



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

## GRADO EN FISIOTERAPIA

### **Análisis comparativo de las técnicas exploratorias ecográficas sobre la función del diafragma: una revisión bibliográfica**

Comparative analysis of ultrasound exploratory techniques on the diaphragm function: a bibliographic review

Análise comparativa das técnicas exploratorias ecográficas sobre a función do diafragma: unha revisión bibliográfica



Facultade de  
Fisioterapia

**Estudiante:** D. Adrián Méndez Balado

**Directora:** Dra. M<sup>a</sup> Luz González Doníz

**Convocatoria:** Junio 2021

## ÍNDICE

1. Resumen.....	6
1. Abstract.....	7
1. Resumen.....	8
2. Introducción.....	9
2.1 Tipo de trabajo.....	9
2.2 Motivación personal.....	9
3. Contextualización.....	10
3.1 Antecedentes.....	10
3.1.1 Mecánica respiratoria. La importancia del diafragma.....	11
3.1.1.1 Patrón respiratorio diafragmático.....	12
3.1.1.2 Disfunción del diafragma, ¿Cómo influye en la mecánica de la respiración?.....	13
3.1.2 Evaluación de la función del diafragma. Técnicas de evaluación por imagen.....	15
3.1.2.1 Ecografía diafragmática.....	16
3.2 Justificación del trabajo.....	21
4. Objetivos.....	22
4.1 Pregunta de investigación.....	22
4.2 Objetivos.....	23
4.2.1 General.....	23
4.2.2 Específicos.....	23
5. Metodología.....	24
5.1 Fecha y bases de datos.....	24
5.2 Criterios de selección.....	24
5.3 Estrategia de búsqueda.....	25
5.3.1 Búsqueda en Pubmed (Medline).....	25
5.3.2 Búsqueda en Cochrane Library.....	28
5.3.3 Búsqueda en PEDro.....	28
5.3.4 Búsqueda en Scopus.....	29

5.3.5 Búsqueda en Web of Science.....	30
5.4 Gestión de la bibliografía localizada.....	30
5.5 Selección de artículos.....	30
5.6 Variables de estudio.....	31
5.7 Niveles de evidencia.....	32
6. Resultados.....	33
6.1 Tipología de los estudios.....	34
6.2 Características de la muestra de participantes.....	34
6.3 Características de los equipos de exploración.....	35
6.4 Resultados en función de las variables de estudio.....	35
7. Discusión.....	46
7.1 Limitaciones del trabajo.....	50
8. Conclusiones.....	51
9. Bibliografía.....	52
10. Anexos.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Características de los equipos y modalidades de exploración ecográfica.....	20
Tabla II. Búsqueda avanzada con términos Mesh en PubMed.....	26
Tabla III. Búsqueda avanzada en Cochrane Library.....	28
Tabla IV. Búsqueda avanzada y simple en PEDro.....	29
Tabla V. Búsqueda avanzada en Scopus.....	29
Tabla VI. Búsqueda avanzada en Web of Science.....	30
Tabla VII. Síntesis de las variables de estudio.....	32
Tabla VIII. Tabla resumen de los artículos incluidos en la revisión.....	40

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración I. Diagrama de flujo para la selección final de artículos. ....	31
Ilustración II. Diagrama de sectores sobre la condición de salud de los sujetos y los porcentajes de hombres/mujeres. ....	34

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

<b>[TIAB]</b>	Tag: Title (título), Abstract (resumen).
<b>BM</b>	Modo B (bidimensional, brillo o básico).
<b>CRF/FRC</b>	Capacidad residual funcional.
<b>cm</b>	Centímetros.
<b>CPT/TLC</b>	Capacidad pulmonar total.
<b>CV</b>	Capacidad vital.
<b>CVF</b>	Capacidad vital forzada.
<b>DE</b>	Excursión o movilidad del diafragma.
<b>EPI</b>	Enfermedad pulmonar intersticial.
<b>EPOC/COPD</b>	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
<b>IC-95%</b>	Intervalo de confianza al 95%.
<b>ICC</b>	Coeficiente de correlación intraclase.
<b>IMC</b>	Índice de masa corporal.
<b>IMRD</b>	Introducción, metodología, resultados y discusión.
<b>LIN</b>	Límite inferior de normalidad.
<b>MeSH</b>	Medical Subject Headings
<b>MHz</b>	Megahercios.

---

<b>MM</b>	Modo M (monodimensional o de movimiento).
<b>mm</b>	Milímetros.
<b>mmHg</b>	Milímetros de mercurio.
<b>Pab</b>	Presión abdominal.
<b>Pdi</b>	Presión transdiafragmática.
<b>PEDro</b>	Physiotherapy Evidence Database.
<b>PEM</b>	Presión espiratoria máxima.
<b>Pes</b>	Presión esofágica.
<b>PICO</b>	Patient, intervention, comparison, outcome.
<b>PIM</b>	Presión inspiratoria máxima.
<b>Ppl</b>	Presión intrapleurales.
<b>r</b>	Coefficiente de correlación lineal.
<b>STROBE</b>	Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology.
<b>Tdi</b>	Grosor del diafragma ( <i>thickness</i> ).
<b>Tdi-CRF</b>	Grosor diafragmático ( <i>thickness</i> ) a capacidad residual funcional.
<b>Tdi-CPT</b>	Grosor diafragmático ( <i>thickness</i> ) a capacidad pulmonar total.
<b>TF</b>	<i>Thickness fraction</i> (fracción de engrosamiento).
<b>TFdi-máx</b>	Fracción de engrosamiento máxima.
<b>TFdi-tidal</b>	Fracción de engrosamiento a volumen tidal.
<b>TFG</b>	Trabajo de final de grado.
<b>TITLE-ABS-KEY</b>	Título, resumen, palabra clave.
<b>UCI</b>	Unidad de cuidados intensivos.
<b>UDC</b>	Universidad de A Coruña.

---

<b>UITA</b>	Ultrasound image tracking algorithm (Algoritmo de seguimiento por ecografía).
<b>VE</b>	Ventilación pulmonar.
<b>VMI</b>	Ventilación mecánica invasiva.
<b>VMNI</b>	Ventilación mecánica no invasiva.
<b>VR</b>	Volumen residual.
<b>VT</b>	Volumen tidal o volumen corriente.
<b>ZOA</b>	Zona de aposición.

## 1. RESUMEN

### Objetivo

El objetivo principal de este trabajo fue identificar qué técnica exploratoria sobre el músculo diafragma, empleando un sistema de ecografía, presenta una menor variabilidad entre los sujetos y una mayor confiabilidad en las diferentes mediciones realizadas sobre ellos.

### Material y método

Este trabajo sigue un diseño de revisión bibliográfica. Para su elaboración, se realizó una búsqueda de información en las principales bases de datos de ámbito sanitario: Pubmed, Cochrane, Scopus, PEDro y Web of Science entre los meses de marzo y abril del año 2021. Se incluyeron estudios de carácter observacional publicados en los últimos 5 años, en los que se describió con detalle el abordaje para la evaluación del diafragma con ecografía, tanto en sujetos sanos como en pacientes con patología respiratoria. Las principales variables a tener en cuenta fueron la excursión diafragmática, el grosor del músculo diafragma y el engrosamiento. Se analizaron los siguientes aspectos del procedimiento exploratorio: abordaje con el transductor, región muscular explorada, posición y profundidad respiratoria del paciente, número de maniobras realizadas.

### Resultados

Una vez realizado el filtrado de las búsquedas en función de los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se analizaron, finalmente, un total de 12 artículos: 10 estudios observacionales de diseño transversal, un estudio de casos y controles y un estudio de cohortes. La muestra total de pacientes estudiada fue de 776, siendo 493 de ellos voluntarios sanos. Tanto la excursión diafragmática como el grosor resultaron presentar una elevada heterogeneidad entre los sujetos, siendo esta menor al emplear volúmenes pulmonares elevados (cerca de la CPT). Los sujetos con patología respiratoria obtuvieron un menor grosor a CPT con respecto a los sanos, resultando en una TF más reducida.

### Conclusiones

La técnica idónea para obtener mediciones confiables y homogéneas entre sujetos parece ser aquella que mantenga una misma profundidad respiratoria y posición para el paciente y que adapte su abordaje a la región y tipo de medición que se quiere realizar.

### Palabras clave

Ecografía de diafragma, exploración, variabilidad, enfermedad respiratoria.

## 1. ABSTRACT

### **Objective**

The main objective of this work was to identify which examination procedure on the diaphragm muscle, using an ultrasound system, presents less variability between subjects and greater reliability in the different measurements made on them.

### **Methods**

This work follows a bibliographic review design. For its preparation, a search for information was carried out in the main databases in the health field: Pubmed, Cochrane, Scopus, PEDro and Web of Science between the months of March and April of the year 2021. Observational studies published in the last 5 years, in which the approach for evaluating the diaphragm with ultrasound was described in detail, both in healthy subjects and in patients with respiratory diseases. The main variables to take into account were the diaphragmatic excursion, the thickness of the diaphragm muscle and its thickening. The following aspects of the exploratory procedure were analysed: approach with the transducer, muscle region explored, position and respiratory depth of the patient, number of maneuvers performed.

### **Outcomes**

After filtering the searches based on the established inclusion and exclusion criteria, a total of 12 articles were finally analysed: 10 observational studies with a cross-sectional design, a case-control study, and a cohort study. The total sample of patients studied was 776, of which 493 were healthy volunteers. Both the diaphragmatic excursion and the thickness were found to present high heterogeneity among the subjects, this being less when using high lung volumes (close to the TLC). The subjects with respiratory pathology obtained a lower thickness to TLC with respect to the healthy ones, resulting in a lower TF.

### **Conclusions**

The ideal technique to obtain reliable and homogeneous measurements between subjects seems to be one that maintains the same respiratory depth and position for the patient and that adapts its approach to the region and type of measurement to be performed.

### **Keywords**

Diaphragm ultrasound, exploration, variability, respiratory disease.

## 1. RESUMO

### **Obxectivo**

O obxectivo principal deste traballo foi identificar que técnica exploratoria sobre o músculo diafragma, empregando un sistema de ecografía, presenta unha menor variabilidade entre os suxeitos e unha maior confiabilidade nas diferentes medicións realizadas sobre eles.

### **Material e método**

Este traballo segue un deseño de revisión bibliográfica. Para a súa elaboración, realizouse unha procura de información nas principais bases de datos de ámbito sanitario: Pubmed, Cochrane, Scopus, PEDro e Web of Science entre os meses de marzo e abril do ano 2021. Incluíronse estudos de carácter observacional publicados nos derradeiros 5 anos, nos que se describiron con detalle o abordaxe para a avaliación do diafragma con ecografía, tanto en persoas sans coma en doentes con patoloxía respiratoria. As principais variables a ter en conta foron a excursión do diafragma, o grosor do músculo diafragma e máis o seu engrosamento. Analizáronse os seguintes aspectos do procedemento exploratorio: abordaxe co transdutor, rexión muscular avaliada, posición e profundidade respiratoria dos doentes e o número de manobras realizadas.

### **Resultados**

Unha vez realizado o cribado das procuras en función dos criterios de inclusión e exclusión establecidos, analizáronse, finalmente, un total de 12 artigos: 10 estudos observacionais de deseño transversal, un estudo de casos e controis e un estudo de cohortes. A mostra total de participantes estudada foi de 776, sendo 493, voluntarios sans. Tanto a excursión diafragmática coma o grosor presentaron una elevada heteroxeneidade entre os suxeitos, sendo menor ao empregar volumes pulmonares elevados (próximos á CPT). As persoas con patoloxía respiratoria obtiveron un menor grosor durante CPT con respecto aos participantes sans, resultando nunha TF máis reducida.

### **Conclusións**

A técnica idónea para obter medicións confiables e homoxéneas entre os suxeitos parece ser aquela que manteña unha mesma profundidade respiratoria e posicionamento para o doente, e que adapte o seu abordaxe á rexión e tipo de medición que se quere realizar.

### **Palabras chave**

Ecografía de diafragma, exploración, variabilidade, enfermidade respiratoria.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 TIPO DE TRABAJO

El presente trabajo, adopta un formato de revisión bibliográfica, en el cual se realiza una búsqueda, y posterior análisis, de la literatura científica más reciente en relación con los diferentes procedimientos de exploración de la función del músculo diafragma, utilizando una evaluación por imagen ecográfica.

### 2.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

La decisión de iniciar una revisión sobre esta temática radica en el interés mostrado tanto por mí como por mi tutora y autora de esta idea, la Dra. M<sup>a</sup> Luz González Doníz, sobre las ventajas que puede proporcionar un técnica estandarizada y ordenada de exploración ecográfica, en relación con el control de la función diafragmática. Poder cursar la asignatura de 4º curso del Grado en Fisioterapia por la Universidad de A Coruña (UDC) que lleva por nombre “Ecografía en Fisioterapia”, abrió mis horizontes a una tecnología en pleno desarrollo para nuestra profesión que ha complementado de forma eficaz los procesos de exploración de muchos fisioterapeutas durante los últimos años. Sumado a esto, la imponente presencia del diafragma durante las rotaciones en el módulo de Fisioterapia Cardiorrespiratoria de la materia Estancias Clínicas II, buscando siempre favorecer su ventaja mecánica, así como la importancia y eficacia de reeducar la mecánica respiratoria de los pacientes hacia un patrón diafragmático, hizo que la propuesta de poder combinar ambos campos y aprender en mayor profundidad sobre la actualidad de cada uno, resultase una opción atractiva.

Como se expondrá a lo largo de este trabajo, la técnica ecográfica empleada para la exploración funcional del diafragma resulta una opción eficaz que aprovecha al máximo todas las ventajas ofrecidas por la ecografía, tales como su carácter no invasivo, las exploraciones en tiempo real o la facilidad de interpretación de las imágenes o funcionamiento del sistema. Sin embargo, actualmente existe una alta heterogeneidad en cuanto a las diferentes técnicas exploratorias empleadas para realizar esta evaluación, lo que en muchos casos puede llegar a enmascarar la función real que desempeña el diafragma en los pacientes explorados.

La oportunidad de poder conocer más en profundidad qué aspectos de los procedimientos exploratorios influyen en una menor variabilidad de las mediciones y la posibilidad de contribuir en cierta forma a una futura estandarización de estas exploraciones e, incluso, a la elaboración de ecuaciones de referencia, fue una razón de peso para decantarme por esta temática.

## 3. CONTEXTUALIZACIÓN

### 3.1 ANTECEDENTES

El diafragma es el principal músculo partícipe en el proceso de la respiración, responsable del 70% de la función respiratoria total y hasta el 40% del volumen corriente o tidal (VT) en individuos sanos (1). Anatómicamente, el diafragma se presenta como una compleja estructura músculo-tendinosa en forma de cúpula, con un grosor relativamente pequeño (2-4 mm), posicionándose con una cara convexa dirigida hacia la región torácica y una superficie cóncava en dirección a la región abdominal, suponiendo una barrera que delimita estas dos cavidades del tronco (1,2).

