



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

## GRADO EN FISIOTERAPIA

**“Eficacia y seguridad de las técnicas de hiperinsuflación mecánica e insuflación-exsuflación en el paciente crítico.**

**Una revisión bibliográfica.**

"Efficacy and safety of mechanical hyperinflation and insufflation-exsufflation techniques in the critically ill patient. A bibliographic review"

“Eficacia e seguridade das técnicas de hiperinsuflación mecánica e insuflación-exsuflación no paciente crítico. Unha revisión bibliográfica.”



Facultade de  
Fisioterapia

**Estudiante:** D. Adolfo Lorenzo López

**Directora:** Dra. Luz González Doníz

**Convocatoria:** Junio 2021

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	3
1. RESUMEN.....	6
1. ABSTRACT .....	7
1. RESUMO .....	8
2. INTRODUCCIÓN .....	9
2.1. Tipo de trabajo .....	9
2.2. Motivación personal .....	9
3. CONTEXTUALIZACIÓN.....	9
3.1. Antecedentes .....	9
3.2. Justificación del trabajo .....	14
4. OBJETIVOS.....	15
4.1. Pregunta de investigación .....	15
4.2. Objetivos: generales y específicos .....	15
4.2.1. Objetivos generales: .....	15
4.2.2. Objetivos específicos:.....	15
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
5.1. Fecha de revisión y bases de datos .....	16
5.2. Criterios de selección .....	16
5.3. Estrategia de búsqueda .....	16
5.4. Gestión de la bibliografía localizada .....	18
5.5. Selección de artículos .....	19
5.6. Variables de estudios.....	21
5.7. Niveles de evidencia .....	22
6. RESULTADOS.....	24
6.1. Características de los estudios.....	24

7.	DISCUSIÓN.....	35
7.1.	Limpieza de secreciones.....	35
7.2.	Seguridad de la intervención.....	38
7.3.	Parámetros respiratorios.....	38
7.4.	Limitaciones del trabajo.....	40
7.5.	Líneas de investigación futuras.....	40
8.	CONCLUSIONES.....	41
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
10.	ANEXOS.....	46
10.1.	ANEXO 1. Escala PEDro.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estrategia de búsqueda para Pubmed.....	17
Tabla 2.	Estrategia de búsqueda para PEDro.....	18
Tabla 3.	Estrategia de búsqueda para Scopus.....	18
Tabla 4.	Selección de artículos.....	20
Tabla 5.	Variables seleccionadas e instrumentos de medición.....	21
Tabla 6.	Calidad interna utilizando la escala PEDro.....	23
Tabla 7.	Características de los estudios.....	25

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A/C</b>	Asistida/controlada
<b>AARC</b>	<i>American Association for Respiratory Care</i>
<b>Cdin</b>	Compliance dinámica
<b>cmH<sub>2</sub>O</b>	Centímetros de agua
<b>CMV</b>	Ventilación mandatoria continua
<b>CPP</b>	Presión de perfusión cerebral
<b>Cst</b>	Compliance estática
<b>EC</b>	Ensayo clínico

<b>ECA</b>	Ensayo clínico aleatorizado
<b>EE. UU.</b>	Estados Unidos
<b>EPOC</b>	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
<b>FC</b>	Frecuencia cardíaca
<b>FR</b>	Frecuencia respiratoria
<b>GC</b>	Grupo control
<b>GI</b>	Grupo intervención
<b>h</b>	Horas
<b>ICP</b>	Presión intracraneal
<b>I:E</b>	Inspiración-espирación
<b>I-E</b>	Insuflación-exsuflación
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>L/min</b>	Litros por minuto
<b>MESH</b>	<i>Medical Subject Heading</i>
<b>MHI</b>	Hiperinsuflación manual
<b>MI-E</b>	Insuflación-exsuflación mecánica
<b>Min</b>	Minutos
<b>ml</b>	Mililitros
<b>ml/kg</b>	Mililitros por kilogramo
<b>N</b>	Número de participantes
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>PaFi</b>	Relación entre presión parcial de O <sub>2</sub> y fracción inspirada de O <sub>2</sub>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	Presión parcial de oxígeno
<b>PC</b>	Por control de presión
<b>PC-CMV1</b>	Ventilación mandatoria controlada por presión con tiempo inspiratorio de 1s
<b>PC-CMV3</b>	Ventilación mandatoria controlada por presión con tiempo inspiratorio de 3s
<b>PCO<sub>2</sub></b>	Presión parcial de dióxido de carbono
<b>PCV</b>	Ventilación controlada por presión
<b>PEEP</b>	Presión positiva al final de la espiración
<b>PEFR</b>	Tasa de flujo espiratorio pico
<b>PEP</b>	Presión espiratoria pico
<b>PIFR</b>	Tasa de flujo inspiratoria pico
<b>PIP</b>	Presión inspiratoria pico
<b>PSV</b>	Ventilación de presión soporte
<b>PSV10</b>	Presión soporte con una parada de ciclo al 10% del pico de flujo inspiratorio

<b>PSV25</b>	Presión soporte con una parada de ciclo al 25% del pico de flujo inspiratorio
<b>Raw</b>	Resistencia de la vía aérea
<b>rpm</b>	Respiraciones por minuto
<b>Rrs</b>	Resistencia total del sistema respiratorio
<b>s</b>	Segundos
<b>SatO<sub>2</sub></b>	Saturación de oxígeno
<b>SIMV</b>	Ventilación mecánica mandatoria intermitente sincronizada
<b>TAD</b>	Tensión arterial diastólica
<b>TAM</b>	Tensión arterial media
<b>TAS</b>	Tensión arterial sistólica
<b>TET</b>	Tubo endotraqueal
<b>UCI</b>	Unidad de cuidados intensivos
<b>UCRI</b>	Unidad de cuidados críticos
<b>VA-ECMO</b>	Membrana de oxigenación extracorpórea venoarterial
<b>VAP</b>	Neumonía asociada al ventilador
<b>VC</b>	Vibrocompresión
<b>VC/CMV</b>	Ventilación mandatoria continua por control de volumen
<b>VC- CMV20</b>	Ventilación mandatoria continua controlada por volumen con un flujo inspiratorio de 20 L/min.
<b>VC- CMV50</b>	Ventilación mandatoria continua controlada por volumen con un flujo inspiratorio de 50 L/min.
<b>VHI</b>	Hiperinsuflación mecánica invasiva
<b>VM</b>	Volumen minuto
<b>VMI</b>	Ventilación mecánica invasiva
<b>VT</b>	Volumen tidal

## 1. RESUMEN

**Objetivo.** El objetivo principal de esta revisión es determinar la evidencia científica existente acerca de la eficacia y la seguridad de la VHI e MI-E en la permeabilización de la vía aérea y mejora de la funcionalidad respiratoria en el paciente crítico.

**Material y métodos.** Para ello se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, PEDro y Scopus entre los meses de marzo y mayo de 2021. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados y ensayos clínicos no controlados publicados en los últimos 10 años en español e inglés.

**Resultados.** Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se analizaron un total de 10 artículos, 9 ECAs y 1 estudio cuasiexperimental. La mayoría de los estudios tanto de VHI como de MI-E mostraron resultados positivos, tanto en el desplazamiento de secreciones a vías aéreas proximales, como en la seguridad del procedimiento, realizándose sin que ocurriesen complicaciones en ningún estudio.

**Conclusiones.** Las técnicas de VHI y de MI-E presentan resultados beneficiosos en la limpieza de secreciones de la vía aérea en el paciente crítico y no comprometen la seguridad del mismo, potenciando la eficacia de la aspiración orotraqueal.

**Palabras clave.** Hiperinsuflación mecánica, insuflación-exsuflación, paciente crítico, higiene bronquial, fisioterapia.

## 1. ABSTRACT

**Objective.** The main objective of this review is to determine the available scientific evidence on the efficacy and safety of VHI and MI-E for secretion clearance and improvement of respiratory function in the critically ill patient.

**Material and methods.** For this purpose, a search was performed in the PubMed, PEDro and Scopus databases between March and May 2021. Randomized clinical trials and uncontrolled clinical trials published in the last 10 years in Spanish and English were included.

**Results.** After applying the inclusion and exclusion criteria, a total of 10 articles, 9 RCTs and 1 quasi-experimental study were analyzed. Most of the studies of both VHI and MI-E for showed positive results both in the displacement of secretions to proximal airways and in the safety of the procedure, which was performed without complications in any study.

**Conclusions.** The VHI and MI-E for techniques show beneficial results in the clearance of secretions from the airway in the critically ill patient and do not compromise patient safety, enhancing the efficacy of orotracheal suctioning.

**Keywords.** Mechanical hyperinflation, insufflation-exsufflation, critical patient, bronchial hygiene, physiotherapy.

## 1. RESUMO

**Obxectivo.** O obxectivo principal desta revisión é determinar a evidencia científica existente sobre a eficacia e a seguridade da VHI e MI-E na limpeza de secrecións e mellora da funcionalidade respiratoria no paciente crítico.

**Material e métodos.** Para iso, realizouse unha búsqueda nas bases de datos PubMed, PEDro e Scopus entre os meses de marzo e maio de 2021. Incluíronse ensaios clínicos aleatorizados e ensaios clínicos non controlados publicados nos últimos 10 anos en español e inglés.

**Resultados.** Tras aplicar os criterios de inclusión e exclusión, analizáronse un total de 10 artigos, 9 ECAs e 1 estudo cuasiexperimental. A maioría dos estudos tanto de VHI como de MI-E mostraron resultados positivos tanto no desprazamento de secrecións a vías aéreas máis proximais, como na seguridade do procedemento, realizándose sin que ocorrisen complicacións en ningún estudo.

**Conclusións.** As técnicas de VHI e MI-E presentan resultados beneficiosos na limpeza de secrecións da vía aérea no paciente crítico e non comprometen a seguridade do mesmo, potenciando a eficacia da aspiración orotraqueal.

**Palabras chave.** Hiperinsuflación mecánica, insuflación-exsuflación, paciente crítico, hixiene bronquial, fisioterapia.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. Tipo de trabajo**

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica de la evidencia científica actual acerca de la eficacia y la seguridad de las técnicas de hiperinsuflación mecánica (VHI) y de insuflación-exsuflación (I-E) en la limpieza de secreciones en el paciente crítico.

### **2.2. Motivación personal**

La motivación para la realización de este estudio comienza con las estancias clínicas de cuarto curso, en las que tuve la posibilidad de ver a pacientes con patologías respiratorias en las unidades de hospitalización, y utilizar técnicas como la hiperinsuflación manual con ellos.

En cambio, he podido observar cómo en pacientes críticos, conectados a ventilación mecánica, no es usual la aplicación de procedimiento de higiene bronquial como la hiperinsuflación mecánica o la insuflación-exsuflación, a priori más indicados, ya que limitarían la aplicación generalizada de aspiración de la vía aérea y sus potenciales efectos secundarios.

Esto despertó mi interés sobre estos procedimientos y el análisis de su evidencia y seguridad.

## **3. CONTEXTUALIZACIÓN**

### **3.1. Antecedentes**

Las causas del ingreso de un paciente en las unidades de cuidados críticos o intensivos (UCRI/UCI) son muy diversas. Puede deberse a un ingreso posquirúrgico de origen cardiovascular, torácico o abdominal o a una patología aguda, como puede ser fallo respiratorio o sepsis. Estos pueden desarrollar problemas en la oxigenación y/o de la ventilación, además de otras complicaciones por la propia estancia en dicha unidad (1).

En España, según un estudio que analiza la epidemiología de los pacientes en ventilación mecánica, las principales patologías que requieren del uso de esta herramienta son la patología neurológica, la insuficiencia respiratoria postoperatoria, la insuficiencia cardíaca, la neumonía, la sepsis, la parada cardíaca y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (2).

Las infecciones constituyen la mayoría de las complicaciones en UCI sin relación con la propia patología de base, y tienen un gran impacto en el tiempo de estancia hospitalaria, en la morbilidad y la mortalidad. Una de las complicaciones más frecuentes asociadas al uso de la

ventilación mecánica es la neumonía asociada al ventilador (VAP), siendo una de las infecciones adquiridas en el hospital con mayor incidencia en las UCIs. Se define como VAP a aquella neumonía que se desarrolla tras 48-72 h después de la intubación endotraqueal. Existen determinadas comorbilidades (EPOC, paciente inmunodeprimido o enfermedad de base grave) o patologías agudas (traumatismo craneoencefálico, coma, sedación profunda o pacientes quemados con síndrome de inhalación) que favorecen el desarrollo de esta patología (3). Esta se asocia con mayor mortalidad, mayor estancia en UCI y con costes económicos elevados. Además, está muy relacionada con la presencia del tubo orotraqueal, el cual produce irritación de la mucosa respiratoria, con un aumento de las secreciones como consecuencia. A esto se suma que, pacientes que reciben ventilación mecánica a través de este tubo, suelen presentar niveles bajos de conciencia, lo cual reduce su capacidad de eliminar secreciones, ya que el reflejo de la tos se encuentra disminuido (4).

Las tres vías de patogenia de la VAP son:

- Vía aspirativa: por macro o microaspiración de secreciones procedentes de la orofaringe y/o estómago. Se acumulan secreciones en el espacio subglótico, procedentes de la orofaringe o del tracto gastrointestinal, produciéndose una colonización posterior de estas secreciones por gérmenes endógenos o exógenos. La colocación del tubo endotraqueal (TET) mantiene las cuerdas vocales abiertas y permite el paso de las secreciones subglóticas. Además, la pérdida de presión del neumotaponamiento permite el paso de dichas secreciones a la vía aérea inferior.
- Inoculación directa: durante la aspiración de secreciones, fibrobroncoscopias o nebulizaciones a través del TET, a consecuencia de una inadecuada higiene de manos, deficiente limpieza de los equipos o condensación de agua en los circuitos del respirador.
- Otras vías: por translocación bacteriana, al existir una disfunción de la mucosa intestinal, que normalmente actúa como barrera entre los gérmenes de la luz intestinal y el torrente sanguíneo, favoreciendo el paso de bacterias y productos inflamatorios a la sangre.

Clínicamente esta patología se traduce en un aumento de secreciones, de aspecto purulento, acompañado de fiebre y leucocitosis, junto con imagen de consolidación en la radiografía de tórax, dando lugar a un empeoramiento de la oxigenación. Puede existir hipotensión si se acompaña de sepsis (58 %), precisando soporte hemodinámico si evoluciona a shock séptico (15 % de las VAP) (3).

A pesar de que la incidencia de la VAP ha ido disminuyendo con los años, esta complicación se sigue presentando en aproximadamente el 10-40 % de pacientes ventilados mecánicamente más de dos días, variando mucho la incidencia dependiendo del país y del tipo de UCI. Aquellos pacientes tratados con soporte de membrana de oxigenación extracorpórea venoarterial (VA-ECMO) parecen tener un riesgo mayor de desarrollar esta complicación. Pacientes con neumonía asociada al ventilador reportan una mortalidad de entre el 20-50 %, aunque el porcentaje en el que afecta dicha complicación a la mortalidad de manera directa no se conoce de forma precisa (2,5).

Uno de los métodos más utilizados en la limpieza de dichas secreciones es la aspiración endotraqueal, que consiste en la introducción de un catéter de succión a través de la vía aérea artificial, llegando hasta la tráquea y aplicando desde ahí una presión negativa que arrastra las mismas (6). Este método tiene sus limitaciones, ya que solo llega hasta la tráquea y la carina y su eficacia se ve reducida en presencia de secreciones densas. Además, como efectos adversos destacan las lesiones de la mucosa, la baja tolerancia al procedimiento y el dolor (7).

La introducción de un agente externo en la vía aérea entraña cierto peligro, por lo que, a pesar de ser una técnica necesaria, se debe de limitar su uso y debe de realizarse con la máxima seguridad, cumpliendo de forma correcta todos los protocolos (8). Es decir, contamos con un arma de doble filo, efectiva y necesaria para eliminar secreciones, pero que bajo un uso incorrecto o abusivo puede conllevar complicaciones.

El objetivo de esta revisión es analizar dos métodos de limpieza de secreciones de la vía aérea que pueden actuar como complemento a la aspiración endotraqueal, que tienen como finalidad movilizar las secreciones de las vías aéreas más distales a las proximales, aumentando su volumen y la eficacia de la aspiración, reduciendo de esta forma su uso excesivo. Además, al ser técnicas en las que se produce un aumento considerable de los volúmenes pulmonares durante su realización (9,10) pueden contribuir a la mejora de la oxigenación y de las capacidades pulmonares. Estos procedimientos son la hiperinsuflación mecánica y la insuflación-exsuflación.

La hiperinsuflación se lleva utilizando por fisioterapeutas desde principios de los años 70. Clásicamente, se ha empleado manualmente, utilizando una bolsa de reservorio de reanimación. Hay mucha literatura que apoya su eficacia y la implementación de las técnicas de hiperinsuflación empleadas por fisioterapeutas (11). La hiperinsuflación manual (MHI) previene atelectasias y reexpande los alvéolos colapsados, mejora la oxigenación, aumenta

la complianza pulmonar, favorece el movimiento de secreciones de la vía aérea y facilita el destete (1).

Varias encuestas realizadas en UCIs de diferentes países demuestran que es una técnica ampliamente utilizada desde la fisioterapia en este tipo de pacientes (11–15).

Un método más innovador de hiperinsuflación es el realizado mediante el ventilador, aunque la evidencia sobre este es más limitada, ya que es un método más actual y menos extendido por la falta de entrenamiento sobre el mismo (11,16). A pesar de esto, las potenciales ventajas de la VHI están presentes, ya que no requiere la desconexión del paciente del ventilador, pudiendo mantener la presión positiva al final de la espiración (PEEP), con una posible disminución del riesgo de infección, y permitiendo ajustar los parámetros de forma precisa (16). De hecho, una encuesta ha señalado que en un 40 % de las UCIs australianas se utiliza alguna forma de VHI (17).

Para realizar esta técnica debemos conocer los diferentes métodos ventilatorios y parámetros del dispositivo. La forma en la que se le va a entregar al paciente el gas puede ser o bien por volumen o bien por presión. En el primer caso se entrega un volumen constante en cada inspiración, y en el segundo es la presión el parámetro que se establece previamente, por lo que el volumen puede variar en cada respiración. Dependiendo del grado de participación del paciente, se pautarán modos totalmente controlados, parcialmente controlados o espontáneos.

Dentro de los parámetros que podemos ajustar están:

- Volumen tidal (VT): se calculará según el peso ideal del paciente. Se administrará un valor exacto si el modo es controlado por volumen, prestando atención a la presión inspiratoria pico (PIP) que genera el volumen administrado, tratando generalmente de que no sobrepase los 35 cmH<sub>2</sub>O para evitar complicaciones como el barotrauma o el volutrauma.
- Frecuencia respiratoria (FR): se suele programar entre 12-16 respiraciones por minuto (rpm), acercándonos a valores fisiológicos. Para realizar este cálculo debemos de tener en cuenta el volumen minuto (VM) determinado por la relación  $VM=FR \times VT$ .
- Sensibilidad: es el control que programa la respuesta del ventilador con respecto al esfuerzo del paciente, lo que permite que se active y proporcione soporte inspiratorio. Este puede ser programado por presión o por flujo. Dicha sensibilidad nos permite afinar la asincronía entre el esfuerzo del paciente y la respuesta del ventilador.

- Flujo espiratorio o peak flow: controla cuan rápido el VT es entregado, o durante cuánto tiempo la presión inspiratoria programada se aplica, lo que contribuye a determinar el tiempo inspiratorio. En el caso del modo controlado por presión, se generará una pausa inspiratoria mayor o menor según la velocidad de flujo programada.
- Tiempo inspiratorio y relación I:E (inspiración-espriación): el tiempo inspiratorio se regula teniendo en cuenta cuánto tiempo requiere el paciente para entregar el volumen o la presión programadas. La relación entre I:E suele ser de 1:2, al ser lo más parecido a la forma fisiológica de respirar (18).

Por otro lado, la técnica de I-E simula el mecanismo fisiológico de la tos al aplicar una presión positiva en la vía aérea seguido de una abrupta caída de dicha presión pasando a ser negativa. Esta técnica se desarrolló en los años 50 y ha sido utilizada en Estados Unidos (EE. UU.) desde 1990. La disponibilidad de este tipo de dispositivos en Europa, a partir del 2002, ha hecho que el número de estudios aumentase (19).

Se utiliza principalmente en pacientes con patologías neuromusculares, en los que ha demostrado buenos resultados aumentando el flujo de tos y permitiendo de esta forma movilizar de forma más efectiva secreciones (20–22). A pesar de esto, en otros parámetros como la función pulmonar, calidad de vida, función general, preferencia del sujeto o satisfacción, la evidencia no es suficiente actualmente como para determinar su efecto en este tipo de pacientes (23). La American Association for Respiratory Care (AARC) recomienda este tipo de técnicas en hospitalizados que tengan patologías neuromusculares, en particular si su pico de tos es menor a 270 L/min (24).

Los parámetros principales que se pueden ajustar en estos dispositivos son la presión de insuflación, la presión de exsuflación, y el tiempo de aplicación de cada presión. Se puede ajustar también el tiempo de pausa o si queremos que se produzcan oscilaciones en alguna de las fases (o en ambas) para mejorar el desplazamiento de las secreciones, y añadir oxígeno (O<sub>2</sub>) suplementario a través del propio aparato si es necesario (25).

En el contexto del paciente crítico, el uso de este tipo de técnicas es menos común, y tampoco se conocen cuáles son los mejores parámetros en cuanto a movilización de secreciones y seguridad. En esta revisión se analizará lo publicado desde el año 2011 hasta ahora, es decir, en los últimos diez años, para comprobar si esta técnica está recomendada por la literatura y contamos por tanto con garantías a la hora de utilizarla en el ámbito clínico.

Además de actualizar la evidencia de estas técnicas, se pretende conocer sus contraindicaciones y las posibles complicaciones asociadas a su aplicación, para asegurarse

de que el beneficio supera los riesgos. Esto es particularmente importante en paciente en UCI, en los que los efectos adversos de un procedimiento pueden tener consecuencias de gran calibre en su salud, conllevando un gasto de recursos muy elevado.

En España, el uso de técnicas recientes como estas, y de publicaciones científicas al respecto es bastante limitado. A pesar de que hay que tratar de mejorar en este sentido, buscando siempre la actualización metodológica, es lógico que no sea un país puntero en la implantación de métodos más recientes, ya que los recursos son limitados y la figura del fisioterapeuta en UCI está muy poco implantada. Las recomendaciones de organismos internacionales abogan por la presencia de 1 fisioterapeuta entrenado con experiencia en pacientes críticos por cada 5 camas, los 7 días de la semana. La realidad es que cerca de un 19 % de las UCIs no cuentan con ningún fisioterapeuta como parte del equipo, y menos de un 5 % cuentan con un fisioterapeuta más de 24 horas semanales (26,27).

### **3.2. Justificación del trabajo**

El arsenal de técnicas de fisioterapia en el paciente crítico bajo ventilación mecánica invasiva (VMI) está mucho más limitado que en otro tipo de pacientes, ya que su grado de colaboración suele ser bajo y hay que tener mucha precaución en no desestabilizarlos ni hemodinámica ni respiratoriamente.

Tanto la VHI como las técnicas de MI-E (insuflación-exsuflación mecánica) permiten ajustar los parámetros de forma precisa, posibilitando estandarizar la intervención y aumentando el grado de seguridad. Además, se pueden realizar de forma totalmente pasiva, sin necesidad de que el paciente nos ayude, por lo que a priori parecen encajar de forma correcta en el contexto del paciente en cuidados intensivos.

El porcentaje de utilización de estas intervenciones es muy bajo, a pesar de que la MHI sí cuenta con más apoyo clínico y las técnicas de MI-E son populares en el paciente neuromuscular.

Al no existir revisiones previas que recojan artículos que analicen la eficacia y seguridad de estas técnicas, ni en qué tipo de pacientes tienen mejores resultados, consideramos importante dar luz a estas cuestiones para que su implantación en el ámbito clínico sea cada vez mayor y con menos incógnitas, teniendo un respaldo y una justificación científica.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Pregunta de investigación**

¿Cuál es la eficacia y la seguridad de las técnicas de VHI e I-E en la permeabilización de la vía aérea y mejora de la funcionalidad respiratoria en el paciente crítico?

**P:** pacientes en cuidados críticos con VMI.

**I:** técnicas de VHI y técnicas de I-E.

**C:** comparación frente a la no intervención, al manejo habitual específico de dichos pacientes o entre diferentes protocolos de VHI o I-E.

**O:** eficacia y seguridad de la intervención, objetivada por la estabilidad hemodinámica y respiratoria, la permeabilización de la vía aérea, la oxigenación y la complianza.

### **4.2. Objetivos: generales y específicos**

#### **4.2.1. Objetivos generales:**

- Analizar la evidencia científica actual acerca de la eficacia y seguridad de las técnicas de VHI e I-E en la permeabilización de la vía aérea y mejora de la funcionalidad respiratoria en el paciente crítico.

#### **4.2.2. Objetivos específicos:**

- Evaluar la eficacia de la VHI y la MI-E en la permeabilización de la vía aérea.
- Evaluar la eficacia de la VHI y la MI-E en la mejora de parámetros respiratorios como la complianza, la oxigenación, el VT espirado, la resistencia de la vía aérea, la FR y la PaFi (relación entre la presión parcial de O<sub>2</sub> y la fracción inspirada de O<sub>2</sub>).
- Evaluar la seguridad de la VHI y la MI-E objetivada por variables hemodinámicas como la frecuencia cardíaca (FC), tensión arterial media (TAM), tensión arterial sistólica (TAS), y tensión arterial diastólica (TAD).
- Analizar cuáles son los parámetros más eficaces y seguros de las técnicas de VHI e MI-E en el paciente crítico
- Evaluar la calidad metodológica de los artículos seleccionados.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1. Fecha de revisión y bases de datos**

Se realizó una revisión de la literatura, basada en ECAs y ensayos clínicos no controlados (estudios cuasi-experimentales). La búsqueda de información se llevó a cabo entre los meses de marzo y mayo del año 2021.

Las bases de datos utilizadas para realizar esta búsqueda fueron Pubmed, PEDro y Scopus.

### **5.2. Criterios de selección**

- Criterios de inclusión:
  - Estudios en los que se realizan técnicas de VHI en pacientes en una unidad de críticos con VMI.
  - Estudios en los que se realizan técnicas de I-E en pacientes en una unidad de críticos con VMI.
  - Tipo de artículos: ECAs, ensayos clínicos no controlados.
  - Idioma: inglés y español.
  - Estudios realizados en seres humanos.
  - Fecha de publicación: últimos 10 años.
- Criterios de exclusión:
  - Artículos duplicados.
  - Estudios no completados.
  - Artículos diferentes a ECAs o ensayos clínicos no controlados.
  - Artículos a los que no se haya podido tener acceso al texto completo mediante los recursos de la Universidade da Coruña.

### **5.3. Estrategia de búsqueda**

A continuación, se especifica cuál ha sido la estrategia de búsqueda llevada a cabo en las diferentes bases de datos seleccionadas.

#### **Pubmed**

Para la realización de la búsqueda se han utilizado tanto términos Medical Subject Heading (MESH) como palabras clave. Las palabras clave utilizadas fueron las siguientes: ventilator hyperinflation, insuflaton-exsufflation, cough assist, ICU, airway clearance.

Los términos MESH fueron los siguientes: critical care, compliance, intensive care units. Esta búsqueda se muestra en la tabla 1.

Los límites usados han sido los siguientes:

- Tipo de artículos: ECAs y ensayos clínicos no controlados.
- Idioma: inglés y español.
- Estudios realizados en seres humanos.
- Fecha de publicación: últimos 10 años.

**Tabla 1. Estrategia de búsqueda para Pubmed.**

Ecuación de búsqueda	Límites	Resultados
((((critical care[MESH]) OR (compliance[MESH]))) OR (intensive care units[MESH]) OR (airway clearance)) AND (ventilator hyperinflation)	Tipo de búsqueda: Avanzada	Total: 21
	Búsqueda en: Cualquier campo	Duplicados: 0 Eliminados: 13 Seleccionados: 8
((((critical care[MESH]) OR (compliance[MESH]))) OR (intensive care units[MESH]) OR (airway clearance)) AND (insufflation-exsufflation)	Fecha publicación: 2011-2021	
((((critical care[MESH]) OR (compliance[MESH]))) OR (intensive care units[MESH]) OR (airway clearance)) AND (cough assist)		

## PEDro.

Para la búsqueda en PEDro se utilizaron las siguientes palabras clave: ventilator hyperinflation, insufflation-exsufflation, cough assist. Esta búsqueda se muestra en la tabla 2.

Los límites usados para la búsqueda fueron:

- Idioma: inglés y español.
- Fecha de publicación: últimos 10 años.

**Tabla 2. Estrategia de búsqueda para PEDro.**

Ecuación de búsqueda	Límites	Resultados
<b>“Ventilator” AND “Insufflation”</b>	<b>Tipo de búsqueda:</b> Avanzada	<b>Total:</b> 15
<b>“Insufflation-exsufflation”</b>	<b>Búsqueda en:</b> Título y resumen.	<b>Duplicados:</b> 3
<b>“Cough” AND “Assist”</b>	<b>Fecha publicación:</b> 2011-2021	<b>Eliminados:</b> 10
		<b>Seleccionados:</b> 2

## Scopus.

Para la búsqueda en Scopus las palabras clave utilizadas fueron: ventilator hyperinflation, insufflation-exsufflation, cough assist, critical care, ICU, airway clearance, compliance. Esta búsqueda se muestra en la tabla 3.

Los límites usados para la búsqueda fueron:

- Tipo de estudio: ECAs y ensayos clínicos no controlados.
- Idioma: inglés y español.
- Fecha de publicación: últimos 10 años.

**Tabla 3. Estrategia de búsqueda para Scopus.**

Ecuación de búsqueda	Límites	Resultados
<b>“Critical care” OR “icu” OR “airway clearance” OR “compliance” AND “ventilator hyperinflation”</b>	<b>Tipo de búsqueda:</b> Simple	<b>Total:</b> 200
<b>“Critical care” OR “icu” OR “airway clearance” OR “compliance” AND “insufflation-exsufflation”</b>	<b>Búsqueda en:</b> Título, resumen, palabras clave	<b>Duplicados:</b> 10
<b>“Critical care” OR “icu” OR “airway clearance” OR “compliance” AND “cough assist”</b>	<b>Fecha publicación:</b> 2011-2021	<b>Eliminados:</b> 190
		<b>Seleccionados:</b> 0

## 5.4. Gestión de la bibliografía localizada

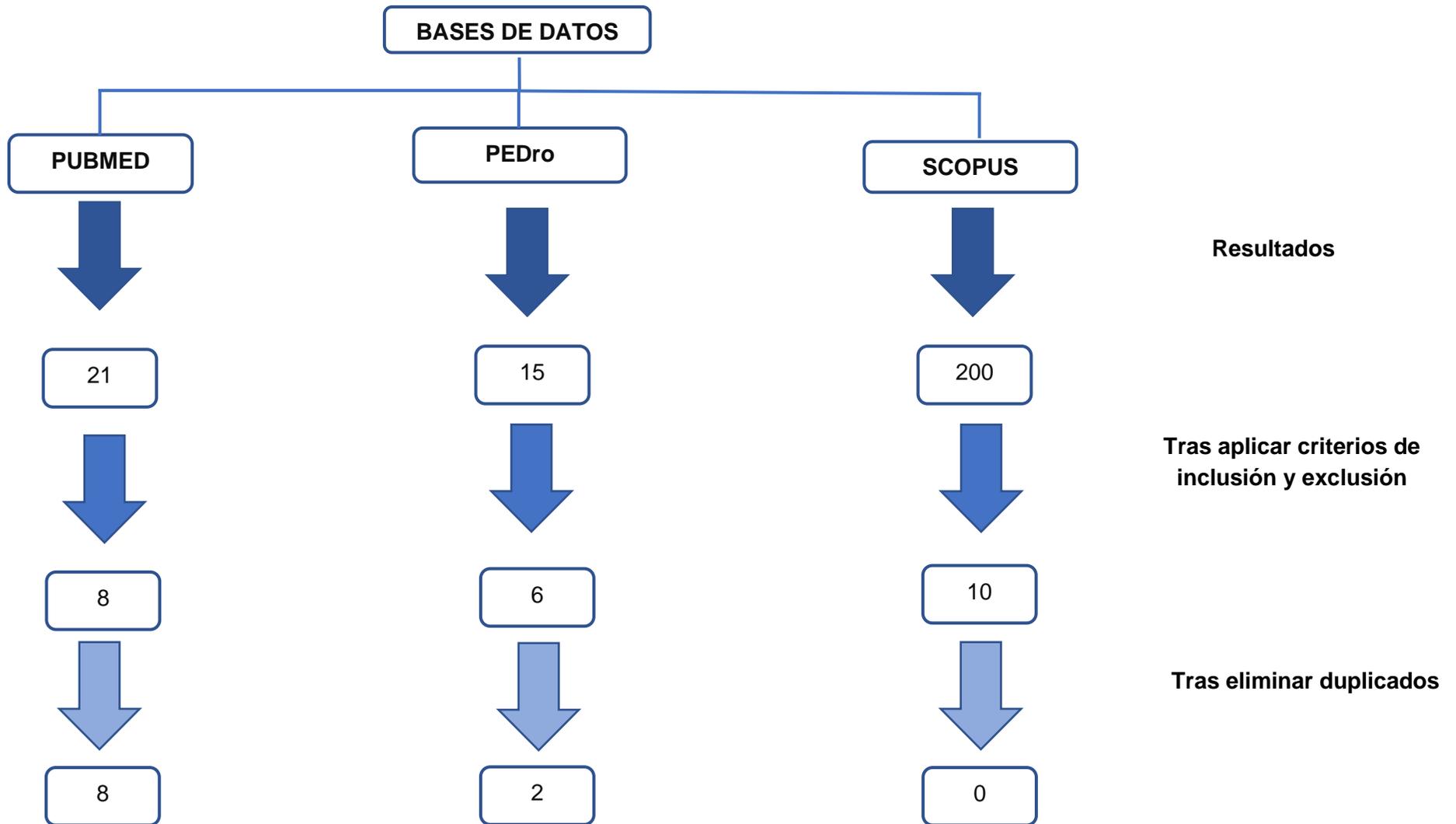
Las referencias bibliográficas se han gestionado a través del software Mendeley.

## **5.5. Selección de artículos**

Las búsquedas en las bases de datos PubMed, PEDro y Scopus han proporcionado un total de 236 resultados. En esta revisión se han incluido 10 artículos, que han sido los únicos que han cumplido con los criterios de inclusión y que se adaptaban al tema de estudio.

Los detalles de la selección se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Selección de artículos.



## 5.6. Variables de estudios

Las variables de estudio recogidas son las siguientes:

- Evaluación de la calidad metodológica de los estudios según la escala PEDro.
- Parámetros de la VHI:
  - Modo de ventilación mecánica utilizado.
  - Dosificación: presión de subida, volumen de subida, presión máxima, volumen máximo, tiempo inspiratorio, FR, duración del tratamiento.
- Parámetros de la MI-E:
  - Dosificación: presión inspiratoria, presión espiratoria, tiempo inspiratorio, tiempo espiratorio, tiempo de pausa, oscilación, tiempo de tratamiento, número de ciclos, número de series.
- Tratamiento complementario: vibración manual, compresión.
- Resultados del tratamiento:
  - Secreciones aspiradas.
  - Complianza.
  - Resistencia de la vía aérea.
  - Resistencia total del sistema respiratorio.
  - FR.
  - VT
  - Tasa de flujo espiratoria/inspiratoria pico (PEFR/PIFR).
  - Oxigenación.
  - TAS, TAD, TAM.
  - FC.

**Tabla 5. Variables seleccionadas e instrumentos de medición.**

<ul style="list-style-type: none"><li>• Parámetros VHI</li><li>• Complianza.</li><li>• Resistencia de la vía aérea.</li><li>• Resistencia total del sistema respiratorio.</li><li>• VT.</li><li>• FR.</li><li>• PEFR.</li><li>• PIFR.</li></ul>	<b>Ventilador.</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Parámetros MI-E.</li><li>• Complianza.</li><li>• Resistencia de la vía aérea.</li><li>• Resistencia total del sistema respiratorio.</li><li>• VT.</li></ul>	<b>Insuflador-exsuflador.</b>

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• FR.</li></ul>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Secreciones aspiradas.</li></ul>  | <b>Báscula de precisión.</b>           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• TAS.</li><li>• TAD.</li><li>• TAM.</li><li>• FC.</li><li>• Oxigenación.</li></ul> | <b>Monitor de cuidados intensivos.</b> |

## 5.7. Niveles de evidencia

Para evaluar la calidad metodológica de los 9 ECAs se empleó la escala PEDro (Anexo1) que permite evaluar la validez interna de los artículos.

Esta escala tiene 11 criterios, y se otorga un punto por cada uno cumplido. El criterio 1 no se tiene en cuenta en la puntuación total ya que influye en la validez externa del ensayo clínico, pero no en la interna.

Los estudios con una puntuación de 9-10 en dicha escala presentan una calidad metodológica excelente. Si la puntuación es de 6-8, la calidad metodológica es buena, entre 4-5 regular y por debajo de 4, mala. (28)

**Tabla 6. Calidad interna utilizando la escala PEDro.**

	<b>Criterios de selección</b>	<b>Asignación aleatoria</b>	<b>Asignación oculta</b>	<b>Grupos similares</b>	<b>Sujetos cegados</b>	<b>Terapeutas cegados</b>	<b>Evaluadores cegados</b>	<b>Seguimiento adecuado</b>	<b>Intención de tratar</b>	<b>Comparación entre grupos</b>	<b>Medidas puntuables de variabilidad</b>	<b>Puntuación total</b>
<b>WS Naue et al.</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	8
<b>MLF de Camillis et al.</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	8
<b>LM Chicayban et al.</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	7
<b>CB Assmann et al.</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7
<b>BS Ribeiro et al.</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	6
<b>WM Coutinho et al.</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
<b>W Jacob et al.</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	5
<b>L de Cássia Nunes et al.</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
<b>D Dennis et al.</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5

De los estudios analizados, 6 tienen una buena calidad metodológica y 3 tienen una calidad metodológica regular. Estos resultados se muestran en la tabla 4.

## **6. RESULTADOS**

A continuación, se mostrarán con detalle los resultados obtenidos de los diferentes estudios seleccionados.

### **6.1. Características de los estudios**

En la tabla 5 se muestran las principales características de los estudios analizados: cuál es el tipo de estudio, tamaño muestral, intervención realizada, variables que se analizan y resultados obtenidos.

**Tabla 7. Características de los estudios**

Artículo	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Variables	Resultados
<b>BS Ribeiro et al. (29)</b>	EC con grupos cruzados.	N: 30	<p>15 min cada intervención con al menos 15 min de diferencia entre ellas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. VC-CMV20</li> <li>2. VC-CMV50</li> <li>3. PC-CMV1</li> <li>4. PC-CMV3</li> <li>5. PSV10</li> <li>6. PSV25</li> </ol> <p>En los modos controlados por volumen se va incrementado en saltos de 200 ml. La presión máxima alcanzada en todos los modos fue 40 cmH<sub>2</sub>O.</p>	<p>Bioperfil de flujo espiratorio</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In vitro (PIFR/PEFR <math>\geq</math>0.9, PEFR &gt; 40 L/min, PEFR-PIFR &gt; 17 L/min).</li> <li>2. Estudio animal (PEFR/PIFR &gt;4.3 y PEFR-PIFR &gt;33 L/min).</li> </ol> <p>Expansión pulmonar. Respiratorias: VT, flujo inspiratorio, presiones pico y meseta, Cst, Rrs. Hemodinámicas: FC, TAM, asincronías, hiperdistensión pulmonar.</p>	<p>Modos VC-CMV20 y PSV (ventilación de presión soporte) más eficaces. PAM se redujo en modos VC-CMV20 y VC-CMV50. Modos PC-CMV3 y PSV10 valores más altos de presión alveolar. Modos con más asincronías: VC-CMV20 y PC-CMV3. Modos con menos asincronías: PC-CMV1 y PSV. VM disminuida solo en PC-CMV3.</p>
<b>LM Chicayban et al. (30)</b>	EC con grupos cruzados.	N: 38	<p>5 min de intervención.</p> <p>GI: Modo PCV. Presión aumentando en saltos de 5 cmH<sub>2</sub>O hasta alcanzar máximo 35 cmH<sub>2</sub>O. Tras alcanzar dicha presión, el tiempo inspiratorio fue aumentando hasta alcanzar un flujo inspiratorio basal. Ajuste tiempo inspiratorio según curva flujo-tiempo. GC: aspiración endotraqueal.</p>	<p>Respiratorias: presión pico y meseta, Cst, Rrs, Raw, flujo espiratorio pico. Hemodinámicas: FC, TAM, saturación periférica de oxígeno.</p>	<p>Aumento Cst tras intervención y 10 min después. Diferencias a grupo control (GC). Rrs, y Raw aumentaron tras tratamiento. Rrs siguió aumentada tras aspiración y Raw volvió a basal. Flujo espiratorio pico disminuyó tras tratamiento y volvió a basal tras aspiración. Sin cambios en FC, TAM ni SatO<sub>2</sub> en ningún grupo.</p>

Eficacia y seguridad de las técnicas de hiperinsuflación mecánica e insuflación-exsuflación en el paciente crítico. Una revisión bibliográfica.

<p><b>CB Assmann et al.</b> (31)</p>	<p>EC con grupos cruzados.</p>	<p>N: 50</p>	<p>10 min de intervención. GI: VHI. Modo PVC. Presión aumentada 10 cmH<sub>2</sub>O. Modo CMV. Se calcula el VT y se incrementa un 50 %, nunca dejando que la PIP supere 40 cmH<sub>2</sub>O. GC: aspiración solo. Se intercambia grupo control e intervención a las 24 h.</p>	<p>Volumen de secreciones. Respiratorias: Cdin, PIP, Raw, VTe, FR. Hemodinámicas: TAM, FC, SatO<sub>2</sub>.</p>	<p>Diferencias significativas en Cdin, VTe y secreciones aspiradas a favor del grupo intervención (GI). PIP menor en grupo intervención.</p>
<p><b>D Dennis et al.</b> (11)</p>	<p>Ensayo cruzado de no inferioridad.</p>	<p>N: 46</p>	<p>4 series de 8 repeticiones en cada tratamiento. SIMV (ventilación mecánica mandatoria intermitente sincronizada): incremento del VT en saltos de 150ml hasta llegar a entregar respiraciones de 15 ml/kg del peso corporal magro o hasta alcanzar una Paw de 40. TI de 3-5 s, FR 6-8 y FiO<sub>2</sub> se incrementa en 1.0 durante tratamiento. MHI + vibración manual en tórax. El circuito administró 15 L/min de oxígeno y la presión máxima de las vías respiratorias alcanzable sería 40 cmH<sub>2</sub>O, medido con un manómetro. Apnea de al menos dos segundos al final de la fase inspiratoria.</p>	<p>Volumen de secreciones. Respiratorias: Cdin, Paw, PCO<sub>2</sub>, SatO<sub>2</sub>, PaFi, VT. Hemodinámicas: TAM, FC, presión intracraneal, presión de perfusión cerebral.</p>	<p>Sin diferencia significativa en la expulsión de secreciones. Paw mayor en MHI que en VHI. La PaO<sub>2</sub> disminuyó con el tiempo cuando se utilizó MHI y aumentó cuando se utilizó VHI. No hubo más diferencias significativas entre técnicas. En ambas se produjo un aumento del VT, SatO<sub>2</sub> y TAM tras intervención.</p>
<p><b>W Jacob et al.</b> (32)</p>	<p>Ensayo clínico cruzado de no inferioridad</p>	<p>N: 48</p>	<p>SIMV: aumento del volumen de 200ml hasta alcanzar los 35 cmH<sub>2</sub>O de Paw o alcanzar el volumen de reserva inspiratorio calculado previamente. Tiempo inspiratorio 3-5</p>	<p>Volumen de secreciones. Respiratorias: Cdin, VT, Raw, PaFi, SatO<sub>2</sub>.</p>	<p>VHI movilizó más secreciones que MHI. Sin más diferencias significativas entre tratamientos excepto en SatO<sub>2</sub>,</p>

			<p>segundos, FR 6-8 y VT que no exceda Paw 30-32 cmH<sub>2</sub>O. FiO<sub>2</sub> aumentó 1.0 durante tratamiento.</p> <p>MHI. El circuito administró 15 L/min de oxígeno y la presión máxima de las vías respiratorias alcanzable sería 40 cmH<sub>2</sub>O, medido con un manómetro.</p> <p>Apnea de al menos dos segundos al final de la fase inspiratoria.</p>	<p>Hemodinámicas: TAM, FC, presión de perfusión cerebral (CPP), presión intracraneal (ICP)</p>	<p>ICP y CPP, pero que no parecen clínicamente importantes.</p> <p>Tendencia de VHI en producir una pendiente más positiva en el tiempo que MHI, en PaFi y VT, y más negativa en Paw.</p>
<b>WS Naue et al.</b> (33)	ECA	<p>N: 93 VC: 29 VHI: 32 VC + VHI: 32</p>	<p>Modo A/C PCV con una FR de 12 rpm y un ratio inspiración-expiración de 1:2.</p> <p>La técnica se realiza durante 10 min 2 veces al día.</p> <p>VC se realizó con una contracción excéntrica isométrica del terapeuta y combinada con una compresión del tórax en la expiración.</p>	<p>Volumen de secreciones aspiradas.</p> <p>Respiratoriamente: Cdin, PEP, SatO<sub>2</sub>, VT, FR.</p> <p>Hemodinámicamente: FC, TA.</p>	<p>Se aspiraron más secreciones realizando VC + VHI que, en la aspiración previa, pero al comparar los diferentes grupos, no hubo diferencias estadísticamente significativas.</p> <p>Tampoco hubo diferencias significativas entre grupos en otras variables.</p>
<b>MLF de Camillis et al.</b> (34)	Ensayo aleatorizado sin ciegos.	<p>N: 180 GI: 90 GC: 90</p>	<p>GI: 3 series de 10 ciclos de MI-E con presiones de -40 cmH<sub>2</sub>O y +40 cmH<sub>2</sub>O de insuflación y exsuflación. Tiempo inspiratorio de 2 s y espiratorio de 3 s.</p> <p>GC: compresión y vibración manual durante 5 minutos en cada lado del tórax, con el paciente en decúbito lateral del lado correspondiente.</p>	<p>Volumen de secreciones aspiradas.</p> <p>Respiratoriamente: variación de la Cest, de la Raw, del trabajo respiratorio, SatO<sub>2</sub>.</p> <p>Hemodinámicamente: TAS.</p>	<p>Más secreciones aspiradas en el GI.</p> <p>Mayor diferencia en la Cest en el GI.</p> <p>Valores medios de Raw y trabajo respiratorio no variaron entre grupos.</p> <p>No efectos adversos ventilatorios ni hemodinámicos.</p>
<b>L de Cássia Nunes et al.</b> (35)	Estudio aleatorizado cruzado.	N: 16	Todos los sujetos participan en 3 protocolos, separados 3 h entre ellos.	<p>Volumen de secreciones aspiradas.</p> <p>Respiratoriamente: presión pico de la vía aérea, raw, Cest.</p>	<p>El protocolo de 50 cmH<sub>2</sub>O fue el que movilizó más secreciones. Además, la SatO<sub>2</sub> disminuyó en todos los</p>

			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MI-E con presiones de I/E de -30 y +30 cmH<sub>2</sub>O seguido de aspiración.</li> <li>2. MI-E con presiones de I/E de -50 y +50 cmH<sub>2</sub>O seguido de aspiración.</li> <li>3. Aspiración sólo.</li> </ol> <p>Se realizaron 4 series de 4 ciclos respiratorios y 20 s de intervalo entre series. El tiempo inspiratorio fue de 2,5 s, la pausa 0,5 s y el espiratorio 1,5 s.</p>	Hemodinámicamente: FC, SatO <sub>2</sub> , TAD, TAS.	<p>protocolos menos en este y las TA aumentaron también en todos salvo en este.</p> <p>La presión pico aumentó ligeramente en todos los protocolos salvo en el de 50 cmH<sub>2</sub>O, que disminuyó y se mantuvo así 10 min después.</p> <p>En cuanto a la raw, solo disminuyó en el protocolo de 50 cmH<sub>2</sub>O y se mantuvo así al menos 10 min más, al igual que la Cest que sólo cambió en este protocolo, aumentando inmediatamente tras su aplicación.</p>
<b>WM Coutinho et al. (36)</b>	Ensayo aleatorizado cruzado.	N: 43	<p>Se realiza de forma aleatoria un protocolo y al día siguiente el otro.</p> <p>M-IE: 5 ciclos de 4 respiraciones con presiones de -40 cmH<sub>2</sub>O y +40 cmH<sub>2</sub>O.</p> <p>Tanto la inspiración como la espiración duran 3 s, sin pausa entre ellas. 20 s de intervalo entre series e hiperoxigenación (100 %) 1 min antes de aplicar cada técnica. La técnica control es la aspiración endotraqueal.</p>	<p>Volumen de secreciones aspiradas.</p> <p>Respiratoriamente: VT, VM, FR, Cdin, y resistencia pulmonar.</p> <p>Hemodinámicamente: FC, TAD, TAS, TAM, SatO<sub>2</sub>.</p>	<p>Sin cambios estadísticamente significativos en Cdin, resistencia pulmonar ni cantidad de secreciones aspiradas.</p> <p>Tampoco se observan cambios entre intervenciones en tensiones arteriales ni SatO<sub>2</sub>.</p>
<b>M Sánchez-García et al. (7)</b>	Estudio “cuasi experimental.”	N: 13	<p>Presiones de 50 cmH<sub>2</sub>O y -45 cmH<sub>2</sub>O. La fase inspiratoria con una duración de 3 s y la de espiración 4 s.</p> <p>El dispositivo aplicaba también una oscilación de 16 Hz durante ambas fases.</p>	<p>Respiratoriamente: Cest, Cdin, VT, PEP, PaFi, PaO<sub>2</sub></p> <p>Hemodinámicamente: FC, TAM, SatO<sub>2</sub>.</p>	<p>Se realizan una media de 2 ciclos por sesión.</p> <p>Sin diferencias significativas en ninguna variable a lo largo de la sesión excepto por la SatO<sub>2</sub> y PaO<sub>2</sub>, que aumentaron.</p>

		Se realizaron ciclos de 10-12 respiraciones, y solo se repetían si era productivo, es decir, si había secreciones visibles en el segmento proximal de la vía aérea artificial. <sup>1</sup>		En todos los pacientes excepto en uno se movilizaron secreciones, siendo visibles en el segmento proximal de la vía aérea artificial.
--	--	---	--	---

---

Listado de abreviaturas: ECA: ensayo clínico aleatorizado; EC: ensayo clínico; N: número de participantes; GI: grupo intervención; GC: grupo control; VC-CMV ventilación mandatoria continua por control de volumen; PC-CMV ventilación mandatoria continua por control de presión; PSV: ventilación de presión soporte; PIFR: tasa de flujo inspiratoria pico; PEFR: tasa de flujo espiratoria pico; Cst: complianza estática; Cdin: complianza dinámica; Raw: resistencia de la vía aérea; Rrs: resistencia total del sistema respiratorio; FC: frecuencia cardíaca; FR: frecuencia respiratoria; TAM: tensión arterial media; TAS: tensión arterial sistólica; TAD: tensión arterial diastólica; PEP: presión espiratoria pico; A/C: asistida/controlada; PCV: ventilación controlada por presión; SIMV: ventilación mandatoria intermitente sincronizada; SatO2: saturación de oxígeno; PaO2: presión parcial de oxígeno; VC: vibrocompresión; VHI: hiperinsuflación mecánica; presión de perfusión cerebral: CPP; presión intracraneal: ICP.

A continuación, se detallan las características, intervenciones y resultados de los estudios incluidos en esta revisión.

En el estudio de Ribeiro et al. (29) se analizaron 6 modalidades de VHI en 30 participantes, que reciben todas las intervenciones con una separación de al menos 15 minutos entre ellas para que los valores hemodinámicos y respiratorios vuelvan a parámetros basales. Todos los pacientes se posicionan en decúbito supino con el cabecero elevado 30 grados durante la intervención. Antes del protocolo experimental se realiza aspiración endotraqueal. Cada modalidad dura 15 minutos y se deja un mínimo de otros 15 minutos entre una aplicación y otra. Las modalidades son las siguientes: ventilación mandatoria continua controlada por volumen; con flujo inspiratorio de 20 L/min (VC-CMV20), ventilación mandatoria continua controlada por volumen; con flujo inspiratorio de 50 L/min (VC-CMV50), ventilación mandatoria controlada por presión con tiempo inspiratorio de 1 s (PC-CMV1), ventilación mandatoria controlada por presión con tiempo inspiratorio de 3 s (PC-CMV3), presión soporte con una parada de ciclo al 10 % del pico de flujo inspiratorio (PSV10) y presión soporte con una parada de ciclo al 25 % del pico de flujo inspiratorio (PSV25). En los modos controlados por volumen se incrementaban en saltos de 200 ml hasta llegar a una presión pico de 40 cmH<sub>2</sub>O y el tiempo de subida se estableció en un 70 % para todas las modalidades de VHI.

La efectividad del tratamiento se valoró siguiendo el bioperfil de flujo espiratorio de estudios in vitro y animales, a partir de los valores de la PIFR, la PEFR y sus relaciones. La expansión pulmonar también fue un criterio de efectividad, siendo satisfactoria cuando el volumen durante la VHI fue mayor del 150 % del VT ideal (calculando 8 ml/kg considerando el peso corporal ideal). Se analizaron también la Cest, Rrs, FC, TAM, VM y la presencia de asincronías.

Los resultados mostraron que todos los modos presentan un buen rendimiento teniendo en cuenta los criterios del bioperfil de flujo espiratorio y de expansión pulmonar.

La comparación entre resultados mostró que el modo VC-CMV20 fue el más eficaz, seguido de los modos PSV. En cuanto a la TAM, se redujo de forma significativa en los modos VC-CMV20 y VC-CMV50. Los modos PC-CMV3 y PSV10 manifestaron los mayores valores de presión alveolar, con un 93 % de los casos por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O. Se presentaron más asincronías en VC-CMV20 y PC-CMV3 y menos en PC-CMV1 y PSV (ambos). El patrón ventilatorio cambió en todos los casos, y la VM disminuyó solo en PC-CMV3. No se mostró ningún efecto adverso.

El estudio de Chicayban et al. (30) es un ensayo clínico cruzado aleatorizado, con 38 participantes, en el que al GC se le realiza aspiración endotraqueal y al GI, VHI por control de presión. Las intervenciones se realizan en un intervalo de 6 h en 2 bloques de 20 pacientes. Los pacientes son colocados en decúbito supino con el cabecero elevado 45 grados y se realiza aspiración endotraqueal tras la intervención. El tiempo inspiratorio se ajusta de forma individual, de acuerdo con la mecánica ventilatoria, guiándose por la curva flujo tiempo. La presión inspiratoria incrementa de forma gradual, a saltos de 5 cmH<sub>2</sub>O hasta alcanzar un máximo de 35 cmH<sub>2</sub>O. El tiempo inspiratorio fue aumentando gradualmente a la vez que disminuía la FR. La técnica se realizó durante 5 minutos.

Antes, justo después y 10 minutos después de la intervención se evaluaron la mecánica ventilatoria (Cest, Rrs, Raw, flujo espiratorio pico) y parámetros hemodinámicos (FC, TAM, SatO<sub>2</sub>).

Los valores de Cest aumentaron tras la intervención y se mantuvieron altos 10 minutos después en comparación con el GC. La Rrs fue mayor tras la intervención y 10 minutos después en comparación al GC, mientras que la Raw fue mayor tras la intervención, pero 10 minutos después, al aspirar, no hubo diferencias significativas con respecto al control. El pico de flujo espiratorio disminuyó tras la intervención y volvió a valores basales al aspirar, encontrándose solo diferencias post intervención en relación con el grupo control. No hubo cambios en la FC, TA ni SatO<sub>2</sub>.

El estudio de Assmann et al. (31) consistió en un ensayo clínico cruzado aleatorizado, en el que 50 pacientes recibieron la técnica de VHI y la técnica control (aspiración endotraqueal) con 24 h de diferencia entre ambas. Dos horas antes de la realización de cada técnica se aspiraba al paciente. A este se le posiciona en decúbito supino con el cabecero elevado 30 grados. A los pacientes del grupo control se les ventiló durante 1 minuto con una FiO<sub>2</sub> del 100 % para posteriormente aspirar las secreciones. En el grupo intervención, en caso de modalidades controladas por presión se aumentó la presión 10 cmH<sub>2</sub>O. En las modalidades controladas por volumen, se calculó el VT ideal de cada paciente y se incrementó un 50 % durante 10 minutos, asegurándose de que la PIP no excediese los 40 cmH<sub>2</sub>O.

Se analizó el peso de las secreciones aspiradas y se recogieron justo al finalizar la intervención parámetros respiratorios y hemodinámicos. Las variables respiratorias recogidas fueron el flujo espiratorio pico, el VT espirado, la Raw y la Cdin. Las hemodinámicas fueron la FC, FR, TAM y SatO<sub>2</sub>.

Se observaron diferencias significativas en la Cdin, VT espirado y peso de secreciones aspiradas a favor del grupo intervención. Además, la presión inspiratoria pico disminuyó significativamente en relación con el GC tras intervención. No hubo diferencias en parámetros hemodinámicos.

En el estudio de Dennis et al. (11) se compara la VHI con la MHI. Participan 46 pacientes a los que se les realizan ambas intervenciones, una por la mañana y otra por la tarde, con al menos 3 h de diferencia. La posición del paciente fue decúbito lateral siempre que fuera posible, con el lado más afectado posicionado superiormente, o en decúbito supino con una inclinación de 20-30 grados de la camilla. Para la VHI se utilizó el modo SIMV con incrementos del volumen en saltos de 150 ml hasta llegar a entregar respiraciones de 15 ml/kg de peso corporal magro o alcanzar una Paw de 40 cmH<sub>2</sub>O. El tiempo inspiratorio fue de 3-5 s, la FR de 6-8 rpm y la FiO<sub>2</sub> se incrementó 1.0 durante el tratamiento. La MHI se realizó con una presión máxima de 40 cmH<sub>2</sub>O medida con manómetro y una pausa teleinspiratoria de al menos 2 s, administrando 15 L/min de oxígeno. Se realizaron 4 series de 8 respiraciones en ambos tratamientos.

Se recogieron variables respiratorias (Cdin, Paw, PCO<sub>2</sub>, SatO<sub>2</sub>, PaFi, VT), hemodinámicas (TAM, FC, presión de perfusión cerebral y presión intracraneal) y el volumen de secreciones.

No hubo diferencias significativas en el volumen de secreciones entre ambas intervenciones. La Paw mostró un aumento en la MHI en relación con la VHI. El VT, SatO<sub>2</sub> y TAM aumentaron significativamente en ambas intervenciones. Por otro lado, tanto la PaO<sub>2</sub> como la PaFi presentan una tendencia positiva en el tiempo en el caso de la VHI y negativa en el de la MHI.

En el estudio de Jacob et al. (32) se compara también la VHI con la MHI. Participan 48 pacientes, a los que se les realizan ambas intervenciones. En ambos casos se añadió la utilización de vibración manual en el tórax, y la separación entre una intervención y otra fue de mínimo 3 h. En el caso de la VHI, se utilizó un modo SIMV, en el que se aumentó el volumen en saltos de 200 ml hasta alcanzar los 35 cmH<sub>2</sub>O o el volumen de reserva inspiratorio que se calculó previamente. El tiempo inspiratorio pautado fue de 3-5 s, la FR de 6-8 rpm y el VT máximo sin exceder la presión fijada ni el volumen de reserva inspiratorio. La FiO<sub>2</sub> se aumentó en 1.0. La MHI se realizó siguiendo el mismo protocolo que el estudio anterior. Se realizaron 4 series de 8 respiraciones en ambos tratamientos.

Se recolectaron el volumen de las secreciones y variables respiratorias (Cdin, VT, Paw, PaFi) y hemodinámicas (SatO<sub>2</sub>, TAM, FC, presión de perfusión cerebral, presión intracraneal).

Como resultados, la VHI movilizó mayor cantidad de secreciones que la MHI. No hubo más diferencias significativas entre intervenciones excepto en  $\text{SatO}_2$ , presión de perfusión cerebral y presión intracraneal, pero no se consideraron clínicamente significativas. Se observa también una tendencia de la VHI en producir una pendiente más positiva en el tiempo que la MHI en la PaFi y el VT, y más negativa en la Paw.

En el estudio de Naue et al. (33) se comparan la utilización de VHI, vibrocompresión (VC) y utilizar ambas técnicas a la vez. En él participan 93 pacientes, que se dividen en: 29 al grupo de VC, 32 al de VHI y 32 al de VHI + VC. Para la realización de las intervenciones, se les coloca en decúbito supino, con el cabecero elevado 30 grados y se les aspira 2 h antes de realizar las técnicas. Estas se realizan en todos los pacientes, dejando 6 h de diferencia entre cada intervención. El modo de la ventilación mecánica es A/C PCV con una FR de 12 rpm y un ratio de I:E de 1:2. Se aumenta la presión inspiratoria hasta llegar a una presión pico de 40  $\text{cmH}_2\text{O}$  y se aplica durante 10 minutos, 2 veces al día. La VC se realiza de forma excéntrica/concéntrica con contracción de los miembros superiores del fisioterapeuta.

Se analizan variables respiratorias (Cdin, PEP, VT, FR), hemodinámicas (FC, TA y  $\text{SatO}_2$ ) y la cantidad de secreciones aspiradas. La cantidad de secreciones aspiradas en el grupo VHI + VC fue mayor que en la aspiración previa, pero al comparar los diferentes grupos no hubo diferencias estadísticamente significativas. En los demás parámetros, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos, ni ninguna complicación asociada al tratamiento.

En el estudio de Camillis et al. (34) se estudiaron a 180 pacientes para comprobar la eficacia de la I-E. 90 se asignaron como GC y 90 como GI. Con los pacientes en decúbito supino, y habiendo esperado al menos 3 h desde la última vez que los aspiraron, en el grupo intervención se realizan 3 series de 10 ciclos de MI-E con presiones -40  $\text{cmH}_2\text{O}$  y 40  $\text{cmH}_2\text{O}$  de insuflación y exsuflación, respectivamente. El tiempo inspiratorio fue de 2 s y el espiratorio de 3 s. Se espera 5 minutos tras terminar el procedimiento para realizar aspiración de secreciones. En el grupo control se realizaron compresiones y vibración manual con el paciente en decúbito supino, dedicándole 5 minutos a cada lado. Tras la intervención se auscultó y se verificó en las curvas del ventilador la ausencia de secreciones. Posteriormente se realizó hiperinsuflación a los sujetos con un resucitador manual.

Se analizaron variables respiratorias (Cest, Raw, trabajo respiratorio), hemodinámicas (TA,  $\text{SatO}_2$ ).

Los resultados muestran que el volumen de secreciones aspirado fue mayor en el grupo intervención, así como la Cest. En cuanto a la Raw y el trabajo respiratorio no hubo diferencias entre protocolos, y tampoco se observaron efectos adversos.

El estudio de Cássia Nunes et al. (35) compara 2 protocolos de MI-E y aspiración exclusivamente. A los 16 pacientes seleccionados se les realizan las 3 intervenciones, con un espacio de al menos 3 h entre ellas. En el primero se realiza MI-E con presiones de I/E de -30 cmH<sub>2</sub>O y 30 cmH<sub>2</sub>O respectivamente, seguido de aspiración. El segundo es igual, pero las presiones son de -50 cmH<sub>2</sub>O y 50 cmH<sub>2</sub>O y el tercero es solo aspiración. Los protocolos de MI-E se realizan en modo automático, con un tiempo inspiratorio de 2,5 s, una pausa de 0,5 s y un tiempo espiratorio de 1 s. Se emplean 4 series de 4 ciclos respiratorios con un intervalo de 20 s entre series. En todos los casos los pacientes se encontraban en decúbito supino y habían sido aspirados 2 h antes de la intervención.

Se analizaron variables respiratorias (Cest, Raw, presión pico de la vía aérea), hemodinámicas (FC, TAD, TAS, SatO<sub>2</sub>) y el volumen de secreciones aspiradas. Los resultados concluyeron que el protocolo que más secreciones movilizó fue el de MI-E de 50 cmH<sub>2</sub>O. Además, fue el único en el que no disminuyó la SatO<sub>2</sub> ni aumentó la TA. En este protocolo también se redujo la presión pico tras su aplicación, y este cambio continuó conservado 10 minutos después al igual que se produjo un aumento de la Cest justo tras aplicarse, valor que no obtuvo cambios en las otras intervenciones.

En el estudio de Coutinho et al. (36) se compara un protocolo de MI-E con aspirar solamente. A los 43 pacientes que participan se les realiza una intervención un día y la otra al día siguiente, de forma aleatoria. La MI-E consiste en 5 series de 4 respiraciones con presiones de I-E de 40/-40 cmH<sub>2</sub>O respectivamente. La duración de cada fase es de 3 s, sin pausa. Se dejaron 20 s entre series y se hiperoxigenó (100 % O<sub>2</sub>) durante un minuto al paciente previo a la intervención. Posteriormente se aspiró al paciente. En el grupo control solo se realizó aspiración, hiperoxigenando al paciente 30 s antes de aspirar y 15 s un minuto después.

Se recogen variables respiratorias (VT, VM, FR, C<sub>di</sub> y resistencia pulmonar), hemodinámicas (FC, TAD, TAS, TAM) y volumen de secreciones. No se observan cambios entre grupos en las variables hemodinámicas, respiratorias ni en la cantidad de secreciones aspiradas.

En el estudio de Sánchez-García et al. (7) se observan los resultados de aplicar MI-E a 13 pacientes críticos, sin utilizar GC. Las presiones de I-E que se utilizan son de 50/-45 cmH<sub>2</sub>O y los tiempos de cada fase 3-4 s respectivamente. Se aplica además una oscilación de 16 Hz y se sincroniza con el paciente utilizando un modo del dispositivo denominado "cough track".

Se realizan ciclos de 10-12 repeticiones que sólo se repiten si está siendo productivo, es decir, si tras esas repeticiones aparecen secreciones visibles en la vía aérea artificial proximal. Posteriormente se aspira al paciente. Se recogieron variables respiratorias y hemodinámicas 5 y 60 minutos después de la intervención. Se aspiraron secreciones de forma efectiva en todos los pacientes excepto en uno y no hubo diferencias significativas en las variables en el tiempo, excepto por la PaO<sub>2</sub> que aumentó 5 min tras la intervención y continuó aumentando a los 60 minutos.

## **7. DISCUSIÓN**

Tras analizar un total de 10 artículos publicados en los 10 últimos años (2011-2021), se procede a analizar e interpretar los resultados obtenidos. En los siguientes párrafos se discuten las consecuencias de la utilización de los diferentes protocolos de VHI e MI-E en la limpieza de secreciones, seguridad y parámetros respiratorios del paciente, tratando de esta forma responder a la pregunta de investigación. Además, se evaluarán la solidez y relevancia de los estudios incluidos, sus limitaciones y en qué dirección pueden ir las líneas de investigación futuras.

Dentro del análisis de cada variable se empezará hablando de la VHI para continuar con la MI-E, ya que se han analizado más artículos de la primera técnica (6) que de la segunda (4).

### **7.1. Limpieza de secreciones**

De los artículos seleccionados sobre VHI solo en 4 de ellos se evalúa la cantidad de secreciones aspirada de forma directa (11,31–33). De estos, únicamente en 1 de ellos (31) se observaron diferencias estadísticamente significativas en relación al GC. Cabe destacar, que es el único de los 4 artículos en el que el GC se aspiraba simplemente, ya que en los otros 3 o bien se comparaba con MHI (11,32), o bien con VC y VC + VHI (33). Este es el resultado que despierta más interés ya que la aspiración es el procedimiento más utilizado en este tipo de pacientes y el que por sus riesgos se busca reducir. En los estudios que el GC era MHI (11,32), los resultados no mostraron diferencias significativamente estadísticas. Estos concuerdan con la revisión de A Anderson et al. (9) que señala que ambas intervenciones tienen resultados similares en la limpieza de secreciones. Este hallazgo es por tanto positivo porque como señala Paulus F et al. (37) en una revisión sobre HMI, esta presenta beneficios en la limpieza de secreciones en pacientes intubados y mecánicamente ventilados, pudiendo extrapolar de esta forma los resultados a la VHI. En el estudio de Naue et al. (33) se aspira a los pacientes dos horas antes de realizar las intervenciones, permitiendo comparar dicha aspiración con la que se realiza post intervención. Esto muestra resultados positivos a favor

de la combinación de VHI + VC en relación con aspirar sin realizar dicha técnica previamente. En cambio, no se muestran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos VHI, VC y VHI + VC. Una limitación que puede justificar dichos resultados es la heterogeneidad que presentaban los pacientes en cuanto a cantidad de secreciones en un primer momento, ya que a priori el grupo VC debería de obtener peores resultados, al ser una técnica que otros estudios muestran que por sí sola no tiene efectividad en el higiene bronquial (38,39). En una carta al editor publicada por ARM et al. (40) al verse también sorprendidos por los resultados, argumentan que el modo utilizado para la intervención (A/C PCV) en lugar de un modo controlado por volumen, como defienden estudios in vitro y en modelos animales, y el hecho de que no se haya estandarizado el tiempo inspiratorio, pudiendo causar relaciones PIF/PEF poco óptimas han podido afectar a los resultados finales. Además, consideran que la metodología de estudio es confusa, punto en el que concordamos ya que no se especifica de forma clara como es el orden de intervenciones ni como se aplican los protocolos.

El estudio de BS Ribeiro et al. (29), evalúa la capacidad de los distintos modos ventilatorios de desplazar secreciones en relación a umbrales acordados en estudios in vitro y modelos animales. Según dichos umbrales, los 5 protocolos de VHI son eficaces, destacando el modo VC-CMV20 y los dos modos de PSV. Por tanto, basándonos en estos resultados, en pacientes sin impulso respiratorio, utilizar un modo controlado por volumen parece ser más interesante que controlado por presión, siendo suficiente y más eficaz el uso de un flujo inspiratorio de 20 L/min. En pacientes que sí tengan impulso respiratorio, ambos modos de PSV parecen efectivos, con la ventaja de que al tratarse de modos que cuentan con la respiración espontánea del paciente, la presencia de asincronías es menor. A pesar de que los resultados hayan sido positivos y puedan servir de forma orientativa a inclinarnos por utilizar un modo ventilatorio u otro para mejorar la eficacia en la limpieza de secreciones, hay que tener en cuenta que los umbrales obtenidos en estudios in vitro y animales pueden no ser representativos de los realmente necesarios para provocar un desplazamiento de secreciones lo más eficaz posible en sujetos humanos.

El estudio de Chicayban et al. (30) tampoco cuantifica de forma directa la cantidad de secreciones aspiradas, sino que analiza la mecánica ventilatoria. La VHI parece ser más eficaz que la aspiración únicamente a la hora de expulsar las secreciones si nos basamos en cómo se modifican los parámetros ventilatorios. La complianza aumenta en el caso de la VHI y se mantiene en valores altos 10 minutos después de la intervención, tras haber vuelto a aspirar. Esto no ocurre en el grupo control, pudiendo ser un indicativo de que con el VHI se han eliminado de forma más eficaz las secreciones, permitiendo una mejor expansión

pulmonar. Además, la Raw aumenta tras realizar la VHI y el flujo espiratorio pico disminuye, volviendo a valores basales tras la aspiración. Esto puede ser otro indicativo de que las secreciones fueron desplazadas de vías más distales a proximales, provocando estos cambios en los parámetros ventilatorios para posteriormente volver a los valores previos al ser eliminadas mediante aspiración.

Los artículos de VHI muestran, por tanto, resultados positivos en la limpieza de secreciones en relación con la aspiración orotraqueal y resultados similares a la MHI, por lo que parece ser una técnica con buenos resultados en este aspecto.

En cuanto a los 4 artículos restantes a revisar, todos ellos utilizan la MI-E como técnica a estudiar. En 2 de ellos se utiliza como GC la aspiración (35,36), en otro fisioterapia convencional (compresiones y vibración manual) (34) y el último no cuenta con GC (7). De los que sí cuentan con GC, dos de ellos reportan un aumento estadísticamente significativo de las secreciones en relación a este (34,35).

La explicación por la que el protocolo de WM Coutinho et al. (36) no fue eficaz puede deberse a la dosificación utilizada. A pesar de que utiliza las mismas presiones que el realizado por Camillis et al. (34), en este último el número de ciclos por serie es mucho mayor (10 en lugar de 4) aunque el número de series sea menor (3 en lugar de 5). El protocolo de Cássia Nunes et al. (35) utiliza también 4 ciclos, pero las presiones son mayores, llegando a los 50 cmH<sub>2</sub>O/-50 cmH<sub>2</sub>O de I/E. De hecho, en ese mismo estudio utilizan también presiones menores, de 30 cmH<sub>2</sub>O/-30 cmH<sub>2</sub>O de I/E y no consiguen un aumento de la eliminación de secreciones estadísticamente significativo con respecto al GC. Por tanto, podemos pensar que utilizar un mayor número de repeticiones por cada serie o utilizar presiones mayores nos lleva a conseguir mejores resultados en cuanto a limpieza de la vía aérea. Además, en el estudio de WM Coutinho et al. (36) no se realizó una aspiración previa a los protocolos, por lo que no se aseguró la homogeneidad de los pacientes. El estudio que no cuenta con GC (7) también tuvo resultados positivos, utilizando presiones altas (50 cmH<sub>2</sub>O/-50 cmH<sub>2</sub>O) y ciclos de entre 10-12 repeticiones. Además, añadió la utilización de oscilaciones de 16 Hz tanto en fase inspiratoria como espiratoria. Debido a la baja calidad metodológica del estudio, que no permite comparar resultados con otra intervención, no podemos sacar conclusiones sobre su efectividad, aunque parece un protocolo interesante al combinar presiones altas con un número elevado de repeticiones y fijar el número de series según lo productivo que esté siendo el tratamiento.

A pesar de que no se han podido encontrar muchos artículos que muestren la eficacia de la MI-E en la limpieza de la vía aérea en el paciente crítico, los resultados son favorables,

destacando el estudio de Camillis et al. (34) que cuenta con un tamaño muestral superior al resto de artículos combinados, y apoya la utilización de la MI-E con este objetivo.

## **7.2. Seguridad de la intervención**

En ninguno de los artículos que ha analizado la VHI se han encontrado efectos adversos ni a nivel respiratorio ni hemodinámico. Es importante destacar que en ningún caso se permitió superar los 40 cmH<sub>2</sub>O de presión pico, por tanto, a partir de lo revisado solo se puede señalar que parece ser seguro hasta dicho límite, desconociéndose los posibles efectos adversos si la alarma se ajustase para permitir más presión. Además, en la selección de pacientes de todos los estudios se excluyeron a pacientes hemodinámicamente inestables o con contraindicaciones para incrementar la presión positiva; como enfisema subcutáneo, neumotórax sin drenaje o hemotórax. Es decir, las técnicas realizadas a los 305 participantes totales con los que contaron los estudios no mostraron efectos adversos, pero es importante que en la práctica clínica se cuente con la capacidad de seleccionar qué pacientes son aptos para ser tratados mediante técnicas que provoquen un aumento de las capacidades y presiones pulmonares, y cuáles no.

En cuanto a las técnicas de MI-E, tampoco se han presentado efectos adversos en ninguno de los 252 sujetos que se han analizado. En este caso, las presiones más altas que se han utilizado han sido de 50 cmH<sub>2</sub>O. El uso de estas presiones se corresponde solo con el 11 % del total de sujetos estudiados, siendo utilizadas en el resto presiones más bajas, de 40 cmH<sub>2</sub>O, por lo que se necesitarían cantidades muestrales más grandes para poder afirmar que es seguro utilizarlas.

Por tanto, parece que la utilización de cualquiera de las dos técnicas estudiadas es segura si se realiza en pacientes que no presenten contraindicaciones para su uso, aunque se necesitan más estudios para afirmarlo con seguridad, ya que complicaciones de baja incidencia asociadas a estas intervenciones pueden no haberse visto reflejadas en esta revisión, y aparecer en el ámbito clínico cuando el número de pacientes en el que se utilicen a lo largo del tiempo sea mayor.

## **7.3. Parámetros respiratorios**

En cuanto a la VHI, varios estudios muestran una mejora en la complianza en relación al GC, cuando este último se trata solo de aspirar (30,31). El estudio de Ribeiro et al. (29) también muestra resultados positivos en cuanto a la expansión pulmonar siguiendo sus criterios en relación a mediciones in vitro y en animales. En los artículos en los que se compara la VHI con la MHI (11,32), a pesar de que no se encuentran diferencias estadísticamente

significativas entre protocolos, sí se puede observar un aumento de la complianza con el uso de VHI. Donde peores resultados se observan, al igual que ocurrió con la cantidad de secreciones aspiradas, fue en el estudio de Naue et al. (33), en el que no se obtuvieron diferencias relevantes. A pesar de que se advierten efectos positivos en este parámetro en algunos casos, se necesitan más estudios para poder afirmarlo de forma sólida. Además, se considera interesante que próximos estudios hagan un seguimiento en el tiempo mayor de este tipo de variables, para analizar si se mantienen o si solo existen efectos a corto plazo.

En cuanto a otro parámetro relevante como es la oxigenación, no se observan diferencias en los protocolos analizados. Al no tratarse de la variable principal a analizar en dichos artículos, observar si se producen aumentos es complicado, ya que los pacientes o bien tenían buenos niveles de oxigenación o contaban con  $FiO_2$  elevadas por seguridad, siendo más complicado observar cambios. Además, al tratarse de grupos heterogéneos en este sentido, no es posible diferenciar qué pacientes se han visto beneficiados en el intercambio gaseoso y cuáles no lo han hecho porque no presentaban un problema del mismo. Un hallazgo que sí podría tener cierta relevancia es el que se encuentra en los artículos que comparan VHI con MHI (11,32), que muestran que la VHI produce una pendiente más positiva en el tiempo que la MHI, pudiendo ser un aspecto diferenciador de ambas técnicas y que cobra mayor importancia al tener en cuenta que la última medición se realiza a la media hora post tratamiento. Es decir, la VHI podría tener una repercusión positiva en la PaFi a medio plazo, aunque en la revisión realizada por A Anderson et al. (9) muestra resultados similares entre ambas técnicas en 3 estudios, mejor tendencia a favor de la MHI en 1 y resultados a favor de la VHI en otro, por lo tanto no podemos decir que los resultados sean concluyentes.

En cuanto a las técnicas de MI-E, los resultados son muy similares. En dos estudios la complianza aumentó (34,35) mientras que en los dos restantes no hubo cambios significativos (7,36). Al encontrarnos con tamaños muestrales mayores y una calidad metodológica mejor en los artículos que apoyan este aumento de la complianza, podemos inclinarnos hacia unos resultados positivos. Sin embargo, ante la escasa cantidad de estudios encontrados y a que no todos ellos lo afirman, no se puede concluir que es así.

No se observan cambios en la oxigenación con la aplicación de los protocolos. Destacar simplemente que en el estudio de Cássia Nunes et al. (35) tanto en el grupo aspiración como en el grupo en el que se emplearon presiones 30  $cmH_2O$ , la  $SatO_2$  disminuyó tras la intervención, mientras que en el que se utilizaron presiones de 50  $cmH_2O$  se mantuvo. Esto nos indica que utilizar presiones superiores a 40  $cmH_2O$  puede tener un efecto positivo en el que no decaiga la  $SatO_2$  con la intervención.

## **7.4. Limitaciones del trabajo**

- Existen pocos estudios disponibles hasta la fecha, ya que solo se han podido analizar 6 sobre VHI y 4 sobre MI-E, con un tamaño muestral de 305 sujetos totales en el primer caso y 252 sujetos en el segundo.
- Los grupos de sujetos utilizados fueron muy heterogéneos. Las patologías de base por la que se les ingresaba en cuidados intensivos son muy variadas, influyendo en variables como la cantidad de secreciones o los niveles de oxigenación y su respuesta al tratamiento.
- Existen muchas posibilidades a la hora de ajustar los parámetros de las intervenciones, por lo tanto, estas están muy poco estandarizadas, siendo un factor más para encontrar disparidad en los resultados.
- La técnica control no es la aspiración orotraqueal en todos los casos, impidiendo conocer los resultados de la intervención con relación a esta, ya que era la que mostraba mayor interés desde un punto de vista comparativo.
- La búsqueda bibliográfica la ha realizado un único evaluador, pudiendo cometer errores con mayor facilidad.

## **7.5. Líneas de investigación futuras**

En primer lugar, es importante destacar la necesidad de más ECAs en los que se analice la efectividad y seguridad de ambas técnicas, ya que la evidencia disponible actualmente es escasa. Además, esto va a servir para sentar bases sobre cuáles son los parámetros que mejores resultados obtienen, más allá de modelos in vitro o animales. La mayoría de los estudios analizados eran provenientes de Latinoamérica, especialmente de Brasil, donde el uso de este tipo de técnicas está más extendido y se refleja en la investigación. Que, en otras regiones, como puede ser Europa, se aumente la utilización de estos procedimientos en la práctica clínica y se realice investigación sobre ellos podría ser de gran ayuda, ya que las herramientas con las que cuenta la fisioterapia para la mejora de funciones respiratorias en pacientes en ventilación mecánica, especialmente cuando no responden a ordenes, es mucho más limitada que en otros casos.

