

Entrenamiento de músculos respiratorios en pacientes con ventilación mecánica: una revisión narrativa

Respiratory Muscle Training In Patients With Mechanical Ventilation: A Narrative Review

Roberts, Bruno¹; Provitina, María Paz¹; Rudi, Verónica¹; Saibene, Valentina¹

Recibido: 26/07/2024

Aceptado: 11/12/2024

Correspondencia

Bruno Roberts. Correo electrónico: klgorobertsbruno@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El destete prolongado, caracterizado por una separación tardía de la ventilación mecánica, conlleva significativas complicaciones y una alta mortalidad. La debilidad diafragmática emerge como una causa común de fracaso en el destete, que afecta a un gran porcentaje de pacientes. Frente a este desafío, el entrenamiento de los músculos respiratorios se presenta como una estrategia prometedora.

Objetivo: Exponer la evidencia disponible sobre la implementación del entrenamiento de los músculos respiratorios en los pacientes bajo ventilación mecánica y el impacto en diversas variables clínicas.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos publicados hasta diciembre de 2023 con diversos términos MeSH y palabras claves combinadas. Se seleccionaron 25 artículos luego de la colocación de filtros. La búsqueda se completó manualmente con la revisión de referencias bibliográficas de los artículos seleccionados.

Desarrollo: Los enfoques varían entre programas de entrenamiento de fuerza y métodos de entrenamiento de resistencia. Todos estos impactan sobre el tiempo de destete de la ventilación mecánica, fuerza inspiratoria máxima y calidad de vida evaluada mediante cuestionarios como EQ5D y SF-36.

Conclusiones: A pesar de la variabilidad de los estudios en cuanto a los métodos de entrenamiento y cuál es la carga óptima, el entrenamiento de los músculos respiratorios en pacientes adultos bajo ventilación mecánica puede tener como resultado una mejoría de la fuerza de los músculos respiratorios, reducir la duración de la ventilación mecánica en pacientes específicos y mejorar la calidad de vida.

Palabras claves: Respirador artificial; Músculos respiratorios; Entrenamiento de músculos respiratorios; Ventilación mecánica; Destete, Cuidados intensivos

ABSTRACT

Introduction: Prolonged weaning, characterized by a delayed separation from mechanical ventilation, is associated with significant complications and high mortality rates. Diaphragmatic weakness emerges as a common cause of weaning failure, affecting a large percentage of patients. In response to this challenge, respiratory muscle training presents a promising strategy.

Objective: Present the available evidence on the implementation of respiratory muscle training in patients undergoing mechanical ventilation and its impact on various clinical variables.

Materials and methods: A literature search was conducted for articles published up to December 2023 using various MeSH terms and keywords. After applying filters, 25 articles were selected. The search was completed manually by reviewing the reference lists of the selected articles.

Development: Approaches vary between strength training programs and resistance training methods. All of these impact mechanical ventilation weaning time, maximum inspiratory strength, and quality of life as assessed by questionnaires such as EQ-5D and SF-36.

Conclusion: Despite the variability of studies regarding training methods and the optimal load, respiratory muscle training in adult patients under mechanical ventilation can result in improved respiratory muscle strength, reduce the duration of mechanical ventilation in specific patients, and enhance quality of life.

Key words: Artificial respiration; Respiratory muscles; Respiratory muscle training; Mechanical ventilators; Weaning, intensive care

INTRODUCCIÓN

El destete es el proceso de liberación de la ventilación mecánica (VM) y comienza con el primer intento de separación de esta, ya sea mediante una prueba de ventilación espontánea (PVE) en cualquiera de sus modalidades o mediante extubación sin PVE en pacientes bajo intubación orotraqueal (IOT), y en el caso de pacientes traqueostomizados al concluir al menos 24 h sin requerimientos de VM.^{1,2}

El destete puede ser clasificado como simple (grupo 1) en el caso de que la separación de la VM sea dentro de las 24 h de haber comenzado dicho proceso; difícil (grupo 2) cuando la liberación se produce entre las 24 h y los 7 d del comienzo del destete; prolongado (grupo 3) cuando la separación no se completa dentro de la semana de haberla iniciado y el paciente logra destetarse (3a) o nunca se desteta de la VM (3b); y pacientes sin *weaning* (grupo 0), lo que comprende aquellos pacientes que nunca realizaron un intento de liberación de la VM.¹

Estudios multicéntricos e internacionales^{1,2} reportaron una prevalencia de destete prolongado del 8,7%-9,6 %, asociada a una mortalidad del 29,8 % en este subgrupo de pacientes. En un artículo

publicado en una revista europea, encontraron que la prevalencia del destete prolongado era del 15 %.³ En Argentina, la prevalencia del destete prolongado fue del 14,9 % con una mortalidad del 36,1 % en este grupo. Es por ello que el destete prolongado conlleva peores resultados para el paciente dado que incluye un aumento de la mortalidad e incrementos en los días en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y de estancia hospitalaria; además, asociado a la edad, la duración de la VM es el mayor predictor de funcionalidad al año del alta hospitalaria.⁴

Una de las causas por lo cual los pacientes fracasan el destete es la disfunción o debilidad diafragmática,⁵ diagnosticada cuando la presión diafragmática máxima (Pdi máx) medida mediante manometría esofágica y gástrica es menor de 60 cmH₂O.⁶ Aproximadamente entre un 63 % al 80 % de los pacientes presentan debilidad diafragmática al momento del destete, y un 80 % de los pacientes con destete prolongado presentan dicha disfunción.⁷

La debilidad diafragmática no está siempre asociada a la debilidad adquirida en cuidados intensivos (DAUCI) la cual es diagnosticada mediante evaluación de la fuerza de las extremidades superiores e

inferiores. Al momento del destete, la debilidad diafragmática es dos veces más frecuente que la de los músculos de las extremidades, tal es así que conforman dos entidades completamente diferentes.⁸

Por ello se ha propuesto el entrenamiento de los músculos respiratorios (IMT, *inspiratory muscle training*) como una estrategia de tratamiento en aquellos pacientes con debilidad diafragmática asociada a destete prolongado, el cual se dirige al entrenamiento del diafragma y los músculos inspiratorios accesorios con el objetivo de mejorar la fuerza y la resistencia muscular.⁹

Los músculos respiratorios responden a los mismos principios de entrenamiento que el resto de los músculos esqueléticos: sobrecarga, especificidad y reversibilidad. Estas características podrían ser importantes en el diseño de protocolos de IMT, los cuales incluyen carga umbral, carga resistiva y movilización de todo el cuerpo.⁹

Para obtener una respuesta al entrenamiento es necesario sobrecargar las fibras musculares con un estímulo de intensidad y duración que sobrepasen el umbral de entrenamiento. Por otro lado, con una carga específica se obtiene una respuesta al entrenamiento específico (principio de especificidad), y las adaptaciones fisiológicas logradas con el entrenamiento son reversibles, es decir, que se pierden durante los períodos de inactividad.¹⁰

Una encuesta entre fisioterapeutas franceses reveló que el 83 % consideraba que la respiración diafragmática controlada (sin resistencia) era una forma de entrenamiento de los músculos inspiratorios, y solo el 16 % midió la fuerza de los músculos inspiratorios.¹¹

El objetivo principal de la presente revisión narrativa es exponer la evidencia disponible sobre la implementación del IMT en los pacientes bajo VM, los dispositivos utilizados, los métodos de aplicación existentes y el impacto sobre las variables en el destete, fuerza de los músculos respiratorios y calidad de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, Biblioteca Virtual en Salud y Cochrane de artículos publicados hasta diciembre de 2023 con los siguientes términos MeSH y palabras claves combinadas: “*Ventilator Weaning*” OR “*Respirator Weaning*” OR “*Mechanical Ventilator Weaning*” AND “*Respiratory Muscle Training*” OR “*Respiratory Muscle*” OR “*Ventilatory Muscles*”. Se seleccionaron veintidós artículos de 1088 posterior a la colocación de filtros (texto completo, mayores de 18 años, estudios en humanos). Se incluyeron estudios multicéntricos, estudios observacionales, ensayos clínicos controlados y aleatorizados y revisiones sistemáticas. La búsqueda se completó manualmente con la revisión de referencias bibliográficas de los artículos seleccionados, que conforman un total de veintisiete estudios (Figura 1).

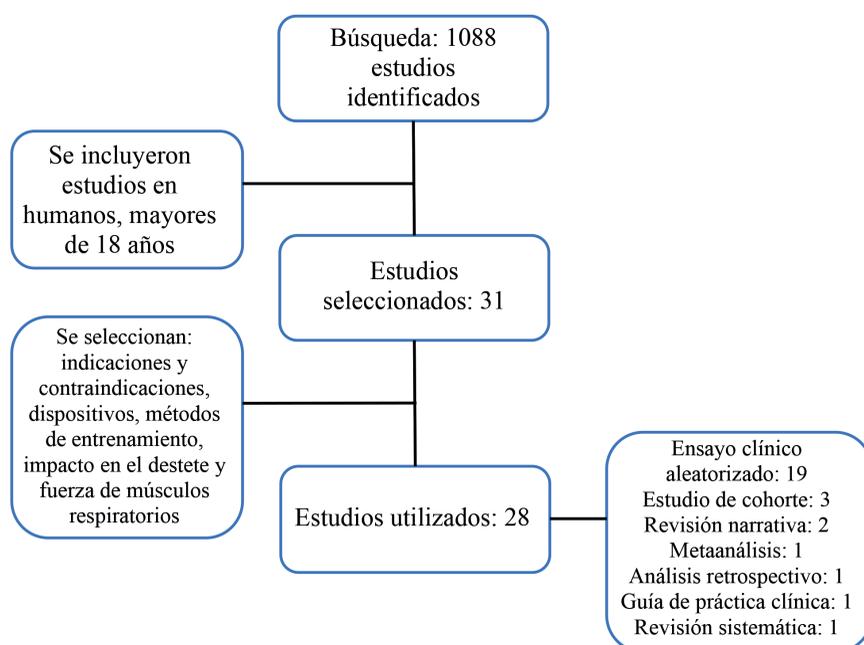


Figura 1. Diagrama de flujo

DESARROLLO

Indicaciones y contraindicaciones de IMT

Existen varios factores que considerar para determinar si el IMT es apropiado para un paciente en UCI. Dado que el entrenamiento requiere la participación activa de los pacientes, su estado de alerta y cooperación son esenciales. Los pacientes deben estar lo suficientemente despiertos para comprender el propósito de la carga intermitente y percibirla como un estímulo de entrenamiento temporal. Por lo tanto, minimizar la sedación es un componente crucial del enfoque multidisciplinario del IMT en la UCI.¹²

El entrenamiento es factible en pacientes con traqueostomía y tubo endotraqueal. Debido a que se basa en cargas umbrales, requiere la desconexión de la ventilación mecánica. Por lo tanto, los pacientes no deben depender de niveles elevados de presión positiva al final de la espiración (PEEP), ya que la desconexión podría provocar desreclutamiento y atelectasias. Sin embargo, para pacientes clínicamente estables con niveles de PEEP < 10 cmH₂O y una FiO₂ < 0,60, el IMT no produce cambios en los parámetros clínicos. Por otro lado, los parámetros hemodinámicos deben estar estables en el momento del entrenamiento.¹² El IMT puede ser beneficioso en el proceso de destete de la ventilación mecánica para ciertos pacientes. Es especialmente útil para aquellos que, luego de 7 d de conexión, no han tenido éxito con métodos estándar como las pruebas progresivas de tubo en "T". Además, puede resultar efectivo en pacientes cuyos valores de Pi máx sean mayores a los -30 cmH₂O, dado que este criterio se considera un indicador de éxito en el destete.¹³

Existen varias condiciones en las que el IMT no sería apropiado, como pacientes en período agudo, con dolor intenso, disnea o aquellos para quienes se han propuesto cuidados paliativos¹² (Tabla 1).

Dispositivos de IMT

Existe una amplia variedad de técnicas empleadas para el entrenamiento de músculos respiratorios, entre las cuales se encuentran los dispositivos externos de carga resistiva, dispositivos externos de carga umbral de presión, el ajuste de la sensibilidad del gatillo (*trigger*) del ventilador mecánico y el entrenamiento con peso abdominal.¹⁴⁻¹⁶

En primer lugar, los dispositivos de carga resistiva implican la colocación de un resistor en la vía

TABLA 1. Criterios de inclusión y exclusión para un programa de IMT

Criterios de inclusión y exclusión para un programa de IMT	
Indicaciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Alerta y cooperador • PEEP < 10 cmH₂O • FiO₂ < 0,60 • Hemodinámicamente estables • Pi máx mayor de -30 cmH₂O 	
Contraindicaciones relativas	
<ul style="list-style-type: none"> • Período agudo de la patología • Sedación profunda • Dolor intenso • Disnea • Cuidados paliativos 	

PEEP (presión positiva al final de la espiración), FiO₂ (fracción inspirada de oxígeno), Pi máx (presión inspiratoria máxima)

aérea del paciente, lo cual aumenta la resistencia al flujo de aire durante la inspiración. Este aumento de resistencia requiere que los músculos respiratorios generen una presión mayor para lograr el flujo de aire necesario. Por lo tanto, la presión generada depende directamente del flujo inspiratorio que el paciente pueda alcanzar.¹⁷

En segundo lugar, los dispositivos de carga umbral emplean una válvula en la vía aérea, ajustada a un nivel específico de presión. Para abrir esta válvula y permitir el flujo de aire, los músculos respiratorios del paciente deben generar la presión necesaria. A diferencia de los dispositivos de carga resistiva, el efecto del entrenamiento con dispositivos de carga umbral va a ser independiente de la mecánica respiratoria individual del paciente y de su impulso respiratorio, lo que simplifica su estandarización.^{9, 11, 17}

La sensibilidad del gatillo está determinada por el umbral de presión en el circuito que el paciente debe descender para lograr abrir la válvula inspiratoria y así obtener flujo inspiratorio de gas.¹⁸

Por otro lado, en el entrenamiento con pesas en la zona abdominal se produce un aumento en la presión intraabdominal que estimula la contracción del diafragma, lo que fortalece así los músculos respiratorios.

Por último, no existe evidencia que respalde la idea de que los ejercicios de respiración profunda sin resistencia generen diferencias significativas en la fuerza de los músculos respiratorios o mejoren el proceso de destete en UCI.¹¹

Métodos de entrenamiento

El IMT se dirige al diafragma y a los músculos inspiratorios accesorios con el objetivo de mejorar la fuerza y la resistencia muscular. Dentro de los enfoques de tratamiento se puede distinguir un programa de entrenamiento de fuerza con una carga moderada/alta y bajas repeticiones,¹⁹ o un método de entrenamiento de resistencia en donde se aplica un tratamiento con baja intensidad de carga y muchas repeticiones que se pueden sostener sobre un tiempo determinado de trabajo.²⁰ A pesar de que los músculos respiratorios son principalmente músculos de resistencia y que el diafragma posee un 80 % de fibras resistentes a la fatiga (55 % tipo I y 25 % tipo IIa),²¹ en una revisión sistemática reciente, donde se analizaron de manera separada los regímenes de entrenamiento de fuerza y resistencia, ambos favorecen el entrenamiento de músculos respiratorios en relación con el grupo control.⁹

Basado en la experiencia de algunos autores,¹¹ un régimen de entrenamiento de fuerza es más factible en pacientes en UCI, en parte por el menor tiempo de desconexión de la ventilación mecánica lo que disminuye el desreclutamiento alveolar, y por el requerimiento de menor tiempo de colaboración por parte del paciente, frecuentemente alterado por fatiga, inatención, *delirium*, entre otros.¹¹

En relación con la duración del entrenamiento de los músculos respiratorios varía ampliamente según los autores. Ibrahim y cols.²² propone realizar el entrenamiento dos veces al día durante tres días, en contraparte, en el estudio de Bissett y cols.,²³ el entrenamiento fue realizado hasta que los pacientes fueron desvinculados de la ventilación mecánica.

Los diferentes tipos de entrenamiento se distinguen en la Tabla 2.

Impacto en el destete de la ventilación mecánica

Los resultados hallados en los estudios en cuanto al impacto en el tiempo de destete de la ventilación mecánica son contradictorios. Cuatro estudios^{15, 24-26} que examinan diversas formas de entrenamiento (Threshold, sensibilidad del gatillo y Powerbreath) no muestran diferencias significativas en el tiempo de destete. En contraste, otros cinco artículos^{27, 28, 30-32} indican una disminución en dicho tiempo que es significativa en dos de ellos^{31, 32} donde se implementó el dispositivo Threshold. Esto coincide con

la revisión realizada por Vorona y cols.⁹ en la que se asoció al IMT con una reducción significativa de la duración del destete incluso cuando se excluyeron los estudios con riesgo grave de sesgo (3,2 d; IC 95 % 0,6-5,8).

En cuanto a los trabajos realizados por Sandoval Moreno y cols.²⁴ y Caruso y cols.¹⁵, la ausencia de diferencia significativa en los tiempos de destete de ambos grupos puede estar explicada por el escaso tiempo de IMT en estos estudios, debido a que el entrenamiento comenzó dentro de las 48 h y 72 h de iniciada la VM, respectivamente, y los pacientes se extubaron tempranamente, lo que sugiere la ausencia de disfunción de músculos respiratorios asociada a la Vm.⁴ En un ensayo clínico aleatorizado (ECA),¹⁵ el IMT se realizó mediante una disminución de la sensibilidad del gatillo de la VM, lo que proporciona una resistencia inicial a la apertura de la válvula del ventilador. Por otro lado, un IMT con dispositivo Threshold ofrece una resistencia durante toda la fase inspiratoria, según lo informado por Cader y cols.²⁷

Cuatro estudios^{9, 14, 16, 26} abordaron el impacto del IMT en los días de ventilación mecánica, y solo el realizado por Elbouhy y cols.¹⁴ reportó una reducción significativa del tiempo de VM (11,67 d \pm 1,95 vs. 14,12 d \pm 1,73). En un estudio realizado en Inglaterra, se organizó a los pacientes en dos grupos de intervención: uno sometido a pesas abdominales y otro donde combinaban pesas abdominales con el uso de *cough machine*, el cual consta de una presión positiva inspiratoria que instantáneamente se convierte en una presión negativa de alto flujo espiratorio, que incrementa el pico flujo tosido, con lo que se eliminan de manera efectiva las secreciones del tracto respiratorio.¹⁶ Se informó una disminución en los días de VM, pero no se observó significancia estadística. Sin embargo, el estudio señaló como limitaciones la falta de rigor científico debido a las diferencias en las cargas y los tiempos de entrenamiento implementados, así como un tamaño muestral pequeño. A pesar de que en la revisión de Vorona y cols.⁹ inicialmente se asoció al IMT con una reducción de la duración de la VM, al excluir los estudios con riesgo grave de sesgo, esta diferencia no resultó significativa, como los resultados reportados por Shimizu y cols.²⁶

En relación con el éxito del destete, dos ECA que implementan Threshold^{19, 31} y uno que realiza el entrenamiento ajustando la sensibilidad del gatillo¹⁴ informaron diferencias significativas en el

TABLA 2. Métodos de entrenamiento de músculos respiratorios

	Tipo de estudio	Dispositivo	Carga	Repeticiones/ series	Pausa entre cada serie	Estímulos
Bissett 2023 ³²	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	50 % Pi máx	5 series de 6 repeticiones		1 vez al día, 5 días a la semana
Khodabandelo 2023 ³⁰	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	Inicialmente 50 % de la Pi máx	5 series de 6 repeticiones	1 min entre series con soporte de VM	Todos los días
Ratti 2022 ²⁴	Ensayo clínico aleatorizado	IMT electrónico	30 % Pi máx			
Hung TY 2022 ¹⁶	Ensayo clínico aleatorizado	Pesas abdominales (Saco de arena)	Peso inicial 1 a 2 kg	30 min		2 veces al día, 5 días a la semana
Bissett 2019 ¹³	Guía de práctica clínica	Threshold IMT	50% Pimax	5 series de 6 repeticiones		1 vez al día
Hoffman 2018 ⁴⁰	Protocolo de ensayo clínico aleatorizado	IMT electrónico	Highest tolerable Between 30% and 50% Pimax	4 series de 6 a 10 repeticiones	2 min	1 vez al día
Tonella 2017 ²⁷	Ensayo clínico aleatorizado	IMT electrónico	30% Pimax	3 series de 10 repeticiones	1 min	2 veces al día
Sandoval Moreno 2017 ²³	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	50% Pimax	3 series, 6 a 10 repeticiones	2 min	2 veces por día, todos los días
Bissett 2016 ³⁴	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	50 % Pi máx	5 series de 6 repeticiones	1 min	1 vez al día
Gundogdu 2016 ³³	Cohorte prospectiva	Threshold IMT	Más alta tolerable. Entre 30 % y 50 % de Pi máx	10 repeticiones		3 veces por día, 5 días a la semana
Ibrahiem 2014 ²¹	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	30 % Pi máx	6 series, 5 a 6 repeticiones	Conexión a VM entre series según sea necesario	2 veces al día durante 3 días
Pascotini 2014 ³⁸	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	50 % Pi máx	3 series, 10 repeticiones	2 min	1 vez por día, todos los días
Shimizu 2014 ²⁵	Cohorte prospectiva	Threshold IMT	50 % Pi máx	3 series, 10 repeticiones	1 min con conexión a la VM	Dos veces al día
Dixit 2014 ³¹	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	Intensidad de 2 en escala de esfuerzo inspiratorio del 0 al 4	5 series, 6 repeticiones	1 min de descanso entre cada serie con soporte de VM	Dos veces al día, 7 días a la semana
Saad IAB 2014 ³⁶	Ensayo clínico aleatorizado	IMT electrónico	30 % Pi máx	3 series, 10 repeticiones	1 min entre series	
Kellerman 2014 ⁴¹	Cohorte retrospectiva	Threshold IMT	Intensidad más alta que permita abrir la válvula	4 series, 6 a 10 repeticiones	2 a 3 min	Todos los días
Elbouhy 2014 ¹⁴	Ensayo clínico aleatorizado	Sensibilidad del gatillo	Sensibilidad del gatillo al 20 % de la Pi máx	5 a 30 min		2 sesiones por día por 5 días a la semana
Condessa 2013 ²⁹	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	40 % Pi máx	5 series, 10 repeticiones		2 veces por día, todos los días
Lee CY 2012 ³⁵	Ensayo clínico aleatorizado	Pesas abdominales (Saco de arena)	10 % del peso corporal	30 min por día		5 días a la semana
Hollebeke 2012 ²⁸	Ensayo clínico aleatorizado	IMT electrónico	30 % Pi máx	4 series, 8 repeticiones	2 min	
Martin 2011 ¹⁸	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold PEP	Máxima presión tolerada	4 series, 6 a 10 repeticiones		1 vez al día, 5 días a la semana
Cader 2010 ²⁶	Ensayo clínico aleatorizado	Threshold IMT	30 % Pi máx	5 min		2 veces por día, todos los días
Caruso 2005 ¹⁵	Ensayo clínico aleatorizado	Sensibilidad del gatillo	20 % Pi máx	5 a 30 min		2 veces al día

Inspiratory Muscle Training (IMT), Pi máx (presión inspiratoria máxima), VM (ventilación mecánica), RPE (escala de percepción de esfuerzo).

grupo experimental. A su vez, el estudio realizado por Bissett y cols.³³ reportaron una menor tasa de reintubación orotraqueal en este grupo (45 % vs. 76 %; OR 0,603).

En un estudio³⁴ que incluyó pacientes con lesión medular cervical y los sometió a un programa de rehabilitación que incluía IMT, observaron que el 70 % de los pacientes pudieron ser desvinculados y decanulados, con excepción de tres pacientes con lesión medular ASIA A nivel C1. Otros dos trabajos reportan que no hay diferencias significativas en el éxito de destete: Sandoval Moreno y cols.²⁴ sin diferencias en la falla de destete y Hung TY y cols.¹⁶ sin diferencias en las tasas de reintubación.

Efectos sobre la fuerza de músculos respiratorios

Los efectos del IMT se investigaron en dieciocho estudios.^{9, 15-19, 22, 24-32, 35-37} En cuatro ensayos^{17, 22, 30, 35} se observó que este entrenamiento se correlacionó con un aumento significativo de la presión inspiratoria máxima (Pi máx) desde el inicio en pacientes sometidos al entrenamiento, en comparación con el grupo control. Sin embargo, tres estudios^{24, 26, 29} indicaron diferencias en la fuerza muscular que no alcanzaron la significancia estadística.

Varios artículos^{19, 22, 24, 27, 28, 35-37} mostraron una mejora significativa de la Pi máx final en comparación con la inicial solo en el grupo que recibió diariamente un programa de IMT con carga umbral. Sin embargo, en contraposición, cuatro

estudios^{25, 26, 29, 31} observaron un aumento significativo de la Pi máx tanto en el grupo experimental como en el grupo control.

Dixit y cols.³² evaluaron treinta pacientes con VM prolongada y los dividieron en dos grupos. El grupo A consistía en realizar fisioterapia convencional y el B además de esta, se sometía a IMT con Threshold. Como resultado observaron un incremento en la Pi máx en ambos grupos de estudio, pero fue significativamente mayor la mejora en el grupo B que en el de fisioterapia convencional ($-43,87 \pm 8,01$ vs. $-35,68 \pm 4,48$; $p = 0,0009$).

En un estudio publicado en 2022,¹⁶ treinta pacientes con características clínicas y demográficas similares fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. Uno de ellos se sometió a IMT utilizando peso abdominal, mientras que el otro recibió el mismo entrenamiento con peso abdominal junto con el uso de *cough machine*. Los resultados revelaron una mejora significativa tanto en la Pi máx como en la presión espiratoria máxima (Pe máx) en ambos grupos.

En una revisión sistemática,⁹ la Pi máx aumentó un 40 % en los pacientes del grupo expuesto a IMT, mientras que en el grupo control aumentó solo un 18 %. Además, se observaron diferencias en el valor de Pe máx, que aumentó un 63 % frente al 17 % del grupo no expuesto al entrenamiento. La Pi máx tendió a ser mayor con el entrenamiento de fuerza que con el de resistencia y el uso del dispositivo Threshold, pero la diferencia entre subgrupos fue pequeña y no alcanzó significancia estadística. Figura 2

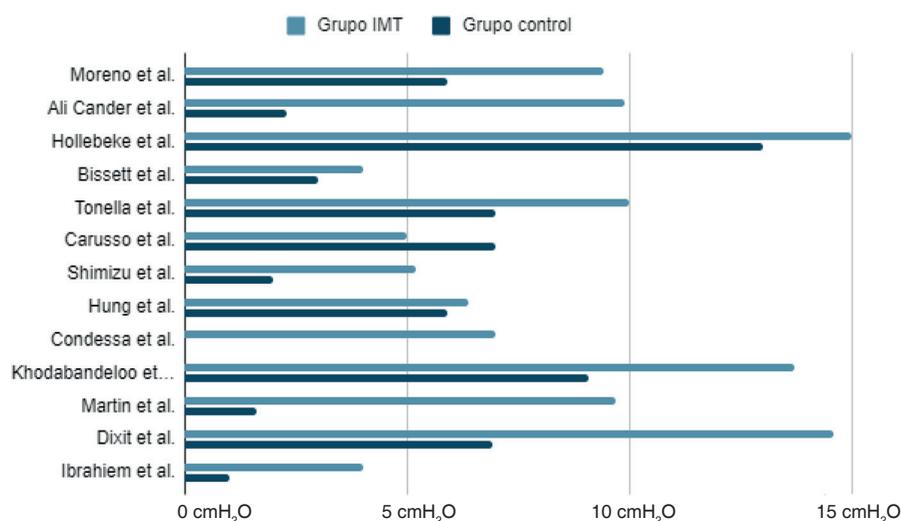


Figura 2. Diferencias entre el valor de Pi máx inicial y final en ambos grupos

Impacto en la función pulmonar

El entrenamiento de los músculos respiratorios puede generar cambios en su fuerza (objetivados por la P_i máx y la P_e máx), y también generar modificaciones en la función pulmonar. En este sentido, algunos estudios describen las variaciones en ciertas mediciones como el índice de respiración rápida y superficial, el volumen corriente, la frecuencia respiratoria y el flujo inspiratorio, entre otras.

En cuanto al índice de respiración rápida y superficial, algunos estudios^{16, 30, 31, 36} evidenciaron una mejoría después de someter a los pacientes a un programa de entrenamiento de los músculos respiratorios. Sin embargo, en el trabajo de Tonella y cols.²⁸ no se observaron cambios significativos en este índice. Por otro lado, en un ECA²⁷ donde se implementó IMT con un dispositivo de carga umbral versus atención habitual, se observó un aumento en el índice mencionado en ambos grupos de estudio. Sin embargo, este aumento fue menor en el grupo de intervención (diferencia media $-8,3$; IC 95 % $-13,7$ a $-2,9$). A pesar de ello, ambos grupos permanecieron por debajo del valor de corte propuesto como predictor de un destete exitoso, que es menor de 105 r/min/L, el cual corresponde a las respiraciones por minuto dividido por el volumen corriente (VC) en litros.³⁸

Otro parámetro que consideraron algunos autores fueron los cambios en el VC. En el estudio de Condessa y cols.,³⁰ el VC aumentó en el grupo de intervención con IMT, mientras que en el grupo control se evidenció un descenso (diferencia media 72; IC 95 % 17 a 128), lo que podría explicar la mejoría en el índice de respiración rápida y superficial en el grupo de intervención. Resultados similares encontraron tres artículos,^{16, 29, 36} donde se observaron mayores volúmenes después de un entrenamiento de los músculos respiratorios.

El grupo de Hung TY y cols.¹⁶ observó una mejoría significativa en la capacidad vital, P_i máx, P_e máx y pico flujo tosido respecto a los valores basales en el grupo experimental, en comparación con el grupo control. Además, en el estudio realizado por Lee CY y cols.,³⁶ evidenciaron una mejoría en la frecuencia respiratoria, volumen minuto y el patrón respiratorio luego de IMT. En el caso del trabajo publicado por Hollebeke y cols.,²⁹ se evidenció un aumento en el flujo inspiratorio y en la oxigenación de los músculos respiratorios cuando estos se sometían a un programa de IMT, además de una

disminución significativa del trabajo respiratorio (WOB) en este grupo.

Pascotini y cols.³⁹ observaron que los pacientes tratados con fisioterapia convencional presentaron un aumento de la frecuencia respiratoria. En contraste, el grupo de pacientes que recibió entrenamiento con Threshold, además de la terapia convencional, mostró una reducción en esta.

Impacto en la tasa de supervivencia y calidad de vida

En un ensayo publicado en 2017⁴⁰ reportaron que los pacientes sometidos a IMT tuvieron una mayor tasa de supervivencia 30 d después de la intervención con respecto al grupo control, el 79 % y el 44 %, respectivamente; valores que resultaron estadísticamente significativos.

Bisset y cols.³⁵ evaluaron la calidad de vida con las escalas EQ5D y SF-36. Ambas medidas demostraron mejoras estadísticamente significativas desde el inicio en el grupo sometido a IMT únicamente. Entre los grupos, la diferencia de las puntuaciones del EQ5D fue mayor en el grupo de IMT (diferencia media 12; IC 95 % 1-23; $p = 0,034$). No hubo diferencias significativas en las puntuaciones del SF-36, aunque las estimaciones puntuales sugieren un beneficio potencial. Aunque los resultados no alcanzaron un nivel estadísticamente significativo, los datos sugieren una tendencia hacia mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud, definida como el nivel de bienestar derivado de la evaluación que la persona realiza de diversos dominios de su vida, considerando el impacto que en estos tiene su estado de salud,⁴³ lo que podría indicar un beneficio potencial del tratamiento. Por otro lado, reportaron un aumento significativo en la mortalidad en el grupo que realizó IMT, aunque ninguna de las muertes estuvo relacionada con complicaciones respiratorias asociadas a su implementación, por lo tanto, esto puede estar relacionado con las comorbilidades y gravedad de los pacientes al ingreso hospitalario.

CONCLUSIÓN

A pesar de la variabilidad de los estudios en cuanto a los métodos de entrenamiento y cuál es la carga óptima, el entrenamiento de los músculos respiratorios en pacientes adultos bajo VM puede tener como resultado una mejoría de la fuerza de los músculos respiratorios, reducir la duración de la ventilación mecánica en pacientes específicos y

mejorar la calidad de vida. Dado que la debilidad de estos músculos tiene un impacto claro en los resultados tanto dentro como fuera de la UCI, puede incluirse en la terapia respiratoria convencional un entrenamiento personalizado y dirigido de estos para maximizar la recuperación del paciente.

Conflicto de intereses

Los autores no poseen conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Béduneau G, Pham T, Schortgen F, et al. Epidemiology of Weaning Outcome according to a New Definition. The WIND Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195:772-83. <https://doi.org/10.1164/rccm.201602-0320OC>
- Pham T, Heunks L, Bellani G, et al. Weaning from mechanical ventilation in intensive care units across 50 countries (WEAN SAFE): a multicentre, prospective, observational cohort study. *Lancet Respir Med.* 2023;11:465-76. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(22\)00449-0](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(22)00449-0)
- Boles JM, Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J.* 2007;29:1033-56. <https://doi.org/10.1183/09031936.00010206>
- Plotnikow GA, Gogniat E, Accoce M, Navarro E, Dorado JH. Epidemiology of mechanical ventilation in Argentina. The EpVAr multicenter observational study. *Med Intensiva (Engl Ed).* 2022;46:372-82. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2021.10.003>
- Heunks LM, van der Hoeven JG. Clinical review: the ABC of weaning failure—a structured approach. *Crit Care.* 2010;14:245. <https://doi.org/10.1186/cc9296>
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:518-24. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
- Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, Brochard LJ. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Med.* 2017;43:1441-52. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4928-4>
- Dres M, Dubé BP, Mayaux J, 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;195:57-66. <https://doi.org/10.1164/rccm.201602-0367OC>
- Vorona S, Sabatini U, Al-Maqbali S, et al. Inspiratory Muscle Rehabilitation in Critically Ill Adults. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc.* 2018;15:735-44. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201712-961OC>
- McConnell AK, Romer LM, Weiner P. Inspiratory muscle training in obstructive lung disease. *Breathe.* 2005;2:38-49. <https://doi.org/10.1183/18106838.0201.38>
- Bissett BM, Wang J, Neeman T, Leditschke IA, Boots R, Paratz J. Which ICU patients benefit most from inspiratory muscle training? Retrospective analysis of a randomized trial. *Physiother Theory Pract.* 2020;36:1316-21. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1571144>
- 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. *Aust Crit Care.* 2019;32:249-55. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2018.06.001>
- Tobin MJ, Jubran A. Weaning from mechanical ventilation. En: Tobin MJ. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation.* 3 ed. Chicago: American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine; 2013. p. 1307-1351.
- Elbouhy MS, AbdelHalim HA, Hashem AMA. Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2014;63:679-87. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2014.03.008>
- Caruso P, Denari SD, Ruiz SA, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care.* 2005;60:479-84. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322005000600009>
- Hung TY, Wu WL, Kuo HC, et al. Effect of abdominal weight training with and without cough machine assistance on lung function in the patients with prolonged mechanical ventilation: a randomized trial. *Crit Care.* 2022;26:153. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04012-1>
- Volpe MS, Aleixo AA, Almeida PRMN. Influence of inspiratory muscle training on weaning patients from mechanical ventilation: a systematic review. *Fisioter Mov.* 2016;29:173-81. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.029.001.AR02>
- Setten M, Tiribelli N, Rodrigues La Moglie R. Modos ventilatorios. En: Chiappero G, Ríos F, Setten M. *Ventilación Mecánica.* 3 ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2018. p. 99-118.
- Martin D, Smith B, Davenport P, et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Crit Care.* 2011;15:R84. <https://doi.org/10.1186/cc10081>
- Dall'Ágo P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:757-63. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.09.052>
- DeVito EL. Músculos respiratorios. En: Mazzei JA, Mazzei M, Barro A, Di Bartolo CG. *Manual de Pruebas de Función Pulmonar. De la Fisiología a la Práctica.* Buenos Aires: Fundación Argentina del Tórax; 2009. p. 149-156.
- Ibrahiem AA, Mohamed AR, Saber HM. Effect of respiratory muscles training in addition to standard chest physiotherapy on mechanically ventilated patients. *J Med Res Prac.* 2014;03:52-8.
- Bissett B, Leditschke IA, Paratz JD, Boots RJ. Respiratory dysfunction in ventilated patients: can inspiratory muscle training help?. *Anaesth Intensive Care.* 2012;40:236-46. <https://doi.org/10.1177/0310057X1204000205>
- Sandoval Moreno LM, Casas Quiroga IC, Wilches Luna EC, García AF. Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48 hours or more: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Med Intensiva.* 2019;43:79-89. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.11.010>
- Roceto Ratti LDS, Marques Tonella R, Castilho de Figueirido L, Bredda Saad IA, Eiras Falcão AL, Martins de Oliveira PP. Inspiratory Muscle Training Strategies in Tracheostomized Critically Ill Individuals. *Respir Care.* 2022;67:939-48. <https://doi.org/10.4187/respcare.08733>
- Shimizu JM, Manzano RM, Quitério RJ, et al. Determinant factors for mortality of patients receiving mechanical ventilation and effects of a protocol muscle training in weaning. *Mtp Rehab J.* 2014;1-7. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2014.12.180>
- Cader SA, Vale RG, Castro JC, et al. Inspiratory muscle

- training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial. *J Physiother.* 2010;56:171-7. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(10\)70022-9](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(10)70022-9)
28. Tonella RM, Ratti LDSR, Delazari LEB, et al. Inspiratory Muscle Training in the Intensive Care Unit: A New Perspective. *J Clin Med Res.* 2017;9:929-34. <https://doi.org/10.14740/jocmr3169w>
 29. Hollebeke MV, Louvaris Z, Clerckx B, et al. Evolution of inspiratory muscle training in patients with weaning difficulties. *Eur Respir J.* 2019;54(63):PA2202. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2019.PA2202>
 30. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva AC, Vieira SR. 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;59:101-7. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70162-0](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70162-0)
 31. Khodabandeloo F, Abdi A, Heidari Gorji MA, Mohammadi A, Amri Maleh P, Karimi H. 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;28:44. https://doi.org/10.4103/jrms.jrms_757_22
 32. Dixit A, Prakash S. Effects of threshold inspiratory muscle training versus conventional physiotherapy on the weaning period of mechanically ventilated patients: a comparative study. *Int J Physiother Res.* 2014;2:424-8.
 33. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, 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;36:613-21. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2022.07.002>
 34. Gundogdu I, Ozturk EA, Umay E, Karaahmet OZ, Unlu E, Cakci A. Implementation of a respiratory rehabilitation protocol: weaning from the ventilator and tracheostomy in difficult-to-wean patients with spinal cord injury. *Disabil Rehabil.* 2017;39:1162-70. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1189607>
 35. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax.* 2016;71:812-9. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-208279>
 36. Lee CY, Tsa YC, Bien MY. The effect of inspiratory muscle exercise in patients with prolonged mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2012;185. https://doi.org/10.1164/ajrccm-conference.2012.185.1_MeetingAbstracts.A3090
 37. Saad IAB, Melo FX, Silva V, Oliveira LVF, Lima JRO. A new device for inspiratory muscle training in patients with tracheostomy tube in ICU: a randomized trial. *Respir Care.* 2014;59:1501-8.
 38. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med.* 1991;324:1445-50. <https://doi.org/10.1056/NEJM199105233242101>
 39. Pascotini FDS, Denardi C, Nunes GO, Trvisan ME, Antunes VDP. Treinamento muscular respiratório em pacientes em desmame da ventilação mecânica. *ABCS Ciências de la Salud.* 2014;39:12-6. <https://doi.org/10.7322/abcschs.v39i1.253>
 40. Guimarães BL, De souza L, Guimarães F, et al. Use of a new isokinetic device oriented by software for inspiratory muscle training in prolonged weaning. *Critical Care.* 2017;21:40.
 41. Hoffman M, Van Hollebeke M, Clerckx B, et al. Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study). *BMJ Open.* 2018;8:e021091. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021091>
 42. Smith BK, Gabrielli A, Davenport PW, Martin AD. Effect of training on inspiratory load compensation in weaned and unweaned mechanically ventilated ICU patients. *Respir Care.* 2014;59:22-31. <https://doi.org/10.4187/respcare.02053>
 43. Urzúa MA. Health related quality of life: Conceptual elements. *Rev Med Chil.* 20