Pese a asociarse, fundamentalmente, con el desarrollo de la función respiratoria, lo cierto es que, debido a la cantidad de estructuras corporales con las que se encuentra íntimamente relacionado, este músculo desempeña múltiples funciones en los diferentes sistemas que componen nuestro cuerpo. Como se describe en algunos artículos, como el realizado por *Bordoni. & Zanier* (2) “las unidades motoras frénicas no solo controlan la respiración, sino que también tienen otras funciones que no son acciones específicamente respiratorias, como la deglución, la vocalización y la expulsión de sustancias que contienen desechos para la expectoración de las vías respiratorias”. (2)

Desde un punto de vista funcional, el diafragma se suele dividir en dos áreas diferenciadas: una región crural y una región costal. Ambas áreas se coordinan entre ellas para desempeñar su función de forma eficiente, para lo cual trabajan en momentos distintos y con diferentes inervaciones. La primera de éstas parece desempeñar una función mayormente relacionada con la respiración, mientras que la región costal se encarga de prevenir el reflujo gastroesofágico. La región crural, por su parte, parece verse influenciada durante el proceso de deglución por información proporcionada desde el nervio vago, produciendo el cese de su actividad en el momento en el que el bolo alimenticio debe pasar a través del esófago.(2)

Es necesario recordar también la estrecha relación del diafragma con la musculatura del suelo pélvico, y viceversa, con gran influencia entre ambas estructuras a nivel funcional, lo que implica que una adecuada actividad del suelo pélvico contribuirá a que la función del diafragma, y por lo tanto la función respiratoria, se desarrolle de forma más eficaz, algo a tener en cuenta a la hora de plantear un adecuado abordaje terapéutico.(2)

Este complejo entramado de relaciones anatómicas y funcionales nos hace plantearnos que la propia afectación del diafragma o, por el contrario, la afectación de alguna de sus múltiples vías de acción que desempeña en nuestro cuerpo podría influir negativamente, no solo en la función respiratoria, sino favoreciendo la aparición de sintomatología en alguno de estos otros sistemas. (2)

### **3.1.1 MECÁNICA RESPIRATORIA. LA IMPORTANCIA DEL DIAFRAGMA.**

Es conveniente recordar que el proceso de respiración se basa en un juego de presiones, donde el aire viaja desde las zonas con mayores valores de presión hacia a aquellas donde la presión es más reducida, hasta que ésta se iguala, tomando como referencia la presión atmosférica (760mmHg). Durante las diferentes fases del ciclo respiratorio, la cavidad torácica ve modificado su volumen, provocando una variación de la presión intratorácica, lo que permite la entrada o salida del aire en la vía aérea y los pulmones (3).

La fase inspiratoria de este ciclo se puede dividir en función del esfuerzo desarrollado por un individuo en: inspiración normal, profunda y forzada. La primera de ellas, la más habitual y la que requiere menor esfuerzo, es la que solemos realizar en condiciones de reposo físico. Durante este tipo de respiración, se requiere la acción muscular del diafragma y los músculos intercostales externos, principalmente, mientras que a medida que el cuerpo manifiesta una mayor demanda de oxígeno, la respiración se vuelve más profunda e intensa, necesitando de una mayor participación muscular y, por lo tanto, un mayor esfuerzo por parte del individuo (3).

Una vez el diafragma se contrae, se produce un descenso del centro frénico, aumentando el diámetro vertical de la cavidad torácica, para luego contribuir a su apertura en los diámetros anteroposterior y transversal, cogiendo apoyo sobre el centro frénico, una vez se ha estabilizado por la masa visceral abdominal, y produciendo una tracción de las costillas más inferiores. Esta apertura anteroposterior y transversal se deriva de la fuerte oblicuidad de las fibras periféricas del diafragma que, durante su contracción, mantiene una componente de

fuerza ascendente importante, además del condicionante impuesto por la disposición del eje de las articulaciones costovertebrales, que obligan a que el movimiento de las costillas sea en elevación y separación o desviación (4).

Esta secuencia de movimientos en los principales elementos anatómicos, provoca un incremento de la presión abdominal (Pab) y el respectivo descenso de la presión intrapleural (Ppl) en valores inferiores a la presión atmosférica, facilitando la entrada de aire en los pulmones (5). Al gradiente de presiones que atraviesa el diafragma entre las cavidades torácica y abdominal se le denomina presión transdiafragmática (Pdi) y supone una medida representativa de la fuerza generada por este músculo durante diferentes conductas ventilatorias, siendo considerablemente mayores las fuerzas que se generan en maniobras expulsivas como la tos o los estornudos (6).

Por otro lado, la fase espiratoria del ciclo, suele ser un proceso pasivo, en el cual se produce la relajación del diafragma y los músculos intercostales externos, una retracción tanto de la pared torácica como del propio parénquima pulmonar (3), derivado de su propiedad elástica (7), y una favorable contribución de la gravedad, que facilita el descenso de la caja torácica desde su posición elevada (3).

Sin embargo, la espiración puede desarrollarse también de forma forzada o activa, para lo cual se requiere de la colaboración de la musculatura abdominal e intercostal interna, forzando el ascenso del diafragma y el descenso de la caja torácica. Esto provoca que el volumen disponible en la cavidad caiga a valores inferiores al presente en condiciones de reposo, además de producirse un incremento de la presión intrapulmonar respecto a la presión atmosférica, facilitando la salida del aire (7).

### **3.1.1.1 PATRÓN RESPIRATORIO DIAFRAGMÁTICO.**

El conjunto de necesidades tanto metabólicas como de intercambio gaseoso que presenta el organismo, constituye el principal factor que determina el nivel de ventilación pulmonar de cada individuo (VE), es decir, el producto del número de respiraciones por minuto y el volumen de aire que se maneja en cada inspiración, o VT. En términos teóricos, cualquier combinación de estos parámetros podría dar lugar a un patrón respiratorio factible, aunque en la práctica, este número de patrones respiratorios se ve limitado por diferentes circunstancias, entre las más importantes, que éstos deben considerar las propiedades mecánicas del sistema respiratorio buscando mantener el costo ventilatorio al mínimo.

En relación con esto último, sabemos que una respiración demasiado superficial no sería efectiva, ya que se necesitan unos volúmenes mínimos de VT para asegurar que el intercambio gaseoso sea suficiente, y lo mismo sucede con una respiración demasiado profunda, principalmente por el costo energético que supondría, consecuencia de la baja capacidad de distensibilidad del parénquima pulmonar a volúmenes muy elevados. (8)

Seguir un patrón respiratorio diafragmático parece ser el método más eficaz para conseguir una adecuada ventilación con el menor esfuerzo posible. En condiciones normales, una vez se produce la contracción del diafragma durante la fase inspiratoria del ciclo, éste desciende, facilitando la dilatación de la región abdominal, la expansión del parénquima pulmonar y la entrada de aire en los pulmones. Si el individuo se encuentra en una posición sedente o de pie, la gravedad parece contribuir a este descenso del músculo, requiriendo un menor esfuerzo. Sin embargo, al mantener una posición en decúbito, la acción de la gravedad sobre el contenido visceral del abdomen tiende a empujar el diafragma contra la pared torácica, impidiendo su descenso, lo que requiere un mayor trabajo muscular por parte del individuo. La posición del tórax elevada con respecto a la región abdominal facilita la acción del diafragma con un esfuerzo mínimo y, por lo tanto, también facilita la respiración. Esta es la razón por la que se suele levantar el cabecero de la cama cuando un individuo presenta dificultad respiratoria. (3)

Desgraciadamente, la presencia de determinados hábitos, o incluso patologías, limitará que el diafragma pueda desempeñar de forma efectiva su función, solicitando un trabajo importante por parte de la pared torácica superior. La respiración torácica, supone un incremento importante del esfuerzo que un individuo invierte en la función respiratoria, debido a la sollicitación de grupos musculares adicionales que suplan la función desempeñada por el diafragma, siendo aun así mucho menos eficaz que la respiración diafragmática, por adquirir volúmenes de aire inferiores con cada inspiración. Ante esta disminución de los volúmenes, será necesario un incremento de la frecuencia respiratoria para mantener los mismos niveles de ventilación pulmonar (3).

### **3.1.1.2 DISFUNCIÓN DEL DIAFRAGMA, ¿CÓMO INFLUYE EN LA MECÁNICA DE LA RESPIRACIÓN?**

La disfunción o debilidad del músculo diafragma es una causa importante e infradiagnosticada de disnea, que habitualmente aparece como consecuencia de patologías que afectan a la capacidad contráctil de sus fibras musculares, neuropatías, trastornos

metabólicos o inflamatorios, enfermedades que cursan con hiperinsuflación pulmonar como en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), pero también derivada de la exposición a ventilación mecánica o tras algún tipo de intervención quirúrgica. El tipo de disfunción puede diferenciarse, en función de la gravedad de la misma, en una debilidad o una parálisis, y en función de si se encuentra afectado un único hemidiafragma o se trata de una disfunción bilateral. (9)

Durante el proceso de exploración del paciente se suelen encontrar claros signos de dificultad respiratoria acompañados de una mecánica respiratoria alterada, habitualmente caracterizada por taquipnea en reposo y una importante sollicitación de la musculatura accesoria durante la inspiración. El signo característico de una disfunción diafragmática avanzada es la llamada “respiración paradójica”, durante la que se observa una depresión de la región abdominal al mismo tiempo que la caja torácica se expande en la fase inspiratoria, como resultado del uso compensatorio de la musculatura accesoria. Cuando el diafragma está paralizado o débil, la inspiración se produce gracias a la contracción de los intercostales externos y los músculos accesorios (esternocleidomastoideos, escalenos, etc.) que provocan una disminución de la presión pleural. El diafragma debilitado se mueve en dirección cefálica ante su incapacidad para descender, mientras que la pared abdominal se mueve hacia adentro. Esto se puede acentuar al adoptar una posición supina, por la acción de la gravedad y la mayor presión ejercida por las vísceras sobre la región inferior del músculo. (9,10)

La elevada multicausalidad de la disfunción del diafragma, así como la gravedad del proceso primario, pueden dificultar su recuperación, siendo habitualmente un proceso relativamente largo. (9)

El diagnóstico es, en muchos casos, una consecuencia de una exploración de la región torácica que se realizó con otro fin diferente, o resultado del estudio causal ante una disnea inexplicable, siendo una disfunción habitualmente infradiagnosticada. Las pruebas que permiten su adecuado diagnóstico suelen basarse principalmente en técnicas de imagen como la radiografía o la ecografía, complementadas con pruebas de la función pulmonar (medición de la capacidad vital (CV) o medición de las presiones estáticas máximas en la boca) o la estimulación del nervio frénico, que se encarga de estudiar la cantidad de presión negativa desarrollada por la acción contráctil del diafragma de forma selectiva y aislada. Las mediciones de la Pdi o la presión esofágica (Pes) son otras pruebas habitualmente

empleadas para el diagnóstico, siendo técnicas de carácter más invasivo y, por lo tanto, causantes de una mayor molestia para el paciente. (9,10)

### **3.1.2 EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DEL DIAFRAGMA. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN POR IMAGEN.**

Las técnicas de imagen suponen un recurso idóneo para evaluar la función y morfología del diafragma, no solo de cara al posible diagnóstico de una disfunción o debilidad muscular, sino también de cara al control de la evolución durante el tratamiento aplicado, permitiendo evaluar con mayor precisión y frecuencia los resultados obtenidos. Las principales técnicas empleadas para la evaluación de este músculo, según la literatura, se podrían resumir en: radiografía, fluoroscopia, y ecografía de tórax. (10)

#### **Radiografía de tórax**

La radiografía de tórax es una técnica sencilla y eficaz para la evaluación del parénquima pulmonar, empleándose, entre otras cosas, como una herramienta de búsqueda de posibles causas ante una disnea inexplicable.(10) De hecho, no es infrecuente encontrar signos radiográficos que indiquen un primer indicio de afectación diafragmática en radiografías torácicas solicitadas con una finalidad totalmente distinta. El indicador principal que puede plantear la existencia de una afección diafragmática es encontrar una elevación de uno de los hemidiafragmas o de ambos. Ante esta situación, es necesario tener en cuenta que el hemidiafragma derecho se encuentra ligeramente más craneal que el izquierdo, al igual que ocurre con las porciones anterior y medial del músculo en relación con las porciones posterior y lateral, por lo que es importante no confundir estos hallazgos con indicios de patología.(11)

Debido a las dudosas propiedades de sensibilidad (70% en algunos estudios) y, sobre todo, de especificidad (aproximadamente 44%) de esta prueba en relación con el diagnóstico de disfunción del diafragma, su uso se suele combinar con la realización de otras pruebas con mayor precisión como, por ejemplo, la fluoroscopia. (10)

#### **Fluoroscopia**

La fluoroscopia se considera una de las pruebas de imagen más fiables y precisas para evaluar la función diafragmática, siendo el Gold Standard para el diagnóstico de posibles debilidades o disfunciones de este músculo desde hace bastantes años.(12) La fluoroscopia tiene la gran ventaja de ofrecer una exploración continua y en tiempo real durante todo el

ciclo respiratorio, siendo habitual la combinación de esta técnica con la ejecución de maniobras inspiratorias forzadas como el sniff test, empleado fundamentalmente para el diagnóstico de parálisis unilaterales del diafragma por su alta sensibilidad (90%), no siendo tan útil en el diagnóstico de parálisis bilateral. (13)

En la evaluación por fluoroscopia sobre individuos sin afectación del diafragma, ejecutando una inspiración profunda, ambos hemidiafragmas experimentan un descenso a la vez que la pared torácica anterior se desplaza cranealmente, un desplazamiento que se presenta menos significativo durante las maniobras de inhalación cortas durante el sniff test. La excursión o desplazamiento realizado por el diafragma suele ser ligeramente asimétrico entre ambos hemidiafragmas, siendo habitual también un retraso temporal en uno de los dos, generalmente en el hemidiafragma derecho. (11)

Ante pacientes con una debilidad conocida del músculo, se puede apreciar una notable reducción de la excursión y del comienzo de esta, incluso un movimiento paradójico en los casos de mayor gravedad. Por otro lado, en pacientes con parálisis bilateral, es posible encontrarse un resultado normal en esta prueba. Esto sucede por la participación de la musculatura abdominal en el ciclo espiratorio, produciéndose una relajación abrupta de estos justo al inicio de la inspiración, lo que provoca que el diafragma descienda, simulando una contracción activa de éste. (10,11).

### **3.1.2.1 ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA**

Durante los últimos años, el empleo de exploraciones del diafragma mediante el uso de ultrasonidos ha experimentado un considerable auge, tanto en su empleo en clínica como en el desarrollo de estudios de investigación sobre las características, ventajas y/o limitaciones de su uso frente a otras opciones exploratorias como las ya comentadas.

En sus inicios a finales de la década de los 60, la exploración ecográfica del diafragma fue descrita como una forma de determinar el tamaño y posición de lesiones tumorales parafrénicas y subfrénicas, así como un medio para evaluar tanto la movilidad como para conocer el contorno del músculo. (13) Ya en el año 1989, gracias al trabajo desarrollado por Wait et al. (14), se desarrolló una técnica para la medición del cambio de grosor experimentado por el diafragma entre el pico inspiratorio y el final de la fase espiratoria, exponiendo una aparente relación lineal entre el grosor del músculo, expresado a través de la fracción de engrosamiento (TF), y los diferentes rangos de volumen pulmonar estudiados.

Previamente, este estudio comparó la evaluación del grosor diafragmático in situ por imagen ecográfica en cuerpos cadavéricos, con el grosor del músculo disecado delimitado con una regla, exponiendo una estrecha correlación lineal creciente entre ambos (coeficiente de correlación  $(r) = 0.93$ ), lo que le confiere a la ecografía, una precisión considerablemente cercana a la realizada mediante con una medición directa del músculo.(14)

A diferencia de las técnicas de medición de la Pdi o la Pes, la evaluación por ecografía supone utilizar una técnica no invasiva, con las ventajas que esto implica, además de ser mucho más accesible para los profesionales sanitarios, tanto económicamente como por su capacidad de portabilidad. (15) Pese a presentar un método de observación ligeramente distinto, el concepto detrás de estas exploraciones es idéntico al realizado con las pruebas de evaluación por fluoroscopia, con la que también comparte la posibilidad de ofrecer exploraciones estáticas o dinámicas. (11,12)

Para identificar el contorno del diafragma a través de la imagen desarrollada por el ecógrafo, se suele emplear el modo de imagen bidimensional (BM), ya que ofrece mayores facilidades para delimitar el músculo al ofrecer mayor detalle de su estructura. Para su localización, el abordaje utilizado puede variar entre los diferentes autores; sin embargo, es común utilizar la ayuda de ventanas acústicas para asegurar una visión más detallada de todo el musculo. Las “ventanas” habitualmente utilizadas son las generadas por el hígado y el bazo, para la exploración de los hemidiafragmas derecho e izquierdo respectivamente, siendo más sencilla la visualización del derecho, dado el tamaño del hígado, el cual favorece la conducción del haz de ultrasonidos.

