Capítulo 7

Entrenamiento muscular respiratorio

Respiratory muscle training

Valeria Camayo Aranda
Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia
https://orcid.org/0000-0003-3787-0686
valeria.camayo00@usc.edu.co

Nathali Carvajal Tello
Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia
http://orcid.org/0000-0002-5930-7934
nathali.carvajal00@usc.edu.co

José Daniel Ríos Colorado
Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia
https://orcid.org/0000-0002-9084-2505
jose.rios01@usc.edu.co

Resumen

Introducción: El entrenamiento muscular respiratorio (EMR) es un método muy importante e indicado en los pacientes con compromiso cardiovascular pulmonar mejorando la fuerza y resistencia en los músculos respiratorios. Este capítulo tiene como objetivo mencionar las estrategias para su uso en áreas de hospitalización, rehabilitación pulmonar, e incluso, en la Unidad de Cuidado Intensivo (UCI), destacando el hecho que no se haya logrado hasta el momento que el EMR sea una práctica habitual en las UCI, sobre todo debido al desconocimiento de las posibilidades de este y las pocas guías publicadas. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de artículos de diferentes tipos, descriptivos, analíticos, experimentales y cuasi ex-

Cita este capítulo / Cite this chapter

Camayo Aranda V, Ríos Colorado JD, Carvajal Tello N. Entrenamiento muscular respiratorio. En: Carvajal Tello N, editora científica. Técnicas de fisioterapia respiratoria: Perspectivas de práctica basada en la evidencia. Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali; 2021. p. 223-268.

perimentales, estudios de casos y controles aleatorizados, revisiones bibliográficas, sistemáticas y metanálisis, en las bases de datos: ScienceDirect, Pedro, PubMed, Scielo, Springer entre los años 2011-2021, en relación al EMR. **Resultados:** Se reconocen las diferentes ventajas de su uso acompañado de fisioterapia respiratoria convencional para una mayor efectividad en el proceso de rehabilitación, mencionando a su vez diferentes condiciones clínicas y/o patológicas en las que se aplica el EMR. Por otro lado, en áreas deportivas se enfoca principalmente en la potencialización de la capacidad pulmonar en deportistas de alto rendimiento, mejorando su fuerza y resistencia. Se describen a su vez los diferentes dispositivos presentes en la actualidad para su uso en cada especialidad, incluyendo los métodos para evaluar la fuerza muscular respiratoria inicialmente. **Conclusiones:** La evidencia demuestra que el entrenamiento de la musculatura respiratoria puede mejorar significativamente la funcionalidad de los sistemas cardiorrespiratorio y circulatorio, además de mejorar la capacidad aeróbica, disminuir la disnea y facilitar el destete ventilatorio. No obstante, se requiere mayor investigación en esta área para una mejor aplicación de la estrategia rehabilitadora en diferentes contextos.

Palabras clave: fisioterapia, servicio de fisioterapia en hospital, ejercicios respiratorios, fuerza muscular, resistencia física, entrenamiento de resistencia, rehabilitación, pruebas de función respiratoria, unidades de cuidados intensivos, hospitalización, terapia respiratoria, músculos respiratorios, ejercicios respiratorios.

Abstract

Introduction: Respiratory Muscle Training (RMT) is a very important method as indicated in patients with pulmonary cardiovascular compromise, it improves the strength and resistance in the respiratory muscles. Our objective is to mention the strategies for its use in areas of hospitalization, pulmonary rehabilitation, even in the Intensive Care Unit (ICU), highlighting the fact that until now, RMT has not been a common practice in ICUs, primarily due to the

lack of knowledge of the possibilities of this practice and also due to the few published guides about this method. **Materials and methods:** A bibliographic review of descriptive, analytical, experimental and quasi-experimental type articles, randomized case-control studies, bibliographic reviews, systematic and meta-analyses was carried out in the following databases: ScienceDirect, Pedro, PubMed, Scielo, Springer between the years 2011-2021, in relation to RMT. **Results:** It is recognized the different advantages of its use accompanied by conventional respiratory physiotherapy for greater effectiveness in the rehabilitation process, taking into account the different clinical and / or pathological conditions in which the RMT is applied. On the other hand, in the sports areas it focuses mainly on the potentiation of lung capacity in high- performance athletes, improving their strength and endurance. In turn, the different devices currently present for use in each specialty are described, including methods to assess respiratory muscle strength before. **Conclusions:** Evidence shows that respiratory muscle training can significantly improve the functionality of the cardiorespiratory and circulatory systems, in addition to improving aerobic capacity, reducing dyspnea, and facilitating ventilatory weaning. However, more research is required in this area for a better application of the rehabilitation strategy in different contexts.

Keywords: physical therapy specialty, physical therapy department, hospital, breathing exercises, muscle strength, physical endurance, resistance training, rehabilitation, respiratory function tests, intensive care units, hospitalization, respiratory therapy, respiratory muscles, breathing exercises.

Introducción

El presente capítulo está enfocado en la caracterización del entrenamiento muscular respiratorio (EMR) y su importancia en las unidades de cuidado intensivo (UCI) así como en otros servicios del hospital, fundamentalmente en rehabilitación pulmonar y hospitalización.

También se describe la aplicación del EMR en contextos deportivos, y el rol del fisioterapeuta en la utilización de esta técnica. Así mismo, se plantean estrategias terapéuticas utilizadas para mejorar la fuerza y la resistencia muscular respiratoria en pacientes que usan ventilación mecánica (VM).

Por otro lado, con intención de caracterizar el contexto de aplicación de la técnica se desarrolla un marco teórico alrededor de los conceptos de disfunción, fatiga muscular, hospitalización en UCI y VM.

Además, se caracteriza el entrenamiento de músculos inspiratorios (EMI) como parte esencial del entrenamiento de los músculos respiratorios, el momento adecuado de aplicación y las principales variables que lo afectan. También se especifican y describen algunas condiciones clínicas y/o patológicas en las que se aplica el EMR como en el caso de la estancia en UCI, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), el postoperatorio de cirugía cardíaca, entre otras patologías del sistema cardiovascular pulmonar.

Finalmente, se relacionan los métodos invasivos y no invasivos de evaluación de la fuerza y resistencia muscular respiratoria, así como los dispositivos de entrenamiento utilizados; entre los métodos no invasivos se destaca el balón esofágico, mientras que entre los métodos invasivos es importante mencionar el manovacuómetro y la ventilación voluntaria máxima. Con respecto a los dispositivos de entrenamiento se caracteriza la válvula Threshold IMT y el dispositivo de carga resistiva Power Breathe.

Conceptos y definiciones

Disfunción y fatiga muscular

La disfunción o debilidad muscular es una de las causas más comunes de consulta en atención primaria. Esta corresponde a la pérdida de la fuerza muscular, aunque el término tiende a asociarse al cansan-

cio global o a las limitaciones funcionales causadas por dolor o movilidad articular limitada, aun cuando la fuerza muscular es normal. Esta disfunción puede afectar solo algunos o muchos músculos y desarrollarse de manera gradual (1).

La debilidad muscular es el síntoma más frecuente en pacientes que presentan patología muscular; ésta normalmente es proximal haciendo difícil elevar los brazos, peinarse o cepillarse los dientes cuando afecta miembros superiores. La afectación de los miembros inferiores genera en cambio dificultad para levantarse de una silla o usar escaleras. La debilidad distal es una condición menos prevalente, afectando el manejo más especializado de artefactos como llaves, botones, entre otros. Por otro lado, la fatiga muscular corresponde a un síntoma que puede atribuirse a múltiples causas, sobre todo cuando la exploración neurológica resulta normal, y solo tiene un valor pronóstico importante si es muy pronunciada con respecto a la magnitud de la actividad realizada (2).

En el contexto de la función respiratoria la disfunción recae sobre los músculos respiratorios, esencialmente el diafragma, por lo que esta constituye un elemento clave en los mecanismos fisiopatológicos que generan dificultad para la retirada de la VM. Tanto la disfunción como la fatiga muscular son manifestaciones clínicas que limitan de manera importante la funcionalidad del individuo, de ahí la necesidad de caracterizarlas y reconocer las situaciones o contextos que favorecen la aparición de estas alteraciones, como por ejemplo la estancia en UCI.

Hospitalización en UCI y VM

Las consecuencias que trae la hospitalización de pacientes en UCI son variadas, muchas descritas desde décadas pasadas y que poco a poco, con la introducción de la investigación científica han podido revisarse y analizarse a luz de la evidencia empírica.

Anteriormente el enfoque natural era velar por la vida del paciente independientemente de las consecuencias y de la afectación de su ca-

lidad de vida posterior a las largas estancias en UCI; hoy en día se ha visto la necesidad de caracterizar y profundizar respecto del manejo de pacientes en UCI, analizar casos específicos, los procesos aplicados y el tiempo de estancia, entre otros factores (3).

Uno de los principales elementos a destacar corresponde al uso y aplicación de la VM necesaria para la atención de la mayoría de los pacientes en UCI, y en los que la disfunción y la fatiga muscular resultan ser efectos colaterales comunes. En ese sentido, se ha evidenciado que la fatiga muscular corresponde al producto del aumento del trabajo respiratorio, razón por la que no se logra un retiro eficiente de la VM en los pacientes. De hecho, en análisis realizados en animales se ha descrito una disminución sustancial del área transversal de las fibras musculares del principal músculo inspiratorio (diafragma), como consecuencia de una VM prolongada, algo que naturalmente ha contribuido a evitar el destete de la VM en pacientes (3).

En general, los datos indican que el fracaso del destete puede afectar hasta el 25% de los pacientes con VM en UCI. Además, el que una persona presente una disfunción diafragmática a causa de la VM genera complicaciones tales como la incapacidad de fuerza y potencia muscular, lo que hace aún más difícil el destete de oxígeno (4).

Las consecuencias de esta condición para la vida del paciente hacen imprescindible la creación de estrategias en las que pueda participar activamente el personal de salud ayudando al paciente y evitando un mayor deterioro de su condición clínica. Así, el entrenamiento de los músculos respiratorios surge como una estrategia para fortalecer la musculatura respiratoria, mejorar la disnea y facilitar un destete de oxígeno en el paciente de UCI, que se correlaciona con una recuperación más rápida, el mejoramiento en las condiciones de salud y de vida para el paciente, así como una disminución importante de los costos hospitalarios (4).

Entrenamiento Muscular Inspiratorio (EMI)

El EMI es una técnica indicada en pacientes críticos que están en UCI o aquellos que tienen cirugías relacionadas con el sistema pulmonar; es una de las medidas que ayuda a disminuir la progresión de la debilidad muscular inspiratoria, sobre todo cuando se quiere evitar que el paciente recaiga o llegue a usar VM. Alrededor del 64% de pacientes en UCI sufre de debilidad muscular pasadas las primeras 24 horas, mientras que el diámetro transversal de las fibras musculares resulta reducido en un 25% a los siete días (5). Permite, por tanto, que el paciente pueda mejorar su fuerza muscular y resistencia. Distintos estudios demuestran que el EMI tiene efectos positivos que pueden ir más allá del alta hospitalaria. (6)

Cuando se inicia con el entrenamiento de los músculos inspiratorios se hace con el fin de que el paciente tenga una mejor tolerancia a la realización del ejercicio y que progresivamente disminuya la sensación de disnea que presenta. La realización del entrenamiento favorece no solo los músculos inspiratorios sino también a la musculatura periférica, a través de la vasoconstricción y la redistribución del flujo sanguíneo, se menciona que gracias al EMI se puede incrementar la presión inspiratoria máxima (Pimáx), definida como la presión máxima producida por los músculos inspiratorios cuando se realiza una inspiración forzada, (7) que se eleva hasta un 40%, a diferencia de un aumento del 18% en aquellos pacientes tratados únicamente con movilización temprana (8).

Dispositivo para realizar EMI

El EMI tiende a realizarse con la ayuda de un dispositivo conocido como Threshold, que para su uso se acopla al tubo endotraqueal o a la cánula de traqueostomía cuando se usa en pacientes con VM. En el caso de pacientes que no tienen este tipo de ventilación puede utilizarse una boquilla y una pinza nasal (9). Más adelante en este mismo capítulo se describe el uso de estos y otros dispositivos de importante aplicación en el EMI.

Indicaciones

El EMI está indicado en deportistas de alto rendimiento, pacientes que presenten enfermedades respiratorias de curso crónico como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, la insuficiencia cardíaca congestiva, el daño espinal a nivel cervical y la distrofia muscular, entre otros; así como previo a cirugía cardiovascular y en la desconexión de VM de pacientes con estancia en UCI (10).

Los pacientes deben tener disfunción muscular inspiratoria, medida a través de los dispositivos para determinar la fuerza de los músculos respiratorios. Estos programas de entrenamiento muscular inspiratorio pueden ser realizados en el domicilio, utilizando válvula umbral o de resistencia. (11)

Contraindicaciones

Entre las contraindicaciones del EMI se encuentra la insuficiencia respiratoria aguda, caracterizada por una PaO_2 menor de 60 mmHg y una $PaCO_2$ mayor a 45 mmHg, en el paciente que se encuentra respirando aire ambiente. Otras condiciones que contraindican el EMI son las enfermedades cardiovasculares descompensadas, la hipertensión pulmonar, la hipertensión arterial crónica mal manejada y el agotamiento de los músculos respiratorios (10).

Variables

El entrenamiento de los músculos inspiratorios presenta dos tipos, uno enfocado en desarrollar la fuerza de los músculos y otro enfocado en aumentar su resistencia.

Fuerza

La fuerza corresponde a la capacidad de las contracciones del sistema muscular para movilizar el cuerpo en una situación dada. Representa una función de los movimientos voluntarios que permite realizar

tareas motrices asociadas a otros factores como la velocidad, la habilidad y la resistencia. En síntesis, es un concepto empleado para describir los aspectos cualitativos del movimiento (12).

Consiste en aplicar una carga resistiva a la musculatura y se puede aplicar en pacientes que estén conectados a la VM o a los pacientes con una respiración autónoma; en VM lo que se hace es que propiamente en el ventilador se programa una pausa espiratoria con oclusión del paso de aire de aproximadamente 20 segundos para luego dejar que el paciente inspire, ahí se mide la presión inspiratoria máxima que se pudo realizar, mientras que para pacientes con una respiración autónoma se puede indicar exhalar todo el aire, tratando de quedar en un Volumen Residual (VR), para posteriormente realizar una respiración inspirando con la mayor fuerza posible, pero a través de un manovacuómetro (13).

Otro método mediante el cual se puede examinar la acción de la musculatura inspiratoria es a través de la excursión diafragmática utilizando un ultrasonido, ya que este puede medir el grado de actividad y contracción que ejerce el diafragma y con ciertos comandos evaluar diferentes grados de fuerza contráctil (14).

Resistencia

La resistencia corresponde a la capacidad de realizar trabajo físico durante un periodo de tiempo específico. En el caso de los músculos esta es determinada por la circulación y el oxígeno disponible. La capacidad de continuar con un ejercicio de intensidad moderada-alta durante un periodo de tiempo, es llamada resistencia o aguante por algunos deportistas (15).

El EMR busca que los músculos trabajen a una velocidad de contracción máxima durante un tiempo prolongado (16). Diferentes estudios han evidenciado que este puede contribuir al aumento de la resistencia durante el ejercicio o las actividades de corte cardiovascular como, por ejemplo, correr, nadar o montar en bicicleta (17).

Tipos de fibras musculares reclutadas

Los tipos de fibra muscular reclutados dependen del tipo de actividad física realizada y del músculo que participe durante la acción. Por ejemplo, en el caso del músculo diafragmático según estudios realizados en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, se ha comprobado que tiene un porcentaje mayor de fibras tipo I que son las fibras aeróbicas, lentas y resistentes a la fatiga. En relación con el entrenamiento de resistencia de 6 a 15 semanas de duración, se ha podido encontrar un aumento considerable en el número de fibras musculares de tipo I, con disminución de las fibras de tipo IIb (18).

Lo anterior también se ha asociado a un aumento de la cantidad de mitocondrias y la actividad de enzimas mitocondriales tras periodos de entrenamiento de resistencia. Adicionalmente, se ha encontrado aumento de la masa y la fuerza muscular de las fibras tipo IIa y una disminución de las fibras tipo IIb, con hipertrofia de ambos tipos. Las modificaciones a nivel funcional, molecular y estructural, se producen en el músculo cuando se aplica un estímulo adecuado, que depende de la frecuencia, la duración y la intensidad (18). Monsalve y colaboradores, en cambio afirman que el EMI no genera cambios en la variabilidad de las fibras tipo I y II, pero permite la mejora de la fuerza y la resistencia a nivel muscular (6).

Métodos para evaluar la fuerza muscular respiratoria

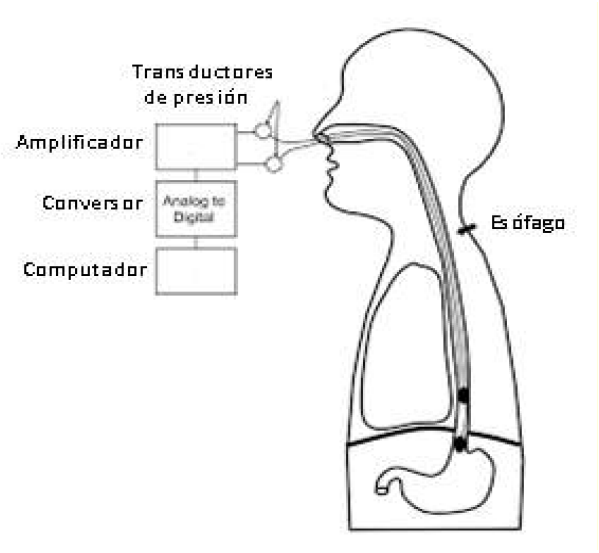
El establecimiento de la fuerza muscular máxima que realizan los músculos respiratorios es muy importante en la clínica, pues permite detectar la debilidad de estos o su grado de disfunción, así como monitorizar o valorar diferentes procedimientos terapéuticos (19). Para realizar la evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios se pueden utilizar métodos invasivos y no invasivos. (20) En los primeros cabe mencionar el balón esofágico, mientras que en los segundos se destacan el manovacuómetro y la ventilometría.

Métodos invasivos

Balón esofágico

Permite medir la presión inspiratoria o espiratoria máxima de manera fácil mediante la evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios (Figura 82). Determina la presión en milímetros de mercurio (mmHg), que generan los músculos en el momento de realizar la inspiración o la espiración forzada con la vía aérea ocluida, para ello se usa precisamente el balón esofágico conectado a un transductor de presión (21,22).

Figura 82. Uso de balón esofágico en EMR.



Fuente: Mahler D. Sleep Deprivation Reduces Respiratory Muscle Endurance (19)

Aquí es importante considerar la variable Pdi que representa la diferencia entre la presión del estómago y la presión del esófago durante el desarrollo de maniobras de respiración pasiva o durante esfuerzo máximo. Esta refleja la tensión realizada por el músculo diafragma y

está determinada de forma importante por el volumen pulmonar, por lo que su medición se estandariza al volumen del pulmón en el que se ejecuta la maniobra. La medición de la Pdi posibilita el estudio específico de la función diafragmática, mientras que la Pimáx no posibilita la diferenciación de la función de grupos musculares inspiratorios (23).

Métodos no invasivos Manovacuómetro

El manovacuómetro es un manómetro que está disponible en versión mecánica o digital, posibilita registrar las presiones en la boca en centímetros de H_2O, está disponible análogo (figura 83) y digital (figura 84). El tipo de manovacuómetro recomendado para medir la Pimáx es aquel que cumple con requisitos de confiabilidad, precisión y reproductibilidad. En ese sentido, se recomienda el dispositivo digital debido a que tiene una mayor precisión y confiabilidad. Además, hay evidencia de que la medición de la Pimáx con el manovacuómetro digital presenta alta confiabilidad inter e intra evaluador (24,25).

Figura 83. Manovacuómetro análogo.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84. Manovacuómetro digital.

Fuente: Elaboración propia

Presiones, inspiratoria máxima (Pimáx) y espiratoria máxima (Pemáx)

La determinación correcta de la Pimáx y la Pemáx permite establecer la fuerza de los músculos respiratorios de una manera indirecta. Son medidas fáciles de realizar y no requieren procedimientos demasiado complejos o invasivos.

Para realizarlas el paciente debe producir una presión inspiratoria máxima partiendo de su volumen residual (VR) y una presión espiratoria máxima partiendo de su capacidad pulmonar total (CPT), contra un sistema que se encuentra ocluido.

La Pimáx permite evaluar esencialmente la fuerza del diafragma y de los músculos intercostales externos; mientras que la Pemáx permite evaluar la de los músculos intercostales internos y la musculatura abdominal.

Las presiones respiratorias máximas (PRM) son de gran importancia en la clínica, principalmente en el diagnóstico y control de las enfermedades que impactan negativamente la funcionalidad de los músculos respiratorios (19).

Los valores de referencia para la Pimáx y Pemáx propuestos por Black y Hyatt, son: la Pimáx en promedio para varones jóvenes sanos es de 115 ± 27 CmH_2O, con un valor del 25% menos en las mujeres y la Pemáx reportada es de 100 a 150 CmH_2O. En el estudio de Harikkhan se encontró que los hombres presentaban medidas 30% superiores a las del sexo opuesto, siendo estas de 101 y 72 CmH_2O respectivamente; mientras que en el estudio de Gil el valor promedio de Pimáx obtenido fue de 75 ± 27 CmH_2O y la medida de la Pemáx fue de 96.4 ± 36 cmH_2O, con resultados mayores en el sexo masculino. No obstante, en Colombia es preciso aumentar el número de investigaciones en esta área y tratar de precisar ecuaciones que permitan predecir estos parámetros, de tal forma que se puedan extrapolar los resultados para el mejoramiento de la salud de los pacientes, una mejor rehabilitación pulmonar (26) y la mejora en su calidad de vida.

Para hacer el cálculo de las presiones inspiratoria y espiratoria máximas se utiliza la tabla de valores normales para presiones respiratorias máximas propuesta por Black y Hyatt (Tabla 10).

Tabla 10. Valores normales para presiones respiratorias máximas.

PRESIÓN	SEXO	PRESIÓN (cm H2O)				
		Edad (años)				
		20-54	55-59	60-64	65-69	70-74
PIMÁX	Hombre	124 +/- 44	103 +/- 32	103 +/- 32	103 +/- 32	103 +/- 32
	Mujer	87 +/- 32	77 +/- 26	73 +/- 26	70 +/- 26	65 +/- 26
PEMÁX	Hombre	233 +/- 84	218 +/- 74	209 +/- 74	197+/-74	185+/-74
	Mujer	152 +/- 54	145 +/- 40	140 +/- 40	135 +/- 40	128 +/- 40

Fuente: Traducido de: Black LF, Hyatt RE. Presiones máximas respiratorias: valores normales y su relación con la edad y el sexo. Am Rev Respir Dis. mayo de 1969;99(5): p. 696-702.

Las mediciones se realizan mientras cada paciente está sentado y lleva una pinza nasal. Este debe sostener el cilindro de metal en su mano y presionar la boquilla firmemente contra sus labios durante la medición de la presión para evitar la fuga perioral.

La Pemáx se mide cerca de la CPT después de lograr una inspiración máxima, mientras que la Pimáx se mide cerca del VR después de una expiración máxima. Las mediciones se mantienen durante al menos un segundo. Las determinaciones se repiten hasta que se registren dos mediciones técnicamente satisfactorias, utilizando el valor más alto en los cálculos posteriores (27).

Pimáx

Mide la presión de la musculatura inspiratoria. En individuos normales va entre - 80 a -100 CmH_2O. Valores bajo 20 CmH2O necesitan soporte ventilatorio. El cálculo de Pimáx y Pemáx se realiza de la siguiente manera de acuerdo a Black y Hyatt (tabla 11):

Tabla 11. Ecuaciones de regresión relacionadas con las presiones respiratorias máximas y la edad.

SEXO	INTERVALO DE EDAD (en años)	ECUACIÓN	P (Importancia del coeficiente de regresión)
HOMBRE	Todas las edades	Pimáx = 143-0.55A Pemáx = 268-1.03A	< 0.01 < 0.01
	20 - 54	Pimáx = 129 - 0.13A Pemáx = 229 - 0.08A	NS NS
	55 - 80	Pimáx = 120 - 0.25A Pemáx = 353 - 2.33A	NS < 0.01
MUJER	Todas las edades	Pimáx = 104 - 0.51A Pemáx = 170 - 0.53A	< 0.01 < 0.01
	50 - 54	Pimáx = 100 - 0.39A Pemáx = 158 - 0.18A	NS NS
	55 - 86	Pimáx = 122 - 0.79A Pemáx = 210 - 1.14A	< 0.01 < 0.01
*Las ecuaciones de regresión se aplican solo a adultos mayores de 20 años. A = edad en años; Pimáx = presión inspiratoria máxima en centímetros H_2O; Pemáx = presión espiratoria máxima en centímetros H_2O.			
NS = no significativa (P> 0,05).			

Fuente: Adaptado de: Black LF, Hyatt RE. Presiones máximas respiratorias: Valores normales y relación con la edad y sexo. Am Rev Respir Dis. mayo de 1969;99(5):696-702.

Para determinar los valores de la Pimáx se recomiendan los siguientes movimientos:

- Posicionar al paciente.
- Adaptar boquilla o adaptar a traqueostomía.
- Oxígeno (en casos que sea necesario).

- Máximo esfuerzo inspiratorio durante dos segundos (paciente colaborador).
- Tres intentos máximos.

Pemáx

Mide la presión musculatura espiratoria (capacidad de generar fuerza). Principal predictivo de protección de la vía aérea. El cálculo en individuos normales va entre +100 a +150 cmH_2O según se expuso en la anterior tabla 11.

Instrucciones de uso

Para la medición del Pemáx se recomiendan los siguientes lineamientos:

- Posicionar al paciente.
- Adecuar manómetro a cánula de traqueotomía o boca de fonación.
- Exhalar lo más fuerte posible manteniendo esfuerzo durante dos segundos.
- Si el paciente no colabora, ocluir válvula durante dos segundos.
- Diez intentos máximos.

Ventilación voluntaria máxima

La ventilación voluntaria máxima es un método que consiste en la medición de la resistencia de los músculos respiratorios mediante el empleo de un espirómetro (28) y en concordancia con las indicaciones propuestas por la Asociación Americana de Tórax (ATS) y la Sociedad Europea Respiratoria (ERS). Esta prueba permite predecir el volumen máximo que una persona puede respirar en un intervalo de tiempo fijo, generalmente de 15 segundos en personas sanas (Figura 85).

Para el desarrollo de la prueba se ubica al paciente en una silla con respaldo, pinza y filtro antibacteriano, se solicita que ejecute una serie de respiraciones rápidas y profundas durante 15 segundos con un máximo de tres intentos. Se deben obtener dos maniobras ejecutadas correctamente sin diferencia mayor al 20%, y seleccionar la que presente mayor valor de ventilación/minuto (29).

Esta prueba se realiza a través del equipo espirómetro, pero también se puede realizar utilizando una cabina pletismográfica, donde se miden volúmenes y capacidades más precisas. Es un test de función respiratoria que permite determinar la capacidad funcional residual (CRF) y la resistencia de la vía aérea. Es el Gold estándar para medir volúmenes pulmonares (29). Muy útil sobre todo para confirmar si hay restricción a nivel pulmonar, posibilitando la determinación de la existencia de hiperinflación pulmonar y de atrapamiento aéreo.

Figura 85. Espirómetro utilizado para la determinación de la ventilación voluntaria máxima.

Fuente: Elaboración propia.

Ventilometría

El análisis de las señales respiratorias corresponde a una tecnología de nueva generación utilizada en los centros hospitalarios de más alto nivel. Esta permite establecer nuevos marcadores de función pulmonar basándose en la respiración normal en estado basal. Posibilita también determinar el estado respiratorio del paciente, específicamente el perfil respiratorio personal (PRP). Ofrece también seguridad a aquellos pacientes que presentan enfermedades respiratorias de carácter crónico, sin importar el momento o el lugar (30).

Consiste en la evaluación de la ventilación espontánea mediante la valoración de parámetros ventilatorios como:

- Frecuencia respiratoria.
- Volumen corriente.
- Volumen minuto.
- Capacidad vital.

Objetivo

Demostrar los requerimientos ventilatorios del paciente y de la carga a la cual es sometida la musculatura ventilatoria.

Instrucciones de uso

Se recomienda posicionar al paciente adecuadamente para realizar la ventilometría, posteriormente conectar el ventilómetro al paciente. De ser necesario se debe aportar 10 a 20% más de oxígeno. Finalmente se debe desbloquear el ventilómetro y proceder a realizar la prueba.

Evaluación de la fuerza y la resistencia

Evaluación de la fuerza muscular

Se recomienda poner en la posición adecuada al paciente para realizar la ventilometría. La evaluación de la fuerza muscular se puede realizar mediante la determinación de la presión máxima en la boca durante la ejecución de las maniobras de Müller que usan los músculos inspiratorios, es decir, la Pimáx, o mediante la maniobra de Valsalva que implica los músculos espiratorios, es decir, la Pemáx. También es posible realizar evaluación de la presión nasal de olfato, también conocida como *sniff* (31). La evaluación de este parámetro puede realizarse también mediante la Pimáx en concordancia con los protocolos propuestos por la ATS y la ERS con ayuda de un dispositivo como el manovacuómetro (32).

Evaluación de la resistencia

La evaluación de la resistencia de la musculatura inspiratoria puede evaluarse con ayuda de la prueba de resistencia ventilatoria o con la prueba de medición de capacidad de los músculos inspiratorios, que permite producir altos niveles de presión sostenida en el tiempo (31).

Presión Inspiratoria Máxima Sostenida (PIMS)

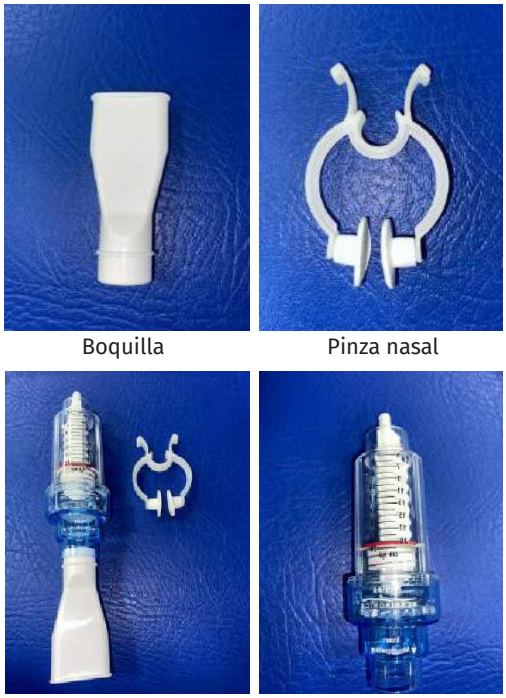
La PIMS representa un test de carga incremental con gran reproducibilidad y tolerabilidad. Esta prueba consiste en la respiración mediante un dispositivo externo de tipo umbral en el que se incrementa la resistencia cada dos minutos alrededor de 5-10% de una Pimáx obtenida previamente, hasta que se alcance la carga máxima que el paciente pueda sostener durante al menos dos minutos, conocida esta como la carga inspiratoria máxima sostenida (CIMS); y también la máxima presión inspiratoria que este puede lograr en ese tiempo, es decir, la PIMS (31).

Dispositivos de entrenamiento

Válvula de tipo umbral (Threshold® IMT)

El dispositivo umbral o Threshold® IMT es un dispositivo fácil de utilizar y funciona con la medida de la presión inspiratoria máxima, un indicador de la fuerza de la musculatura inspiratoria (33). Actúa como una válvula inspiratoria o espiratoria unidireccional que no depende del flujo, por lo que garantiza una resistencia con valores de presión predefinidos en cmH_2O por el profesional, aunque la evidencia apunta a que la utilización de 30% de los valores resultantes en las mediciones Pimáx son los más efectivos para iniciar un tratamiento, (34) aunque pueden fluctuar de 9 hasta 41 cmH_2O. (33) (figura 86).

Figura 86. Dispositivos de entrenamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Instrucciones de uso

El paciente debe generar una fuerza muscular inspiratoria mínima que le permita vencer una carga umbral para generar la fuerza inspiratoria necesaria que pueda abrir la válvula de resorte activado (35).

Indicaciones

Las principales indicaciones de uso de este dispositivo son la reducción de la disnea de esfuerzo en pacientes que tienen enfisema, el aumento de la resistencia a la vía aérea glótica, también en enfermedades como la fibrosis quística. Así mismo, está indicado para aumentar la fuerza de la musculatura inspiratoria en pacientes dependientes y no dependientes de ventilación mecánica (figura 87).

Características

Son características relevantes de este dispositivo las siguientes:

- Presencia de una válvula unidireccional que no depende del flujo.
- Presión constante que no depende del flujo de aire del paciente y que hace innecesaria la presencia de un indicador de presión.
- Es fácil de instalar, con presión ajustable realmente (aumentos de 2 CmH_2O).
- Efectividad de la terapia sin importar la posición.
- Uso con pieza bucal o mascarilla.
- Fácil de higienizar.
- Está fabricado en material duradero.
- Fortalecimiento y aumento de la musculatura respiratoria.
- Incremento de la capacidad de tolerancia a la actividad física.

Figura 87. Uso de dispositivo Threshold.

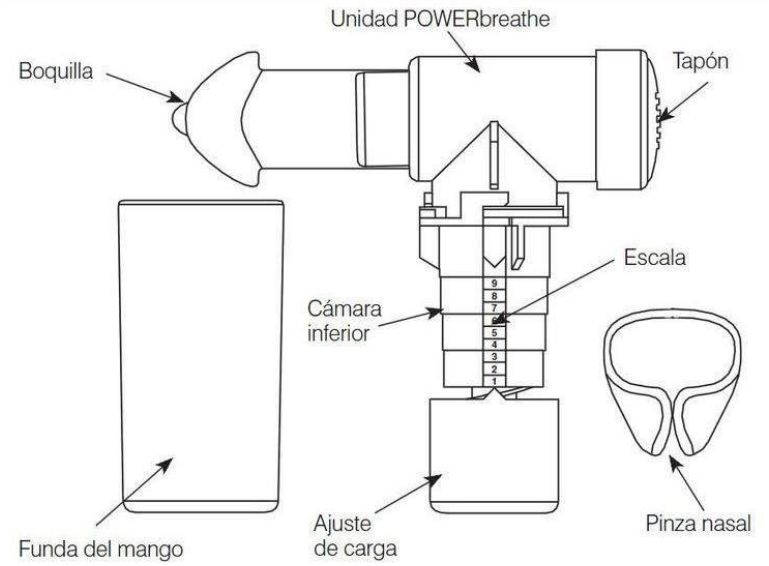
Fuente: Elaboración propia.

Dispositivo de carga resistiva

El dispositivo de carga resistiva es un dispositivo de uso generalizado, principalmente el Power Breathe, que consiste en un dispositivo de pequeño tamaño con una boquilla y un componente dial circular que al ser girado permite modificar la apertura por la que el paciente respira (figura 88).

En este dispositivo, cuanto más pequeña es la abertura más alta es la resistencia a la inspiración, lo que permite el incremento de carga con una frecuencia respiratoria, un volumen corriente y un tiempo inspiratorio constantes (36,37).

Figura 88. Dispositivo de carga resistiva PowerBreathe.



Fuente: Biolaster S.L. Cómo es el PowerBreathe (35).

El PowerBreathe Medic es un dispositivo diseñado especialmente para el entrenamiento de los músculos inspiratorios en pacientes con afecciones o problemas respiratorios y cardiópatas. La resistencia es regulable mediante el mango de ajuste (37).

PFLEX

El PFLEX Resistive Trainer es un dispositivo pequeño que también cuenta con boquilla y dial circular. Al girar este último permite modificar el tamaño de la abertura por la que respira el paciente (Figura 89).

Cuanto más pequeña es la abertura más aumenta la resistencia al proceso de inspiración. Este dispositivo cuenta con seis tipos de resistencias inspiratorias que permiten adaptar el ingreso de aire al cuerpo del mismo. Los diámetros de los diferentes orificios del uno al seis son en orden inverso 0,45 mm, 1,9 mm, 2,7 mm, 3,5 mm, 4,5 mm

y 5,35 mm. Cuando se usa este dispositivo se le solicita al paciente que realice la inspiración a través de los orificios con diámetros cada vez menores (34).

Figura 89. Dispositivo PFLEX.

Fuente: Guzmán Sánchez M, Morris Novoa CE. Efectos del entrenamiento con válvula de carga umbral en el rendimiento deportivo en base al tiempo en nadadores competidores (32).

La finalidad de este al igual que en otros dispositivos similares es el aumento de la carga en la musculatura inspiratoria. La carga se va aumentando progresivamente al tiempo que se garantizan valores constantes de frecuencia respiratoria, volumen corriente y tiempo inspiratorio. Son múltiples los estudios que hacen uso de este dispositivo como un medio de entrenamiento importante de los músculos respiratorios (34,38).

Bustamante et al (39), compararon en su estudio dos métodos diferentes de entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, incluyendo entre los dispositivos el Pflex como un dispositivo de carga resistiva (CR).

Los pacientes con EPOC grave-moderada fueron asignados de manera aleatoria a la realización de entrenamiento en domicilio con dispositivo CR durante al menos seis semanas, con dos sesiones diarias de unos quince minutos. Los resultados obtenidos reflejan una mejora en los valores de presión inspiratoria máxima y en las puntuaciones para enfermedad respiratoria crónica, al igual que mejores incrementos en algunas áreas de calidad de vida.

EMR en condiciones específicas UCI y VM

El EMR representa una de las estrategias terapéuticas más importantes utilizadas en el mejoramiento de la fuerza muscular en pacientes que tienen ventilación mecánica, facilitando el tiempo de destete. El objetivo en estos pacientes es contribuir a la mejora en los valores de fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria. Hay pocas investigaciones orientadas a la evaluación del EMR en pacientes con ventilación mecánica como estrategia en la mejora del destete, solo cuatro estudios han valorado el impacto de este en cuánto al tiempo de destete de VM se refiere. De estos solo dos reportan diferencias importantes, concluyendo que el EMR disminuye el tiempo de destete (32).

Varios estudios con diferentes tipos de metodologías asociadas al uso de dispositivos han permitido evidenciar que el EMI tiene importantes efectos positivos en aquellos pacientes que trascienden el alta hospitalaria. No obstante, no se ha logrado que el EMI sea una práctica habitual en las UCI, sobre todo debido al desconocimiento de las posibilidades de este y las escasas guías publicadas (6).

El entrenamiento de musculatura inspiratoria con Threshold IMT® reduce el tiempo de destete en paciente crítico adulto conectado a ventilación mecánica invasiva, en comparación con paciente crítico adulto en proceso de destete que no realiza el entrenamiento muscular inspiratorio.

La fisioterapia respiratoria convencional asociada al uso del dispositivo Threshold IMT®, es importante en el proceso de rehabilitación, incluso si se utilizan sumados a otros dispositivos que presentan mayor efectividad en un periodo de tiempo más corto para el paciente.

Es importante destacar que la fisioterapia respiratoria convencional y la utilización del dispositivo Threshold IMT®, resultan favorables en la rehabilitación, inclusive utilizándolos en conjunto con otros dispositivos tiene mayor efectividad en menos tiempo en el paciente (35).

EPOC

En pacientes con enfermedades respiratorias crónicas como la EPOC, se describe la evidencia del EMI en la tabla 12; en esta se relacionan los estudios más importantes que han abordado los efectos del EMI en pacientes con esta enfermedad. Se trata de estudios con una alta variabilidad en cuanto a los parámetros utilizados como las características poblacionales, entre otros, en los que la conclusión general es que el EMI es útil en pacientes que tienen EPOC confirmada y que hacen parte de un programa de rehabilitación integral (10).

Tabla 12. Características de ensayos clínicos controlados en los que se ha estudiado el efecto del EMI en pacientes que presentan EPOC

ESTUDIO	DISEÑO	N	EDAD (años)	VEF1 (% teórico)	MODALIDAD DE EMI	DURACIÓN DE LA SESIÓN (minutos)	INTENSIDAD DE LA SESIÓN	FRECUENCIA DE ENTRENAMIENTO	TIPO DE EVALUACIÓN (funcional-clínica)
Larson et al.	EMI A/B	45	63	32	Válvula carga umbral	15 - 30	30% Pimáx	1X7/8 sem	FMI-RFMI-CE-CV
Belman et al	EMI A/B	20	64	-z	Resistencia inspiratoria	15	P. máxima tolerada	2x7/6 sem	FMI-RFMI-FP
Harver et al	EMI/ CT	23	63	38	Resistencia inspiratoria	15	5-35 cm H2O/L x s	2x7/8 sem	FMI-D-FP
Goldstein et al	EMI/ CT	11	65	33	Válvula carga umbral	20	P. máxima tolerada	2x5/4 sem	FMI-CE-FP

ESTUDIO	DISEÑO	N	EDAD (años)	VEF1 (% teórico)	MODALIDAD DE EMI	DURACIÓN DE LA SESIÓN (minutos)	INTENSIDAD DE LA SESIÓN	FRECUENCIA DE ENTRENAMIENTO	TIPO DE EVALUACIÓN (funcional-clínica)
Patessio et al	EMI/ CT	16	63	52	Resistencia inspiratoria	15	50% Pimáx	4x7/8 sem	FMI-RFMI-FP
Dekhuijzen et al	EMI/ CT	40	59	50	Resistencia inspiratoria	15	70% Pimáx	2x2/10 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Kim et al	EMI/ CT	112	65	40	Válvula carga umbral	15 - 30	30% Pimáx	1x7/24 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Wanke et al	EMI/ CT	42	56	46	Válvula carga umbral	10	60%-70% Pimáx	1x7/8 sem	FMI-RFMI-CE-FP
Preusser et al	EMI A/B	20	65	34	Válvula carga umbral	5 - 18	52% Pimáx	1x3/12 sem	FMI-RFMI-CE-FP
Heijdra et al	EMI A/B	20	62	36	Resistencia inspiratoria	15	60% PIMax	2x7/10 sem	FMI-RFMI-FP
Berry et al	EMI/ CT	25	6	46	Válvula carga umbral	-	15-80% PIMax	2x3/12 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Lisboa et al	EMI A/B	20	62	38	Válvula carga umbral	30	30% PIMax	1x6/10 sem	FMI-CE-D-FP
Villafranca et al	EMI A/B	31	62	-	Válvula carga umbral	15	30%Pimáx	2x6/10 sem	FMI-RFMI
Larson et al	EMI/ CT	53	65	50	Válvula carga umbral	30	30-60% Pimáx	1x5/16 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Sánchez-Riera	EMI/ CT	20	67	40	Resistencia inspiratoria	15	30% Pimáx	2x6/24 sem	FMI-RFMI-CE-CV-D
Covey et al	EMI/ CT	27	-	-	Válvula carga umbral	30	30-60% Pimáx	1x7/16 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Ramírez-Sarmiento	EMI/ CT	14	66	24	Válvula carga umbral	30	60% Pimáx	1x5/5 sem	FMI-RFMI-CE-FP
Weiner et al	EMI A/B	16	62	44	Válvula carga umbral	30	15-60% Pimáx	1x6/12 sem	FMI-RFMI-CE-D-FP
Weiner et al	EMI A/B	32	65	46	Válvula carga umbral	30	60% Pimáx	1x3/52 sem	FMI-RFMI-D-FP
Beckerman et al	EMI A/B	42	67	42	Válvula carga umbral	15	15-60% Pimáx	2x6/56 sem	FMI-CE-CV-FP
Hill et al	EMI/ CT	35	68	37	Válvula carga umbral	21	P. máxima tolerada	1x3/8 sem	FMI-RFMI-CE-CV-FP

ESTUDIO	DISEÑO	N	EDAD (años)	VEF1 (% teórico)	MODALIDAD DE EMI	DURACIÓN DE LA SESIÓN (minutos)	INTENSI-DAD DE LA SESIÓN	FRECUENCIA DE ENTRENA-MIENTO	TIPO DE EVALUACIÓN (funcio-nal-clínica)
Koppers et al	EMI/ CT	36	56	54	Hiperpnea normocápnica	15	60% VVM	2x7/5 sem	FMI-RFMI-CE.CV-FP
Weiner et al	EMI A/B	28	63	37	Válvula carga umbral	60	15-60% Pimáx	1x6/8 sem	FMI

Fuente: Pinheiro G, Saldías F. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Revista chilena de enfermedades respiratorias. Junio de 2011;27(2):116-23 (9).

El mayor número de resultados de estudios de entrenamiento muscular respiratorio en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, puede proyectarse a diferentes patologías respiratorias. Aunque esta extrapolación no es exacta, se puede inferir que los resultados que se han obtenido en EMR en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva y en pacientes sanos se correlacionan con una mejor adaptación de la musculatura respiratoria, y con la capacidad de esta de responder ante entrenamientos específicos (21).

Pacientes de cirugía cardíaca

En EMI debe iniciarse desde antes de programar la cirugía cardíaca y continuarse inmediatamente después de la intervención quirúrgica en UCI. Este debe prolongarse incluso semanas después de la cirugía a pesar del alta del paciente.

Es importante que los pacientes se incluyan en programas de rehabilitación cardíaca y que cuenten con un equipo multidisciplinario que ayude a mejorar su calidad de vida (40). La tabla 13 describe la evidencia científica del EMI en pacientes de cirugía cardíaca.

Tabla 13. Entrenamiento preoperatorio de músculos inspiratorios comparado con atención habitual, intervención sin ejercicio para adultos en lista de espera de cirugía cardíaca y abdominal mayor

RESULTADOS	RIESGOS COMPARATIVOS ILUSTRATIVOS* (IC del 95%)		EFECTO RELATIVO (IC del 96%)	No. DE PARTICIPANTES	CALIDAD DE LA EVIDENCIA (GRADE)	COMENTARIOS
	RIESGO ASUMIDO	RIESGO CORRESPONDIENTE				
	CONTROL	ENTRENAMIENTO PREOPERATORIO DE LOS MUSCULOS INSPIRATORIOS				
Atelectasia posoperatoria definiciones originales de los autores	**Población de estudio**		RR 0,53 (0,34 a 0,82)	443 (7 estudios)	+ + - - bajo	Estadístico l2 = 0%, valor P = 0,004
	207 por 1000	110 por 1000				
	Moderar					
	263 por 1000	139 por 1000 (89 a 206)				
Neumonía posoperatoria definiciones originales de los autores	**Población de estudio**		RR 0,45 (0,26 a 0,77)	675 (11 estudios)	+ + + - moderado	Estadístico I2 = 0%, valor P =0,004
	117 por 1000	53 por 1000				
	Moderar					
	83 por 1000	37 por 1000 (31 a 90)				
Ventilación mecánica > 48 horas	**Población de estudio**		RR 0,55 (0,03 a 9,2)	338 (3 estudios)	+ - - - muy bajo	Estadístico I2 = 56% valor P = 0,68, el efecto es incierto
	36 por 1000	20 por 1000				
	Moderar					
	0 por 1000	0 por 1000 (0 a 0)				
Mortalidad por todas las causas dentro de los 30 días durante el periodo posoperatorio	**Población de estudio**		RR 0,4 (0,04 a 4,23)	431 (7 estudios)	+ - - - muy bajo	Estadístico I2 = 59%, valor P=0,09, el efecto es incierto
	41 por 1000	17 por 1000 (2 a 175)				
	Moderar					
	0 por 1000	0 por 1000 (0 a 0)				
Eventos adversos	Ver comentarios	Ver comentarios	No estimable	462 (8 estudios)	+ + - - bajo	3 estudios informaron sobre eventos adversos, sin embargo, todos estos estudios informaron que no hubo eventos en ambos grupos

RESULTADOS	RIESGOS COMPARATIVOS ILUSTRATIVOS* (IC del 95%)		EFECTO RELATIVO (IC del 96%)	No. DE PARTICIPANTES	CALIDAD DE LA EVIDENCIA (GRADE)	COMENTARIOS
	RIESGO ASUMIDO	RIESGO CORRESPONDIENTE				
	CONTROL	ENTRENAMIENTO PREOPERATORIO DE LOS MUSCULOS INSPIRATORIOS				
Duración de la estancia hospitalaria	-	La duración media de la estancia hospitalariaen los grupos de ntervención fue 1,33 menor (2,53 a 0,13 menor)	-	424 (6 estudios)	+ + - - bajo	Estadísticos I2 = 7%, valor P=0,03

Fuente: Katsura M, Kuriyama A, Takeshima T, Fukuhara S, Furukawa TA. Entrenamiento muscular inspiratorio preoperatorio para complicaciones pulmonares postoperatorias en adultos sometidos a cirugía abdominal cardíaca y mayor (40).

En una revisión de Cochrane en la que se buscaba valorar la efectividad del entrenamiento muscular inspiratorio preoperatorio sobre las complicaciones pulmonares postoperatorias en adultos que fueron sometidos a cirugía cardíaca, se encontró evidencia de que el EMI preoperatorio reducía condiciones como la atelectasia posoperatoria, la enfermedad neumónica y el tiempo de estadía en el hospital en aquellos adultos que fueron sometidos a este tipo de cirugía (41).

Asma

En una revisión sistemática (tabla 14) se encontró que no hay evidencia significativa para apoyar o rechazar el entrenamiento de la musculatura inspiratoria para el asma. Esta evidencia estuvo limitada por el pequeño número de ensayos y los pocos participantes de estos.

El estudio sugiere la investigación a futuro de parámetros como exacerbaciones, función pulmonar, administración de fármacos, síntomas de asma, entre otros.

También se propone la evaluación del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en aquellos pacientes con un asma de mayor severidad y en los pacientes pediátricos que cursen con la enfermedad (42).

Tabla 14. Entrenamiento de la musculatura inspiratoria versus control del asma.

RESULTADOS	RIESGOS COMPARATIVOS ILUSTRATIVOS * (IC DEL 95%)		EFECTO RELATIVO (IC DEL 95%)	NO DE PARTICIPANTES	CALIDAD DE LA EVIDENCIA (GRADE)	COMENTARIOS
	RIESGO ASUMIDO	RIESGO CORRESPONDIENTE				
	CONTROL	ENTRENAMIENTO DE LOS MÚSCULOS INSPIRATORIOS				
Fuerza de los músculos inspiratorios (Pimáx; cmH2O) Seguimiento: Media de 3 a 25 semanas	La Pimáx media osciló entre los grupos de control de 78,70 a 121,7 cmH2O	La Pimáx media en los grupos de intervención fue 13,34 más alta (4,7 a 21,98 más alta)		34 (4 estudios)	+ + - - bajo	Efectos fijos I2 = 43%
Exacerbaciones que requieren un ciclo de corticosteroides orales o inhalados o visitas al departamento de emergencias	ver comentario	Ver comentario	ver comentario	ver comentario		No reportado
Pemax cmH2O Seguimiento: 3 a 6 semanas	La Pemáx media osciló entre los grupos de control de 78,8 a 152,8 cmH2O	La Pemáx media en los grupos de intervención fue 14,46 más alta (2,93 menos a 31,84 más alta)		38 (2 estudio)	+ + - - muy bajo	Efectos fijos I2 = 54%
FEV1 (valores reales al final de la intervención) L Seguimiento: 3 semanas	Ver comentario	Ver comentario	No estimable	18 (1 estudio)	+ - - - muy bajo	Solo hubo un ensayo que contribuyó a este resultado, por lo que no fue posible agrupar

RESULTADOS	RIESGOS COMPARATIVOS ILUSTRATIVOS * (IC DEL 95%)		EFECTO RELATIVO (IC DEL 95%)	NO DE PARTICIPANTES	CALIDAD DE LA EVIDENCIA (GRADE)	COMENTARIOS
	RIESGO ASUMIDO	RIESGO CORRESPONDIENTE				
	CONTROL	ENTRENAMIENTO DE LOS MÚSCULOS INSPIRATORIOS				
Disnea medida con escala de Borg seguimiento: 3 semanas	ver comentario	Ver comentario	No estimable	18 (1 estudio)	+ - - - muy bajo	Solo hubo un ensayo que contribuyó a este resultado, por lo que no fue posible agrupar
Uso de agonistas Beta 2 bocanadas por día seguimiento: 3 meses	ver comentario	Ver comentario	No estimable	22 (1 estudio)	+ - - - muy bajo	Solo hubo un ensayo que contribuyó a este resultado, por lo que no fue posible agrupar

Fuente: Silva I, Pedrosa R, Azevedo I, Forbes A, Fregonezy G, Dourado M, et al. Entrenamiento muscular respiratorio en niños y adultos con enfermedades neuromusculares. Cochrane Database of Systematic Reviews (42).

Enfermedades neuromusculares

Según una revisión sistemática (42), el EMR puede contribuir a la mejora de la capacidad pulmonar y de la fuerza de los músculos respiratorios en enfermedades neuro musculares (ENM). Por otro lado, se ha podido establecer que en la esclerosis lateral amiotrófica no hay efectos significativos del EMR en el funcionamiento físico en la calidad de vida de los pacientes.

Otros estudios (43, 44) han planteado hallazgos importantes en pacientes con ENM, sobre todo en la disnea que se presenta después de entrenamiento cardiopulmonar, concluyendo que el entrenamiento muscular respiratorio moderado es una forma efectiva para mejorar significativamente la Pimáx.

Tabla 15. Entrenamiento de los músculos respiratorios versus entrenamiento simulado en la ELA.

RESULTADOS	EFECTOS ABSOLUTOS PREVISTOS* (IC del 95%)		EFECTO RELATIVO (IC del 95%)	No. DE PARTICIPANTES (estudios)	CERTEZA DE LA EVIDENCIA (GRADE)	COMENTARIOS
	RIESGO O VALOR CON EL ENTRENAMIENTO SIMULADO	RIESGO O VALOR CON EL ENTRENAMIENTO DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS				
Medidas de la capacidad pulmonar a corto plazo(menos de 3 meses) (Cambio desde el inicio en el 0% de la CVF prevista) seguimiento: 8 semanas	El cambio medio en el % de CVF previsto en el grupo de control fue de 8,3%	El cambio medio en el % de FVC predicho en el grupo de entrenamiento fue un 0,70% menos de una disminución que en el grupo de entrenamiento simulado (8,48 más de una disminución a 9,88 menos de una disminución)	-	46 (1 ECA)	+ + - - baja	
Medidas de la capacidad pulmonar a mediano plazo (más de 3 meses pero menos de 1 año) (Cambio desde el valor inicial en el % de la CVF prevista) seguimiento: 4 meses	El cambio medio en el % de CVF previsto en el grupo de control fue de -5,20%	El cambio medio en el % de FVC predicho en el grupo de entrenamiento fue un 10,88% menos de una disminución que en el grupo de entrenamiento simulado (4,25 más de una disminución a 25,97 menos de una disminución)	-	24 (1ECA)	+ + - - baja	El RMT puede mejorar la capacidad pulmonar en comparación con el entrenamiento simulado a medio plazo. El MCID para FVC, basado en estimaciones en la fibrosis pulmonar idiopática es del 2% al 6% (du Bois 2011)
Medidas de la capacidad pulmonar a largo plazo (más de 1 año)	-					No medido

Fuente: Silva I, Pedrosa R, Azevedo I, Forbes A, Fregonezy G, Dourado M, et al. Entrenamiento muscular respiratorio en niños y adultos con enfermedades neuromusculares (42).

Deporte

Cada vez es más común la utilización en el deporte de planes de entrenamiento de la musculatura respiratoria, especialmente aquellos ejercicios que contribuyen a mejorar la capacidad aeróbica, y por tanto a la mejoría del rendimiento físico de los deportistas. En ese sentido, el entrenamiento de los músculos respiratorios es importante en personas que realizan actividad física considerable, como los deportistas, los militares y los rescatistas, entre otros (38).

El entrenamiento de la musculatura respiratoria, sin importar si se trata de dispositivos umbral, isocápnico, de resistencia u otros, contribuye a la mejora en los valores de la Pimáx y al rendimiento general en deportes específicos. No obstante, los estudios son pocos y limitados, sobre todo en lo que se refiere a la determinación de la VO_2 máxima. (45).

Las figuras 90 y 91 muestran dispositivos específicos para el entrenamiento de músculos respiratorios en el deporte. La tabla 16 la evidencia científica del EMI en el deporte.

Figura 90. Dispositivo Power Breathe, por IMT Technologies LTD.

Figura 91. Dispositivo Spiro Tiger, por Laboratorios Ideag AG. Suiza.

Fuente: González-Montesinos JL, Vaz Pardal C, Fernández Santos JR, Arnedillo Muñoz A, Costa Sepúlveda JL, Gómez Espinosa de los Monteros R. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. Rev Andal Med Deporte. 1 de diciembre de 2012;5(4):163-70. (45).

Tabla 16. Resumen de los resultados de distintas investigaciones relacionadas con el tratamiento de los MR y su influencia en el rendimiento físico.

AUTOR	N	MÉTODO	CAMBIOS RENDIMIENTO Y PIMAX
Volianitis et al	14 sujetos (7 GE-7 GC)	GE: 50% Pimax, 2d/s. 11 semanas GE: entrenamiento respiratorio hipernea durante 5 semanas, 25 sesiones, 30 min/día, 5 días de la semana, entrenamiento muscular respiratorio	GE: Pimáx +45% y mejoría prueba remo. CC: Pimáx + 5%
			GE: +8 Pimáx. Test 8 km + 26% GP: +3,7 Pimáx. Test 8 KM: 16%
Stunetti et al	28 sujetos ciclistas (13 GE, 15 GC)	GE: 40 sesiones de 30 min. GC: no entrenó EMR: hipernea isocápnica	GE: +5,2 resistencia muscular respiratoria GC: no mostraron mejoras GE: Pimáx + 34% GP: sin cambios GC: sin cambios Todos: sin cambios en VO2 max, ni Wmax Mejoría en prueba time-trial-test
Gething et al	15 sujetos (5 GE, 5 GC, 5 GP)	GE: 80% Pimáx, 3 d/s, 10 semanas GP: carga mínima GC: no EMI	

AUTOR	N	MÉTODO	CAMBIOS RENDIMIENTO Y PIMAX
Holm et al	20 sujetos ciclistas (10 GE, 6 GC, 4 GP)	GE: 20 sesiones de 45 min GP: 20 sesiones de 5 min GC: no entrenó	GE: +12% resistencia muscular respiratoria Mejora en VE, VO2 y disminución del PCO2 Mejora el rendimiento contrarreloj ciclista en un 4,7%
Griffiths et al	17 sujetos remeros (GE: 7 GC: 10)	EMR: hipernea isocápnica Entrenamiento respiratorio 4 semanas + 6 semanas entrenamiento habitual + ER. Pimáx 50%	GC y GP: no mostraron mejoras GE: Pimáx + 26%. Pemáx: 31% No mejoras en test ergómetro remo de 6 min máximo
Aznar-Laint et al	18 sujetos ancianos	GE: entrenamiento respiratorio de 8 semanas (EMI)	El GE mejoró la fuerza de los músculos inspiratorios, el tiempo hasta el agotamiento en una prueba de esfuerzo y el tiempo dedicado a realizar ejercicio moderado o vigoroso.
Dickinson et al	1 atleta JJOO Atenas 2004	GP: 8 semanas simulacro de entrenamiento. Entrenamiento respiratorio hiperpnea de 11 semanas 5 veces por semana. Power Breathe: 60% Pimáx	Pimáx + 31% Reducción tiempo de recuperación entre carreras.
Kilding et al	16 nadadores	Entrenamiento respiratorio umbral 30 repeticiones 2 veces al día 6 semana	Prueba 100 m. Mejora tiempo: -1,7% Prueba 200 m. Mejora tiempo: -1,5% Prueba 400m. Empeora tiempo: +0,6%
Frank et al	26 sujetos con sobrepeso y obecidad (IMC = 31,3)	GE: entrenamiento resistencia hiperpnea normocápmica durante 5 semanas, 30 min + nociones de nutrición durante 6 meses, GC: nociones de nutrición 6 meses	Pérdida de peso similar en ambos grupos (4,2 frente a 3,7 kg P <0.005).
Test de ciclismo: GE mayor distancia recorrida que GC: (1678 frente a 1824 m; P < 0,001). GE: menor percepción de la disnea			

Fuente: González-Montesinos JL, Vaz Pardal C, Fernández Santos JR, Arnedillo Muñoz A, Costa Sepúlveda JL, Gómez Espinosa de los Monteros R. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. Rev Andal Med Deporte. 1 de diciembre de 2012;5(4):163-70.

Conclusiones

El entrenamiento de la musculatura respiratoria mediante el empleo de diferentes dispositivos puede producir mejoras considerables en los valores de presión inspiratoria máxima en un paciente, así como

mejorar de manera efectiva su rendimiento en diferentes actividades físicas, pero sobre todo impactar de manera positiva su calidad de vida, principalmente en aquellos pacientes que han estado sometidos a ventilación mecánica por periodos de tiempo prolongado.

Diferentes estudios han comprobado que el entrenamiento de la musculatura respiratoria puede mejorar significativamente la funcionalidad de los sistemas cardiorrespiratorio y circulatorio, además de mejorar la capacidad aeróbica, disminuir la disnea y facilitar el destete ventilatorio.

La posibilidad de mejorar la condición funcional respiratoria de los pacientes mediante el EMR debe ser valorada proporcionando la atención e importancia que se merece, toda vez que los resultados pueden impactar en la calidad de vida, sobre todo cuando se afectan aquellos factores que contribuyen a la disfunción respiratoria, como la fatiga muscular y la debilidad muscular.

Por lo anterior se recomienda caracterizar y reconocer las situaciones o contextos que favorecen la aparición de estas alteraciones, como, por ejemplo, la estancia en UCI.

Por otro lado, las inconsistencias encontradas en la literatura pueden corresponder a características específicas de los individuos o poblaciones estudiadas, por lo que se recomienda el desarrollo de más investigaciones respecto del EMR para obtener resultados más concluyentes a futuro.

Referencias bibliográficas

1. Levin M. Debilidad [Internet]. Manual MSD versión para profesionales. 2019 [citado 25 de enero de 2021]. Disponible en: https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos- neurol%C3%B3gicos/s%C3%ADntomas-de-los-problemas- neurol%C3%B3gicos/debilidad

2. Rojas-Marcos I. Protocolo diagnóstico de la debilidad muscular. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado [Internet]. 1 de abril de 2019 [citado 25 de enero de 2021];12(76):4515-20. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304541219300927

3. Berger D, Bloechlinger S, Haehling S von, Doehner W, Takala J, Z'Graggen WJ, et al. Dysfunction of respiratory muscles in critically ill patients on the intensive care unit. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle [Internet]. 2016 [citado 30 de enero de 2021];7(4):403-12. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcsm.12108

4. Hooijman PE, Beishuizen A, Witt CC, de Waard MC, Girbes ARJ, Spoelstra- de Man AME, et al. Diaphragm muscle fiber weakness and ubiquitin- proteasome activation in critically ill patients. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 15 de mayo de 2015;191(10):1126-38. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25760684/

5. Ballve LPD, Dargains N, Inchaustegui JGU, Bratos A, Percaz M de los M, Ardariz CB, et al. Debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos. Incidencia, factores de riesgo y su asociación con la debilidad inspiratoria. Estudio de cohorte observacional. Revista Brasileira de Terapia Intensiva [Internet]. 2017 [citado 27 de febrero de 2021];29(4). Disponible en: http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0103-507X.20170063

6. Monsalve García A, Astudillo Arias LY, Cruz Mosquera FE. Entrenamiento muscular respiratorio en un paciente neurocrítico con ventilación mecánica prolongada. Anales de la Facultad de Medicina [Internet]. abril de 2019 [citado 2 de marzo de 2021];80(2):204-8. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-55832019000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

7. Parra Morales AM, García Velásquez MP. Mediciones de presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en población enferma [Internet]. 2016 p. 22. Disponible en: https://repository.ces.edu.co/bitstream/10946/2093/2/Caracterizacion_presion_inspiratoria.pdf

8. Mora-Romero U de J, Gochicoa-Rangel L, Guerrero-Zúñiga S, Cid-Juárez S, Silva-Cerón M, Salas-Escamilla I, et al. Presiones inspiratoria y espira-

toria máximas: Recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Torax [Internet]. 2014;73(4):7. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt- 2014/nt144e.pdf

9. Martínez Camacho MÁ, Jones Baro RA, Gómez González A. El fisioterapeuta en la unidad de cuidados intensivos ¿un profesional necesario? Acta Médica Grupo Ángeles [Internet]. 2020;18(1):104-5. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/actmed/am-2020/am201y.pdf

10. Pinheiro G, Saldías F. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Revista chilena de enfermedades respiratorias [Internet]. junio de 2011 [citado 3 de febrero de 2021];27(2):116-23. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717- 73482011000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

11. Pinheiro De C G, Saldías P F. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Revista chilena de enfermedades respiratorias. junio de 2011;27(2):116-23.

12. Verkhoshansky Y, Siff M. La fuerza y el sistema muscular. En: Superentrenamiento [Internet]. 2.a ed. Badalona, España: Paidotribo; 2010. Disponible en: http://www.paidotribo.com/pdfs/490/490.0.pdf

13. Gutiérrez Muñoz F. Ventilación mecánica. Acta Médica Peruana [Internet]. abril de 2011 [citado 27 de febrero de 2021];28(2):87-104. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

14. Esper RC, Talamantes YG. Evaluación ultrasonográfica del diafragma en el enfermo grave. Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva [Internet]. 2014;28(3):187-94. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2014/ti143g.pdf

15. Campoverde Tixi C. Manual de teoría y métodos del entrenamiento de fuerza en escalada deportiva [Internet]. [Cuenca]: Universidad Politécnica Salesiana; 2010. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1233/15/UPS-CT002016.pdf

16. Salas-Montaño A, Martínez-Camacho M. Entrenamiento de musculatura inspiratoria en el paciente crítico. Revista Hospital Juárez de México [Internet]. 11 de noviembre de 2020;87. Disponible en: 10.24875/RHJM.20000052

17. Arellano Muquinche JN. Efectos de las técnicas fisioterapéuticas de Entrenamiento Muscular Inspiratorio y Buteyko, en niños con asma bronquial [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2019. Disponible en: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6298/1/Efectos%20de%20las%2 0t%c3%a9cnicas%20fisioterap%c3%a9uticas%20de%20Entrenamiento%20M uscular%20 Inspiratorio%20y%20Buteyko%2c%20en%20ni%c3%b1os%20co n%20 asma%20bronquial.pdf

18. Barreiro E, Gea J, Marín J. Músculos respiratorios, tolerancia al ejercicio y entrenamiento muscular en la EPOC. Arch Bronconeumol [Internet]. 20 de noviembre de 2007 [citado 2 de marzo de 2021];43:15-24. Disponible en: http://www.archbronconeumol.org/es-musculos-respiratorios-tolerancia-al- ejercicio-articulo-13112287

19. Pastor Esplá E. Estudio comparativo caso control de los cambios nocturnos en la fuerza muscular respiratoria, evaluada mediante métodos no invasivos en pacientes con síndrome de apnea del sueño, y de sus modificaciones a largo plazo tras tratamiento con CPAP [Internet]. [San Juan de Alicante, España]: Universidad Miguel Hernández; 2017. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=110284

20. Via Clavero G, Sanjuán Naváis M, Menéndez Albuixech M, Corral Ansa L, Martínez Estalella G, Díaz-Prieto-Huidobro A. Evolución de la fuerza muscular en paciente críticos con ventilación mecánica invasiva. Enferm Intensiva. 1 de octubre de 2013;24(4):155-66.

21. Morelos Páez OR, León Almanza D, Castillo Cruz C, Caro Pinilla V, Ortega M, Vanegas Ovalle V, et al. Propuesta de un protocolo para el entrenamiento muscular respiratorio al interior de las Unidades de Cuidado Intensivo Fase I [Internet]. [Bogotá, D.C.]: Corporación Universitaria Iberoamericana; 2017. Disponible en: https://repositorio.ibero.edu.co/bitstream/001/416/1/Propuesta%20de%20un%20proto-

colo%20para%20el%20entrenamiento%20muscular%20respiratorio%20al%20interior%20de%20las%20unidades%20de%20cuidado%20intensivo%20fase%20I.pdf

22. Mahler D. Sleep Deprivation Reduces Respiratory Muscle Endurance [Internet]. Dr. Mahler. 2020 [citado 23 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.donaldmahler.com/sleep-deprivation-reduces-respiratory-muscle- endurance/

23. Briceño V C, Reyes B T, Sáez B J, Saldías P F. Evaluación de los músculos respiratorios en la parálisis diafragmática bilateral. Revista chilena de enfermedades respiratorias [Internet]. septiembre de 2014 [citado 23 de febrero de 2021];30(3):166-71. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717- 73482014000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

24. Wilches-Luna EC, Sandoval LM, López DJ. Confiabilidad intra e inter evaluador de la medición de la presión inspiratoria máxima (Pimáx) en treinta sujetos sanos de la ciudad de Cali. Rev Cienc Salud [Internet]. 13 de septiembre de 2016 [citado 6 de febrero de 2021];14(3):331-40. Disponible en: http://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/view/5141/3511

25. Rocimex SRL. Monitores Pemáx-Pimáx para medición de presiones bucales [Internet]. 2019 [citado 23 de febrero de 2021]. Disponible en: http://www.rocimex.com.ar/Manometros.htm

26. Rodríguez Medina CL, Hernández Álvarez ÉD, Guzmán David CA, Ortiz González DC, Rico Barrera AV. Caracterización de las medidas de presión inspiratoria y espiratoria máxima en adultos jóvenes sanos de Bogotá, D.C. Rev Fac Med [Internet]. 30 de marzo de 2016 [citado 23 de marzo de 2021];64(1):53-8. Disponible en: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/47089

27. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. Am Rev Respir Dis [Internet]. mayo de 1969;99(5):696-702. Disponible en: 10.1164/arrd.1969.99.5.696

28. Tecnomed, S.L. Espirómetro de sobremesa PONY FX de Cosmed [Internet]. Tecnomed 2000. 2020 [citado 23 de febrero de 2021]. Disponible en: https://tecnomed2000.com/producto/espirometro-sobremesa-pony-fx-cosmed/

29. Guerra Fandiño V. Estudio del patrón respiratorio empleado durante el entrenamiento de los músculos inspiratorios en pacientes con EPOC mediante ecografía [Internet]. [La Coruña, España]: Universidad de La Coruña; 2020. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/26890/GuerraFandino_Veronica_TFG_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y

30. Aqsitania. La innovación en el tele-monitoreo de enfermedades pulmonares crónicas [Internet]. Talence, Francia; 2017 p. 2. Disponible en: http://www.aqsitania.com/wp-content/uploads/2017/06/Aqsitania-Tele- monitorizacion-de-enfermedades-pulmonares-cronicas-ES-V1.3.pdf

31. Torres-Castro R, Zenteno D, Rodríguez-Núñez I, Villarroel G, Alvarez C, Gatica D, et al. Guí•as de Rehabilitación Respiratoria en Niños con Enfermedades Respiratorias Crónicas: Actualización 2016. Neumología Pediátrica [Internet]. 1 de julio de 2016;11:114-31. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305904368_Gui- as_de_Rehabilitacion_Respiratoria_en_Ninos_con_Enfermedades_Respirator ias_Cronicas_Actualizacion_2016

32. Sandoval Moreno LM, Casas Quiroga IC, Wilches Luna EC, García AF. Eficacia del entrenamiento muscular respiratorio en el destete de la ventilación mecánica en pacientes con ventilación mecánica por 48 o más horas: un ensayo clínico controlado. Medicina Intensiva [Internet]. 1 de marzo de 2019 [citado 23 de febrero de 2021];43(2):79-89. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210569117303418

33. Pierre Alberto HE, Santos Chávez MA. Presión inspiratoria máxima post entrenamiento de la musculatura respiratoria en estudiantes universitarios de un hospital de Lima [Internet]. [Lima, Perú]: Universidad Norbert Wiener; 2018. Disponible en: http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3050/TESIS%2 0Huamani%20 Pierre%20-%20Santos%20Melissa.pdf?sequence=3&isAllowed=y

34. Guzmán Sánchez M, Morris Novoa CE. Efectos del entrenamiento con válvula de carga umbral en el rendimiento deportivo en base al tiempo en nadadores competidores [Internet]. [Santiago de Chile]: Universidad Finis Terrae; 2019. Disponible en: http://repositorio.uft.cl/bitstream/handle/20.500.12254/1805/Guzman_Morris_2 019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. González Serafini M del C. Dispositivo Threshold IMT para el entrenamiento muscular respiratorio vs. fisioterapia respiratoria convencional en los pacientes que estuvieron internados en la Unidad de Terapia Intensiva Adultos del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y del Ambiente en la Ciudad de Asunción, año 2014. Rev UN Med [Internet]. 2016;5(1):283-360. Disponible en: http://investigacion.uninorte.edu.py/wp- content/uploads/2018/07/v05-a05.pdf

36. Sojo Elías P, Ibáñez Pegenaute A. Fortalecimiento de la musculatura respiratoria en músicos de viento basado en los beneficios proporcionados a los deportistas de competición. Revisión bibliográfica y propuesta de intervención [Internet]. [Navarra, España]: Universidad Pública de Navarra; 2020. Disponible en: https://academica- e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/38065/Sojo_117268_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

37. Biolaster S.L. Cómo es el PowerBreathe [Internet]. 2019 [citado 23 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.biolaster.com/productos/POWERbreathe/powerbreathe- medic/descripcion-powerbreathe/

38. González-Montesinos JL, Vaz Pardal C, Fernández Santos JR, Arnedillo Muñoz A, Costa Sepúlveda JL, Gómez Espinosa de los Monteros R. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. Rev Andal Med Deporte [Internet]. 1 de diciembre de 2012 [citado 2 de marzo de 2021];5(4):163-70. Disponible en: http://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284- articulo-efectos-del-entrenamiento-musculatura-respiratoria- X1888754612850261

39. Bustamante Madariaga V, Gáldiz Iturri JB, Gorostiza Manterola A, Camino Buey J, Talayero Sebastián N, Peña VS. Comparación de 2 méto-

dos de entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con EPOC. Arch Bronconeumol [Internet]. 1 de agosto de 2007 [citado 13 de abril de 2021];43(8):431-8. Disponible en: http://www.archbronconeumol.org/es- comparacion-2-metodos-entrenamiento-muscular-articulo-13108782

40. Cárdenas Aguilar EM, Romero Cabrera KG. Eficacia del entrenamiento muscular inspiratorio preoperatorio para prevenir complicaciones pulmonares en pacientes postoperados de cirugía cardíaca [Internet]. [Lima, Perú]: Universidad Norbert Wiener; 2017. Disponible en: http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/597/T061_4088 3332_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20entrenamiento%20preo peratorio%20del%20m%C3%BAsculo,el%20riesgo%20de%20complicaciones%20pulmonares.

41. Katsura M, Kuriyama A, Takeshima T, Fukuhara S, Furukawa TA. Preoperative inspiratory muscle training for postoperative pulmonary complications in adults undergoing cardiac and major abdominal surgery. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. 2015 [citado 2 de marzo de 2021];(10). Disponible en: https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD010356.pub2/ full/es?cookiesEnabled

42. Ram FS, Wellington SR, Barnes NC. Inspiratory muscle training for asthma. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. 2003 [citado 6 de abril de 2021];(3). Disponible en: https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD003792/full/e s?cookiesEnabled

43. Silva I, Pedrosa R, Azevedo I, Forbes A, Fregonezy G, Dourado M, et al. Entrenamiento muscular respiratorio en niños y adultos con enfermedades neuromusculares. Cochrane Database of Systematic Reviews 2019 [Internet]. 2019 [citado 2 de marzo de 2021];(9). Disponible en: /es/CD011711/NEUROMUSC_entrenamiento-muscular-respiratorio-en-ninos- y-adultos-con-enfermedades-neuromusculares

44. Rodríguez NI, Fuentes SC, Rivas BC, Molina RF, Sepúlveda CC, Zenteno AD. Rehabilitación respiratoria en el paciente neuromuscular: efectos sobre la tolerancia al ejercicio y musculatura respiratoria. Resultado de una serie de casos. Revista chilena de enfermedades respiratorias

[Internet]. diciembre de 2013 [citado 2 de marzo de 2021];29(4):196-203. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717- 73482013000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

45. González-Montesinos JL, Vaz Pardal C, Fernández Santos JR, Arnedillo Muñoz A, Costa Sepúlveda JL, Gómez Espinosa de los Monteros R. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. Rev Andal Med Deporte [Internet]. 1 de diciembre de 2012 [citado 17 de febrero de 2021];5(4):163-70. Disponible en: http://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284- articulo-efectos-del-entrenamiento-musculatura-respiratoria- X1888754612850261