



Universidad de Valladolid



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA
EN PACIENTES INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Presentado por Inge Bastarrica Arotzena

Tutor: Gema Santamaría Gómez

Soria, a 16 de junio de 2025

RESUMEN

Introducción: la debilidad de la musculatura respiratoria (MR) es una complicación frecuente en pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos (UCI), especialmente aquellos que requieren ventilación mecánica (VM). Esta condición puede dificultar el destete ventilatorio, prolongar la estancia hospitalaria y aumentar la mortalidad. En este contexto, el entrenamiento de la musculatura respiratoria (EMR) se plantea como una posible estrategia de rehabilitación.

Objetivo: analizar la evidencia científica existente sobre la eficacia del EMR en pacientes ingresados en UCI, evaluando sus efectos sobre la presión inspiratoria máxima (PIM), volúmenes pulmonares, calidad de vida, funcionalidad, disnea, tasa de reintubación y mortalidad.

Metodología: se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA y el método PICO. Se incluyeron los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) publicados entre 2015 y 2024, con pacientes mayores de 16 años intubados por al menos 48 horas que realizaran EMR. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, PEDro, Cochrane y Scopus. La calidad metodológica fue evaluada con la escala PEDro y el riesgo de sesgo con la herramienta Cochrane.

Resultados: se seleccionaron 7 ECAs con un total de 425 pacientes. El EMR ha conseguido mejoras significativas ($p < 0,05$) respecto a la línea base en la PIM, los volúmenes pulmonares, la calidad de vida y la disnea. Sin embargo, no se han observado beneficios en la reintubación y la mortalidad. Por otro lado, se han observado mejores resultados respecto al grupo control (GC) en la PIM, el flujo espiratorio máximo (FEM) y la calidad de vida, sin haber diferencias en el flujo inspiratorio máximo (FIM) y la disnea. No hay un consenso sobre los efectos del EMR respecto al GC en la reintubación y mortalidad. No se han reportado efectos secundarios siendo una técnica segura.

Conclusiones: el EMR mejora la PIM, FEM y calidad de vida, sin haber diferencias en el FIM y la disnea respecto al GC. No hay un consenso sobre los efectos del EMR en la reintubación y la mortalidad. Para sacar conclusiones firmes son necesarios más ensayos con protocolos homogéneos y mayor tamaño muestral.

Palabras clave: entrenamiento muscular respiratorio, UCI, ventilación mecánica, presión inspiratoria máxima, calidad de vida, fisioterapia respiratoria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Unidad de cuidados intensivos.....	1
1.2 Ventilación mecánica.....	1
1.3 Debilidad adquirida en la UCI.....	2
1.4 Entrenamiento de la musculatura respiratoria	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. OBJETIVOS	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	4
4.1. Estrategias de búsqueda	4
4.2. Criterios de selección	4
4.2.1 Criterios de inclusión.....	4
4.2.2 Criterios de exclusión	4
4.3 Extracción y síntesis de datos.....	5
4.4. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	5
5. RESULTADOS	5
5.1 Selección de estudios	5
5.2 Evaluación de la calidad metodológica	7
5.3 Evaluación del riesgo de sesgo	7
5.4 Características de los participantes e intervenciones	8
5.5 Evaluación de resultados.....	9
5.5.1 Presión inspiratoria máxima.....	9
5.5.2 Volúmenes pulmonares.....	9
5.5.3 Calidad de vida y funcionalidad.....	9
5.5.4 Escala de Borg Modificada	10
5.5.5 Pacientes reintubados y mortalidad.....	10
6. DISCUSIÓN.....	16
6.1 Presión inspiratoria máxima.....	16
6.2 Volúmenes pulmonares.....	17
6.3 Calidad de vida y funcionalidad.....	17
6.4 Escala de Borg modificada.....	18
6.5 Pacientes reintubados y mortalidad.....	19
6.6 Limitaciones.....	19
7. CONCLUSIONES	20

8. BIBLIOGRAFÍA.....	20
----------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los niveles de asistencia hospitalaria (2)	1
Tabla 2. Tipos de dispositivos para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria (14).....	3
Tabla 3: Estrategia de búsqueda empleada en las diferentes bases de datos. Fuente: elaboración propia	4
Tabla 4: Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos mediante la Escala Pedro (17). Fuente: elaboración propia.....	7
Tabla 5: Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos según la herramienta Cochrane (18). Fuente: elaboración propia.....	8
Tabla 6: Características principales y resultados de los artículos incluidos. Fuente: elaboración propia	11
Tabla 7: Comparación de los principales parámetros evaluados. Fuente: elaboración propia...	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA).....	6
--	---

LISTADIO DE ABREVIATURAS

ACIF: Acute Care Index of Function (Índice de Función en Cuidados Agudos).

ACV: accidente cerebro vascular.

AVDs: actividades de la vida diaria.

DA-UCI: debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos.

CVF: capacidad vital forzada.

EBM: escala de Borg modificada.

ECAs: ensayos clínicos aleatorizados.

EMI: entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

EMR: entrenamiento de la musculatura respiratoria.

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

EQ-5D: EuroQol Group's 5dimension questionnaire (cuestionario 5 dimensiones grupo EuroQol).

EVA: escala visual analógica.

FEM: flujo espiratorio máximo.

FIM: flujo inspiratorio máximo.

GC: grupo control.

GI: grupo intervención.

IB: Índice de Barthel.

MeSH: "Medical Subject Headings" (encabezamientos de materias médicas).

MIF: medida de independencia funcional.

MR: musculatura respiratoria.

PIM: presión inspiratoria máxima.

PRISMA: "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses" (items de notificación recomendados para revisiones sistemáticas y metaanálisis).

UCI: unidad de cuidados intensivos.

VM: ventilación mecánica.

VVM: ventilación voluntaria máxima.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Unidad de cuidados intensivos

La Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) se define como “una organización de profesionales sanitarios que ofrece asistencia multidisciplinar en un espacio específico del hospital, que cumple unos requisitos funcionales, estructurales y organizativos, de forma que garantiza las condiciones de seguridad, calidad y eficiencia adecuadas para atender pacientes que, siendo susceptibles de recuperación, requieren soporte respiratorio o que precisan soporte respiratorio básico junto con soporte de, al menos, dos órganos o sistemas; así como todos los pacientes complejos que requieran soporte por fallo multiorgánico” (1).

La UCI está destinada a la atención de pacientes enfermos que requieren de cuidados y monitorización intensiva además de un elevado nivel de vigilancia, por lo que corresponde a la unidad que puede atender a pacientes que se encuentran en los niveles 2 y 3 de cuidados críticos según la clasificación del departamento de Salud del Reino Unido (1) (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de los niveles de asistencia hospitalaria (2).

Nivel	Descripción de los cuidados
0	Pacientes cuyas necesidades pueden ser atendidas en una unidad de hospitalización convencional de hospital de agudos.
1	Pacientes en riesgo de que su condición se deteriore, o que provienen de un nivel más alto de cuidados, cuyas necesidades de cuidados pueden ser satisfechas en hospitalización convencional con asesoramiento y apoyo del equipo de cuidados críticos
2	Pacientes que requieren observación más frecuente o intervención, incluido el soporte a un sistema orgánico, o cuidados postoperatorios o aquellos que provienen de niveles más altos de cuidados.
3	Pacientes que requieren soporte respiratorio avanzado o soporte respiratorio básico junto con, al menos, soporte a dos sistemas orgánicos. Este nivel incluye todos los pacientes complejos requiriendo soporte por fallo multiorgánico

La insuficiencia respiratoria es una indicación frecuente de ingreso a la UCI, y aproximadamente el 40 % de los pacientes de UCI en Estados Unidos reciben ventilación mecánica (VM) (3).

1.2 Ventilación mecánica

La VM o ventilación de presión positiva es un procedimiento que suplente la función respiratoria del paciente o le asiste para que pueda llevarla a cabo (4). Este método mejora el intercambio gaseoso y la mecánica pulmonar del paciente generando, mediante un ventilador, una presión positiva en las vías aéreas reemplazando la fase activa del ciclo respiratorio (4).

La fundación española del corazón describe dos tipos de ventilación: la VM invasiva (el tratamiento habitual de la insuficiencia respiratoria) que se realiza a través de un tubo endotraqueal o un tubo de traqueostomía; y la VM no invasiva que se realiza por medios artificiales como la máscara facial. Se ha demostrado que esta última es una alternativa eficaz, ya que además de reducir los costes, disminuye la incidencia de complicaciones infecciosas o por aumento de presión que puede generar la VM invasiva (4).

