

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
COORDINACION DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS AVANZADOS  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
COORDINACION DE LA ESPECIALIDAD EN ANESTESIOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE EVALUACION PROFESIONAL**



**EFICACIA DEL ULTRASONIDO DE LA EXCAVACIÓN DIAFRAGMÁTICA EN EL  
RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECANICA**

HOSPITAL CRUZ ROJA MEXICANA

TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE POSGRADO DE LA ESPECIALIDAD

PRESENTA:

M.C. JESICA KARINA RIZO COSSY LEON

DIRECTOR DE TESIS:

E. EN ANESTESIOLOGIA JOSÉ FERNANDO FERNÁNDEZ LÓPEZ

**REVISORES:**

**TOLUCA ESTADO DE MEXICO 2021**

## ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO
  - 1.1. Historia
  - 1.2. Anatomía de la vía aérea
  - 1.3. Principios de la ultrasonografía
2. JUSTIFICACIÓN
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
  - 3.1. Pregunta de investigación
4. HIPÓTESIS
  - 4.1. Hipótesis alterna
  - 4.2. Hipótesis nula
5. OBJETIVOS
  - 5.1. Objetivos generales
  - 5.2. Objetivos específicos
6. MATERIALES Y METODOS
  - 6.1. Diseño de estudio
  - 6.2. Universo y muestra
    - 6.2.1. Criterios de inclusión
    - 6.2.2. Criterios de exclusión
    - 6.2.3. Criterios de eliminación
  - 6.3. Operacionalidad de variables
  - 6.4. Instrumento de investigación
7. DESSARROLLO DEL ESTUDIO
  - 7.1. Limitación de tiempo y espacio
  - 7.2. Análisis estadístico
  - 7.3. Cronograma de actividades
8. IMPLICACIONES ÉTICAS
9. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO
10. RESULTADOS
11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
12. CONCLUSIONES

13. BIBLIOGRAFIA

14. ANEXOS

## MARCO TEÓRICO

El retiro o destete de la ventilación mecánica puede definirse como el proceso a través del cual ocurre la transferencia gradual al paciente del trabajo respiratorio realizado por el ventilador mecánico, al proceso en el que el paciente asume de nuevo la respiración espontánea y consta de dos periodos: el destete del soporte ventilatorio mecánico y el retiro o liberación de la vía aérea artificial. El primero puede evaluarse mediante pruebas para determinar si el paciente puede sostener una ventilación espontánea, el segundo es evaluado 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, si el paciente está con consciencia adecuada y con los reflejos de la vía aérea intactos, sin gran cantidad de secreciones bronquiales, entonces podrá extraerse la vía aérea artificial de la tráquea.<sup>(1)</sup>

El destete del ventilador se lleva a cabo en pacientes que han estado por más de 48 horas con soporte ventilatorio. En el paciente ventilado mecánicamente es de vital importancia determinar correctamente el momento preciso para el retiro de la ventilación mecánica, pues una extubación precoz en un paciente que aún no está preparado para asumir el trabajo respiratorio total, requerirá nuevamente reintubación. Debe tenerse en cuenta que la reintubación está asociada a un mayor riesgo de mortalidad (cinco veces más). 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 <sup>(1)</sup>

La ventilación mecánica (VM) sigue siendo una herramienta fundamental en el tratamiento de los pacientes en estado crítico, su objetivo es mantener una adecuada ventilación alveolar y un intercambio gaseoso efectivo, lo que ha permitido una mejoría en su pronóstico. <sup>(2)</sup>

El momento óptimo para interrumpir la ventilación mecánica en los pacientes es fundamental, ya que la interrupción prematura puede ir seguida de la reanudación

del soporte ventilatorio en hasta un 25% de los pacientes y el destete tardío puede asociarse con atrofia diafragmática inducida por el ventilador. La capacidad de los músculos respiratorios y el desequilibrio de carga (la fisiopatología común del fracaso del destete) también pueden contribuir al fracaso de la extubación. <sup>(3)</sup>

La interrupción prematura de la ventilación mecánica es igualmente dañina y se asocia con tasas de mortalidad de hasta el 42%. Incluso con las directrices basadas en la evidencia para la interrupción del soporte ventilatorio, las tasas de reintubación oscilan entre el 25 y el 33%.<sup>(4)</sup>

Dado que la monitorización de la prueba de respiración espontánea es insensible para detectar signos tempranos de desequilibrio de la capacidad de carga, se han desarrollado varios índices para evaluar la capacidad del paciente para respirar espontáneamente. Variables como ventilación por minuto, presión inspiratoria máxima, frecuencia respiratoria, índice de respiración rápida superficial (RSBI, es decir, frecuencia respiratoria / volumen tidal), presión de oclusión de las vías respiratorias de 0,1 y un índice combinado denominado CROP (cumplimiento, frecuencia, O<sub>2</sub>, índice de presión) se han utilizado en la práctica clínica común, sin embargo, estos índices han hecho poco para mejorar el momento de la extubación exitosa. Más recientemente se ha introducido una red neuronal artificial para predecir el resultado de la extubación, pero su resultado varía en diferentes estudios. El diafragma es un músculo respiratorio fundamental cuya disfunción puede ser muy común en pacientes sometidos a ventilación mecánica. <sup>(3)</sup>

## HISTORIA

La primera intubación documentada en el ser humano corresponde a Ibn Sina en el año 1000 y la primera instrumentación de la vía aérea similar a la intubación actual se describe por William MacEwen en 1800. Quizá el primer laringoscopio del que se tiene noticia fue inventado en 1805, por el cantante de ópera y maestro de canto

Manuel Vicente García, inventor del *“Espejo de García”* que ayudaba al entrenamiento de su voz gracias a que el cantante podía practicar mejor las notas

de su canto si podía observar el movimiento de las cuerdas vocales. Hasta inicio del siglo XX todas las técnicas de intubación endotraqueal que se practicaban en el mundo se hacían a ciegas, guiándose por la palpación de los dedos, hasta que Chevalier Lawrence Jackson, otorrinolaringólogo estadounidense creador de la cánula de traqueotomía que lleva su nombre, invento un dispositivo que permitía la visualización directa de la vía aérea superior y esófago. Sin embargo, el laringoscopio que conocemos y convencionalmente usamos fue introducido hasta la década de los 40 del siglo XX. <sup>(5)</sup>

Hacia 1941 Sir. Robert Macintosh aportó la hoja curva que lleva su nombre, y en 1946, Robert Miller incorporó la hoja recta que también lleva su nombre. El siguiente hito de la historia fue Peter Murphy quien realizó la primera intubación valiéndose de un fibrolaringoscopio. <sup>(5)</sup>

Por otro lado, Cormack y Lehane propone en 1984 una escala basada en la exposición glótica durante la laringoscopia directa permitiendo sospechar e incluso confirmar la dificultad para la intubación, Años más tarde la máscara laríngea se presentó como la siguiente innovación en el abordaje de la vía aérea, utilizándose por primera vez en la clínica en 1983 por Archie Brain, quien retomó aquello que durante décadas se había dejado de hacer: emplear un dispositivo que para su colocación no fuera necesaria la visualización de la laringe. <sup>(5)</sup>

Durante la primera década del siglo XIX comenzó el auge de los nuevos equipos que han revolucionado y renovado el manejo de la vía aérea: Los videolaringoscopios, gracias a su particular sistema óptico, permite un mejor y más amplio rango de visualización de la vía aérea superior hasta 60°, comparado con los 15° de un sistema convencional. Existen varios tipos y se pueden dividir de acuerdo al tipo de tecnología que utiliza para captar y transmitir video, así como el diseño de hoja, además aquellos donde la imagen es transmitida por un haz de fibra óptica o por un sistema de primas a una unidad de procesamiento de video, como una subclasificación se encuentra la presencia o no de un canal que facilite la introducción del tubo endotraqueal sin necesidad de un estilete. <sup>(6)</sup>

De manera simultanea la ultrasonografía resulta de una serie de acontecimientos a lo largo de la historia, unidos a la perspicacia médica, curiosidad y habilidades de pioneros y sus continuadores en el campo de la investigación. A partir del siglo XVIII, se hace notar como un fenómeno de la naturaleza cuando el biólogo italiano, Lazzaro Spallanzani descubre en el año 1700 la existencia de estas ondas, observado como los murciélagos atrapaban sus presas. En la primera mitad del siglo XIX (1803-1853), el físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler presenta su trabajo sobre el “efecto doppler”, observando ciertas propiedades de la luz en movimiento, que eran aplicables a las ondas del ultrasonido y fue en la segunda mitad del siglo XIX que los hermanos Pierre y Jacques Curíes descubrieron las propiedades de algunos cristales conocidos como “efecto piezo eléctrico”. A comienzos del siglo XX, se realizaron las primeras aplicaciones en el área de la marina, después que el francés Paul Langevin inventara el Sonar, en el cual se basó el posterior desarrollo de los equipos usados en la aviación y luego en medicina terapéutica y diagnóstica. Terminada la segunda guerra mundial comienza el desarrollo de equipos diagnósticos en medicina, cuando de manera paralela investigadores americanos, japoneses y europeos fabricaran los primeros prototipos de equipos para diagnóstico médico en modo A (Análogo) y Modo B (Bright) con imagen análoga. <sup>(7)</sup>

Fue en 1950 cuando el ultrasonido, es aceptado por las sociedades médicas como un instrumento diagnóstico, dando como origen a un sin número de trabajos de investigación, el primero de ellos publicado en 1958 en la revista Lancet donde se describió la experiencia en un grupo de 100 pacientes normales y con patologías abdominales, a finales de los años 70 y comienzo de los 80, dando inicio al uso de transductores mecánicos sectoriales. <sup>(8)</sup>

Hasta hace pocos años, ni en los manuales ni en los cursos había recomendaciones o pautas de cómo utilizar los elementos diagnósticos del ultrasonido en la vía aérea o en escenarios de emergencias. La utilización en pacientes traumatizados aparece en la literatura en 1971, entre el año 1991 y 1992 se inicia la utilización de la ecografía por cirujanos estadounidenses y en 1996 se acuña el acrónimo FAST

*(focused abdominal sonography for trauma)*, implementándose dicha técnica en cursos del ATLS (*Advanced Trauma Life Support*).<sup>(2)</sup>

En 1999 se realizó la conferencia de consenso para definir la ecografía en pacientes traumatizados, (9) pero su aplicación para la valoración de la vía aérea es relativamente nueva e innovadora, a pesar que existen ya muchos estudios que describen claramente los hallazgos ecográficos de la vía aérea superior. Mandeep Singh y colaboradores publicaron en el año 2010 estudios donde describen las características ecográficas de cada una de las estructuras anatómicas relevantes de la vía aérea superior concluyendo que ésta puede aportar información que no es evidente al examen clínico, y que abre la puerta a múltiples aplicaciones dentro de la práctica clínica, como diagnóstico (anormalidades laríngeas, de la fonación o deglución), tratamiento (guía de traqueotomía percutánea y cricotiroidotomía) y pronóstico (predictor de estridor post extubación y vía aérea difícil).<sup>(10,11)</sup>

## ANATOMIA DE LA VIA AÉREA

Varios aspectos básicos del control de la vía respiratoria dependen del conocimiento práctico de la anatomía implicada, incluidos la evaluación de la vía respiratoria, la preparación de la vía respiratoria para una intubación con el paciente despierto y el uso adecuado de dispositivos para la vía aérea. Las vías respiratorias pueden dividirse en superior que comprende la cavidad nasal, cavidad bucal, faringe y laringe, y la vía respiratoria inferior que consiste en el árbol traqueobronquial.<sup>(12)</sup>

*La cavidad nasal* es una estructura relevante, que cumple una serie de funciones entre las que se destaca la humidificación, calentamiento y aumento de la resistencia de la vía aérea, permitiendo mayor flujo de aire respecto a la boca. Ésta se divide en fosa nasal derecha e izquierda por el tabique nasal, que a su vez esta formado por el cartílago septal (parte anterior) y el hueso vómer y etmoides (parte posterior). Su parte lateral se caracteriza por la presencia de tres cornetes que dividen la vía nasal en los meatos en forma de espiral y finalmente en su parte posterior se encuentran las coanas que conducen a la nasofaringe.<sup>(6)</sup>



La *cavidad bucal* es un área anatómica altamente relevante para el manejo de la vía aérea. Muchas intervenciones que se realizan requieren una apertura bucal adecuada ya que permite comunicación directa con la orofaringe. Se encuentra limitada en su borde anterior por la arcada dental, su borde inferior por la lengua, el borde superior y posterior por el paladar duro y blando. El paladar duro se forma por los maxilares y el hueso palatino constituyendo los dos tercios anteriores de la boca, existe además un pliegue fibromuscular que ocupa el tercio posterior de la cavidad y que permite la inserción de los músculos del velo del paladar. <sup>(6)</sup>

La lengua se encuentra anclada a varias estructuras musculares entre ellas la más destacada es el musculo geniogloso. Por debajo de la lengua los músculos milohioides separan la boca en el espacio sublingual por arriba y el espacio submentoniano por debajo. <sup>(6)</sup>

La *faringe* es un tubo muscular con funciones digestivas y respiratorias, que se extiende desde la base del cráneo hasta el cartílago cricoides y conecta la cavidad nasal y bucal con la laringe y el esófago, puede dividirse en nasofaringe, bucofaringe e hipofaringe, extendiéndose en un total del 12 a 15 centímetros. Su sección más ancha se encuentra a nivel de hueso hioides y el segmento más estrecho a nivel del esófago <sup>(6)</sup>.