El diafragma en su zona de aposición (ZOA), denominada así aquella región en la que el diafragma contacta con la parrilla costal inferior, se puede identificar como una estructura ubicada por debajo de los músculos intercostales y delimitada por 3 capas: dos capas ecogénicas de peritoneo y pleura intercaladas con una capa más hipoecoica, que representaría el propio músculo; mientras que a nivel de la cúpula, se presenta como una estructura ecogénica gruesa en forma de media luna que se desplaza con la respiración (Anexo I). (13,15,16)

Desde que se comenzó a considerar la ecografía como un medio óptimo para evaluar la función del diafragma, se han propuesto diversos indicadores a los que prestarles atención durante la exploración. En la actualidad, estos indicadores se suelen limitar principalmente a

dos, para los cuales se suelen emplear diferentes enfoques exploratorios y en diferentes regiones del músculo: (15,17)

- **La excursión diafragmática o desplazamiento de la cúpula diafragmática:** se encarga de cuantificar el movimiento craneocaudal de la cúpula del diafragma durante un ciclo respiratorio, es decir, desde el final de la inspiración hasta el final de la espiración del mismo ciclo. (13)

El movimiento caudal del diafragma se aprecia mejor visualizando la cúpula del músculo, por lo que lo más habitual es buscar aquella localización anatómica que permita una observación más precisa de esta región. Para ello, se suele recurrir al hemitórax derecho, ya que no hay aire gástrico que dificulte la propagación de los ultrasonidos y, la localización del hígado proporciona una “ventana acústica” que permite que las ondas penetren en estructuras más profundas como es el caso de esta región del diafragma. (15)

Debemos tener en cuenta que el movimiento de la cúpula no es uniforme. Por lo general, se suele apreciar un mayor movimiento caudal de las regiones media y posterior del músculo, en comparación con la región anterior. Por otro lado, parece que, durante las inspiraciones profundas, con volúmenes más cercanos a la capacidad pulmonar total (CTP), se produce un mayor desplazamiento de la cúpula. (13,15)

- **El engrosamiento muscular:** consiste en la medición del cambio de grosor que experimenta el músculo, provocado por el acortamiento de sus fibras musculares una vez se solicita una acción contráctil del mismo, habitualmente durante el propio esfuerzo respiratorio. La medición aislada del grosor muscular parece no ser muy determinante en la detección de disfunciones musculares, mientras que la evaluación del cambio de grosor con la inspiración y espiración, parece ser una medida indirecta de la función del diafragma. Por ello, es conveniente realizar ambas mediciones, lo que incrementará la sensibilidad del indicador. (13,15)

Este engrosamiento, clásicamente, se suele cuantificar según la *fracción de engrosamiento o thickness fraction (TF)* (cambio de espesor desde el final de la exhalación hasta el pico de inhalación, dividido por el espesor al final de la exhalación  $\times 100$ ) o según la *relación de espesamiento o engrosamiento* (espesor en

la inhalación máxima, dividido por el espesor al final de la exhalación). Para su medición, se ha de tener en cuenta que la cantidad de engrosamiento resultante variará en las diferentes regiones del músculo, siendo más gruesas las porciones inferiores del diafragma que las superiores. (13,15)

En relación con lo anterior, se suele recurrir habitualmente a la ZOA del diafragma para llevar a cabo esta medición, siendo una región que ofrece la posibilidad de visualizar directamente el músculo, a diferencia de las exploraciones realizadas sobre la cúpula diafragmática. Además, gracias a ser una región anatómica más superficial que la cúpula, facilita el empleo de sondas ecográficas que empleen una frecuencia de ultrasonidos más elevada, lo que permite generar imágenes con una mayor resolución y detalle. (13,15)

Para ambos indicadores, muchos autores distintos han propuesto valores de referencia en individuos sanos, aunque, actualmente, no existe un consenso establecido sobre cuáles serían los más adecuados para realizar la comparación durante estas exploraciones. (17)

Estas mediciones se han utilizado durante los últimos años en diversas situaciones clínicas. Una de las aplicaciones más desarrolladas y estudiadas ha sido su fiabilidad como predictor del éxito en la retirada de la ventilación mecánica en pacientes críticos, para la cual se tiene en cuenta la TF diafragmática, donde valores superiores a un 30% se asocia a un mayor éxito en el “*weaning* o destete”, mientras que valores inferiores al 20% predice un destete más prolongado. (17)

Otras aplicaciones clínicas para las que se ha tenido en cuenta estas variables han sido los procesos de diagnóstico para la disfunción del diafragma, tanto en pacientes con EPOC como en las patologías de carácter neuromuscular. Además, se han empleado como indicadores para la detección de posibles lesiones del nervio frénico tras cirugías cardíacas o torácicas y como parámetros de seguimiento para el control evolutivo de la función diafragmática, por ejemplo, tras un programa de entrenamiento de la musculatura inspiratoria, una aplicabilidad imprescindible desde el punto de vista de la fisioterapia. (17,18)

En cuanto a los propios equipos ecográficos empleados, son muchas las diferencias entre los modelos y marcas comerciales empleadas durante los distintos protocolos exploratorios elaborados hasta ahora, así como las características de cada transductor o las modalidades empleadas para las realizar las mediciones. Pese a esta gran diversidad, se han podido observar ciertas similitudes entre las diferentes técnicas exploratorias hasta la fecha, resumidas en la siguiente tabla (Tabla I):

**Tabla I. Características de los equipos y modalidades de exploración ecográfica.**

<p><b>Tipo de sonda o transductor</b></p>	<p><b>Sonda lineal:</b> ofrece una imagen de tipo rectangular. Son sondas clásicamente empleadas para la exploración de estructuras superficiales, dadas las frecuencias a las que trabajan (7,5-10 MHz), entre las cuales destacan las musculoesqueléticas. Dadas estas frecuencias, se suele emplear para la exploración de la ZOA del diafragma y, por lo tanto, para realizar mediciones del engrosamiento muscular. (13,16,18)</p>
	<p><b>Sonda cónvex:</b> dan como resultado una imagen trapezoidal. Este tipo de sondas utiliza un rango de frecuencias más bajo (3,5-5 MHz), ya que su objetivo es la exploración de estructuras de mayor profundidad. La cúpula del diafragma, por ser una región más profunda, se suele explorar con este tipo de sonda. (13,18)</p>
<p><b>Modalidad de exploración ecográfica</b></p>	<p><b>Modalidad M (monodimensional o de movimiento):</b> ofrece una imagen unidimensional, con el objetivo de analizar el desplazamiento de las estructuras torácicas. Con esta modalidad, el diafragma aparece como una única línea ecogénica gruesa que experimenta movimientos de tipo sinusoidal, con un ascenso durante la inspiración y descenso en espiración. Para la medición de la excursión diafragmática es muy frecuente utilizar esta modalidad, aunque también es posible utilizar BM. (13,16,18)</p>
	<p><b>Modalidad B (bidimensional, brillo o básico):</b> se trata de la modalidad más empleada en ecografía. Genera imágenes de carácter bidimensional de las estructuras empleadas. Su utilidad para la exploración diafragmática es de suma importancia, ya que permite una mayor facilidad para la detección del músculo en un primer momento. En cuanto a las mediciones realizadas, es frecuente combinar esta</p>

	modalidad con MM para realizar mediciones de la excursión en un punto localizado del músculo. Inicialmente se suele localizar la zona exacta donde realizar la medición y obtener una imagen de calidad empleando BM, para luego realizar un cambio a MM, manteniendo la sonda perpendicular al movimiento del hemidiafragma y realizando en esta modalidad la propia medición. (13,16,18)
--	--

Pese a las claras ventajas aportadas por la exploración mediante ecografía, es necesario conocer qué, al igual que el resto de los procedimientos clínicos, esta herramienta no está exenta de limitaciones. La exploración por ecografía no sigue una metodología de elevada dificultad, al igual que la interpretación de las imágenes generadas, siendo una de las razones por las que existen cada vez más profesionales que la adoptan entre sus herramientas; sin embargo, la calidad de la exploración sí que dependerá en gran medida de la experiencia y manejo del evaluador, así como de su conocimiento sobre anatomía de la región a explorar. La variación en las mediciones realizadas por los mismos observadores (repetibilidad) o entre distintos observadores (reproducibilidad), puede llegar a oscilar hasta entre un 17% y 18%, por lo que es de vital importancia que el evaluador coloque una marca donde se realiza la medición inicial y que todas las imágenes posteriores se registren a partir de esa marca, asegurando índices de variabilidad lo más pequeños posibles. (13,17)

Además, parece existir una cierta dificultad para visualizar correctamente un hemidiafragma en el 10% de pacientes ambulatorios y hasta un 15% en pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos (UCI), posiblemente debido a una excursión caudal del diafragma y la disminución de las ventanas acústicas empleadas durante la exploración, en concreto la empleada con el bazo, dado su reducido tamaño. Por último, debemos tener en cuenta que las maniobras inspiratorias máximas, necesarias para medir una excursión máxima del diafragma, dependen del esfuerzo realizado por el paciente, lo que dificulta ampliamente la posibilidad de establecer valores estandarizados para sujetos sanos y pacientes con enfermedades pulmonares o neuromusculares. (13)

### 3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La ecografía como técnica eficaz de exploración diafragmática, se ha ido consolidando cada vez más durante los últimos años, principalmente gracias a las ventajas que supone la elección de esta técnica de imagen frente a otras clásicamente empleadas. La facilidad de interpretación de la imagen ecográfica, la facilidad de uso del sistema electrónico, su

capacidad de transporte, lo que permite, por ejemplo, exploraciones a pie de cama en UCI sin demasiada dificultad y, sobre todo la ventaja que aporta la capacidad para realizar exploraciones en tiempo real y evaluaciones dinámicas, ha permitido que su uso en situaciones clínicas reales se haya incrementado, al igual que el número de estudios que se plantean evaluar, de forma más concisa, la precisión y representatividad de esta técnica.

Sin embargo, hemos visto como, pese a la elevada cantidad de estudios realizados, existe demasiada disparidad entre unos procedimientos de exploración y otros, lo que contribuye a elevar la variabilidad de los resultados obtenidos. Este estudio plantea realizar una revisión de la actualidad acerca de estas técnicas exploratorias, sin embargo, el objetivo que se propone, además de exponer más en profundidad la actualidad sobre esta temática es analizar cuáles son aquellos procedimientos exploratorios que parecen presentar una menor variabilidad entre los resultados que presentan y por qué puede suceder esto.

El objetivo final de analizar las diferentes técnicas exploratorias encontradas radica en poder ofrecer, en base a la literatura, una visión clara de la fiabilidad, en términos de variabilidad, de las diferentes técnicas exploratorias y cuál de ellas parece resultar más indicada. La propuesta aportada por este estudio podría tenerse en cuenta para el planteamiento de nuevos ensayos clínicos que estudien la eficacia de estas exploraciones, pudiendo impulsar de esta forma una futura estandarización de los protocolos empleados, al igual que una posible estandarización de ecuaciones y valores de referencia para la excursión y grosor diafragmática en individuos sanos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

La pregunta de investigación a la que se intenta dar respuesta en este trabajo es:

“¿Cuál es el procedimiento de exploración ecográfica más confiable en personas con y sin patología respiratoria, en términos de menor variabilidad y heterogeneidad, para la realización de la valoración del músculo diafragma, considerando las variables más representativas a la luz de la literatura?”.

Esta pregunta de investigación sigue una estructura según el sistema PICO (Patient, intervention, comparison, outcome):

- **Patient:** Personas sometidas a evaluación diafragmática con o sin patología respiratoria.
- **Intervention:** Evaluación diafragmática mediante imagen ecográfica.
- **Comparison:** Procedimientos de evaluación diafragmática mediante ecografía, considerando las variables resultado (outcome).
- **Outcome:** Variables representativas de la función del diafragma: excursión, grosor del músculo, índices de engrosamiento del diafragma.
- **Study type:** Revisión bibliográfica.

## 4.2 OBJETIVOS

### 4.2.1 General

El objetivo general que se propone esta revisión es concretar y conocer qué tipo de procedimiento exploratorio podría proporcionar una menor variabilidad entre sujetos y mayor confiabilidad a los resultados de una medición por ecografía del músculo diafragma.

### 4.2.2 Específicos

Los objetivos específicos que se busca alcanzar con este trabajo son:

- Identificar cual es la vía de abordaje más adecuada para realizar con el transductor ecográfico en función del tipo de medición empleada.
- Determinar cuáles son las posiciones óptimas del paciente para la visualización ecográfica del diafragma, así como la existencia o no de variabilidad asociada a la posición.
- Determinar el/los patrones respiratorios adoptados en la medición del movimiento diafragmático y la existencia o no de variabilidad asociada a los diferentes patrones.
- Determinar que variable de medición ecográfica ofrece una mayor representatividad de la función diafragmática.
- Identificar que modalidad de imagen ecográfica es la más indicada para reproducir cada variable de medición.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Para llevar a cabo la búsqueda y selección de los artículos científicos analizados en el presente trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos de ámbito sanitario entre los meses de marzo y abril del año 2021.

Las bases de datos empleadas durante dicha búsqueda fueron: PubMed (MEDLINE), Cochrane Library, PEDro, Scopus, Web of Science.

### 5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

#### Criterios de inclusión

- Estudios en los que se practique una evaluación exploratoria de la función diafragmática mediante el uso de equipos ecográficos.
- Tipología de estudios que se incluyen: estudios observacionales, ensayos clínicos, estudios descriptivos transversales y protocolos publicados.
- Estudios en los que se describa con detalle el procedimiento de exploración por ecografía empleado.
- Investigaciones en las que se emplee, al menos, una de las variables consideradas en el componente “*Outcomes*” de la pregunta de investigación que propone este trabajo.
- Investigaciones realizadas en seres humanos con o sin patología respiratoria.
- Según la fecha de publicación, se incluyen estudios llevados a cabo a partir del año 2016 (últimos 5 años).
- Se incluyen artículos publicados en las siguientes lenguas: español, inglés, francés y portugués.

#### Criterios de exclusión

- Artículos de revisión, cartas, libros o editoriales.
- Estudios en los que la estrategia de evaluación del diafragma emplee otras herramientas diferentes a la ecografía.
- Estudios en los que se considere la intervención en pacientes con otras patologías diferentes a las respiratorias.
- Artículos de investigación no accesibles a su texto completo.
- Estudios de investigación no completados.

### 5.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Previamente a la búsqueda definitiva de los artículos empleados para esta revisión, se realizó una búsqueda con el objetivo de identificar la existencia de revisiones recientes que pudiesen dar respuesta a la pregunta de investigación desarrollada para este TFG. Durante esta búsqueda inicial se identificaron 3 revisiones (19–21) desde el año 2016 que se proponían reflejar la actualidad de la evaluación por imagen ecográfica sobre el músculo diafragma. Sin embargo, todas ellas continuaban llegando a la conclusión de que los protocolos existentes en la actualidad se caracterizaban por su gran heterogeneidad, mientras tanto se expresaba la necesidad de estandarización de este procedimiento a nivel mundial, dejando abierta la puerta a la realización de nuevas investigaciones.

Como ya se ha mencionado anteriormente, este trabajo de revisión se propone ir más allá de lo desarrollado en estas recientes revisiones, proporcionando una visión acerca de la variabilidad entre sujetos y qué factores del procedimiento exploratorio pueden influir en una mayor variabilidad, con el fin de determinar que técnica resulta más adecuada para llevar a cabo dichas evaluaciones.

Con carácter general, se emplearon los siguientes términos de búsqueda, los cuales se adaptaron en función de las diferentes bases de datos que se emplearon: “*diaphragm*”, “*diaphragm function*”, “*diaphragm thickness*”, “*diaphragm excursion*”, “*ultrasonography*”, “*ultrasound image*”, “*patient positioning*”, “*healthy human*”, “*diaphragm dysfunction*”, “*COPD*”.

