

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

MEDICINA CRÍTICA

**EL ÍNDICE DE TIEMPO DE EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA COMO PARÁMETRO
PREDICTOR DEL ÉXITO EN DESTETE VENTILATORIO.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL POSGRADO DE MEDICINA CRÍTICA

PRESENTA: Dra. Karina De La Rosa López

TUTOR DE LA TESIS: Raúl Chío Magaña

Ciudad Universitaria, Cd. de México, Octubre 2019



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.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1.0 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.0 MARCO TEÓRICO | 2 |
| 3.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 4.0 JUSTIFICACIÓN | 14 |
| 5.0 HIPÓTESIS | 15 |
| 6.0 OBJETIVOS | 16 |
| 7.0 DISEÑO | 17 |
| 8.0 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN | 18 |
| 9.0 VARIABLES | 19 |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | |
| VARIABLES DEPENDIENTES | |
| 10. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES | 21 |
| 11. PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 22 |
| 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 22 |
| 13. CRONOGRAMA | 23 |
| 14. CONFLICTO DE INTERÉS | 24 |
| 15. RELEVANCIA Y EXPECTATIVAS | 25 |
| 16. TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 26 |
| 17. RESULTADOS | 27 |
| BIBLIOGRAFÍA | |

1.0 INTRODUCCIÓN

La medicina Crítica igual que otras ramas de la medicina envuelve múltiples retos para resolver el estado crítico de los pacientes que ingresan a las unidades. Uno de ellos y el de mayor complejidad lo representa el número de pacientes que requieren apoyo ventilatorio mecánico. Los pacientes que ingresan a unidad de Terapia Intensiva y que requieren de Ventilación Mecánica es por insuficiencia respiratoria aguda, desencadenada por múltiples causas que afectan al pulmón sea directa o indirectamente y que comprometen la función respiratoria por otras condiciones asociadas. Cuando la causa está controlada se inicia el proceso del destete en la ventilación, que representa el mayor reto para la liberación del apoyo mecánico. En esta mecánica el reto mayor es el proceso del destete ventilatorio ya que convergen varios factores que impiden el éxito para realizar la extubación y que tanto para el paciente como para el médico y la institución representa condiciones de complicación. Una de ellas, el incremento en el porcentaje de la mortalidad, los días de ventilación mecánica y las infecciones asociadas. En esta tesis se revisa el valor predictivo positivo y negativo que ofrece el índice de tiempo de excursión diafragmática (ITED). El índice se obtiene mediante la medición del desplazamiento del diafragma por ultrasonido (Excursión diafragmática), y el tiempo de inspiración y espiración. El resultado de la medición de la excursión se coloca como numerador y el tiempo inspiratorio como denominador. En el estudio publicado en la revista Chest mayo 2018, volumen 153, número 5; determinó que una relación > 0.98 los pacientes tienen mayor probabilidad de éxito en el retiro del tubo endotraqueal.

Esta tesis se realizó en la población heterogénea de nuestra Unidad de Terapia Intensiva en un periodo de un año de 2018-2019, obteniéndose un índice del cual se obtuvo un punto de corte con mayor sensibilidad y especificidad a partir del cual se establece el valor parámetro para predecir el éxito de destete. Además, se realizaron todos los parámetros agregados ya comprobados que apoyaron la decisión de destete ya que es evidente que disminuir la duración de la ventilación mecánica es muy importante para mejorar los resultados a corto y largo plazo, por lo tanto, decidir el momento apropiado para el destete de la ventilación mecánica es crucial, ya que el retraso del destete y la extubación se asocian con una estadía en la unidad de cuidados intensivos más prolongada ⁽¹⁾.

El fracaso del destete de la extubación difiere entre las diferentes unidades de cuidados intensivos (UCIs), y aproximadamente el 15% de los pacientes que se les retira la ventilación mecánica requieren reintubación dentro de las 48 h ⁽²⁾ Por esa razón es fundamental tener una prueba de mayor valor pronóstico para el retiro de la ventilación mecánica.

El índice de respiración superficial rápida, calculado de la frecuencia respiratoria dividido entre el volumen tidal, es ampliamente conocido para predecir el resultado del destete. Sin embargo, la limitación para predecir el éxito o fracaso del destete ya que varios estudios previos han mostrado sensibilidad y especificidad diferentes (para índice de respiración superficial menores de 105), lo que conduce a errores en la predicción del destete. ⁽²⁾

2.0 MARCO TEÓRICO

LA RESPIRACIÓN Y LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS.

La función del sistema respiratorio es el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono del exterior del cuerpo humano a la sangre capilar pulmonar. Este proceso de la respiración engloba dos fenómenos cada uno de ellos con elementos importantes tanto para su realización como para su adecuado funcionamiento: inspiración y espiración. (2, 3).

2.1 INSPIRACIÓN

La inspiración consiste fundamentalmente en la entrada de aire a la caja torácica y que involucra el intercambio de gases contenidos en el aire ambiente y la circulación pulmonar. El músculo más importante de la inspiración es el diafragma. Es un músculo delgado, en forma de cúpula y se inserta en las costillas inferiores y recibe inervación por los nervios frénicos de los segmentos cervicales: 3, 4 y 5 (3).

Cuando se realiza la inspiración, el contenido abdominal se desplaza hacia abajo y hacia delante, aumenta el espacio vertical donde las costillas se mueven hacia afuera lo que provoca aumento del diámetro transversal del tórax. En la inspiración, el diafragma se mueve cerca de 1 cm en una respiración normal, sin embargo, en la inspiración y la espiración profunda tiene una excursión total hasta de 10 cm. En la parálisis unilateral del diafragma existe movimiento paradójico del mismo. Los músculos intercostales externos conectan las costillas adyacentes. Cuando se contraen, las costillas causan un incremento en los diámetros lateral y anteroposterior.

Los músculos accesorios de inspiración incluyendo a los músculos escalenos elevan las primeras dos costillas y los esternocleidomastoideos elevan el esternón. Durante la contracción del diafragma en la inspiración, la cúpula del diafragma se tira caudalmente, lo que aumenta el volumen pulmonar. El aumento del volumen dentro del tórax produce a una presión subatmosférica, que a su vez produce un flujo de aire hacia adentro del pulmón. (3)

2.2 ESPIRACIÓN.

Este es un movimiento pasivo durante el proceso de la respiración. El pulmón y la pared torácica tienen elasticidad y tienden a regresar a su posición normal después de que se expanden activamente durante la inspiración. Los músculos más importantes de la espiración son aquellos de la pared abdominal, como el recto abdominal, los oblicuos interno y externo y el transversal del abdomen. Cuando estos músculos se contraen, la presión aumenta y el diafragma se desplaza hacia arriba. (3) Los músculos intercostales internos ayudan a la espiración activa al tirar las costillas hacia abajo y hacia adentro (opuesto a la acción de los músculos intercostales externos) disminuyendo así el volumen torácico. (3)

El conocimiento de la fisiología de la respiración es importante para determinar la intervención que el paciente requiere durante el proceso de destete ventilatorio.

Los músculos respiratorios están compuestos histológicamente y funcionalmente de músculo esquelético, idéntico a nivel molecular, por ejemplo, el del cuádriceps. Los músculos inspiratorios se contraen solo en respuesta a las señales recibidas a través de nervios motores, de los cuales los más importantes son los nervios frénicos que inervan cada hemidiafragma.

El control automático de los músculos respiratorios se produce en el tronco cerebral, que es sensible en particular al aumento de los niveles de dióxido de carbono, pero puede ser anulado por la corteza para permitir el habla y otras funciones. Todas las pruebas que se realizan en el destete respiratorio requieren de una función cortical intacta, como se muestra en la figura 1.1, el impulso se genera desde la corteza y se conduce hasta llegar a los músculos efectores. (4) Los músculos inspiratorios están formados por los 2 hemidiafragmas y los músculos extradiafragmáticos (escalenos, esternomastoideos e intercostales). El diafragma es responsable del 60% al 70% del cambio en el volumen pulmonar, pero hay suficiente capacidad en los músculos no diafragmáticos para que los pacientes con parálisis bilateral del diafragma puedan manejar su respiración sin asistencia ventilatoria. (4)

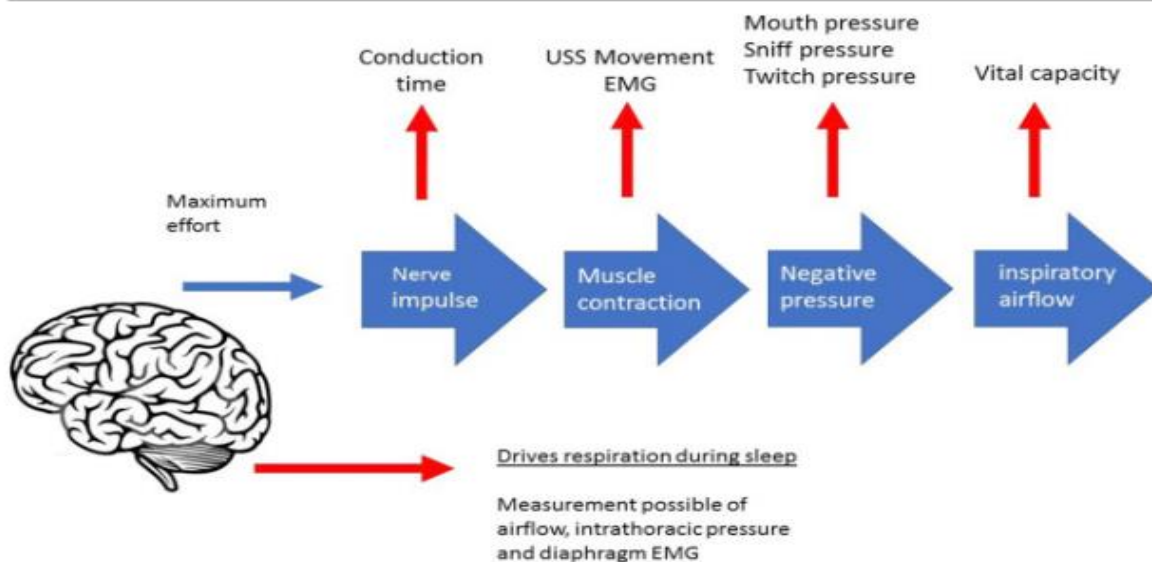


Fig. 1.(4)

El movimiento y la fuerza contráctil del diafragma se pueden afectar por alteraciones patológicas de las siguientes estructuras anatómicas:

- - Sistema nervioso central
- - Nervio frénico
- - Unión neuromuscular
- - Músculo diafragma
- - Caja torácica
- - Abdomen superior

La primera identificación del diafragma con ultrasonido se informó en 1979 ⁽²⁾ y pronto fue seguida por la observación de que el movimiento después de la estimulación del nervio frénico podía ser detectado mediante el rastreo por ultrasonido. El grosor del diafragma, cuando se mide por operadores experimentados, tiene una buena relación con el grosor medido y se puede cuantificar el acortamiento durante la inspiración. El examen por ultrasonido tiene varias características que lo convierten en un método atractivo para evaluar la fuerza de los músculos respiratorios, además, está libre de radiación y se para emplear en la cama del paciente. Ha sido estudiado con el propósito de predecir el éxito del destete. En 2014 DiNino y Cols. ⁽²⁾ informaron los resultados de 63 pacientes sometidos a ventilación mecánica. Midieron el engrosamiento del diafragma durante un ensayo de respiración espontánea o ventilación con presión soporte, y demostraron que los pacientes capaces de lograr > 30% o más el engrosamiento del diafragma en la inspiración tenían más probabilidad de tener éxito en la extubación. ⁽⁴⁾

2.3 RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

El desarrollo científico y tecnológico ha puesto al alcance equipos de ventilación mecánica (MV) cada vez más sofisticados para mantener la función respiratoria, por lo que día a día ingresan a las UCIs mayor cantidad de pacientes que requieren asistencia mecánica respiratoria. Es muy frecuente que un paciente en estado crítico requiera de VM, por lo que se ha convertido en una intervención que brinda soporte vital avanzado a quienes cursan con insuficiencia respiratoria u otras patologías que comprometen la ventilación y oxigenación. La ventilación mecánica sustituye –o en el mejor de los casos sólo complementa– la ventilación del enfermo durante el tiempo necesario para que el sistema respiratorio sea capaz de realizarlo por sí mismo y se encuentre en condiciones de mantener un adecuado intercambio de gases que aseguren la oxigenación y la ventilación correctas de los tejidos.

En la actualidad existe un volumen importante de literatura dedicada al tema de los cuidados y manejo del proceso de la liberación de la vía aérea con algoritmos y recomendaciones para el manejo seguro de pacientes en riesgo de intubación; recientemente ha despertado mayor interés en la dificultad que representa la extubación en algunos pacientes y aun cuando sea un procedimiento programado, no está exento de complicaciones. ⁽⁵⁾

Durante los últimos 20 años el tema del manejo de la vía aérea se ha concentrado en la intubación y el manejo de los parámetros ventilatorios, sin embargo, el manejo exitoso de la vía aérea no termina con la colocación de un tubo endotraqueal y la programación del ventilador. El Royal College of Anaesthetists ⁽²⁾ ha dejado en claro que la extubación segura no está de ninguna manera garantizada al reportar que un tercio de las complicaciones en el manejo de la vía aérea se producen durante la extubación o en la sala de recuperación con una tasa de mortalidad del 5%. El problema más común suele ser la obstrucción de la vía aérea por causas tales como el edema de la vía aérea y el laringoespasma. De acuerdo con este informe los factores que contribuyen con más frecuencia a estos resultados son no prever el riesgo al momento de la extubación y a una mala planificación del manejo después de la intubación. Este tipo de datos generó mayor conciencia en la necesidad de establecer estrategias que permitan una extubación segura y exitosa en pacientes con VM invasiva. ⁽⁶⁾

El retiro o destete de la ventilación mecánica puede definirse como el proceso a través del cual ocurre la transferencia al paciente del trabajo respiratorio realizado por el ventilador mecánico, proceso en el que el paciente asume de nuevo la respiración espontánea. Este proceso consta de dos procesos: el destete del soporte ventilatorio mecánico y el retiro o liberación de la vía aérea artificial. ⁽⁶⁾

La primera fase se puede evaluar mediante pruebas para determinar si el paciente puede sostener una ventilación espontánea, la segunda fase se evalúa una vez que el paciente pasa la prueba de ventilación espontánea, verificando la capacidad del mismo para mantener los mecanismos de protección de la vía aérea –como toser y eliminar secreciones– y si el paciente está con sensorio adecuado y los reflejos de la vía aérea intactos, sin gran cantidad de secreciones bronquiales, entonces podrá extraerse la vía aérea artificial de la tráquea. ⁽⁶⁾

La importancia de establecer estrategias pre programadas para realizar la extubación con el fin de aumentar la seguridad del paciente y evitar desenlaces adversos se hizo evidente a partir de los datos del estudio ASA (Closed Claims Analysis) y del reciente “Fourth National Audit Project of the United Kingdom” (Cuarto Proyecto Nacional de Auditoría del Reino Unido) sobre complicaciones mayores en el manejo de la vía aérea. La clave para un manejo exitoso en pacientes que son considerados candidatos a la extubación, no sólo es efectuar una evaluación precisa del riesgo que dicho procedimiento representa, sino también contar con un protocolo de retiro de la ventilación mecánica o weaning y aplicar las estrategias apropiadas en el momento oportuno. El retiro del ventilador mecánico es un proceso que requiere no sólo la presencia de parámetros ventilatorios adecuados, sino también la necesidad de resolución del cuadro que llevó al paciente a depender en algún momento del ventilador mecánico. ⁽⁵⁾

La mayoría de los pacientes pueden desconectarse del ventilador bajo asistencia mecánica ventilatoria en forma rápida y sencilla, pero entre 20 y 30% de los intentos reiterados de desconexión fracasan y en consecuencia el paciente debe permanecer dependiente del ventilador por periodos prolongados. Si se toma en cuenta que la dificultad para desconectar a un paciente aumenta la morbimortalidad, genera mayores costos y que representa un desafío para el médico, comprenderemos la importancia de contar con un protocolo de retiro de la ventilación. El esfuerzo inspiratorio (P_i) está en relación con la presión generada por los músculos respiratorios y la duración de la inspiración (T_i), pero para generar la misma presión, la magnitud del esfuerzo percibido es mayor cuanto menor es la presión inspiratoria máxima ($P_{i\text{máx}}$) que puede generarse y el flujo inspiratorio y el volumen corriente (V_t) son mayores. ⁽⁵⁾ Durante el proceso de extubación se ponen en juego varios factores que determinan el éxito del mismo, una de ellas y comprensible en los pacientes que se genera por el hecho de despertar y encontrarse conectado a un ventilador es la ansiedad, que en este contexto tiene cuatro consecuencias posibles bien definidas:

1. Aumento del tono muscular y por lo tanto del consumo de oxígeno (VO_2), mayor rigidez torácica, inspiración y espiración alteradas y menor eficiencia de los músculos respiratorios.
2. Respiración asincrónica que aumenta la carga de trabajo.
3. Incremento de la concentración de catecolaminas circulantes, aumento de la postcarga, de la precarga y del VO_2 miocárdico. En corazones con insuficiencia cardíaca apenas limitrofe o compensada puede desarrollarse disfunción

ventricular izquierda aguda, que puede predecirse con la determinación seriada de péptido natriurético cerebral (BNP) durante el destete.

4. El aumento de la frecuencia respiratoria con el consiguiente incremento las demandas de energía de los músculos respiratorios con sus obvias consecuencias. ⁽⁵⁾ El retiro del ventilador mecánico es un proceso que requiere no sólo la presencia de parámetros ventilatorios adecuados, sino también la necesidad de resolución del cuadro que llevó al paciente a depender en algún momento de ventilación mecánica.

Debe tenerse en cuenta que la reintubación se asocia a cinco veces más riesgo de mortalidad. Por otra parte, la desconexión tardía implica mantener innecesariamente la VM, lo que aumenta el riesgo de infección nosocomial, lesiones de la vía aérea y aparición de factores psicológicos como ansiedad. ⁽²⁾

Una manera sencilla de clasificar el destete lo divide en tres tipos:

a) Simple: pacientes que toleran una la prueba de ventilación espontánea (PVE) y posterior extubación exitosa. Representan el 69% los estos pacientes en destete con 5% de mortalidad.

b) Difícil: pacientes que luego de con una PVE de inicio fallida requiere hasta tres intentos PVE o un periodo menor de siete días para una PVE con posterior extubación exitosa.

c) Prolongado: pacientes que luego de una PVE inicial fallida o que requiere más de tres intentos PVE o un periodo mayor de siete días para una PVE con posterior extubación exitosa representan el 15% de los pacientes en destete). ⁽⁶⁾

La enfermedad crítica que afecta la función de los músculos respiratorios es a menudo un fenómeno generalizado que se conoce como «debilidad adquirida en unidad de cuidados intensivos», que son consecuencia de factores tales como la inflamación sistémica, efectos farmacológicos, y la inmovilidad como los factores que han sido identificados en la patogénesis de esta entidad. ⁽²⁾

En la última década se tiene comprensión de los mecanismos celulares y moleculares que ha sido ampliamente estudiada, entendiéndose un desequilibrio entre la proteólisis y la síntesis de proteínas lo que resulta en la pérdida de proteínas contráctiles. Además, la función de la proteína muscular se ve afectada por la oxidación y la desfosforilación. La inflamación y estrés oxidativo son los principales impulsores de esta disfunción muscular. ⁽²⁾

Fig. 2 ETAPAS DE DESTETE VENTILATORIO

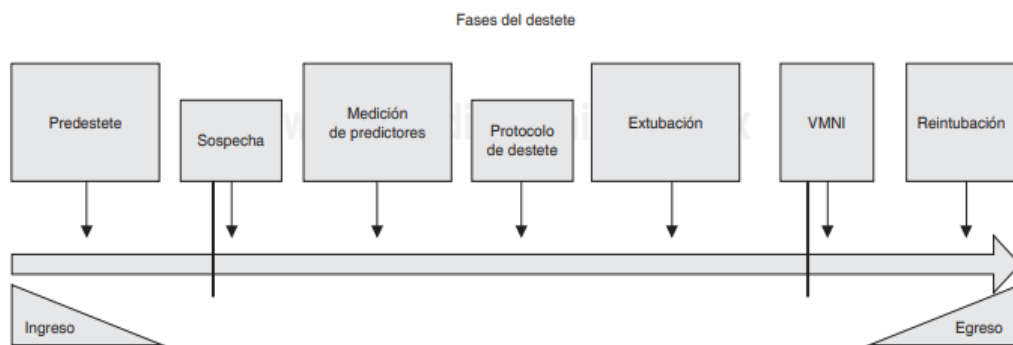


Figura 2. Fases o etapas del destete.