1.3 Debilidad adquirida en la UCI

Muchos de los pacientes ingresados en la UCI debido a una enfermedad aguda, una cirugía complicada, un traumatismo grave o una quemadura desarrollan una disminución transitoria o permanente de masa y función muscular conocida como “debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos (DA-UCI)” (5,6). La DA-UCI es el trastorno neuromuscular más frecuente en pacientes críticamente enfermos. Se define como una debilidad clínica sin otra causa aparente más allá de la propia enfermedad crítica. Esta condición se relaciona con dificultades para retirar al paciente del respirador, una estancia prolongada en la UCI, mayores costos hospitalarios, y un incremento en la morbilidad y mortalidad a largo plazo (7). La debilidad en estos pacientes es simétrica y compromete predominantemente a los músculos proximales de las cuatro extremidades y los músculos respiratorios (MR), generalmente, respetando los músculos faciales y los oculares (6,7).

La debilidad diafragmática es muy prevalente en los pacientes ingresados en UCI. Puede existir antes del ingreso y precipitar la necesidad de VM, pero también se desarrolla con frecuencia durante la propia estancia en la UCI (8). La debilidad diafragmática asociada a enfermedades críticas se asocia a un aumento de la mortalidad en la UCI, dificultad para el destete y una duración prolongada de la VM (7–9). Esta DA-UCI se manifiesta como una reducción en su capacidad para generar presión, acompañada de una disminución tanto en su grosor como en la fracción de engrosamiento, cambios que suelen observarse tras el inicio de la VM (7).

Esta forma de disfunción diafragmática, adquirida en una enfermedad crítica, afecta la capacidad de la bomba respiratoria para compensar el aumento de la carga respiratoria debido a la lesión pulmonar y la sobrecarga de líquidos, lo que provoca insuficiencia respiratoria sostenida y la muerte (10).

Las principales causas de riesgo para la DA-UCI son los factores como la gravedad de la enfermedad, la sepsis, la insuficiencia multiorgánica, la inmovilización prolongada (6) o la polineuropatía por enfermedad crítica y/o la miopatía (5).

1.4 Entrenamiento de la musculatura respiratoria

La debilidad muscular respiratoria, causa frecuente de fracaso del destete, está fuertemente asociada con la VM prolongada y la estancia prolongada en la UCI. El entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) se ha descrito como un factor seguro e importante en el tratamiento de la disfunción muscular respiratoria en estos pacientes (11–13).

Por otro lado, el entrenamiento de la musculatura respiratoria (EMR) provoca un descenso de las sensaciones de percepción del esfuerzo, tanto respiratorio como locomotor. Las adaptaciones generadas tras un programa de entrenamiento pueden influir en el metabolismo energético de los MR, ganando en eficiencia y provocando una menor demanda de oxígeno con respecto a los músculos esqueléticos (14).

En esta línea, en la década de los 80 se iniciaron los programas de rehabilitación de la MR con el objetivo de mejorar la fuerza y la sensación de disnea; para ello se describen tres tipos de dispositivos: dispositivos umbral, de carga resistiva y de hiperpnea isocápnica voluntaria, Tabla 2 (14).

Tabla 2. Tipos de dispositivos para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria (14).

Tipo de dispositivo	Descripción
Dispositivo umbral	Pequeño dispositivo de mano que permite el flujo de aire durante la inspiración, únicamente después de alcanzar una cierta presión inspiratoria. El nivel del esfuerzo requerido puede ajustarse de acuerdo con un porcentaje de PIM del paciente. (<i>Inspiratory Pressure Threshold Device</i> ®)
Dispositivo de carga resistiva	<i>PFLEX Resistive Trainer</i> .: pequeño dispositivo con boquilla y un dial circular que al girar varía de tamaño la abertura por la cual el sujeto debe respirar. Cuenta con 6 resistencias inspiratorias.
	<i>Power-Breathe</i> : aparato de EMI con boquilla, un cuerpo principal y un regulador que, mediante una válvula, permite controlar la resistencia del paso del aire. Presenta 12 modos diferenciados, agrupados en 4 series y 3 niveles de resistencia cada uno.
Hiperpnea isocápnic voluntaria	Aparato en el cual se aumenta el nivel de ventilación del sujeto hasta un nivel previamente determinado (60-70% de la VVM) para aumentar la frecuencia respiratoria. Esto requiere que el paciente realice periodos prolongados de hiperpnea. (<i>SpiroTiger</i> ®)
Abreviaturas: EMI: entrenamiento de la musculatura inspiratoria; PIM: presión inspiratoria máxima; VVM: ventilación voluntaria máxima.	

2. JUSTIFICACIÓN

La debilidad de los MR es una consecuencia conocida de la VM prolongada (13). En los pacientes sometidos a VM durante 5-7 días, en el 26-65% de los casos se encontró una DA-UCI y, en los pacientes ventilados durante 10 o más días esta debilidad se desarrolló hasta en el 67% de los casos (6). Con el objetivo de evitar la debilidad en la MR se plantea el EMR como una posible solución (15).

Sin embargo, la eficacia del EMR aún es controvertida (12,13). Si bien los parámetros óptimos para su aplicación aún no se han establecido, hay estudios que proponen una metodología detallada, con cargas de entrenamiento apropiadas y seguras que demuestran aumentar la calidad de vida en pacientes de UCI (11,13).

Por ello es necesaria la realización de una revisión sistemática que analice los efectos del EMR en pacientes ingresados en UCI.

3. OBJETIVOS

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar y comparar la evidencia científica disponible sobre la eficacia del EMR en pacientes ingresados en la UCI sobre fuerza de la musculatura inspiratoria, volúmenes pulmonares, calidad de vida y funcionalidad, disnea, tasa de reintubación y de mortalidad.

Los objetivos específicos son: 1) determinar si mejora el éxito de recuperación con el EMR; 2) determinar si mejoran las capacidades pulmonares con el EMR 3) determinar si mejora

la calidad de vida después del EMR; 4) Identificar posibles contraindicaciones y precauciones descritas en los ensayos clínicos aleatorizados (ECAS).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Estrategias de búsqueda

Para elaborar la presente revisión sistemática, se realizó una búsqueda estructurada siguiendo las pautas metodológicas propuestas por *“Preferred Reporting Items for Systematic and Meta-Analyses”* (PRISMA) (16); y el método PICO del siguiente modo: P (población): pacientes intubados en UCI mínimo 48h; I (intervención): EMR; C (comparación): grupo control (GC) sin intervención o grupo placebo; O (outcomes): fuerza de la musculatura inspiratoria (PIM), volúmenes pulmonares, calidad de vida y funcionalidad, disnea, tasa de reintubación y de mortalidad; S (estudios): ECAs

Las bases de datos utilizadas fueron Medline (Pubmed), *“Physiotherapy evidence database”* (PEDro), Cochrane Library y scopus. Se ha realizado una búsqueda estructurada con una combinación de palabras libres y *“Medical Subjects Headings”* (MeSH) que incluía: *“intensive care unit”* (unidad de cuidados intensivos), *“weaning”* (ventilación); *“intubated”* (intubado); *“diaphragm training”* (entrenamiento del diafragma); *“respiratory muscle training”* (entrenamiento de la musculatura respiratoria); *“inspiratory muscle training”* (entrenamiento de la musculatura inspiratoria); *“expiratory muscle training”* (entrenamiento de la musculatura espiratoria); *“respiratory therapy”* (terapia respiratoria). Todas ellas unidas mediante los operadores booleanos “AND” y “OR”. La estrategia de búsqueda ha sido detallada en la Tabla 3.

Tabla 3: Estrategia de búsqueda empleada en las diferentes bases de datos. Fuente: elaboración propia.

Base de datos	Estrategia de Búsqueda
Medline / Pubmed	(ICU OR intensive care unit OR weaning OR intubated) AND (diaphragm training OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR expiratory muscle training)
PEDro	Intensive care unit AND respiratory therapy
Cochrane Library	Intensive care unit AND respiratory muscle training
Scopus	intensive AND care AND unit AND respiratory AND muscle AND training

4.2. Criterios de selección

4.2.1 Criterios de inclusión

Los artículos incluidos cumplieron los siguientes criterios: 1) ECAs; 2) estudios publicados en español o inglés; 3) pacientes mayores de 16 años; 4) VM durante mínimo 48h en UCI; 5) Estudios en los que el grupo intervención (GI) realice EMR.