La *laringe* es una estructura formada por un componente cartilaginoso, muscular y ligamentoso, situada en la parte anterior del cuello con una longitud aproximada de 5 centímetros, realiza varias funciones como fonación y protección de la vía respiratoria, está formada por nueve cartílagos separados de los cuales tres son pares y tres impares, tales como el cricoides, tiroides, epiglotis, aritenoides, corniculados o de Santorini y los cuneiformes o de Wrisberg; todos cumplen funciones relevantes en el manejo de la vía aérea como la epiglotis y aritenoides durante la intubación oro-traqueal, y el cricoides y la tiroides para el manejo quirúrgico (traqueotomía y cricotiroidotomía).<sup>(6)</sup>

La *epiglotis* es una lamina delgada, flexible localizada en la porción supraglótica, unida anteriormente al hioides mediante el ligamento hioepiglótico y en el segmento

inferior al tiroides por el ligamento tiroepiglótico. Su principal función es durante la deglución, desplazando y protegiendo la vía aérea. *El cricoides* es la única estructura de la laringe que tiene cartílago en toda la circunferencia, tiene forma de anillo, en su parte anterior tiene forma de arco y es estrecha, y su porción posterior es una lamina gruesa y cuadrada, se describe la compresión de este cartílago (maniobra de Sellick), para disminuir el riesgo de aspiración bronquial. *La tiroides* tiene el mayor tamaño, se forma de dos laminas, se relaciona con el hueso hioides en su parte superior por medio de la membrana tirohioidea y en la parte inferior se relaciona con el cricoides por la membrana cricotiroidea. *Los aritenoides* se articulan en la porción lateral del cartílago cricoides, dan soporte a los pliegues vocales con las apófisis vocales y hacia atrás se insertan con los músculos motores de la glotis. (13) *Los corniculados*: son los ápices de los aritenoides y ofrecen amortiguación al estar en completa aducción los pliegues vocales. *Los cuneiformes* no tienen función definida y se localizan en el borde libre del ligamento ariepiglótico. <sup>(6)</sup>

*La tráquea y bronquios*; La tráquea se extiende desde el cartílago cricoides hasta la carina a nivel de la quinta vertebra torácica, tiene una longitud de 10 a 15 cm, consta de 16 a 20 anillos cartilaginosos con forma de C que se abre en su cara posterior y están unidos por tejido fibroelástico. A nivel de la carina se bifurca en bronquio derecho (más vertical) e izquierdo (más horizontal), posteriormente se ramifican en 23 subdivisiones, de las cuales las primeras 16 incluyen las vías de conducción como son los bronquiolos y bronquiolos terminales, posteriormente las siguientes 7 divisiones son de intercambio gaseoso e incluyen los bronquiolos respiratorios, conductos alveolares y los sacos alveolares. <sup>(6)</sup>

Finalmente, *los pulmones*; son dos órganos de tamaño variable con forma de cono, su base es amplia, su ápice se localiza a 2 cm por arriba de la primera costilla y detrás de la séptima vertebra cervical, se encuentra protegido por la caja torácica, tiene una alta capacidad de distensión y el proceso retroelástico de la pared torácica ayuda a recuperar su volumen inicial de reposo. Tiene una gran variedad de funciones (metabólicas, acido base, endocrinas e intercambio gaseoso), cubiertos además por una membrana denominada pleura (una visceral y otra parietal). <sup>(12)</sup>

## PRINCIPIOS DE LA ULTRASONOGRAFIA

Uno de los grandes cambios en la praxis médica ha sido el apoyo con diferentes métodos diagnósticos como el uso de imágenes en tiempo real, lo cual ha tenido un desarrollo y evolución acelerada en las últimas décadas cambiando de forma importante diferentes desenlaces en mortalidad. El ultrasonido ha tenido un impacto importante en diferentes áreas de la salud, pero es de resaltar su valor en el ámbito de urgencia, trauma y tal vez algo reciente en el escenario perioperatorio. Éste se ha convertido hoy en día en el equivalente del estetoscopio, para su aplicación se requieren conocimientos en anatomía y sonoanatomía, además para obtener su máximo beneficio se debe combinar habilidades técnicas y conocimientos en física básica. <sup>(12)</sup>

*El sonido*, es energía mecánica transmitida por ondas de presión en forma transversal y longitudinal a través de un medio, es decir, debe ser entendido como la interacción entre energía y materia. Las ondas producidas tienen áreas de alta presión (alta densidad) y baja presión (baja densidad), los medios por los cuales se transmiten son aire, sangre o tejidos blandos, en ausencia de un medio de comunicación el sonido no puede propagarse. Los cambios en la presión con el tiempo definen las unidades básicas de medición para el sonido, así es como la distancia entre dos puntos en la curva tiempo-presión se define como *longitud de onda* ( $\lambda$ ) y el tiempo (T) para completar un solo ciclo se denomina *periodo*. El número de ciclos completos en una unidad de tiempo es la *frecuencia* del sonido ( $f$ ) y el periodo (T) se expresa en segundos, ( $f = 1 / T$ , o  $f = T \times \text{sec}^{-1}$ ). <sup>(13)</sup>

*La frecuencia*, se cuantifica en ciclos por segundos o Hertz, está determinada por la fuente emisora y el medio a través del cual está viajando. Las frecuencias utilizadas en medicina para fines diagnósticos, están comprendidas en el rango de 2 a 30 MHz (1 Hz = 1 ciclo por segundo), las altas frecuencias se expresan en kilohertz (1 kHz = 1000 Hz) o megahertz (1 MHz = 1,000,000 Hz). <sup>(14, 15)</sup>

El *Ultrasonido* tiene una frecuencia no detectable por el oído humano, es decir mayores de 20.000 ciclos por segundo o Hertz (HZ). La velocidad a la cual el sonido viaja por los tejidos blandos (c) en promedio es de 1.540 m/s, la cual varía

dependiendo del tipo y características del material que atraviesa, se calcula de multiplicar la frecuencia por la longitud de onda, expresada mediante la siguiente ecuación:  $c = f\lambda$ , es decir una frecuencia de 5 MHz tiene una longitud de onda de 0,308 mm en el tejido:  $\lambda = c / f = 1540 \text{ m / s} \times 5,000,000 \text{ s}^{-1} = 0,000308 \text{ m} = 0,308 \text{ mm}$ .<sup>(15)</sup>

Para producir el sonido se requiere una fuente oscilante o vibratoria, llamada cristales piezoeléctricos que en presencia de tensión eléctrica vibran y posteriormente se genera una onda. Estos cristales pueden convertir estas ondas en energía eléctrica y ser procesados en imágenes anatómicas. La resistencia que produce un tejido al paso del sonido se refleja en la interfaz con las diferentes impedancias acústicas, un ejemplo claro es el tejido óseo el cual refleja fuertemente las ondas de sonido por que la impedancia acústica es muy alta en comparación a los tejidos que lo rodean, así estas ondas a medida que viajan a través del tejido son atenuadas como resultado de la dispersión y absorción. La capacidad de distinguir entre dos estructuras cercanas se conoce como *resolución*, la cual incluye varios componentes espaciales y temporales. La resolución espacial depende principalmente de la frecuencia de insonación y por lo tanto se ve afectado por la selección del *traductor*, el cual es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra de diferente a la salida. Los utilizados para imágenes en tiempo real pueden clasificarse según el método utilizado para dirigir el haz teniendo en cuenta que se deben generar de 30 a 60 imágenes completas por segundo, existen diferentes tipos entre los que se encuentran los *sectoriales* que tienen una ventana pequeña y sirven por ejemplo para visualización del corazón con un ángulo de escaneo estrecho, los *convexos* que tienen un amplio campo de distancia, con un tamaño de ventana adecuado y los *lineales* se caracterizan por tener un amplio plano de contacto, ideal para pequeñas estructuras.<sup>(15)</sup>

Las consideraciones para la selección del transductor incluyen los requisitos de resolución espacial y la distancia del objetivo (target) al transductor. La penetración (20) disminuye a medida que aumenta la frecuencia, en otras palabras se debe

seleccionar la frecuencia más alta que permita la penetración hasta la profundidad deseada, por ejemplo los vasos y órganos superficiales, como la tiroides, los senos y testículos, que se encuentran dentro de 1 a 3 cm de la superficie, normalmente utilizan frecuencias de 7,5 a 15 MHz, estos son los más apropiados para obtener vistas sagitales y parasagitales de estructuras en las regiones submandibular y supraglótica, debido a su amplio campo de visión se convierte en el transductor ideal para muchas aplicaciones intraoperatorias y en la valoración de las estructuras más relevantes para el manejo de la vía aérea. Por otro lado, para la evaluación de estructuras más profundas en el abdomen o la pelvis a más de 12 a 15 cm de la superficie, pueden requerirse frecuencias tan bajas como 2.25 a 3.5 MHz, cuando se necesita una resolución máxima, se requiere un transductor de alta frecuencia con excelente resolución lateral y de elevación en la profundidad de interés. <sup>(16)</sup>

Las máquinas de ultrasonido generan ondas y reciben ecos reflejos. El modo B es el método que se usa normalmente y proporciona una imagen bidimensional (2D) en blanco y negro dependiendo del sitio anatómico, las ondas se transmiten desde cristales piezoeléctricos localizados en el traductor y transforman las señales eléctricas en vibraciones mecánicas, cuando estas ondas pasan a través de los diversos tejidos se reflejan nuevamente al traductor y se crea una imagen en la pantalla del ultrasonido. Los fluidos transmiten más ondas de sonido que el material sólido, cuanto más denso es el material más reflejan las ondas. Algunos tejidos dan un eco fuerte (grasa, hueso y fascias), estas estructuras se llaman hiperecoicas y aparecen *blancas*, otros tejidos permiten que el haz de ultrasonido pase fácilmente (colecciones de líquido o sangre en los vasos) por lo tanto, crean muy poco eco, se llaman *hipoecoicas* y aparecen *negras* en la pantalla. <sup>(17)</sup>

