



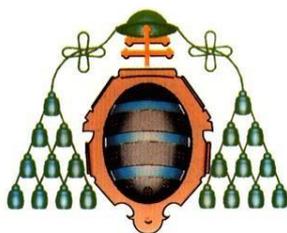
Universidad de Oviedo
Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia

**“ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA
EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR CRÓNICA”**

Ángel Mallo Trabadelo

Oviedo, 11- 05-2022

Trabajo Fin de Grado



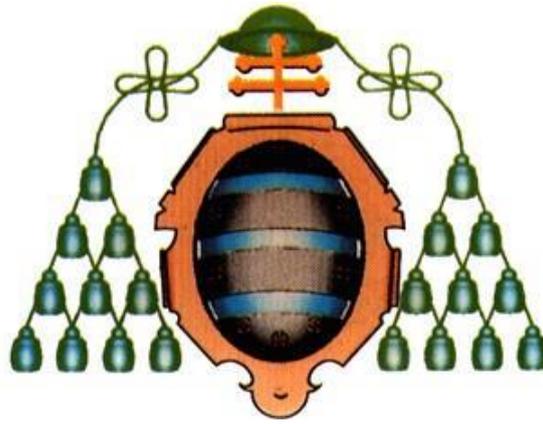
Grado de Fisioterapia

**“ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA
RESPIRATORIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD
PULMONAR CRÓNICA”**

Trabajo Fin de Grado

**Alumno:
Ángel Mallo Trabadelo**

**Tutores:
Almudena García García
José Antonio Fidalgo
González**



Almudena García García y Jose Antonio Fidalgo González, Licenciados y Doctores en Medicina por la Universidad de Oviedo, adscritos al Departamento de Cirugía y Especialidades Médico-Quirúrgicas, Área del conocimiento de Fisioterapia, desempeñando su labor asistencial como Facultativos Especialistas de Medicina Física y Rehabilitación, en el Hospital Universitario Central de Asturias (Oviedo)

CERTIFICAN:

Que el Trabajo Fin de Grado presentado por D. Ángel Mallo Trabadelo, titulado “Entrenamiento de la musculatura respiratoria en pacientes con enfermedad pulmonar crónica”, reúne las condiciones necesarias para ser admitido como Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia.

Y para que así conste, firman la presente certificación en Oviedo a 11 de mayo de 2022.

Vº Bº

Vº B

Fdo. ALMUDENA GARCIA GARCIA
Director/Tutor del Proyecto

Fdo. JOSE A. FIDLAGO GONZÁLEZ
Cotutor del Proyecto

RESUMEN

ANTECEDENTES: la existencia de las enfermedades respiratorias crónicas limita la capacidad ventilatoria de los pacientes que la sufren, afectando negativamente a su calidad de vida. La fisioterapia respiratoria a través del entrenamiento puede disminuir las consecuencias de estas patologías. Existe una falta de evidencia científica respecto al tipo de entrenamiento, duración, frecuencia y carga para obtener los mejores resultados.

OBJETIVOS: realizar una revisión bibliográfica para actualizar los conocimientos respecto al entrenamiento de los músculos respiratorios en las enfermedades respiratorias crónicas y proponer un proyecto de entrenamiento con las conclusiones que obtuvimos en esta revisión.

MATERIAL Y MÉTODO: búsqueda bibliográfica en las bases de datos *Pubmed* y *PEdro*, con las palabras clave *Chronic respiratory disease* y *Respiratory muscle training*. Los criterios de inclusión son estudios en inglés o español. Se excluyen aquellos que no están relacionados con la temática del trabajo.

RESULTADOS: encontramos 109 estudios con los criterios mencionados, de los cuales se consideran 10 como válidos para responder a los objetivos planteados en esta revisión.

CONCLUSIÓN: A partir de la bibliografía consultada, nos planteamos cuál es la fórmula más eficaz de entrenamiento de la musculatura respiratoria para pacientes con una enfermedad respiratoria crónica:

1º- No existen grandes diferencias entre los dispositivos utilizados, así pues, en nuestra práctica clínica utilizaremos el dispositivo que esté disponible.

2º Respecto a la duración de los entrenamientos, llegamos a la conclusión de que la duración mínima del entrenamiento para observar beneficios es de al menos 8 semanas.

3º La frecuencia del entrenamiento debe ser mínimo 5 veces a la semana, 1 vez al día

durante 15 a 21 minutos y respetando los periodos de descanso entre cada serie.

4º La carga del dispositivo es una gran incógnita debido a la falta de evidencia. No podemos afirmar cual es el porcentaje base del que debemos partir, pero sí que sabemos que la carga debe aumentarse progresivamente, y según estos estudios, su mayoría aumenta cada 2 semanas.

5º No se debería realizar únicamente un entrenamiento de la musculatura inspiratoria, sino que es más efectivo si lo acompañamos de ejercicio aeróbico.

PALABRAS CLAVE: enfermedad respiratoria crónica, entrenamiento de la musculatura respiratoria

RESUMEN

BACKGROUND: the existence of chronic respiratory diseases limits the ventilatory capacity of the patients who suffer from them, negatively affecting their quality of life. Respiratory physiotherapy through training can reduce the consequences of these pathologies. There is a lack of scientific evidence regarding the type of training, duration, frequency and load to obtain the best results.

OBJECTIVES: to carry out a literature review to update knowledge regarding respiratory muscle training in chronic respiratory diseases and to propose a training project with the conclusions obtained in this review.

MATERIAL AND METHOD: bibliographic search in the Pubmed and PEDro databases, with the keywords Chronic respiratory disease and Respiratory muscle training. The inclusion criteria were English or Spanish studies. Those not related to the subject of the study were excluded.

RESULTS: we found 109 studies with the criteria, of which 10 were considered valid to meet the objectives set out in this review.

CONCLUSION: Based on the bibliography consulted, we will consider what is the most effective formula for training the respiratory muscles in patients with chronic respiratory disease:

1^o- There are no major differences between the devices used, so in our clinical practice we will use the device that is available.

2^o Regarding the duration of training, we conclude that the minimum duration of training to observe benefits is at least 8 weeks.

3^o The frequency of training should be at least 5 times a week, once a day for 15 to 21 minutes and respecting the rest periods between each series.

4^o The load of the device is a big unknown due to the lack of evidence. We cannot say

what is the base percentage from which we should start, but we do know that the load must be increased progressively, and according to these studies, most of them increase every 2 weeks.

5° We should not only train the inspiratory muscles, but it is more effective if we accompany it with aerobic exercise.

KEYWORDS: Chronic respiratory disease, Respiratory muscle training.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Anatomía y fisiología normal de la respiración	1
1.1.1 Clasificación anatómica.....	1
1.1.2 Fisiología de la respiración	4
1.2 Métodos de medición de la fuerza muscular:	5
1.2.1 Métodos estáticos	5
1.2.2 Métodos dinámicos	7
1.3 Métodos de medición de la resistencia muscular.	7
1.4 Métodos de entrenamiento de la musculatura respiratoria	9
1.5 Disfunción muscular respiratoria en una enfermedad crónica como es la EPOC. 10	
1.5.1 Efectos sistémicos de la disfunción muscular en la EPOC	12
2. OBJETIVOS:.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
3.1 Desarrollo.....	14
3.2 Selección de artículos	15
4. RESULTADOS.....	16
5. DISCUSIÓN.....	23
6. CONCLUSIONES.....	29
6.1 Propuesta de trabajo de investigación.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	31
8. ANEXOS	34
8.1 Anexo 1: Escala mMRC	34
8.2 Anexo 2: Cuestionario de salud SF-36.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posición del diafragma

Figura 2. Pieza oclusora

Figura 3. Registro gráfico de las presiones estáticas

Figura 4. Neumotacógrafo

Figura 5. Threshold

Figura 6. Powerbreathe IMT

Figura 7. Spirotiger

Figura 8. Flujograma del proceso de selección de estudios llevado a cabo

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla sobre las fórmulas de la PiMax y PeMax en hombres y mujeres caucásicas

Tabla 2. Datos de los estudios según el tipo de entrenamiento

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PiMax: Presión inspiratoria máxima

PeMax: Presión espiratoria máxima

TLC: Capacidad pulmonar total

PMT: Presión máxima tolerada

MVV: Máxima ventilación voluntaria

FEV₁: Volumen máximo espirado en el primer segundo

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Anatomía y fisiología normal de la respiración

El proceso de la ventilación es un proceso activo, rítmico, bifásico, y voluntario o involuntario, en el que intervienen los músculos respiratorios que se clasifican en los inspiratorios y espiratorios. Estos tienen un diseño especializado para vencer cargas resistivas y elásticas y, gracias a ello, pueden generar la presión necesaria para el proceso de la ventilación.¹

Se considera a los músculos respiratorios en la misma categoría que los músculos esqueléticos: están formados por tres tipos de fibras musculares: I, IIA y IIB.

Las fibras tipo I se caracterizan por tener una contracción lenta y debido a su metabolismo, tienen una alta tolerancia aeróbica, es decir, son resistentes a la fatiga.

Las fibras IIA son resistentes a la fatiga, pero estas se diferencian de las anteriores por permitir una rápida contracción.

Por último, las fibras IIB tienen un metabolismo anaeróbico y por ello no pueden mantener la tensión que ejercen durante mucho tiempo, es decir, no se consideran resistentes a la fatiga.²

La musculatura del aparato respiratorio es de tipo estriado debido a la presencia de los complejos moleculares de actina y miosina, interaccionan reversiblemente entre sí y forman un patrón en forma de banda.

1.1.1 Clasificación anatómica

El diafragma es el principal músculo inspiratorio. Separa el abdomen de la caja torácica. Tiene forma de paracaídas: es cóncavo por abajo y convexo por arriba. Su parte media es tendinosa y se denomina el centro frénico, de la cual parten sus fibras hacia la

periferia, insertándose en las estructuras óseas periféricas.

Su contracción provoca el descenso de su cúpula, es decir, su parte superior, aumentando el volumen interno de la caja torácica y permitiendo la entrada de flujos de aire en los pulmones, los cuales se expanden y permiten el intercambio gaseoso en los alveolos.

Está formado por fibras orientadas radialmente y en su mayoría, un 80%, son resistentes a la fatiga (55% tipo I y 25% tipo IIA) y le permite realizar trabajos de baja intensidad durante un largo periodo de tiempo.²

Según otros autores, el diafragma se puede dividir en dos partes según su función:

- Costal: el responsable directo de generar el gradiente de presión respiratoria.
- Crural: fija las diferentes estructuras para permitir la óptima función de los demás músculos respiratorios. ¹



Fig. 1: Posición del diafragma

Además del diafragma, se consideran músculos respiratorios principales los intercostales internos y externos:

- Los intercostales externos son unos músculos delgados que se localizan en el plano más superficial de los espacios entre las costillas. Sus fibras se encuentran oblicuas

hacia la línea media y su función es aumentar el diámetro de la caja torácica debido a que traccionan en sentido caudo-cefálico de las costillas. Estos, poseen un 60% de fibras tipo I y un 25% de fibras tipo IIB. ²

- Los intercostales internos o paraesternales, tiene igualmente función inspiratoria, y están localizados bilateralmente en la zona esternal. Su función es acortar los espacios intercostales y elevar las costillas, ayudando al movimiento inspiratorio. Un 50-60% de sus fibras corresponden al tipo I.

Cuando se produce una situación de sobreesfuerzo, fisiológica o patológica, utilizamos los músculos inspiratorios accesorios que se encuentran en la región del cuello, la cintura escapular y el tórax:

- Los escalenos colaboran con la elevación de la primera y segunda costilla en el plano anterior y su activación se evidencia con la retracción del cuello y reducción del espacio supraclavicular en una inspiración forzada.²

- El esternocleidomastoideo asiste la elevación de la caja torácica superior, ya que se inserta en la clavícula y en el esternón.

- El dorsal ancho ayuda a las costillas inferiores puesto que se inserta en la cara externa de las últimas cuatro costillas y facilita su elevación en una inspiración forzada.

La espiración se considera un proceso pasivo que se produce debido a la retracción elástica del parénquima pulmonar, pero existen muchos procesos fisiológicos que van a requerir de la colaboración de la musculatura espiratoria, véase en la tos, estornudos o durante esfuerzos.

Dentro de los músculos espiratorios, tenemos los intercostales internos, obviando los paraesternales que colaboran en la inspiración, que descienden las costillas y desplazan en sentido cefálico al diafragma para aumentar la presión intratorácica facilitando así la

expulsión del aire [la composición de las fibras de los intercostales internos son predominantes las fibras tipo IIA (60%) y IIB (35%)] y los músculos de la pared abdominal (transverso, recto anterior, y los oblicuos) ²

1.1.2 Fisiología de la respiración

La musculatura respiratoria al igual que la musculatura periférica posee dos cualidades medibles y objetivables, la fuerza y la resistencia. La Fuerza se considera como la expresión de la máxima capacidad contráctil de un musculo y requiere de un esfuerzo máximo.²

Debido a la complejidad de la musculatura respiratoria, es muy complicado poder medir la fuerza que ejerce. Por este motivo, el único método objetivo es la relación entre fuerza y presión que ejercen, es decir, mediante fórmulas que aproximan la fuerza de la musculatura con la presión que son capaces de ejercer durante la contracción en los procesos inspiratorios. Por otro lado, la Resistencia se define como la capacidad de mantener un esfuerzo submáximo repetido en el tiempo. En la resistencia intervienen las fibras tipo I, también llamadas oxidativas. Implica un metabolismo aeróbico y tiene una estrecha relación con el aporte y uso de oxígeno, por lo cual, aumenta la densidad de capilares, concentración de mitocondrias y perfusión.²

Por otra parte, los músculos respiratorios son susceptibles a la fatiga y la debilidad.

La fatiga es un proceso progresivo y reversible y se considera como la incapacidad de mantener una actividad durante un determinado tiempo. Para revertir la fatiga se necesita de un periodo de reposo. Cuando un músculo respiratorio está fatigado, desencadena una serie de mecanismos metabólicos, estructurales y electrofisiológicos que terminan provocando un fracaso funcional. ²

Existen dos causas para el origen de la fatiga: si su origen es neurológico, se considera fatiga central; si, por otro lado, el origen es en la propia fibra muscular, se trata de fatiga

periférica. Puede afectar a un solo músculo o a un grupo muscular, llamada fatiga local, o que afecte a todo el organismo, llamada global. El momento de aparición también es otro criterio de clasificación, ya que, si el inicio es súbito, se considera agudo, y se da en casos de asma o edemas pulmonares. Si el paciente manifiesta cansancio acumulado se considerará fatiga crónica y se debe a un desequilibrio muscular que provoca el fracaso funcional del mismo.²

La debilidad se considera como un proceso estático y permanente de incapacidad para realizar una actividad que no se soluciona con el reposo.

1.2 Métodos de medición de la fuerza muscular:

Cuando se contraen los músculos inspiratorios se aumenta el volumen de la caja torácica y se genera una presión negativa, por lo que se produce la entrada de aire en los pulmones.¹

La presión producida se puede medir en varias localizaciones, como la boca, fosas nasales, esófago o en el estómago y se puede medir tanto la fuerza en la inspiración como en la espiración, con la peculiaridad que en esta última se debe tener en cuenta la variable que implica la retracción elástica puesto que la espiración tiene un componente pasivo. Por ello, para medir la fuerza que se genera en una espiración, ésta debe activar la musculatura espiratoria.¹

Existen dos modalidades para la medición de la presión, ya que podemos emplear métodos dinámicos o estáticos. Cuando se mide la presión estática no se requiere un flujo de aire y se valora la fuerza de forma isométrica de la musculatura, mientras que con método dinámico se requiere del movimiento de aire y por ello, cambios en los volúmenes pulmonares.¹

1.2.1 Métodos estáticos

Para evitar que exista un flujo aéreo se requiere un circuito cerrado que mida la presión

que ejercen los músculos inspiratorios y espiratorios. Se utiliza la maniobra de Müller para evaluar la PiMax (presión inspiratoria máxima) que consiste en una inspiración máxima en un circuito cerrado desde el volumen residual) y se medirá la presión con un sensor situado en la boca. Hay que realizar entre cinco y ocho repeticiones con descansos entre ellas y se recogerán los tres valores más altos sin que haya una diferencia mayor del 5%. Además, el instrumento medidor contará con una boquilla fenestrada, es decir, con una pequeña abertura para evitar la alteración del resultado debido a la acción de la musculatura bucal, especialmente los músculos bucinadores.² Para medir la fuerza de la musculatura espiratoria (Pemax) se realiza una espiración máxima (se realiza la maniobra de Valsalva), desde la capacidad pulmonar total (TLC) también en un circuito cerrado.¹

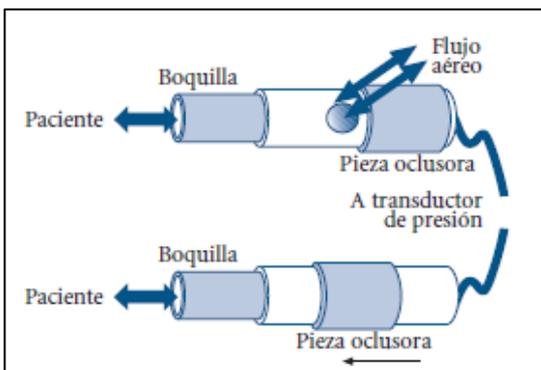


Fig. 2

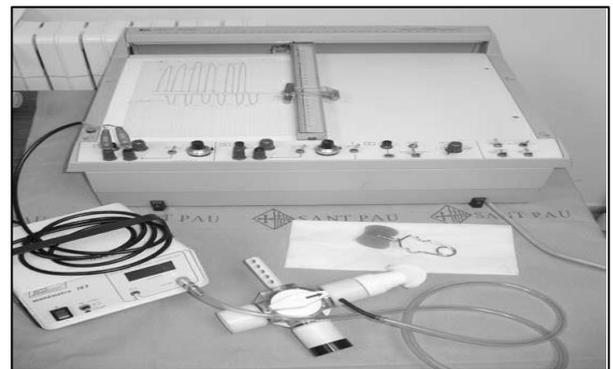


Fig. 3

Fig.2: Esquema de pieza oclusora

Fig.3: Registro gráfico para medir las presiones estáticas

Varones	PiMax	$-1.03x \text{ Edad} + 0.59 + \text{Peso} + 133.07$
	PeMax	$-1.31x \text{ Edad} + 263.12$
Mujeres	PiMax	$-0.64x \text{ Edad} + 125.18$
	PeMax	$-0.57x \text{ Edad} + 0.65x \text{ Peso} + 116.26$

Tabla 1. Tabla sobre las fórmulas de la PiMax y PeMax en hombres y mujeres caucásicas.³

Asimismo, se puede obtener mediante la prueba de “sniff” o inhalación rápida forzada.

La posición del paciente durante el transcurso de estas pruebas debe ser una sedestación cómoda en una silla con respaldo, pies apoyados y una pinza de obstrucción nasal. El paciente deberá inspirar o espirar a través de una boquilla de tipo submarinista que estará conectada a una válvula de dos vías para poder evaluar independientemente la presión inspiratoria y espiratoria en la boca durante cada ciclo respiratorio. Los criterios de claudicación se consideran una parte muy importante de la validez de la prueba de evaluación de resistencia y depende de la experiencia del examinador y también de la función y grado de colaboración del paciente. Se consideran como criterios de claudicación la disnea al esfuerzo como variable subjetiva y la incapacidad de vencer más de tres veces seguidas la resistencia que opone la válvula de apertura como variable objetiva. ²

1.2.2 Métodos dinámicos

Se mide la presión transdiafragmática mediante los cambios de presión del tórax y abdomen. Es relativamente sencillo de hacer en un laboratorio de función respiratoria, introduciendo dos catéteres en la cavidad gástrica y esófago. Los valores que se recogen corresponden con la presión abdominal y pleural respectivamente y la diferencia entre ellas será la presión transdiafragmática. ²

Asimismo, se puede obtener mediante la prueba de "sniff" o inhalación rápida forzada, que resulta más sencillo y cómodo para el paciente y con dichos valores también se puede valorar la fuerza que ejercen los músculos espiratorios con el mecanismo de defensa llamado tos.

1.3 Métodos de medición de la resistencia muscular.

Se distinguen dos métodos para la evaluación de la resistencia. Las pruebas de esfuerzo físico general de tipo incremental o de carga constante y la ventilación voluntaria máxima. Las pruebas de esfuerzo físico general más utilizadas son la prueba de marcha

de seis o doce minutos, y ergometrías o ergoespiometrías en un tapiz rodante o cicloergómetro; éstas nos darán información sobre la resistencia de la musculatura respiratoria y de la tolerancia al esfuerzo general del organismo, ya que involucran tanto al aparato cardiorespiratorio como al musculoesquelético.²

Las pruebas específicas suelen tener una carga incremental, es decir, que aumenta cada un periodo de tiempo, generalmente cada 3 minutos. La resistencia muscular está definida como la carga máxima que puede realizar un paciente, tanto inspiratoria como espiratoria, durante un minuto antes de claudicar. Se anota como la presión máxima tolerada (PMT) o sostenible y se expresa en cm H₂O.²

La ventilación voluntaria máxima tiene como objetivo la medición de la ventilación del individuo durante quince segundos mediante un neumotacógrafo. El paciente debe respirar lo más profundo y rápido que pueda para que la prueba tenga validez, ya que se requiere la activación de los músculos inspiratorios y espiratorios en una misma prueba.²

La ventilación voluntaria máxima también se puede realizar con un espirómetro pidiéndole al paciente que ventile lo máximo posible en doce segundos.

Por último, existen varias fórmulas para estimar la ventilación máxima voluntaria, pero las más exactas son las siguientes: ⁴

$35 \times FEV_1$ (Volumen máximo espirado en el primer segundo)

$20 + 20 \times FEV_1$



Fig. 4: Neumotacógrafo

1.4 Métodos de entrenamiento de la musculatura respiratoria

A pesar de la controversia que existe en torno al entrenamiento de los músculos respiratorios, aún no existe una evidencia suficiente para usarlo como una rutina en la rehabilitación pulmonar, pero sí que se utiliza para reducir la disnea por pérdida de fuerza en patologías respiratorias, como puede ser una enfermedad neurológica. ²

Los efectos demostrados son la ganancia de fuerza y resistencia debido a una reestructuración de las fibras musculares. ²

El entrenamiento de los músculos ventilatorios más utilizado es el de carga umbral o *Threshold*, que se inicia con cargas bajas y se aumenta hasta un 60-70% de la presión inspiratoria máxima (PiMax). ²

Se debe realizar dos veces al día y su duración sería de entre quince a treinta minutos por día, cinco días a la semana. Siempre se debe realizar con la supervisión de una persona especializada, manteniendo una frecuencia de doce a quince respiraciones por minuto y ajustando la presión del *Threshold* progresivamente. La ventaja del *Threshold* es que cuenta con una presión prefijada que se necesita vencer para poder realizar dicho entrenamiento, por lo cual, permite mayor control sobre la fuerza que ejerce el paciente. ²

Otro método de entrenamiento son los dispositivos de carga resistiva. Estos aparatos cuentan con un orificio de tamaño regulable por el cual el paciente debe inspirar, por lo cual, a menor tamaño del orificio, mayor esfuerzo realizarán. Según otros autores, el dispositivo más utilizado es el *PFLEX Resistive Trainer*, y al igual que los dispositivos de carga resistiva, su objetivo es aumentar la carga de los músculos inspiratorios progresivamente, controlando el esfuerzo y la frecuencia respiratoria. ⁵

Otro dispositivo es el *Powerbreathe* o *IMT*, diseñado para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y cuenta con una válvula que regula el paso de aire para controlar e incrementar la carga de entrenamiento. ⁵

Por último, existe otro método de entrenamiento llamado Hiperpnea isocápnica voluntaria. Consiste en un dispositivo que aumenta el nivel de ventilación del paciente hasta el sesenta- setenta por ciento de su máxima ventilación voluntaria (MVV).⁵

Con ello, se busca alcanzar una frecuencia respiratoria mayor y un aumento del aire que respira el paciente durante quince minutos aproximadamente. Para evitar una posible pérdida de CO₂ el circuito está conectado a una bolsa calibrada que mantiene la concentración de CO₂ que se mezcla con el aire introducido en el circuito. El dispositivo que permite este tipo de entrenamiento se llama *SpiroTiger* y permite una mejoría del veinte al cincuenta y cinco por ciento de la resistencia a la fatiga de la musculatura ventilatoria, ya que el entrenamiento isocápnico somete a una carga baja, pero de gran duración.⁵



Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 5: *Threshold*, Fig. 6: *Powerbreathe IMT*, Fig. 7: *Spirotiger*

1.5 Disfunción muscular respiratoria en una enfermedad crónica como es la EPOC

Existen una amplia variedad de patologías que afectan al aparato respiratorio, pero en este apartado vamos a centrarnos en una enfermedad crónica.

La EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) se puede considerar como una enfermedad crónica que afecta sobre todo al aparato respiratorio de forma obstructiva con poca o ninguna reversibilidad, de carácter progresivo. Su etiología es la inhalación de sustancias tóxicas o gases, principalmente el humo del tabaco. Aunque la predisposición genética, la exposición a biomasa, contaminación ambiental o incluso la repetición

de infecciones en edad joven también pueden ser los causantes de la aparición de la EPOC en la edad adulta.⁵

Se manifiesta como una reacción inflamatoria en las vías aéreas, pero también provoca una destrucción progresiva del parénquima pulmonar, se altera el flujo aéreo y puede provocar daños a los sacos alveolares destruyendo sus paredes y dificultando el correcto movimiento del flujo aéreo.⁵

De esta manera, se facilita el atrapamiento aéreo y dificulta el correcto intercambio gaseoso. Así pues, el funcionamiento está afectado y se puede asociar a la aparición de otras patologías, como la bronquitis crónica, que es la inflamación de las vías aéreas y la hiperreactividad de las células mucosas del árbol respiratorio, aumentando la mucosidad y, por ende, se dificulta el drenaje de las secreciones y aumentando la reacción asociada a la limpieza del mismo, denominada tos.⁵

Esta patología afecta también a la musculatura respiratoria. Por otro lado, la fuerza que desarrolla un diafragma de una persona con EPOC es menor que el de un individuo sano, ya que, debido a la hiperinsuflación derivada de la destrucción del parénquima, el diafragma se aplana y desarrolla menor fuerza muscular.¹

Además, según algunos estudios, las fibras del diafragma de un paciente con EPOC presentan un menor tamaño y una cantidad más reducida de proteínas contráctiles, principalmente actina y miosina.⁷

Por otro lado, otros estudios manifiestan la posibilidad de la musculatura inspiratoria de sufrir cambios adaptativos a nivel de sarcómera, generalmente en el diafragma, lo que permite seguir realizando una función respiratoria correcta, de tal manera que la capacidad aeróbica de las fibras del diafragma de una persona con EPOC moderada está incrementada.⁷

Esto se debe al mayor número de capilares y mitocondrias en sus fibras. A su vez, se encontró un aumento en el número de fibras tipo I respecto a los sujetos sanos.¹

1.5.1 Efectos sistémicos de la disfunción muscular en la EPOC

La EPOC se considera una afectación multidimensional, ya que se ha observado que existe un estado proinflamatorio-inflamatorio sistémico característico, detectándose un aumento del 20-25% en el recuento de neutrófilos en sangre que se asocia a una pérdida de la función pulmonar.⁶

Además, existen otras manifestaciones clínicas que provocan la disfunción muscular como la hipoxia crónica, que provoca la pérdida de los depósitos de glucosa y glucógeno intramusculares o la hipercapnia crónica que es el aumento de la concentración de dióxido de carbono asociado a un fracaso en la bomba ventilatoria, reversible tras una intervención terapéutica.⁶

2. OBJETIVOS:

1. Realizar una revisión bibliográfica para actualizar los conocimientos respecto al entrenamiento de los músculos respiratorios en los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas.
2. Proponer un proyecto de entrenamiento con las conclusiones que obtuvimos en esta revisión.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Desarrollo

Iniciamos una búsqueda de información previa en la base de datos *PubMed* para comprobar la cantidad de bibliografía disponible. Se empezó buscando con las palabras clave o keywords “**Chronic respiratory disease**” y “**Respiratory muscle training**” unidos por el operador Booleano “AND”. La cantidad de artículos mostrados fue de 1137 y decidimos utilizar nuevos filtros para acotar la búsqueda y especificar más para nuestra revisión.

Así pues, aplicamos los siguientes filtros: Metaanálisis, revisiones sistemáticas o ensayos clínicos aleatorizados, fecha de publicación en los últimos 5 años, idioma inglés o español y que la población a estudio fueran adultos mayores de 19 años.

Con estos criterios, la cantidad de artículos se redujo a 75 en *PubMed*.

Por otro lado, utilizamos la base de datos *PEDro* e incluimos las palabras claves o keywords “**Chronic respiratory disease**” y “**Respiratory muscle training**” unidos por el operador Booleano “AND” y debido a la limitación del buscador, solo pudimos incluir el filtro de artículos publicados en los últimos 5 años. Finalmente, se encontraron un total de 34 artículos.

Los criterios empleados para la selección de artículos fueron los siguientes:

- Antigüedad menor de 5 años.
- Idioma inglés o español.
- Entrenamiento de la musculatura inspiratoria en una enfermedad respiratoria crónica.
- Sujetos a estudio mayores de 19 años / Adultos.

Por otra parte, se descartaron los artículos que:

- No tenían relación con el tema
- Enfermedades que no fueran respiratorias crónicas

- Sujeto a estudio menor de 19 años
- Su acceso fuera de pago

De tal forma, escogimos 8 artículos de *PubMed* y 4 de *PEDro*

3.2 Selección de artículos

Tras una preselección de los artículos según sus resúmenes, se hizo una selección definitiva con un acceso completo a los estudios. En la figura 8 se resume este proceso.

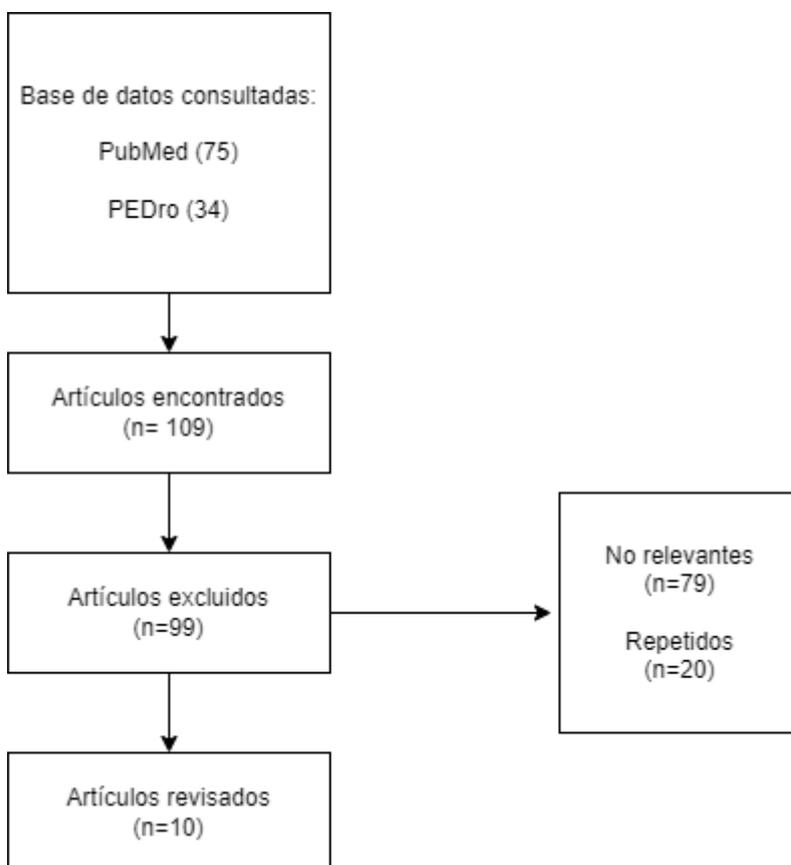


Figura 8. Flujograma del proceso de selección de estudios llevado a cabo.

4. RESULTADOS

Existen un total de 109 estudios encontrados mediante los buscadores *PubMed* y *PEDro* con los criterios de búsqueda previamente citados (75 artículos en *PubMed* y 34 en *PEDro*) de los cuales 20 se encuentran repetidos. Seleccionamos 10 estudios que coinciden con las especificaciones de la búsqueda y que tratan de responder a los objetivos planteados en esta revisión.

A continuación, planteamos una tabla con los siguientes datos.

Tabla 2. Datos de los estudios según el tipo de entrenamiento inspiratorio.

Estudio (Autor y año)	Objetivo	Muestra	Programa realizado	Resultados
Xu et al 2018 ⁸	Comparar las diferencias entre un programa de entrenamiento de la musculatura inspiratoria y espiratoria en un mismo ciclo respiratorio o en diferentes en pacientes con EPOC.	92 pacientes con EPOC, con edades de 69.43 ± 6.44 de los cuales fueron asignados aleatoriamente en 4 programas de entrenamiento: el primero sin modificar la carga, el segundo con un entrenamiento de la musculatura inspiratoria, el tercero fue una combinación de entrenamientos en un mismo ciclo respiratorio (CTSC) y el cuarto en diferentes ciclos respiratorios (CTDC).	8 semanas de entrenamiento los 7 días de la semana con una duración de 48 minutos y siguiendo el intervalo de 3 minutos de trabajo y 2 de reposo. El primer grupo realiza 16 series de entrenamiento de la musculatura respiratoria sin carga. El segundo grupo 8 series de entrenamiento de la musculatura inspiratoria y 8 series sin carga. El tercer grupo realiza 16 series de entrenamiento combinado en un solo ciclo respiratorio y el cuarto grupo 8 series de entrenamiento de la musculatura inspiratoria y 8 series de entrenamiento de la musculatura	Los grupos de entrenamiento CTSC y CTDC mejoraron la fuerza de la musculatura inspiratoria y espiratoria mientras que los que realizaron un programa de entrenamiento de la musculatura inspiratoria solo consiguieron mejoría de la PiMax.

			espiratoria en diferentes ciclos respiratorios.	
Chuang et al 2018 ⁹	Investigar los efectos del entrenamiento de la musculatura inspiratoria mediante el dispositivo <i>Threshold</i> en pacientes con EPOC.	55 pacientes cooperativos y con capacidad ambulatoria, divididos en dos grupos recibieron un tratamiento médico y cuidados rutinarios y el grupo experimental además recibieron un entrenamiento con el dispositivo <i>Threshold</i> .	8 semanas de entrenamiento de la musculatura inspiratoria, 5 veces a la semana con una duración de 21- 30 minutos. La presión del dispositivo comienza en 15 cm H ₂ O.	Mejora de la PiMax, descenso de la disnea, mayor distancia recorrida en el 6MWT y mejora de la calidad de vida.
Wu et al 2017 ¹⁰	Establecer los efectos que produce en el día a día un cambio de patrón ventilatorio asegurando una igual carga en los dispositivos en dos tipos de entrenamiento de la musculatura inspiratoria respecto a la calidad de vida y grado de disnea.	60 participantes con EPOC moderada, severa o muy severa repartidos en 3 grupos de forma randomizada. El primer grupo realiza un entrenamiento de la musculatura inspiratoria con dispositivos de carga resistida, el segundo con el <i>Threshold</i> y, por último, el grupo control.	8 semanas de entrenamiento de la musculatura inspiratoria, 7 días a la semana. Ambos grupos de entrenamiento tuvieron una carga del 60% de la PiMax.	Se demostró una mayor mejoría en la calidad de vida, grado de disnea y capacidad de ejercicio en el grupo que utilizó el <i>Threshold</i> respecto al grupo control y el grupo que utilizó dispositivos de carga resistiva.

<p>Tounsi et al 2021 ¹¹</p>	<p>Estudiar los efectos de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria combinada con un entrenamiento de resistencia para mejorar el equilibrio en pacientes con EPOC.</p>	<p>32 pacientes con EPOC moderada o severa, entre 56 y 68 años divididos en dos grupos iguales, un grupo control con entrenamiento de resistencia y otro combinando un entrenamiento de la musculatura inspiratoria con un entrenamiento de resistencia.</p>	<p>8 semanas de entrenamiento de resistencia 3 veces a la semana de ambos grupos, 30 minutos de cicloergómetro al 60-80% de la velocidad que realizó el 6MWT y estiramientos de miembros superiores e inferior al final de la sesión. Además, el grupo experimental añade al entrenamiento ejercicios inspiratorios con el <i>Powerbreathe</i> 7 días a la semana, dos series al 50% de la PiMax de 30 respiraciones con 5-10 minutos de reposo entre series y aumentando la resistencia progresivamente un 10% hasta llegar al 80% de la PiMax.</p>	<p>El entrenamiento de resistencia combinado con el de la musculatura inspiratoria provoca beneficios en la capacidad inspiratoria además de mejorar el equilibrio.</p>
--	--	--	--	---

<p>Koch et al 2020 ¹²</p>	<p>Comprobar el efecto de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC previa a una ventilación no invasiva (VNI) para minimizar sus consecuencias.</p>	<p>Pacientes con EPOC III y IV de unas edades comprendidas entre los 54 años y los 70.</p>	<p>Programa realizado en 3 fases.</p> <p>Fase 1: 2 semanas de evaluaciones clínicas y mediciones de peso y talla, evaluación del PiMax, pruebas de familiarización con la VNI sobre un cicloergómetro y establecimiento de la potencia máxima que alcanzar sobre él. A continuación, se aleatorizan los pacientes en grupos y se diseña un plan de ejercicios al 75% de la potencia máxima.</p> <p>Fase 2: un entrenamiento de la musculatura inspiratoria al 80% de la PiMax durante 10 sesiones como máximo en 30 días</p> <p>Fase 3: en un máximo de 1 semana se realizan pruebas de resistencia en un cicloergómetro.</p>	<p>Se observa que realizar un entrenamiento de la musculatura inspiratoria previo al uso de la VNI en personas con EPOC durante el ejercicio reduce la disnea y aumenta la tolerancia al ejercicio respecto al solo uso de la VNI.</p>
--------------------------------------	--	--	--	--

Schultz et al 2018 ¹³	Averiguar cuáles son los beneficios de una rutina de entrenamiento de la musculatura inspiratoria en la rehabilitación pulmonar de pacientes que sufren EPOC.	Un total de 611 pacientes con EPOC con unas edades comprendidas entre los 49.5 -65.9 años divididos en grupo experimental y grupo control	El programa consiste en una rehabilitación pulmonar hospitalaria de 3 semanas, donde al grupo experimental se le realiza un entrenamiento de la musculatura inspiratoria y al grupo control un entrenamiento simulado. Se realizan mediciones pre y post entrenamiento de la PiMax, 6MWT, disnea y una escala de calidad de vida.	Se produce una mejora de la presión máxima inspiratoria tras la adición de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria pero no reporta beneficios sobre la capacidad de ejercicio, disnea ni calidad de vida.
Beaumont et al 2018 ¹³	Demostrar la eficacia de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC grave y muy grave reduce la disnea.	150 pacientes con EPOC grave o muy grave divididos en grupo control y grupo experimental.	Ambos grupos realizaron rehabilitación pulmonar durante 4 semanas, 5 días a la semana. Realizaron ejercicio aeróbico en un cicloergómetro o un tapiz rodante durante 30 minutos y posteriormente, estiramientos de miembro inferior y superior y aeróbico en grupo. El grupo experimental añade un entrenamiento de la musculatura inspiratoria 2 veces al día durante 15 minutos, 5 veces a la semana durante 4 semanas. Consiste en 15 series de 10 inspiraciones con un dispositivo <i>PowerBreathe</i> al 50% de su PiMax y tras 10 días, se eleva al 60% de la PiMax.	El uso de un dispositivo de entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC grave o muy grave no evidencia una mayor mejoría de la capacidad de ejercicio ni reducción de disnea respecto a la rehabilitación pulmonar, salvo un aumento de la PiMax.

<p>Beaumont et al 2018 (META) ¹⁵</p>	<p>Verificar los beneficios del dispositivo <i>Threshold</i> en pacientes con EPOC sobre la disnea, capacidad de ejercicio, calidad de vida, fuerza de los músculos inspiratorios y los beneficios adicionales en un programa de rehabilitación pulmonar.</p>	<p>Se seleccionaron 43 estudios de los cuales 1427 pacientes fueron incluidos y el grupo de tratamiento global consistió en 642 pacientes con EPOC.</p>	<p>El entrenamiento de la musculatura inspiratoria se realiza 5 días a la semana en 42 estudios y 2 días a la semana en el otro estudio, durante 1 semana hasta 1 año y con una presión inspiratoria del 30-80% de la PiMax. En el 79% de los estudios, el entrenamiento de la musculatura inspiratoria se usó solo, comparándose con un entrenamiento simulado o asociado a un programa de entrenamiento general.</p>	<p>Un entrenamiento con el dispositivo <i>Threshold</i> se mejora la fuerza de la musculatura inspiratoria, se aumenta la capacidad de ejercicio y calidad de vida y se reduce la disnea, pero no se encuentran grandes diferencias comparado con un programa de rehabilitación pulmonar.</p>
<p>Dellweg et al 2017 ¹⁶</p>	<p>Evaluar los efectos de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC hipercápnicos que usan ventilación no invasiva después del destete de la intubación.</p>	<p>29 pacientes con EPOC divididos en grupo control y experimental, con edades comprendidas entre 58 y 72 años. También se requiere que fueran admitidos en la unidad de rehabilitación post-destete tras la hospitalización, capacidad ambulatoria y física para participar en 2 sesiones diarias de fisioterapia.</p>	<p>4 semanas de entrenamiento, 5 días a la semana (entre semana) y una vez al día. Se utilizó el dispositivo Respifit S Trainer al 80% de la PiMax. El entrenamiento consiste en 20 inspiraciones al 80% de la PiMax durante 1 segundo y con pausas de 20 segundos. Por otro lado, se realiza un ejercicio de resistencia al 60% de la PiMax y consiste en acoplar la respiración del paciente a una frecuencia durante 1 minuto, 3 veces y con un reposo de 3 minutos entre cada ejercicio.</p> <p>Por último, todos los pacientes</p>	<p>El entrenamiento de músculos inspiratorios aumenta la capacidad funcional de ejercicio y la fuerza de los músculos inspiratorios en pacientes hipercápnicos con EPOC que hayan sido destetados.</p>

			participaron en un programa de rehabilitación donde realizaron ejercicios inferior y superior durante 1 hora.	
Langer et al 2018 ¹⁷	Conocer los efectos de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre los mecanismos de la disnea en pacientes con EPOC y aumentar la capacidad de ejercicio.	20 pacientes con EPOC divididos en dos grupos que realizan un ejercicio de resistencia, pero el grupo experimental añade un entrenamiento de la musculatura inspiratoria.	8 semanas de entrenamiento de los músculos inspiratorios con el dispositivo <i>Powerbreathe</i> 2,3 sesiones diarias de 30 inspiraciones, 7 días a la semana y con una presión del 40% de la PiMax y aumentándola progresivamente hasta el 50% y combinado con ejercicio en cicloergómetro.	El entrenamiento de la musculatura inspiratoria mejora la fuerza de ellos y la resistencia de pacientes con EPOC y una baja PiMax. También ayudó a disminuir la sensación de disnea durante el ejercicio aeróbico en el cicloergómetro, pero no se obtuvo cambios en la ventilación ni en los volúmenes pulmonares.

5. DISCUSIÓN

Una vez que hemos consultado la bibliografía más actual de la que disponemos, vamos a responder a una serie de preguntas respecto a cuál es el tipo de entrenamiento de la musculatura inspiratoria más eficaz.

Cabe mencionar la falta de bibliografía sobre otro tipo de enfermedades respiratorias crónicas diferentes a la EPOC.

Los estudios podríamos dividirlos en 2 grandes grupos, los que utilizan dispositivos para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y los que utilizan un entrenamiento aeróbico asociado a entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

Encontramos un total de 6 artículos que versan sobre el uso de dispositivos de entrenamiento de la musculatura inspiratoria. Chuang et al ⁸ propone un estudio sobre los efectos del dispositivo *Threshold* en pacientes con EPOC y su eficacia sobre la capacidad de ejercicio y sensación de disnea que presentan los pacientes. Dicha investigación arroja un resultado positivo respecto al aumento de la capacidad de ejercicio del paciente y una disminución de la sensación de disnea. Por otro lado, el estudio de Wu et al ¹⁰ utiliza el mismo dispositivo que el anterior, pero esta vez, se busca comparar su efecto sobre el cambio del patrón respiratorio en pacientes con EPOC, mostrando una mayor eficacia con el uso del *Threshold* en el entrenamiento inspiratorio contra los de los otros dos grupos, y concluyen que el uso del *Threshold* disminuye la sensación de disnea, mejora la capacidad de ejercicio y la calidad de vida

Por último, Beaumont et al ¹⁵ realiza una búsqueda de varios estudios que emplean el *Threshold* para demostrar su eficacia en el tratamiento de la EPOC y los compara entre ellos. El 79% de los estudios utilizan un entrenamiento de la musculatura inspiratoria solo o combinado con un entrenamiento aeróbico. Se comparan pues, con un entrenamiento inspiratorio sin carga, ejercicio general, estiramientos de la musculatura respiratoria o espirometrías incentivadas. De esta manera, llegamos a la conclusión de que el uso del dispositivo *Threshold* mejora la capacidad de ejercicio, mejora la calidad

de vida y reduce la sensación de disnea, pero no se hayan grandes diferencias con un programa estándar de rehabilitación pulmonar.

Los otros 3 estudios restantes utilizan el dispositivo *PowerBreathe*. Tounsi et al ¹¹ propone un entrenamiento para los pacientes de EPOC que contiene una parte de entrenamiento de la musculatura inspiratoria y otra de entrenamiento de resistencia para aumentar el equilibrio del paciente. A su vez, Beaumont et al ¹⁴ realiza una investigación respecto a la eficacia del dispositivo *PowerBreathe* en pacientes con EPOC grave o muy grave sobre la disnea y lo compara con un programa de rehabilitación pulmonar. Ambos grupos mostraron unos resultados similares respecto a la disminución de la disnea, pero el grupo que utiliza el *PowerBreathe* además, muestra un aumento de la PiMax.

Por último, Langer et al ¹⁷ realiza un programa de entrenamiento para aumentar su capacidad de ejercicio con el *PowerBreathe* en pacientes con EPOC. Se concluye que usar este dispositivo mejora la capacidad de ejercicio de los pacientes, eleva su PiMax y disminuye la sensación de disnea.

Xu et al ⁸ diseña un programa peculiar, puesto que para ello requiere de un dispositivo *Threshold* modificado, con capacidad de entrenar la musculatura inspiratoria y espiratoria a la vez, conectando el dispositivo a un tubo con dos válvulas unidireccionales, una para la inspiración y otra para la espiración. Además, plantea la separación de los ejercicios en uno o dos ciclos respiratorios, siendo éstos los que mejores resultados muestran. Así pues, mientras que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el *Threshold* solo produce mejoría de la PiMax, disminución de la disnea y mejora de la calidad de vida respecto a un entrenamiento simulado sin carga, el entrenamiento de los músculos inspiratorios y espiratorios en el mismo ciclo respiratorio y en ciclos separados mejora tanto la capacidad inspiratoria del paciente como la espiratoria y provoca un cambio del patrón respiratorio del mismo.

Por otro lado, Schulz et al ¹³ propone instaurar una rutina de entrenamiento para la rehabilitación pulmonar en pacientes con EPOC: un programa intensivo de alta intensidad con varias sesiones mediante el dispositivo *PowerBreathe* comparado con

un grupo control que realiza una rehabilitación pulmonar convencional. No se hallaron diferencias notorias en la capacidad de ejercicio, calidad de vida o disnea entre los grupos, pero sí que se obtienen buenos resultados respecto al aumento de la PiMax, pero sin relación con una mejoría subjetiva del paciente.

Para terminar, se va a comparar los dos estudios restantes que versarán sobre pacientes con EPOC en estadios más graves.

Koch et al ¹² realiza un estudio en pacientes con EPOC que van a necesitar una ventilación no invasiva, y propone un entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el objetivo de minimizar las consecuencias de la ventilación no invasiva. Se compara un entrenamiento en un cicloergómetro contra otro añadiendo el uso del dispositivo *Threshold* como entrenamiento de la musculatura inspiratoria. Esta adición del dispositivo da como resultado una mejora en la capacidad de ejercicio y reducción de disnea. Además, induce a un cambio del patrón ventilatorio en pacientes con EPOC durante el ejercicio de alta intensidad.

Dellweg et al ¹⁶ también se centra en pacientes EPOC con hipercapnia que reciben una ventilación no invasiva y hace más hincapié en la fase del destete, es decir, la desconexión del paciente a una máquina de soporte ventilatorio. Esta vez se utiliza el dispositivo *RespiFit S Trainer* que combina los ejercicios inspiratorios y la posibilidad de acoplarse al dispositivo de ventilación para ejercer resistencia y acoplarse al ritmo ventilatorio del paciente, describen que mejora la capacidad funcional de ejercicio del paciente tras el destete y se mejora la fuerza inspiratoria del mismo.

Con todo lo anteriormente descrito parece claro que no hay grandes diferencias entre los diferentes dispositivos de entrenamiento.

La siguiente pregunta para resolver sería la intensidad y la frecuencia del entrenamiento que aporta más beneficios al paciente de EPOC.

Chuang et al ⁹ propone un entrenamiento de la musculatura inspiratoria durante 8 semanas, sesiones de 21 a 30 minutos, 5 veces a la semana con el dispositivo *Threshold*

ejerciendo una presión de 15 cm de H₂O y aumentando progresivamente la carga de trabajo, hasta que, a la cuarta semana de entrenamiento, la carga se subirá hasta 30 cm de H₂O y desde la sexta a la octava semana de entrenamiento, la carga se mantendrá en 40 cm de H₂O.

Wu et al ¹⁰ utiliza el mismo dispositivo que en el estudio anterior (*Threshold*) con diferente carga, al 60% de la PIM y tienen la misma duración, 8 semanas. Pero presenta la diferencia de que en su rutina de entrenamiento se va a realizar los 7 días de la semana, 2 veces al día y con una duración de 15 minutos. Además, la carga se reajusta por un fisioterapeuta cada 2 semanas para mantenerla en el 60% de la PiMax del paciente.

Para recopilar más información, contamos con el metaanálisis de Beaumont et al ¹⁵, el cual recoge información de 43 estudios que utilizan el *Threshold* con una duración entre 1 semana hasta 1 año. 42 estudios tienen una frecuencia de 5 días a la semana y el otro estudio restante, 2 días a la semana. La carga de los dispositivos empleados versa entre el 30% y el 80% de la PiMax de los pacientes.

Tounsi et al ¹¹ presenta una investigación con otro dispositivo, el *Powerbreathe*, con una duración de 8 semanas y combinado con un programa de entrenamiento, 3 veces a la semana y 30 minutos de ejercicio aeróbico al 60- 80% de la velocidad que se obtuvo en la prueba de los 6MWT y una serie de estiramientos posterior al ejercicio; el *Powerbreathe* es el instrumento para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en el grupo experimental y se realizan 2 series de 30 respiraciones al 50% de la PiMax del paciente, 7 días a la semana y con un periodo de reposo de 5 a 10 minutos entre cada serie; la carga se incrementa progresivamente cada 2 semanas, aumentando un 10% hasta alcanzar el 80% de la PiMax.

El estudio de Beaumont et al ¹⁴ tiene el objetivo de conocer los beneficios de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria en un programa de rehabilitación pulmonar. Para ello, introduce en la rehabilitación de 5 días durante 4 semanas de entrenamiento aeróbico, el dispositivo *Powerbreathe* los 5 días de rehabilitación

pulmonar: se le pide al paciente que realice 15 series de 10 respiraciones con el Powerbreathe al 50% de su PiMax, 2 veces al día con una duración de 15 minutos, y tras 10 días con esa misma carga, se eleva al 60%.

Otro estudio que también incluye una parte de entrenamiento aeróbico es Langer et al.¹⁷ Durante 8 semanas, combina ejercicio en un cicloergómetro con el uso del dispositivo *Powerbreathe* 2 ó 3 veces al día con series de 30 inspiraciones al 40% de la PiMax, los 7 días de la semana, posteriormente, eleva la carga al 50% de la PiMax

Xu et al.⁸ utiliza el mismo dispositivo tanto para la inspiración como para la espiración y es por ello por lo que vamos a tener dos valores sobre la resistencia que opone el mismo. Para la fase de inspiración, el *Threshold* tiene un rango de carga de 9 a 41 cm H₂O y en la espiración 5 - 20 cm H₂O. La duración del programa de entrenamiento propuesto es de 8 semanas, los 7 días de la semana y una vez al día, durante 48 minutos. Este estudio remarca que el método de entrenamiento debe ser de 3 minutos de trabajo y 2 de reposo para evitar la fatiga y la importancia de diferenciar las series de trabajo de cada grupo; el primer grupo de este estudio, el considerado grupo control, va a realizar 16 series de entrenamiento de la musculatura inspiratoria sin carga y el tercer grupo realiza las mismas series, pero en un solo ciclo respiratorio; los otros dos grupos realizan 2 tandas de 8 series cada una. El segundo grupo realiza 8 series de entrenamiento de los músculos inspiratorios con carga y 8 sin ella, mientras que el último grupo realiza 8 series de entrenamiento inspiratorio y 8 series de entrenamiento de la musculatura espiratoria.

Por otro lado, Schulz et al.¹³ propone una rehabilitación pulmonar hospitalaria de 3 semanas de duración, con 3 componentes: entrenamiento de fuerza 3 días/semana, de resistencia 4-5 días/semana y entrenamiento de vibraciones de cuerpo completo los 7 días/ semana, además de sesiones educativas sobre su estado de salud y sesiones grupales de fisioterapia respiratoria 2 ó 4 veces a la semana. La duración de cada sesión será de 30 minutos hasta 1 hora.

El estudio de Koch et al.¹² tiene como objetivo un entrenamiento para minimizar las

consecuencias de una ventilación no invasiva, se divide en 3 fases con una duración total de 30 días:

La primera fase dura 2 semanas y consiste en la medición de los valores del paciente, obtención de la tolerancia máxima en un test cardiopulmonar de ejercicio. Después, los pacientes realizan una prueba de resistencia al 75% de su potencia máxima en un cicloergómetro, conectados a una máquina de soporte ventilatorio mediante una mascarilla oro nasal, con una presión de 4 cm de H₂O y a continuación se aleatorizan en dos grupos.

La segunda fase consiste en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el dispositivo *Threshold*, 10 sesiones de alta intensidad en los 30 días que dura este estudio, siempre por la mañana y 6 series de inspiraciones por cada entrenamiento con un descanso de 1 minuto entre cada serie. En la fase sesión, cada serie tenía una duración de un minuto, pero a partir de la segunda, duran 2 minutos. Por último, se reajusta la carga del entrenamiento al 80% de la PIM a partir de la quinta sesión de entrenamientos.

En la tercera fase, se repite la prueba de resistencia para comprobar los resultados respecto al grupo control.

Por último, Dellweg et al ¹⁶ diseña un entrenamiento inspiratorio para pacientes con EPOC después del destete, con una duración de 4 semanas, una vez al día durante 5 días a la semana con el dispositivo *RespiFit S Trainer* al 80% de la PiMax de los pacientes. Se les ordena que realicen 20 inspiraciones de 1 segundo y descansen 20 segundos entre cada una de ellas. Además, los pacientes deben ejecutar un entrenamiento de resistencia al 60% de su PiMax durante 1 minuto, 3 repeticiones con un periodo de reposo de 3 minutos entre cada serie para acoplar su respiración al dispositivo.

Ahora que sabemos la frecuencia y la intensidad de los dispositivos de entrenamiento inspiratorio de estos últimos estudios publicados, vamos a intentar resolver el gran dilema, o la fórmula más eficaz.

6. CONCLUSIONES

Existe una amplia bibliografía respecto a enfermedades respiratorias, pero es más limitada en enfermedades respiratorias crónicas.

A partir de ella, nos planteamos cuál es la fórmula más eficaz de entrenamiento de la musculatura respiratoria para pacientes con una enfermedad respiratoria crónica:

1º- No existen grandes diferencias entre los dispositivos utilizados, así pues, en nuestra práctica clínica utilizaremos el dispositivo que esté disponible.

2º Respecto a la duración de los entrenamientos, llegamos a la conclusión de que la duración mínima del entrenamiento para observar beneficios es de al menos 8 semanas.

3º La frecuencia del entrenamiento debe ser mínimo 5 veces a la semana, 1 vez al día durante 15 a 21 minutos y respetando los periodos de descanso entre cada serie.

4º La carga del dispositivo es una gran incógnita debido a la falta de evidencia. No podemos afirmar cual es el porcentaje base del que debemos partir, pero sí que sabemos que la carga debe aumentarse progresivamente, y según estos estudios, su mayoría aumenta cada 2 semanas.

5º No se debería realizar únicamente un entrenamiento de la musculatura inspiratoria, sino que es más efectivo si lo acompañamos de ejercicio aeróbico.

6.1 Propuesta de trabajo de investigación

Con los datos previos proponemos un protocolo de actuación en pacientes con EPOC leve o moderada con el objetivo de entrenar la musculatura respiratoria y prolongar la capacidad de ejercicio del paciente, así como instruirlo en el autocuidado, para aumentar la esperanza de vida y la calidad de vida relacionada con la salud.

Para ello, se va a requerir de la colaboración de un centro médico u hospital que deriven a los pacientes con EPOC y que disponga de fisioterapeutas para realizar un programa de rehabilitación respiratoria asociado a un entrenamiento de la musculatura inspiratoria. Las sesiones de entrenamiento van a consistir en un calentamiento breve de las extremidades superiores e inferiores, realizando un ejercicio aeróbico ligero y con poca carga.

Emplearemos el dispositivo *Threshold* para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y espiratoria 5 veces a la semana, 1 vez al día durante 8 semanas y dependiendo de la evolución de la EPOC, ampliaremos en el tiempo hasta alcanzar nuestros objetivos. Se realizarán 10 series de 10 inspiraciones al 40% de la PiMax del paciente con un periodo de reposo de 30 segundos entre cada serie. Aumentamos la PiMax hasta un 80% de la PiMax, subiendo un 20% cada 2 semanas.

Para medir los resultados, utilizaremos la PiMax y el grado de disnea percibida según la escala mMRC (Anexo 1) y el test de Calidad de Vida SF-36 (Anexo 2).

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Barreiro E, Gea J y Marin J, Músculos respiratorios, tolerancia al ejercicio y entrenamiento muscular en la EPOC, Archivos de bronconeumología, 2007 Nov, DOI: 10.1016/S0210-5705(09)71003-9 p 15-24
2. Casan Clarà P, García Río F y Gea Guiral J, Fisiología y biología respiratorias, SEPAR, Cap. Músculos respiratorios: biología y fisiología (p 41-57) 2007
3. Morales P, Sanchís J, Cordero P.J, Díez J.L, Presiones respiratorias estáticas máximas en adultos. Valores de referencia de una población caucasiana mediterránea, Arch. Bronconeumología, (p 217) 1997.
4. Burgos Rincón F, Casan Clarà P, Procedimientos de evaluación de la función pulmonar II, Cap. Pruebas para la evaluación de enfermedades neuromusculares (p 124-126) Medición de las presiones respiratorias máximas (p 134-136) 2004
5. González-Montesinos J.L, Vaz Pardal C, Fernández Santos J.R, Arnedillo Muñoz A, Costa Sepúlveda J.L, Gómez Espinosa de los Monteros R, Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica Rev Andal Med Deporte. 2012;5(4):163-170
6. Casanova Macario C, Agüero Balbín R, Alcázar Navarrete B, Cabrera López C, Carrizo Sierra S, Cejudo Ramos P et al, EPOC, Monografía 3, Cap. Historia Natural de la EPOC, Editorial Respira, (p 25-31) 2016.
7. Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S et al, Inspiratory Muscle Training in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Structural Adaptation and Physiologic Outcomes. 2002 Jul, DOI: 10.1164/rccm.200202-075OC
8. Xu W, Li R, Guan L, Wang K, Hu Y, Xu L et al Combination of inspiratory and expiratory muscle training in same respiratory cycle versus different cycles in COPD patients: a randomized trial. 2018 DOI: 10.1186/s12931-018-0917-6.
9. Chuang H, Chang H.Y, Fang Y, Guo S, The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary (COPD) disease: A randomized

experimental study. 2017 DOI: 10.1111/jocn.13841

10. Wu W, Guan L, Zhang X, Li X, Yang Y, Guo B et al, Effects of two types of equal-intensity inspiratory muscle training in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomised controlled trial. 2017 Oct DOI: 10.1016/j.rmed.2017.10.001

11. Tounsi B, Acheche A, Lelard T, Tabka Z, Trabelsi Y, Ahmaidi S, Effects of specific inspiratory muscle training combined with whole-body endurance training program on balance in COPD patients: Randomized controlled trial. 2021 Sep DOI: 10.1371/journal.pone.0257595

12. Koch R, Rodrigues de Lemos Augusto T, Gomes Ramos A, de Tarso Müller P, Inspiratory Muscle Training Potentiates the Beneficial Effects of Proportional Assisted Ventilation on Exertional Dyspnea and Exercise Tolerance in COPD: A Proof-of-Concept Randomized and Controlled Trial. 2020 Jul DOI: 10.1080/15412555.2020.1789085

13. Schultz K, Jelusic D, Wittmann M, Krämer B, Huber V, Fuchs S et al, Inspiratory muscle training does not improve clinical outcomes in 3-week COPD rehabilitation: results from a randomised controlled trial. 2018 DOI: 10.1183/13993003.02000-2017

14. Beaumont M, Mialon P, Le Ber C, Le Mevel P, Pèran L, Meurisse O et al, Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial. 2018 DOI: 10.1183/13993003.01107-2017

15. Beaumont M, Forget P, Couturaud F, Reychele G, Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. 2018 DOI: 10.1111/crj.12905

16. Dellweg D, Reissig K, Hoehn E, Siemon K, Haidl P, Inspiratory muscle training during rehabilitation in successfully weaned hypercapnic patients with COPD. 2016 DOI: 10.1016/j.rmed.2016.12.006

17. Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, Webb K.A, Neder J.A, Gosselink R et al, Inspiratory Muscle Training Reduces Diaphragm Activation and Dyspnea during Exercise in COPD. 2018 DOI: 10.1152/jappphysiol.01078.2017

18. Launois C, Barbe C, Bertin E, Nardi J, Perotin J.M, Dury S et al, The modified Medical

Research Council scale for the assessment of dyspnea in daily living in obesity: a pilot study. *12(1), 61*

19. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana J.M et al, El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. 2005;19(2):135-50

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1: Escala mMRC

Usamos esta escala para medir la PiMax y el grado de disnea con la siguiente escala.

La escala modificada del British Medical Research Council (mMRC) proporciona la evaluación de la disnea, discapacidad y funciona como un indicador de exacerbación.

0	LA DISNEA SE PRODUCE SOLO CON UN GRAN ESFUERZO FÍSICO
1	LA DISNEA SE PRODUCE AL ANDAR DEPRISA EN LLANO O AL SUBIR UNA PENDIENTE POCO PRONUNCIADA
2	LA DISNEA IMPOSIBILITA MANTENER EL PASO DE OTRAS PERSONAS DE LA MISMA EDAD CAMINANDO EN LLANO, U OBLIGA A DETENERSE O DESCANSAR AL ANDAR EN LLANO AL PROPIO PASO
3	TIENE QUE DETENERSE A DESCANSAR AL ANDAR ~100 M O A LOS POCOS MINUTOS DE ANDAR EN LLANO
4	LA DISNEA IMPIDE AL PACIENTE SALIR DE CASA O APARECE CON ACTIVIDADES TALES COMO VESTIRSE O DESVESTIRSE

Fuente: Launois C, Barbe C, Bertin E, Nardi J, Perotin J.M, Dury S et al, The modified Medical Research Council scale for the assessment of dyspnea in daily living in obesity: a pilot study. *12(1), 61* ¹⁸

8.2 Anexo 2: Cuestionario de salud SF-36

Dimensión	N.º de ítems	Significado de las puntuaciones de 0 a 100	
		«Peor» puntuación (0)	«Mejor» puntuación (100)
Función física	10	Muy limitado para llevar a cabo todas las actividades físicas, incluido bañarse o ducharse, debido a la salud	Lleva a cabo todo tipo de actividades físicas incluidas las más vigorosas sin ninguna limitación debido a la salud
Rol físico	4	Problemas con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física	Ningún problema con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física
Dolor corporal	2	Dolor muy intenso y extremadamente limitante	Ningún dolor ni limitaciones debidas a él
Salud general	5	Evalúa como mala la propia salud y cree posible que empeore	Evalúa la propia salud como excelente
Vitalidad	4	Se siente cansado y exhausto todo el tiempo	Se siente muy dinámico y lleno de energía todo el tiempo
Función social	2	Interferencia extrema y muy frecuente con las actividades sociales normales, debido a problemas físicos o emocionales	Lleva a cabo actividades sociales normales sin ninguna interferencia debido a problemas físicos o emocionales
Rol emocional	3	Problemas con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales	Ningún problema con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales
Salud mental	5	Sentimiento de angustia y depresión durante todo el tiempo	Sentimiento de felicidad, tranquilidad y calma durante todo el tiempo
Ítem de Transición de salud	1	Cree que su salud es mucho peor ahora que hace 1 año	Cree que su salud general es mucho mejor ahora que hace 1 año

Fuente: Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana J.M et al, El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. 2005;19(2):135-50 ¹⁹