Fig 2. Hernández López Guillermo David, Retiro de la Ventilación mecánica, Med Crit 2017, 31, (4), 238-245

2.4 PRUEBAS DE DESTETE VENTILATORIO

La realización de pruebas de destete ventilatorio consiste en las siguientes:

Presión inspiratoria máxima (Pimax) o fuerza inspiratoria negativa (NIF).

Con frecuencia se utiliza la presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio que se realiza desde la capacidad funcional residual para evaluar la fuerza de los músculos respiratorios, pues en condiciones normales el humano puede realizar una Pimax superior a 100 cmH₂O presión negativa. Para predecir un destete satisfactorio se usa un umbral de presión entre -20 y -30 cmH₂O y requiere del esfuerzo y la cooperación del enfermo, por lo que a veces es difícil obtener una medición adecuada. Para mejorar su aplicación y reproducibilidad se puede emplear el método descrito por Truwit y Marini y que no depende de la cooperación del enfermo. Para ejecutar la maniobra, la vía aérea se ocluye durante 20 a 25 segundos con una válvula unidireccional que permite al paciente exhalar, pero no inhalar, obligando al enfermo a hacer un gran esfuerzo inspiratorio. ⁽⁶⁾

Presión de oclusión de la vía aérea (PO.1)

La presión de oclusión de la vía aérea es la presión medida en 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio frente a una vía aérea ocluida. Aunque es una presión negativa, los valores de P 0.1" se indican en valores positivos. En personas sanas el valor de P 0.1" suele ser menor a 2 cmH₂O. Este índice es una medida del estímulo respiratorio, un estímulo elevado durante la respiración espontánea podría dar lugar a un desequilibrio entre la carga mecánica y la función neuromuscular. ⁽⁶⁾

Capacidad vital

La capacidad vital integra la fuerza de los músculos respiratorios y la impedancia del sistema respiratorio, pero depende en gran medida del esfuerzo del paciente y su nivel de cooperación. El valor normal de la capacidad vital se encuentra entre 65 y 75 mL/kg y (ha sugerido que) un valor > 10 mL/kg predice el éxito del destete, sin embargo, no se ha comprobado que tenga utilidad clínica.

Volumen minuto (VM)

El volumen minuto es la ventilación total en litros por minuto. Su relación con la PCO₂ es un buen indicador de la demanda a la que está sometiendo el sistema respiratorio. Tradicionalmente se ha considerado que un VM < 10 L/min se asocia al éxito del destete. No obstante, cuando se ha utilizado de manera aislada con diferentes puntos de corte, este parámetro ha sido considerado mal predictor del éxito del destete. ⁽⁶⁾

Distensibilidad estática del sistema respiratorio (Cstat)

La distensibilidad estática del sistema respiratorio describe la relación presión-volumen de los pulmones y la pared torácica. Se obtiene al dividir el volumen corriente entre la presión diferencial y se expresa: $C_{stat} = V_t / (P_{plat} - PEEP)$. La medida simple de la distensibilidad se ha sugerido como un predictor útil para el éxito o fracaso del destete sobre la teoría de que un sistema respiratorio rígido puede predisponer al fracaso de la desconexión, aunque como se describe en el trabajo publicado por Yang y Tobin, ⁽²⁾ una distensibilidad estática > 33 mL/cm H₂O tan sólo tiene un valor predictivo positivo de 0.60 y un valor predictivo negativo de 0.53.

Índice de respiración superficial (VRS)

El índice VRS también conocido como índice de Yang y Tobin se utiliza con frecuencia y para estimar la probabilidad de fracaso del destete considerarla como valor predictivo positivo para fracaso. Tiene buena sensibilidad, pero la especificidad es inferior al 50%. Es fácil de calcular, resultando del cociente en respiraciones por minuto y el volumen corriente en litros, se expresa como $VRS = FR/V_t$. Los pacientes con índice VRS > 106 rpm/L tienen alto riesgo para el fracaso del destete, una zona gris de 60 a 106 rpm/L y probablemente bajo riesgo de fracaso con un índice VRS < 60 rpm/L. Es el más preciso de los índices predictivos. ⁽²⁾

Existe controversia sobre el nivel óptimo de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Ht) que deben tener los pacientes para ser extubados con el mayor éxito. Beigmohammadi y cols. demostraron que el valor del hematocrito no fue un buen predictor de éxito para la extubación en pacientes críticamente enfermos, mientras que Lai y cols. Demostraron en un estudio retrospectivo que hay una diferencia significativa a favor de Hb > 10 g/dL en pacientes con destete difícil. Las guías internacionales de la American College of Chest Physicians, American Association for Respiratory

Care y la American College of Critical Care Medicine de 2001 sugieren niveles de Hb de 8 a 10 g/dL como aceptables en la mayoría de los pacientes. Un criterio de falla en la prueba de ventilación espontánea es la hemoconcentración, un indicador de edema pulmonar inducido por la PVE. ⁽⁶⁾

Prueba de fuga del globo de la cánula orotraqueal.

Si no hay un edema laríngeo significativo, el paciente puede respirar alrededor de la sonda como se evidenciará por auscultación de los sonidos de la respiración o midiendo el CO₂ exhalado de la cavidad oral. Consiste en valorar el porcentaje del volumen corriente (Vt) espiratorio que se fuga luego de desinflar el globo del tubo traqueal en pacientes en VM (ventilación mecánica) invasiva con presión positiva. Se ha asociado un valor mayor del 15% de fuga a un retiro exitoso. Tiene una sensibilidad de 100% y un valor predictivo positivo del 79%. La ausencia de fuga de aire peritubo tras desinflar el manguito nos obliga a sospechar la existencia de edema y el posible compromiso de la vía aérea seguido de la extubación. ⁽⁶⁾

2.5 ECOGRAFÍA PULMONAR Y DIAFRAGMÁTICA

La ultrasonografía (US) se realiza con transductor de 3.5-5 MHz, éste se posiciona inmediatamente de bajo del reborde costal derecho e izquierdo a la altura de la línea media clavicular o axilar anterior, dirigido en sentido craneal, medial y dorsal, por lo que el haz ultrasonográfico alcanza perpendicularmente el tercio posterior del hemidiafragma.

Se realiza un escaneo en eje largo de los espacios intercostales, con el lóbulo derecho del hígado como ventana acústica en el hemidiafragma derecho y en el bazo en el lado izquierdo. Igualmente se recomienda evaluar todas las ventanas diafragmáticas que incluyen: vista intercostal, vista anterior subcostal, vista posterior subcostal y subxifoidea. El movimiento normal diafragmático durante la inspiración es caudal, ya que el diafragma se acerca al transductor y durante la espiración se aleja. ⁽²⁾

De acuerdo a las modalidades de escaneo, la ultrasonografía nos permite realizar evaluaciones anatómicas y funcionales del diafragma, usando modo bidimensional (2D), o modo movimiento (M) respectivamente. Los pacientes son examinados en respiración espontánea, en pacientes que están bajo VM se requiere desconectar brevemente del ventilador para visualizar mejor los esfuerzos respiratorios espontáneos. ⁽²⁾

Modo bidimensional o (2D): es usado para el estudio anatómico del diafragma permitiendo evaluar la continuidad de las fibras. Las cúpulas del diafragma actúan como un reflejo especular de las ondas de ultrasonido, por lo que se observa como una gruesa línea ecogénica. como se puede observar en la figura 1.3.

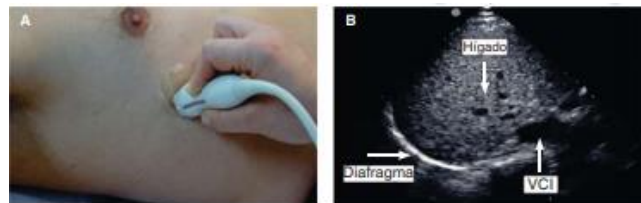


Fig. 1.3 Atul Palkar, MD; Mangala Narasimhan, Diaphragm Excursion-Time Index A New Parameter Using Ultrasonography to Predict Extubation Outcome, CHEST 2018; 153(5):1213-1220. doi.org/10.1016/j.chest.2018.01.007

Modo movimiento (M): usado para evaluar el desplazamiento diafragmático o excursión en cm, la velocidad de contracción diafragmática (pendiente en cm/seg), tiempo de inspiración (T insp, seg), duración del ciclo (Ttot en seg) y grosor diafragmático (mm).

La excursión diafragmática se puede evaluar en la vista anterior, posterior o subxifoidea. En individuos sanos se ha reportado como valor medio de 4.7 a 1.8 ± 0.3 cm para hombres y para mujeres de 3.7 a 1.6 ± 0.3 cm; 12 los valores de excursión se identificaron por Kim y colaboradores (> 1.8 cm) en pacientes ventilados en maniobras de retiro de la ventilación con éxito. En varios estudios no se han identificado diferencias significativas en ambos hemidiafragmas. ⁽²⁾

Sin embargo, al igual que todos los métodos estudios diagnósticos también tiene limitaciones importantes, como que los pacientes principalmente los de cuidados intensivos en veces tienen mala ventana acústica con una aparición entre el 2 y 10%, por lo que se recomienda medir la excursión diafragmática lo más perpendicular a la línea diafragmática de lo contrario la exactitud de las mediciones se pueden ver seriamente afectadas. ⁽²⁾

2.6 EXCURSIÓN DEL DIAFRAGMA DESDE EL MODO M Y CORRELACIÓN CON ESPIROMETRÍA.

La ecografía de diafragma ya se usa de forma rutinaria en pacientes de las UCIs y puede ser útil en pacientes con miopatía para el diagnóstico y monitoreo de la función del diafragma. Una excursión diafragmática > 25 mm aumenta la probabilidad de éxito de la SBT (prueba de respiración espontánea) en pacientes con VM (ventilación mecánica). Además, una fracción de engrosamiento del diafragma > 30–36% durante la SBT aumenta la probabilidad de éxito de la SBT. En la cirugía cardíaca, el nervio frénico puede lesionarse lo que provoca una parálisis del diafragma que puede evaluarse mediante la ecografía del diafragma, además del estudio neurofisiológico.

En la toma de decisión de retirar la VM (ventilación mecánica) intervienen diversos factores, casi todos ellos ligados al paciente, a la situación de la función respiratoria, a las alteraciones sistémicas, así como a otros aspectos relacionados con aspectos tales como el horario, la organización y disposición asistencial de cada UCI, se desprende la recomendación establecida de realizar la extubación por la mañana, en el que se dispone de más personal, así como de servicios que pudieran requerirse en el caso de surgir la necesidad de reintubación u otros procedimientos. El factor clave para considerar el inicio del destete es contar con los elementos necesarios que nos permitan constatar la resolución de la causa que condicionó el uso de VM (ventilación mecánica), y tomando en consideración por supuesto sin dejar de lado las comorbilidades y otras alteraciones sistémicas que la acompañan tales como las alteraciones del medio interno, neumopatías presencia de anemia, fiebre, obesidad, etc. y necesariamente el paciente debe tener un nivel de conciencia adecuado para continuar el proceso de retiro de la ventilación. ⁽⁷⁾

De ahí la importancia de tener experiencia con otros parámetros como el índice del grosor del diafragma para incorporarlo al proceso del destete en nuestro medio, conocer el funcionamiento del diafragma y la forma de determinar su adecuado funcionamiento en el destete de los pacientes.

Existen otras pruebas respiratorias funcionales, y técnicas para explorar el funcionamiento del diafragma que son:

- Pruebas conscientes y no conscientes.
- Métodos invasivos y no invasivos.
- Investigaciones específicas y no específica.

Cada una de estas pruebas tienen ventajas y desventajas en la práctica clínica.

Las pruebas simples no invasivas. Incluyen la medición de la capacidad vital (VC), de la presión inspiratoria máxima (MIP), de la presión inspiratoria nasal (PIN). Estas pruebas son conscientes y no específicas. La espirometría se utiliza como primera línea para evaluar la función respiratoria global en pacientes con disfunción neuromuscular mediante el análisis de la capacidad vital (CV), que refleja la función muscular inspiratoria y espiratoria. Sin embargo, la espirometría no es sensible para detectar la afectación temprana de los músculos respiratorios en la disfunción neuromuscular (NMD), ya que la CV se encuentra en el rango normal hasta que se produce una disminución significativa de la fuerza muscular respiratoria. La espirometría puede dar información indirecta sobre la función diafragmática. Una caída del VC > 20% desde la posición sentada a la posición supina es frecuente en casos de debilidad diafragmática, alcanzando una caída del 30% se puede observar en pacientes con hemidiafragma paralizado, y puede utilizarse como una evaluación indirecta de la función diafragmática. Las otras pruebas funcionales de los músculos respiratorios se basan en la medición de la presión inspiratoria máxima MIP y la presión inspiratoria nasal por aspiración. La MIP refleja la fuerza muscular inspiratoria y depende del volumen pulmonar en el que se realiza la prueba; MIP se mide clásicamente a partir del volumen residual. La medición de la presión inspiratoria nasal (NIP) se realiza mediante una maniobra natural y refleja la fuerza del diafragma. ⁽⁷⁾

La prueba invasiva específica para el análisis de la función diafragmática se basa en la medición de la presión transdiafragmática (PDI). Esto último se puede lograr bajo tres condiciones:

- Respiración espontánea tranquila (QSB).
- Maniobra de olfateo.
- Estimulación bilateral del nervio frénico magnético.

La medición de la presión transdiafragmática durante la QSB y las estimulaciones del nervio frénico magnético son pruebas invasivas no voluntarias, mientras que la maniobra de PDI es una prueba invasiva voluntaria. Sin embargo, la medición de PDI está limitada en la práctica clínica por que requiere la inserción de sonda intragástrica e intraesofágica. ⁽⁷⁾

Una prueba indirecta no invasiva y no voluntaria para la evaluación de la función diafragmática es la pletismografía optoelectrónica (OEP). Esta técnica evalúa el desplazamiento abdominal durante la respiración espontánea. Sin embargo, este método requiere de un equipo dedicado, que no está disponible de forma rutinaria, solo puede realizarse en posición supina y no permite determinar la causa subyacente de la disfunción diafragmática. ⁽⁸⁾

En radiología, las técnicas para la exploración del diafragma incluyen: fluoroscopia, ecografía, tomografía computarizada (TC) e imágenes de resonancia magnética (IRM). La fluoroscopia solía ser el examen tradicional utilizado para analizar la función del diafragma. Sin embargo, este método necesita que el paciente esté en una posición vertical que limita su uso en trastornos neuromusculares y también expone a los pacientes a la radiación. La TC diafragmática y la MRI son pruebas de imagen de referencia para explorar el diafragma en radiología. La imagen de ultrasonido es una prueba de imagen que puede ser voluntaria o no voluntaria que se puede realizar al lado del paciente. Proporciona información sobre la función del diafragma y puede realizarse repetidamente sin causar molestias ni efectos adversos.

Debido a que la ecografía proporciona información tanto morfológica como funcional en tiempo real, puede ser útil para evaluar dos factores importantes entre los que pueden influir en el destete: el estado de la aireación del parénquima pulmonar y el estado funcional del diafragma, provocando pistas sobre la probabilidad de éxito al eliminar MV. Hay dos predictores ecográficos de diafragma propuestos: la excursión diafragmática (DE), que mide la distancia que el diafragma es capaz de moverse durante el ciclo respiratorio y, la fracción de engrosamiento del diafragma (DTF), que refleja la variación en el grosor del diafragma durante el esfuerzo respiratorio y se calcula como $(\text{espesor en la inspiración final} - \text{espesor en la espiración final}) / \text{espesor al final de la espiración}$). En una revisión sistemática y metanálisis publicado en la revista Chest mayo 2018, volumen 153, número 5, donde se incluyeron estudios en participantes adultos con edad ≥ 18 años, ingresados en UCI y sometidos a VM invasiva durante al menos 24 h. Los pacientes se sometieron a) ultrasonido pulmonar y/o diafragmático y que tenían datos disponibles sobre el resultado del destete. Fueron tomados estudios de diseño de cohorte y que se realizaron entre 2004 y 2017. En este estudio se sugirió que el engrosamiento diafragmático es un predictor modesto en el resultado del destete en la población general de pacientes críticamente enfermos. La conclusión del estudio fue que no se aceptó la excursión diafragmática por sí misma no era útil sola porque su precisión es menor y su medición e interpretación conllevan varios inconvenientes. ⁽⁹⁾

La disfunción diafragmática sigue siendo la principal causa de la dificultad o fracaso del destete. Su prevalencia varía de 33 a 95% (1). La disfunción diafragmática entre los pacientes hospitalizados en la UCI se atribuye comúnmente a la poli neuropatía y miopatía de enfermedad crítica. Varios parámetros, incluidos (el índice de respiración superficial rápida) RSBI, la capacidad vital (VC) y la presión inspiratoria máxima máxima (PI_{MAX}), se utilizan de forma rutinaria para predecir el fracaso del destete debido a la ventilación mecánica.

Determinar cuándo es el momento ideal para extubar a un paciente en estado crítico sigue siendo un reto. Extubar a un paciente de manera prematura lo predispone a un alto riesgo de fracaso en el destete, lo que provoca la reintubación, esto expone al paciente a estrés y alteraciones hemodinámicas innecesarias.

Por el contrario, el retraso de la extubación aumenta la duración de la VM (ventilación mecánica) y lleva a otros riesgos: neumonía asociada a la ventilación, lesión traqueal, barotrauma, etc. Ambos procesos están asociados al incremento de la mortalidad, de la permanencia en UCI y de los costes económicos.

Las pautas actuales para el destete, recomiendan la Implementación de un ensayo de respiración espontánea (SBT) como herramienta para predecir el resultado del destete. Sin embargo, del 13% al 26% de los pacientes que son extubados después de una prueba de respiración espontánea (SBT) exitosa necesita ser reintubado dentro de las siguientes 48 h.

La liberación exitosa de la MV depende de varios factores: (ya que los pacientes) deben estar hemodinámicamente estables, tener una adecuada relación ventilación-perfusión, capacidad para generar una tos fuerte para expectorar las secreciones endotraqueales, y tener un adecuado patrón de respiración.

2.7 EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA

En la respiración, el movimiento del músculo de su nivel durante la exhalación completa a su nivel de inhalación completo. La excursión diafragmática normal es de 5 a 7 cm de forma bilateral en adulto.

La excursión diafragmática ha sido considerado como un índice adecuado para realizar protocolo de destete ventilatorio, sin embargo con baja especificidad. En un estudio de Hayat A Khan publicado en la revista de Coll Physicians, año 2017 se realizó un estudio en 100 pacientes donde 76 tuvieron un destete exitoso, aquellos que reportaron una excursión diafragmática de 1.2 cm tuvieron un destete exitoso. ⁽¹⁰⁾

Otro estudio de Zhicheng Qian, Ming Yang, publicado en la revista BMJ del año 2018; volumen 8 donde se tomaron en cuenta los pacientes admitidos en la UCI, y con MV invasiva durante al menos 24 h o más. El fracaso del destete se definió ampliamente como la necesidad de reintubación con reconexión a MV invasiva, dentro de las primeras 72 hrs. Se concluyó que la fracción de engrosamiento diafragmático es un predictor modesto de extubación exitoso y no apoyan el uso de la excursión diafragmática sola.

Spadaro et al. recientemente informó de un nuevo índice, a saber, le llamó RSBI diafragmático, que se calculó sustituyendo el volumen tidal (TV) con la evaluación ecográfica del desplazamiento diafragmático. ⁽¹¹⁾

La disfunción diafragmática por ultrasonografía se consideró cuando cada hemidiafragma presentaba un desplazamiento vertical de < 10 mm o la presencia de un movimiento paradójico. ⁽¹¹⁾

[En la revista de Anestesiología 2018 Egipto] se realizó un estudio que tenía como objetivo evaluar la precisión del nuevo índice DRSBI en comparación con el RSBI tradicional para predecir el destete exitoso en pacientes listos con criterios el destete. Se realizó un estudio prospectivo y aleatorizado que se llevó a cabo en 106 pacientes ingresados en la UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) quirúrgicos (de los Hospitales Universitarios de Zagazig des) de diciembre de 2017 hasta julio de 2018. Todos los pacientes incluidos en este estudio tenían más de 18 años, y fueron intubados y ventilados mecánicamente durante más de 48 h o más. Estaban listos para el destete y en su primer ensayo de respiración espontánea SBT satisfactorio. Además, que cumplieron con los siguientes criterios:

- Resolver la causa subyacente que motivó la Ventilación mecánica (VM) , ventilación mecánica $\text{FiO}_2 \leq 40\%$, nivel de presión positiva al final de la espiración (PEEP) $\leq 5 \text{ cm H}_2\text{O}$, frecuencia respiratoria ≤ 30 ciclos / min, relación $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 \geq 200 \text{ mmHg}$ y estabilidad hemodinámica (frecuencia cardíaca ≤ 100 latidos / min y presión arterial media $\geq 65 \text{ mmHg}$) con ausencia o dosis mínima de vasopresores (p. ej. Norepinefrina $\leq 0.05 \mu\text{g} / \text{kg} / \text{min}$), niveles normales de electrolitos séricos, glucosa en sangre, nivel de hemoglobina $\geq 10 \text{ g} / \text{dl}$ y temperatura corporal normal $< 38^\circ \text{C}$. El equipo médico a cargo de la UCI tomó la decisión sobre la preparación para realizar el destete y el tiempo para iniciar el SBT.

Después de un minuto de prueba de PSV, se calculó el RSBI tradicional a partir del volumen tidal (VT) administrado por el ventilador y la frecuencia respiratoria (RR) como RR / VT en litros y se realizó una ecografía diafragmática para obtener el desplazamiento diafragmático (DD) y calcular el DRSBI como RR / DD (en mm). El éxito del destete se definió como la capacidad del paciente para mantener su propia respiración durante al menos 48 h o más sin ningún nivel tipo de soporte ventilatorio. Se realizó la medición de la excursión diafragmática en posición semi-sentada con la cabecera de la cama elevada en un ángulo entre 30° y 45° y así se realizó ultrasonografía para el desplazamiento del diafragma. El movimiento diafragmático se evaluó utilizando una sonda de 2–5 MHz (máquina Sonosite M-Turbo). El hemidiafragma derecho fue examinado por modo bidimensional (2D) y modo M para registrar el desplazamiento del diafragma. La sonda se colocó inmediatamente debajo del margen costal derecho en la línea medio clavicular en el plano longitudinal de barrido con el ángulo en dirección cefálica para hacer que el haz de ultrasonido sea perpendicular al tercio posterior del hemidiafragma derecho y con el hígado como una ventana

acústica. Se utilizó el modo tridimensional para identificar la línea del hemidiafragma derecho. Luego, en el modo M, el desplazamiento diafragmático (cm) se midió en el trazado del eje vertical desde el principio hasta el final de la inspiración.

La precisión de DRSBI y RSBI para predecir el resultado del destete se estudió mediante el uso de curvas características del operador del receptor (ROC). Para cada curva ROC, se calcularon la precisión, la sensibilidad, la especificidad, los valores predictivos positivos y negativos, así como el punto de corte óptimo de DRSBI y RSBI con la máxima sensibilidad y especificidad. En este estudio se demostró que el DRSBI es superior al RSBI tradicional en la predicción del resultado del destete con un valor de corte de DRSBI < 1.6 respiraciones / min / mm monitoreado a los 30 min. Con la mejor precisión diagnóstica para predecir el éxito del destete.⁽¹¹⁾ Este argumento es apoyado en la revisión sistemática de Zambon M et- al, de la revista Intensive care de 2017 43(1):29-38 donde se concluyó que el ultrasonido diafragmático ha demostrado ser útil y preciso en el diagnóstico de disfunción diafragmática con punto de corte de 10–14 mm para la excursión diafragmática y 30–36% para la fracción de engrosamiento.⁽¹²⁾

Se ha descrito también en la revista Cureus del autor Khan MT, Munawar K , Dec 2018 la comparación entre la excursión diafragmática basada en ultrasonido con el índice de respiración superficial rápida como predictores del destete. Este estudio fue observacional de cohorte y prospectivo en pacientes con VM (ventilación mecánica). Durante el ensayo de respiración espontánea (SBT), se evaluó simultáneamente la excursión del hemidiafragma derecho utilizando la ecografía en modo M y el RSBI, [(se incluyeron solo los pacientes que habían sido ventilados por más de 48 hrs), (no debían tener secreciones traqueobronquiales excesivas y debía haberse resuelto su enfermedad crítica subyacente)]. La ecografía del diafragma se realizó en el momento del SBT después de al menos 48 horas de ventilación mecánica. La ecografía de cabecera fue realizada por dos miembros de medicina de cuidados críticos en la UCI entrenados en ecografía pulmonar y abdominal. La variabilidad interobservador fue de 1 mm a 3 mm. Se colocó una sonda curvilínea (3,5 a 5 MHz) en el hipocondrio derecho, y se observó el movimiento del diafragma a través del modo B a medida que el diafragma se movía de forma craneal a caudalmente con la respiración. Luego, se utilizó el modo M para medir la excursión diafragmática en centímetros. También se obtuvo como resultado del estudio que a mayor es el valor de la excursión diafragmática, mayor será la tasa de éxito del destete, lo que es inversamente proporcional al índice de RSBI.

2.8 FALLA DE EXTUBACIÓN

El fracaso de la extubación generalmente se define como la necesidad de reintubación dentro de las horas o días posteriores a la extubación planificada. El intervalo de tiempo utilizado en la definición varía de 48 horas, 72 horas o 1 semana.⁽¹⁴⁾

Todos los pacientes deben ser monitoreados de cerca después de la extubación en la unidad de cuidados intensivos (UCI).

- La mayoría de los pacientes tienen bajo riesgo de reintubación, aunque la proporción varía y depende de la población de la UCI. Los pacientes de bajo riesgo suelen obtener buenos resultados con oxígeno de bajo flujo, y pueden ser dados de alta de la UCI después de 12 a 24 horas, siempre que no haya otras indicaciones para el cuidado de la UCI.

- Sin embargo, algunos pacientes tienen un alto riesgo de reintubación (aproximadamente del 15 al 20 por ciento). El monitoreo y manejo con terapias médicas continuas, oxigenación y fisioterapia pueden prevenir la reintubación en esta población. Algunos expertos extuban directamente a oxígeno de alto flujo humidificado mediante cánulas nasales (HFNC) o ventilación no invasiva (VNI), en pacientes seleccionados, para prevenir la reintubación.⁽¹³⁾

La reintubación generalmente se realiza debido a un episodio aparentemente nuevo de dificultad respiratoria, que puede estar relacionado con insuficiencia respiratoria primaria, insuficiencia cardíaca congestiva, aspiración, tos ineficaz con acumulación de secreción de la vía aérea u obstrucción de la vía aérea superior. Otras razones para la reintubación incluyen la aparición de nueva sepsis, complicaciones quirúrgicas, síndrome coronario agudo y deterioro neurológico.⁽¹⁴⁾

2.9 EL ÍNDICE DE TIEMPO DE EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA COMO PARÁMETRO PREDICTOR DEL ÉXITO EN DESTETE VENTILATORIO.

La dificultad en el destete de la ventilación mecánica se puede encontrar en un 20-25% de los pacientes en la UCI médica. El fracaso de la extubación se asocia con mayor permanencia en la UCI, mayor utilización de recursos de atención de salud. La respiración rápida y superficial índice (RSBI), derivado de la frecuencia respiratoria dividido por volumen tidal, tiene una precisión predictiva variable para los resultados de la extubación. El fracaso del destete es probable si la carga en los músculos inspiratorios es excesivo en relación a su capacidad neuromuscular.

La presión transdiafragmática (presión tidal media/ presión inspiratoria máxima) define un útil “índice de tiempo de tensión” (TTIdi) que está relacionado con el tiempo de resistencia (es decir, el tiempo que el diafragma puede sostener la carga que se le impone).

El diafragma se acerca al umbral de fatiga cuando el valor TTIdi es mayor que 0.15. Puede ocurrir cuando la carga inspiratoria es excesiva (es decir, PI es alta), el diafragma es disfuncional (es decir, PImax es bajo), o el ciclo de trabajo (TI / Ttot) es largo. Cuando el TI es prolongado, el flujo inspiratorio (VT / TI) y por lo tanto, el trabajo del diafragma (W) se reduce.

Cuando a los pacientes sanos se les agregan cargas que pueden ser resistivas o elásticas, se altera el patrón respiratorio. Cuando se someten a carga resistiva inspiratoria el volumen tidal, el tiempo de inspiración y el tiempo total de respiración se incrementan, disminuye la frecuencia respiratoria pero la excursión se mantiene igual.

Cuando se somete a carga elástica externa hay reducción del volumen tidal, del tiempo inspiratorio total causando incremento de la frecuencia respiratoria y por lo tanto disminución en la excursión. Por lo que esto simula a una prueba de respiración espontánea.

En este estudio de la revista Chest CHEST 2018; 153(5):1213-1220, se consideraron los pacientes que estuvieran listos para realizar una prueba de respiración espontánea con la intención de extubarlos, el investigador realizó mediciones en diferentes momentos tanto en ventilación asistida/ controlada; después de 30 minutos de prueba de respiración espontánea en presión soporte con una presión inspiratoria de 5cmh₂O y una presión al final de la espiración de 5 cmh₂O. Se concluyó que en la UCI médica durante la prueba de respiración espontánea y después de la extubación, la excursión del diafragma es mayor, el TI es más largo y el índice E-T es mayor en los pacientes que fueron extubados con éxito de MV en comparación con aquellos que no lograron el destete de MV. Este índice se obtuvo dividiendo la excursión diafragmática entre el tiempo inspiratorio.

Por lo que se observó que el índice E-T con ecografía puede servir como un método novedoso para predecir el resultado de la extubación. Una mayor excursión del diafragma, un TI más largo y un mayor índice E-T durante el SBT son predictivos de una extubación exitosa.

El cambio en el índice E-T en lugar de cualquier valor absoluto durante el proceso de destete pareció tener mejor valor predictivo para el resultado de la extubación. ⁽¹⁵⁾

3.0 Planteamiento del problema

Durante los últimos 20 años el tema del manejo de la vía aérea se ha concentrado en la intubación y el manejo de los parámetros ventilatorios. Sin embargo, el manejo exitoso de la vía aérea no termina con la colocación de un tubo endotraqueal y la programación del ventilador. El Royal College of Anaesthetists (El Colegio Real de Anestesiólogos) ha dejado claro que la extubación segura no está exenta de riesgos, de ninguna manera garantizada al reportar que un tercio de las complicaciones en el manejo de la vía aérea se observan durante la extubación (o en la sala de recuperación) y que llevan con una tasa de mortalidad del 5%. Los problemas más comunes suelen ser: la obstrucción de la vía aérea por causas tales como edema de la vía aérea y el laringoespasma. De acuerdo con su informe sostienen que los factores que contribuyen con mayor frecuencia a estos resultados son: 1) no prever el riesgo al momento de la extubación y, 2) una mala planificación. Este tipo de datos generó mayor conciencia en la necesidad de establecer estrategias que permitan una extubación segura y exitosa en el proceso del destete en pacientes con VM (ventilación mecánica) invasiva. ⁽⁶⁾

Se han seguido investigando índices o pruebas que ayuden a precisar el proceso del destete con éxito en VM por lo que surge la necesidad de encontrar datos clínicos y paraclínicos que proporcionen un apoyo o ayuden a discriminar el momento ideal para el retiro de la ventilación de los pacientes críticos. Es así como surgen puntos a tomar en cuenta en el momento en el que se decide protocolo de destete en un paciente, sin embargo, a pesar de contar con un amplio número de parámetros a cumplir por parte del paciente antes de iniciar un protocolo de destete se registran tasas de fracaso en la ventilación.

Es así como surgió mediante el apoyo del Hospital Ángeles Mocel la búsqueda de un índice de tiempo de excursión diafragmática. En los últimos años, una de las herramientas mayormente utilizadas es el ultrasonido y se ha utilizado para obtener diferentes índices que han sido propuestos como predictores de éxito de extubación por lo que se inició recolección de datos de todos los pacientes que se han protocolizado para destete ventilatorio.

“El desplazamiento determina la utilidad para prever el éxito del destete. Algunas publicaciones mencionan que la medición del desplazamiento pero no solo la medición de excursión diafragmática ha demostrado tener menor precisión que otros índices ya existentes, sino tomando en cuenta la duración de la inspiración o tiempo inspiratorio que traduce la duración de la frecuencia respiratoria del paciente y que nos habla del trabajo respiratorio y la adecuación del paciente a la condición de un adecuado patrón respiratorio; esto dividido entre la longitud de la excursión expresado en milímetros que se ha estudiado previamente en poblaciones heterogéneas y que podría ser agregado como nuevo parámetro para que junto a los ya existentes apoyen o no continuar con un protocolo de destete. Es así que se decidió realizar este estudio en la población de nuestra unidad Hospitalaria, en pacientes que cumplen clínicamente criterios para extubación y que cumplen además parámetros gasométricos y pruebas en el ventilador que predicen éxito en el destete”, de acuerdo al punto de cohorte se obtuvo este índice y se propone adjuntar este índice a los ya existentes.

4.0 JUSTIFICACIÓN

Dado que en esta Unidad de Terapia Intensiva el ingreso de pacientes corresponde a patologías mixtas, desde metabólicos como trauma, por lo que contamos con población heterogénea de los cuales algunos de ellos requieren desde su ingreso o durante su evolución manejo de la vía aérea. Es así que dada la frecuencia de uso de ventilación invasiva en los pacientes que llegan a una unidad de cuidados intensivos se hace importante el reto de retirarlos de la misma y por lo tanto un desafío para los médicos de Terapia Intensiva. Dado que no hay un registro de los pacientes que han requerido de intubación, que se han logrado Extubar y han fracasado en el protocolo, se hizo necesario primero tener un registro de cuantos pacientes que ameritaron manejo invasivo de la vía aérea se lograron progresar y Extubar como un resultado secundario y posteriormente se obtuvo la tasa de incidencia de reintubación y los criterios que se toman. Además, se propone agregar un criterio por ultrasonido para medir la excursión del diafragma y entonces añadir a las pruebas establecidas en el protocolo del Servicio, comparar los resultados y determinar la utilidad en el éxito o falla en la extubación en nuestros pacientes. El procedimiento del ultrasonido del diafragma es fácil de realizar en la cama del paciente, la técnica es sencilla y prácticamente inocua. Además, no implica mayores costes pues se realizó por parte de los médicos de la unidad.

5.0 HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

El índice de tiempo de excursión diafragmática es útil como parámetro predictor del éxito del destete ventilatorio.

HIPÓTESIS ALTERNA

El índice de tiempo de excursión diafragmática no es útil como parámetro predictor del éxito del destete ventilatorio.

6.0 OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Determinar la sensibilidad y especificidad del índice de tiempo de excursión diafragmática como prueba para el éxito de la extubación en el destete de la ventilación mecánica.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Definir el valor de cohorte para el índice de tiempo de excursión diafragmática como mejor predictor para el destete ventilatorio.
- Determinar la relación entre índice de tiempo de excursión diafragmática y otros predictores de destete ventilatorio.
- Conocer el porcentaje de población que ingresa a UTI y que requiere de ventilación mecánica.
- Conocer la tasa de incidencia de reintubación en pacientes de UTI que cumplieron protocolo de destete.

7.0 DISEÑO

DISEÑO

Estudio experimental, transversal, descriptivo, ambispectivo.

Población que ingresó a la unidad de Terapia Intensiva de Hospital Ángeles Mocol, que haya requerido de ventilación mecánica por más de 24 hrs mínimo y que se realizó protocolo de extubación.

Se dio seguimiento a pacientes posterior a 48 horas de haber sido extubados.

Se recolectó datos de pacientes en UTI que hayan requerido de ventilación mecánica mínimo 24 hrs y que se entraron a protocolo de extubación, a partir del mes de Junio de 2018 a Diciembre 2019.

8.0 CRITERIOS

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mayores de 18 años ingresados a la Unidad de Terapia Intensiva de Hospital Ángeles Mocel que requirieron ventilación mecánica por más de 24 hrs como mínimo.
- Pacientes con criterios de resolución de la causa que motivó la intubación.
- Pacientes que cumplieran con requisitos de extubación en las pruebas de ventilación para iniciar el destete.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes con condiciones neuromusculares asociadas Guillain Barré, Miastenia gravis
- Pacientes con neumotórax.
- Pacientes cuyos familiares no firmen consentimiento informado.

9.0 VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Excursión diafragmática
- Parámetros predictores de destete
- Destete ventilatorio

VARIABLES DEPENDIENTES

- Índice de tiempo de excursión

| Nombre de la variable | Definición conceptual | Tipo de variable | de Escala de medición |
|--------------------------------------|--|-------------------------------|---|
| Excursión diafragmática | El movimiento del músculo de su nivel durante la exhalación completa a su nivel de inhalación completo.. | Cuantitativa Independiente | La excursión diafragmática normal es de 5 a 7 cm de forma bilateral en adulto |
| Parámetros predictores de destete | Presión de oclusión de la vía aérea (PO.1) Presión medida en 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio frente a una vía aérea ocluida. suele ser menor a 2 cmH2O. | Cuantitativa | -2cmh2o |
| | Capacidad vital Integra la fuerza de los músculos respiratorios y la impedancia del sistema respiratorio, pero depende en gran medida del esfuerzo del paciente y su nivel de cooperación. | Cuantitativa | 10ml/kg |
| | Volumen minuto (VM) Ventilación total en litros por minuto. | Cuantitativa | <10L/min |
| | Distensibilidad estática del sistema respiratorio (Cstat) La relación presión-volumen de los pulmones y la pared torácica. $Cstat = Vt / (Pplat - PEEP)$. | Cuantitativa | > 33 mL/cm H2O valor predictivo positivo de 60% y un valor predictivo negativo de 53% |
| | Índice de respiración superficial (VRS) cociente en respiraciones por minuto y el volumen corriente en litros, se expresa como $VRS = FR / Vt$ | Cuantitativa | > 106 rpm/L |
| | Prueba de fuga del globo de la cánula orotraqueal. porcentaje del volumen corriente (Vt) espiratorio que se fuga luego de desinflar el globo del tubo traqueal en pacientes en VM | Cuantitativa | un valor mayor del 15% |
| Destete ventilatorio | Es el proceso de disminuir la cantidad de apoyo que el paciente recibe del ventilador mecánico y el paciente asume una mayor proporción del esfuerzo ventilatorio. | Cualitativa Independiente | Éxito de destete por parámetros. |
| Índice de tiempo de excursión cm/seg | Índice obtenido de la división excursión diafragmática / tiempo inspiratorio | Dependiente | 1.5 Cm/seg |

10. RECURSOS HUMANOS

- Residentes de primero, segundo año de Medicina Crítica.
- Adscritos al servicio de Medicina Crítica.
- Personal de enfermería.

RECURSOS MATERIALES

- Ultrasonido marca Mindray DP6600, con sonda convexa de 3-5 mhz
- Hojas
- Hoja de Excel
- Computadora, base de datos
- Gel
- Toallas limpiadoras
- Consentimiento informado
- Programa SPSS

Se solicitó el consentimiento informado de los familiares de los pacientes ya que los pacientes por la condición clínica en la que se encontraban no podían firmar el mismo.

Se colocó al paciente en decúbito dorsal, posición semifowler con elevación 30 - 45º de la cabecera. Se realizaron 3 mediciones de la excursión diafragmática en el hemidiafragma lado derecho de los pacientes, se obtuvieron 3 diferentes valores y sacando el promedio de los mismos. Se dio seguimiento de los pacientes durante 48 hrs para evaluar el éxito de la extubación. Antes de realizar el destete de la ventilación mecánica se realizaron todas las pruebas respiratorias en el protocolo del destete y se anotaron en la hoja de recolección de datos. Todos los pacientes fueron progresados posterior a la extubación a puntas nasales de alto flujo y/o ventilación no invasiva dependiendo de las características de los pacientes.

11.0 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La fuente de información será la obtención de datos personales de los pacientes que hayan requerido ventilación mecánica por lo menos por 24 horas, se incluirán a los pacientes que estén listos para realizar una prueba de respiración espontánea, se utilizará un ultrasonido marca Mindray DP6600, con sonda convexa de 3-5 mhz. Se llenará consentimiento informado para realización de ultrasonido en hemidiafragma derecho y medición de la excursión diafragmática, el tiempo tanto en inspiración y el tiempo en espiración. Se medirá la excursión diafragmática en 3 ocasiones y se obtendrá un promedio del mismo, el cual se divide entre la duración del tiempo inspiratorio para obtener el índice de tiempo de excursión diafragmática. Se medirán los demás parámetros descritos en la bibliografía realizados para predecir éxito en el destete ventilatorio. El resultado se coloca en tablas de Excel para calcular sensibilidad y especificidad.

12.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La estadística empleada es descriptiva. Las variables discretas o cualitativas, que para el presente trabajo se presentan en frecuencia y porcentaje respectivo. Las variables cuantitativas con media y error estándar o desviación estándar. Para la asociación de de las variables cualitativas nominales se utilizó la prueba no paramétrica *Chi-cuadrada*. Para establecer contraste entre los diferentes grupos se empleó el estadístico de prueba *t-student* para muestras independientes. El procesamiento de los datos fue llevado a cabo con el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS Ver.23.0). Las cifras *estadísticamente significativas* fueron aquellas que asociaron a un *P-valor* $<.05$. Se presentan tablas de contingencia y de contraste así como gráficas de dispersión de puntos para exhibir la correlación bivariada.

13. CRONOGRAMA

| ACTIVIDADES | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | |
|--|---|------|-------|-------|--|
| Recopilar información del tema | X | | | | |
| Análisis de la información | X | | | | |
| Definir problema | X | | | | |
| Plantear objetivos | X | | | | |
| Desarrollo del marco teórico | | X | X | X | |
| Presentación a comité de investigación | | | | X | |
| Recolección de datos | A PARTIR DE LA AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO | | | | |

| | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
|---|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| Recolección de datos | X | X | X | X | | |
| Análisis e interpretación de resultados | | | | X | X | |
| Elaboración de reporte | | | | | X | |
| Presentación de la información | | | | | X | |
| Divulgación de la investigación | | | | | | X |

14. CONTRIBUCIONES Y BENEFICIOS

La finalidad de este proyecto obtener datos estadísticos acerca del número de pacientes que se intuban y extuban en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Ángeles Mocol y el porcentaje de reintubación, además de obtener por medio del ultrasonido un índice que apoye la decisión de extubación en los pacientes intubados y con esto disminuir el porcentaje de pacientes que tienen que ser reintubados.

CONFLICTO DE INTERESES

Los investigadores declaran no tener ningún conflicto de intereses para la realización de este estudio.

15. RELEVANCIA Y EXPECTATIVAS

Este proyecto de investigación se realizará bajo las normas que rige la investigación clínica en el Estado en base a la Ley General de Salud, las adecuadas prácticas clínicas, la Declaración de Helsinki en la cual se establece que “cuando un médico proporcione una asistencia médica que pudiera tener un efecto de debilitamiento del estado físico y mental del paciente el médico deberá actuar únicamente en interés del paciente” y la Norma Oficial para la práctica de la aprobación de los Comités de Investigación y Ética de esta institución. El investigador principal se compromete a proporcionar la información oportuna sobre cualquier procedimiento al paciente, así como responder cualquier duda que se presente con respecto al procedimiento que se llevará a cabo.

Reglamento de la Ley General de Salud:

Artículo 13. En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer, el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar.

Artículo 14. La investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse bajo las siguientes bases:

1. Se ajustará a principios científicos y éticos que la justifiquen.
2. Se fundamentará en la experimentación previa realizada en animales, en laboratorios o en otros hechos científicos.
3. Se deberá realizar solo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro medio idóneo.
4. Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficios esperados sobre los riesgos predecibles.
5. Contará con el consentimiento informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal, con las excepciones que este reglamento señale.
6. Deberá ser realizada por profesionales de la salud a que se refiere el artículo 114 de este reglamento, con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, bajo la responsabilidad de una institución de atención a la salud que actúe bajo la supervisión de las autoridades sanitarias competentes y que cuente con los recursos humanos y materiales necesarios que garanticen el bienestar del sujeto de investigación.
7. Contará con el dictamen favorable de las comisiones de investigación, ética y de bioseguridad en su caso.
8. Se llevará a cabo cuando se tenga la autorización del titular de la institución de atención a la salud y en su caso, de la secretaría.

Declaración de Helsinki:

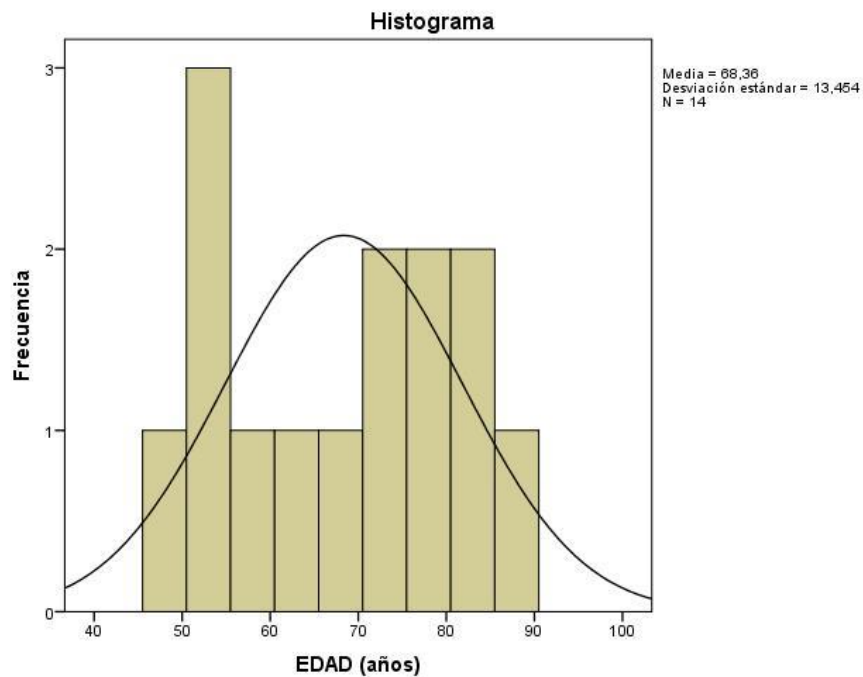
El principio básico es el respeto por el individuo, su derecho a la autodeterminación y el derecho a tomar decisiones informadas (consentimiento informado), incluyendo la participación en la investigación, tanto al inicio como durante el curso de la investigación. El deber del investigador es solamente hacia el paciente o el voluntario y mientras exista necesidad de llevar a cabo una investigación, el bienestar del sujeto debe ser siempre precedente sobre los intereses de la ciencia o de la sociedad, y las consideraciones éticas deben venir siempre del análisis precedente de las leyes y regulaciones.

El reconocimiento de la creciente vulnerabilidad de los individuos y los grupos necesita especial vigilancia. Se reconoce que cuando el participante en la investigación es incompetente, física o mentalmente incapaz de consentir, o es un menor entonces el permiso debe darlo un sustituto que vele por el mejor interés del individuo. En este caso su consentimiento es muy importante.

16. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

| paciente | EDAD | DIAGNÓSTICO | tiempo de inspiración SEG | tiempo de espiración SEG | excursión diafragmática CM | nif | p.O 1 | índice tobín | fr | soprote | chest index | ÍNDICE | REINTUBACIÓN A LAS 48 HRS | DÍAS DE VENTILACIÓN | GÉNERO |
|-------------------------|------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-----|-------|--------------|----|---------|-------------|---------|---------------------------|---------------------|--------|
| Barriga Pérez Gil | 73 | Neumonía por influenza | 1.48 | 1.25 | 3.33 | -30 | 1 | 48 | 14 | 7 | 2.25 | 4.54545 | no | 3 | masc |
| Gómez Limón Javier | 72 | Neumonía | 1.24 | 0.868 | 2.25 | -28 | 7 | 54 | 24 | 7 | 1.81451613 | 2.3715 | si | 20 | masc |
| Flores Pineda Ernesto | 52 | Choque hipovolémico | 1.5 | 1.2 | 2.25 | -32 | 1 | 54 | 18 | 5 | 1.5 | 3.0375 | no | 10 | masc |
| Arce Flores Abdon | 83 | choque hipovolémico | 1.8 | 1.2 | 2.7 | -26 | 2 | 36 | 14 | 6 | 1.5 | 4.05 | no | 5 | masc |
| Sánchez Orduña Alicia | 80 | choque séptico | 1.37 | 1.47 | 1.57 | -25 | 1 | 36 | 14 | 7 | 1.1459854 | 2.2294 | no | 3 | fem |
| Solis Polito Josefina | 70 | choque séptico | 1.04 | 1.96 | 1.23 | -21 | 1 | 30 | 15 | 6 | 1.18269231 | 1.845 | no | 7 | fem |
| Santana López Pedro | 54 | choque cardiogénico | 1.2 | 1.8 | 2 | -30 | 2 | 50 | 16 | 6 | 1.66666667 | 3 | no | 3 | masc |
| Rodríguez Moreno Alicia | 64 | choque séptico | 1.4 | 1.4 | 1 | -35 | 2 | 50 | 16 | 7 | 0.71428571 | 1.4 | si | 14 | fem |
| Crisanto Morales Ana | 48 | neumonía | 1.5 | 1.2 | 2 | -45 | 1 | 55 | 16 | 6 | 1.33333333 | 2.7 | no | 5 | fem |
| Pérez Santoyo Rodrigo | 54 | choque séptico | 1.3 | 1.2 | 2.2 | -30 | 1 | 42 | 14 | 6 | 1.69230769 | 2.75 | no | 5 | masc |
| Ruiz Morales Tania | 78 | po de protesis de cadera | 1.8 | 1 | 3.3 | -35 | 1 | 40 | 14 | 6 | 1.83333333 | 4.62 | no | 10 | fem |
| Serrano Tenor Carlos | 84 | choque séptico pulmonar | 1.4 | 1.3 | 1 | -34 | 1 | 40 | 16 | 6 | 0.71428571 | 1.35 | si | 14 | masc |
| Antara Díaz Norberto | 88 | choque cardiogénico | 1.6 | 1.2 | 3 | -30 | 2 | 35 | 14 | 6 | 1.875 | 4.2 | no | 5 | masc |
| Terreros Campos Enrique | 57 | trauma craneal | 1.2 | 1.4 | 2.5 | -33 | 2 | 35 | 14 | 6 | 2.08333333 | 3.25 | no | 4 | masc |

17. RESULTADOS

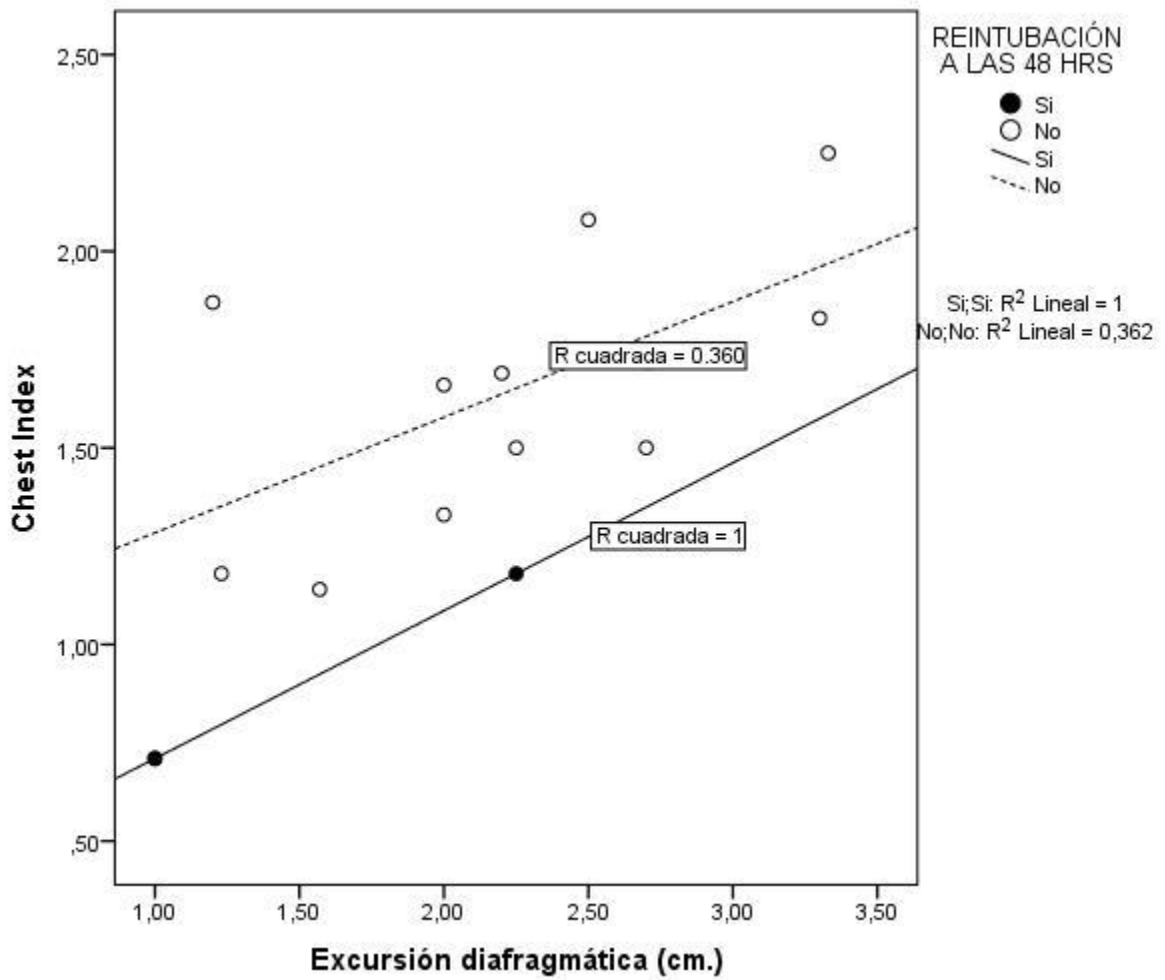


Estadísticos

| EDAD (años) | | |
|---------------------|----------|--------|
| N | Válido | 14 |
| | Perdidos | 0 |
| Media | | 68,36 |
| Mediana | | 71,00 |
| Moda | | 54 |
| Desviación estándar | | 13,454 |
| Rango | | 40 |
| Mínimo | | 48 |
| Máximo | | 88 |
| Percentiles | 25 | 54,00 |
| | 50 | 71,00 |
| | 75 | 80,75 |

En el reporte de resultados de pacientes obtenidos durante el estudio, se encontró que la frecuencia fue mayor edades de 50-60 años y otra población que oscila entre 70-85 años. Esto con una mediana de 71 años y moda de 54 años tal como se muestra en el histograma.

| VARIABLE | Reintubación a las 48 hrs. | Reintubación a las 48 hrs. | <i>t</i> | Sig. |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------|-------|
| | SI N = 3 $\bar{X} \pm E.E$ | NO N = 11 $\bar{X} \pm E.E$ | | |
| Edad (años) | 73.33 ± 5.8 | 67.00 ± 4.3 | .709 | .492 |
| Tiempo de Inspiración (seg) | 1.28 ± 0.06 | 1.43 ± 0.07 | -1.054 | .313 |
| Tiempo de Espiración (seg) | 1.18 ± 0.16 | 1.35 ± 0.08 | -.883 | .395 |
| Escursión Diafragmática (cm) | 1.41 ± 0.41 | 2.20 ± 0.21 | -1.677 | .119 |
| NIF | -32.33 ± 2.1 | -30.64 ± 1.8 | -.446 | .663 |
| Presión de oclusión vía aérea | 3.33 ± 1.8 | 1.36 ± 0.1 | 2.174 | .050 |
| Indice Tobin | 48.00 ± 4.1 | 41.91 ± 2.5 | 1.121 | .284 |
| Frecuencia Respiratoria | 18.67 ± 2.6 | 14.82 ± 0.4 | 2.636 | .022* |
| Soporte | 6.67 ± 0.3 | 6.09 ± 0.1 | 1.619 | .131 |
| Chest Index | 0.86 ± 0.1 | 1.63 ± 0.1 | -3.470 | .005* |
| Indice | 1.70 ± 0.3 | 3.28 ± 0.2 | -2.742 | .018* |
| Días de ventilación | 16.00 ± 2.0 | 5.45 ± 0.7 | 5.954 | .000* |



El gráfico previo muestra lo que esperaba encontrarse en cuanto a la excursión diafragmática entre mayor sea la excursión diafragmática que se traduce en mayor fuerza en la inspiración, esta medida es directamente proporcional al índice de tiempo de excursión diafragmática.

Tabla cruzada

| | | Chest Index | | Total | |
|------------------------------|---|---|-----------------------|--------|--------|
| | | Chest Index >= 1.50 | Chest Index < 1.50 | | |
| REINTUBACIÓN A LAS 48 HRS | No | Recuento | 8 | 3 | 11 |
| | | % dentro de REINTUBACIÓN A LAS 48 HRS | 72,7% | 27,3% | 100,0% |
| | | % dentro de Chest Index | 100,0% | 50,0% | 78,6% |
| | | % del total | 57,1% | 21,4% | 78,6% |
| | Si | Recuento | 0 | 3 | 3 |
| | | % dentro de REINTUBACIÓN A LAS 48 HRS | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Chest Index | 0,0% | 50,0% | 21,4% |
| | | % del total | 0,0% | 21,4% | 21,4% |
| Total | Recuento | 8 | 6 | 14 | |
| | % dentro de REINTUBACIÓN A LAS 48 HRS | 57,1% | 42,9% | 100,0% | |
| | % dentro de Chest Index | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| | % del total | 57,1% | 42,9% | 100,0% | |

Aquí tenemos una sensibilidad del 100% y un Valor Predictivo Positivo de 72.7%; una especificidad del 50% y un Valor Predictivo Negativo del 100%

La EXACTITUD de la prueba es de 0.7857

Además de una prevalencia de 57.1%

BIBLIOGRAFÍA

1. Zhincheng Qian, Ming Yang, Lin Li3, Yaolong Chen, Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis, *Intensive care*, 2018, Volume 8, Issue 9. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021189.
2. Raúl Carrillo Esper,* Yazmín Galván Talamantes, Evaluación ultrasonográfica del diafragma en el enfermo grave, *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2014;28(3):187-194.
3. West John B. M.D., M. Luks Andrew M.D., *Respiratory Physiology*, 10th edition, 7mo., Wolters Klumer, 2016, 108-112pp.
4. Michael I. Polkey MB ChB, PhD, FRCP, *Respiratory Muscle Assessment in Clinical Practice*, *Clinics in Chest Medicine* Volume 40, Issue 2, June 2019, Pages 307-315
5. Abdallah Fayssoil,^{a,b,*} Anthony Behin, Diaphragm: Pathophysiology and Ultrasound Imaging in Neuromuscular Disorders, *J Neuromuscul Dis.* 2018; 5(1): 1–10.
6. Hernández López Guillermo, retiro de la Ventilación mecánica, *Med Crit*, 2017, 31(4) 238-245.
7. Ana M.Llamas-ÁlvarezMD^aEva M.Tenza-LozanoMD, PhD^aJaimeLatour-PérezMD, PhD, Diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis, *Chest* Volume 152, Issue 6, December 2017, Pages 1140-1150. DOI: 10.1016/j.chest.2017.08.028
8. Pongdhep Theerawit, Dararat Eksombatchai, Yuda Sutherasan, diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes, *BMC Pulmonary Medicine*, 2018, 18:175, DOI. 10.1186/s12890-018-0739-9.
9. Ana M.Llamas-ÁlvarezMD^aEva M.Tenza-LozanoMD, PhD^aJaimeLatour-PérezMD, PhD, Diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis, *Chest* Volume 152, Issue 6, December 2017, Pages 1140-1150. DOI: 10.1016/j.chest.2017.08.028
10. Hayat A¹, Khan A², Khalil A³, Asghar A². Diaphragmatic Excursion: Does it Predict Successful Weaning from Mechanical Ventilation?, *J Coll Physicians Surg Pak.* 2017 Dec;27(12):743-746. doi: 2763., DOI: 2763
11. Sherif M.S.MowafyEssam F.Abdelgalel, Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: Comparison with traditional rapid shallow breathing index, *Egyptian Journal of Anaesthesia*, December 2018.
12. Massimo Zambon, Massimiliano Greco, Speranza Bocchino, Luca Cabrini, Paolo Federico Beccaria, Alberto Zangrillo, Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review, *Intensive Care Medicine*, January 2017, Volume 43, Issue 1, pp 29–38
13. Robert C Hyzy, MD, Extubation management in the adult intensive care unit, ©2019 UpToDate.
14. Arnaud W. Thille, Jean-Christophe M. Richard, The Decision to Extubate in the Intensive Care Unit, *Am J Respir Crit Care Med* Vol 187, Iss. 12, pp 1294–1302, Jun 15, 2013, DOI: 10.1164/rccm.201208-1523CI.
15. Atul Palkar, MD; Mangala Narasimhan, et-al, Diaphragm Excursion-Time Index a New Parameter Using Ultrasonography to Predict Extubation Outcome, *CHEST* 2018; 153(5):1213-1220.