Las estructuras cartilaginosas, como el cartílago tiroides, cricoides, epiglotis y los anillos traqueales, aparecen homogéneamente hipoecoicas, los músculos y las membranas del tejido conectivo son *hipoecoicas*, pero tienen un aspecto estriado más heterogéneo que el cartílago, por otro lado las estructuras glandulares, como las glándulas submandibular y tiroidea, son homogéneas y leves a fuertemente *hiperecoicas* en comparación con los tejidos blandos adyacentes. En cuanto al aire

es un conductor de ultrasonido muy débil, de modo que cuando el haz de ultrasonido alcanza el borde del tejido / aire, aparece una fuerte reflexión (una línea blanca fuerte) y todo lo que aparece en la pantalla más allá de ese punto son sólo artefactos, llamados de *reverberación* que crean múltiples blancos paralelos. La visualización de estructuras tales como la faringe posterior, la comisura posterior y la pared posterior de la tráquea se evita mediante el aire intraluminal. Existen otros modos de visualización como son el modo M (movimiento), el cual es secuencia rápida de exploraciones en modo B, que representan una sola línea a través del tejido, cuyas imágenes se siguen en secuencia en la pantalla, nos permite ver y medir el rango de movimiento. <sup>(3)</sup>

El ultrasonido ha surgido como una herramienta barata, ampliamente disponible, libre de radiación, herramienta de cabecera para la evaluación de las características del movimiento diafragmático, tales como amplitud, fuerza y velocidad de contracción, patrones especiales de movimiento, y cambios en el grosor diafragmático (IDT) durante la inspiración <sup>(18)</sup>

### MEDICIÓN EXCAVACIÓN (MOVILIDAD) DIAFRÁGMATICA

Cerca de 25% de los pacientes bajo VM presentarán dificultades en el destete ventilatorio, lo cual puede deberse a múltiples causas. El retraso se vincula a complicaciones ampliamente conocidas como la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVM), polineuropatía del paciente crítico entre otras, que derivan en un mal pronóstico y aumento de mortalidad hasta de 12%, en comparación con los pacientes que no tienen dicho retraso, por tal motivo es importante el retiro del soporte ventilatorio lo antes posible. Más de la tercera parte del tiempo bajo VM se invierte tratando de destetar al paciente de dicho soporte. En la actualidad se reconocen factores importantes del fracaso del destete ventilatorio, a pesar de tener resueltas las causas que llevaron al uso de ventilación mecánica. Su presencia se asocia a tasas de bajo éxito en el progreso ventilatorio, tal es el caso de la disfunción diafragmática inducida por la ventilación (DDIV).<sup>(2)</sup>

Ha habido mucho interés en el uso del ultrasonido de diafragma como una herramienta para medir y rastrear la atrofia, en particular para identificar a los pacientes que se desconectarán de la ventilación mecánica y que luego permanecerán libres de soporte ventilatorio <sup>(19)</sup>

La evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios se vuelve importante, ya que el desequilibrio entre la demanda y la oferta respiratorias conducirá a un fallo del destete a través del desarrollo de fatiga de los músculos respiratorios <sup>(13)</sup>

El método de referencia para evaluar la función del diafragma sigue siendo la medición de la presión intratorácica negativa generada por la estimulación bilateral de los nervios frénicos. Recientemente, la ecografía ha surgido como una técnica prometedora que permite una estimación fácil y rápida de la función del diafragma, especialmente en el período de destete <sup>(20)</sup>

La DDIV se define como un descenso progresivo de la fuerza muscular diafragmática que ocurre de forma precoz tras el inicio de la VM. La existencia de DDIV se asocia a un incremento en los días de VM hasta de 7-12 días con un impacto secundario en costos hospitalarios, pronóstico y mortalidad, en un estudio realizado por Young Kim et al., en una prevalencia de hasta 29% en la población de UCI. En este sentido, la función diafragmática en pacientes críticamente enfermos puede ser fácilmente comprometida, pues la mayoría está sometida a ventilación mecánica. Por lo anterior, la función diafragmática preservada es muy importante durante el proceso de destete para un adecuado inicio de respiración espontánea y su evaluación efectiva es una herramienta valiosa para la decisión del clínico. La dificultad de estudiar dicha disfunción diafragmática se relaciona en parte con la complejidad de algunas técnicas de las que se dispone como la velocidad de conducción nerviosa frénica y fibroscopia, ya que implican radiación ionizante y traslado que pueden poner en riesgo la estabilidad del paciente, además representan muchas limitaciones en el ámbito de la terapia intensiva y en la mayoría de los casos incluso no está disponible para la mayor parte de los centros hospitalarios. <sup>(2)</sup>

La ecografía del diafragma permite la visualización directa del músculo del diafragma y la evaluación de su actividad, puede predecir el resultado de la extubación. (25)

Recientemente se han descrito los efectos de la atrofia del diafragma secundario a la ventilación mecánica; Goligher descubrió que el desarrollo de atrofia del diafragma se asociaba con una duración prolongada de la ventilación mecánica, un aumento en la duración de la estadía en la UCI y una mayor tasa de complicaciones. Curiosamente, los pacientes que mostraron un aumento en el grosor diafragmático durante su enfermedad crítica también tenían un mayor riesgo de ventilación mecánica prolongada, con un esfuerzo respiratorio excesivo como un posible desencadenante subyacente. Los autores reconocieron que el edema tisular de la reanimación con líquidos también puede contribuir a este engrosamiento (19, 26)

Se ha demostrado que el grosor diafragmático se reduce en un 6% o un 7,5% por día en pacientes con ventilación mecánica. Sin embargo, un estudio adicional demostró que aunque casi la mitad de los pacientes en su estudio sufrieron atrofia, la misma proporción no experimentó pérdida, y un 10% adicional en realidad tuvo aumentos en el grosor diafragmático. Un estudio reciente en niños con ventilación mecánica sugirió que la atrofia diafragmática ocurre a una tasa promedio de 3.4% por día y empeora con el uso del bloqueo neuromuscular. Sin embargo, dos artículos no pudieron demostrar la atrofia diafragmática mediante ultrasonido. (19, 26)

La visualización del diafragma con ultrasonido ha sido posible durante más de 40 años. Sin embargo, solo recientemente se ha utilizado la ecografía diafragmática para evaluar la función y el tamaño del diafragma durante la ventilación mecánica. Hay dos medidas comúnmente utilizadas derivadas de la ecografía: excursión del diafragma y grosor del diafragma. La excursión del diafragma generalmente se mide usando una sonda de matriz en fase, con la sonda colocada en el margen subcostal en la línea claviclar media, con el objetivo de obtener imágenes del tercio posterior del diafragma. (19)



Aunque algunos estudios han utilizado imágenes en modo B para determinar la excursión diafragmática, el uso del modo M produce imágenes que visualizan el movimiento del diafragma a lo largo del tiempo y permite una medición precisa del desplazamiento diafragmático a lo largo de un ciclo respiratorio <sup>(19)</sup>

En voluntarios sanos, se sabe que la excursión diafragmática varía según el sexo y la altura y se puede realizar de manera confiable en una posición recostada o supina. Se sabe que la excursión se correlaciona positivamente con los volúmenes inspiratorios pulmonares, y es mayor durante la respiración inspiratoria forzada <sup>(19)</sup>

El grosor del diafragma se mide en la zona de yuxtaposición, utilizando una sonda lineal de mayor frecuencia (> 10 MHz), para ver el diafragma como una estructura de tres capas, intercalada entre las dos capas ecogénicas de la pleura y el peritoneo. <sup>(19)</sup>

Ambas técnicas en modo B y M pueden usarse para medir el espesor. El grosor del diafragma se ha correlacionado previamente con la resistencia del diafragma, pero no con la resistencia o la fatigabilidad. Parece ser más grueso en posición vertical, en comparación con la postura supina, se puede medir al vencimiento o al final de la inspiración, y tanto en tidal como en la respiración máxima. La comparación del espesor espiratorio con el inspiratorio da la fracción de espesamiento, que generalmente se denota como  $[(\text{Espesor inspiratorio final} - \text{Espesor espiratorio final}) / \text{Espesor espiratorio final}]$  y es un indicador del trabajo de la respiración. Estas medidas se pueden usar para formar una definición de disfunción del diafragma, aunque hay una variación en esta definición: se ha definido como una fracción de espesamiento de menos del 20% o una excursión de tidal de menos de 10 mm, en función de la presencia de paradojas de movimiento en el caso del diafragma paralizado, o utilizando métodos no ecográficos como la medición de presiones de contracción. En cualquier caso, se ha demostrado que las técnicas de ultrasonido superan a las técnicas tradicionales, como la fluoroscopia, en el diagnóstico de la disfunción del diafragma. <sup>(19)</sup>

En 2017, se realizó una revisión sistemática y un metanálisis, evaluando la evidencia sobre el ultrasonido del diafragma y su capacidad para predecir el destete exitoso de la ventilación mecánica. Se publicaron dos metaanálisis adicionales en 2018, y en conjunto estas revisiones evaluaron el trabajo combinado de más de 30 artículos individuales. La revisión sistemática se centró en el uso de la ecografía diafragmática en cuatro áreas clave: para diagnosticar la disfunción diafragmática, para predecir el destete exitoso de la ventilación mecánica, para determinar si la ecografía puede evaluar la carga de trabajo muscular frente a otras medidas conocidas, como la presión transdiafragmática, y describir variaciones en la atrofia del diafragma en los estudios <sup>(19)</sup>

Con respecto al destete de la ventilación mecánica, se analizaron cuatro estudios, dos de los cuales describieron la excursión del diafragma, ya sea por ultrasonido en modo M o midiendo el desplazamiento de órganos. Los dos estudios restantes evaluaron la fracción de engrosamiento diafragmático. Los cuatro estudios concluyeron que sus mediciones respectivas pueden predecir la extubación exitosa o el fracaso del destete, con valores de corte de 11–14 mm en la excursión y 30–36% en la fracción de engrosamiento, siendo los más sensibles y específicos. <sup>(19)</sup>

Otro enfoque combinado combinó la fracción de engrosamiento del diafragma con el Índice de respiración rápida y superficial (RSBI). Descrito por primera vez en 1991, el RSBI se define como la relación entre la frecuencia respiratoria y el volumen corriente, con un valor de corte de 100-105 respiraciones / min / litro asociado con una extubación exitosa. Un estudio reciente encontró que el RSBI solo, en comparación con las mediciones derivadas de la ecografía de diafragma, fue más preciso para predecir el éxito de la extubación, con un ROC-AUC de 0,96 y una sensibilidad y especificidad del 100%. Esto respalda el trabajo anterior de que la sensibilidad, la especificidad y el valor predictivo positivo de un corte de fracción de engrosamiento del 36% eran comparables a RSBI, pero finalmente inferiores. Sin embargo, la combinación de RSBI con una fracción de engrosamiento del diafragma superior al 26% fue un predictor más preciso del destete exitoso de la ventilación mecánica que el RSBI solo. Los autores concluyeron que la fracción de

engrosamiento del diafragma derecho solo era tan precisa como este enfoque combinado, y sugirieron que la fracción de engrosamiento podría reemplazar a RSBI como el parámetro de destete más utilizado en el futuro. <sup>(19)</sup>

La investigación adicional se centra en la predicción de la extubación exitosa en grupos particulares de pacientes. Por ejemplo, un estudio reciente demostró que el grosor del diafragma medido antes de la inducción anestésica se correlaciona con el tiempo hasta la extubación en pacientes sometidos a trasplantes de hígado. El tiempo de extubación después del procedimiento fue mayor en pacientes con un grosor del diafragma espiratorio preoperatorio de menos de 2 mm <sup>(19)</sup>

Se aplicó el score predictivo sonográfico para destete ventilatorio a un total de 47 pacientes con edades comprendidas entre 19 y 65 años con media para el grupo A de 37 y grupo B de 40 . <sup>(2)</sup>

Reportándose una sensibilidad de 91% y especificidad de 66% con valor predictivo positivo y negativo de 89 y 75% respectivamente, con área bajo la curva de 0.83 (Imagen 9), lo que refleja que el SPSDV puede ser una herramienta predictiva valiosa para la toma de decisión clínica en el contexto de destete ventilatorio <sup>(2)</sup>