A las búsquedas realizadas se les aplicó el filtro de obsolescencia, estimado en 5 años, por lo que se buscaron artículos publicados a partir de 2016. Además, se aplicaron filtros de idioma (inclusión de artículos en español, inglés, francés y portugués), de especie (inclusión de estudios realizados en humanos) y de tipología de los estudios (se excluyeron artículos de revisión, cartas, libros y editoriales). Una vez establecido el límite de las búsquedas con estos filtros, se realizó un cribado de los resultados en función de si cumplían o no con los criterios de inclusión establecidos.

#### 5.3.1 BÚSQUEDA EN PUBMED (MEDLINE).

En primer lugar, se realizó una primera búsqueda de estudios en la base de datos MEDLINE, a través de Pubmed, mediante el empleo de terminología del tesoro *Medical Subject Headings* (MeSH). Dicha búsqueda se refleja de forma concisa en la tabla II.

**Tabla II. Búsqueda avanzada con términos Mesh en PubMed.**

<b>ECUACIÓN DE BÚSQUEDA</b>	<b>FILTROS EMPLEADOS</b>	<b>RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS</b>
<p>((("Ultrasonography"[Mesh] OR "echography"[TIAB] OR "ultrasonography"[TIAB] OR "ultrasound image"[TIAB]) AND ("Diaphragm"[Mesh] OR "diaphragm function"[TIAB] OR "diaphragmatic function"[TIAB])) AND (("Movement"[Mesh] OR "Motion"[Mesh] OR "Posture"[Mesh] OR "Patient Positioning"[Mesh] OR "diaphragm thickness"[TIAB] OR "diaphragm thickening"[TIAB] OR "thickening fraction"[TIAB] OR "diaphragmatic motion"[TIAB] OR "diaphragm displacement"[TIAB] OR "diaphragm excursion"[TIAB]) AND ("Reference Values"[Mesh] OR "Biological Variation, Population"[Mesh]))) AND ("Healthy Volunteers"[Mesh] OR "healthy human"[TIAB])</p>	<p><b>Age:</b> 2016  <b>Languages:</b> english, spanish.  <b>Document type:</b> Journal Article, Clinical Trial, Clinical Trial Protocol, Randomized Controlled Trial.  <b>Species:</b> humans.</p>	<p>14 resultados.                      Seleccionados: 4 artículos.                      (4 duplicados).</p>

<p>((("Ultrasonography"[Mesh] OR "echography"[TIAB] OR "ultrasonography"[TIAB] OR "ultrasound image"[TIAB]) AND ("Diaphragm"[Mesh] OR "diaphragm function"[TIAB] OR "diaphragmatic function"[TIAB])) AND (("Movement"[Mesh] OR "Motion"[Mesh] OR "Posture"[Mesh] OR "Patient Positioning"[Mesh] OR "diaphragm thickness"[TIAB] OR "diaphragm thickening"[TIAB] OR "thickening fraction"[TIAB] OR "diaphragmatic motion"[TIAB] OR "diaphragm displacement"[TIAB] OR "diaphragm excursion"[TIAB]) OR ("Reference Values"[Mesh] OR "Biological Variation, Population"[Mesh]))) AND ("Pulmonary Disease, Chronic Obstructive"[Mesh] OR "Respiratory Tract Diseases"[Mesh] OR "Respiration Disorders"[Mesh] OR "respiratory disease"[TIAB] OR "respiratory illness"[TIAB] OR</p>	<p><b>Age:</b> 2016  <b>Languages:</b> spanish, english.  Document type: Journal Article, Clinical Trial, Clinical Trial Protocol, Randomized Controlled Trial.  <b>Species:</b> humans.</p>	<p>64 resultados.  Seleccionados: 3 artículos (3 duplicados).</p>
---	--	---

"respiratory disorder"[TIAB] OR "respiration disease"[TIAB] OR "respiration disorder"[TIAB] OR "COPD"[TIAB] OR "diaphragm dysfunction"[TIAB])		
---	--	--

### 5.3.2 BÚSQUEDA EN COCHRANE LIBRARY.

A continuación, en la tabla III se especifica la búsqueda realizada en Cochrane Library.

**Tabla III. Búsqueda avanzada en Cochrane Library.**

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	FILTROS EMPLEADOS	RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS
(MeSH descriptor: [Ultrasonography] OR "ecography") AND (MeSH descriptor: [Diaphragm] OR "diaphragm function" OR "diaphragm thickness" OR "diaphragmatic motion")	<b>Publication Year:</b> from 2016 to 2021 <b>Content type:</b> trials.	16 resultados. Seleccionados: 1 artículos.
(MeSH descriptor: [Diaphragm] OR "diaphragm function" OR "diaphragm thickness" OR "diaphragmatic motion") AND (MeSH descriptor: [Pulmonary Disease, Chronic Obstructive] OR "COPD")	<b>Publication Year:</b> from 2016 to 2021 <b>Content type:</b> trials.	10 resultados. Seleccionados: 0 artículos.

### 5.3.3 BÚSQUEDA EN PEDRO.

Se realizó también, una búsqueda de información en la principal base de datos relacionada con la fisioterapia, PEDro, resumiendo la estructura de esta búsqueda en la tabla IV.

**Tabla IV. Búsqueda avanzada y simple en PEDro.**

<b>ECUACIÓN DE BÚSQUEDA</b>	<b>FILTROS EMPLEADOS</b>	<b>RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS</b>
Abstract & Title: "ultrasonograph*" AND Topic: "chronic respiratory disease"	<b>Published since:</b> 2016	3 resultados. Seleccionados: 0 artículos.
Abstract & Title: "diaphragm*" AND Topic: "chronic respiratory disease"	<b>Published since:</b> 2016	20 resultados. Seleccionados: 0 artículos.
"Chronic Obstructive Pulmonary Disease" AND "Ultrasonography"		5 resultados. Seleccionados: 0 artículos.
"Ultrasonography" AND "Diaphragm"		8 resultados. Seleccionados: 0 artículos.

### 5.3.4 BÚSQUEDA EN SCOPUS.

La base Scopus se empleó también para complementar la búsqueda de información. En la tabla V se detalla la estructura de la búsqueda.

**Tabla V. Búsqueda avanzada en Scopus.**

<b>ECUACIÓN DE BÚSQUEDA</b>	<b>FILTROS EMPLEADOS</b>	<b>RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS</b>
(TITLE-ABS-KEY ("ultrasonography" OR "echography" OR "ultrasound image") AND TITLE-ABS-KEY ("diaphragm" OR "diaphragmatic function" OR "diaphragm thickness" OR "diaphragm excursion" OR "diaphragmatic motion" ) AND TITLE-ABS-KEY ("COPD" OR "diaphragm	<b>Age:</b> 2016 <b>Languages:</b> french, english. <b>Exclude (type documents):</b> letters, reviews.	101 resultados. Seleccionados: 10 artículos (1 duplicado).

dysfunction" OR "healthy human" OR "healthy volunteer" ) )		
--	--	--

### 5.3.5 BÚSQUEDA EN WEB OF SCIENCE.

Por último, en la tabla VI se expresa la búsqueda llevada a cabo en la base de datos Web of Science.

**Tabla VI. Búsqueda avanzada en Web of Science.**

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	FILTROS EMPLEADOS	RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS
TI=("ultrasonography" AND "diaphragm")	<b>Age:</b> last 5 years. <b>Lenguages:</b> (English OR French OR Portuguese OR Spanish) <b>Document types:</b> Article	23 resultados. Seleccionados: 2 artículos.

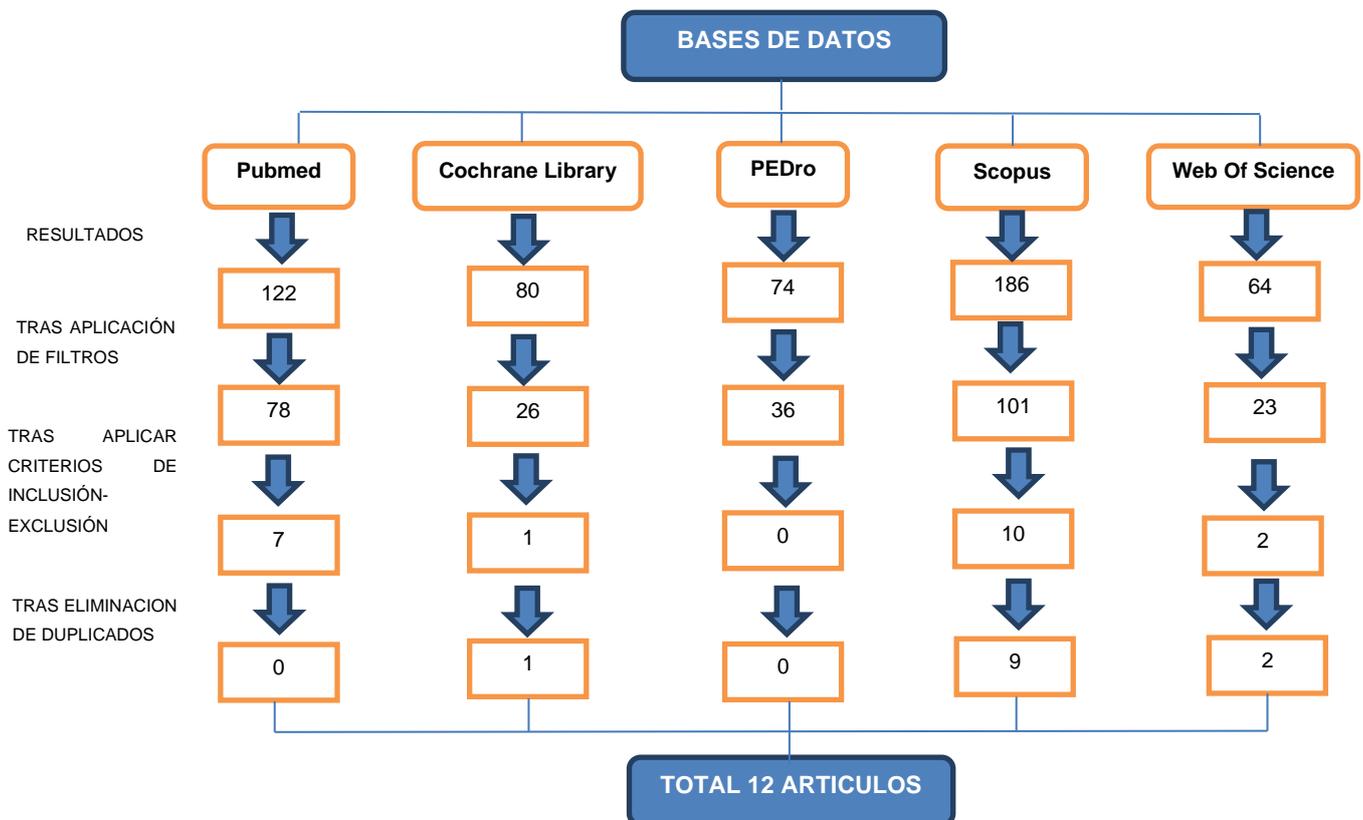
### 5.4 GESTIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA LOCALIZADA

Durante la realización de este trabajo de revisión bibliográfica se empleó el gestor Zotero, utilizado para la elaboración de las citas y referencias bibliográficas. La bibliografía manejada se citó y referenció siguiendo el estilo Vancouver, cumpliendo así con las especificaciones establecidas para la elaboración del TFG.

### 5.5 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Una vez realizadas las búsquedas de documentos en las respectivas bases de datos mencionadas, se siguió el siguiente proceso de filtración para seleccionar los artículos definitivos para la revisión (Ilustración I):

Ilustración I. Diagrama de flujo para la selección final de artículos.



## 5.6 VARIABLES DE ESTUDIO

De los artículos que se han seleccionado, se analizaron los siguientes factores:

- Características de la muestra de participantes:
  - Tipo de patología respiratoria (o ausencia).
  - Sexo.
  
- Características de los equipos de exploración:
  - Tipo de sonda o transductor empleado y frecuencia de exploración.
  - Modalidad de imagen (Modo M o Modo B).
  
- Variabilidad de las variables ecográficas:
  - Excursión diafragmática (cm).
  - Grosor del diafragma (cm).
  - Engrosamiento del músculo (%).

- Protocolo seguido durante la exploración:
  - Abordaje con la sonda ecográfica.
  - Región del músculo evaluada.
  - Posición del paciente.
  - Profundidad de la respiración o volúmenes inspiratorios solicitados.
  - Número de maniobras realizadas.

**Tabla VII. Síntesis de las variables de estudio.**

VARIABLES DE ESTUDIO	ASPECTOS ANALIZADOS
Excursión del diafragma	Variabilidad intersujeto. Relación con otras variables (función pulmonar, etc.).
Grosor del diafragma	Variabilidad intersujeto. Relación con otras variables (función pulmonar, etc.).
Engrosamiento del diafragma	Variabilidad intersujeto. Relación con otras variables (función pulmonar, etc.).
Abordaje con la sonda ecográfica.	Referencias anatómicas para su colocación, espacio intercostal empleado, orientación de la sonda.
Región del músculo evaluada.	Región dónde se sitúa el calibre para realizar la medición correspondiente.
Posición del paciente.	Decúbito supino (grados de inclinación del cabecero), sedestación, bipedestación. Variabilidad de las variables ecográficas asociada a la posición.
Profundidad de la respiración o volúmenes inspiratorios solicitados.	VT, capacidad pulmonar total (CPT), inspiración profunda (no máxima). Variabilidad de las variables ecográficas asociada a la profundidad de la respiración.
Número de maniobras realizadas.	Nº de maniobras, se promedian las mediciones, se toma la más alta, etc.

## 5.7 NIVELES DE EVIDENCIA

La totalidad de los artículos seleccionados y analizados en este trabajo se caracterizan por ser estudios observacionales. A esta tipología de estudios de investigación, habitualmente se les otorga un nivel de evidencia inferior a la que presentan los ensayos clínicos, ya que el propio diseño del estudio puede favorecer la aparición de información sesgada, lo que

puede limitar la validez de los resultados obtenidos y su extrapolación a la práctica clínica diaria (22,23).

Si bien es cierto, los estudios observacionales son de interés para observar y registrar una determinada situación o fenómeno, sin intención de intervenir sobre él, y su diseño difiere sustancialmente de un ensayo clínico. Es por esto, que conveniente analizar su calidad metodológica con el fin de darles una mayor o menor importancia a la hora de analizar sus respectivos resultados y conclusiones, cerciorándose de que responden a los criterios recomendados para su elaboración.

Dado que la aplicabilidad de las escalas habituales para el análisis de la calidad metodológica (por ejemplo, la escala PEDro o la escala OXFORD) están diseñadas para su aplicación en ensayos clínicos, se ha optado por evaluar esta calidad en base a la comparación con la guía propuesta por la iniciativa STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology).

La guía STROBE es una herramienta cuya finalidad radica en estandarizar una estructura o metodología de estudio común para los estudios de carácter observacional. Se compone de 22 ítems organizados según la estructura IMRD de los artículos científicos (Introducción, metodología, resultados y discusión). (24) En el Anexo II se resumen los puntos esenciales que marca la iniciativa STROBE para la elaboración de estudios de carácter observacional, mientras que en Anexo III se realiza la comparación de estos criterios con la estructura de los estudios empleados para esta revisión, con el fin de otorgar una mayor relevancia a los artículos que respeten en mayor medida estas indicaciones.

Tras realizar la comparación de los puntos esenciales, se identificó 1 estudio que cumplió con el 90% de los criterios (25), 2 estudios que cumplieron el 86% (26,27) y 1 que cumplió el 82% (28). De los 8 estudios restantes, 5 cumplieron con un 77% de los puntos esenciales (29–33), mientras que los otros 3 presentaron un porcentaje de 72% (34) y 68% (35,36), respectivamente.

## 6. RESULTADOS

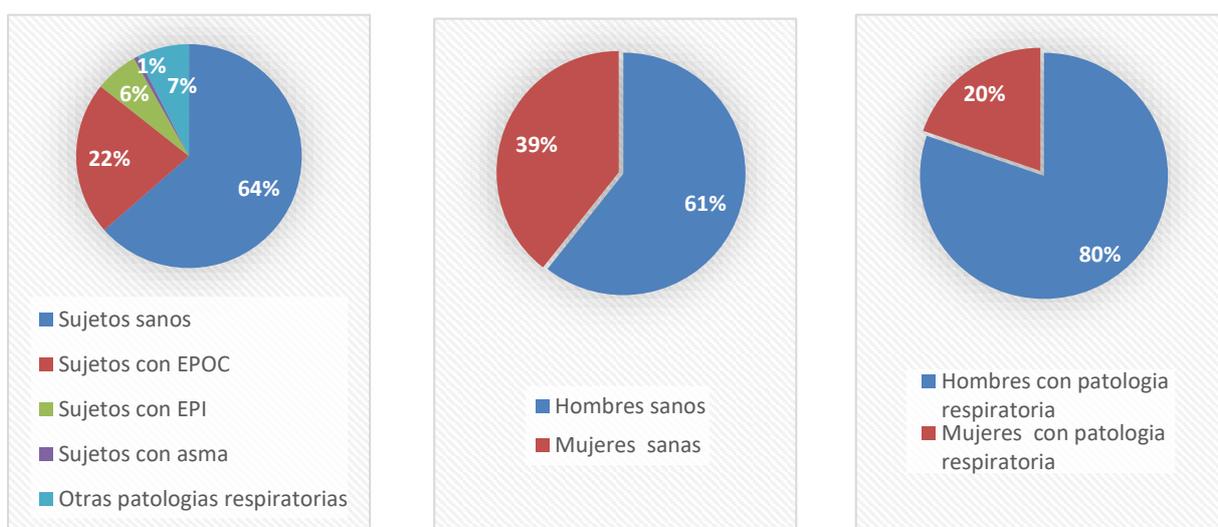
### 6.1 TIPOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS.

En esta revisión se analizaron un total de 12 estudios, entre los que se encontraron 10 estudios observacionales transversales, 1 estudio de casos y controles y 1 estudio de cohortes prospectivo controlado.

### 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE PARTICIPANTES.

La muestra completa de participantes estudiados fue de 776 personas, entre los que se incluyen 493 participantes voluntarios considerados “sujetos sanos”, 172 pacientes que presentaron EPOC, 48 pacientes que presentaron un diagnóstico de enfermedad pulmonar intersticial (EPI), 5 sujetos con asma y 58 con otro tipo de patología respiratoria. Entre los sujetos sanos se encontró una predominancia del sexo masculino (299 varones) frente al femenino (194 mujeres), al igual que entre los pacientes que tenían diagnóstico de alguna patología respiratoria (228 hombres frente a 56 mujeres). En la Ilustración II, podemos ver de forma resumida los porcentajes de pacientes con una patología respiratoria específica (o su ausencia) que se incluyeron en los artículos analizados, así como los porcentajes de sujetos de cada sexo entre los participantes sanos y entre los que presentaron patología respiratoria:

**Ilustración II. Diagrama de sectores sobre la condición de salud de los sujetos y los porcentajes de hombres/mujeres.**



### 6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE EXPLORACIÓN.

El tipo de sonda ecográfica empleada varió en función a la medición realizada, empleándose una sonda cóncava en el 100% de los casos en los que se quiso medir la excursión diafragmática y un transductor lineal en el 100% de los estudios que evaluaron el grosor o el engrosamiento diafragmático. Las frecuencias utilizadas presentaron una amplia variabilidad, aunque se mantuvieron frecuencias bajas (mínimo 1MHz y máximo 5MHz) cuando la sonda empleada era cóncava, y frecuencias algo más elevadas en los casos en los que se empleó una sonda lineal (mínimo 5MHz y máximo 18MHz). Así mismo, 5 estudios utilizaron sondas con una frecuencia fija, mientras que los 7 restantes utilizaron sondas con un rango de frecuencia variable.

En cuanto al tipo de imagen empleada para realizar las mediciones, únicamente 2 estudios emplearon el modo M para la medición de grosor (27,29) y otros 2 emplearon el modo B para la excursión (29,36), mientras que otros (26,30,32,34) emplearon este modo simplemente para localizar, en primera instancia, la región del músculo a evaluar. El resto de los artículos siguieron la alternativa convencional (MM para excursión y BM para el grosor). Además, uno de los estudios (29) se propuso investigar las diferencias que existían al evaluar tanto la excursión como el grosor en los modos B y M sobre sujetos de UCI, resultando factibles ambas propuestas tanto para la excursión como para el grosor, excepto para la evaluación del grosor del diafragma en inspiración durante la respiración tidal.

### 6.4 RESULTADOS EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

A continuación, se describen los resultados encontrados en relación con las variables de estudio que se propone analizar esta revisión y que han sido descritas en el apartado anterior. En primer lugar, se exponen los resultados en relación con la variabilidad de las mediciones ecográficas seleccionadas, la cual se ha estimado a través del coeficiente de variación, empleando la siguiente fórmula:  $\frac{\text{desviación estándar (cm)} \times 100}{\text{valor medio de la medición (cm)}}$ .

- **Excursión diafragmática (DE):** fueron en total 8 artículos los que utilizaron esta medición durante el estudio (25–27,29,30,32,34,36). De forma general, entre los sujetos sanos se puede observar una alta heterogeneidad en las mediciones de la excursión, tanto en los hombres como en las mujeres, llegando a presentar una variabilidad de un 35,67% entre los hombres (25) y un 31,29% entre las mujeres (25) durante la respiración a VT. Sin embargo, cuando los sujetos manejan volúmenes

inspiratorios más elevados, la variabilidad en la medida parece ser menor que durante la respiración corriente en ambos sexos, además de observarse, aparentemente, una mayor heterogeneidad entre las mujeres, quienes presentaron un máximo del 24% de variabilidad (34), frente a un 21,4% entre los sujetos varones (25). En cuanto a la amplitud de la excursión, las mediciones oscilaron entre 1,52-2,03 cm de media en VT y 6,93-9,07 cm tras una inspiración profunda para los hombres, mientras que en las mujeres fluctuaron entre 1,41-1,51 cm y 5,54-7,48 cm, respectivamente, observándose una mayor amplitud entre los sujetos varones.

Entre los sujetos con patología respiratoria, por el contrario, se observó una clara disminución de la excursión con respecto a los sanos, sobre todo tras una inspiración a volumen máximo (CPT), presentando 1,4-1,8 cm durante VT y 2,1-4,46 cm durante una inspiración máxima. La variabilidad entre estos sujetos parece ser mayor que entre las personas con ausencia de patología, presentando un 38,8% y un 37,2% de variabilidad durante la respiración a CPT y VT, respectivamente, pudiendo observar, al contrario que entre los sujetos sanos, una variabilidad muy similar durante VT y CPT. Cabe destacar que, según *Spiesshoefer et al.* (25) la amplitud de la excursión se correlacionó de forma moderada con los valores de la presión inspiratoria máxima (PIM) y presión espiratoria máxima (PEM) y con la capacidad vital forzada (CVF), siendo la relación con este último parámetro, respaldada por las investigaciones de *Cardenas, Santana y Scarlata* (30,32,34).

- **Grosor del diafragma (Tdi):** se evaluó en 9 de los 12 artículos incluidos (25,27–29,31–33,35,36) siendo la medición ecográfica más empleada. Entre los sujetos sanos no parece encontrarse una mayor heterogeneidad en un determinado sexo, siendo la variabilidad observada entre los sujetos varones de un 36,36% evaluada a capacidad residual funcional (CRF) y de 26,98% durante CPT, mientras que en las mujeres fue un 27,7% y 36,17%, respectivamente. Los sujetos varones presentaron valores de grosor diafragmático de 0,18-0,22 cm evaluado durante el reposo (CRF) y de 0,55-0,63 cm durante CPT, mientras que las mujeres oscilaron entre 0,13-0,18 cm y 0,47-0,48 cm de media, respectivamente. Observamos, por lo tanto, un mayor grosor del músculo entre los sujetos varones sobre todo a CPT. A volúmenes pulmonares altos (cerca de CPT) parece conseguirse también una menor heterogeneidad, principalmente entre los sujetos varones, llegando a presentar solo un 9,37% de variabilidad en el estudio de *Okura et al.* (31).

Por otra parte, entre los sujetos con patología se han obtenido valores entre 0,17-0,24 cm en CRF y 0,3-0,35 cm para CPT, presentando una variabilidad de 29,41% (27) y 25,71% (29) como máximo, respectivamente. *Okura et al.* (31) concluyeron que el grosor a CPT en sujetos con EPOC es significativamente inferior a los valores observados en sujetos sin patología respiratoria, algo que también se observó entre los pacientes con EPI (32), pese a presentar valores más elevados en CRF.

Por otro lado, el estudio realizado por *Spiesshoefer et al.* (25) expone que los valores de la PIM tienen una correlación débil con el grosor a CPT.

- **Engrosamiento del músculo:** esta medición, habitualmente expresada por la fracción de engrosamiento ( $TF = \frac{(T_{diCPT} - T_{diCRF}) \times 100}{T_{diCRF}}$ ), se utilizó en 7 de los estudios (25,27,29–32,35). Entre los artículos revisados solo se encontraron 2 que examinaron las diferencias de esta medida entre los diferentes sexos, (25,30) reflejando la existencia de una tasa de engrosamiento y una TF más elevada entre los participantes varones. La variabilidad en cuanto a la amplitud de esta medida parece oscilar ampliamente entre los diferentes estudios analizados, presentando un engrosamiento de entre 131% (32) y 204% (30) dependiendo del estudio. Así mismo, la variabilidad de la propia medida en un mismo estudio parece diferir ampliamente, oscilando entre un 30,34% (30) y 41,9% (31).

En el caso de los sujetos con presencia de patología, el estudio de *Okura et al.* (31) investigó la diferencia de engrosamiento (TF) entre sujetos con EPOC y sujetos sanos, obteniendo una diferencia significativa a favor de los voluntarios sanos (mayor fracción de engrosamiento). Esto se ha confirmado también por las investigaciones de *Santana* (32) y *Rittyamai* (27), donde las TF obtenidas fueron entre 62%-65,3%, observándose así, una amplia disminución con respecto a los participantes sanos.

A continuación, se procede con la descripción de las características de la propia técnica de exploración empleada por los diferentes estudios, analizándose los siguientes aspectos:

- **Abordaje con la sonda ecográfica:** el tipo de abordaje empleado dependió de la medición que se quería realizar. Para la medición de la excursión diafragmática, el más utilizado tomó como referencia la línea axilar anterior y la línea medio clavicular,

posicionando la sonda ecográfica de forma transversal entre ellas, aunque en algunos artículos se posicionó directamente sobre la línea axilar anterior (26) o sobre la línea medio-clavicular (29,34).

En relación con la medición del grosor, se emplearon preferentemente los espacios intercostales entre el 8º y el 10º siguiendo un criterio de visibilidad para su elección (de forma individual en cada sujeto), posicionando la sonda longitudinalmente sobre estos entre las líneas axilar anterior y axilar media, aunque algún estudio se decantó por colocarla directamente sobre la línea axilar media (33) o sobre la axilar anterior (28,35). Una vez colocada, se dirigió el haz de ultrasonidos hacia craneal, medial y dorsalmente al cuerpo del sujeto, de forma que incidiese perpendicularmente al 1/3 posterior del hemidiafragma. Todas las evaluaciones de estos artículos se realizaron sobre el hemidiafragma derecho, ya que es el que ofrece una ventana acústica mayor gracias al tamaño del hígado.

- **Región del músculo evaluada:** únicamente 5 estudios informaron sobre el lugar donde situaban el cursor electrónico para realizar las mediciones del grosor. Los estudios tomaron como medida la distancia entre el borde más profundo de la línea hiperecoica peritoneal y el borde superficial de la línea hiperecoica pleural (25,31,32). El estudio de *Hellyer et al.* (35), además, aporta que se realice en el lugar donde las fibras del músculo sean paralelas, lo más cerca posible de la cara caudal de la costilla. Por otro lado, a diferencia del resto de estudios, *Cardenas et al.* (30) tomaron como medición desde la mitad de la línea peritoneal hasta la mitad de la pleural.
- **Posición del paciente:** la posición más seleccionada por los evaluadores fue en decúbito supino y semifowler, limitando a 2 los estudios que evaluaron el diafragma en sedestación (26,35) o en bipedestación (35,36). *Hellyer et al.* (35) se propuso investigar las diferencias de variabilidad en la medición del grosor en sujetos sanos en tres posiciones distintas: decúbito supino, sedestación y bipedestación. En él, se observó que el grosor diafragmático en reposo (o CRF) y tras llegar a CPT fue mayor en las posturas erguidas frente al decúbito supino, mientras que en *Kuo et al.* (36) se observaron excursiones mayores en posición supina que en bipedestación. Según este estudio, la medición de la excursión presenta, aparentemente, una mayor variabilidad en una posición de pie que en decúbito supino empleando VT, presentando un 41,6% y 32,9%, respectivamente.

La variabilidad durante la respiración profunda, sin embargo, se presentó muy similar entre ambas posturas, aunque más reducida que empleando VT (23,07% de pie y 27,93% en supino).

- **Profundidad de la respiración:** el volumen respiratorio adoptado por el paciente fue muy variable entre los diferentes artículos, registrando generalmente mediciones a diferentes volúmenes pulmonares en un mismo estudio. Algunas investigaciones, además, no concretaron la profundidad exacta de la respiración.

Según los resultados expuestos por *Spiesshoefer et al.* (25), la amplitud de la excursión parece aumentar a medida que aumenta la profundidad del patrón respiratorio. Tal como se expresó previamente, las mediciones de la excursión y el grosor parecen presentar una mayor variabilidad a volúmenes pulmonares más pequeños (VT) entre los sujetos con ausencia de patología respiratoria.

- **Número de maniobras realizadas:** la mayor parte de los estudios optó por emplear 3 mediciones de la variable ecográfica a evaluar, tomando posteriormente el promedio de estas 3 mediciones como valor final de la variable en cada sujeto.

Tabla VIII. Tabla resumen de los artículos incluidos en la revisión.

AUTOR Y AÑO DE PUBLICACIÓN	TIPO DE ARTICULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	INTERVENCIÓN	VARIABLES ESTUDIADAS	RESULTADOS
<b>Spiesshoefer et al. 2020 (25)</b>	<b>Estudio observacional transversal</b>	Determinar límites inferiores de normalidad (LIN) para la excursión y el grosor del diafragma en sujetos sanos. Explorar asociación entre pruebas voluntarias de fuerza de músculos respiratorios y los parámetros de la ecografía del diafragma.	70 sujetos sanos (25 hombres, 45 mujeres) entre 17-78 años (media de edad= 34 ± 13).	Sonda cóncav (3,5MHz) para medir excursión. Abordaje subcostal entre líneas axilar anterior y media clavicular.  Sonda lineal (10MHz) para medir grosor. Línea axilar posterior entre el 8º y 10º espacio intercostal.  3 mediciones (cálculo de valor medio). Hemidiafragma derecho.	Amplitud y velocidad de excursión diafragmática a VT, maniobra de olfateo e inspiración máx. desde CRF; grosor diafragmático en CRF y CPT; relación de engrosamiento (Tdi-CPT/Tdi-CRF); fracción de engrosamiento.	La excursión ↑ a medida que se pedía una profundidad de la respiratoria. En CPT la excursión fue ↑ en sujetos varones. El grosor del diafragma en los varones fue significativamente ↑ que en las mujeres. La TF no diferenció entre géneros.
<b>Hellyer et al. 2017 (35)</b>	<b>Estudio observacional transversal</b>	Examinar si las medidas del grosor del diafragma tomadas entre 2 volúmenes pulmonares diferentes difieren en 3 posturas corporales (supino, sedestación y bipedestación) distintas en sujetos sanos.	24 sujetos sanos (12 hombres, 12 mujeres) entre 22 y 35 años.	Transductor lineal (8MHz). Abordaje utilizando línea axilar anterior del lado derecho. Se elige el espacio intercostal en función de la visibilidad del músculo (8º-9º).  Medición: región donde las fibras eran paralelas. 3 mediciones (mismo observador cegado).	Grosor del diafragma en CRF y CPT; relación de engrosamiento (Tdi-CPT/ Tdi-CRF); coeficientes de correlación intraclase (ICC).  Todas las medidas se tomaron en decúbito supino, sedestación y bipedestación.	Los ICC intraobservador fueron ↓ en posición supina con 0,95 en CRF y 0.93 en CPT. El grosor en CRF fue ↑ en sedestación y de pie que en la posición supina, aprox. un 30%. A CPT también fue ↑, un 21% más en sedestación y un 26% más de pie. La relación de engrosamiento no difirió entre posiciones.

<p><b>Kalin &amp; Gürsel</b> <b>2020</b> <b>(29)</b></p>	<p><b>Estudio observacional transversal</b></p>	<p>Comparar los modos de ecografía MM y BM en las mediciones de grosor y excursión diafragmática en los sujetos de la UCI.</p>	<p>62 sujetos <math>\geq</math> 18 años ingresados en UCI. 17 eran mujeres (27%). 25 recibieron ventilación mecánica invasiva (VMI) (40%), 14 sujetos recibieron ventilación mecánica no invasiva (VMNI).</p>	<p>Sonda cónvex (1-5MHz) para excursión. Debajo del margen subcostal derecho en la línea media clavicular.  Sonda lineal (7,5-10MHz) para grosor. Entre las líneas axilar anterior y medio axilar para observar ZOA.  Todas las mediciones se hicieron con MM y BM en posición semifowler.</p>	<p>Grosor del diafragma en CRF, VT (inspiración) y CPT; fracción de engrosamiento durante VT y esfuerzo inspiratorio máximo; excursión a VT e inspiración máxima desde CRF; índice de correlación interobservador (los evaluadores estaban cegados entre ellos).</p>	<p>No hubo diferencia significativa entre los resultados de medición de MM y BM, salvo en el grosor inspiratorio durante VT, que varió entre MM y BM, pero no se detectó sesgo en la medición.</p>
<p><b>Kuo et al.</b> <b>2018</b> <b>(36)</b></p>	<p><b>Estudio observacional transversal</b></p>	<p>Utilizar un algoritmo de seguimiento de imágenes por ultrasonido (UITA) para rastrear el movimiento del diafragma y revelar los valores de excursión diafragmática en tiempo real.</p>	<p>40 sujetos sanos entre 19 y 27 años (edad media <math>22,2 \pm 2,1</math> años).</p>	<p>Sonda cónvex (3,5MHz). Abordaje subcostal derecho entre las líneas medioclavicular y axilar anterior, marcando con cinta el punto de exploración. Se calcula el punto más bajo del diafragma en la imagen para tomarlo como punto de medición para la excursión.</p>	<p>Excursión del diafragma en decúbito supino y bipedestación (durante VT y tras esfuerzo inspiratorio máximo desde CRF).</p>	<p>La excursión diafragmática en la posición de pie resultó ser <math>\downarrow</math> (alrededor de un 30%<math>\downarrow</math>) de la medida en posición supina.  No hay diferencias significativas entre los dos intentos de mediciones por el mismo evaluador (C. Pearson= 0.998) lo que indica buena reproducibilidad.</p>
<p><b>Cardenas et al.</b> <b>2018</b></p>	<p><b>Estudio observacional transversal</b></p>	<p>Investigar la influencia del sexo en la excursión y grosor del diafragma; caracterizar las relaciones entre la</p>	<p>64 voluntarios sanos (34 mujeres con edad media <math>48,0 \pm 16,7</math>, 30 hombres con</p>	<p>Sonda cónvex (2-5MHz) para excursión. Abordaje subcostal anterior derecho entre las líneas medioclavicular y axilar</p>	<p>Excursión diafragmática durante VT y tras esfuerzo inspiratorio máximo; grosor del diafragma a CRF y CPT;</p>	<p>Se encontraron valores más <math>\uparrow</math> para los sujetos varones en cuanto a movilidad, grosor y TF a CPT.</p>

<b>(30)</b>		excursión y el grosor evaluados por ultrasonido y la fuerza de los músculos inspiratorios en hombres y mujeres sanos; obtener los valores medios y el LIN ambos sexos para estas variables.	edad media 44,0 ± 16,3).	anterior.  Sonda lineal (6-13MHz) para grosor. Abordaje sobre ZOA entre las líneas axilar anterior derecha y medial.  Se tomó el valor promedio de 3 mediciones en posición semifowler (45º inclinación).	fracción de engrosamiento diafragmático.	
<b>Carrillo-Esper et al. 2016 (28)</b>	<b>Estudio descriptivo transversal</b>	Estandarizar valores de grosor del diafragma en reposo en un grupo de sujetos sanos, establecer si existe una relación del grosor con datos demográficos como sexo, índice de masa corporal (IMC) y circunferencia del tórax.	109 sujetos sanos (55 hombres y 44 mujeres) de edad media 25.8 ± 6.52 años.	Transductor lineal (10,5MHz) sobre línea axilar anterior con la sonda abarcando dos costillas. Se emplearon los espacios intercostales 8º o 9º para la mejor visualización del músculo. En cada imagen se midió el grosor desde el centro de la línea pleural hasta el centro de la línea peritoneal. Se tomó el promedio de 3 mediciones.	Grosor del diafragma a CRF (reposo respiratorio) medido en decúbito supino.	Se estableció la existencia de una diferencia significativa en el grosor diafragmático entre sexos, resultando mayor en los varones (0.18 ± 0.04 cm en hombres, 0.13 ± 0.03 cm en mujeres). La mediana en el grosor para los hombres fue igual a la media, mientras que para las mujeres fue 0.14, lo que refleja homogeneidad en el grosor y confiabilidad.
<b>Okura et al. 2020 (31)</b>	<b>Estudio observacional transversal</b>	Evaluar el grosor y el engrosamiento del diafragma en pacientes con EPOC en comparación con los valores correspondientes en	38 varones con EPOC (72 ± 8 años), 15 voluntarios sanos varones más jóvenes (22 ± 1 años de edad) y	Transductor lineal (18-5MHz) colocado en 8º o 9º espacio intercostal derecho entre la línea anteroaxilar y media axilar. Se midió con un calibre electrónico la distancia desde el borde	Grosor del diafragma a CRF, CPT y VR; engrosamiento diafragmático % entre el grosor a CPT y el grosor a VR.	El grosor en CPT y el % de engrosamiento fueron significativamente ↓ en los EPOC que en ambos grupos sanos, mientras que no hubo diferencia entre en los grupos sanos. El grosor en CRF y VR

		adultos sanos más jóvenes y mayores.	15 mayores sanos (72 ± 5 años de edad).	profundo del peritoneo hasta el borde superficial de la pleura.		fueron casi iguales en los tres grupos. La confiabilidad test-re-test examinada por ICC se consideró buena (0.907 para el grosor en CPT, 0.958 para CRF, 0.945 para VR).
<b>Jones et al. 2017 (26)</b>	<b>Estudio prospectivo aleatorizado cegado por evaluador</b>	Investigar el efecto de la técnica de "control de la respiración" en la excursión diafragmática en individuos adultos jóvenes sanos.	20 estudiantes de fisioterapia entre 18-22 años; 10 con conocimiento de la técnica de control respiratorio (Grupo intervención) y 10 sin (Grupo control).	Sonda cóvex (2-4MHz) a lo largo del espacio subcostal derecho en la línea axilar anterior. Se marcaron los puntos inspiratorio y espiratorio durante la respiración espontánea, siendo la distancia entre ambos la excursión. Se realizaron dos mediciones.	Excursión diafragmática antes y después de ejercicio, medido en sedestación durante respiración a VT y respiración espontánea tras el ejercicio (grupo intervención utiliza control respiratorio).	La movilidad diafragmática ↑ en respuesta al ejercicio, pero con la aplicación de "control respiratorio", se mantuvo una mayor excursión posterior al ejercicio en comparación con el grupo de control. El valor de correlación intra-observador en ICC fue de 0,83, reflejando una medición fiable.
<b>Santana et al. 2016 (32)</b>	<b>Estudio de casos y controles</b>	Identificar cómo se comporta el diafragma en términos de excursión y grosor en sujetos con enfermedad pulmonar intersticial (EPI) en comparación con sujetos adultos sanos.	40 pacientes con EPI de edad media 55 ± 11 años (23 hombres y 17 mujeres) y 16 voluntarios sanos de edad media 55 ± 15 (8 hombres y 8 mujeres).	Sonda cóvex (2-5MHz) para excursión. Región subcostal anterior entre las líneas medioclavicular y axilar anterior.  Sonda lineal (6-13MHz) para grosor. Sobre la ZOA, cerca del ángulo costo-frénico, entre las líneas axilar anterior y medial derecha.	Excursión diafragmática durante VT y esfuerzo inspiratorio máximo; grosor a CRF y CPT, fracción de engrosamiento.  Mediciones en posición semifowler.	Durante la respiración profunda, el grado de excursión fue menor en los pacientes que en los controles. El grosor del en CRF fue significativamente mayor en los pacientes que en los controles, a diferencia del grosor en CPT, que fue significativamente menor en los pacientes, lo que resultó en una fracción de

				Se toma valor promedio de tres mediciones.		engrosamiento menor.
<b>Dhungana et al. 2017 (33)</b>	<b>Estudio observacional prospectivo</b>	Evaluar la reproducibilidad de la medición del grosor del diafragma por ecografía en pacientes con ventilación mecánica invasiva.	64 pacientes (45 hombres y 19 mujeres) con ventilación mecánica invasiva (edad media 54,5 ± 15,3 años).	Sonda lineal (5-10MHz). Se colocó en el 8º o 9º espacio intercostal derecho con una orientación vertical en la línea axilar media. Se tomaron tres medidas del grosor y se promediaron. En 10 sujetos aleatorios se volvió a medir por un segundo evaluador cegado a los 1ºs resultados.	Grosor del diafragma a CRF medido en decúbito supino (0º de inclinación); variabilidad intraobservador e interobservador de las mediciones.	El ICC de variabilidad intraobservador fue 0,986 (IC 95%: 0.979-0.991). El ICC de variabilidad interobservador fue de 0,987 (IC 95%: 0,949-0,997).
<b>Scarlata et al. 2018 (34)</b>	<b>Estudio observacional prospectivo</b>	Evaluar la amplitud de excursión del diafragma en decúbito supino, la concordancia intra e interobservador y las correlaciones de datos antropométricos con la variabilidad del movimiento del diafragma.	100 voluntarios sanos (49 varones, 51 mujeres) de edad media 40,1 ± 14,9.	Sonda cóvex (2,5-3,5MHz). Se colocó a la derecha y anterior a la línea medio-clavicular, tomando la vesícula biliar y la vena cava inferior como puntos de referencia para obtener una sección transversal con modo B. Se empleó el modo M para obtener mediciones más precisas, realizando 3 mediciones en cada exploración.	Excursión diafragmática a VT y tras esfuerzo inspiratorio máximo; variabilidad intra-observador (el mismo evaluador examinó 2 veces a los sujetos) e inter-observador de las mediciones (se pidió a los sujetos que se sometieran a 2 mediciones más cada semana).	El grado de acuerdo intra e interobservador en las 3 medidas fue elevado durante la respiración a VT y profunda, con un ICC intraobservador de 0,797 y 0,900, respectivamente y un ICC interobservador de 0,632 y 0,778. La excursión diafragmática difirió significativamente en función del sexo (hombres: 20,3 ± 5,7; mujeres: 15,1 ± 3,7 mm).

<p><b>Rittayamai et al.</b> <b>2020</b> <b>(27)</b></p>	<p><b>Estudio de cohortes prospectivo controlado</b></p>	<p>Comparar la actividad, función y reserva de fuerza del diafragma entre pacientes con EPOC y controles sanos.</p>	<p>80 pacientes con EPOC estable (77 hombres, 3 mujeres) y 20 controles sanos (20 hombres) con una edad mediana de 71 años [65-77].</p>	<p>Sonda lineal (15 MHz) para grosor. Entre el 8º y 10º espacios intercostales y entre la línea anterior a medio axilar. Evaluado en modo M.</p> <p>Sonda cónvex (5MHz) para excursión en el área subcostal derecha, entre la línea clavicular media y la línea axilar anterior.</p> <p>Evaluado en posición semifowler (45º de inclinación del cabecero).</p>	<p>Excursión durante VT y tras esfuerzo inspiratorio máximo; grosor del diafragma en CRF y VT (inspiración normal); fracción de engrosamiento durante VT y fracción de engrosamiento máx. (tras esfuerzo inspiratorio máximo); relación de fuerza; reserva del diafragma (se calculó con: <math>1 - (\text{TFdi tidal} / \text{TFdi-max})</math>).</p>	<p>Durante la respiración en normal, el TFdi-tidal fue significativamente ↑ en los pacientes con EPOC que en los controles (30,8 [24,1-45,2]% versus 21,1 [15,4-27,2]%. TFdi-max y excursión máx. fueron significativamente más ↓ en pacientes con EPOC que en sujetos sanos (65,3 [51,7-82,0]% versus 84,3 [71,3-97,3]%. El índice de reserva de fuerza fue significativamente ↓ en los pacientes con EPOC (0,50 [0,35-0,64] versus 0,75 [0,62-0,80]).</p>
---	--	---	---	--	--	---

(\*): LIN: límite inferior de normalidad; VT: volumen tidal; CPT: capacidad pulmonar total; CRF: capacidad residual funcional; Tdi: grosor del diafragma; ICC: índices de correlación intraclase; MM: modalidad M (ecografía); MB: modalidad B (ecografía); UCI: unidad de cuidados intensivos; VMI/VMNI: ventilación mecánica invasiva/ no invasiva; ZOA: zona de aposición; UITA: algoritmo de seguimiento de imágenes por ecografía; IMC: índice de masa corporal; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; VR: volumen residual; EPI: enfermedad pulmonar intersticial; IC-95%: intervalo de confianza al 95%.

## 7. DISCUSIÓN

Esta revisión tuvo como principal objetivo, determinar la influencia de las diferentes técnicas exploratorias con ecografía destinadas a la evaluación del diafragma, sobre la variabilidad de las mediciones y, determinar cuál de ellas proporcionaría una mayor confiabilidad de las mediciones recogidas. Para ello, se analizaron un total de 12 artículos, 9 de ellos estudios observacionales con un diseño transversal, 1 estudio de casos y controles y 1 estudio de cohortes, que ofrecieron una muestra total de 776 participantes, 493 de ellos, sujetos sanos. Una vez analizados, se procede a la interpretación y contraste de los diferentes resultados aportados por cada uno de ellos respecto a las variables de estudio previamente mencionadas y explicadas.

Con carácter previo a este apartado, se ha evaluado la calidad metodológica de los diferentes artículos en base a su similitud con los criterios establecidos por la guía STROBE. Tras la comprobación de los puntos esenciales establecidos por esta guía, se concluye que los artículos que más relevancia deberían recibir son los realizados por *Spiesshoefer* (25), *Jones* (26), *Rittyamai* (27) y *Carrillo-Esper* (28).

Como se ha comentado en los resultados de esta revisión, la excursión y el grosor diafragmático parecen sufrir una elevada variabilidad en ambos sexos (aproximadamente un 36%), sobre todo cuando los sujetos evaluados respiraron con un volumen corriente. En el estudio de *Spiesshoefer et al.* (25) es donde se ha encontrado una mayor variabilidad en estos dos tipos de medición. Los autores no proporcionan una aclaración acerca de la existencia de esta variabilidad, sin embargo, es posible que esta se deba a la posición adoptada por el paciente en la exploración, en este caso decúbito supino, frente a una posición de semifowler (45% de inclinación) adoptadas en otros estudios como en *Cardenas et al.* (30). Sin embargo, en el estudio de *Scarlata et al.* (34) argumentaron que la movilidad del diafragma parece depender de un modelo multifactorial donde se podrían incluir aspectos como el control de la respiración, la función contráctil de las fibras musculares o la propia mecánica respiratoria. Esto último puede llegar a vincularse con la mayor variabilidad encontrada en la excursión a VT con respecto a volúmenes pulmonares más elevados, ya que durante VT pueden existir una amplia variedad de patrones respiratorios diferentes entre individuos de unas mismas características, mientras que, al solicitar volúmenes más elevados, estos patrones tienden a homogeneizarse. Pese a esto, no podemos descartar que una mayor variabilidad respecto a estas dos medidas ecográficas pueda deberse a factores externos como el nivel de actividad física, el hábito tabáquico u otros factores no mencionados.