En segundo lugar, sería muy interesante la publicación de artículos que analicen el impacto de estas técnicas en variables como la duración de estancia en UCI, la incidencia de VAP o de la necesidad de reintubación del paciente. Este tipo de variables son más complicadas de analizar, pero son las que tienen importancia en la práctica clínica, ya que de poco sirve que los procedimientos consigan el objetivo planteado (por ejemplo, eliminar secreciones) si esto no se refleja posteriormente en una disminución en la cantidad de infecciones adquiridas, en

un proceso de extubación más sencillo o en una estancia en UCI más corta. En esta línea ya se han empezado a publicar algunos artículos, como este estudio de cohortes retrospectivo de Kuroiwa et al. (41) que asocia el uso de MI-E en la prevención de VAP en pacientes críticos

Tomando como orientación la realización de procedimientos de higiene bronquial que se suelen realizar en fisioterapia, que buscan desplazar las secreciones de zonas distales hacia proximales para posteriormente expulsarlas, combinar las dos técnicas estudiadas en esta revisión puede ser una alternativa eficaz. Con la VHI se buscaría arrastrar las secreciones que se encuentren más distales y con la MI-E expulsarlas una vez se encuentren proximalmente, ya que este mecanismo es el que mejor simula una tos fisiológica.

Por último, y pensando más a largo plazo, sería interesante comprobar cuál es el impacto de estas técnicas a nivel económico, realizando estudios de costo-efectividad, aunque previamente necesitemos estudios que investiguen en mayor profundidad los dos primeros puntos, para poder asegurar que sean técnicas que tengan el respaldo de evidencia científica de calidad para su implantación de forma generalizada en la práctica clínica.

## **8. CONCLUSIONES**

En esta revisión se han analizado la eficacia y la seguridad de las técnicas de hiperinsuflación mecánica e insuflación-exsuflación en el paciente crítico, concluyendo que:

- Ambas técnicas logran desplazar las secreciones de forma eficaz, consiguiendo mejores efectos que la aspiración orotraqueal de forma aislada.
- Ambas técnicas son seguras y no conllevan complicaciones para el paciente si se utilizan de forma correcta y con indicación precisa.
- Modos controlados por volumen en VHI parecen ser más eficaces en el desplazamiento de secreciones.
- La MI-E parece ser más eficaz utilizando presiones de al menos 40 cmH<sub>2</sub>O y con repeticiones elevadas por cada serie (10-12).
- En general se produjo mejoría en la complianza en ambas técnicas, pero no hubo cambios en la oxigenación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Goñi-Viguria R, Yoldi-Arzo E, Casajús-Sola L, Aquerreta-Larraya T, Fernández-Sangil P, Guzmán-Unamuno E, et al. Respiratory physiotherapy in intensive care unit: Bibliographic review. *Enferm Intensiva*. 2018;29(4):168–81.
2. Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Muriel A, Mancebo J, García-Jiménez A, de Pablo R, et al. Mechanical ventilation in Spain, 1998-2016: Epidemiology and outcomes. *Med Intensiva*. 2021;45(1):3–13.
3. Asensio Martín MJ, Hernández Bernal M, Yus Teruel S, Minvielle A. Infecciones en el paciente crítico. *Med*. 2018;12(52):3085–96.
4. Pozuelo-Carrascosa DP, Torres-Costoso A, Alvarez-Bueno C, Cavero-Redondo I, López Muñoz P, Martínez-Vizcaíno V. Multimodality respiratory physiotherapy reduces mortality but may not prevent ventilator-associated pneumonia or reduce length of stay in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother*. 2018;64(4):222–8.
5. Ferrer M, Torres A. Epidemiology of ICU-acquired pneumonia. *Curr Opin Crit Care*. 2018;24(5):325–31.
6. American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010 - PubMed. *Respir Care*. 2010;55(6):758–64.
7. Sánchez-García M, Santos P, Rodríguez-Trigo G, Martínez-Sagasti F, Fariña-González T, del Pino-Ramírez Á, et al. Preliminary experience on the safety and tolerability of mechanical “insufflation-exsufflation” in subjects with artificial airway. *Intensive Care Med Exp*. 2018;6(1).
8. Hermann B, Hauw-Berlemont C, Augy JL, Monnier A, Boissier F, Aissaoui N, et al. Epidemiology and Predictors of Long-Stays in Medical ICU: A Retrospective Cohort Study. *J Intensive Care Med*. 2020;
9. Anderson A, Alexanders J, Sinani C, Hayes S, Fogarty M. Effects of ventilator vs manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation: A systematic review of randomised clinical trials. Vol. 101, *Physiotherapy (United Kingdom)*. Elsevier Ltd; 2015. p. 103–10.
10. Arcuri JF, Abarshi E, Preston NJ, Brine J, Pires Di Lorenzo VA. Benefits of interventions for respiratory secretion management in adult palliative care patients - A systematic

- review. *BMC Palliat Care*. 2016;15(1).
11. Dennis D, Jacob W, Budgeon C. Ventilator versus manual hyperinflation in clearing sputum in ventilated intensive care unit patients. *Anaesth Intensive Care*. 2012;40(1):142–9.
  12. Ntoumenopoulos G, Hammond N, Watts NR, Thompson K, Hanlon G, Paratz JD, et al. Secretion clearance strategies in Australian and New Zealand Intensive Care Units. *Aust Crit Care*. 2018;31(4):191–6.
  13. Sigera PC, Tunpattu TMUS, Jayashantha TP, De Silva AP, Athapattu PL, Dondorp A, et al. National profile of physical therapists in critical care units of Sri Lanka: Lower middle-income country. *Phys Ther*. 2016;96(7):933–9.
  14. Yeole UL, Chand AR, Nandi BB, Gawali PP, Adkitte RG. Physiotherapy practices in Intensive Care Units across Maharashtra. *Indian J Crit Care Med*. 2015;19(11):669–73.
  15. Armaghan R, Geesey B, Juby J, Amador-Castaneda J, Bollinger A, Roberts KJ, et al. Practice of respiratory therapists in Pennsylvania: A statewide survey. *Respir Care*. 2020;65(7):972–6.
  16. Anderson A, Alexanders J, Sinani C, Hayes S, Fogarty M. Effects of ventilator vs manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation: A systematic review of randomised clinical trials. *Physiother (United Kingdom)*. 2015;101(2):103–10.
  17. Dennis DM, Jacob WJ SF. A survey of the use of ventilator hyperinflation in Australian tertiary intensive care units - PubMed. *Crit care Resusc*. 2010;12(4):262–8.
  18. Gutierrez Muñoz F. Ventilación mecánica. Vol. 28, *Acta Médica Peruana*. Colegio Médico del Perú; 2011.
  19. Auger C, Hernando V, Galmiche H. Use of mechanical insufflation-exsufflation devices for airway clearance in subjects with neuromuscular disease. *Respir Care*. 2017;62(2):236–45.
  20. Chatwin M, Ross E, Hart N, Nickol AH, Polkey MI, Simonds AK. Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness. *Eur Respir J*. 2003;21(3):502–8.
  21. Benditt JO. Respiratory care of patients with neuromuscular disease. *Respir Care*. 2019;64(6):679–88.

22. Niedermeyer S, Murn M, Choi PJ. Respiratory Failure in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Chest*. 2019;155(2):401–8.
23. Morrow B, Argent A, Zampoli M, Human A, Corten L, Toussaint M. Cough augmentation techniques for people with chronic neuromuscular disorders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Nov 21;2018(11).
24. Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, Haas CF, O'Malley CA, Volsko TA, et al. AARC clinical practice guideline: Effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care*. 2013;58(12):2187–93.
25. Chatwin M, Simonds AK. Long-term mechanical insufflation-exsufflation cough assistance in neuromuscular disease: Patterns of use and lessons for application. *Respir Care*. 2020;65(2):135–43.
26. Valentin A, Ferdinande P. Recommendations on basic requirements for intensive care units: Structural and organizational aspects. *Intensive Care Med*. 2011;37(10):1575–87.
27. Raurell-Torredà M, Arias-Rivera S, Martí JD, Frade-Mera MJ, Zaragoza-García I, Gallart E, et al. Degree of implementation of preventive strategies for post-ICU syndrome: Multi-centre, observational study in Spain. *Enferm Intensiva*. 2019;30(2):59–71.
28. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003;83(8):713–21.
29. Ribeiro BS, Lopes AJ, Menezes SLS, Guimarães FS. Selecting the best ventilator hyperinflation technique based on physiologic markers: A randomized controlled crossover study. *Hear Lung*. 2019;48(1):39–45.
30. Chicayban LM. Efeitos agudos da hiperinsuflação com o ventilador com aumento do tempo inspiratório sobre a 1. Chicayban LM. Efeitos agudos da hiperinsuflação com o ventilador com aumento do tempo inspiratório sobre a mecânica respiratória: ensaio clínico cruzado random. *Rev Bras Ter intensiva*. 2019;31(3):289–95.
31. Assmann CB, Vieira PJC, Kutchak F, De Mello Rieder M, Forgiarini SGI, Forgiarini LA. Lung hyperinflation by mechanical ventilation versus isolated tracheal aspiration in the bronchial hygiene of patients undergoing mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(1):27–32.
32. Jacob W, Dennis D, Jacques A, Marsh L, Woods P, Hebden-Todd T. Ventilator hyperinflation determined by peak airway pressure delivered: A randomized crossover

- trial. *Nurs Crit Care*. 2021;26(1):14–9.
33. Da Silva Naue W, Herve BB, Vieira FN, Deponti GN, De Fraga Martins L, Dias AS, et al. Comparison of bronchial hygiene techniques in mechanically ventilated patients: A randomized clinical trial. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(1):39–46.
  34. de Camillis MLF, Savi A, Rosa RG, Figueiredo M, Wickert R, Borges LGA, et al. Effects of mechanical insufflation-exsufflation on airway mucus clearance among mechanically ventilated icu subjects. *Respir Care*. 2018;63(12):1471–7.
  35. Nunes L de C, Rizzetti DA, Neves D, Vieira FN, Kutchak FM, Wiggers GA, et al. Mechanical insufflation/exsufflation improves respiratory mechanics in critical care: Randomized crossover trial. *Respir Physiol Neurobiol*. 2019;266:115–20.
  36. Coutinho W, Vieira P, Kutchak F, Dias A, Rieder M, Forgiarini L. Comparison of mechanical insufflation-Exsufflation and endotracheal suctioning in mechanically ventilated patients: Effects on respiratory mechanics, hemodynamics, and volume of secretions. *Indian J Crit Care Med*. 2018;22(7):485–90.
  37. Paulus F, Binnekade JM, Vroom MB, Schultz MJ. Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit patients: a systematic review. 2012.
  38. Borges LF, Saraiva MS, Saraiva MAS, Macagnan FE, Kessler A. Manobra de compressão torácica expiratória em adultos ventilados mecanicamente: Revisão sistemática com metanálise. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017;29(1):96–104.
  39. Unoki T, Kawasaki Y, Mizutani T, Fujino Y, Yanagisawa Y, Ishimatsu S, et al. Effects of Expiratory Rib-Cage Compression on Oxygenation, Ventilation, and Airway-Secretion Removal in Patients Receiving Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2005;50(11).
  40. Rocha ARM, Ntoumenopoulos G, Júnior LAF. To: Comparison of bronchial hygiene techniques in mechanically ventilated patients: A randomized clinical trial. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(4):594–5.
  41. Kuroiwa R, Tateishi Y, Oshima T, Inagaki T, Furukawa S, Takemura R, et al. Mechanical Insufflation-exsufflation for the Prevention of Ventilator-associated Pneumonia in Intensive Care Units: A Retrospective Cohort Study. *Indian J Crit Care Med*. 2021;25(1):62–6.

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO 1. ESCALA PEDro

Criterio	Sí	No
1. Los criterios de elección fueron especificados		
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)		
3. La asignación fue oculta.		
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación con los indicadores de pronóstico más importantes		
5. Todos los sujetos fueron cegados		
6. Todos los terapeutas que administraban terapia fueron cegados		
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados		
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos		
9. Se presentaron resultados de todos los grupos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos de al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"		
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave		
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave		