

ECOGRAFÍA DE DIAFRAGMA EN UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS “UCI”

Ingrid Esperanza Tamayo González¹, Oscar Humberto Ruiz Serna², David Guillermo Guzmán³

¹Magister en Innovaciones educativas, Docente Universitaria, Fundación Universitaria María Cano, Medellín - Colombia, correo ingridesperanzatamayogonzalez@fumc.edu.co

²Magister en intervención integral en el deportista, Docente Universitario, Fundación universitaria María Cano, Medellín-Colombia, correo oscarhumbertoruizserna@fumc.edu.co

³Fisioterapeuta, davidguzmanm14@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Analizar la efectividad de la ecografía diafragmática para predecir el resultado de la extubación en el paciente adulto en la UCI. **Metodología:** Es una revisión bibliográfica, y por consiguiente, se realizó la búsqueda de información en las bases de datos Wiley, PubMed, Science Direct, Scopus, de acuerdo a los criterios de inclusión. **Resultados:** En sus principales hallazgos se evidencia que la ecografía diafragmática es una herramienta predictora de la extubación en el paciente adulto, con las variables de excursión diafragmática, fracción de engrosamiento y/o espesor diafragmático. **Conclusión:** Este estudio contiene implicaciones prácticas que se pueden tener en cuenta en el control y manejo del paciente críticamente enfermo con el fin de lograr metas de extubación exitosa por medio de mediciones ultrasonográficas del musculo diafragma.

Palabras claves: Ecografía, diafragmática, extubación, adulto, unidad de cuidados intensivos.

Recibido: 21 de agosto de 2024. Aceptado: 4 de diciembre de 2024

Received: August 21, 2024. Accepted: December 4, 2024

DIAPHRAGM ULTRASOUND IN INTENSIVE CARE UNIT “ICU”

ABSTRACT

Objective: To analyze the effectiveness of diaphragmatic ultrasound to predict the outcome of extubation in the adult patient in the ICU. **Methodology:** It is a bibliographic review, and therefore, the information search was carried out in the Wiley, PubMed, Science Direct, and Scopus databases, according to the inclusion criteria. **Results:** In its main findings it is evident that diaphragmatic ultrasound is a predictive tool for extubation in adult patients, with the variables of diaphragmatic excursion, thickening fraction and/or diaphragmatic thickness. **Conclusion:** This study contains practical implications that can be taken into account in the control and management of critically ill patients in order to achieve successful extubation goals through ultrasonographic measurements of the diaphragm muscle.

Keywords: *Ultrasonography, diaphragmatic, extubation, adult, intensive care unit.*

Cómo citar este artículo: I. Tamayo, O. Ruiz, D. Guzmán. “Ecografía de diafragma en unidad de cuidados intensivos “UCI””, Revista Politécnica, vol.20, no.39 pp.128-147, 2024. DOI:10.33571/rpolitec.v20n39a9

1. INTRODUCCIÓN.

Cuando se habla del diafragma se hace referencia al músculo en forma de cúpula que comprende la cavidad torácica (pulmones y corazón) y la cavidad abdominal (estómago, hígado, intestinos, etc.), dicho músculo actúa en el ciclo respiratorio, disminuyendo el volumen de la cavidad torácica al inhalar y aumentando durante la fase de exhalación; el diafragma es contemplado como el principal autor en el ciclo respiratorio el cual proporciona el 60% de la cantidad del volumen de aire en la fase inspiratoria. Sin embargo, cuando se presenta una alteración muscular que se relaciona con la estadía prolongada en la unidad de cuidados intensivos (UCI), corresponde a la disfunción diafragmática donde los pacientes usualmente experimentan dificultad y entorpecimiento con el proceso de transición del destete en la ventilación mecánica. (Le Neindre et al., 2021).

Determinar el periodo de tiempo óptimo para extubar un paciente crítico continúa siendo un desafío en el ámbito clínico, ya que el destete prematuro de la ventilación mecánica (VM) puede conllevar al fracaso, debido que el paciente presenta baja tolerancia y poca adaptabilidad a la ventilación espontánea, evidenciando un estado hemodinámico inestable y estrés respiratorio, con requerimiento de reintubación. El proceso de destete efectivo de la ventilación está condicionado por diversos factores como: estado hemodinámico estable, relación ventilación – perfusión (V/Q) adecuada, capacidad de generar una tos efectiva, patrón ventilatorio confiable y expectorar secreciones de forma normal. (Varón-Vega et al. 2021). Durante la estancia de los pacientes en la UCI se empiezan a asociar diversas complicaciones con relación a la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica (VIDD), las cuales causan debilidad del músculo y/o alteraciones. (Li, Chen, and Yan 2021). La alteración diafragmática hace referencia a la estructura y a la fuerza alterada, el intrincado proceso del curso de la patología de VIDD se refiere más que solo atrofia muscular, teniendo en cuenta que específicamente se origina a nivel del aparato contráctil y/o membrana de la célula muscular y nervio frénico en la unión neuromuscular. Por lo tanto, el modo ventilatorio administrado a los pacientes se ha asociado a ser un predictor clave en conjunto del acortamiento del diafragma, siendo fundamental en la presentación de VIDD. (Ali and Mohamad 2017). Las herramientas y/o métodos instrumentales utilizados anteriormente en la evaluación de la función diafragmática no pueden ser empleadas en la unidad de cuidados intensivos, ya que existe el riesgo de radiación ionizante (fluoroscopia, tomografía computarizada) o por la ausencia del personal especializado en el correcto uso e implementación de estos instrumentos tecnológicos teniendo en cuenta (electromiografía diafragmática, estimulación del nervio frénico y medición de presión transdiafragmática). (Farghaly and Hasan 2017).

Hoy en día en la UCI, la especializada evaluación del correcto funcionamiento del diafragma se planea y se ejecuta con el uso de la ecografía de diafragma a pie de cama del paciente, lo cual ha tomado una práctica y/o estrategia clínica importante, convirtiéndose así en una de las estrategias de elección en la UCI por su facilidad a la accesibilidad, fácil desplazamiento en la UCI y bajo coste de este. Este método permite evaluar diferentes variables del músculo diafragma al nivel de su estructura, función cuantitativa y cualitativa antes, durante y después de determinar el proceso de extubación. También es de gran relevancia tener en cuenta diferentes parámetros ecográficos a evaluar: variaciones en el índice de respiración superficial rápida, velocidad de contracción (V), excursión diafragmática (DE) y fracción de espesamiento (TFdi). (Varón-Vega et al. 2021).

En el año 1950, el anestesiólogo Peter Safar tuvo la idea de crear el área de cuidados intensivos en donde se mantenían a los pacientes en condición de sedación y ventilación, durante ese tiempo se viralizó la epidemia de poliomielitis lo cual obligo a ubicar a los pacientes con dificultad y/o parálisis respiratoria en estas unidades. (Aguilar and Martínez 2017) Al transcurrir el tiempo estas unidades se fueron instaurando en hospitales en diferentes países y ciudades del mundo, en combinación del desarrollo de tecnología moderna y avances medicinales. (Aguilar and Martínez 2017) Las unidades de cuidados intensivos (UCI) son servicios incluidos en el marco institucional hospitalario los cuales son característicos de tener una estructura bien estructurada con el fin de mantener un monitoreo constante de las funciones vitales de los pacientes que están en riesgo de perder la vida, diseñadas con el objetivo de alcanzar la recuperación. (Aguilar and Martínez 2017) En las UCI ingresan pacientes que se caracterizan por tener presente

alteraciones fisiopatológicas que alcanzan los límites del nivel de gravedad, representando así una amenaza para la vida, por lo cual es importante tener en cuenta cuatro características basales que definen el paciente crítico: potencial de revertir la enfermedad, enfermedad grave, necesidad de un área tecnificada (UCI) y necesidad de los cuidados y asistencia de enfermería permanentes. (Aguilar and Martínez 2017) En la UCI se encuentran diferentes tipos de médicos especializados y entrenados en medicina intensiva, por ejemplo: intensivistas, cirujanos, anestesiólogos, médico de urgencias, enfermeros, fisioterapeutas y terapeutas respiratorios. (Aguilar and Martínez 2017) Según los criterios de ingreso en la UCI, muestran y nos enseñan los pacientes que necesitan de este servicio para la corrección y mejoría de su condición clínica, en este caso los pacientes que frecuentan las siguientes patologías en la UCI son: choque cardiogénico, insuficiencia cardiaca congestiva aguda con disfunción respiratoria, disfunción pulmonar aguda que necesita soporte ventilatorio o intubación inminente, choque séptico o sepsis grave, epoc, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), accidente cerebro – vascular agudo, crisis convulsivas y cetoacidosis diabética. (riojasalud, S.f).

La unidad de cuidados intensivos cuenta con un modelo de prioridades, 1 que define los pacientes que se verían beneficiados con el ingreso a la UCI y 4 los que no se verán beneficiados de una manera significativa, sin olvidar que siempre se velara por el cuidado estricto del paciente críticamente enfermo independientemente de la patología por la que este allí. (riojasalud, S.f) En la prioridad 1, nos encontramos con los pacientes que se encuentran críticos e inestables, los cuales necesitan una monitoria y un tratamiento intensivo, teniendo en cuenta que para este grupo no existen limitantes para el tratamiento que reciben como, por ejemplo: disfunción respiratoria aguda que necesita soporte ventilatorio invasivo y pacientes chocados que necesiten monitorización permanente invasiva o administración de fármacos vasoactivos. (riojasalud, S.f) En la prioridad 2, se encuentran los pacientes que necesitan monitorización intensiva, los cuales precisen intervención inmediata, en donde generalmente no existen límites terapéuticos como, por ejemplo: patologías crónicas que desencadenan una enfermedad médica o quirúrgica grave. (riojasalud, S.f) En la prioridad 3, tenemos a los pacientes críticos que tienen limitadas posibilidades de recuperarse por causa de su enfermedad de base que se agudiza, a este tipo de pacientes se le puede suministrar tratamiento intensivo, pero conciliar limitaciones terapéuticas como, por ejemplo: no intubar o no intentar reanimación cardiopulmonar (RCP). Por ejemplo: los pacientes con metástasis que desencadenan, taponamiento cardiaco, patologías infecciosas y obstrucción de la vía aérea. (riojasalud, S.f)

Por último tenemos la prioridad 4, en donde podemos hallar pacientes en los cuales el ingreso no es indicado por el bajo beneficio por alguna enfermedad de bajo riesgo y/o pacientes con enfermedades terminales irreversibles que hacen aumentar el pronóstico de defunción. (riojasalud, S.f). Durante el periodo de hospitalización del paciente por alguna enfermedad crítica en la UCI, va aparecer un síndrome reconocido como debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos (DAUCI) y esta es definida como el decrecimiento de la fuerza muscular que se correlaciona con atrofia, la cual es caracterizada por un inicio agudo, simétrico, difuso y generalizado que se evoluciona posterior del comienzo de la enfermedad crítica. (Sosa et al. 2019) La DAUCI no solamente afecta músculos periféricos sino músculos de la respiración específicamente el diafragma, lo cual nos conllevaría a generar un proceso de dificultad del destete de la ventilación mecánica. (Sosa et al. 2019). Este síndrome se da en porcentajes significativos en pacientes críticos en un 11% los cuales tienen una duración de 24 h en UCI y se encuentran en un 26%-65% los que necesitaron ventilación mecánica invasiva (VMI) en un tiempo mayor a 5 días, el diagnóstico de DAUCI está estrechamente correlacionado con el incremento de la morbimortalidad, decremento de la calidad de vida y la presentación de limitaciones funcionales en sobrevivientes. (Sosa et al. 2019). Su causa contiene diversos factores asociados en los cuales se abarcan trastornos neuromusculares integrada la polineuropatía, miopatía y atrofia por el desuso, adicionalmente los efectos patológicos que conllevan al paciente a su estado crítico con la probabilidad de que aparezcan efectos de las drogas administradas, ventilación mecánica prolongada, estancia en UCI, uso de bloqueantes neuromusculares, hiperglucemia, sepsis, shock e insuficiencia renal. (Sosa et al. 2019).

Su fisiopatología es difícil de analizar ya que se ve incluidas las secuelas del reposo continuo y los efectos de la patología, objetivamente el deterioro neuromuscular en los pacientes críticos con DAUCI aparece seguidamente a las alteraciones de la microcirculación, aumentando la permeabilidad endotelial y edema endoneural, así produciéndose hipoxemia y reducción de la energía, seguido de resistencia a la insulina.

En la UCI se utiliza un método sencillo para cuantificar el rango y/o nivel de debilidad adquirida por medio del análisis de la fuerza muscular, usando la escala Medical Research Council (MRC), en donde obteniendo una puntuación mayor de 48 puntos sobre un total de 60 nos indica DAUCI, contemplando que la evaluación demanda de la movilización activa del paciente, necesiéndose alerta y cooperador con la medición. (Sosa et al. 2019).

Como propósito e importancia del estudio cabe mencionar que existen variabilidad de factores que conllevan a generar dificultad del destete de la ventilación mecánica, entre ellos la disfunción diafragmática inducida por el ventilador mecánico y la DAUCI, por consiguiente hay varias estrategias de estudiar la función y el trabajo del musculo diafragma, pero en este caso hablaremos de la ecografía de diafragma como método de medición tanto cualitativa y cuantitativamente de la función diafragmática, ya que esta ha abarcado una importante tendencia en la última década porque facilita a los médicos evaluar de manera directa y no invasiva la función del diafragma. (Schepens, Fard, and Goligher 2020). En donde esta puede ser realizada junto a la cama del paciente, la cual nos arrojará resultados de la movilidad muscular y contractibilidad, adicionalmente una cercanía del esfuerzo respiratorio midiendo dos variables significativas; fracción de engrosamiento del diafragma y excursión diafragmática durante el esfuerzo inspiratorio. (Le Neindre et al. 2021).

Por ultimo para la rama de fisioterapia es de vital importancia identificar los factores de riesgo asociados a la debilidad adquirida en UCI pero específicamente de la disfunción diafragmática, ya que es el principal musculo que actúa en todo el ciclo respiratorio y es el actor más significativo para el destete exitoso de la ventilación mecánica, lo cual se ha convertido en uno de los retos y objetivos de estudio mediado con la herramienta de la ecografía de diafragma, por lo tanto nos conlleva a el planteamiento de la pregunta problema la cual nos indicara; ¿Que efectividad tiene la ecografía diafragmática como criterio de extubación en el paciente adulto en la UCI?.

En el periodo de ingreso de los pacientes a la unidad de cuidados intensivos (UCI), están sujetos a afrontar múltiples efectos adversos derivados a la enfermedad como causante principal de su estadía en UCI. (Sosa et al. 2019). Los pacientes que permanecen más de 24 horas inician el periodo de inmovilización, reposo y sedación, debido a sus condiciones clínicas y/o patologías de base que a su vez contribuyen a desarrollar el síndrome de debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos (DAUCI). Se encuentra directamente relacionado con la musculatura global del cuerpo humano, incluyendo el diafragma, que es considerado como el principal actor en las fases del ciclo respiratorio, debido a la relación fundamental que representa en el llenado pulmonar de oxígeno y retroceso elástico; estos procesos pueden ser afectados negativamente por muchos factores como alteraciones neuromusculares y debilidad muscular, produciendo el sometimiento a la ventilación mecánica invasiva o no invasiva, posterior a una enfermedad crítica. (Sosa et al. 2019).

La DAUCI cuenta con porcentajes realmente considerables en pacientes críticamente enfermos, los cuales cuentan con una duración mayor de 24 h en UCI y están en un 26 – 65% los que precisaron ventilación mecánica invasiva, incrementando la disfunción diafragmática por todos los factores asociados independientemente su patología. (Sosa et al. 2019). Es importante mencionar que para los profesionales de la salud que se encuentran en las unidades de cuidados intensivos es importante identificar todos y cada uno de los factores asociados a el síndrome de debilidad adquirida en UCI, implementando una correcta intervención y planeación desde la rama de fisioterapia de forma interdisciplinaria y colectiva, con el fin de evaluar y tomar las medidas correctivas para combatir el síndrome que se está presentando. (Kilaru, Panebianco, and Baston 2021). Existe una forma de evaluar la disfunción diafragmática, midiendo sus variables de espesor del diafragma al inicio y al final del ciclo respiratorio y la fracción de engrosamiento del diafragma, a través de la ecografía diafragmática para predecir el destete exitoso del paciente que esta ventilado mecánicamente. (Kilaru et al. 2021). La importancia de la implementación de la ecografía de diafragma es que es un predictor de extubación realmente confiable, se puede usar al lado de la cama independientemente de la condición clínica en la que se encuentre el paciente, facilidad de aprendizaje técnico y la disponibilidad del ecógrafo en la UCI, con el fin de tomar medidas respectivas con los pacientes, reducir factores adversos asociados y estancia en UCI. (Kilaru et al. 2021).

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la efectividad de la ecografía diafragmática para predecir el resultado de la extubación en el paciente adulto en UCI, por lo cual es importante investigar y enterarse de la evidencia científica actual acerca de las nuevas técnicas de la aplicación de la ecografía diafragmática, teniendo en cuenta las diferentes variables a evaluar para encaminar al paciente a la extubación temprana y disminuir riesgos y/o efectos asociados a la ventilación mecánica.

Teniendo en cuenta el tema de investigación de la ecografía de diafragma en la unidad de cuidados intensivos, se pueden encontrar e evidenciar variedad de antecedentes al nivel internacional y nacional. Como lo es el estudio de (Er et al. 2021) nombrado “Asociación del grosor basal del musculo diafragma, recto femoral y vasto intermedio con el destete de la ventilación mecánica” y hecho en la división de medicina de cuidados intensivos, departamento de medicina interna, departamento de enfermedades de tórax y facultad de medicina en la Universidad de Hacettepe, Ankara, Turquía, en donde plantearon como objetivo determinar la asociación de los músculos de la extremidades inferiores y el grosor del diafragma evaluado por ecografía dentro de las 36 h de la ventilación mecánica con el destete, midieron variables como: el grosor de diafragma derecho (Tdi), recto femoral (RF) y vasto intermedio (VI) están asociados con el éxito del destete.

Se eligieron pacientes adultos mayores de 18 años que estuvieron más de 36 h de intubación y se excluyeron los que no tuvieron intento de destete, negación del consentimiento informado, ventilación mecánica invasiva >48 h en los últimos 6 meses y los que no se les pudo realizar ecografía en las primeras 36 h. Las mediciones ultrasonográficas se practicaron en todos los pacientes en el día 1 en el intervalo de las primeras 36 h de intubación, usando la sonda lineal de alta frecuencia (10,7 MHz) y se ajustó para ver las capas musculares de los músculos periféricos, ubicando el transductor en posición perpendicular al eje longitudinal del músculos a 3/5 de distancia entre la espina iliaca anterosuperior y el borde superior de la rótula para medir el grosor del recto femoral (TRF) y el TRF + VI, esta medición se obtuvo en los pacientes posicionados en decúbito supino con las piernas en extensión y al mismo tiempo se medía el Tdi con un transductor de la misma frecuencia, pero con ajuste para visualizar las capas del diafragma con ubicación en la línea axilar anterior y medial justo en el 9-10 espacio intercostal.

El engrosamiento diafragmático se calculó mediante la fórmula de $(Tdi \text{ al final de la inspiración} - Tdi \text{ al final de la espiración}) / Tdi \text{ al final de la espiración}$ y la excursión diafragmática (DE) se midió en la primera prueba de respiración espontánea (SBT) con una sonda de matriz con frecuencia de 3,1 MHz ubicado en la zona subcostal anterior en la línea clavicular media y dirigiéndose a craneal y dorsalmente usando una ventana hepática para la DE. Inicialmente se eligieron 264 pacientes, pero solamente se inscribieron 38 de forma que se dividieron en 23 siendo parte del grupo de destete exitoso y 15 de destete fallido. Según los resultados del grosor de los músculos de las extremidades inferiores y diafragma en el grupo de fracaso del destete, la mediana de TRF + VI (14,0 [12,3-26,2] y 23,6 [21,3-27,1] mm) y DE (19,4 [14,6-24,0] frente a 25,9 [19,3-38,5] mm) estos resultados fueron inferiores en paralelo con el grupo del destete efectivo. La TRF mediana basal fue de (7,2 [5,9-15,3] frente a 12,7 [11,7-16,4] mm) y Tdi (1,9 [1,5-2,3] frente a 2,0 [1,7-2,4] mm) no reflejando alguna diferencia relevante entre los grupos de estudio. Las fracciones de engrosamiento del diafragma fueron 22,3% [26,3-41,1] frente a 30,7 % [25,0_36,8] respectivamente entre los grupos de destete fallidos y exitosos. En conclusión, la TRF + VI inferior a 21 mm según la medición ultrasonográfica en el lapso de tiempo de 36 h posteriores a la intubación, se asocia con el aborto del destete luego de haber ajustado por índice de masa corporal (IMC) y escala de fragilidad clínica (CFS), adicionalmente la Tdi de inicio no estuvo asociada con el fracaso del destete y la DE mediana durante la ejecución de la prueba de respiración espontánea estuvo disminuida en los pacientes con fracaso del destete.

Como antecedente nacional tenemos el estudio de (Varón-Vega et al. 2021) llamado “utilidad de la ecografía diafragmática en la predicción éxito de la extubación”, este estudio fue realizado en la unidad de cuidados intensivos de la fundación neumológica de Colombia en Bogotá – Colombia, Fundación Cardioinfantil – Instituto de cardiología, Bogotá – Colombia, Departamento de Anestesiología y cuidados intensivos, Universidad de Navarra Pamplona – España, Departamento de investigación de la Fundación Neumológica de Colombia y en el departamento de Epidemiología, medicina interna, Medicina Crítica y Cuidado Intensivo de la Universidad de La Sabana Chía – Colombia. El estudio se desarrolló en la UCI de una institución académica de Bogotá y se planteó como objetivo evaluar la precisión diagnóstica de la

ecografía diafragmática en la predicción del éxito de la extubación. Se incluyeron 84 pacientes y se tuvieron en cuenta como factores de inclusión pacientes mayores de 18 años y que estuvieran con ventilación mecánica invasiva por un periodo mayor a 48 h, adicionalmente se establecieron criterios como; resolución de la causa de insuficiencia respiratoria, estabilidad hemodinámica, equilibrio metabólico, nivel ideal de conciencia e indicación de la prueba de respiración espontánea (STB), por consiguiente también se establecieron criterios de exclusión como; enfermedades neuromusculares, parálisis diafragmática previa, uso de bloqueantes neuromusculares durante el ingreso a la UCI, neumotórax o neumomediastino y embarazo.

Las mediciones de la función diafragmática se realizaron con ultrasonido, aplicando el cálculo de índice de respiración superficial rápida como ítem adicional de la evaluación estándar para formalizar la extubación. Se midió la variable de excursión diafragmática (DE, cm), tiempo de amplitud inspiratoria pico (TPIA), velocidad de contracción del diafragma (DE/TPDIA, cm) y tiempo total (Ttot), las anteriores variables mencionadas se midieron por médicos intensivistas expertos en ultrasonido en UCI, utilizando un transductor de 1 – 5 MHz en modo M. También se tuvo en cuenta en la medición la variable de fracción de espesante (TFdi, %) con un transductor de 6 – 13 MHz en modo M y la disfunción del diafragma se estableció como DE < 1 cm o movimiento incoherente. Estas mediciones fueron realizadas en la mitad derecha del diafragma con el paciente en posición semisentado y el transductor se ubicó debajo de la caja torácica, en medio de la línea media clavicular y la línea axilar anterior. El haz del ultrasonido se dirigió con dirección cefálica y perpendicular al tercio posterior del diafragma. En los resultados se pudieron evidenciar principalmente cambios en la respiración rápida y profunda, encontrando un índice similar entre ambos grupos de extubación exitosa en comparación con extubación fallida: 48(36 – 64) y 40 (32 – 62).

Secundariamente en los resultados de las otras variables medidas, solamente se observaron diferencias en la velocidad de contracción con un área bajo la curva ROC (AUC 0,70; p= 0,008 [IC 95%: 0,58 – 0,79]) y la disfunción del diafragma (DE < 1 cm) estando presente este último en 1.2% del total de los pacientes y finalmente la duración de la ventilación mecánica (VM) y la estancia en UCI fue mayor en el grupo de extubación fallida, en este caso la VM en el grupo de extubación fallida fue de 3 días y en el grupo de extubación exitosa fue de 2 días y la estancia en UCI en el grupo de extubación fallida fue de 11 días y en el grupo de extubación exitosa fue de 10 días.

La población mayoritaria que precisa ventilación mecánica son extubados posterior a la solución de la causa de la insuficiencia respiratoria y luego de realizada una prueba de respiración espontánea, por consiguiente, es importante tener en cuenta que en promedio del 26-39% de los pacientes tienen dificultades para la extubación, lo cual conlleva a la ventilación mecánica prolongada, aumento de la estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y a deficientes resultados clínicos. (Kilaru et al. 2021). Cabe entender que el destete fallido puede deberse a múltiples razones, pero como factor principal es la debilidad o atrofia del musculo diafragma, en donde entre sus causas se encuentra la disfunción del diafragma inducida por el ventilador y vale tener presente que cada día del uso del ventilador se asocia a la decremento del espesor diafragmático en un porcentaje promedio del 6%, por consiguiente se busca emplear la técnica de ecografía de diafragma (ED) para identificar su significancia clínica con el fin de predecir el destete exitoso de la ventilación mecánica. (Kilaru et al. 2021).

Las facilidades de la ED abarcan la técnica de realizarse al lado de la cama, facilidad de aprender la técnica y disponibilidad de ecógrafo en la UCI. El diafragma es el principal musculo de la respiración, el cual tiene forma de cúpula que tiene un tendón central y una capa de musculo periférico la cual se redistribuye en una porción crural y costal según el origen. Las fibras de la zona costal transcurren a lo largo de la superficie más interna de la caja torácica inferior y la región en donde las fibras musculares se topan en la caja torácica inferior se llama zona de aposición (ZOA).(Kilaru et al. 2021). Durante el ciclo respiratorio en la fase inspiratoria el diafragma se contrae y desciende, provocando aumento de la presión abdominal y contracción muscular activa, elastancia pulmonar y presión intratorácica negativa, dando, así como resultado el engrosamiento de las fibras musculares diafragmáticas, en donde se puede tomar medición en la ZOA implementando el ultrasonido. (Kilaru et al. 2021).

Grosor del diafragma. En el momento de la realización de la ecografía de diafragma, lo primordial es que el paciente este en posición decúbito supino o semirrecostado y el grosor del musculo diafragma se mide

en la ZOA con un transductor de alta frecuencia ubicándolo de forma longitudinal apuntando de forma cefálica a la ZOA en la línea axilar anterior en medio del espacio intercostal de la 8 y 10 costilla obteniendo así la imagen sagital. La forma de escaneo se debe modificar en “superficial” o “musculo-esquelético”, dependiendo de la forma de configurar la máquina. (Kilaru et al. 2021). En modo B, lo primordial sería obtener una imagen que contenga las dos costillas y el espacio intercostal intermedio y el diafragma se evidenciaría en dos capas ecogénicas de la pleura y el peritoneo intercalando la capa muscular hipoecóica entre las mismas, además se pueden obtener imágenes del diafragma contrayéndose durante la fase inspiratoria y adelgazando en la fase espiratoria. (Kilaru et al. 2021). El grosor diafragmático se mide con una imagen estática en modo B, partiendo de la mitad de la línea pleural hasta la mitad de la línea peritoneal en donde entre ellas se encuentra el diafragma. Es importante adquirir tres mediciones para la fase inspiratoria y espiratoria, con el fin de promediar las medidas y obtener la fracción de engrosamiento utilizando la siguiente ecuación: $[(\text{Espesor del diafragma inspiratorio final} - \text{Espesor del diafragma espiratorio final}) / \text{Espesor del diafragma espiratorio final}] \times 100$, según estudios asociados se ha propuesto que la fracción de engrosamiento del diafragma (DTF) mayor al 30 – 36% es el punto de corte como predictor de destete efectivo de la ventilación mecánica con la especificidad y sensibilidad que están alrededor del 82 – 88% y el 71 – 88%, determinadamente. Demostrándose así que la DTF menor a 20% es un valor predecible para parálisis diafragmática. (Kilaru et al. 2021).

Excursión diafragmática. Es el movimiento del diafragma partiendo desde el nivel en el momento del final de la espiración hasta el nivel en el transcurso del final de la inspiración, esta medición se puede obtener desde varias ubicaciones; zona subxifoideo, zona subcostal anterior o posterior. El subxifoideo y el subcostal anterior se pueden obtener con el paciente intubado en decúbito supino, en cambio el subcostal posterior se debe ubicar el paciente en posición erguida o decúbito prono. (Kilaru et al. 2021). Para esta medición se debe de usar el transductor curvilíneo o en matriz en la fase de baja frecuencia para tomar la medición de la excursión, así ajustándolo de forma preestablecida de escaneo en “abdomen” dependiendo la configuración de la máquina, finalmente se ha venido demostrando que la excursión de 10 – 14 mm predice la extubación exitosa con una especificidad y sensibilidad que se encuentran entre un 78,9 – 87,5% y entre el 70,8 – 71,5% de forma respectiva. Adicionalmente es importante aclarar que existen limitaciones para la excursión diafragmática en el paciente que está ventilado de forma mecánica, debido a que se encuentra un diafragma paralizado, lo cual hará que se obtenga la excursión de forma proporcional a la distensibilidad pulmonar y la presión de conducción (Kilaru et al. 2021).

Intervención subxifoideo. El usuario debe estar en posición decúbito supino o semirrecostada y la sonda se ubica inferior del proceso xifoideo en la orientación transversal con el indicativo de la sonda justo que este apuntando en sentido de las 9 en punto según el reloj. (Kilaru et al. 2021). La excursión del diafragma es fácil de medir obteniendo imágenes en modo M a la cúpula del diafragma y tomando como medida la distancia desde el final de la inspiración hasta el final de la espiración. (Kilaru et al. 2021).

Intervención subcostal anterior. En esta forma de intervención, el paciente se debe ubicar en posición decúbito supino. Para la medición del diafragma derecho, el transductor se ubica inferiormente del borde costal derecho posicionándolo en el plano sagital en algún lugar que abarque la línea medioclavicular y axilar anterior; y para el diafragma izquierdo, la sonda se ubica en el área intercostal inferior con el plano sagital en medio de la línea axilar anterior y media, dirigiéndose así hacia medial, craneal y dorsal con el fin de alcanzar a visualizar la porción posterior del diafragma. (Kilaru et al. 2021). El diafragma izquierdo suele ser de difícil visualización por causa de la superposición del bazo y los gases estomacales, pero en el modo B se ve en línea hiperecogénica lucida que se ubica alrededor del hígado o bazo, finalmente se moviliza el transductor durante la fase inspiratoria y se aleja en la fase espiratoria, midiendo así la excursión aplicando el modo M, de forma similar al modo subxifoideo. (Kilaru et al. 2021).

Intervención subcostal posterior. Se aplica con el paciente de pie o en decúbito prono, colocando la sonda de forma longitudinal al indicador cefálico justo en la línea medio clavicular subcostal, obteniendo así visualización del diafragma utilizando el bazo o hígado como ventanas y el modo M se aplicaría para medir la excursión. (Kilaru et al. 2021).

Finalmente, la presente investigación surgió con el fin de analizar la efectividad de la ecografía diafragmática para predecir el resultado de la extubación en el paciente adulto en UCI.

2. METODOLOGIA

Se realizó una revisión bibliográfica, la cual es definida como una metodología de investigación en la que los autores dan solución a una incógnita a través del análisis y síntesis de información en el área del conocimiento con el fin de llegar a una conclusión. (Jáimez Estévez 2011). Teniendo en cuenta esto, se realiza con el fin de conocer cuál es la efectividad de la ecografía diafragmática como criterio de destete de la VM, prediciendo así el resultado de la extubación en el paciente adulto en la UCI.

Estrategias de búsqueda:

- Palabras claves en términos Decs: ecografía, diafragmática, adulto, unidad de cuidados intensivos.
- Palabras clave en términos Mesh: ultrasonography, diaphragm, adult, intensive care units.
- Se utilizaron los siguientes filtros: Idioma: inglés y español – Rango de fecha: 2016 – 2022 – Artículos de revisión sistemática, metaanálisis, revisión bibliográfica y de investigación. Adicionalmente, se planteó una ecuación de búsqueda con el fin de alcanzar a lograr mayor precisión en la búsqueda del procedimiento clínico tomado en cuenta.
- (ultrasonography) AND (diaphragmatic) AND (adult) AND (intensive care units)

La búsqueda de la información fue realizada a través de la ecuación realizada con anterioridad en las bases de datos científicas Wiley, PubMed, Science Direct, Scopus teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión de los estudios a encontrar:

- Criterios de inclusión: se incluyeron estudios donde se hayan intervenido a personas adultas a través del uso del instrumento de ecografía diafragmática en la UCI.
- Criterios de exclusión: se excluyeron artículos donde no se hayan intervenido a pacientes adultos por medio de la aplicación de la ecografía diafragmática y estudios que salgan del rango del periodo de años predicho.

3. RESULTADOS

Posterior de aplicar la gráfica de los resultados con el objetivo de evaluar su calidad metodológica, el primer artículo (Ali and Mohamad 2017) evidenciaron a través de la ecografía diafragmática diferentes criterios para predecir la extubación efectiva del paciente en unidad de cuidados intensivos (UCI), en este caso tuvieron en cuenta el grosor diafragmático medio (MDT) > 2mm, fracción del grosor diafragmático > 30% y excursión diafragmática DE > 1,5. También tuvieron en cuenta que el cambio precoz de ventilación mecánica controlada a asistida, adición de PEEP, estuvo asociado con la evolución de la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica (VIDD). Por otro lado, el estudio de (Kocyigit et al. 2021) plantean que la ecografía realizada mediante el uso del ultrasonido puede ser un elemento de fácil uso en la UCI por su sencillo transporte junto a la cama, además se presta como predictor del uso de la ventilación no invasiva debido a la disfunción diafragmática en los pacientes con exacerbación de EPOC. Dado que el estudio de (Farghaly and Hasan 2017) implementaron el uso del ultrasonido diafragmático en pacientes con patologías pulmonares sometidos a ventilación mecánica invasiva, a través de esta técnica, entraron a evaluar la excursión y el espesor diafragmático como índices predictores del fracaso o éxito del destete de la ventilación mecánica (VM), los cuales fueron de gran relevancia por su valores arrojados en una marcada mejoría en los grupos exitoso y fracaso cuando fueron sometidos a la respiración espontanea mayor o menor a las 48h. Por otra parte en el estudio de (Varón-Vega et al. 2021) se implementó el uso de la ecografía diafragmática con un cabezal transductor de 1-5 MHz, con el fin de evaluar la excursión diafragmática, tiempo de amplitud inspiratoria pico, velocidad de contracción del diafragma, fracción del espesante y disfunción del diafragma, posterior a esta medición únicamente se logró observar diferencias significativas en la velocidad de contracción y la disfunción del diafragma, lo cual se tuvieron muy en cuenta

para pronosticar el éxito o fracaso de la extubación. En cuanto al estudio de (Thabet et al. 2021) solamente evaluaron una variable al nivel de la ecografía de diafragma en este caso el grosor del diafragma al final de la inspiración, disminuyendo en 49/68 pacientes, aumentando en 10/68 pacientes y si hubo cambios en 9/68 pacientes, adicionalmente 40/60 pacientes fueron sometidos a la prueba de respiración espontánea en donde fue exitosa en 21 de ellos. Considerando que la investigación de (Whebell et al. 2021), usaron el ultrasonido diafragmático encontrando cambios en la velocidad de contracción del diafragma la cual aumento con el tiempo y el índice de respiración superficial disminuyo con el tiempo, pero ni el engrosamiento ni la excursión diafragmáticos tuvieron cambios relevantes para el estudio. Con respecto al estudio de (Antenora et al. 2017) se evaluó a través del ultrasonido diafragmático la disfunción diafragmática en pacientes con EPOC exacerbado, lo cual refleja que la disfunción diafragmática está muy asociada con el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva lo cual da respuesta a una mayor prolongación de la estancia en UCI.

Por otra parte, acerca del estudio hecho por (Chen 2021) se evaluaron dos grupos de pacientes exitosos y fallido a la extubación, concluyeron mediante la aplicación de la ecografía diafragmática que es importante tener en cuenta el índice de respiración superficial rápida, disfunción y excursión diafragmática, lo cual indico que, si no se encuentran entre sus rangos protectivos para el paciente, no clasificaría como paciente predispuesto a la extubación o a una prueba de respiración espontánea. También considerando que la investigación propuesta por (Spadaro et al. 2016) se evaluaron pacientes con sepsis e insuficiencia cardiaca mediante ecografía diafragmática, encontrando el desplazamiento diafragmático menor en los pacientes con sepsis, por lo que quedó en evidencia que esta patología fue determinante en el fracaso del destete, al evaluar el índice diafragmático de respiración superficial rápida fue una gran variable predictora de la extubación efectiva con el fin de enfatizar más en este para futuros estudios. Teniendo en cuenta el estudio de (Spiroski et al. 2021) usaron la ecografía de diafragma, con el fin de evaluar la excursión diafragmática y el grosor del diafragma al final de la inspiración, concluyendo que el grosor del diafragma es el predictor más efectivo al momento de la extubación efectiva con un valor >25.66 , seguidamente de la excursión diafragmática con un valor de $>1,04$ cm, lo cual demostró que son variables que podrían predecir el destete de la ventilación mecánica generando la respiración espontánea positiva. De modo que la investigación de (Theerawit et al. 2018) midieron mediante la ecografía de diafragma la excursión diafragmática, amplitud inspiratoria máxima del diafragma, grosor diafragmático, T diferencia DTD y la fracción de engrosamiento, por lo cual la disfunción del diafragma podría ser un parámetro para predecir el destete exitoso, ya que se encuentra correlacionado con la prueba de respiración espontánea, adicionalmente la DTD y la fracción de engrosamiento ayudarían a predecir la reintubación entre el rango de las primeras 48h.

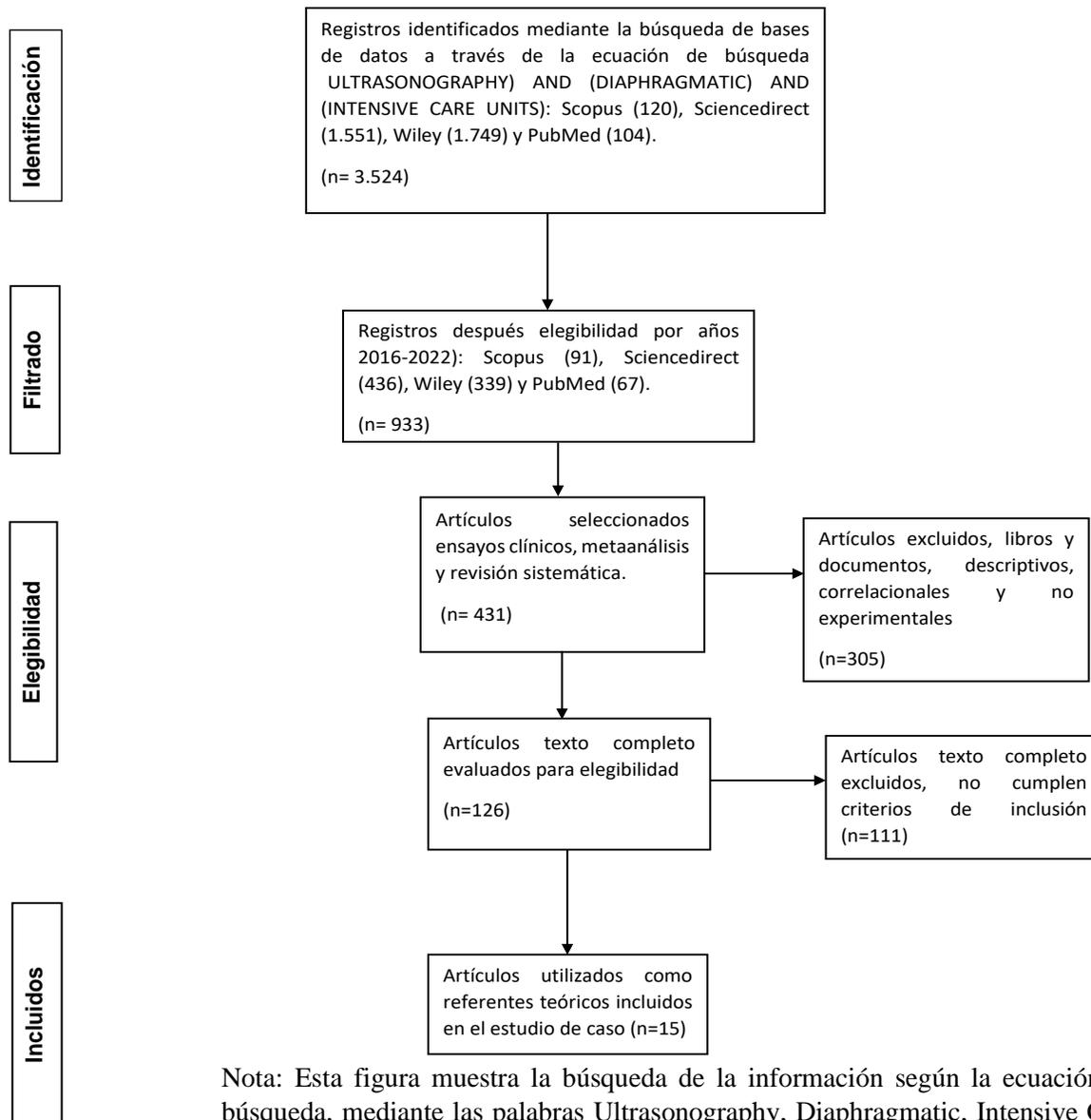
Por consiguiente, en el estudio hecho por (Mariani et al. 2016) evaluaron la disfunción diafragmática DD mediante el uso de la ultrasonografía de diafragma, encontrando en el 71% de los pacientes, pero la DD y la función diafragmática se vieron mejoradas en 4 días posteriores al destete y los pacientes no requirieron nuevamente reintubación al ventilador mecánico. De manera que el estudio realizado por (Elshazly et al. 2020) los cuales realizaron la ecografía de diafragma evaluando la excursión del diafragma, correlacionándose negativamente con la duración de la ventilación mecánica y de forma positiva con el cumplimiento dinámico, además la fracción de engrosamiento diafragmático estuvo correlacionado negativamente con la ventilación mecánica y de manera positiva con la distensibilidad mecánica, partiendo así que estas dos variables pueden ser predictoras de la extubación exitosa en pacientes en UCI. Con el propósito de dar a conocer la investigación de (Huang et al. 2017), los cuales estudiaron el movimiento diafragmático, velocidad de contracción e índice de respiración superficial rápida mediante el uso de la ecografía de diafragma, concluyendo así que el movimiento diafragmático y la velocidad de contracción pueden ser significativos predictores de un destete exitoso de la ventilación mecánica.

Finalmente, el estudio realizado y publicado por (Vivier et al. 2019) evaluaron mediante el ultrasonido diafragmático la excursión del diafragma, engrosamiento y disfunción diafragmáticos, encontrando así valores específicos de cada una de las variables, los cuales demostraron ser predictores de la extubación efectiva, pero con la finalidad de seguir enfatizando en cada uno de ellos para tener una mejor evidencia científica aplicada a los pacientes que se encuentran en la UCI.

3.1 Hallazgos o fenómenos observados

Figura 1. Índice de figuras

Figure 1. Figure Index



Nota: Esta figura muestra la búsqueda de la información según la ecuación de búsqueda, mediante las palabras Ultrasonography, Diaphragmatic, Intensive Care Units. Así mismo, algunos buscadores como Scopus, ScienceDirect, Wiley, PubMed. Por otra parte, en filtrado se hizo por año y se registró la cantidad de artículos encontrados por cada buscador. Además, en la elegibilidad se tuvo en cuenta ensayos clínicos, metaanálisis y revisión sistemática; y se excluyeron libros y documentos, descriptivos, correlacionales y no experimentales. Por último, se incluyeron 15 artículos que cumplieran con los criterios.

Figura 1. Guzmán (2022). Ruiz (2022). Tamayo (2022)

Tabla1. Estrategia de búsqueda**Table 1.** Search strategy

BASE DE DATOS	DeCS	RESULTADOS
1. PubMed	"(ULTRASONOGRAPHY) AND (DIAPHRAGMATIC) AND (ADULT) AND (INTENSIVE CARE UNITS)"	104
2. Sciencedirect	"(ULTRASONOGRAPHY) AND (DIAPHRAGMATIC) AND (ADULT) AND (INTENSIVE CARE UNITS)"	1.551
3. Scopus	"(ULTRASONOGRAPHY) AND (DIAPHRAGMATIC) AND (ADULT) AND (INTENSIVE CARE UNITS)"	120
4. Wiley	"(ULTRASONOGRAPHY) AND (DIAPHRAGMATIC) AND (ADULT) AND (INTENSIVE CARE UNITS)"	1.749

Nota: Esta tabla muestra los diferentes buscadores y la cantidad de artículos encontrados de acuerdo a la ecuación de búsqueda. En PubMed 104 artículos, ScienceDirect 1551 artículo, Scopus 120 artículos, Wiley 1.749

Tabla 1. Guzmán (2022). Ruiz (2022). Tamayo (2022)

Tabla 2. Resultados**Table 2.** Results

N°	BASE DE DATOS	TITULO	POBLACION	PRINCIPALES RESULTADOS	AÑO Y AUTOR
1.	Sciencedirect	La ecografía diafragmática como nuevo índice funcional y morfológico de evolución, pronóstico e interrupción de la ventilación mecánica en pacientes críticos y evaluando los posibles índices	60 pacientes que estuvieron expuestos a la ventilación mecánica invasiva en UCI y 20 voluntarios sanos de grupo control.	Se evidencio la disminución significativa del grosor diafragmático medio (MDT), fracción del grosor diafragmático (DFT) y la excursión diafragmática media aumento de la longitud y duración de la VM. Se tuvieron en cuenta los siguientes valores de corte para la ecografía diafragmática que predijeron el destete de forma positiva fueron: MDT > 2mm, DTF >30% y DE > 1,5. Adicionalmente, el cambio precoz de VM controlada a asistida, adición de PEEP, se asoció con la mejora de VIDD.	(Ali and Mohamad 2017)

		protectores frente a la VIDD			
2.	Scimedirect	Disfunción del diafragma detectada con ultrasonido para predecir no invasiva insuficiencia respiratoria mecánica: un estudio de cohorte prospectivo	60 pacientes con exacerbación de EPOC examinados a través de la ecografía de diafragma con el uso de ultrasonido.	La ecografía de diafragma realizada mediante el uso de ultrasonido puede ser un predictor del uso de la ventilación no invasiva debido a la disfunción diafragmática en pacientes con exacerbación de EPOC.	(Kocyigit, Koca, and Polat 2021)
3.	Scimedirect	La ecografía diafragmática como nuevo método para predecir el resultado de la extubación en pacientes con ventilación mecánica	54 pacientes adultos que padecían alguna enfermedad pulmonar que causara insuficiencia respiratoria aguda y requería ventilación mecánica, pacientes con derrame pleural, neumotórax, cirugía cardiorácica, pleurodesis, presencia de estridores en vía aérea superior.	En este estudio se implementó el uso del ultrasonido diafragmático en pacientes con diferentes patologías pulmonares que hayan estado sometidos a la ventilación mecánica invasiva. Mediante esta técnica, evaluaron la excursión y el espesor diafragmáticos como índices predictores del fracaso o éxito del destete de la VM, encontrándose con que la excursión diafragmática (10,5), grosor del diafragma al final de la inspiración (21 mm) e espiración (10,5) y la fracción de espesor diafragmático (34,2), fueron valores mayores en el grupo exitoso en comparación al grupo que fracaso a la extubación enfrentados a la respiración espontánea mayor o menos a 48h.	(Farghaly and Hasan 2017)
4.	Scimedirect	Utilidad de la ecografía diafragmática en la predicción éxito de la extubación (estudio observacional prospectivo de cohortes)	Se incluyeron 84 pacientes mayores de 18 años sometidos a VM invasiva por más de 48h que cumplieran los criterios de inclusión: equilibrio ácido/base, nivel óptimo de conciencia, estabilidad hemodinámica, solución de causa de insuficiencia respiratoria e indicación de prueba de respiración espontánea.	En el presente estudio implementaron el uso de la ecografía diafragmática con el transductor de 1-5 MHz evaluando los siguientes criterios; excursión diafragmática, tiempo de amplitud inspiratoria pico, velocidad de contracción del diafragma, fracción del espesante y disfunción del diafragma. Teniendo en cuenta lo anterior, como resultado importante solamente se lograron a observar diferencias en la velocidad de contracción y la disfunción del diafragma, finalmente el principal hallazgo fue la velocidad de contracción diafragmática (AUC 0,70; p= 0.008 [IC 95%: 0,58 – 0,79]) para pronosticar el éxito o el fracaso de la extubación.	(Varón-Vega et al. 2021)
5.	Scopus	Monitoreo ultrasonográfico en serie del grosor de los músculos diafragmáticos y de la parte media de la parte superior del brazo en pacientes	Se incluyeron de forma prospectiva a 68 pacientes con ventilación mecánica invasiva los cuales ingresaron a la UCRI. Evaluados por medio del ultrasonido	Los cambios musculares del grosor del diafragma al final de la inspiración (Tdi) y el musculo deltoides del MMSS izquierdo se presentaron de la siguiente forma; Tdi descendió en 49/68 pacientes y hubo cambios en 9/68 pacientes y aumento en 10/68 pacientes. En comparación con el musculo del miembro superior que	(Thabet et al. 2021)

		respiratorios con ventilación mecánica (estudio observacional)	diafragmático y la ecografía del musculo del brazo medio superior (deltoides).	disminuyo su grosor en 32/68 y no se evidenciaron cambios en los demás. De toda la población (68), 40 de ellos se sometieron a la prueba de respiración espontanea, logrando así el destete exitoso en 21 pacientes y en comparación con el fracaso fue mayor en los pacientes que se evidencio disminución del espesor diafragmático. Finalmente, las medidas ultrasonográficas empleadas se prestaron de buena manera para realizar la correspondiente inspección del Tdi y ecografía del musculo del brazo medio superior (MUA)	
6.	Scopus	Uso de ultrasonido para determinar cambios en la mecánica del diafragma durante una prueba de respiración espontanea. (Estudio observacional prospectivo)	Se incluyeron 129 pacientes, 23 sometidos a prueba de respiración espontánea y ultrasonido diafragmático, finalmente se incluyeron 18 en el análisis.	En los resultados de este estudio no se pudo visualizar la fracción de engrosamiento diafragmático (DTF) y no se presentaron cambios significativos en conjunto con la excursión diafragmática (DE) en el transcurso del tiempo, en cambio la velocidad de contracción del diafragma aumento con el tiempo. El índice de la respiración superficial diafragmática rápida disminuyo con el tiempo, además no se evidenciaron cambios en la disfunción diafragmática, teniendo en cuenta que solamente una persona fallo a la prueba de respiración espontanea.	(Whebell et al. 2021)
7.	Scopus	Prevalencia y resultados de la disfunción diafragmática evaluada por tecnología de ultrasonido durante la exacerbación aguda de EPOC. (estudio observacional prospectivo de cohortes)	Se tuvieron en cuenta para este estudio 41 pacientes con EPOC, acidosis respiratoria que hayan sido ingresados por un periodo de 12 meses en la unidad de cuidados intensivos respiratorios (UCRI).	En el presente estudio los médicos especialistas evaluaron mediante el ultrasonido diafragmático la disfunción diafragmática en pacientes con EPOC exacerbado. Encontrándose con que el uso de esteroides sistémicos fue la variable mas significativa distinta entre los grupos de disfunción diafragmática (DD), además la DD esta directamente asociado con el fracaso de la ventilación no invasiva, por consiguiente, se correlaciona con la prolongación de la estancia en UCI.	(Antenora et al. 2017)
8.	Scopus	Aplicación de la ecografía a pie de cama para predecir el resultado del destete de la ventilación mecánica en pacientes de edad avanzada.	Fueron incluidos 101 pacientes ancianos sometidos a una prueba de extubación den la UCI, dividiéndose en grupo de destete exitoso y grupo de destete fallido mediante el uso de la ecografía diafragmática.	El grupo de destete exitoso (n=69) y el grupo de destete fallido (n=32) presentaron diferentes comorbilidades, características y diagnósticos, pero en el grupo de destete fallido, 9 de ellos fueron sometidos a reintubacion y los otros 23 recibieron ventilación no invasiva con presión positiva. El puntaje del ultrasonido pulmonar (LUS) y el índice de respiración superficial rápida (RSBI) en el grupo de destete fracaso fueron estas	(Chen 2021)

		(estudio prospectivo)		<p>dos variables mayores que las del grupo de destete exitoso, además los indicadores defunción del diafragma (DE, DTF) fueron bajos en el grupo de destete fallido en comparación con el grupo de destete exitoso.</p> <p>La regresión logística multivariante demostró que RSBI, LUS, DFT y DE están directamente asociados con un mayor riesgo del destete del paciente.</p>	
9.	Scopus	<p>¿Puede la ecografía diafragmática realizada durante la prueba con tubo T predecir el fracaso del destete? El papel del índice de respiración superficial rápida diafragmática.</p> <p>(estudio observacional prospectivo)</p>	<p>Incluyeron 51 pacientes que estuvieron sometidos a la ventilación mecánica mas de 48h, los cuales estaban preparados para realizar prueba de respiración espontanea.</p>	<p>Según las variables evaluadas, el desplazamiento diafragmático fue menor en los pacientes con sepsis en relación con los pacientes con insuficiencia cardiaca o que necesitaron ventilación mecánica, pero se demostró que la sepsis es el mayor determinante de fracaso del destete, en cambio se mostró que el índice diafragmático de respiración superficial rápida (D-RSBI), fue el predictor involucrado independiente con el fracaso del destete. En comparación en la medición del D-RSBI y índice de respiración superficial rápida (RSBI), se identificó que el D-RSBI es mucho mas preciso y es importante enfatizar mas en este criterio para encontrar un resultado significativo para el destete.</p>	(Spadaro et al. 2016)
10.	Scopus	<p>Función diafragmática evaluada por ecografía al lado de la cama en pacientes con sepsis o shock séptico ingresados en unidad de cuidados intensivos.</p> <p>(estudio obervacional prospectivo)</p>	<p>Realizado con 30 pacientes mayores de 18 años que fueron ingresados a la UCI con sepsis o shock séptico al ingreso y durante la estancia en la UCI.</p>	<p>En este estudio evaluaron la excursión diafragmática (DE) y el grosor del diafragma al final de la inspiración (Tdi) por medio del uso de la ecografía diafragmática. Según las mediciones realizadas para estas dos variables, concluyeron que el Tdi fue el parámetro más significativo como predictor del destete exitoso del VM con un valor de corte de >25.66, adicionalmente la DE se prestó como segundo criterio predictor del destete exitoso con un valor de corte >1,04, >0,84 cm. Así concluyen que estas dos variables pueden ser realmente significativas para medirlas en los pacientes que se encuentran en la UCI y así generar una respiración espontanea positiva.</p>	(Spiroski et al. 2021)
11.	Scopus	<p>Parámetros diafragmáticos por ultrasonografía para predecir el destete.</p> <p>(estudio transversal prospectivo)</p>	<p>68 pacientes adultos mayores de 18 años los cuales requerían ventilación mecánica que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos, teniendo en cuenta que en 6 no fue posible tomar una imagen detallada de la</p>	<p>En este estudio eligieron evaluar los siguientes criterios mediante la ecografía diafragmática; la excursión diafragmática (DE), amplitud inspiratoria máxima del diafragma (TPIAdia), grosor diafragmático (DT), (T diferencia (DTD) y la fracción de engrosamiento del diafragma (TFDI). La prevalencia de disfunción del diafragma fue de 31%, el TPIAdia es un parámetro que se podría</p>	(Theerawit, Eksombatchai, and Sutherasan 2018)

			ecografía diafragmática, los cuales no fueron incluidos.	usar para predecir el destete exitoso de la ventilación mecánica teniendo una estrecha correlación con la prueba de respiración espontánea RSBI. La DTD y TFdi podrían entrar a predecir la reintubación dentro de las 48h.	
12.	PubMed	Ultrasonografía para detección y seguimiento de la disfunción diafragmática en la UCI: un estudio piloto. (estudio prospectivo unicentrico)	Se incluyeron 34 pacientes que estuvieron en UCI los cuales hubieran recibido ventilación mecánica invasiva durante 7 días.	En el presente estudio se identificó disfunción diafragmática (DD) en el 71% de los pacientes, pero ninguno de ellos paso un episodio de fracaso del destete requiriendo reintubación en el lapso de las 72h. Posterior al procedimiento del destete, la DD mejoro de forma rápida en un lapso de 4 días, también la función diafragmática se notó recuperada dentro de los primeros 7 días posteriores al destete. Adicionalmente en 2 de estos pacientes encontraron que consumían alcohol y tenían desnutrición proteica, lo cual se traduce en un mayor deterioro de la función muscular.	(Mariani et al. 2016)
13.	PubMed	Papel de la ecografía de cabecera en evaluación de la función del diafragma como predictor del éxito del destete en pacientes ventilados mecánicamente.	62 pacientes sometidos a la ventilación mecánica invasiva.	Se evaluaron dos variables importantes para determinar la extubación exitosa de la ventilación mecánica, en este caso la excursión diafragmática (DE) fue mayor en las personas que tuvieron una prueba de extubación exitosa, pero se correlaciono negativamente con la duración de la ventilación mecánica, pero positivamente con el cumplimiento dinámico. Por consiguiente, la fracción de engrosamiento diafragmático (DFT) se correlaciono negativamente con la duración de la ventilación mecánica y de forma positiva con la distensibilidad mecánica. Según la curva ROC la cual se uso para evaluar la precisión de DE y DTF, se evidencio que la DE fue >1,25 cm asociándose con extubación exitosa, sensibilidad del 97% y especificidad del 82%. El DTF >21,5% prediciendo extubación exitosa con sensibilidad del 91,2% y una especificidad del 60,7%.	(Elshazly et al. 2020)
14.	PubMed	Uso de la ultrasonografía en modo M para evaluar la disfunción del diafragma y predecir el éxito del destete de la ventilación mecánica en pacientes de avanzada edad.	40 pacientes que tenían diagnóstico de disfunción diafragmática que estuvieron sometidos a la ventilación mecánica invasiva.	Los criterios evaluados fueron: el movimiento diafragmático, velocidad de conducción diafragmático y índice de respiración superficial rápida (RSBI). El movimiento diafragmático arrojó valores significativamente altos en la medición específicamente de 0,839. La velocidad de contracción presento valores elevados significativos de 0,833 en la gráfica, con una sensibilidad y especificada para predecir el destete exitoso de 66,67% y 92,86%, sin embargo, teniendo en cuenta que el movimiento y la velocidad de	(Huang et al. 2017)

		(estudio observacional prospectivo)		contracción diafragmática demostró valores bajos, pero adicionalmente estos dos parámetros fueron más altos que los de RSBI	
15.	Scopus	Incapacidad del ultrasonido de diafragma para predecir el fracaso de la extubación. (estudio prospectivo observacional)	Se incluyeron 191 pacientes en riesgo de reintubación mayores de 65 años con enfermedad cardiaca o respiratoria, o intubados durante más de 7 días.	En 189 pacientes fue posible medir la excursión del diafragma derecho y 160 en el lado izquierdo, arrojando un valor medio de 13,7 mm en el lado derecho y 14,7 mm en el lado izquierdo. También se midió el engrosamiento del diafragma en 164 pacientes en el lado derecho y 146 en el lado izquierdo, evidenciando engrosamiento del 30% a la derecha y del 34% a la izquierda. También se mostró que de esos 189, 88 tenían disfunción del diafragma con una excursión <10 mm en uno de los dos lados. Se halló disfunción bilateral en 20 de 160 pacientes que tuvieron evaluación bilateral de la excursión del diafragma. Por otro lado 182 pacientes que tuvieron medición de engrosamiento del diafragma, 128 expusieron disfunción del diafragma con engrosamiento <30% en al menos un lado, pero también se encontró disfunción bilateral en el 47% de ellos. Finalmente, la debilidad adquirida en la UCI se diagnosticó en el 50% de las personas que estuvieron en el momento de la extubación.	(Vivier et al. 2019)

Nota: Esta tabla muestra los resultados de los 15 artículos incluidos según la base de datos, título, población, año y autor.

Tabla 2. Guzmán (2022). Ruiz (2022). Tamayo (2022)

4. DISCUSIÓN

El tema de la ecografía diafragmática se ha convertido en un importante e interesante método de investigación y estudio, para identificar y evaluar diferentes criterios en los pacientes mayores de 18 años que han sido sometidos a la ventilación mecánica invasiva en la unidad de cuidados intensivos (UCI), lo cual creo la necesidad de indagar y generar respuestas para el personal de la salud que se desempeña en dicha área, con el fin de disminuir el tiempo de intubación y así ejecutar la prueba de respiración espontánea, siempre y cuando el paciente cumpla los criterios establecidos por varios autores con sus estudios. Según la revisión bibliográfica acerca de la ecografía diafragmática, algunos autores proponen similares criterios evaluados para proceder a la extubación del paciente que está intubado, pero hay otros que establecen otros criterios para tener en cuenta y estos serán plasmados por medio de esta discusión. Según lo mencionado anteriormente, el estudio de (Ali and Mohamad 2017) proponen que se debe tener en cuenta como predictores de extubación efectiva el grosor diafragmático >2mm, fracción del grosor diafragmático >30% y excursión diafragmática >1,5 mm, adicionalmente establecieron que el cambio precoz de ventilación mecánica controlada a asistida, aumento del PEEP, pueden estar asociados a la evolución de la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica.

Ahora bien, en comparación a la investigación realizada por (Varón-Vega et al. 2021), los cuales proponen los mismos criterios que el estudio anterior, pero adicionan el tiempo de amplitud inspiratoria pico, velocidad de contracción del diafragma y disfunción del diafragma, en el cual, la velocidad de contracción y la disfunción del diafragma, fueron las únicas dos variables que arrojaron resultados significativos para pronosticar el éxito o fracaso de la extubación. Como dato interesante para tener en cuenta en el estudio realizado por (Thabet et al. 2021), solamente incluyeron y estudiaron un criterio, en este caso es el grosor del diafragma al final de la inspiración, encontrando en la población estudiada una disminución en 49/68 pacientes y solamente aumentando en 10/68 de ellos, pero 40/60 pacientes estuvieron a prueba de la respiración espontánea en la cual fue efectiva en 21 de ellos; se concluye que es una sola variable estudiada pero con mucha relevancia ya que se logró realizar la prueba de respiración espontánea en un porcentaje importante, lo cual sería un hallazgo de gran aporte en la investigación. También cabe mencionar que el estudio de (Antenora et al. 2017), solamente evalúan la disfunción del diafragma en pacientes con EPOC exacerbado, siendo esta una patología común en la población que se encuentra en la UCI; reflejando así que la disfunción diafragmática se interrelaciona estrechamente con el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva, dando respuesta a una duración mayor en la UCI. Por consiguiente, en el estudio de (Chen 2021), propusieron que mediante la ecografía diafragmática se debía tener en cuenta el índice de respiración superficial, lo cual debe de estar en un estado normal y de cuidado para el paciente que estará sometido a la extubación o a la prueba de respiración espontánea, convirtiéndose así en otro criterio adicional que se tuvo en cuenta como hallazgo importante en el momento del destete del paciente intubado. Finalmente se evidencia que hay cualquier variabilidad de hallazgos bibliográficos, en los cuales proponen cada uno de ellos los mismos criterios de extubación o establecen uno adicional diferente, siendo así factores que también se podrían tener en cuenta en el momento de la realización de la ecografía a pie de cama, para así convertirse en verdaderos y certificados criterios de extubación en el paciente crítico que se encuentra sometido a la ventilación mecánica en UCI.

La disfunción del diafragma viene a estar presente en la UCI y es dada por la ventilación mecánica invasiva en el momento que el paciente críticamente enfermo es intubado por el personal médico de especialistas que se desempeñan en esta área. A partir de ese momento el ventilador mecánico comienza a controlar completamente el ciclo respiratorio del paciente, teniendo en cuenta la patología del paciente y los parámetros que se le programan al sistema de ventilación mecánica invasiva (VMI). Durante el proceso que el paciente se encuentra intubado se va a ver expuesto a una serie de complicaciones musculoesqueléticas, ya que el paciente se encuentra en una situación de sedación total del cuerpo por la administración de medicamentos sedantes (ej: midazolam y fentanilo) y esto se refleja en debilidad adquirida en UCI por ventilación mecánica invasiva. A partir de ese momento existen varias formas de determinar la extubación temprana en la UCI, pero en este estudio se incluyó solamente la ecografía de diafragma para evaluar diferentes mediciones específicas y así predecir el destete exitoso. La aplicación de la ecografía de diafragma es de gran importancia en la UCI para los fisioterapeutas, ya que nos permite evaluar a el paciente a pie de cama con facilidad para ver la función, contracción, velocidad, espesor y excursión diafragmática, dando así información rápida y veras de cómo está funcionando el musculo a medida que va evolucionando la situación clínica del paciente, adicionalmente al realizar una intervención integral con el fin de evaluar la función muscular del diafragma, se podrá implementar técnicas fisioterapéuticas y/o el tratamiento correspondiente que este direccionado a el trabajo musculoesquelético, logrando así una prolongación menor de la estancia en UCI y hospitalización de los pacientes que son sometidos a la VMI.

Durante el inicio del estudio fue limitante definir la pregunta de investigación, crear la adecuada ecuación de búsqueda de artículos y sesgarlos por tipo de articulo ya que había dificultades en la disponibilidad de visualización, adicionalmente los únicos idiomas que se incluyeron fue inglés y español, ya que en los demás idiomas no se encuentra la suficiente información y no es de fácil entendimiento para interpretar otros idiomas como portugués, francés, alemán, chino, italiano, etc.

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que actualmente es mínima la existencia considerable de investigaciones o estudios enfocados en el tema tratado en esta investigación, se pudo demostrar que existe la disfunción del diafragma del paciente que se encuentra en la UCI y es dada por la ventilación mecánica invasiva en el

momento que el paciente críticamente enfermo es intubado por el personal médico de especialistas que se desempeñan en esta área.

Por otra parte, se concluye que la ecografía de diafragma es de gran importancia en la UCI para los fisioterapeutas y especialistas, ya que permite evaluar al paciente en la cama con facilidad para ver la función, contracción, velocidad, espesor y excursión diafragmática, obteniendo de forma rápida y eficaz el resultado del funcionamiento del músculo diafragma, a medida que va evolucionando la situación clínica del paciente.

Adicionalmente, esta investigación fue de gran importancia para la implementación de un protocolo dentro de la valoración y tratamiento de los pacientes intubados de la Unidad de Cuidado Intensivo, el cual puede ser de utilidad para otras Instituciones de la región, del país o a nivel internacional. El fin de éste es prevenir la extubaciones fallidas y evitar traumas y complicaciones en los pacientes.

Finalmente, se ve la necesidad de capacitar y dar recomendaciones tanto a los especialistas y fisioterapeutas de la UCI, para que incluyan dentro de los procedimientos y protocolos el uso de la ecografía diafragmática en los pacientes intubados y realizar el seguimiento semanal. Además, se sugiere tomar esta investigación como guía para la realización de estudios posteriores ya sea con metodología diferente.

6. AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento, a la Clínica Universitaria Pontificia Bolivariana por el apoyo y por permitir el uso de sus instalaciones y equipos para el desarrollo de esta investigación. Y a la Fundación Universitaria María Cano por el acompañamiento y la gestión durante todo el proceso.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aguilar, César; and Claudia Martínez. 2017. “¿QUÉ ES LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS? La Realidad de La Unidad de Cuidados Intensivos.” Artículo de Opinión *Med Crit* 31(3):171–73.
- [2] Ali., Eman R., Ahmad Mostafa, M. 2017. “Diaphragm Ultrasound as a New Functional and Morphological Index of Outcome, Prognosis and Discontinuation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients and Evaluating the Possible Protective Indices against VIDD.” *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis* 66(2):339–51. doi: 10.1016/j.ejcdt.2016.10.006.
- [3] Antenora, Federico, Riccardo, F., Andrea I., Ivana C., Antonia S., Francesco L., Roberto T., Stefano Z., Marco M., Enrico M., Alessandro M.. 2017. “Prevalence and Outcomes of Diaphragmatic Dysfunction Assessed by Ultrasound Technology during Acute Exacerbation of COPD: A Pilot Study.” *Respirology* 22(2):338–44. doi: 10.1111/resp.12916.
- [4] Chen, Zhe. 2021. “Aplicación de La Ecografía a Pie de Cama Para Predecir El Resultado Del Destete de La Ventilación Mecánica En Pacientes de Edad Avanzada.” 1–9.
- [5] Elshazly, Mostafa Ibrahim, Khaled Mahmoud Kamel, Reem Ibrahim Elkorashy, Mohamed Said Ismail, Jumana Hesham Ismail, M. Sc, and Hebatallah Hany. 2020. “Papel de La Ecografía de Cabecera En Evaluación de La Función Del Diafragma Como Predictor Del Éxito Del Destete En Pacientes Ventilados Mecánicamente Introducción.” 3536:295–302.
- [6] Er, Berrin, Meltem Simsek, Mehmet Yildirim, Burcin Halacli, Serpil Ocal, Ebru Ortac Ersoy, Ahmet Ugur Demir, and Arzu Topeli. 2021. “Association of Baseline Diaphragm, Rectus Femoris and Vastus Intermedius Muscle Thickness with Weaning from Mechanical Ventilation.” *Respiratory Medicine* 185(June):106503. doi: 10.1016/j.rmed.2021.106503.

-
- [7] Farghaly, Shereen, and Ali A. Hasan. 2017. "Diaphragm Ultrasound as a New Method to Predict Extubation Outcome in Mechanically Ventilated Patients." *Australian Critical Care* 30(1):37–43. doi: 10.1016/j.aucc.2016.03.004.
- [8] Huang, Daozheng, Huan Ma, Wenzhao Zhong, Xiaoting Wang, Yan Wu, Tiehe Qin, and Ning Tan. 2017. "Uso de Ultrasonografía En Modo M Para Evaluar La Disfunción Del Diafragma y Predecir El Éxito Del Destete de La Ventilación Mecánica En Pacientes de Edad Avanzada." 9(Dd):3177–86.
- [9] Jáimez Estévez, Rita. 2011. "Manual de Redacción Académica e Investigativa: Cómo Escribir, Evaluar y Publicar Artículos (2011) de Alexander Arbey Sánchez Upegui. Colombia: Universidad Católica Del Norte. Pp.225." *Letras* 53(84):131–35.
- [10] Kilaru, Deepti, Nova Panebianco, and Cameron Baston. 2021. "Diaphragm Ultrasound in Weaning From Mechanical Ventilation." *Chest* 159(3):1166–72. doi: 10.1016/j.chest.2020.12.003.
- [11] Kocyigit, Huseyin, Ayca Koca, and Onur Polat. 2021. "Machine Translated by Google Revista Estadounidense de Medicina de Emergencia Disfunción Del Diafragma Detectada Con Ultrasonido Para Predecir No Invasivo Insuficiencia Respiratoria Mecánica: Un Estudio de Cohorte Prospectivo B." 45:202–7.
- [12] Li, Shigang, Zhe Chen, and Weifeng Yan. 2021. "Application of Bedside Ultrasound in Predicting the Outcome of Weaning from Mechanical Ventilation in Elderly Patients." *BMC Pulmonary Medicine* 21(1):1–9. doi: 10.1186/s12890-021-01605-4.
- [13] Mariani, Lucie Fenet, JêRome Bedel, Antoine Gros, Nicolas Lerolle, Kolia Milojevic, Virgine Laurent, Julia Hilly, Gilles Troché, Jean Pierre Bedos, and Benjamin Planquette. 2016. "Ultrasonography for Screening and Follow-up of Diaphragmatic Dysfunction in the ICU: A Pilot Study." *Journal of Intensive Care Medicine* 31(5):338–43. doi: 10.1177/0885066615583639.
- [14] Le Neindre, Aymeric, François Philippart, Marta Luperto, Johan Wormser, Johanna Morel-Sapene, Serge L. Aho, Silvia Mongodi, Francesco Mojoli, and Belaid Bouhemad. 2021. "Diagnostic Accuracy of Diaphragm Ultrasound to Predict Weaning Outcome: A Systematic Review and Meta-Analysis." *International Journal of Nursing Studies* 117:103890. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2021.103890.
- [15] Schepens, Tom, Samira Fard, and Ewan C. Goligher. 2020. "Assessing Diaphragmatic Function." *Respiratory Care* 65(6):807–19. doi: 10.4187/respcare.07410.
- [16] Sosa, Alejandra, Federico Pérez Díaz, Federico Melgarejo, Adolfo Ramírez, Milagros Amedey, Facundo Bianchini, Emanuel Di Salvo, Romina Domínguez Royano, Ignacio Brozzi, and Mauro Del Bono. 2019. "Debilidad Adquirida En La Unidad de Cuidados Intensivos Weakness Acquired in the Intensive Care Unit." *Fronteras En Medicina* 14(2):12–15.
- [17] Spadaro, Savino, Salvatore Grasso, Tommaso Mauri, Francesca Dalla Corte, Valentina Alvisi, Ricardo Ragazzi, Valentina Cricca, Julia Biondi, Rossella Di Mussi, Elisabetta Marangoni, and Alberto Volta. 2016. "¿Puede La Ecografía Diafragmática Realizada Durante La Prueba Con Tubo En T Predecir El Fracaso Del Destete ? El Papel Del Índice de Respiración Superficial Rápida Diafragmática." 0:1–11.
- [18] Spiroski, Fundación Científica, República De Macedonia, Amal Zaki, Mostafa Mahmoud, and Mohamed Gad. 2021. "Función Diafragmática Evaluada Por Ecografía Al Lado de La Cama En Pacientes Con Sepsis o Shock Séptico Ingresados En Unidad de Cuidados Intensivos." 9:1417–23.
- [19] Thabet, Duaa B., Hoda A. Makhlof, Ali A. Hasan, Ahmed I. Mekkawy, and Maha K. Ghanem. 2021. "Serial Ultrasonographic Monitoring of Diaphragmatic and Mid-Upper Arm Muscle Thickness in Mechanically Ventilated Respiratory Patients: A Single-Center Observational Study." *Clinical Respiratory Journal* 15(1):11–18. doi: 10.1111/crj.13263.

[20] Theerawit, Pongdhep, Dararat Eksombatchai, and Yuda Sutherasan. 2018. “Parámetros Diafragmáticos Por Ultrasonografía Para Predecir El Destete Resultados.” 9:1–11.

[21] Varón-Vega, F., Á. Hernández, M. López, E. Cáceres, L. F. Giraldo-Cadavid, A. M. Uribe-Hernandez, and S. Crevoisier. 2021. “Usefulness of Diaphragmatic Ultrasound in Predicting Extubation Success.” *Medicina Intensiva (English Edition)* 45(4):226–33. doi: 10.1016/j.medine.2020.04.001.

[22] Vivier, Emmanuel, Michel Müller, Jean-baptiste Putegnat, Julie Steyer, Stephanie Barraú, Florencia Boissier, Gael Bourdin, Armand Mekontso-dessap, and Albrice Levrat. 2019. “Incapacidad Del Ultrasonido de Diafragma Para Predecir El Fracaso de La Extubación Un Estudio Multicéntrico.” 1131–39.

[23] Whebell, Stephen, Sunil Sane, Sumant Naidu, and Hayden White. 2021. “Use of Ultrasound to Determine Changes in Diaphragm Mechanics During A Spontaneous Breathing Trial.” *Journal of Intensive Care Medicine* 36(9):1044–52. doi: 10.1177/0885066620943164.