En cuanto a la amplitud de las medidas de excursión y grosor diafragmático entre sujetos sanos, la balanza parece inclinarse favorablemente hacia el género masculino, quienes presentaron mayores valores absolutos en ambas variables, sobre todo a medida que se fue aumentando la profundidad de la respiración y con ello, los volúmenes pulmonares y los valores de excursión generales. Según *Cardenas* (30), esto podría explicarse gracias a la variabilidad en las dimensiones de la caja torácica entre ambos sexos, siendo más amplia entre los varones y, por lo tanto, favoreciendo una mayor amplitud en la expansión pulmonar y mayor movilidad diafragmática, algo que fue evaluado también en el estudio de *Carrillo-Esper et al.* (28). Sin embargo, la ausencia de ecuaciones y valores de referencia para los diferentes sexos hace complicado establecer que valores se alejan de la “normalidad” y a que causas se puede deber. Por ello, el desarrollo de ecuaciones de referencia parece ser un aspecto clave en la futura investigación sobre este campo.

Por otro lado, la movilidad diafragmática parece reducirse ante la presencia de patologías respiratorias como la EPOC o EPI. *Santana et al.* (32) sugieren que, en los pacientes con EPI, al verse afectados los volúmenes pulmonares del paciente y presentar un aumento del retroceso elástico del pulmón, el diafragma se posiciona más cranealmente, en una desventaja mecánica que impide su acción con normalidad, pudiendo resultar en excursiones diafragmáticas más reducidas.

El grosor, por su parte, no parece presentar una afectación en reposo (CRF), sin embargo, durante la respiración a CPT, se obtuvieron grosores más reducidos que en sujetos sanos, lo que daría lugar a fracciones o tasas de engrosamiento más pequeñas. En *Santana et al.* (32), se obtuvieron mayores valores de grosor en los sujetos con EPI durante el reposo, algo que se asoció con una hipertrofia muscular disfuncional por la mayor sollicitación del diafragma durante los esfuerzos respiratorios, coincidiendo con la explicación dada por *Rittayamai et al.* (27) para los sujetos con EPOC. *Okura et al.* (31), por su parte, también informó en su estudio de una disminución de los valores de grosor en CPT y la fracción de engrosamiento en los sujetos con EPOC, con respecto a los sanos.

Finalmente, las medidas de engrosamiento resultaron ser más pequeñas entre los sujetos con patología, tal y como se esperaba. Sin embargo, se obtuvo una gran variabilidad entre los valores expresados por los distintos autores, sobre todo entre los sujetos varones sanos, oscilando entre 131% de engrosamiento con respecto al reposo muscular en el estudio de *Santana* (32) y un 204,23% en el estudio de *Cardenas* (30).

Esta amplia diferencia de valores podría deberse a la diferencia en el número de sujetos de muestra, siendo únicamente 16 en la investigación de *Santana* y 30 en la de *Cardenas*. Además de los 16 sujetos de *Santana*, solo la mitad eran varones, lo que condicionaría valores más reducidos de la TF media, ya que se ha observado una TF más pequeña entre las mujeres en otros estudios (169% en *Cardenas* (30) y 161% en *Spiesshoefer* (25)). Esta podría ser también la causa de una mayor variabilidad en la medición de *Santana*, que presentó un 41.9% de variabilidad frente a un 30,34% en *Spiesshoefer*. Además, la edad media difirió entre los sujetos presentes en *Cardenas et. al* ( $44\pm 16,3$  años) con respecto a los sujetos incluidos en la investigación de *Santana* ( $55\pm 11$  años).

Algunos de los artículos incluidos en este trabajo, buscaron investigar acerca de las posibles relaciones existentes entre las mediciones ecográficas estudiadas (movilidad, grosor y engrosamiento) y los valores de las pruebas de función pulmonar o fuerza de los músculos respiratorios. La excursión del diafragma durante la respiración profunda parece ser la medida más correlacionada con la función pulmonar y con la fuerza de músculos respiratorios. Según *Cardenas et al.* (30) valores reducidos de ésta se relacionaron con pacientes de edad avanzada que presentaban una menor CVF y FEV1 (volumen espiratorio forzado en el 1º segundo), así como una menor PIM. El grosor diafragmático a CPT, también se ha relacionado en estos estudios con mayores volúmenes pulmonares (30), recomendándose la medición de los valores de grosor a volúmenes pulmonares altos, ya que parecen ser más representativos del esfuerzo realizado por el músculo (31). En cuanto a la relación de engrosamiento en CRF y CPT, ésta se ha asociado en algunos estudios con la fuerza de los músculos respiratorios a través de la PIM. Pese a esto, en el estudio de *Okura et al.* (31) se explica que no se encontraron diferencias en la PIM en individuos con una TF reducida, probablemente debido a que la medición de la PIM involucra la actividad de más músculos respiratorios a parte del diafragma, los cuales pueden encargarse de compensar una posible debilidad de éste.

En cuanto a la modalidad de imagen más indicada para realizar las mediciones, la mayor parte de estudios parece coincidir en mantener la intervención clásica, evaluando la excursión con MM, mientras que el grosor o engrosamiento se evaluaría con BM. El estudio de *Kalin & Gürsel* (29) trató de evaluar la fiabilidad en la reproducción de las mediciones de grosor y excursión utilizando un protocolo alternativo, donde la excursión se midió con BM y el grosor con MM. Pese a que los resultados indicaron una elevada correlación entre las mediciones con ambos modos de imagen, los propios autores reconocen que pese a las ventajas que proporciona una medición del grosor con MM (capturar varios ciclos de

respiración en una sola imagen), esta modalidad presenta claras limitaciones, como una mayor dificultad para visualizar la anatomía de la región diafragmática estudiada y mayor riesgo de variabilidad. En este estudio, se destaca que según la región donde estén incidiendo los ultrasonidos, tanto el grosor como el movimiento del músculo pueden experimentar variaciones, por lo que es importante mantener la misma posición del paciente y el mismo abordaje con la sonda para tratar de reducir este riesgo de variación. Con la MM los bordes del músculo son más difíciles de delimitar y existe un mayor riesgo de que con el movimiento diafragmático durante la respiración, se puedan tomar mediciones en regiones distintas entre la fase inspiratoria y espiratoria.

Por lo tanto, parece que mantener un mismo abordaje durante las evaluaciones y no variar la posición del paciente durante la intervención son requisitos importantes para asegurar la mayor homogeneidad posible entre las mediciones. La posición óptima que el paciente debería adoptar para la intervención es un tema controvertido, principalmente debido a las capacidades que tenga el sujeto para adoptar una postura u otra en la práctica clínica habitual. Según los resultados recogidos en esta revisión, no se disponen de datos suficientes para determinar si las posturas erguidas como la sedestación o la bipedestación experimentan mediciones con mayor variabilidad entre sujetos. Sería conveniente la elaboración de futuros estudios que aborasen esta cuestión, ya que no ha sido, aparentemente, muy estudiada en la literatura disponible en la actualidad.

Por otro lado, según *Hellyer et al.* (35), el grosor del diafragma se ve incrementado durante las posiciones más erguidas como la bipedestación tanto a CRF como a CPT, algo que se asoció con la presión ejercida por las vísceras abdominales, la cual es considerablemente inferior en bipedestación y sedestación, gracias a la acción de la gravedad. Durante estas posturas, el diafragma desciende más caudalmente que durante la posición supina debido a la acción de la gravedad y la reducción de la presión por parte de las vísceras abdominales, provocando un cambio en la longitud del músculo (acortamiento), por lo que se esperaría, además, una menor excursión diafragmática en estas posiciones. Esto se consiguió reflejar en el estudio de *Kuo et al.* (36) donde la excursión medida tanto a VT como tras una inspiración profunda, consiguió valores más elevados utilizando una posición supina para el paciente. La postura supina parece ser la postura más accesible para realizar este tipo de valoraciones ya que es la posición más empleada en los estudios, de la que se disponen más datos para su comparación y, además, facilita el abordaje de los pacientes en UCI, muchos de los cuales no pueden adoptar otras posturas durante su estancia en estas unidades.

Por último, en cuanto a la respiración adoptada por el paciente durante la evaluación, los resultados de variabilidad encontrados tanto para la excursión como para la medición del grosor sugieren que a volúmenes pulmonares más elevados se producen menores variaciones, independientemente del sexo. Esta premisa, sin embargo, no se refleja entre los estudios que midieron la excursión diafragmática en sujetos con patología respiratoria (29,32). La elevada variabilidad en el estudio de *Kalin & Gürsel* (29) se podría deber a las diversas condiciones de ventilación en las que se encontraban los pacientes sometidos a la evaluación (VMNI, VMI), además de que un 8% de los sujetos de estudio, presentaron respiración paradójica. En cuanto a los pacientes con EPI que participaron en el estudio de *Santana et al.* (32), la media de edad fue superior que la del resto de estudios que midieron la excursión en sujetos sanos ( $55 \pm 15$  años) y la etiología de la EPI fue muy variada, además de presentar una variabilidad de un 28,07% en cuanto al porcentaje de CVF sobre el valor teórico, lo que sugiere que los diferentes sujetos gozaban de una capacidad de expansión pulmonar variable, pudiendo favorecer la aparición de fluctuaciones en la medición de la movilidad diafragmática.

Cabe mencionar que en el estudio piloto de *Jones et al.* (26), se midieron las diferencias en la excursión del diafragma entre dos grupos de intervención, un grupo control y otro donde los participantes utilizaban una maniobra de control respiratorio tras someterse a una prueba física. Aparentemente, los sujetos que emplearon el control respiratorio consiguieron una mayor movilidad diafragmática inmediatamente después del ejercicio, además de conseguir mantener valores más elevados de esta variable tras unos minutos de recuperación, lo que sugiere que los ejercicios de control respiratorio empleando un patrón diafragmático podrían ayudar a mejorar el control de la función de este músculo.

## 7.1 LIMITACIONES DEL TRABAJO.

- Los estudios encontrados en la literatura actual fueron en su totalidad estudios de carácter observacional, lo cual favorece un mayor riesgo de sesgo en la información aportada por estos artículos.
- La muestra de participantes no fue demasiado amplia, e incluso en algún estudio fue muy reducida, lo que dificulta establecer conclusiones sólidas en base a los resultados obtenidos. Además, el porcentaje de sujetos de cada sexo se inclina drásticamente hacia los varones, sobre todo entre los sujetos con patología lo que puede dificultar el encontrar influencias del sexo en algunas de las variables.

- La búsqueda, filtrado y análisis de los artículos utilizados fue realizado por una única persona, lo que facilita la aparición de errores durante el proceso o poder llegar a conclusiones con una base errónea.
- No se encontraron estudios en la literatura más reciente en los que se analizase la variabilidad entre los diferentes sujetos de la muestra, al igual que no se dieron posibles explicaciones para la existencia de una mayor o menor variabilidad en los diferentes estudios.
- Muchos autores no especificaron la profundidad exacta de la respiración que mantienen los participantes de los estudios durante la evaluación, dificultando el análisis de variabilidad entre los diferentes volúmenes pulmonares.
- Únicamente se encontraron 3 artículos que empleasen una postura para el paciente diferente al decúbito supino o semifowler, dificultando el análisis del comportamiento diafragmático y la variabilidad asociada en estas posiciones.

## 8. CONCLUSIONES

Una vez analizados y comparados los resultados aportados por los diversos estudios incluidos en la presente revisión, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- La técnica exploratoria idónea para asegurar mediciones confiables y homogéneas entre sujetos parece ser aquella que conserve una misma profundidad respiratoria (preferentemente inspiraciones máximas) y posición del paciente, y que mantenga la sonda y el calibre de medición en el mismo punto del músculo durante toda la evaluación. Además, se deberá adaptar la vía de abordaje sobre el diafragma, la modalidad de imagen ecográfica y la frecuencia de la sonda a la variable ecográfica que se quiere evaluar.
- El abordaje con la sonda ecográfica no difirió ampliamente entre los diferentes protocolos. Los autores se decantan por un abordaje subcostal empleando la línea axilar anterior y medio clavicular como referencia, en el caso de la excursión y, axilar anterior y axilar media para el grosor. Se recomienda evaluar el grosor en la región donde las fibras musculares se dispongan más paralelas.

- No se encontraron datos suficientes para determinar que postura para el paciente durante la evaluación, resultaría en una menor variabilidad intersujeto. El decúbito supino parece ser la alternativa más empleada y sencilla para la exploración clínica. Si bien, adoptar siempre la misma postura parece ser el factor más importante a tener en cuenta para evitar una amplia variabilidad en las mediciones.
- Mantener una respiración profunda o a CPT durante el proceso de evaluación parece ayudar a una menor variabilidad en las mediciones en comparación con las evaluaciones manejando VT.
- La excursión diafragmática parece ser la variable ecográfica más relacionada con la función del músculo, al encontrarse relación entre ésta y la función pulmonar, y también con la fuerza de los músculos inspiratorios. El grosor diafragmático evaluado a CPT parece presentar una mayor representatividad de la funcionalidad del músculo en comparación con el grosor en reposo.
- La propuesta más indicada en cuanto al uso de la modalidad de imagen ecográfica M o B parece ser: MM para la medición de la excursión del músculo y BM para la medición del grosor y engrosamiento. Se recomienda el empleo de BM para localizar con mayor precisión la región del diafragma donde se desea realizar la medición.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

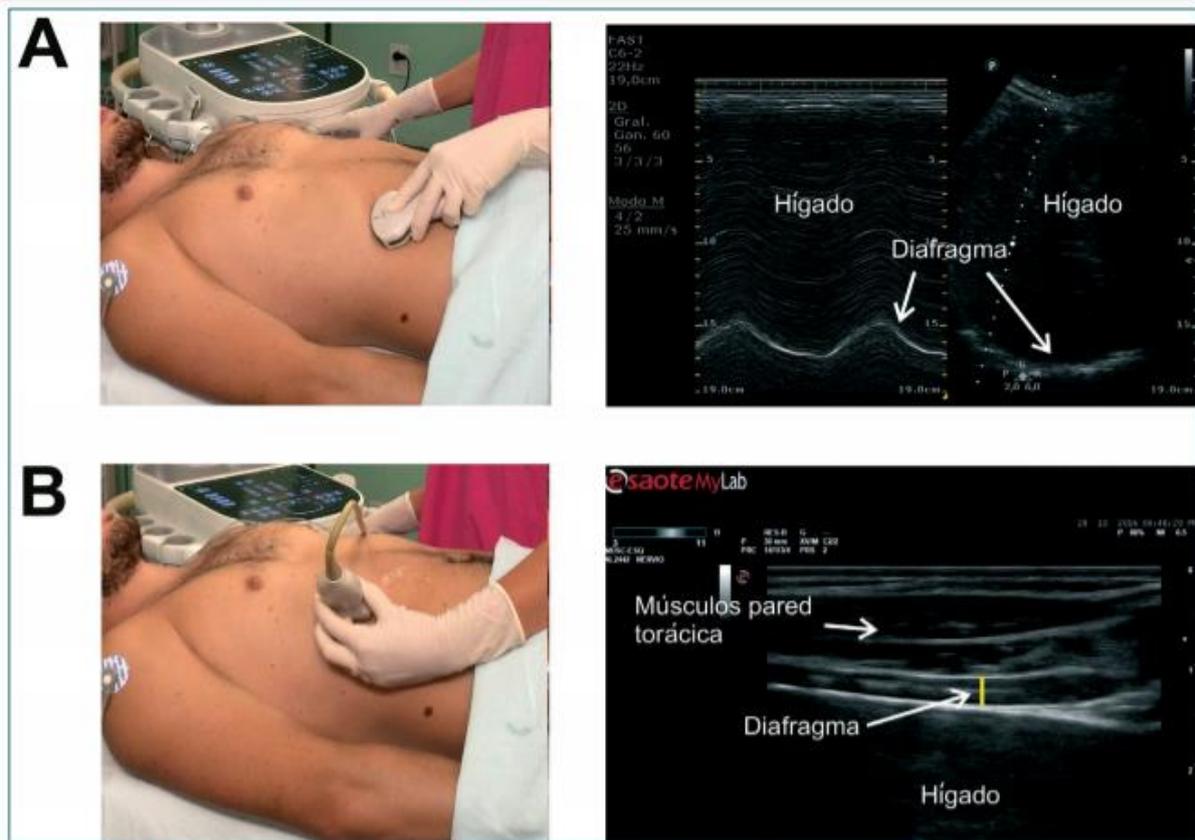
1. Lessa TB, de Abreu DK, Bertassoli BM, Ambrósio CE. Diaphragm: A vital respiratory muscle in mammals. *Ann Anat - Anat Anz.* 1 de mayo de 2016;205:122-7.
2. Bordoni B, Zanier E. Anatomic connections of the diaphragm: influence of respiration on the body system. *J Multidiscip Healthc.* 25 de julio de 2013;6:281-91.
3. Lippert LS. Anatomía y cinesiología clínicas. 5.<sup>a</sup> ed. Badalona: Paidotribo; 2013. 395 p.
4. Dufour M, Pillu M. Biomecánica funcional. 13.<sup>a</sup> ed. Barcelona: Masson; 2006. 562 p.
5. Troyer AD, Wilson TA. Action of the diaphragm on the rib cage. *J Appl Physiol.* 9 de junio de 2016;121(2):391-400.
6. Fogarty MJ, Mantilla CB, Sieck GC. Breathing: Motor Control of Diaphragm Muscle. *Physiology.* 7 de febrero de 2018;33(2):113-26.
7. Seco Calvo J, González Bellido V, González Doniz ML, López Fernández D, Souto Camba S. Sistema Respiratorio: métodos, fisioterapia clínica y afecciones para fisioterapeutas. 1.<sup>a</sup> ed. Madrid: Médica Panamericana; 2018. 364 p.
8. Mortola JP. How to breathe? Respiratory mechanics and breathing pattern. *Respir Physiol Neurobiol.* 1 de marzo de 2019;261:48-54.
9. McCool FD, Tzelepis GE. Dysfunction of the Diaphragm. *N Engl J Med.* 8 de marzo de 2012;366(10):932-42.
10. Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobaño JM, Toubes ME, Riveiro V, Valdés L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology.* agosto de 2019;25(4):223-35.
11. Kharma N. Dysfunction of the diaphragm: imaging as a diagnostic tool. *Curr Opin Pulm Med.* mayo de 2013;1.
12. Nason LK, Walker CM, McNeeley MF, Burivong W, Fligner CL, Godwin JD. Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function. *RadioGraphics.* marzo de 2012;32(2):E51-70.
13. Laghi FA, Saad M, Shaikh H. Ultrasound and non-ultrasound imaging techniques in the assessment of diaphragmatic dysfunction. *BMC Pulm Med.* diciembre de 2021;21(1):85.
14. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol.* 1 de octubre de 1989;67(4):1560-8.
15. Minami T, Manzoor K, McCool FD. Assessing Diaphragm Function in Chest Wall and Neuromuscular Diseases. *Clin Chest Med.* junio de 2018;39(2):335-44.
16. Acosta CM, Urbano MS, Tusman G. Estudio sonográfico del diafragma. Una nueva herramienta diagnóstica para el anestesiólogo. *Rev Chil Anest.* 11 de junio de 2018;47(2):110-24.
17. Sayas Catalán J, Hernández-Voth A, Villena Garrido MV. Ecografía diafragmática: una herramienta de novedosa a rutinaria. *Arch Bronconeumol.* abril de 2020;56(4):201-3.

18. Pérez Pallarés J. Manual Separ de procedimientos: ecografía torácica. Vol. 1. Madrid: Respira; 2017. 112 p.
19. Lewińska A, Shahnazaryan K. The Use of Diaphragm Ultrasonography in Pulmonary Physiotherapy of COPD Patients: A Literature Review. *J Clin Med*. 31 de octubre de 2020;9(11).
20. do Nascimento IB, Fleig R. Mobility impact and methods of diaphragm monitoring in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Clinics [Internet]*. 2020 [citado 16 de marzo de 2021];75. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6943239/>
21. Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y. Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. septiembre de 2018;8(9):e021189.
22. Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev Chil Infectol*. diciembre de 2014;31(6):705-18.
23. Sterne J, Higgins J, Elbers R, Reeves B. Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions (ROBINS-I): detailed guidance. 20 de octubre de 2016;53.
24. Fernández E. Estudios epidemiológicos (STROBE). *Med Clínica*. diciembre de 2005;125:43-8.
25. Spiesshoefer J, Herkenrath S, Henke C, Langenbruch L, Schneppe M, Randerath W, et al. Evaluation of Respiratory Muscle Strength and Diaphragm Ultrasound: Normative Values, Theoretical Considerations, and Practical Recommendations. *Respiration*. 2020;99(5):369-81.
26. Jones AYM, Ngai SPC, Ying MTC, Morris NR, Laakso EL, Lee SWY, et al. Sonographic evaluation of diaphragmatic function during breathing control. *Physiother Theory Pract*. 3 de julio de 2017;33(7):560-7.
27. Rittayamai N, Chuaychoo B, Tscheikuna J, Dres M, Goligher EC, Brochard L. Ultrasound Evaluation of Diaphragm Force Reserve in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Ann Am Thorac Soc*. octubre de 2020;17(10):1222-30.
28. Carrillo-Esper R, Pérez-Calatayud AA, Arch-Tirado E, Díaz-Carrillo MA, Garrido-Aguirre E, Tapia-Velazco R, et al. Standardization of Sonographic Diaphragm Thickness Evaluations in Healthy Volunteers. *Respir Care*. 1 de julio de 2016;61(7):920-4.
29. Kalin BS, Gürsel G. Does it make difference to measure diaphragm function with M mode (MM) or B mode (BM)? *J Clin Monit Comput*. diciembre de 2020;34(6):1247-57.
30. Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, Ribeiro de Carvalho CR, Pereira de Albuquerque AL. Diaphragmatic Ultrasound Correlates with Inspiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Healthy Subjects. *Ultrasound Med Biol*. abril de 2018;44(4):786-93.
31. Okura K, Iwakura M, Shibata K, Kawagoshi A, Sugawara K, Takahashi H, et al. Diaphragm thickening assessed by ultrasonography is lower than healthy adults in

- patients with chronic obstructive pulmonary disease. Clin Respir J. junio de 2020;14(6):521-6.
32. Santana PV, Prina E, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. J Bras Pneumol. 2016;42(2):88-94.
  33. Dhungana A, Khilnani G, Hadda V, Guleria R. Reproducibility of diaphragm thickness measurements by ultrasonography in patients on mechanical ventilation. World J Crit Care Med. 4 de noviembre de 2017;6(4):185-9.
  34. Scarlata S, Mancini D, Laudisio A, Benigni A, Antonelli Incalzi R. Reproducibility and Clinical Correlates of Supine Diaphragmatic Motion Measured by M-Mode Ultrasonography in Healthy Volunteers. Respiration. 2018;96(3):259-66.
  35. Hellyer NJ, Andreas NM, Bernstetter AS, Cieslak KR, Donahue GF, Steiner EA, et al. Comparison of Diaphragm Thickness Measurements Among Postures Via Ultrasound Imaging. PM&R. enero de 2017;9(1):21-5.
  36. Kuo C-Y, Chuang H-C, Zhou Y-L, Wu Y-P, Wang J-C, Kuo C-C, et al. Application of Ultrasound Image Tracking Algorithm for Real-Time Diaphragmatic Excursion Measurement. J Med Biol Eng. agosto de 2018;38(4):678-84.

## 10. ANEXOS

### Anexo I. Técnica de exploración e imagen ecográfica en modalidad M y B del diafragma. (16)



**Figura 3.** A: A la izquierda se observa posición de la sonda convex 2-6 MHz para escaneo del diafragma en el abordaje subcostal anterior a la altura de la línea medio-clavicular; a la derecha imagen ecográfica del diafragma en modo M y B examinando la excursión diafragmática. B: A la izquierda escaneo del diafragma en línea axilar anterior a nivel del 8°- 9° espacio intercostal "zona de aposición" con sonda lineal 6-13 MHz; a la derecha imagen sonográfica en modo B para evaluar el engrosamiento diafragmático.

## Anexo II. Lista de comprobación de puntos esenciales STROBE. (24)

### Declaración STROBE: lista de puntos esenciales que deben describirse en la publicación de los estudios observacionales

Título y resumen	Punto	Recomendación
	1	(a) Indique, en el título o en el resumen, el diseño del estudio con un término habitual. (b) Proporcione en el resumen una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado.
<b>Introducción</b>		
Contexto/fundamentos	2	Explique las razones y el fundamento científicos de la investigación.
Objetivos	3	Indique los objetivos específicos, incluida cualquier hipótesis preespecificada.
<b>Métodos</b>		
Diseño del estudio	4	Presente al principio del documento los elementos clave del diseño del estudio.
Contexto	5	Describa el marco, los lugares y las fechas relevantes, incluido los períodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos.
Participantes	6	(a) Estudios de cohortes: proporcione los criterios de elegibilidad así como las fuentes y el método de los participantes. Especifique los métodos de seguimiento. Estudios de casos y controles: proporcione los criterios de elegibilidad así como las fuentes y el proceso diagnóstico de los casos y el de selección de los controles. Proporcione las razones para la elección de casos y controles. Estudios transversales: proporcione los criterios de elegibilidad y las fuentes y métodos de selección de los participantes. (b) Estudios de cohortes: en los estudios apareados, proporcione los criterios para la formación de parejas y el número de participantes con sin exposición. Estudios de casos y controles: en los estudios apareados, proporcione los criterios para la formación de las parejas y el número de controles por cada caso.
Variables	7	Defina claramente todas las variables, de respuesta, exposiciones, predictoras, confundidoras y modificadoras del efecto. Si procede proporcione los criterios diagnósticos.
Fuente de datos/medidas	8*	Para cada variable de interés: proporcione las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida). Si hubiera más de un grupo, especifique la comparabilidad de los procesos de medida.
Segos	9	Especifique todas las medidas adoptadas para afrontar fuentes potenciales de sesgo.
Tamaño muestral	10	Explique cómo se determinó el tamaño muestral.
Variables cuantitativas	11	Explique cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis. Si procede, explique qué grupos de definieron y por qué.
Métodos estadísticos	12	(a) Especifique todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión. (b) Especifique todos los métodos utilizados para analiza subgrupos e interacciones. (c) Explique el tratamiento de los datos ausentes (missing data) (d) Estudio de cohortes: si procede, explique cómo se afrontan las pérdidas en el seguimiento. Estudios de casos y controles: si procede, explique cómo se afrontan las pérdidas en el seguimiento. Estudios transversales: si procede, especifique cómo se tiene en cuenta en el análisis la estrategia de muestreo (e) Describa los análisis de sensibilidad.
<b>Resultados</b>		
Participantes	13*	(a) Describa el número de participantes en cada fase del estudio: por ejemplo: cifras de los participantes potencialmente elegibles, los analizados para ser incluidos, los confirmados elegibles, los incluidos en el estudio, los que tuvieron un seguimiento completo y los analizados. (b) Describa las razones de la pérdida de participantes en cada fase. (c) Considere el uso de un diagrama de flujo.
Datos descriptivos	14*	(a) Describa las características de los participantes en el estudio (p.ej., demográficas, clínicas, sociales) y la información sobre las exposiciones y los posibles factores de confusión. (b) Indique el número de participantes con datos ausentes en cada variable de interés. (c) Estudios de cohortes: resume el período de seguimiento ( p. ej. promedio y total).
Datos de las variables de resultado	15*	Estudios de cohortes: describa el número de eventos resultado, o bien proporcione medias resumen a lo largo del tiempo. Estudios de casos y controles: describa el número de participantes en cada categoría de exposición, o bien proporciones medias resumen de exposición. Estudios transversales: describa el número de eventos resultado, o bien proporciones medidas resumen.
Resultados principales	16	(a) Proporciones estimaciones no ajustadas y, si procede, ajustadas por factores de confusión, así como su precisión (p. ej. Intervalos de confianza del 95%). Especifique los factores de confusión por los que se ajusta y las razones para incluirlos. (b) Si categoriza variables continuas, describa los límites de los intervalos. (c) Si fuera pertinente, valore acompañar las estimaciones del riesgo relativo con estimaciones del riesgo absoluto para un período de tiempo relevante.
Otros análisis	17	Describa otros análisis efectuados (de subgrupos, interacciones o sensibilidad).
<b>Discusión</b>		
Resultados clave	18	Resuma los resultados principales de los objetivos del estudio.
Limitaciones	19	Discuta las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta posibles fuentes de sesgo o de imprecisión. Razone tanto sobre la dirección como sobre la magnitud de cualquier posible sesgo.
Interpretación	20	Proporcione una interpretación global prudente de los resultados considerando objetivos, limitaciones, multiplicidad de análisis, resultados de estudios similares y otras pruebas empíricas relevantes.
Generabilidad	21	Discuta la posibilidad de generalizar los resultados (validez externa).
<b>Otra información</b>		
Financiación	22	Especifique la financiación el papel de los patrocinadores del estudio y, si procede, del estudio previo en el que basa el presente artículo.

Nota: Se ha publicado un artículo que explica y detalla la elaboración de cada punto de la lista, y ofrece el contexto metodológico y ejemplos reales de comunicación transparente<sup>18,20</sup>: La lista de puntos STROBE se debe utilizar preferiblemente junto con ese artículo (gratuito en las páginas web de las revista PLoS Medicine [<http://www.plosmedicine.org/>], Annals of Internal Medicine [<http://annals.org/>] y Epidemiology [<http://www.epidem.com/>]). En la página web de STROBE [<http://www.strobe-statement.org/>] aparecen las diferentes versiones de la lista correspondiente a los estudios de cohortes, a los estudios de casos y controles y a los estudios transversales.

\* Proporcione esta información por separado para casos y controles en los estudios con diseño de casos y controles. Si procede, también de los grupos con y sin exposición en los estudios de cohortes y en los transversales.

Anexo III. Aplicación de la lista de comprobación de puntos esenciales STROBE.

	<i>Spiesshoefera et al. 2020</i>	<i>Hellyer et al. 2017</i>	<i>Kalin &amp; Gürsel 2020</i>	<i>Kuo et al. 2018</i>	<i>Cardenas et al. 2018</i>	<i>Carrillo-Esper et al. 2016</i>	<i>Okura et al. 2020</i>	<i>Jones et al. 2017</i>	<i>Santana et al. 2016</i>	<i>Dhungana et al. 2017</i>	<i>Scarlata et al. 2018</i>	<i>Rittayamai et al. 2020</i>
<b>1- Título y resumen</b>	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>2- Antecedentes</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>3- Objetivos</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>4- Diseño de estudio</b>	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>5- Marco</b>	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI
<b>6- Participantes</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>7- Variables de interés</b>	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
<b>8- Medidas</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>9- Sesgos</b>	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO
<b>10- Tamaño de la muestra</b>	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI
<b>11- Métodos estadísticos</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>12- Exposiciones cuantitativas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>13- Financiación</b>	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI
<b>14- Participantes</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
<b>15- Datos descriptivos</b>	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>16- Datos de resultados</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>17- Principales resultados</b>	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>18- Otros análisis</b>	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
<b>19- Hallazgos clave</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>20- Limitaciones</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>21- Generalización</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>22- Interpretación</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Total de puntos cumplidos:</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>19</b>

Título y resumen:  Introducción:  Metodología:  Resultados:  Discusión: