con un paciente:

- Edad: 63 años
- Género: Masculino
- Enfermedad actual: El paciente ingresó por guardia del hospital con dificultad respiratoria aguda, taquipnea, frecuencia respiratoria 42 R/m, presentando temperatura de 39,5°, tos con expectoración abundante, frecuencia cardíaca 127 lat./min, Sat. O2. 78% sin oxígeno suplementario, a la auscultación presenta rales crepitantes bi pulmonares a predominio derecho. El cuadro descripto fue de presentación progresiva.
- Antecedentes personales: Tabaquista de jerarquía, 25 cigarrillos diarios, con diagnóstico de EPOC, cursando mieloma múltiple en tratamiento quimioterápico.

Se determinó la internación en la sala general del nosocomio, con la colocación de Ventilación no invasiva (VNI) modo Bipap, ipap 12 cm H20, epap 5 cmH2o, transcurridas 4 horas de internación sin respuesta a VNI y al suministro de medicación, analgésicos y antibióticos, se decidió el ingreso a la unidad de cuidados intensivos (UCI), para ser conectado a soporte ventilatorio invasivo.

La ventilación se inició con los siguientes parámetros, de un ventilador Neumovent graph/net:

Datos ventilatorios	Modo VCV
Volumen corriente (ml)	400 ml
Frecuencia respiratoria (resp/min)	18 R/m
Presión pico (cmH20)	19 cmH2o
Presión meseta (cmH2O)	16 cmH2o

Presión media (cmH2O)	10 cmH2o
PEEP (CmH20)	6 cmH2o
Tiempo Inspiratorio (Seg)	0.9 seg.
VT ml/Kg	7 ml/kg
Fio2	0.65 %

Cuadro N°4:

Tal como lo muestra el cuadro N° 4 se procedió a ventilar al paciente en modo VCV volumen Tidal 400 ml, Peep 6 cm H2O, Fr 18 Resp/min, FiO2 0.65 con saturación O2 93%, adaptado al ventilador, en estado crítico, hemodinámicamente inestable. Con la siguiente medicación:

- Relajantes musculares, sedo-analgesia, corticoides sistémicos, Noradrenalina.

Pasadas 72 horas alcanzó estabilidad hemodinámica, con descenso de glóbulos blancos y notable mejoría en placa radiográfica, se disminuyó dosis de noradrenalina y sedación, lo que permitió iniciar el proceso de weaning, cambiando el modo del ventilador:

Datos Ventilatorios	Modo PS/Papa
Volumen corriente (ml)	340 ml
Frecuencia respiratoria (resp/min)	24 R/m
Presión pico (cmH20)	16 cmH2O
Presión media (cmH2O)	9 cmH2O
PEEP (CmH20)	5 cmH2O

Trigger (L/m)	1.0 l/m
VT ml/Kg	6 ml/kg
Fio2 (%)	0.45 %
Presión soporte (PS) (cm H2O)	15 cmH2O

Cuadro N° 5:

Como se expresa en el cuadro N°5 el modo que se utilizó para progresar en weaning fue PS/ Cpap, presión soporte de 15 Cm H2o, peep 5 cmH2o, fio2 0.45 para lograr una saturación de 95%.

El paciente presentó secreciones abundantes a la aspiración, con temperatura normal. A las 96 horas es sometido a prueba de respiración espontánea en T en T, con 5 L/m de O2, presentando buena tolerancia. La duración de la prueba fue de 10 min. logrando sostener una frecuencia respiratoria de 22 Resp /m, frecuencia cardíaca de 98 L/m, presión arterial 110/60 mmHg. Vigil, consciente, con buena respuesta a preguntas simples. Pasados los 10 min, y debido al aumento de la frecuencia respiratoria y frecuencia cardíaca, fue reconectado en modo PS con los valores descriptor anteriormente, con el objetivo de proveer descanso muscular dada la edad del paciente y su patología de base. A las 120 horas se procedió a la medición de los parámetros diafragmáticos del modo que se describirá a continuación.

Fuentes y técnicas de recolección de datos:

- Técnica de Medición del diafragma por US, Se realizó mediante un ecógrafo HM70 EVO – ultrasonido portátil Samsung, posicionando el transductor debajo del reborde costal derecho en su unión con la línea medio clavicular, dirigiéndolo en sentido craneal, medial.

- Grosor diafragmático: Para efectuar su medición se utilizó una sonda de 10-12 MHz, con transductor lineal que fue posicionado entre el espacio intercostal 8º al 10º y su unión con línea medio axilar en el lugar conocido como zona de aposición costal, sobre el

hemidiafragma derecho. A través de la utilización del modo B se efectuaron mediciones en espiración máxima, inspiración máxima, con el paciente en asistencia mecánica respiratoria en presión soporte de 7 cmH2O (Figuras en anexo) y en prueba de respiración espontanea (T en T) a los 5 minutos. El paciente fue colocado en posición decúbito dorsal con cabecera elevada a 30°.

° Medida del grosor diafragmático en modo B con el paciente ventilado en presión soporte 7 cmH2O, en el final de la espiración (26 mm) Figura 2 anexo.

° Medida del grosor diafragmático en modo B con el paciente en presión soporte 7 cmH2O, en el final de la inspiración (34 mm) Figura 3 anexo.

° Medida del grosor diafragmático en modo M con el paciente en presión soporte 7 cmH2O, en ventilación normal (104 mm) Figura 4 anexo.

• Medida del grosor diafragmático en modo B con el paciente sometido a prueba de respiración espontánea T en T, en el final de la espiración normal, sin esfuerzo del paciente (26 mm) Figura 5 anexo.

• Medida del grosor diafragmático en modo B con el paciente sometido a prueba de respiración espontánea T en T, en el final de la Inspiración (32 mm) Figura 6 anexo.

• Medida del grosor diafragmático en modo M con el paciente sometido a prueba de respiración espontánea T en T (104 mm) Figura 7 anexo.

• Medida de excursión diafragmática en modo M con el paciente sometido a prueba de respiración espontánea T en T, en ventilación normal (100 mm) Figura 8 anexo.

Resultados:

• El grosor diafragmático medido con el paciente en respiración espontánea prueba de T en T, en espiración normal 26 mm y en inspiración normal 32 mm.

• La fracción de engrosamiento diafragmático se obtuvo al final de la inspiración y al final de la espiración. Para su cálculo, se resta el valor de grosor al final de inspiración y al final de la espiración y este resultado se dividió por el grosor al final de espiración, valor que se multiplica por 100.

En porcentaje de la fracción del grosor diafragmático para este caso fue de 26 %.

- La excursión diafragmática se obtuvo en modo M en PRE (T en T) es de 100 mm.

Se deben destacar en este los valores de referencia reportados:

- Grosor Diafragmático: valores normales en pacientes ventilados 2.4 + 0.8 mm. Los valores de referencia reportados en varones sanos son de 1.8 + 0.3 a 2.9 + 0.6 cm, y en mujeres de 1.6 + 0.3 a 2.6 + 0.5 cm. (14; 35)
- Fracción de acortamiento diafragmático: Se define una TFdi < 20% (para hablar de una disfunción diafragmática clínicamente relevante) (Dress y col).
- Excursión diafragmática: Boussuges, establece que para varones en respiración tranquila un valor 0.9 a 1.9 cm será predictor de éxito.

Con los valores Obtenidos en comparación con los obtenidos en los estudios revisados, tanto de fracción de engrosamiento como de excursión diafragmática y considerando siempre los indicadores obtenidos mediante la prueba de tubo en t, se procedió a la extubación del paciente inmediatamente luego de tomadas las mediciones, se considera exitoso ya que permaneció sin necedad de asistencia pasadas la 48 Hs.

DISCUSIÓN:

El desarrollo de la ecografía en el área de cuidados críticos ha estado en constante aceleración e incremento, ya sea por su fácil disponibilidad, mínimo riesgo para el paciente, aporte de información en tiempo real, o por servir como herramienta no solo en la monitorización, sino como elemento terapéutico.

Uno de los momentos más cruciales en el manejo del paciente crítico es el destete del soporte ventilatorio y la extubación una vez que la causa que lo llevó a la situación crítica revierte, con el riesgo de que este proceso sea fallido y con la necesidad de posibles re intubaciones, que pueden asociarse, con seguridad, al incremento de morbi mortalidad. (41)

La disminución de fuerza diafragmática o en su situación más extrema, la disfunción del diafragma son causas principales de fallo en la extubación y la ecografía diafragmática

puede aportar información sobre su funcionamiento, detectando disfunción del músculo y catalogar el riesgo de fracaso tanto en el destete como en la extubación. (42)

Teniendo en cuenta los conceptos anteriormente vertidos, se procedió al estudio de un caso clínico, en un paciente añoso con mayor probabilidad de destete prolongado. Se realizó weaning guiado por ecografía diafragmática, determinando que los valores de grosor diafragmático, el porcentaje de la fracción de engrosamiento diafragmático (TFdi) y la medición de excursión diafragmática pueden contribuir en forma positiva, como herramienta predictiva aplicados junto a los protocolos de weaning convencionales ya descriptos.

Las variables de estudio fueron:

- Grosor diafragmático: evaluado por ultrasonografía en modo B y M o con imagen en 2D. Con valores normales en pacientes ventilados 2.4 + 0.8 mm (14; 35). Los valores de referencia reportados en varones sanos son de 1.8 + 0.3 a 2.9 + 0.6 cm, y en mujeres de 1.6 + 0.3 a 2.6 + 0.5 cm.

- Disfunción diafragmática: Fue definida como una excursión diafragmática menor a 10 mm, y una TFdi < 20% (para hablar de una disfunción diafragmática clínicamente relevante) (14). Este parámetro se evaluó con el modo B y M. Los valores de referencia reportados en varones sanos son de 1.8+0.3 a 2.9+0.6 cm, y en mujeres de 1.6+0.3 a 2.6+0.5 cm.

$$TFdi = \frac{(\text{grosor tele inspiratorio}) - (\text{grosor tele espiratorio}) \times 100}{\text{Grosor tele espiratorio}}$$

- Excursión diafragmática: Este parámetro fue avaluado en modo M y para su análisis se tomó una tabla de valores sugerida por el estudio de Boussuges, la cual establece que para varones en respiración tranquila un valor 0.9 a 1.9 cm será predictor de éxito.

En cuanto a los estudios seleccionados presentan las siguientes características: cinco fueron estudios de ecografía diafragmática (FEDI), los cuales tienen origen en Europa (Francia, Italia) y América.

Son estudios de cohorte prospectivas, publicados entre 2014 y 2020 y dos meta análisis sobre ecografía diafragmática publicado en 2022 y 2023.

DiNino y col. (41) en 2014, realizaron un estudio prospectivo en el cual tomaron medidas del engrosamiento diafragmático con ecografía, como medición a utilizarse para predecir éxito o fracaso en extubación.

Midieron el espesor del diafragma con sonda lineal en modo B en 63 pacientes del área de cuidados intensivos, entre tres y cinco veces por paciente, cinco minutos luego de ser colocados en presión soporte y por intervalos de 10 a 15 minutos. Las mediciones se realizaron en hemidiafragma derecho.

Obteniendo el tdi al final de la inspiración y tdi al final de la espiración obtuvieron el valor de %TF. Los valores recopilados en este estudio fueron los siguientes:

- Tdi al final de la inspiración ≥ 17mm (con 90% y 21% de sensibilidad y especificidad respectivamente. Valor predictivo positivo (VPP) de 80% y valor predictivo negativo (VPN) 38%)
- %TF ≥ 30% (con 88 y 71% de sensibilidad y especificidad respectivamente. VPP 91% y VPN 61%)

De los 63 pacientes que ingresaron al estudio, 49 lograron el destete exitoso, todos con %TF ≥ 30%. De los 14 pacientes que tuvieron un destete fallido, 10 obtuvieron un valor de %TF por debajo del 30%. Los 4 pacientes que obtuvieron %TF ≥ 30% y no lograron el destete exitoso fue por fallas ajenas al funcionamiento del diafragma como el desarrollo de insuficiencia cardíaca, fiebre o cambios agudos en el estado mental.

Se debe tener en cuenta que, al comparar los subgrupos de los destetados con PS o PRE, el valor de %TF predijo el éxito de la extubación de igual manera.

Se observó que los pacientes pueden ser extubados hasta 36 horas de la realización de la ecografía, tiempo muy excesivo.

Ferrari y col. (43) en 2014 realizaron un estudio prospectivo en donde tomaron 73 pacientes, ventilados.

Fueron colocados en prueba de respiración espontánea y luego midieron con ecografía a través de una sonda lineal de 10 MHz, el hemidiafragma derecho, pidiéndole a los

pacientes respiraciones profundas. Se determinó una Fracción de engrosamiento diafragmática mayor a 36 % con éxito en prueba de respiración espontánea.

Farghaly y col. (44) El 2016 realizaron un estudio mediate el cual midieron espesor diafragmático con sonda lineal de 7 MHz. Con el paciente en decúbito supino cabecera elevada 10° -15°.

Se colocó la sonda en la zona de aposición y en modo M durante una respiración tranquila se tomaron 3 imágenes al final de la inspiración y 3 imágenes al final de la espiración y se midió la fracción de engrosamiento diafragmático.

Se estudiaron 54 pacientes de los cuales 14 fallaron dentro las primeras cuatro horas.

Los valores obtenidos fueron:

- Tdi al final de la inspiración ≥ 21mm (con 77,5% y 86,6% de sensibilidad y especificidad respectivamente)
- Tdi al final de la espiración ≥ 10,5mm (con 80% y 50% de sensibilidad y especificidad respectivamente)
- %TF ≥ 34,2% (con 90% y 64,3% de sensibilidad y especificidad respectivamente).

McCool y col. (45) Realizaron un estudio prospectivo, aleatorizado y controlado, donde se dividieron 32 pacientes en grupos. 15 pacientes en el grupo control, y 17 pacientes en el grupo intervención, al azar.

Se midió en ambos grupos grosor diafragmático con sonda lineal 7 MHz. En la zona de aposición.

Las imágenes fueron obtenidas a los 5 a 10 min del comienzo de la prueba de respiración espontánea. Tomados los datos obtenidos se observó que los valores mayores a 30% de fracción de acortamiento diafragmático presentaron una sensibilidad de 90,9% y una especificidad de 86,7%.

En consonancia **El Gharib y col.** (46) Realizaron un meta análisis en 2022 en el cual reafirman que el punto en la fracción de acortamiento diafragmática, de 36% y 30% es confiable para juzgar una posible extubación como exitosa.

Parada-Gereda y col. (47) realizaron una revisión donde incluyeron 26 estudios y un total de 1204 pacientes. Estimaron la sensibilidad 0.85 y especificidad de 0.75 para fracción de engrosamiento como predictor de destete.

En cuanto a los pacientes incluidos, en la mayoría de los estudios se incorporaron con más de 24 hs en ventilación mecánica y próximos a iniciar el Weaning.

Algunos estudios revisados presentan criterios de inclusión muy estrictos (39;40) lo que genera algún problema de aplicabilidad, otros con criterios de exclusión muy amplios debido a esto existen la posibilidad de sesgo por selección muy elevada.

Con respecto a una prueba o índice (ecografía diafragmática) no existe ningún test que pueda confirmar predicción. Por lo tanto, solo se comparan los datos ecográficos predictores de weaning con el éxito- fracaso de la extubación. Como no es posible saber el resultado final de la extubación hasta que esta no se produzca, en todos los estudios el resultado final puede estar sesgado.

CONCLUSIÓN:

En cuanto a los resultados obtenidos en los análisis, sugieren que las variables grosor diafragmático y fracción de acortamiento diafragmático y excursión diafragmática, podría ser predictora de éxito en el proceso de retirada de ventilación mecánica, presentan buena sensibilidad y especificidad en todos los estudios revisados.

A partir de la aplicación de la información publicada con respecto a la utilización de la ecografía diafragmática en la retirada de ventilación mecánica en un paciente de nuestra institución, se pudo observar la reproducibilidad y utilidad de este método para predecir la evolución del weaning. Estos agregados a los datos obtenidos a través pruebas de respiración espontánea para predecir weaning podrían generar un proceso más seguro y efectivo.

BIBLIOGRAFÍA

1- Esper RC, Talamantes YG. Evaluación ultrasonográfica del diafragma en el enfermo grave. Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int. 2014;28(3):187-94.

2- Schmidt GA, Girard TD, Kress JP, Morris PE, Ouellette DR, Alhazzani W, et al. Official executive summary of an American Thoracic Society/American College of Chest Physicians clinical practice guideline: liberation from mechanical ventilation in critically ill adults. American journal of respiratory and critical care medicine. 2017;195(1):115-9.

3- Thille AW, Harrois A, Schortgen F, Brun-Buisson C, Brochard L. Outcomes of extubation failure in medical intensive care unit patients. Critical care medicine. 2011;39(12):2612-8.

4- Thille AW, Boissier F, Ghezala HB, Razazi K, Mekontso-Dessap A, Brun- Buisson C. Risk factors for and prediction by caregivers of extubation failure in ICU patients: a prospective study. Critical care medicine. 2015;43(3):613-20.

5- Rodríguez A. Bodí M. Bruhn A. et al. Ventilación Mecánica, Fisiología Respiratoria aplicada, 1 edición, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Ediciones Journal, 2017.

6- Houssay Bernardo, Sección V Fisiología respiratoria, Fisiología Humana tomo 1, Sexta Edición, Buenos Aires, El Ateneo 1995.

7- Lucia Yunuen Delgado Ayala, * Oscar Torres Aguilar, * Armando Sánchez Calzada, Et. Al. El ultrasonido pulmonar como herramienta para predecir éxito a la extubación en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Rev. Asoc. Mex Med Crit Ter Int 2016;30(3):153-160

8- López Sánchez M. Libro electrónico de Medicina Intensiva Complicaciones de la Ventilación Mecánica. [Internet] 2008. Available from: //www.medicina-intensiva-libro.com/2011 /05 /1110-complicaciones-de-la-ventilación.html

9- https://revistamedica.com/complicaciones-ventilacion-mecanica-invasiva/

10- Fica C A, Cifuentes D M, Hervé E B. Actualización del Consenso "Neumonía asociada a ventilación mecánica" Primera parte: Aspectos diagnósticos [Update of the consensus document on ventilator-associated pneumonia: part I. Diagnostic aspects]. Rev chilena Infectol. 2011 Apr;28(2):130-51. Spanish. Epub 2011 May 5. PMID: 21720692.

11- Bouadma L, Sonneville R, Garrouste-Orgeas M, Darmon M, Souweine B, Voiriot G, Kallel H, Schwebel C, Goldgran-Toledano D, Dumenil AS, Argaud L, Ruckly S, Jamali S, Planquette B, Adrie C, Lucet JC, Azoulay E, Timsit JF; OUTCOMEREA Study Group. Ventilator-Associated Events: Prevalence, Outcome, and Relationship With Ventilator-Associated Pneumonia. Crit Care Med. 2015 Sep;43(9):1798-806. doi: 10.1097/CCM.0000000000001091. PMID: 25978340.

12- Cornistein W, Colque ÁM, Staneloni MI, Monserrat Lloria M, Lares M, González AL, Fernández Garcés A, Carbone E. Neumonía asociada a ventilación mecánica.

Actualización y recomendaciones inter-sociedades, Sociedad Argentina de Infectología - Sociedad Argentina de Terapia Intensiva [Pneumonia associated with mechanical ventilation. Update and recommendations inter- Societies SADI-SATI]. Medicina (B Aires). 2018;78(2):99-106. Spanish. PMID: 29659359.

13- De la Quintana Gordon FB, Nacarino Alcorta B, Fajardo Pérez M. Ultrasound evaluation of diaphragm function and kits application in critical patients, mechanical ventilation and birracial plexus block. Rev Esp Anestesiol Reanim. 2017 nov;64(9):513-521. doi: 10.1016/j.redar.2017.01.001.

14- Dres M, Goligher EC, Heunks L, Brochard L. Critical illnessassociated diaphragm weakness. Intensive Care Med (2017) 43:1441–1452 DOI 10.1007/s00134-017-4928-4

15- Dot I, Pérez-Teran P, Samper MA, Masclans JR. Diaphragm Dysfunction in Mechanically Ventilated Patients. Arch Bronconeumol. 2017 Mar;53(3):150-156. English, Spanish. doi: 10.1016/j.arbres.2016.07.008. Epub 2016 Aug 21. PMID: 27553431.

16- Larsson L, Friedrich O. Critical Illness Myopathy (CIM) and Ventilator Induced Diaphragm Muscle Dysfunction (VIDD): Acquired Myopathies Affecting Contractile Proteins. Compr Physiol. 2016 Dec 6;7(1):105-112. doi: 10.1002/cphy.c150054.

17- Jaber S, Jung B, Matecki S, Petrof BJ. Clinical review: ¡ventilatorinduced diaphragmatic dysfunction--human studies confirm animal model findings! Crit Care. 2011 Mar 11;15(2):206. doi: 10.1186/cc10023.

18- Jubran A. Critical illness and mechanical ventilation: effects on the diaphragm. Respir Care. 2006 Sep;51(9):1054-61; discussion 1062- 4.

19- Tobin MJ, Yang K. Weaning from mechanical ventilation. Crit Care Clin. 1990 jul;6(3):725-47. PMID: 2199003.

20- Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, Frutos-Vivar F, Apezteguia C, Brochard L, Raymondos K, Nin N, Hurtado J, Tomicic V, González M, Elizalde J, Nightingale P, Abrogó F, Pelosi P, Arabi Y, Moreno R, Jibaja M, D'Empaire G, Sandi F, Matamis D, Montañez AM, Anzueto A; VENTILA Group. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. Am J Respir Crit Care Med. 2008 Jan 15;177(2):170-7. doi: 10.1164/rccm.200706-893OC. Epub 2007 Oct 25. PMID: 17962636.

21- Vitacca M, Vianello A, Colombo D, Clini E, Porta R, Bianchi L, Arcaro G, Vitale G, Guffanti E, Lo Coco A, Ambrosino N. Comparison of two methods for weaning patients with chronic obstructive pulmonaria disease requiring mechanical ventilation for more than 15 days. Am J Respir Crit Care Med. 2001 jul 15;164(2):225-30. doi: 10.1164/ajrccm.164.2.2008160. PMID: 11463592.

22- Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, Pearl R, Silverman H, Stanchina M, Vieillard-Baron A, Welte T. Weaning from mechanical ventilation. Eur Respir J. 2007 May;29(5):1033-56. doi: 10.1183/09031936.00010206. PMID: 17470624.

23- Béduneau G, Pham T, Schortgen F, Piquilloud L, Zogheib E, Jonas M, Grelon F, Runge I, Nicolas Terzi, Grangé S, Barberet G, Guitard PG, Frat JP, Constan A, Chretien JM, Mancebo J, Mercat A, Richard JM, Brochard L; WIND (Weaning acordino to a New Definition) Study Group and the REVA (Réseau Européen de Recherche en Ventilation Artificielle) Network ‡. Epidemiology of Weaning Outcome according to a New Definition. The WIND Study. Am J Respir Crit Care Med. 2017 Mar 15;195(6):772-783. doi: 10.1164/rccm.201602-0320OC. PMID: 27626706.

24- Truwit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. Chest. 1992 oct;102(4):1216-9. doi: 10.1378/chest.102.4.1216. PMID: 1395771.

25- Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, Thomason JW, Schweickert WD, Pun BT, Taichman DB, Dunn JG, Pohlman AS, Kinniry PA, Jackson JC, Canonico AE, Light RW, Shintani AK, Thompson JL, Gordon SM, Hall JB, Dittus RS, Bernard GR, Ely EW. 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 Jan 12;371(9607):126-34. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60105-1. PMID: 18191684.

26- Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. N Engl J Med. 1991 May 23;324(21):1445-50. doi: 10.1056/NEJM199105233242101. PMID: 2023603.

27- Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. Chest. 1973 jun;63(6):1002-5. doi: 10.1378/chest.63.6.1002. PMID: 4514488.

28- Eskandar N, Apostolakos MJ. Weaning from mechanical ventilation. Crit Care Clin. 2007 Apr;23(2):263-74, x. doi: 10.1016/j.ccc.2006.12.002. PMID: 17368170.

29- Levy MM, Miyasaki A, Langston D. Work of breathing as a weaning parameter in mechanically ventilated patients. Chest. 1995 oct;108(4):1018-20. doi: 10.1378/chest.108.4.1018. PMID: 7555112.

30- Milic-Emili J. Is weaning an art or a science? Am Rev Respir Dis. 1986 Dec;134(6):1107-8. doi: 10.1164/arrd.1986.134.6.1107. PMID: 3789511.

31- Delisle S, Francoeur M, Albert M, Ouellet P, Bellemare P, Arsenault P. Preliminary evaluation of a new index to predict the outcome of a spontaneous breathing trial. Respir Care. 2011 oct;56(10):1500-5. doi: 10.4187/respcare.00768. Epub 2011 Feb 9. PMID: 21310112.

32- Thille AW, Rodriguez P, Cabello B, Lellouche F, Brochard L. Patient-ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation. Intensive Care Med. 2006 Oct;32(10):1515-22. doi: 10.1007/s00134-006-0301-8. Epub 2006 Aug 1. PMID: 16896854.

33- Tobin MJ. Predicting the outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Monaldi Arch Chest Dis. 1998 Aug;53(4):493-7. PMID: 9828611.

34- Supinski GS, Morris PE, Dhar S, Callahan LA. Diaphragm Dysfunction in Critical Illness. Chest. 2018 Apr;153(4):1040-1051. doi: 10.1016/j.chest.2017.08.1157. Epub 2017 Sep 5. PMID: 28887062; PMCID: PMC6026291.

35- Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. Am J Respir Crit Care Med. 2004 feb 1;169(3):336-41. doi: 10.1164/rccm.200304-489CP. PMID: 14739134.

36- Vassilakopoulos T. Respiratory muscle wasting in the ICU: ¿is it time to protect the diaphragm? Thorax. 2016 May;71(5):397-8. doi: 10.1136/thoraxjnl-2016-208354. PMID: 27080355.

37- Haji K, Royse A, Green C, Botha J, Canty D, Royse C. Interpreting diaphragmatic movement with bedside imaging, review article. J Crit Care. 2016 Aug; 34:56-65. doi: 10.1016/j.jcrc.2016.03.006. Epub 2016 Mar 17. PMID: 27288611.

38- Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. Crit Care Med. 2011 Dec;39(12):2627-30. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182266408. PMID: 21705883.

39- Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, Richard JC, Brochard L. Sonographic evaluación of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. Intensive Care Med. 2013 May;39(5):801-10. doi: 10.1007/s00134-013-2823-1. Epub 2013 Jan 24. PMID: 23344830.

40- Umbrello M, Formenti P. Ultrasonographic Assessment of Diaphragm Function in Critically Ill Subjects. Respir Care. 2016 Apr;61(4):542-55. doi: 10.4187/respcare.04412. Epub 2016 Jan 26. PMID: 26814218.

41- DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. Thorax. 2014 May;69(5):423-7. doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-204111. Epub 2013 Dec 23. PMID: 24365607.

42- Doorduin J, van der Huevan JG, Heunks LM. The differential diagnosis for failure to wean from mechanical ventilation. Curr Opin Anaesthesiol. 2016 Apr;29(2):150-7. doi: 10.1097/ACO.0000000000000297. PMID: 26854883.

43- Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Aprà F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. Crit Ultrasound J. 2014 Jun 7;6(1):8. doi: 10.1186/2036-7902-6-8. PMID: 24949192; PMCID: PMC4057909.

44- Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. Aust Crit Care. 2017 Jan;30(1):37-43. doi: 10.1016/j.aucc.2016.03.004. Epub 2016 Apr 22. PMID: 27112953.

45- McCool FD, Oyieng'o DO, Koo P. The Utility of Diaphragm Ultrasound in Reducing Time to Extubation. Lung. 2020 jun;198(3):499-505. doi: 10.1007/s00408-020-00352-3. Epub 2020 Apr 13. PMID: 32285195; PMCID: PMC7222069.

46- El Gharib K, Assaad M, Chalhoub M. Diaphragmatic ultrasound in weaning ventilated patients: a reliable predictor? Expert Rev Respir Med. 2022 Aug;16(8):853-855. doi: 10.1080/17476348.2022.2112670. Epub 2022 Aug 15. PMID: 35949151.

47- Parada-Gereda HM, Tibaduiza AL, Rico-Mendoza A, Molano-Franco D, Nieto VH, Arias-Ortiz WA, Perez-Terán P, Masclans JR. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as

a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. Crit Care. 2023 May 5;27(1):174. doi: 10.1186/s13054-023-04430-9. PMID: 37147688; PMCID: PMC10161591.

Anexo:

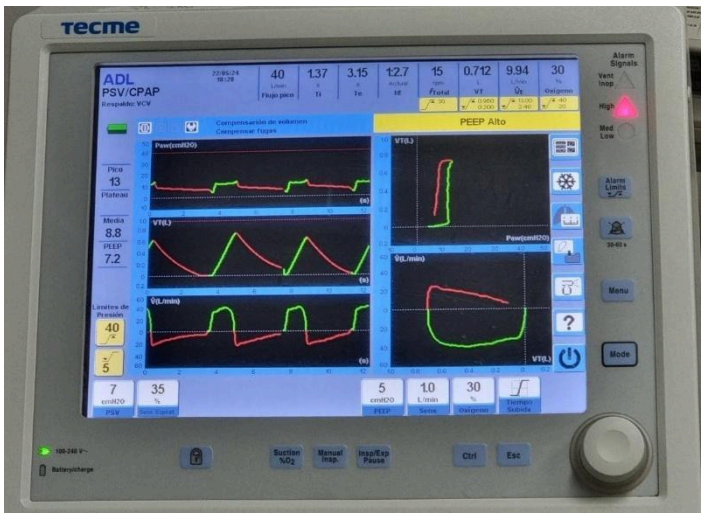

Figura 1: Muestra el ventilador del paciente en modo Psv/cpap, con un soporte de 7 cmH2O.

Figura 2: Muestra la medición de grosor diafragmático, modo B en presión soporte 7 cm H2O, en el final de la espiración.

Figura 3: Medición grosor diafragmático modo B en presión soporte 7 cm H2O, en el final de la Inspiración.

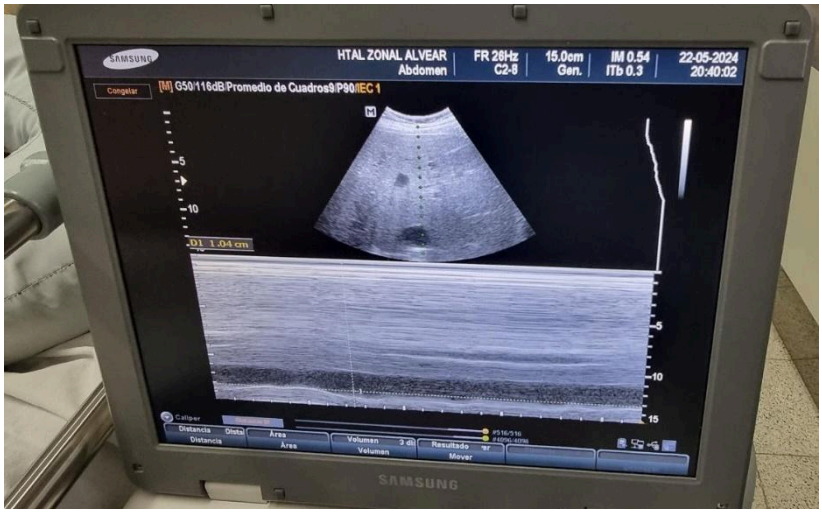

Figura 4: Medición grosor diafragmático, modo M en presión soporte 7 cm H2O.

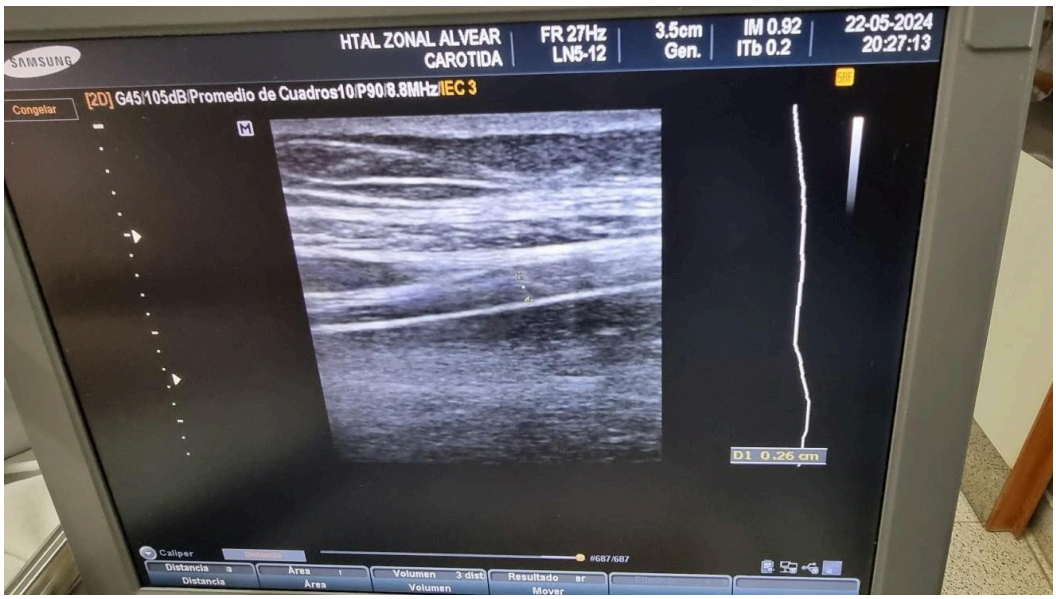

Figura 5: Medición grosor diafragmático modo B en prueba de tubo en t, en el final de la espiración normal.

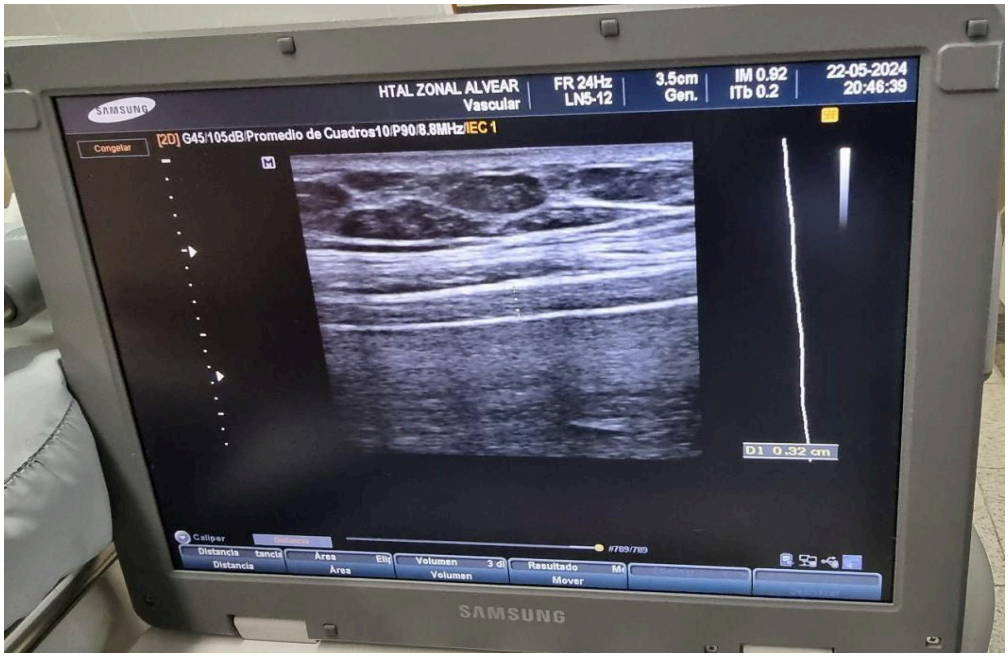

Figura 6: Medición grosor diafragmático en modo B en prueba de respiración espontanea T en T, en el final de la inspiración normal. Sin solicitar al paciente ningún esfuerzo.

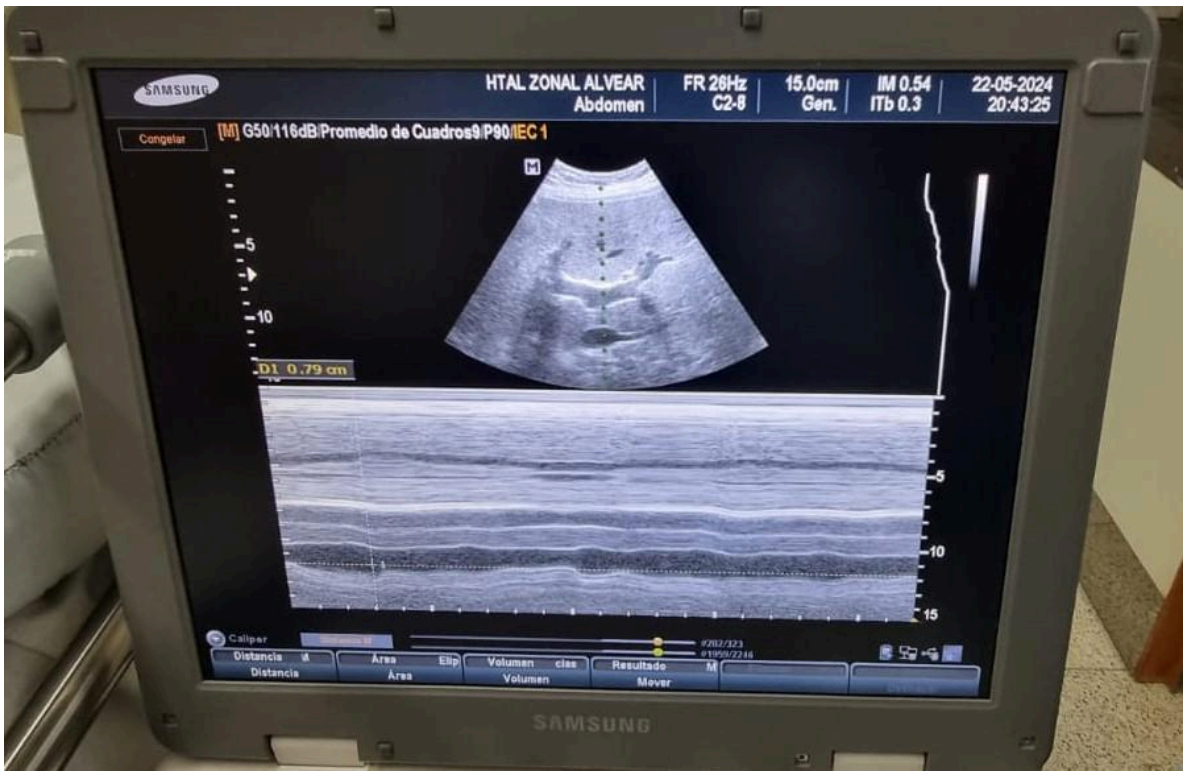

Figura 7: Medición grosor diafragmático en modo M en prueba de respiración espontanea T en T. Sin solicitar al paciente ningún esfuerzo.

Figura 8: Medición grosor diafragmático, modo M en prueba de respiración espontanea T en T, sin solicitar al paciente ningún esfuerzo.

Figura 9: muestra los parámetros logrados por el paciente al final de la prueba de respiración espontánea.