Podemos concluir que el score sonográfico predictivo de destete ventilatorio puede formar parte del monitoreo no invasivo integral a la cabecera del paciente, pues identifica las características diafragmáticas (nos ofrece información funcional acerca del músculo) en pacientes críticos bajo VM con la ventaja de que puede repetirse como seguimiento cuantas veces sea necesario. <sup>(2, 27)</sup>

Sigue siendo incierto si los cambios en el diafragma causados específicamente por la ventilación mecánica impactan significativamente los resultados clínicos. Múltiples estudios han demostrado que la debilidad del diafragma predice una dependencia prolongada del ventilador y malos resultados clínicos. Sin embargo, dicha debilidad del diafragma refleja el impacto funcional global de todas las causas de disfunción del diafragma en pacientes críticos (disfunción adquirida en la UCI) y no el efecto específico de la ventilación mecánica. De hecho, dos tercios de los

pacientes ventilados muestran debilidad del diafragma en el momento de la admisión en la UCI antes de cualquier efecto de la ventilación mecánica y algunos pacientes demuestran mejoras en la función del diafragma durante el curso temprano de la ventilación. <sup>(21, 27)</sup>

Por lo tanto, el efecto específico de la atrofia del diafragma y las lesiones causadas por la ventilación en los resultados clínicos sigue siendo desconocido. De hecho, un pequeño estudio reciente no encontró relación entre los cambios en el grosor del diafragma y el resultado de la extubación. <sup>(21, 27)</sup>

Medición del grosor del diafragma, el esfuerzo inspiratorio y la función del diafragma se midieron utilizando un transductor de matriz lineal de alta frecuencia (13 MHz) en la zona de aposición entre las líneas anterior y mediaxilar a nivel del noveno o décimo espacio intercostal; Las mediciones se realizaron diariamente entre semana hasta la extubación o el día 14 de ventilación mecánica invasiva. El esfuerzo inspiratorio se cuantificó indirectamente diariamente midiendo la fracción de engrosamiento del diafragma en la ecografía. En la cohorte B, el esfuerzo inspiratorio también se cuantificó indirectamente mediante registros horarios de actividad eléctrica del diafragma (EAdi). La función del diafragma se evaluó el día de la extubación o después de 1 semana de ventilación mecánica una vez que los pacientes estaban despiertos y respiraban espontáneamente. <sup>(25)</sup>

La función del diafragma se cuantificó midiendo la fracción máxima de engrosamiento del diafragma durante los esfuerzos inspiratorios máximos entrenados en modo de presión positiva continua en las vías respiratorias <sup>(21, 25)</sup>.

La disfunción severa del diafragma se definió como un engrosamiento máximo inferior al 20%. <sup>(21)</sup>

Se registraron diariamente la exposición al bloqueo neuromuscular y las puntuaciones de la Evaluación secuencial de la insuficiencia orgánica (SOFA) <sup>(21)</sup>.

Los pacientes fueron evaluados para los siguientes eventos hasta el alta hospitalaria: extubación, reintubación, traqueotomía, alta de la UCI, alta hospitalaria

y muerte. La liberación de la ventilación se definió como la separación de la ventilación (extubación o respiración con máscara de traqueotomía durante 24 h) sin reanudación del soporte ventilatorio invasivo durante el ingreso en la UCI. <sup>(21)</sup>

El punto final primario de su estudio fue el tiempo desde la intubación hasta la liberación de la ventilación (o muerte). Los días sin ventilador se calcularon en 60 días; los pacientes que requirieron más de 60 días de asistencia respiratoria o que murieron en el día 60 o antes fueron asignados 0. Las complicaciones de la insuficiencia respiratoria aguda se definieron como la ocurrencia de cualquiera de los siguientes eventos: reintubación, traqueotomía, ventilación prolongada (>14 d) o muerte. Las prácticas de destete de rutina fueron similares en todas las UCI participantes, pero no se estandarizaron de manera uniforme para el estudio <sup>(21)</sup>

Los hallazgos sugieren que la dependencia prolongada del respirador causada por cambios diafragmáticos perjudiciales resultantes de la ventilación podría mitigarse potencialmente apuntando a niveles de esfuerzo inspiratorio durante la ventilación similares a los de los sujetos sanos que respiran en reposo. Trabajos previos han demostrado que la inactividad del diafragma causa atrofia del diafragma, mientras que los esfuerzos inspiratorios excesivos pueden exacerbar la lesión pulmonar inducida por el ventilador y dañar el diafragma. Utilizando dos métodos independientes para estimar indirectamente el esfuerzo inspiratorio (mediciones de la fracción de engrosamiento del diafragma y la actividad eléctrica del diafragma), encontramos que Tdi tendía a disminuir a niveles de esfuerzo inspiratorio más bajos y a aumentar a niveles de esfuerzo inspiratorio más altos, lo que sugiere que algunos intermedios. Debido a que los problemas competitivos del consumo de oxígeno del músculo respiratorio y la lesión pulmonar pueden modificar el nivel de esfuerzo inspiratorio más seguro durante la ventilación, el nivel óptimo de esfuerzo inspiratorio del paciente durante la ventilación ha sido incierto. En este estudio, la duración de la ventilación se minimizó en pacientes con niveles de fracción de engrosamiento similares a los observados en sujetos sanos que respiran en reposo.

(21)

Aunque el uso generalizado de MV en cuidados intensivos unidad (ICU) salva cientos de vidas diariamente, MV prolongada puede conducir a un aumento de la mortalidad y la morbilidad. Por un lado, el destete debe considerarse lo antes posible, sin embargo, el retiro prematuro puede resultar en una falla de extubación, que también es asociado con una mayor morbilidad y mortalidad <sup>(22)</sup>

Se han desarrollado varios índices ventilatorios para identificar el momento adecuado para extubar al paciente que requirió intubación endotraqueal y MV, pero ninguno es preciso. Más recientemente, parámetros medidos con ultrasonido de pulmón y diafragma han sido propuestos para el mismo propósito. Estas incluyen el grosor del diafragma, movimiento del diafragma o excursión durante el ciclo respiratorio y el engrosamiento o fracción de engrosamiento (TI) del diafragma. A pesar de que algunos de los estudios han demostrado la excursión y el grosor del diafragma ser de bajo valor predictivo en la evaluación del diafragma función, un metaanálisis reciente corrobora esto y el mejor uso de TI para el resultado del destete. <sup>(22)</sup>

Los datos sugieren que son indicadores adecuados y no invasivos del resultado del destete. <sup>(22)</sup>

En otro estudio se incluyeron 50 pacientes (con o sin VM), que fueron consecutivamente ingresando en la UCI desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017. Del 15 de enero de 2016 a 15 de abril de 2017 se firmaron el consentimiento informado y cumplió con los siguientes criterios de inclusión (1) mayores de 18 años; (2) más de 24 h en MV; (3) listo para el destete. (4) Aplicaron los mismos criterios de exclusión para ambos estudios: (1) lesión de la médula espinal superior a T8; (2) arritmias e inestabilidad hemodinámica; (3) extubación terminal; (4) embarazo; (5) neumotórax, neumomediastino, toracostomía, sonda torácica o lesiones torácicas que previenen ultrasonido; (6) lesiones pleurales o pleurodesis. <sup>(22)</sup>

Dos ecografistas entrenados en pulmón y diafragma, de acuerdo con las recomendaciones internacionales, realizaron mediciones por ultrasonido.

Aplicaron un procedimiento modificado (LUSm), evaluando cuatro regiones pulmonares a cada lado. <sup>(22)</sup>

Su intención al hacer esta modificación fue evitar tener que mover al paciente crítico, evitando así complicaciones asociadas y facilitar el examen para los operadores. Evaluaron cuatro áreas: anterior-superior, anterior-inferior, lateral y posterobasal. <sup>(22)</sup>

El área postero-basal es donde ocurre la mayor parte de la patología del paciente crítico según Lichtenstein. <sup>(22)</sup>

El puntaje total de LUSm para todas las áreas varió de 0 a 24 puntos. <sup>(22)</sup> En el estudio de precisión predictiva, los pacientes que estaban listos para comenzar a destetar, según criterios internacionales de la conferencia de consenso, el respirador fue seleccionado con soporte de presión de 8 cm H<sub>2</sub>O (PS) y 5 cm H<sub>2</sub>O presión positiva al final de la espiración (PEEP) se realizaron mediciones de sonido y ventilación. <sup>(22)</sup>

El equipo médico fue cegado a los resultados del ultrasonido, y el equipo de investigación no jugó ningún papel en el destete del paciente. Fallo de destete según la conferencia de consenso internacional de 2007 se define la ocurrencia de reintubación, soporte ventilatorio no invasivo o muerte dentro de las 48 h siguientes a la extubación. <sup>(22)</sup>

Durante el período de estudio, 139 pacientes fueron sometidos a VM, de quienes 52 no cumplieron con los criterios de inclusión (48 muertes antes de intentar el destete, 2 autoextubaciones, 2 en MV por menos de 24 h) y 17 no fueron incluidos por razones fuera del control del equipo de investigación <sup>(22)</sup>

Esto significa que un total de 25 pacientes fallaron destete. La mayoría de los pacientes que fallaron la extubación se recuperaron con ventilación no invasiva (VNI) y flujo nasal alto (HFNC); solo cinco pacientes (8.2%) fueron reintubados. (4) Si comparamos el grupo que fue destetado con éxito (SW) con aquellos que fallaron el destete (FW), observaron que el grupo FW se asoció con más tiempo en MV, más casos de enfermedad obstructiva crónica (EPOC), y mortalidad (4) Según sus datos,

la reproducibilidad del ultrasonido pulmonar es excelente para la variable LUSm y moderado demasiado bueno para TI. <sup>(22)</sup>

Tiempo medio en VM, mortalidad de los pacientes incluidos en el estudio (16%), y la tasa de fracaso SBT (11,6%) fue consistente con los resultados publicados anteriormente. La falla de extubación ocurrió en el 24.6% de los pacientes. De los 17 pacientes que fallaron la extubación, solo cinco (8.2%) requirieron intubación, una tasa menor que la reportada en otros estudio. <sup>(22)</sup>

Este estudio observacional prospectivo incluyó un total de 85 pacientes con ventilación mecánica invasiva durante un mínimo de 24 horas y logró los criterios de destete. <sup>(23)</sup>

Todos los pacientes que cumplieron con los siguientes criterios de destete: mejora de la fase aguda de la enfermedad que requirió ventilación mecánica, estado neurológico estable, sin inestabilidad hemodinámica (frecuencia cardíaca  $\leq 120$  / min, presión arterial sistólica superior a 90 mmHg e inferior a 160 mmHg) en ausencia de cualquier terapia con vasoactivos,  $\text{PaO}_2 > 60$  mm Hg o  $\text{SaO}_2 \geq 90\%$  o más con  $\text{FiO}_2 \leq 0.4$ , frecuencia respiratoria espontánea (RR)  $< 35$  respiración / min, afebril y sin anomalías significativas en los niveles de electrolitos. <sup>(23)</sup>

Los pacientes se sometieron a un SBT durante al menos dos horas colocando el paciente en modo espontáneo de destete con presión de bajo nivel soporte (8 cm H<sub>2</sub>O) y nivel de PEEP ( $\leq 5$  cm H<sub>2</sub>O). Disnea, fatiga, ansiedad y angustia se evaluaron subjetivamente. Los signos vitales fueron monitoreados y registrados. (5) Se registraron datos ventilatorios, incluido el volumen corriente exhalado, frecuencia respiratoria, ventilación minuto, presión inspiratoria máxima (P<sub>I</sub>máx) e índice de respiración superficial rápida (RSBI). Pacientes que pasó la SBT sin empeorar, fueron extubados y recibidos oxigenoterapia con máscara Venturi y luego monitorizada durante 48 horas. <sup>(23, 29)</sup>



Una extubación exitosa se definió como preservación de respiración espontánea sin ningún tipo de soporte ventilatorio para  $\geq 48$  horas después de la extubación. (5) Los pacientes fueron clasificados de acuerdo con los resultados a las 48 horas en un grupo de extubación exitoso (53 pacientes) (78%) y un grupo extubación fallida (15 pacientes) (22%), que requirieron una nueva intubación dentro de las 48 horas post-extubación debido a dificultad respiratoria o hipoventilación con acidosis respiratoria <sup>(23)</sup>

En sus resultados, 15 pacientes que representan (22%) del estudio la población experimentó una extubación fallida y se volvió a intubar dentro de 48 horas. <sup>(23)</sup>

La longitud media de ventilación mecánica fue considerablemente prolongado en su grupo fallido de extubación ( $5.8 \pm 1.8$  días) comparado con el grupo exitoso ( $2.8 \pm 0.76$  días]. Del mismo modo, Baess et al. (2016) estableció que la longitud media de MV en el exitoso grupo destetado fue (4 días) versus (7 días) en el fallido. <sup>(23)</sup>

Observaron una diferencia muy sustancial entre los pacientes con extubación exitosa o fallida al comparar predictores de destete tradicional incluidos (RSBI, P<sub>I</sub>max, RR y relación PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub>). <sup>(23)</sup>

La excursión diafragmática media (DE), en su estudio fue considerablemente mayor en el grupo extubado con éxito ( $19.7 \pm 5.1$  mm vs.  $6.2 \pm 3.1$  mm) en comparación con el otro grupo, el mejor valor de corte de la excursión diafragmática que pronostica con precisión la extubación efectiva en su estudio fue mínimamente de 11 mm con 84% sensibilidad, sin embargo, su especificidad y valor predictivo negativo fueron (73% y 70% respectivamente). <sup>(23)</sup>

Encontraron que el rendimiento de la prueba de diagnóstico de la puntuación LUS al pronosticar el éxito de la extubación con el mejor valor de corte de  $\leq 12$  tenido sensibilidad 80%, especificidad 78%, VPN 66% y AUC 0.88 reflejando menor

precisión que los índices de destete mencionados anteriormente. En concordancia con sus resultados, Mayo et al. propuso que un puntaje LUS<13 al final de un SBT tiene una mayor probabilidad de logro de la extubación y una puntuación LUS> 17 fue altamente predictiva aumentó la posibilidad de extubación fallida. <sup>(23)</sup>

Finalmente, encontraron que la integración de DTF es mayor o igual que al 30% combinado con un puntaje LUS menor o igual a 12 mejorado la precisión diagnóstica para la predicción de la extubación exitosa en comparación con DTF solo (96% de precisión y el área bajo la curva era 0.971). <sup>(23)</sup>

Hubo ocho estudios que comparaban excursión diafragmática (DE), cinco comparando la fracción de engrosamiento diafragmático (DTF) y dos comparando DD entre grupos con y sin destete exitoso. En general, el DE o el DTF se agruparon con sensibilidad de 0,85 (IC del 95%: 0,77 a 0,91) y una agrupación de especificidad de 0,74 (IC del 95%: 0,66 a 0,80) para predecir éxito del destete Hubo alta heterogeneidad entre los estudios incluidos ( $I^2 = 80\%$ ;  $p = 0,0006$ ). La tasa del fracaso del destete aumentó significativamente en pacientes con DD (OR 8,82; IC del 95%: 3,51 a 22,13;  $p < 0,00001$ ). <sup>(24)</sup>

Tanto DE como DTF mostraron buen diagnóstico rendimiento para predecir resultados de destete a pesar de las limitaciones incluyeron una alta heterogeneidad entre los estudios. <sup>(24)</sup>

Se descubrió que la DD es un predictor de falla de destete en pacientes críticamente enfermos. <sup>(24)</sup>

Destete de la ventilación mecánica (MV) es de suma importancia para pacientes con insuficiencia respiratoria que requiere MV. Es crucial por que tanto la interrupción prematura y el destete retrasado están asociados con un aumento de la morbilidad y mortalidad, así como altos costos médicos. Sin embargo, sigue siendo un desafío

para identificar predictores confiables del resultado del destete y para determinar el momento de la iniciación del destete proceso. <sup>(24)</sup>

La dificultad con el destete de MV es atribuido por muchos factores, como la debilidad adquirida, desnutrición, enfermedad del sistema nervioso, insuficiencia cardíaca, infección y otras enfermedades. Cada vez hay más conciencia de que la debilidad del diafragma es común en pacientes experimentando MV y es probable que contribuya como factor de falla de destete. En los últimos años, la disfunción diafragmática (DD) ha sido reconocida como una etiología común de falla de destete. <sup>(24)</sup>

Con el desarrollo de cuidados críticos ultra-ecografía, los médicos pueden usar ultrasonido para evaluar dinámicamente las causas de las fallas en la ventilación y falla del destete, que incluyen factores pulmonares o extrapulmonares. <sup>(24, 30)</sup>

Se ha demostrado que la cantidad y calidad del diafragma y sistema musculoesquelético evaluados por ultrasonido están relacionados a la fuerza y función muscular; por lo tanto, el ultrasonido es un método eficaz para la detección y evaluación tempranas de debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos (UCI). <sup>(24)</sup>

Hay dos ultrasonidos de diafragma propuestos como predictores: la excursión diafragmática (DE) y fracción de engrosamiento del diafragma (DTF). Los pacientes con posición supina, DE se mide por sonda ultrasónica en la línea media derecha de la axilar y la posterior línea axilar izquierda, respectivamente. En el modo M, la distancia entre el punto más alto y más bajo del movimiento del diafragma es DE. DTF refleja la variación en el grosor del diafragma durante el esfuerzo respiratorio y se calcula como (grosor al final-inspiración-grosor al final-espiron) / espesor al final del vencimiento. En el área de 8-10 costillas, la sonda se coloca entre las axilas primera línea y la línea media perpendicular a la pared torácica, se muestra el diafragma. El diafragma hipoecoico es ubicado entre la pleura hiperecoica y el peritoneo. <sup>(24)</sup>

Con la creciente evidencia que muestra que DD juega un papel importante en el proceso de destete, decidimos revisar sistemáticamente la literatura para evaluar la precisión del ultrasonido de diafragma para predecir el resultado del destete en adultos en estado crítico y el papel de la DD en falla de destete. <sup>(24)</sup>

En los últimos años, la actividad del diafragma no pudo ser evaluada con precisión al lado de la cama. Métodos para evaluar la función diafragmática a menudo tiene una baja sensibilidad y especificidad como en el caso de las radiografías de tórax, o son invasivas y difíciles de obtener al lado de la cama <sup>(24)</sup>

Ultrasonido tiene un papel importante en la evaluación del diafragma, ya que no es invasiva y está fácilmente disponible y permite mediciones repetidas. <sup>(24)</sup>

Además, DE y DTF son dos diafragmas propuestos predictores sonográficos. Nuestros datos muestran que el DE o DTF tenía una sensibilidad combinada de 0,85 (IC del 95%: 0,77 a 0,91) y una especificidad agrupada de 0,74 (IC del 95%: 0,66 a 0,80) para predecir el éxito del destete. En una reciente revisión sistemática, Llamas-Álvarez *et al* , basado en 19 estudios, mostró que la DE, la sensibilidad agrupada fue del 75% (IC del 95%: 65% al 85%); especificidad agrupada, 75% (IC 95% 60% a 85%) y DOR, 10 (IC del 95%: 4 a 24). <sup>(24)</sup>

## JUSTIFICACIÓN.

La anestesia es cada vez más segura, ya que se estima que la mortalidad asociada con la anestesia ha disminuido de manera importante en los últimos años (3.6 por 10.000 antes de 1970, 0.5 por 10.000 1970-1980, 0.3 por 10.000 después de 1990), recientemente se ha incorporado el uso del ultrasonido como un complemento valioso en la evaluación de nuestros pacientes durante el ejercicio de la medicina día a día, siendo esta una herramienta no invasiva, rápida y cada vez más disponible en las áreas de cuidados críticos (Quirófano, Urgencia, Cuidados intensivos) Con este estudio deseamos conocer la relación que existe entre la movilidad diafragmática y la posible reintubación de los pacientes en horas posteriores, generando un impacto económico, epidemiológico y de morbimortalidad en la institución.

Cuando se utiliza ventilación mecánica, al pasar de los días aumenta la debilidad diafragmática y la mortalidad de pacientes sometidos a este tratamiento.

Existen registros de pacientes en quienes se realiza valoración del diafragma al ingresar a la unidad de cuidados intensivos con manejo avanzado de la vía aérea y se reporta debilidad de dicho músculo, relacionado actualmente con el fracaso del retiro del ventilador mecánico y la necesidad de reintubación posteriormente, y con aumento de posibles complicaciones y de la mortalidad.

A partir de lo ya mencionado se ha registrado la utilidad de las nuevas técnicas guiadas con ultrasonografía, con disminución en la tasa de complicaciones, con mayor éxito y disminución de los recursos económicos. Por lo tanto se considera una herramienta útil en pacientes que requieren ventilación mecánica y poder optimizar parámetros del ventilador mecánico y ayudar liberar al paciente de esta condición en el menor tiempo necesario y disminuir la mortalidad de los mismos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La anestesia general es una de las herramientas principales en el manejo anestésico actualmente. Existen múltiples valoraciones para el manejo avanzado de la vía aérea, así como el conocimiento de la morbi-mortalidad con los días de ventilación mecánica. Parece conveniente tener una herramienta para predecir el éxito en el retiro de la ventilación mecánica, más aún, si se trata de un evaluación no invasiva, sin necesidad de trasladar al paciente a otra área hospitalaria y se requiere tan sólo de unos minutos. De esta manera, se podían evitar complicaciones posteriores, y en caso de ser necesario realizar modificaciones en los parámetros ventilatorios que ayuden a prevenirla debilidad diafrágica provocada por el uso de la ventilación mecánica

En el Hospital Cruz Roja Mexicana Polanco no se cuenta comuna estadística ni una referencia en la utilidad de ultrasonografía para valorar retiro de ventilador mecánico.

### **PREGUNTA DE INVESTIGACION:**

¿Cuál es la eficacia en la utilización de ultrasonografía para predecir el de éxito en el retiro de la ventilación mecánica en pacientes sometidos a anestesia general de manera electiva?

### **HIPOTESIS**

La medición de la movilidad diafragmática por ultrasonido será una variable pronostica relacionada con la reintubación en pacientes sometidos a anestesia general para intervenciones quirúrgicas programadas en el Hospital Cruz Roja Mexica, sede nacional, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, marzo-septiembre 2020.

## **HIPOTESIS ALTERNA**

La medición de la movilidad diafragmática por ultrasonido no será una variable pronóstica relacionada con la reintubación en pacientes sometidos a anestesia general para intervenciones quirúrgicas programadas en el Hospital Cruz Roja Mexicana, sede nacional, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, marzo-septiembre 2020.

## **HIPOTESIS NULA**

La medición de la movilidad diafragmática por ultrasonido no será una variable pronóstica relacionada con la reintubación en pacientes sometidos a anestesia general para intervenciones quirúrgicas programadas en el Hospital Cruz Roja Mexicana, sede nacional, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, Marzo-septiembre 2020.

## **OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar la relación que existe entre la movilidad diafragmática medida por ultrasonido para valorar el retiro de ventilación mecánica de forma temprana en pacientes bajo anestesia general.

### **B. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar las mediciones ultrasonográficas de la movilidad diafragmática relacionadas a la eficacia de la extubación de forma temprana.

Evaluar la relación de la movilidad diafragmática medida por ultrasonografía con la necesidad de reintubación en 48 horas posteriores a la extubación

Evaluar la incidencia de éxito y fracaso en el retiro de la ventilación mecánica en pacientes bajo anestesia general.

Determinar factores de riesgo (índice de masa corporal, edad, sexo) descritos en la literatura en relación a los pacientes bajo ventilación mecánica con debilidad diafrágica y reintubación.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **DISEÑO DEL ESTUDIO**

Estudio prospectivo, observacional descriptivo, transversal.

### **UNIVERSO Y MUESTRA**

Pacientes adultos sometidos a anestesia general en procedimientos quirúrgicos electivos en el Hospital Cruz Roja Mexicana Sede Nacional durante el periodo de estudio

### **CRITERIOS DE INCLUSION:**

- Pacientes mayores de 18 años y menores de 60 años.
- Pacientes de sexo masculino y femenino.
- Pacientes programados para procedimientos quirúrgicos de forma electiva.
- Pacientes que requieran anestesia general balanceada, endovenosa o combinada con intubación orotraqueal.
- Pacientes con clasificación de ASA I, II y III.
- Pacientes que hayan firmado el consentimiento para participar en el estudio
- Paciente con escala de coma de Glasgow 15/15.
- Paciente con estabilidad hemodinámica Quienes cumplan con los criterios de extubación tales como: fracción de oxígeno inspirado ( $FiO_2$ )  $<0,5$ , presión positiva al final de la espiración (PEEP)  $\leq 5$  cmH<sub>2</sub>O,  $PaO_2 / FiO_2 > 200$ , frecuencia respiratoria (RR)  $<30$  respiraciones / min, y hemodinámicamente estable en ausencia de cualquier terapia vasoactiva)



### **CRITERIOS DE EXCLUSION:**

- Paciente con contraindicaciones absolutas para realizar extubación.
- Paciente con patologías pulmonares crónicas conocidas.
- Pacientes menores de 18 años.
- Pacientes mayores 60 años
- Paciente que ameriten cirugía de forma urgente.
- Pacientes previamente intubados y/o traqueostomizados.
- Pacientes embarazadas.
- Pacientes sometidos a anestesia regional.
- Pacientes que no deseen participar en el estudio.
- Paciente con déficit neurológico
- Paciente con inestabilidad hemodinámica

### **CRITERIOS DE ELIMINACION:**

- Paciente con requerimiento de soporte y cuidado en unidad de cuidado intensivo, que no cumple con criterios de extubación.
- Paciente que no acepte participar en el estudio.
- Paciente que no se pueda dar seguimiento durante los primeros 2 días posterior a la aplicación de la anestesia general. (traslado de la unidad)
- Pacientes quienes mueran en el transoperatorio

## TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

En donde Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada  
Q = probabilidad de fracaso D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción) Calculada con un nivel de confianza del 90% se necesitan 30 pacientes.

### DESARROLLO DEL PROYECTO

1. En primer lugar, se identificaron a todos los pacientes que vayan a ser sometidos a anestesia general programados de manera electiva
2. Una vez identificado el paciente que cuente con los criterios de inclusión, se realizó una aleatorización simple de los dos grupos.
  - Grupo 1. Pacientes que cumplan con los requisitos para retiro de ventilación mecánica, se realizará ultrasonografía diafragmática demostrando movilidad mayor a 10 mm y se dará seguimiento por 72 horas
  - Grupo 2. Pacientes que cumplan con los requisitos para retiro de ventilación mecánica, se realizará ultrasonografía diafragmática demostrando movilidad menor a 10 mm y se dará seguimiento por 72 horas
  - Al finalizar el proceso de investigación, se analizó detalladamente la información verificando que todos los datos fueron recabados.

**OPERACIONALIDAD DE VARIABLES:**

NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN TEORICA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	MEDICIÓN
GENERO	Condición orgánica que diferencia al hombre de la mujer	Se obtendrá por examen físico del paciente	Cualitativa dictómica	1. Femenino 2. Masculino
EDAD	Tiempo transcurrido o a partir del nacimiento de un individuo	Se obtendrá por el interrogatorio directo	Cuantitativa discreta	16-29 años:0 30-39 años:1 40-49 años:2 50-60 años: 3 60-70 años:4
MOVILIDAD DIAFRÁGMATICA MEDIDA CON ULTRASONIDO	Se denomina ultrasonido a cualquier sonido que tiene una frecuencia	Se obtendrá al realizar mediciones por ultrasonografía	cuantitativa	1.Movilidad mayor 10mm 2. Movilidad menor 10 mm

	<p>mayor de 20.000 Hz Las imágenes médicas utilizan rangos de frecuencia situados entre los 3 y los 15 MHz</p>			
<p><b>CLASIFICACION DEL ESTADO FISICO DE ASA</b></p>	<p>Instrumento o utilizado para verificar el estado físico previo de los pacientes que van a ser llevados a cirugía.</p>	<p>Se define dependiendo de las comorbilidades, control actual el grado de discapacidad y riesgo de muerte.</p>	<p>Cualitativa ordinal</p>	<p>Ver Anexo 18</p>

<b>Fracción de oxígeno inspirado</b>	Concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado	Se obtendrá por oximetría de pulso	cuantitativa	
--------------------------------------	---	------------------------------------	--------------	--

**DESARROLLO DEL PROYECTO** Una vez aprobado el protocolo por el comité de ética e investigación institucional, y con autorización y firma del consentimiento informado por los pacientes que formaron parte del estudio, se identificaron pacientes que se les sometió a anestesia general y que se reportó extubación posterior a dicho procedimiento en pacientes entre 16 a 70 años de edad.

En estos pacientes se realizó valoración de excavación diafrágmatica antes de la extubación, durante la emersión anestésica a todos aquellos pacientes en los que se cumplen criterios de extubación

### **IMPLICACIONES ÉTICAS**

Se solicitó autorización del director de la Unidad, así como del Consejo de Ética e investigación institucional. El protocolo de investigación se ajusta a los siguientes principios: Declaración de Helsinki I en 1964, establece las guías para la investigación biomédica en humanos, revisada en 1975, 1983 y 1989 en Viena y Hong Kong respectivamente; enmendada por la 52ª Asamblea General en

Edimburgo, Escocia, en octubre del 2000. También se acoge a la reflexión bioética que se ha desarrollado a través del modelo principialista, basado en cuatro principios que han de presidir cualquier intervención investigadora en la que participen seres humanos: beneficencia, no maleficencia, respeto a la autonomía de las personas y justicia.

1. Respeto a la autonomía de las personas: supone la asunción del derecho de los sujetos morales a decidir desde sus propios valores y creencias personales acerca de cualquier intervención que se vaya a realizar sobre su persona.
2. No maleficencia: se trata del principio básico de todo sistema moral. Se formula en términos negativos, como prohibición de producir, intencionada o imprudentemente, daño a otros, con un mayor nivel de exigencia que el de la obligación a proporcionar un bien.
3. Beneficencia: se trata del núcleo constitutivo de la práctica médica, la consecución de un beneficio, en términos de salud, para quienes acuden solicitando asistencia sanitaria.
4. Justicia: la conciencia de que todos los seres humanos son iguales en dignidad y derechos hace que, en cada intervención sanitaria, debamos tener claro que ante situaciones iguales actuaremos de una forma similar, y lo haremos de forma diferente ante situaciones distintas, manteniendo siempre abiertas las posibilidades de los demás seres humanos.

Se tuvo en cuenta el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud, publicada el 7 de febrero de 1984 en el Diario fiscal de la Federación. Menciona que toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio deberá prevalecer el respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar. Se debe permanecer bajo la supervisión de las autoridades sanitarias competentes y contar con los recursos humanos y materiales necesarios, que garanticen el bienestar del sujeto de investigación. Deberá ser fundamentada en la experimentación previa realizada en animales, en laboratorios o en otros hechos científicos, contará con el consentimiento informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal; el personal médico debe estar capacitado para cuidar la integridad del ser humano. Cuando el diseño experimental de una investigación que se realice en seres humanos incluya varios grupos, se usarán métodos aleatorios de selección para obtener una asignación imparcial de los participantes en cada grupo y deberán tomarse las medidas pertinentes para evitar

cualquier riesgo o daño a los sujetos de investigación. El investigador principal suspenderá la investigación de inmediato, al advertir algún riesgo o daño a la salud del sujeto en quien se realice la investigación. Asimismo, será suspendida de inmediato cuando el sujeto de investigación así lo manifieste

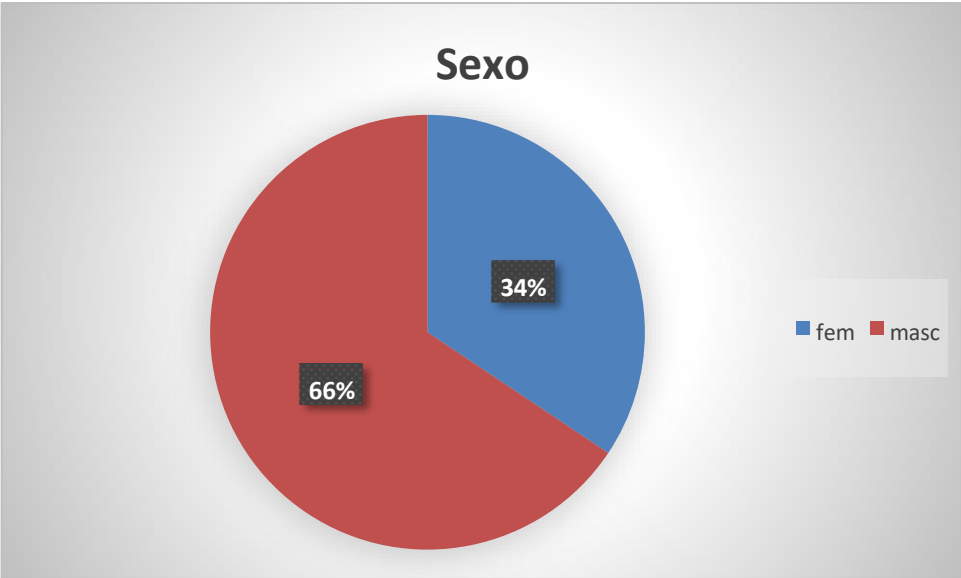
## RESULTADOS

Se realizó un estudio observacional, analítico, prospectivo, con el objetivo de determinar la relación que existe entre la movilidad diafragmática y el éxito de la extubación y retiro de ventilación mecánica sin necesidad de reintervención en la vía aérea en las próximas 72 horas, en pacientes bajo anestesia general con apoyo de ventilación mecánica, para así contar con una herramienta que nos ayude a tomar decisiones seguras y en beneficio del paciente al disminuir morbi mortalidad y gastos asociados a los días de estancia intrahospitalaria y los recursos necesarios. Se recolectaron datos de pacientes desde el 1 de Marzo hasta el 31 de Julio de 2019, encontrando que un total de 32 pacientes fueron llevados a procedimientos quirúrgicos con anestesia general en este periodo de tiempo, de estos se excluyeron en el proceso de evaluación pacientes que se sometieron a anestesia regional, pacientes que se encontraban previamente intubados, pacientes que eran menores de edad.

Los pacientes fueron divididos en 2 grupos (pacientes que necesitaron de reintubación y aquellos pacientes que no requirieron de una nueva intubación orotraqueal), se observó que 2 pacientes (6.25%) tenían movilidad diafragmática menor a 10 mm con posterior manejo avanzado de la vía aérea, 30 pacientes que no requieren de una nueva intubación orotraqueal (93.75%) de los cuales 96% tenían una movilidad diafragmática mayor a 10 mm., por lo tanto la incidencia de reintubación por movilidad diafragmática menor a 10 mm justo antes de la intubación fue del 6% y 93% de los pacientes no requiere manejo avanzado de la vía aérea. De la muestra de 32 pacientes, el 65.6% fueron hombres siendo 21 pacientes y 11 pacientes fueron mujeres con el 34.3% del total. El promedio de edad fue de 45.5 años con una desviación estándar de 13.78 años, siendo el menor de 20 años y el mayor de 66 años .

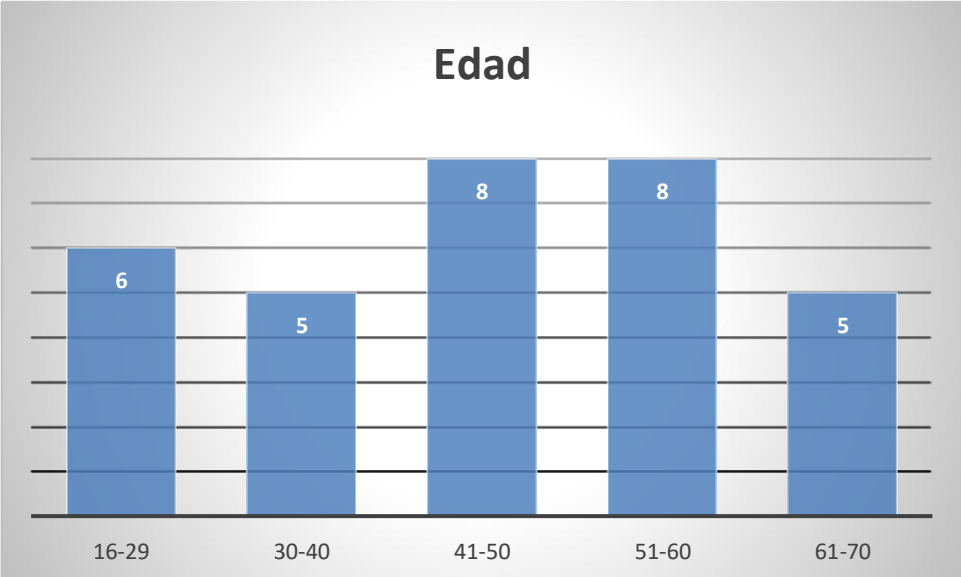
Distribución poblacional por generos



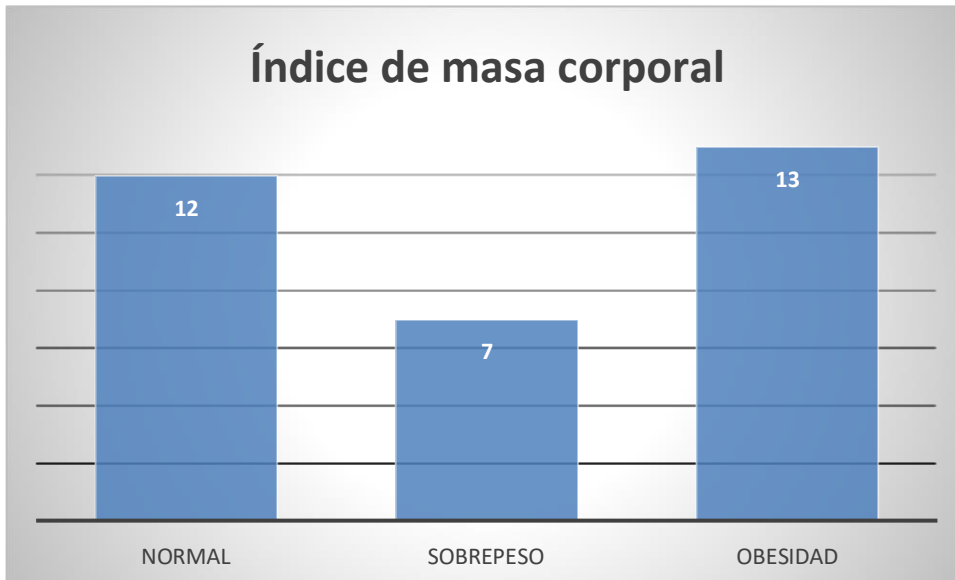


La mayoría de pacientes tenían una edad entre 40 y 60 años, presentando una edad promedio de 45.53 años con una desviación estándar de 13.78, solo 5 pacientes eran mayores de 60 años y 11 pacientes tenían menos de 20 años. (Gráfica 1).

Distribución de la población por grupo de edad (Gráfica 1)



Para las variables categóricas se utilizó la prueba Chi cuadrado encontrando que el sexo no fueron significativamente diferente al comparar los pacientes con reintubación y no reintubación ( $P=0.231$ ).



Con respecto a las medidas antropométricas el peso promedio se encontró en 82.40 Kilogramos con una desviación estándar de 14.37 kilogramos, Talla promedio de 1.69 metros con una desviación estándar de 10.5 metros, el índice de masa corporal (IMC) promedio se encontró en 28.79 y una desviación estándar de 5.88, lo que indica que más de la mitad de los pacientes tenían sobrepeso y obesidad; menos de la mitad de los pacientes se encontraban con peso ideal según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El motivo de la realización de este estudio es evaluar en la población de pacientes del Hospital Central Cruz Roja Mexicana sede nacional, la relación que existe entre la movilidad diafragmática antes de la extubación, cuando el paciente se encuentra aún bajo ventilación mecánica como criterio pronóstico en días posteriores a dicho procedimiento quirúrgico.

Durante 5 meses se evaluaron múltiples pacientes de los cuales después de aplicar los criterios de exclusión y eliminación fueron estudiados un preliminar de 32 pacientes con una incidencia total de movilidad diafragmática menor a 10 mm con reintubación en las 72 horas próximas de la extubación con 6.25% y de 93.75% pacientes que no requieren reintubación.

Dentro de las variables Antropométricas analizadas se encontró que el peso y la talla no fueron significativamente diferentes en ambos grupos, reportando que más de la mitad de los pacientes presentaban sobrepeso u obesidad con un peso promedio de 82.40 Kilogramos y una desviación estándar de 14.37 kilogramos.

Encontramos que la medición por ultrasonido de la movilidad diafragmática durante la emersión anestésica no fue estadísticamente significativa, sin embargo, reconocemos que existen limitaciones en el estudio, entre los que destacamos el número de pacientes analizados, la duración de la ventilación mecánica asistida; además todos los datos fueron tomados en el mismo hospital; por este motivo investigaciones futuras deberían apuntar a validar estos resultados y cuantificar que tan bien se generalizan a través de diferentes poblaciones de pacientes.

Se realiza análisis bivariado con prueba de Chi cuadrado en donde se concluye que ninguna de las variables estudiadas tuvo significancia estadística

En este estudio no encontramos con resultados diferentes a los reportados dentro de la literatura estudiada, ya que en la mayoría de dichos estudios, se exponen resultados favorables y se cuenta con una herramienta más para decidir el momento

en el cual sea de mayor beneficio realizar una extubación, disminuyendo riesgos de complicaciones y probable muerte de nuestros pacientes.

Consideramos es una gran oportunidad de cambio y mejora en la atención de salud de pacientes en estado críticos contar con una valoración sencilla, con recursos disponibles en casi todos los centros de atención para pacientes delicados, con la que se pueden obtener resultados en cuestión de unos cuantos minutos, sin retrasar decisiones, y debido a este motivo esperamos se realicen más estudios en este campo, con más recursos, un mayor número de pacientes por lo tanto un campo de estudio mayor, de diversas patologías y de esta manera poder comparar estadísticamente los resultados obtenidos y hacer uso adecuado de dicha herramienta tan valiosa como lo es la ultrasonografía actualmente.

Múltiples estudios han demostrado que la debilidad diafragmática es una causa importante de prolongación en la ventilación mecánica o falla en el destete de la misma, en la bibliografía se reporta la valoración ultrasonográfica del diafragma con una especificidad mayor al 90 % además de no ser invasiva.

Dos tercios de los pacientes ventilados muestran debilidad del diafragma en el momento de la admisión en la UCI antes de cualquier efecto de la ventilación mecánica y algunos pacientes demuestran mejoras en la función del diafragma durante el curso temprano de la ventilación

Esperamos en fechas próximas tener resultados e investigaciones más precisas respecto a este tema

## **CONCLUSIONES**

Los pacientes sometidos a anestesia general en el Hospital Central de la Cruz Roja Mexicana, tienen una incidencia de intubación posterior a la medición de la movilidad diafragmática menor a 10 mm durante la emersión anestésica 6.25%, la cual se encuentra cerca a la reportada en la literatura para todos los tipos de cirugía bajo anestesia general

Por otro lado debido a las limitaciones presentadas en el diseño del estudio sería conveniente aplicar las mediciones de la movilidad diafragmática en otros escenarios, diferentes tiempos de ventilación mecánica, así como estudiarlas en una muestra mayor a la obtenida en el presente trabajo, el campo de acción del ultrasonido en las aplicaciones médicas, por lo que el presente trabajo puede tomarse como referencia para futuros estudios.

## BIBLIOGRAFIA

1. Mabrouk AA, Mansour OF, Abd El-Aziz AA, Elhabashy MM, Alasdoudy AA. Evaluation of some predictors for successful weaning from mechanical ventilation. *Egypt J Chest Dis Tuberc* 2015; 64:703–707
2. Alma E. Hernández Plata,\* Ma. N. Gómez González,\* Raúl Soriano Orozco,\* Jorge A. Díaz Rodríguez,\* Pedro L. González Carrillo. (2018). Score sonográfico predictor de éxito en el destete ventilatorio en la Unidad de Cuidados Intensivos. *Medicina Critica*, 32(5), 253-257
3. Farghaly S, Hasan AA (2017) Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care* 30: 37-43
4. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, McCool FD, Mora J (2016) Change in diaphragmatic thickness during the respiratory cycle predicts extubation success at various levels of pressure support ventilation. *Lung* 194: 519-525
5. Cuarto Proyecto de Auditoría Nacional del Real Colegio de Anestesiólogos y Sociedad de vía Aérea difícil, Principales complicaciones del manejo de la vía aérea en el Reino Unido, Real Colegio de Anestesiología, Londres, 2014
6. Mayor M.C. Amalia María Helmes-Aguayo, Mayor M.C. Juan Carlos Eder Barrón-Ángeles, Historia y actualidades del manejo de la vía aérea. ¿Realmente ya no existe la vía aérea difícil?, Vol. 41. Supl. 1 abril-junio 2018 pp S158-S161
7. Apfelbaum JI, Hagberg CA, Caplan RA, et al: Practice guidelines for management of the difficult airway, Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway, *Anesthesiology* 118: 251-270, 2013
8. Dulia Ortega T, TM. Solange Seguel B, Historia del Ultrasonido: El caso chileno, *Revista Chile de Radiología* Vol, 10 No 2, año 2004, 89-92
9. Francisco M de Cabo Frances, Utilidad de la Ecografía en la Emergencia, CETIR centre Medic, Barcelona, España, Prehospital Emergency Care (Ed. Esp) Vol. 1, Num. 3, 2008

10. Pawel Anuszkiewicz MD, PhD, Effectiveness and Validity of Sonographic Upper Airway Evaluation to Predict Difficult Laryngoscopy, J ultrasound med. 2016 oct; 35 (10): 2243-52
11. Mandeep Singh, MBBS, MD, Use of Sonography for Airway Assessment, American institute of Ultrasound in Medicine, J Ultrasound Med 2010; 29:79-85, 2010
12. Hans Fred Garcia – Araque, Dr. Sergio Esteban Gutierrez Vidal, Aspectos basicos del manejo de la via aérea: anatomia y fisiologia, Vol.38, No. 2 abril -junio 2015, pp 98-107
13. Saeed AM, El Assal GI, Ali TM, Hendawy MM (2016) Role of ultrasound in assessment of diaphragmatic function in chronic obstructive pulmonary disease patients during weaning from mechanical ventilation. Egyptian J Bronchol 10: 167-172. Baess AI, Abdallah TH, Emara
14. T.M Cook, Review Article, Strategies for the prevention of airway complications – a narrative review, Anaesthesia 2018, 73,93-111
15. Christopher R.B Merritt, Diagnostic Ultrasound, Physics of Ultrasound, Copyright © 2018 por Elsevier, Inc., publicado el 1 de enero del 2018, capitulo 1,1-33.
16. Carlos Pineda Villaseñor, Monica Macias Palacios, Araceli Bernal Gonzolez, Principios fisicos basicos del ultrasonido, medigraphic, Vol. 1, Num, 1, Mayo-Agosto 2012, pp 25-24.
17. Fikri M Abu-Zidan, Ashraf F Hefny, and Peter Corr, Clinical Ultrasound Physics, J Emerg Trauma Shock, 2011 Oct-Dec; 4(4): 501-503.
18. Baess AI, Abdallah TH, Emara DM, Hassan M (2016) Diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation: Thickness, displacement, or both? Egyptian J Bronchol 10: 162166. Nemer SN
19. Turton et al. . (2019). A narrative review of diaphragm ultrasound to predict weaning from mechanical ventilation: where are we and where are we heading?. The Ultrasound Journal, 11:2, 1-7.

20. Dubé BP, Dres M, Mayaux J, Demiri S, Similowski T, et al. (2017) Ultrasound evaluation of diaphragm function in mechanically ventilated patients: comparison to phrenic stimulation and prognostic implications. *Thorax* 72: 811-818.
21. Ewan C. Goligher<sup>1,2,3,4</sup>, Martin Dres<sup>5,6</sup>, Eddy Fan; et. al.. (January 15 2018). Mechanical Ventilation–induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* , Volume 197 Number 2 , 204-213
22. Tenza-Lozano. et al. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. *Critical Ultrasound Journal*. (2018) 10;12,01-09
23. Fahmy h. et al., Value of integrated lung and diaphragm ultrasonography in predicting extubation outcomes from mechanical ventilation in patients with critical illness; *J. Anesth Clin Res*, (2019) 10;11. 1-7.
24. Zhicheng Qian, et al. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis; *BJM*, (2018), 10;11, 1-10
25. Gong J, Zhang B. A comparative study on predicting outcome of ventilator weaning by diaphragmatic excursion, spontaneous breathing trial and rapid shallow breathing index. *Trauma & Critical Care Medicine* 2016;4:133–7
26. Heunks LM, van der Hoeven JG. Clinical review: the ABC of weaning failure—a structured approach. *Crit Care* 2010;14:245
27. Zambon M, Greco M, Bocchino S, et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med* 2017;43:29–38.
28. Mandeep Singh, MBBS, MD, Use of Sonography for Airway Assessment, American institute of Ultrasound in Medicine, *J Ultrasound Med* 2010; 29:79-85, 2010  
C.Frerck, Mitchell VS, Mc Narry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, O`Sullivan EP, Woodall NM, Ahmad I, Difficult Airway Society guidelines for

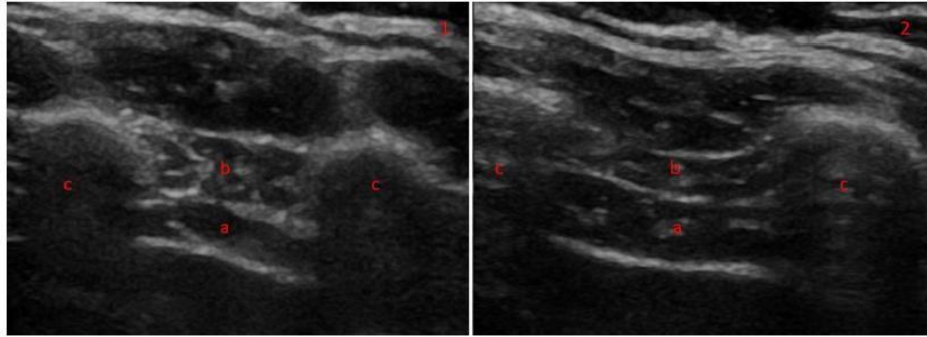


management of unanticipated difficult intubation in adults, Br J Anaesth 2015 Dec; 115 (6): 827-48.

29. C. Frerk, Mitchell VS, Mc Narry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, O`Sullivan EP, Woodall NM, Ahmad I, Difficult Airway Society guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults, Br J Anaesth 2015 Dec; 115 (6): 827-48

30. Kristensen MS, Ultrasonography in the management of the airway, University Hospital, Rigshospitalet, Denmark, Acta Anesthesiol scand, 2011 Nov; 55 (10): 1155-73.

## ANEXOS



**Fig. 4** Diaphragm thickness in B-mode thoracic view at end expiration (1) and inspiration (2) in a healthy volunteer. The diaphragm can be seen between two echogenic layers (a) with the intercostal compartment above (b). The two muscle layers sit between two ribs (c)

**Tabla 1: Score sonográfico predictor en el destete ventilatorio.**

Variable	0 puntos	1 punto	2 puntos
Excursión diafragmática	≤ 10 mm	11-19 mm	≥ 20 mm
Velocidad de contracción diafragmática	≤ 0.8 cm/seg	0.9-1.3 cm/seg	1.4-1.7 cm/seg
Grosor diafragmático	≤ 1.9 mm	2-3 mm	≥ 3 mm
Variación del grosor diafragmático	≤ 20%	21-29%	≥ 30%

Riesgo de fracaso: 0-4 puntos. Predictor de éxito: 5-8 puntos

**Tabla 2: Datos demográficos**

Variable	Grupo A	Grupo B
Edad	37	40
Sexo		
a) Femenino	18	5
b) Masculino	18	6
Diagnóstico:		
a) Quirúrgicos	23	5
b) Médicos	10	2
c) Traumáticos	2	5
Relación PaO <sub>2</sub> /FIO <sub>2</sub> (mmHg)	240	232
Índice de CRÓP	11	13
Índice de Yang Tobin	29	32
Volumen Tidal mL/kg	7	7.2
Volumen corriente mL/kg	12	14

**Tabla 3: Características grupales relacionadas con score predictivo.**

Score predictivo	Grupo A (destete exitoso)	Grupo B (fracaso)
de 5 a 8 puntos	31	4
de 0 a 4 puntos	3	9
Total	34	13

## CONSENTIMIENTO INFORMADO DE ESTUDIO

### EFICACIA DEL ULTRASONIDO DE LA EXCAVACIÓN DIAFRAGMÁTICA EN EL RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECANICA

FECHA: \_\_\_\_\_ LUGAR: \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ paciente:

y/o \_\_\_\_\_ nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ representante \_\_\_\_\_ legal

Se le invita a participar en esta investigación que es sin riesgo para usted

Justificación y objetivo: evaluar la utilidad de la medición de la movilidad diafragmática con ultrasonografía de manera temprana y la relación con falla o éxito en la extubación del paciente y la necesidad de posible reintubación del mismo en pacientes intervenidos bajo anestesia general en Hospital de la Cruz Roja Mexicana sede nacional. Procedimiento: este estudio se realizará en los quirófanos del Hospital central. Se hará una evaluación transoperatoria y postoperatoria del paciente. Se verificaran antecedentes, se revisara el expediente clínico para establecer criterios de inclusión, se registraran edad, sexo, peso, comorbilidades , tipo de procedimiento anestésico.

Posteriormente se realiza medición ultrasonografía de la movilidad o excavación diafragmática, posteriormente comparando los resultados a las 72 horas, comparando la movilidad diafragmática con la necesidad de reintubación o no del paciente.

No va a tener gastos extras con la participación en este estudio, ni tampoco va a recibir ningún pago por ser incluido en este.

Se le garantiza recibir respuesta a cualquier pregunta y/o aclaración a asuntos relacionados con esta investigación.

Usted o su familiar tiene la libertad de retirar su consentimiento en el momento que lo desee y dejar de participar en el estudio, sin que por ello se creen perjuicios para continuar con su cuidado y tratamiento.

Usted o su familiar tienen la garantía de que se mantendrá la confidencialidad de sus datos personales.

Los investigadores tienen el compromiso de proporcionar información actualizada obtenida durante el estudio, aunque esta pudiera afectar su voluntad de continuar participando.

Declaro haber leído y comprendido la información presentada en este consentimiento informado y acepto participar en el estudio de manera voluntaria.

---

Firma o huella del paciente o representante legal con parentesco

Nombre y firma del testigo 1

---

Nombre y firma del testigo 2

---

**EFICACIA DEL ULTRASONIDO DE LA EXCAVACIÓN DIAFRAGMÁTICA EN EL RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECANICA, EN PACIENTES INTERVENIDOS BAJO ANESTESIA GENERAL EN EL HOSPITAL DE CRUZ ROJA MEXICANA.**

Fecha:

Nombre:

Registro:

Edad

Sexo: Masculino: \_\_\_\_

femenino:

\_\_\_\_

Peso:

**MEDICION ULTRASONOGRAFICA**

Movilidad diafragmática	
-------------------------	--

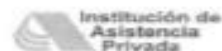
**VALORACION POSTERIOR:**

REINTUBACION	
24 HORAS POSTERIORES	
48 HORAS POSTERIORES	
72 HORAS POSTERIORES	

# CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROCEDIMIENTOS ANESTESICOS CRUZ ROJA



**CRUZ ROJA MEXICANA, I.A.P.**  
DELEGACIÓN DISTRITO FEDERAL  
Av. Ejército Nacional No. 1032, Col. Los Morales Polanco  
Deleg. Miguel Hidalgo México D.F., C.P. 11510  
**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA  
REALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS ANESTÉSICOS**



NOMBRE COMPLETO DEL PACIENTE: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_  
SEXO: \_\_\_\_\_ FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_ DOMICILIO: \_\_\_\_\_  
DIAGNÓSTICO PROBABLE O DE CERTEZA: \_\_\_\_\_ No. DE EXPEDIENTE: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO PROYECTADO: \_\_\_\_\_ TIPO DE CIRUGÍA ELECTIVA:  Electiva  Urgente   
TÉCNICA ANESTÉSICA PROPUESTA: Local  Regional  General  Otra \_\_\_\_\_

## DECLARO

1. Que cuento con la información suficiente sobre los riesgos y beneficios durante mi procedimiento ANESTÉSICO, el cual puede cambiar de acuerdo a mis condiciones físicas y/o emocionales o lo inherente al procedimiento quirúrgico.
2. Que todo acto médico implica una serie de riesgos debido a mi estado físico actual, mis antecedentes, tratamientos previos y a la causa que da origen a la intervención quirúrgica, procedimientos de diagnóstico y tratamiento o a una combinación de ambos factores.
3. Que existe la posibilidad de complicaciones desde leves hasta severas, pudiendo causar secuelas permanentes e incluso complicaciones severas que lleven al fallecimiento.
4. Que puedo requerir de tratamientos complementarios que aumenten mi estancia hospitalaria con la participación de otros servicios o unidades médicas.
5. Que existe la posibilidad que mi procedimiento ANESTÉSICO se retrase, incluso se suspenda por causas propias a la dinámica de los procedimientos QUIRÚRGICOS y/o ANESTÉSICOS o causas de fuerza mayor (URGENCIAS).
6. Que se me ha informado: que el personal médico de este servicio cuenta con amplia experiencia, con equipo electrónico para mi cuidado y manejo durante mi procedimiento y aun así, no me exime de presentar complicaciones.
7. Y que soy responsable de comunicar mi decisión y lo antes informado a mi familia.
8. En caso de no existir este documento en mi expediente, no se podrá llevar a cabo mi operación.

En virtud de lo anterior, doy mi consentimiento por escrito para que los médicos ANESTESIOLOGOS lleven a cabo los procedimientos que consideren necesarios para realizar la cirugía o procedimiento médico al que he decidido someterme, en el entendido que si ocurren complicaciones en la aplicación de la técnica ANESTÉSICA, no existe conducta dolosa.

Dado en México, D.F., a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_\_

## ACEPTO Y CONSIENTO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL ANESTESIOLOGO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE  
Y/O PERSONA RESPONSABLE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL TESTIGO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL TESTIGO

CLAVE: 8018648