4.2.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron de esta revisión aquellos artículos que: 1) no sean estudios originales; 2) estén publicados antes del 2015; 3) incluyan pacientes procedentes de cirugías cardíacas, inestables o con patologías que impidan la VM (problemas neurológicos, valores hemodinámicos

alterados etc.); 4) incluyan pacientes con dificultad de comprensión que les impida realizar el EMR correctamente.

4.3 Extracción y síntesis de datos

De cada estudio incluido en la revisión se extrajo la siguiente información: apellido del primer autor, año de publicación, país donde se desarrolló el estudio, tipo de estudio, tamaño muestral (sexo y edad de los participantes), intervención, parámetros evaluados y resultados obtenidos.

4.4. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La evaluación de la calidad metodológica de los ensayos se realizó a través de la escala PEDro, basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen et al. (17). Esta contiene 11 criterios para identificar cuáles son los ensayos con suficiente validez interna e información estadística para que sus resultados se puedan interpretar (17). También se utilizó la herramienta Cochrane para la evaluación del riesgo de sesgo de los artículos incluidos (18).

5. RESULTADOS

5.1 Selección de estudios

Tras realizar la búsqueda bibliográfica se obtuvieron un total de 1306 resultados procedentes de Medline (n = 573), PEDro (n = 305), Cochrane (n = 167) y Scopus (n = 261). En primer lugar, se eliminaron los estudios duplicados (n = 113), los registros publicados antes de 2015 y que no fuesen ECAs (n = 948) y los estudios que no estuviesen publicados en inglés o en español (n = 19). A continuación, se leyó el título de los 226 estudios restantes y se excluyeron 188 artículos por no estar relacionados con el tema de interés.

En una segunda fase se procedió a la lectura del resumen. Se eliminaron un total de 27 estudios por no cumplir con el tiempo mínimo de VM (n = 4), no realizar EMR (n = 7), estar dirigido a otro tipo de población (n = 12), no tener acceso al texto completo (n = 2) y no cumplir el resto de los criterios de inclusión y exclusión mencionados en el apartado anterior (n = 2).

Por último, se realizó la lectura completa de los 11 ensayos restantes, de los cuales se eliminaron 4 por incluir pacientes procedentes de cirugías cardíacas (Figura 1).

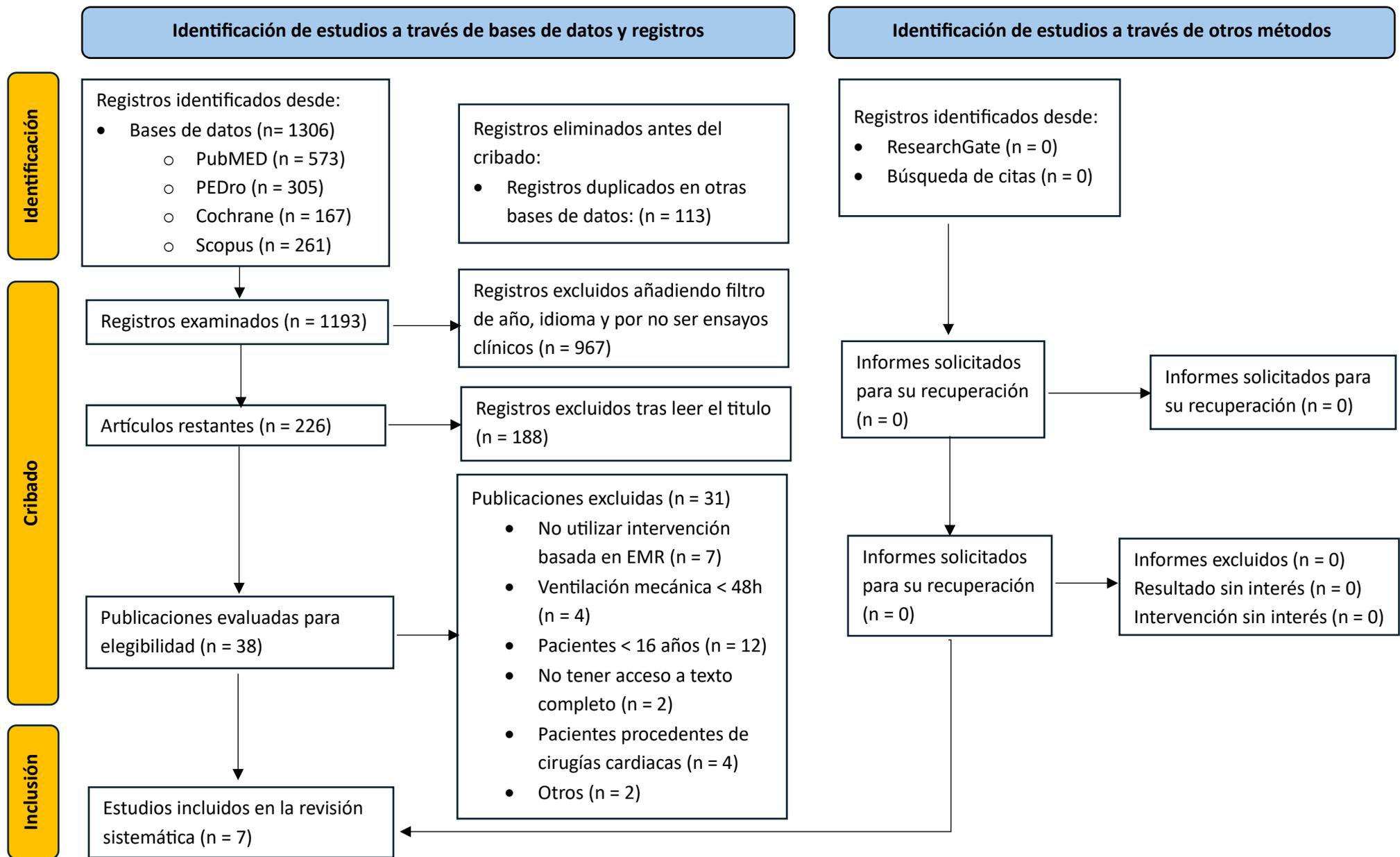


Figura 1: Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA). Fuente: elaboración propia.

5.2 Evaluación de la calidad metodológica

En la Tabla 4 se muestra la calidad metodológica de los estudios incluidos, evaluada a través de la escala PEDro. La puntuación obtenida en la escala PEDro varió de 5 a 9 puntos. Un estudio (19) obtuvo 5 puntos, uno (20) obtuvo una puntuación de 6, tres de los siete ensayos (21–23) muestran una puntuación de 7 puntos, uno (24) presenta 8 puntos y uno (25) tiene 9 puntos. Los ítems más puntuados fueron el 2 “asignación aleatoria”, 4 “similitud al inicio del estudio”, 10 “comparación estadística entre grupos” y 11 “medidas puntuales y de variabilidad”. Por lo contrario, el ítem menos puntuado fue el número 6 “todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados”.

Tabla 4: Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos mediante la Escala pedro (17). Fuente: elaboración propia.

REFERENCIA	ITEMS											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Bissett et al. (2023) (21)	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7/10
Bissett et. al. (2016) (22)	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7/10
Kaygusuz et al. (20)	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6/10
Kazemi et al. (23)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Khodabandeloo et al. (19)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5/10
Napomuceno et al. (24)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8/10
Van Hollebeke et al. (25)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10

Ítems de la escala de PEDro: 1 = Criterios de elegibilidad; 2 = Asignación aleatoria; 3 = Enmascaramiento de la asignación; 4 = Similitud al inicio del estudio; 5 = Enmascaramiento de los participantes; 6 = Enmascaramiento del terapeuta; 7 = Enmascaramiento del evaluador; 8 = Mínimo 85% de seguimiento; 9 = Análisis por intención de tratar; 10 = Comparación estadística entre grupos; y 11 = Medidas puntuales y de variabilidad.

5.3 Evaluación del riesgo de sesgo

Tras la evaluación del riesgo de sesgo (Tabla 5) mediante la herramienta Cochrane (18), cuatro de los siete estudios (20–23) obtuvieron 4 puntos, uno (19) obtuvo 5 puntos y dos (24,25) consiguieron 6 puntos. El principal sesgo fue el ítem 3 “enmascaramiento de la asignación” que todos lo tuvieron alto riesgo de sesgo excepto los ECAs realizados por Napomuceno et al. (24) y Van Hollebeke et al. (25).

Tabla 5: Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos según la herramienta Cochrane (18).
Fuente: elaboración propia.

REFERENCIA	ITEMS							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Bissett et al. (2023) (21)	+	+	-	+	?	+	?	4/7
Bissett et al. (2016) (22)	+	+	-	+	?	+	?	4/7
Kaygusuz et al. (20)	+	+	-	+	?	+	?	4/7
Kazemi et al. (23)	+	?	-	+	+	+	?	4/7
Khodabandeloo et al. (19)	+	+	-	+	+	+	?	5/7
Napomuceno et al. (24)	+	+	+	+	+	+	?	6/7
Van Hollebeke et al. (25)	+	+	+	+	+	+	?	6/7
Abreviaturas: “+”: sesgo de bajo riesgo; “-”: alto riesgo de sesgo; “?”: incertidumbre acerca del potencial de sesgo o falta de información al respecto								
Ítems de la herramienta Cochrane: 1 = generación de secuencias aleatorias; 2 = ocultamiento de la asignación; 3 = cegamiento de los participantes; 4 = cegamiento de la evaluación de resultados; 5 = seguimiento incompleto; 6 = informe de datos; 7 = otro sesgo								

5.4 Características de los participantes e intervenciones

Esta revisión reúne 7 estudios realizados entre el 2016 y el 2024, llevados a cabo en 5 países diferentes, Australia (21,22), Turquía (20), Irán (19,23), Brasil (24) y Bélgica (25). Todos son ECAs de los cuales tres son doble ciego (19,21,24) y el resto simple ciego (20,22,23,25).

Las características de los participantes se muestran detalladamente en la Tabla 6. La revisión sistemática incluyó a 425 participantes mayores de 16 años (19–25). Los participantes padecían sepsis, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), multitraumatismos, accidente cerebro vascular (ACV) e hipertensión entre otros. Únicamente Kaygusuz et al. (20) incluyó un GC compuesto por participantes sanos.

Respecto a la intervención de los estudios, todos los estudios compararon el EMI respecto a un GC o un grupo placebo. Los participantes en el GC (19–24) reciben fisioterapia convencional como técnicas de percusión y vibración, movilidad, ejercicios de las extremidades o respiraciones controladas, cambios posturales etc. En cuanto al GI en 6 de los 7 estudios (19–24) los participantes realizaron EMI

junto con la fisioterapia convencional y el estudio restante realizó un entrenamiento con powerbreathe simulando un EMI real en el grupo placebo (25).

El EMI se realizó mediante los dispositivos threshold (19,21–23) y powerbreathe (20,24,25). Estos dispositivos se ajustaron al 50% (19,21,22,24), 40% (23) o 30% (20,25) de la presión inspiratoria máxima (PIM) del paciente y se realizaron entre 24 y 32 respiraciones 1 vez al día (19,21–23) o 2 veces al día (20,24). La carga del entrenamiento, los descansos entre series y la duración del EMI se muestran detalladamente en la Tabla 6.

Adicionalmente, Kazemi et al. (23) realizaron ejercicios de presión espiratoria positiva contra resistencia durante 30 minutos utilizando el threshold.

5.5 Evaluación de resultados

Los resultados obtenidos tras las intervenciones se muestran en las Tablas 6 y 7.

5.5.1 Presión inspiratoria máxima

Todos los ensayos clínicos evaluaron la PIM; algunos estudios respecto al porcentaje del valor teórico "normal" para su edad, sexo y talla (valor estimado) (20–22,25) y otros, en valores absolutos medidos en cmH₂O (19,20,23–25).

Respecto al GC, los ensayos Bissett et al. (22) y Kaygusuz et al. (20) encontraron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el porcentaje de valor estimado de PIM y los estudios kaygusuz et al. (20), Kazemi et al. (23), Khodabandeloo et al. (19) y Napomuceno et al. (24) obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la PIM medido en cmH₂O.

En cuanto a los resultados obtenidos respecto a la línea base, Bissett et al. (21) y Van Hollebeke et al. (25) encontraron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el % estimado de la PIM. Y en la PIM medido en cmH₂O, todos los estudios (19,20,23–25) mostraron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

5.5.2 Volúmenes pulmonares

Cuatro de los siete estudios examinaron diferentes volúmenes pulmonares, incluyendo el flujo espiratorio máximo (FEM), el flujo inspiratorio máximo (FIM), la ventilación voluntaria máxima (VVM) y la capacidad vital forzada (CVF) (19,23–25). Kazemi et al. (23) y Khodabandeloo et al. (19) midieron el FEM obteniendo mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el GI respecto al GC y la línea base.

Napomuceno et al. (24) evaluó la VVM de cada paciente en litros; la variación en los resultados no fue significativa entre grupos ($p > 0,05$), no obstante, sí que mejoró significativamente al final del estudio en el GI ($p < 0,05$).

Por último, Van Hollebeke et al. (25) midió por un lado el FIM, sin encontrar mejoras estadísticamente significativas ($p > 0,05$) y por otro lado la CVF, en este caso sí que los resultados fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en el GI respecto a la línea base, pero no respecto al GC.

5.5.3 Calidad de vida y funcionalidad

La calidad de vida y la funcionalidad se evaluaron mediante el cuestionario de 5 dimensiones del grupo EuroQol (EQ-5D) y el índice de funcionalidad en cuidados agudos (ACIF, por sus siglas en

ingles) en dos estudios (21,22) y por el índice de Barthel (IB) y la medida de independencia funcional (MIF) (24).

En cuanto a la comparación entre GI respecto a GC, los resultados obtenidos demuestran una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la escala EQ-5D en ambos estudios de Bissett et al. (21,22) y en el IB en el ensayo clínico de Napomuceno et al. (24). Sin embargo, no hay cambios significativos en la MIF.

Los resultados en cuanto a estos mismos parámetros cambian al comparar el estado clínico final del GI con el inicio del propio grupo. La EQ-5D en el estudio de Bissett et al. (21) y la ACIF y el IB en el estudio de Napomuceno et al. (24) mejoran significativamente ($p < 0,05$). No obstante, en el caso de la medición de EQ-5D en el estudio de Bissett et al. (22) y la ACIF en ambos estudios (21,22), los resultados no muestran variaciones significativas ($p > 0,05$).

5.5.4 Escala de Borg Modificada

En los ensayos clínicos (21,22,25) la sensación subjetiva del paciente de disnea y esfuerzo respiratorio se mide mediante la escala de Borg modificada (EBM). Aunque la variación no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$) en el GI respecto al GC en ninguno de los casos, sí que mejora en el estado clínico final del GI en todos los casos excepto en la sensación de disnea en el estudio de Bissett et al. (22).

5.5.5 Pacientes reintubados y mortalidad

La cantidad de los pacientes reintubados se registra en cuatro de los siete estudios (19,21,22,24), solo apreciando mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el GI respecto a GC en el caso de Napomuceno et al. (24).

En cuanto a la mortalidad, se evalúa en cinco de los siete ensayos (19,21–24) obteniendo mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en dos de los estudios (22,24).

Tabla 6: Características principales y resultados de los artículos incluidos. Fuente: elaboración propia.

Primer autor, año de publicación, país	Tipo de estudio	Participantes (tamaño y características de la muestra inicial)	Intervención	Parámetros evaluados	Resultados	
					GI - GC	GI _i - GI _f
Bissett et al. 2023. Australia. (21)	Ensayo clínico aleatorizado controlado y doble ciego	ni = 70 (41 ♂ y 29 ♀) 17 pérdidas (nf = 53) 18 – 83 años Edad (media ± DE): 60 ± 16 años Sepsis, neumonía, multitraumatismos, ACV, etc. GC: ni = 37 (23 ♂ y 14 ♀) Edad (media ± DE): 59 ± 15 años GI – EMI: ni = 33 (18 ♂ y 15 ♀) Edad (media ± DE): 60 ± 17 años	GC: FtC: percusión, hiperinflación o técnicas de succión para eliminar secreciones GI: FtC + EMI Alta intensidad y pocas repeticiones. Dispositivo: threshold. 5 series de 6 inspiraciones seguidas (intensidad ≥ 50% PIM + máxima resistencia tolerable). Aumento de resistencia entre series. 1 vez por día. Hasta 1 semana después de la liberación exitosa de la VM	% PIM		
				-Inicio – final estudio	↔	↑***
				-Inicio – liberación VM	↔	↔
				-Liberación VM – final estudio	↔	↑*
				FRI	↔	↔
				Calidad de vida		
				-SF-36 PCS	↑*	↑***
				-SF-36 MCS	↔	↔
				-FS-36 FS6D	↔	↔
				-EQ-5D	↑*	↑***
				Funcionalidad: ACIF	↔	↔
				Disnea: EBM		
				-En descanso	↔	↑*
				-Durante el ejercicio	↔	↑*
Tiempo de VM	↔					
Días en la UCI	↔					
Mortalidad	↔					
Pacientes reintubados	↔					
Bissett et al. 2016. Australia. (22)	Ensayo clínico aleatorizado controlado y ciego	ni = 70 (45 ♂ y 25 ♀) 12 pérdidas (nf = 58) Sepsis, neumonía, multitraumatismos, ACV, etc. GC: ni = 36 (21 ♂ y 15 ♀) Edad (media ± DE): 59 ± 13 años	GC: FtC: movilidad, eliminar secreciones, respiraciones profundas, ejercicio de extremidades GI: FtC + EMI Dispositivo: threshold. 5 series de 6 inspiraciones seguidas (intensidad ≥	% PIM	↑*	↔
				FRI	↔	↔
				Calidad de vida		
				-SF-36	↔	↔
				-EQ-5D	↑*	↔
				Funcionalidad: ACIF	↔	↔
				Disnea: EBM		
				-En descanso	↔	↔
-Durante el ejercicio	↔	↔				

		GI – EMI: ni = 34 (24 ♂ y 10 ♀) Edad (media ± DE): 59 ± 16 años	50% PIM + máxima resistencia tolerable). Aumento de resistencia diaria. 1 vez por día. 2 semanas	Días hospitalizados post-UCI Pacientes readmitidos en la UCI Pacientes reintubados Mortalidad hospitalaria	↔ ↔ ↔ ↑*
Kaygusuz et al. 2024. Turquía. (20)	Ensayo clínico aleatorizado controlado, prospectivo y ciego	ni = 30 (21 ♂ y 9 ♀) 0 perdidas (nf = 30) 18 – 80 años EPOC, hipertensión, diabetes mellitus etc. GC: ni = 10 (8 ♂ y 2 ♀) Edad (media ± DE): 62.8 ± 16.37 años GI – EMI: ni = 10 (8 ♂ y 2 ♀) Edad (media ± DE): 64,1 ± 8,21 años HC: ni = 10 (5 ♂ y 5 ♀) Edad (media ± DE): 51,8 ± 11,4 años	GC: FtC: ejercicios de expansión torácica, respiratorios, movilizaciones. 1 vez al día, durante 5 días post-extubacion GI = HC: FtC + EMI Dispositivo: PoweBreathe. 4 series de 6-8 inspiraciones (2' de descanso entre series) (intensidad 30% PIM) 2 veces por día. Durante 5 días después de la extubación	Expansión diafragmática Fracción de engrosamiento del diafragma Velocidad de contracción del diafragma Velocidad de relajación del diafragma PIM PIM % estimado	↔ ↔ ↔ ↔ ↑* ↑* ↑* ↑* ↑* ↑* ↑* ↔
Kazemi et al. 2024. Iran. (23)	Ensayo clínico aleatorizado controlado y ciego	ni = 70 (35 ♂ y 35 ♀) 5 perdidas (nf = 65) 28 – 85 años Edad (media ± DE): 56,1 ± 14,15 EPOC, neumonía, absceso pulmonar, septicemia, etc. GC: ni = 35 (17 ♂ y 18 ♀)	GC: FtC: ejercicios pasivos y activos de extremidades, vibración, percusión, y cambios de postura. Sesiones de 15 minutos GI: FtC + EMI + PPE Dispositivo: threshold 5 series de 6 inspiraciones (1' de descanso entre series) (intensidad 40%	Compliance pulmonar FEM PIM Fracción de engrosamiento del diafragma Expansión diafragmática Tiempo de VM Duración de extubación Destete -Exitoso	↑* ↑* ↑* ↑* ↑* ↑* ↔ ↑* ↑* ↑* ↔ ↑* ↑*

		<p>Edad (media ± DE): 59,34 ± 16,56 años</p> <p>GI: ni = 35 (18 ♂ y 17 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 52,85 ± 11,94 años</p>	<p>PIM). Aumento de resistencia diaria del 10%. PPE con Threshold, Expiración contra-resistencia de 7cm H₂O por 30 minutos. 8-10 respiraciones profundas. 1 vez por día. Durante 1 semana</p>	<p>-Fracaso</p> <p>Extubación</p> <p>-Exitoso</p> <p>-Traqueostomizados</p> <p>-Continúan en VM</p> <p>-Reintubados post 24 horas</p> <p>Mortalidad</p>	<p>↑*</p> <p>↔</p> <p>↔</p> <p>↔</p> <p>↔</p>
<p>Khodabandelo et al. 2023. Iran. (19)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado controlado y doble ciego</p>	<p>ni = 79 (41 ♂ y 38 ♀) 11 perdidas (nf = 68)</p> <p>EPOC, neumonía, absceso pulmonar, etc.</p> <p>GC: ni = 39 (17 ♂ y 22 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 67,4 ± 13,8 años</p> <p>GI: ni = 40 (24 ♂ y 16 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 64,6 ± 15,3 años</p>	<p>GC: FtC: movimientos pasivos y activos de cintura escapular, vibración, percusión, y cambios de postura. 15'</p> <p>GI: FtC + EMI</p> <p>Dispositivo: threshold</p> <p>5 series de 6 inspiraciones (1' de descanso entre series) (intensidad 50% PIM). La presión aumenta a diario un 10% del PIM del paciente. Desde el primer día de ventilación espontánea hasta antes de la extubación.</p>	<p>PIM</p> <p>FEM</p> <p>Índice de respiración rápida y superficial</p> <p>Complianza pulmonar</p> <p>Tiempo de VM</p> <p>Destete</p> <p>-Exitoso</p> <p>-Fracaso</p> <p>VM invasiva vía trq</p> <p>VM</p> <p>Reintubados post 24 horas</p> <p>Mortalidad</p>	<p>↑* ↑*</p> <p>↑* ↑*</p> <p>↑* ↑*</p> <p>↑* ↑*</p> <p>↑*</p> <p>↑*</p> <p>↔</p> <p>↔</p> <p>↔</p> <p>↔</p>
<p>Nepomuceno et al. 2017. Brasil. (24)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado controlado y doble ciego</p>	<p>ni = 65. 11 perdidas (nf = 54)</p> <p>ACV, tumor cerebral, sepsis, neumonía, etc.</p> <p>GC: ni = 34</p>	<p>GC: FtC: ejercicios sin carga, estiramiento, trabajo de postura y deambulacion</p> <p>EMI sin carga</p> <p>GI: FtC + EMI</p>	<p>PIM</p> <p>Ventilación voluntaria máxima</p> <p>MRC</p> <p>Índice Barthel</p> <p>MIF</p> <p>Días hospitalizados</p>	<p>↑* ↑*</p> <p>↔ ↑*</p> <p>↔ ↑*</p> <p>↑* ↑*</p> <p>↔ ↑*</p> <p>↑* ↔</p> <p>↑* ↔</p>

		Edad (media ± DE): 44 ± 1,5 GI: ni = 31 Edad (media ± DE): 45,1 ± 1,5 años	Dispositivo: powerBrathe. 1 serie de 30 respiraciones, 2 veces al día (intensidad 50% PIM). 4 semanas.	Pacientes intubados Mortalidad Debilidad muscular Eventos adversos	↑* ↔ ↑* ↔ ↔ ↔
Van Hollebeke et al. 2022. Bélgica. (25)	Ensayo clínico aleatorizado controlado y ciego	ni = 41 (22 ♂ y 19 ♀) 0 perdidas (nf = 41) Trasplantes, neumonía, fallo cardiaco, etc. GC: ni = 19 (9 ♂ y 10 ♀) Edad (media ± DE): 64 ± 7 GI: ni = 22 (13 ♂ y 9 ♀) Edad (media ± DE): 52 ± 18	GC: EMI con powerbreathe (intensidad 10% PIM) sin ajustar la carga a lo largo del tratamiento GI: Dispositivo: powerbreathe. 4 series de 6-8 (2' descanso entre series). (Intensidad 30% PIM) ajustando la carga a diario. Durante 28 días.	FIM PIM (cmH ₂ O) PIM % estimado CVF Disnea (EBM) Esfuerzo respiratorio (EBM)	↔ ↔ ↔ ↑* ↔ ↑* ↔ ↑* ↔ ↑* ↔ ↑*
Abreviaturas: ↑*: mejora significativamente; ↔: sin variación significativa; ♀: mujer; ♂: hombre; ACIF: <i>Acute Care Index of Function</i> (estado mental, movilidad en la cama, transferencias y movilidad); ACV: accidente cerebrovascular; CVF: capacidad vital forzada; DE: desviación estándar; EMI: entrenamiento de la musculatura inspiratoria; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; EVA: escala visual analógica; FEM: flujo espiratorio máximo; FIM: flujo inspiratorio máximo; FRI: <i>Fatigue Resistance Index</i> (índice de resistencia a la fatiga); FtC: fisioterapia convencional; GC: grupo control; GI: grupo intervención; GI: grupo intervención final; GI: grupo intervención inicio; HC: <i>healthy controls</i> (controles sanos); EBM: escala de Borg Modificada; MCS: <i>Mental Component Score</i> (Puntuación del Componente Mental); MicroRPM: <i>Respiratory Pressure Meter</i> ; MIF: medida de independencia funcional; MRC: <i>Medical Research Council</i> (Consejo de Investigación Médica); nf: tamaño de muestra final; ni: tamaño de muestra inicial; PCS: <i>Physical Component Score</i> (puntuación del componente físico); PPE: presión positiva espiratoria; PIM: presión inspiratoria máxima; SF-36 = EQ-5D: escalas de calidad de vida; trq: traqueostomía; VM: ventilación mecánica					

Tabla 7: Comparación de los principales parámetros evaluados. Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Bissett (2023) (21)	Bissett (2016) (22)	Kaygusuz (20)	Kazemi (23)	Khodabandloo (19)	Nepomuceno (24)	Van Hollebeke (25)
GRUPO INTERVENCIÓN RESPECTO A GRUPO CONTROL							
Presión inspiratoria máxima							
% estimado	↔	↑*	↑*				↔
cmH ₂ O			↑*	↑*	↑*	↑*	↔
Volúmenes pulmonares							
FIM							↔
FEM				↑*	↑*		
VVM						↔	
CVF							↔
Calidad de vida y funcionalidad							
EQ 5D	↑*	↑*					
ACIF	↔	↔					
Índice Barthel						↑*	
MIF						↔	
Escala de Borg modificada							
Disnea	↔	↔					↔
Esfuerzo respiratorio							↔
Pacientes reintubados	↔	↔			↔	↑*	
Mortalidad	↔	↑*		↔	↔	↑*	
GRUPO INTERVENCIÓN FINAL RESPECTO A GRUPO INTERVENCIÓN INICIO							
Presión inspiratoria máxima							
% estimado	↑*	↔	↔				↑*
cmH ₂ O			↑*	↑*	↑*	↑*	↑*
Volúmenes pulmonares							
FIM							↔
FEM				↑*	↑*		
VVM						↑*	
CVF							↑*
Calidad de vida y funcionalidad							
EQ 5D	↑*	↔					
ACIF	↔	↔					
Índice Barthel						↑*	
MIF						↑*	
Escala de Borg modificada							
Disnea	↑*	↔					↑*
Esfuerzo respiratorio							↑*
Pacientes reintubados						↔	
Mortalidad						↔	
Abreviaturas: ↑*: mejora significativamente; ↔: sin variación significativa; ACIF: Acute Care Index of Function (estado mental, movilidad en la cama, transferencias y movilidad); CVF: capacidad vital forzada; EQ-5D: escala de calidad de vida; FEM: flujo espiratorio máximo; FIM:							

flujo inspiratorio máximo; MIF: medida de independencia funcional; VVM: ventilación voluntaria máxima

6. DISCUSIÓN

El principal objetivo de la presente revisión sistemática fue analizar y comparar la evidencia científica disponible sobre la eficacia del EMR en pacientes ingresados en la UCI. Un total de 7 ECAs controlados cumplieron los criterios de selección y fueron incluidos en la revisión sistemática (19–25).

Es importante destacar que todos los estudios basan la intervención en el EMI y solo uno de los 7 elegidos incluye ejercicios de la musculatura espiratoria (23) en el tratamiento. El EMR ha conseguido mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto a la línea base en la PIM, los volúmenes pulmonares, la calidad de vida y la disnea. Sin embargo, no se han observado beneficios en la tasa de reintubación y la mortalidad. Por otro lado, se han observado mejores resultados respecto al GC en la PIM, FEM y la calidad de vida, sin haber diferencias en el FIM y la disnea. No hay un consenso sobre los efectos del EMR respecto al GC en la reintubación y mortalidad.

El tratamiento propuesto es una técnica segura, bien tolerada y no invasiva. Hasta el momento, no se han reportado efectos secundarios negativos significativos ni contraindicaciones asociadas a su práctica. Los ECAs incluidos describen límites como la dificultad respiratoria o la alteración de los valores hemodinámicos (presión arterial, ritmo cardíaco etc.) en el que se pausa el entrenamiento.

6.1 Presión inspiratoria máxima

La PIM, debido a su bajo costo y al rápido procedimiento, no invasivo y bien tolerado, se utiliza para la evaluación de la fuerza muscular respiratoria tanto en investigación como en la práctica clínica (26).

En esta revisión, la PIM fue el parámetro más evaluado entre todos los estudios. En comparación con el GC se observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en 5 de los 7 estudios (19,20,22–24). En el análisis dentro del GI, todos los estudios mostraron una mejora significativa ($p < 0,05$) en cmH_2O (19,20,23–25) y 2 (21,25) en el porcentaje del valor estimado.

La mejoría en los resultados tras el EMI demostraría la eficacia del uso del threshold y del powerbreathe respecto a la PIM. Este entrenamiento puede aumentar la PIM en aproximadamente un 20% respecto al valor inicial, lo que podría generar un trabajo más eficiente y menos fatigante (27). Winkelmann et al. (28) realizaron un ECA en el que un grupo de pacientes con insuficiencia cardíaca y debilidad de los MR hicieron ejercicio aeróbico sumado al EMI demostrando mejores resultados en la PIM (28). De manera similar, Beckerman et al. (29) demostraron que en pacientes con EPOC el IMT a largo plazo produce un aumento de la fuerza muscular inspiratoria. Este aumento se asocia con un mejor rendimiento físico, una disminución de la sensación de disnea al respirar contra resistencia, una mejor calidad de vida, una menor tasa de consultas de atención primaria y menos días de hospitalización (29). Esto respalda la idea de que el EMI aumenta la fuerza de la MR y por tanto la capacidad de generar presión inspiratoria.

Por lo contrario, Réginault et al. (11) analizaron a 92 pacientes post VM que se sometieron a EMI y, no se encontraron mejoras significativas en cuanto a la PIM. El uso de estos dispositivos se ve limitado por la falta de: una metodología de medición estandarizada, valores de referencia normativos representativos de una amplia población sana para compararlos con los resultados obtenidos, puntos de corte objetivos para definir la debilidad muscular respiratoria (26).

6.2 Volúmenes pulmonares

Los volúmenes pulmonares fueron evaluados en cuatro de los estudios (19,23–25), utilizando diferentes parámetros como el FIM, FEM, VVM y CVF.

El FEM tiene lugar al inicio de la espiración forzada, cuando las vías aéreas empiezan a ser comprimidas y el flujo alcanza su máximo (30). Es una fase dependiente de la fuerza espiratoria, lo cual indica una mejora en la eficacia del vaciamiento pulmonar, esencial para la eliminación de secreciones.

Es importante destacar que Kazemi et al. (23) es el único estudio incluido en la revisión que realiza entrenamiento específico de la musculatura espiratoria. Este estudio encontró mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el FEM en el GI respecto al inicio y el GC (23). En este sentido, Khodabandelo et al. (19) también reportaron mejoras en el FEM tras realizar EMI. Esto puede ser debido a que los músculos intercostales pueden contribuir tanto a los esfuerzos inspiratorios como espiratorios, mejorando así mediante el EMI la capacidad de realizar fuerza espiratoria (31). Esto influye directamente a la producción de la tos que puede ser un predictor importante del destete (31).

En cuanto a la VVM, se define como el volumen de gas máximo que puede ser espirado durante un corto periodo (segundos) y extrapolado a un minuto (30). Napomuceno et al. (24) observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) únicamente dentro del GI. Esto podría ser un efecto positivo del EMI, no obstante, la ausencia de diferencia intergrupar indica que la mejora probablemente se deba a la combinación de un efecto positivo del tratamiento convencional, la variabilidad individual, y limitaciones metodológicas.

Para finalizar, Van Hollebeke et al. (25) midieron el FIM, dependiente de la fuerza, pero sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los resultados y la CVF que sí presentó mejoras en el GI respecto a la línea base. Según el propio ECA, parece que el EMI de alta intensidad tiene la capacidad de mejorar la función general de los MR, mientras que el EMI simulado de baja intensidad puede influir en la fuerza de los músculos inspiratorios explicando la falta de diferencias entre grupos (25).

Estos resultados sugieren que el EMR puede influir positivamente sobre la capacidad ventilatoria y la función pulmonar, aunque los efectos varían según el parámetro evaluado. La heterogeneidad de las medidas impide una conclusión uniforme, por lo que sería recomendable estandarizar los métodos de evaluación en futuros estudios.

6.3 Calidad de vida y funcionalidad

Tres estudios analizaron la calidad de vida y la funcionalidad (21,22,24) mediante diferentes escalas. Los estudios de Bissett et al. (21,22) usaron la escala EQ-5D y la ACIF; mientras que Napomuceno et al. (24) se centraron en el IB y la MIF.

La EQ-5D consiste en un cuestionario de 5 dimensiones (movilidad, cuidado personal, actividades cotidianas, dolor/malestar y ansiedad/depresión) y una escala visual analógica (EVA) de 20cm que va de 0 (el peor estado de salud imaginable) a 100 (el mejor estado de salud imaginable), sobre la cual los encuestados califican su estado de salud (32).

En este caso en los estudios de Bissett et al. (21,22) hallaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en EQ-5D, lo que indicaría una mejora de la calidad de vida en los pacientes sometidos a EMI. Zanini et al. (32) afirmaron que la escala es efectiva en pacientes estables. Sin embargo, un estudio evaluó si la escala era capaz de detectar las mejoras en pacientes con EPOC después de pasar por rehabilitación pulmonar y encontró mejoras en las 5 dimensiones, pero no en la EVA (33).

En cuanto a la ACIF, evalúa el estado mental, la movilidad en la cama, las transferencias y la movilidad, y tiene una excelente fiabilidad entre evaluadores en pacientes en la UCI (34). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los casos evaluados (21,22). En ambos estudios, el GC mostró mejoras tras el periodo de la intervención, lo que sugiere que las técnicas utilizadas en la fisioterapia convencional, como la movilidad, ejercicio de extremidades, percusión etc. aplicadas a ambos grupos, podrían ser las responsables de los efectos observados.

Napomuceno et al. (24) valoraron la independencia en las actividades de la vida diaria (AVDs) usando el IB y MIF. La primera mide la independencia del paciente del 0 al 100 (obteniendo puntuaciones más altas cuanto mayor sea el nivel de independencia). Es una herramienta de 10 items útil para evaluar la función AVDs, especialmente en pacientes que han pasado por UCI (35). La MIF por su parte, es un instrumento de 18 items que aparte de las AVDs incluye 5 items para la evaluación de la comunicación y cognición social (36).

Da Silveira et al. (35) analizaron el uso del IB en pacientes ingresados en UCI y en VM durante mínimo 24 horas; y aunque, ha sido considerado por algunos como una herramienta demasiado simple y poco sensible, un estudio con pacientes con traumatismo craneoencefálico sugirió que el IB no es inferior a la MIF y, además, es más rápido de aplicar (35).

Napomuceno et al. (24) evidenciaron una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el IB respecto al GC y también dentro del GI, lo que indicaría la eficacia del EMI. No obstante, MIF no presentó diferencias relevantes entre grupos, aunque sí mejoras dentro del GI.

Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que el EMR puede contribuir a una mejora en la calidad de vida. Es decir, una recuperación funcional más rápida y a una mayor percepción de bienestar en pacientes ingresados en UCI, especialmente cuando se combina con fisioterapia convencional. Sin embargo, se debe considerar que las herramientas utilizadas miden diferentes parámetros de funcionalidad, lo que puede explicar la variación en los resultados.

6.4 Escala de Borg modificada

La evaluación sistemática de la disnea en el ámbito clínico es necesaria para su manejo y alivio. Los estudios de Bissett et al. (21,22) y Van Hollebeke et al. (25) evaluaron la disnea y el esfuerzo respiratorio utilizando la EBM, donde el paciente puntúa del 1 al 10 la sensación percibida en 12 items descritos en la escala (37). Aunque en la comparación entre GI y GC no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), en el GI respecto a la línea base, sí se evidenció una mejora en todos los casos, salvo en la disnea en el estudio de Bissett et al. (22).

Powers et al. (37) realizaron un estudio en 28 pacientes sometidos a VM en el que afirmaron que la EBM tiene una fiabilidad y validez aceptables en pacientes sometidos a VM. Según los resultados obtenidos en los ECAs incluidos en esta revisión (21,22,25) el EMI podría disminuir la percepción subjetiva del esfuerzo respiratorio, pero los efectos podrían no ser lo suficientemente potentes como para diferenciarse del GC si este también recibe fisioterapia convencional. Esto coincide con la literatura actual, donde la EBM se considera útil como herramienta complementaria, pero la relación entre la disnea y otras sensaciones, como el dolor, la ansiedad y el miedo, podría ofrecer una visión más completa del nivel de bienestar de los pacientes (37).

6.5 Pacientes reintubados y mortalidad

Cuatro estudios (19,21,22,24) registraron las tasas de reintubación. Solo Napomuceno et al. (24) encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) a favor del GI, lo que sugiere una menor necesidad de reintubación cuando se incorpora el EMI.

El resto de los estudios no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que indica que, aunque el EMI pueda contribuir a mejorar la preparación para el destete ventilatorio, esto no siempre se traduce en una menor tasa de reintubación. Un metaanálisis sobre los efectos de la VM no invasiva en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica (16 ensayos, 994 participantes adultos) informó que ésta redujo significativamente las tasas de mortalidad y neumonía sin aumentar el riesgo de fracaso del destete ni de reintubación (12). Por lo que el tipo de VM podría tener más influencia en este caso que el tipo de tratamiento empleado.

Por último, cinco estudios (19,21–24) evaluaron la mortalidad en el GI respecto al GC, y solo dos, Bissett et al. (22) y Napomuceno et al. (24) hallaron resultados estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en el GI. Esta observación es de alta relevancia clínica, ya que sugiere que el EMR podría tener un impacto positivo en la supervivencia.

La alta prevalencia de disfunción del diafragma se asoció con una mayor tasa de fracaso del destete y mortalidad (9) indicando la necesidad de mantener la función de la MR. Todo esto coincide con la evidencia más reciente, que reconoce al EMR como una estrategia segura, con potencial de mejorar la estabilidad clínica, y que mejora los resultados (6) pero aún no concluyente en cuanto a su impacto en la mortalidad.

6.6 Limitaciones

En primer lugar, el número de artículos que cumplieron los criterios de selección fue limitado, debido fundamentalmente a la poca literatura centrada en el EMR en pacientes ingresados en UCI. Esto conlleva a que el número de los participantes totales incluidos en la revisión fue limitada, heterogénea y con escaso seguimiento a largo plazo.

En cuanto a la calidad de estos artículos, en ninguno de los casos el terapeuta fue enmascarado, esto puede influenciar al paciente o al resultado, afectando la objetividad de la intervención. Esto podría contrarrestarse usando un protocolo estricto y estandarizado, sin embargo, los entrenamientos empleados usan distintos parámetros de ejercicios (tipos de dispositivo, resistencias, repeticiones etc.). Además, los resultados medidos son distintos, lo que dificulta realizar una comparación entre ellas.

Por último, solo un artículo (23) incluye entrenamiento de la musculatura espiratoria lo que sería interesante implementarla o evaluar su utilidad ya que la fuerza de la musculatura espiratoria es fundamental a la hora de expulsar secreciones mediante la tos.

En definitiva, es importante destacar la evidencia tan limitada en cuanto a esta técnica y la necesidad de elaborar estudios de alta calidad metodológica y bajo riesgo con grandes muestras y de similares características.

7. CONCLUSIONES

- El EMR mejora significativamente la PIM en pacientes ingresados en UCI.
- El EMR puede mejorar la calidad de vida y la funcionalidad en estos pacientes, especialmente al combinarse con fisioterapia convencional.
- No se ha observado una mejora significativa de la disnea en comparación con el GC.
- No hay un consenso sobre el impacto que puede tener el EMR en la tasa de reintubación ni en la mortalidad.
- No se han observado efectos secundarios siendo una técnica segura.
- La heterogeneidad en los protocolos de entrenamiento y las herramientas de evaluación limita la comparación entre estudios.
- Se necesitan más investigaciones con mayor tamaño muestral y estandarización metodológica para confirmar la eficacia del EMR en UCI.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Sanidad y Política social. Unidad de cuidados intensivos. Estándares y recomendaciones. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social [Internet]. 2010 [Citado 26 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/areas/calidadAsistencial/excelenciaClinica/docs/UCI.pdf>
2. Batchelor A. Adult Critical Care GIRFT Programme National Specialty Report. Servicio Nacional de Salud del Reino Unido (NHS) [Internet]. Febrero de 2021 [citado 26 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.gettingitrightfirsttime.co.uk/wp-content/uploads/2021/08/Adult-Critical-Care-Aug21L.pdf>
3. Miltiades AN, Gershengorn HB, Hua M, Kramer AA, Li G, Wunsch H. Cumulative Probability and Time to Reintubation in United States Intensive Care Units. *Crit Care Med*. 2017;45(5):835.
4. Ventilación mecánica - Fundación Española del Corazón [Internet]. [citado 8 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/tratamientos/ventilacion-mecanica.html>
5. Balke M, Teschler M, Schäfer H, Pape P, Mooren FC, Schmitz B. Therapeutic Potential of Electromyostimulation (EMS) in Critically Ill Patients—A Systematic Review. *Front Physiol*. 2022; 13:865437.
6. Hermans G, Van den Berghe G. Clinical review: Intensive care unit acquired weakness. *Crit Care*. 2015;19(1):274.
7. Piva S, Fagoni N, Latronico N. Intensive care unit–acquired weakness: unanswered questions and targets for future research. *F1000Res*. 2019;8:508.
8. Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, Brochard LJ. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Med*. 2017;43(10):1441-1452.

9. Dres M, Dube BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017; 195(1):57-66.
10. Supinski GS, Morris PE, Dhar S, Callahan LA. Diaphragm Dysfunction in Critical Illness. *Chest*. 2018;153(4):1040-1051.
11. Réginault T, Martinez Alejos R, Coueron R, Burle JF, Boyer A, Frison E, et al. Impacts of three inspiratory muscle training programs on inspiratory muscles strength and endurance among intubated and mechanically ventilated patients with difficult weaning: a multicentre randomised controlled trial. *Journal of Intensive Care*. 2024;12(1):28.
12. Magalhães PAF, Camillo CA, Langer D, Andrade LB, Duarte M do CMB, Gosselink R. Weaning failure and respiratory muscle function: What has been done and what can be improved? *Respir Med*. 2018;134:54-61.
13. Bissett B, Leditschke IA, Green M, Marzano V, Collins S, Van Haren F. Inspiratory muscle training for intensive care patients: A multidisciplinary practical guide for clinicians. *Australian Critical Care*. 2019;32(3):249-255.
14. J. L. González-Montesinos, C. Vaz Pardal, J. R. Fernández Santos, A. Arnedillo Muñoz, J. L. Costa Sepúlveda, R. Gómez Espinosa de los Monteros. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2012.
15. Jo MR, Kim NS. Combined respiratory muscle training facilitates expiratory muscle activity in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(11):1970.
16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:71.
17. Escala PEDro - PEDro [Internet]. [citado 24 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
18. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *The BMJ*. 2011;343(7829):d5928.
19. Khodabandeloo F, Froutan R, Peivandi Yazdi A, Shakeri M, Mazlom S, Bagheri Moghaddam A. The effect of threshold inspiratory muscle training on the duration of weaning in intensive care unit-admitted patients: A randomized clinical trial. *J Res Med Sci*. 2023;28(1):44.
20. Kaygusuz Benli R, Yurdalan U, Yılmaz B, Adıgüzel N. Effect of post-extubation inspiratory muscle training on diaphragmatic function in mechanically ventilated patients: A randomized controlled trial. *Adv Clin Exp Med*. 2024;33(10): 1077-1085.
21. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Green M, Marzano V, Erwin K, et al. Does mechanical threshold inspiratory muscle training promote recovery and improve outcomes in patients who are ventilator-dependent in the intensive care unit? The IMPROVE randomised trial. *Aust Crit Care*. 2023;36(4):613-621.
22. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax*. 2016;71(9):812-819.

23. Kazemi M, Froutan R, Moghadam AB. Impact of Inspiratory Muscle Training and Positive Expiratory Pressure on Lung Function and Extubation Success of ICU Patients: a Randomized Controlled Trial. *Arch Acad Emerg Med.* 2024;12(1):e59.
24. Nepomuceno BRV, Barreto M de S, Almeida NC, Guerreiro CF, Xavier-Souza E, Neto MG. Safety and efficacy of inspiratory muscle training for preventing adverse outcomes in patients at risk of prolonged hospitalisation. *Trials.* 2017;18(1):626.
25. Van Hollebeke M, Poddighe D, Clerckx B, Muller J, Hermans G, Gosselink R, et al. High-Intensity Inspiratory Muscle Training Improves Scalene and Sternocleidomastoid Muscle Oxygenation Parameters in Patients With Weaning Difficulties: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol.* 2022;13:786575.
26. Lista-Paz A, Langer D, Barral-Fernández M, Quintela-del-Río A, Gimeno-Santos E, Arbillaga-Etxarri A, et al. Maximal Respiratory Pressure Reference Equations in Healthy Adults and Cut-off Points for Defining Respiratory Muscle Weakness. *Arch Bronconeumol.* 2023;59(12):813-820.
27. Vorona S, Sabatini U, Al-Maqbali S, Bertoni M, Dres M, Bissett B, et al. Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults a systematic review and meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc.* 2018;15(6):735-744.
28. Winkelmann ER, Chiappa GR, Lima COC, Viécili PRN, Stein R, Ribeiro JP. Addition of inspiratory muscle training to aerobic training improves cardiorespiratory responses to exercise in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *Am Heart J.* 2009;158(5):768.e1-768.e7.
29. Beckerman M, Magadle R, Weiner M, Weiner P. The Effects of 1 Year of Specific Inspiratory Muscle Training in Patients With COPD. *Chest.* 2005;128(5):3177-82.
30. Canet J. *Fisiología Respiratoria.* 2006.
31. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. *J Physiother.* 2013;59(2):101-107.
32. Zanini A, Aiello M, Adamo D, Casale S, Cherubino F, Patrona S Della, et al. Estimation of minimal clinically important difference in EQ-5D visual analog scale score after pulmonary rehabilitation in subjects with COPD. *Respir Care.* 2015;60(1):88-95.
33. Ringbaek T, Brøndum E, Martinez G, Lange P. EuroQoL in assessment of the effect of pulmonary rehabilitation COPD patients. *Respir Med.* 2008;102(11):1563-1567.
34. Bissett B, Green M, Marzano V, Byrne S, Leditschke IA, Neeman T, et al. Reliability and utility of the Acute Care Index of Function in intensive care patients: An observational study. *Heart and Lung: Journal of Acute and Critical Care.* 2016;45(1):10-14
35. Da Silveira LTY, da Silva JM, Pavan Soler JM, Sun CYL, Tanaka C, Fu C. Assessing functional status after intensive care unit stay: the Barthel Index and the Katz Index. *International Journal for Quality in Health Care.* 2018;30(4):265-270.
36. Houlden H, Edwards M, McNeil J, Greenwood R. Use of the Barthel Index and the Functional Independence Measure during early inpatient rehabilitation after single incident brain injury. *Clin Rehabil.* 2006;20(2):153-159.
37. Powers J, Bennett SJ. Measurement of dyspnea in patients treated with mechanical ventilation. *Am J Crit Care.* 1999;8(4):254-261.