



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

## GRADO EN FISIOTERAPIA

### Entrenamiento de la musculatura respiratoria en asma: una revisión sistemática

Respiratory muscle training for asthma: a systematic review

Adestramento da musculatura respiratoria na asma: unha revisión sistemática



Facultad de Fisioterapia

**Alumna:** Dña. Lucía Bouza Cousillas

**DNI:** 47.404.335 R

**Tutor:** Dra. Ana Lista Paz

**Convocatoria:** Junio 2020

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS .....	VI
Resumen.....	VIII
Abstract.....	IX
Resumo.....	X
1. Introducción.....	1
1.1 Tipo de trabajo.....	1
1.2 Motivación personal .....	1
2. Contextualización .....	2
2.1 Definición y clasificación del asma.....	2
2.2 Antecedentes.....	7
2.3 Justificación del trabajo.....	8
3. Objetivos .....	9
3.1 Pregunta de investigación.....	9
3.2 Objetivos.....	9
3.2.1 General .....	9
3.2.2 Específicos .....	9
4. Metodología .....	10
4.1 Fecha y bases de datos.....	10
4.2 Criterios de selección.....	10
4.3 Estrategia de búsqueda .....	10
4.4 Gestión de la bibliografía localizada.....	14
4.5 Selección de artículos.....	14
4.6 Variables de estudio .....	17
4.7 Evaluación de la calidad metodológica de los artículos incluidos .....	18
5. Resultados .....	19

---

5.1 Evaluación de la calidad metodológica .....	19
5.2 Características de los estudios e intervención .....	20
5.3 Función pulmonar .....	32
5.4 Fuerza de la musculatura respiratoria .....	33
5.5 Resistencia de la musculatura respiratoria.....	35
5.6 Percepción de disnea .....	36
5.7 Consumo de B2-agonista.....	37
5.8 Tolerancia al ejercicio .....	38
5.9 Calidad de vida .....	38
5.10 Número de ingresos hospitalarios.....	39
5.11 Adherencia al tratamiento .....	39
6. Discusión.....	40
6.1 Características de los estudios e intervención .....	40
6.2 Función pulmonar .....	42
6.3 Fuerza de la musculatura respiratoria .....	43
6.4 Resistencia de la musculatura respiratoria.....	44
6.5 Percepción de disnea .....	44
6.6 Consumo de B2-agonista.....	45
6.7 Tolerancia al ejercicio .....	45
6.8 Calidad de vida .....	46
6.9 Número de ingresos hospitalarios.....	47
6.10 Adherencia al tratamiento .....	48
6.11 Limitaciones del trabajo .....	48
6.12 Líneas de investigación futuras.....	49
7. Conclusiones.....	50
8. Bibliografía .....	51
9. Anexos .....	55

9.1. Anexo 1: Escala PEDro.....55

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Clasificación de la gravedad del asma en adultos .....	3
Tabla 2. Clasificación del control del asma en adultos .....	3
Tabla 3. Clasificación del asma infantil .....	4
Tabla 4. Ecuaciones de búsqueda y límites aplicados.....	13
Tabla 5. Evaluación de la calidad metodológica según la escala PEDro .....	19
Tabla 6. Características de los estudios .....	24

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Resultados en PubMed .....	14
Figura 2. Resultados en PEDro .....	14
Figura 3. Resultados en Scopus.....	15
Figura 4. Resultados en Web of Science.....	15
Figura 5. Resultados en CINAHL .....	15
Figura 6. Resultados en Cochrane .....	16
Figura 7. Resultados en ClinicalTrials.gov.....	16
Figura 8. Resultados en LILACS .....	16

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

<b>6MWT</b>	Test de 6 minutos marcha
<b>BIPAP</b>	<i>Bilevel positive airway pressure</i>
<b>CINAHL</b>	<i>Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature</i>
<b>CPAP</b>	<i>Continuous positive airway pressure</i>
<b>EMT</b>	<i>Expiratory muscle training</i>
<b>EPOC</b>	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
<b>FCM</b>	Frecuencia cardíaca máxima
<b>FEV<sub>1</sub></b>	Volumen espiratorio forzado en el primer segundo
<b>FVC</b>	Capacidad vital forzada
<b>GC</b>	Grupo control
<b>GI</b>	Grupo intervención
<b>IMT</b>	<i>Inspiratory muscle training</i>
<b>L/min</b>	Litros por minuto
<b>LCADL</b>	<i>London Chest Activity of Daily Living</i>
<b>LILACS</b>	Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud
<b>MeSH</b>	<i>Medical subject heading</i>
<b>mMRC</b>	<i>modified Medical Research Council</i>
<b>MVV</b>	Máxima ventilación voluntaria
<b>N</b>	Número de participantes
<b>OCDE</b>	Organización para la cooperación y el desarrollo económicos
<b>PEDro</b>	<i>Physiotherapy Evidence Database</i>
<b>PEF</b>	Pico espiratorio flujo

---

<b>PEM</b>	Presión espiratoria máxima
<b>PIM</b>	Presión inspiratoria máxima
<b>SABA</b>	Agonista $\beta$ 2-adrenérgico de acción corta
<b>SGRQ</b>	<i>St George's Respiratory Questionnaire</i>
<b>SNS</b>	Sistema Nacional de Salud
<b>TLIM</b>	Límite de tolerancia
<b>VNI</b>	Ventilación no invasiva
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo máximo de oxígeno



## RESUMEN

**Objetivo.** Analizar la evidencia científica disponible sobre los posibles beneficios del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre la función pulmonar, la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria, la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida en pacientes con asma.

**Material y método.** En esta revisión sistemática se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, PEDro, Scopus, *Web of Science*, CINAHL, *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov y LILACS, empleando las palabras clave “*breathing exercises*”, “*respiratory muscles*”, “*respiratory therapy*”, “*respiratory function tests*”, “*maximal respiratory pressures*”, “*asthma*”, “*respiratory muscle training*”, “*expiratory muscle training*”, “*inspiratory muscle training*” y “*respiratory training*”. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados y ensayos clínicos controlados sin límites de idioma y fecha.

**Resultados.** Se obtuvieron 10 artículos que cumplieren con los criterios de inclusión. Todos los estudios evaluaron los efectos del *inspiratory muscle training* (IMT) sobre pacientes asmáticos, hallando resultados positivos en el incremento de la presión inspiratoria máxima (PIM) y en algunas otras variables, como en la disminución de la percepción de disnea y el consumo de  $\beta$ 2-agonista.

**Conclusiones.** A pesar de que existe heterogeneidad en la dosificación del IMT, podemos concluir que este entrenamiento produce mejoras significativas en el aumento de la fuerza muscular respiratoria, la disminución de la percepción de disnea y la disminución del consumo de  $\beta$ 2-agonista. No obstante, no existe evidencia científica suficiente sobre que el IMT mejore la función pulmonar, la resistencia de la musculatura respiratoria, la tolerancia al ejercicio, la calidad de vida y el número de ingresos hospitalarios. Además, no existen ensayos clínicos que estudien la eficacia del *expiratory muscle training* (EMT) en pacientes con asma.

**Palabras clave.** Entrenamiento de la musculatura respiratoria; presiones respiratorias máximas; ejercicios respiratorios; asma; fisioterapia.

## ABSTRACT

**Objective.** Analyse the scientific evidence available on the possible benefits of the respiratory muscle training on the lung function, respiratory muscle strength and endurance, exercise tolerance and quality of life.

**Methods.** In this systematic review a search was performed in the PubMed, PEDro, Scopus, *Web of Science*, CINAHL, *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov and LILACS databases, using the keywords “*breathing exercises*”, “*respiratory muscles*”, “*respiratory therapy*”, “*respiratory function tests*”, “*maximal respiratory pressures*”, “*asthma*”, “*respiratory muscle training*”, “*expiratory muscle training*”, “*inspiratory muscle training*” and “*respiratory training*”. Randomized clinical trials and controlled clinical trials without language and date limits were included.

**Outcomes.** We found 10 articles that met the inclusion criteria. All the studies evaluated the effects of *inspiratory muscle training* (IMT) on asthmatic patients, finding positive results in the increase of the *maximal inspiratory pressure* (MIP) and in some other variables, such as the decrease in the perception of dyspnoea and the consumption of  $\beta$ 2-agonist.

**Conclusions.** Despite the heterogeneity in the IMT dosage, we can conclude that this training produces significant improvements in the increase of respiratory muscle strength, the decrease of the perception of dyspnoea and the decrease of the consumption of  $\beta$ 2-agonist. However, there is insufficient scientific evidence that IMT improves lung function, resistance of the respiratory muscles, exercise tolerance, quality of life and the number of hospital admissions. Furthermore, there are no clinical trials that study the efficacy of *expiratory muscle training* (EMT) in asthma patients.

**Keywords.** Respiratory muscle training; maximal respiratory pressures; breathing exercises; asthma; physical therapy modalities.

## RESUMO

**Obxectivo.** Analizar a evidencia científica dispoñible sobre os posibles beneficios do adestramento da musculatura respiratoria sobre a función pulmonar, a forza e resistencia da musculatura respiratoria, a tolerancia ao exercicio e a calidade de vida.

**Material e métodos.** Nesta revisión sistemática realizouse unha procura nas bases de datos PubMed, PEDro, Scopus, *Web of Science*, CINAHL, *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov e LILACS, empregando as palabras chave “*breathing exercises*”, “*respiratory muscles*”, “*respiratory therapy*”, “*respiratory function tests*”, “*maximal respiratory pressures*”, “*asthma*”, “*respiratory muscle training*”, “*expiratory muscle training*”, “*inspiratory muscle training*” e “*respiratory training*”. Incluíronse ensaios clínicos aleatorizados e ensaios clínicos controlados sen límites de idioma e data.

**Resultados.** Obtivéronse 10 artigos que cumprisen cos criterios de inclusión. Todos os estudos avaliaron os efectos do *inspiratory muscle training* (IMT) sobre pacientes asmáticos, atopando resultados positivos no incremento da presión inspiratoria máxima (PIM) e nalgunhas outras variables, como na diminución da percepción de disnea e o consumo de  $\beta$ 2-agonista.

**Conclusións.** Pese a que existe heteroxeneidade na dosificación do IMT, podemos concluír que este adestramento produce melloras significativas no aumento da forza muscular respiratoria, na diminución da percepción de dispnea e na diminución do consumo de  $\beta$ 2-agonista. Con todo, non existe evidencia científica suficiente sobre que o IMT mellore a función pulmonar, a resistencia da musculatura respiratoria, a tolerancia ao exercicio, a calidade de vida e o número de ingresos hospitalarios. Ademais, non existen ensaios clínicos que estuden a eficacia do *expiratory muscle training* (EMT) en pacientes con asma.

**Palabras chave.** Adestramento da musculatura respiratoria; presións respiratorias máximas; exercicios respiratorios; asma; fisioterapia.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 TIPO DE TRABAJO**

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática, con el objetivo de actualizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre el entrenamiento de la musculatura respiratoria en el asma.

## **1.2 MOTIVACIÓN PERSONAL**

En los últimos años, la introducción del entrenamiento de la musculatura respiratoria en el mundo del deporte ha provocado un auge en la investigación de esta intervención. No obstante, esta práctica ya era conocida y utilizada en la rehabilitación pulmonar. Existe evidencia científica sobre el efecto que el entrenamiento específico de la musculatura respiratoria tiene sobre el aumento de la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios. Sin embargo, a pesar de que se han evidenciado muchos de sus efectos en patologías como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), todavía existen muchas controversias en numerosas enfermedades; como por ejemplo, el asma. Por otro lado, a pesar de que en el Grado de Fisioterapia abordamos el entrenamiento de la musculatura respiratoria, no hemos profundizado sobre sus efectos en diferentes patologías ni hemos visto su aplicación durante nuestras estancias de práctica clínica en el hospital.

Por estos motivos, decidí realizar una revisión sistemática a cerca del entrenamiento de la musculatura respiratoria, con la finalidad de conocer más sobre esta intervención y analizar los efectos que produce sobre una patología tan prevalente como el asma.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN

### 2.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL ASMA

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías respiratorias caracterizada por la limitación variable del flujo de aire y la hiperreactividad de dichas vías respiratorias (1,2). La inflamación causa episodios recurrentes de sibilancias, dificultad para respirar (disnea), opresión en el pecho y tos, particularmente durante la noche o por las mañanas. La obstrucción de flujo de aire es constante pero variable y, a menudo, revierte espontáneamente o con tratamiento. La reversibilidad de la limitación del flujo de aire puede ser incompleta en algunos pacientes con asma (3).

Por otro lado, la evolución natural del asma incluye episodios de deterioro agudo (exacerbaciones) dentro de un contexto de inflamación crónica y/o cambios estructurales que pueden estar asociados con síntomas persistentes y función pulmonar reducida (4). Las exacerbaciones se producen por el estrechamiento de la vía aérea; debido a la inflamación, las secreciones y la contracción del músculo liso bronquial. La severidad de estos episodios es variable, ya que muchos de ellos se resuelven espontáneamente y otros pueden requerir de hospitalizaciones o, incluso, llevar a la muerte. Además, los episodios de asma pueden desencadenarse a través de diferentes factores, como infecciones virales del tracto respiratorio superior o inferior, humo de tabaco, alérgenos, contaminación por partículas, ozono, cambios de temperatura, excitación, estrés, medicamentos inflamatorios no esteroideos o ejercicio (3).

En el adulto, el asma se clasifica habitualmente en función de la gravedad (leve, moderada y grave), entendiendo esta como la intensidad de las alteraciones fisiopatológicas y su traducción en signos y síntomas. La gravedad no es un parámetro constante, por lo que hay que reevaluarla periódicamente. Además, otro parámetro que se tiene en cuenta es el temporal, clasificándola así en intermitente y persistente. Por lo tanto, las cuatro categorías en las que se divide el asma, como podemos observar en la *tabla 1*, son: intermitente, persistente leve, persistente moderada y persistente grave (5,6).

La clasificación según la gravedad permite conocer el estado del asma cuando se diagnostica, pero no nos concede datos acerca de la evolución y de la respuesta al tratamiento. Estos datos nos los proporciona la clasificación del control asma, tal y como vemos en la *tabla 2*. De

esta forma, el asma se divide en 3 categorías: asma controlada, parcialmente controlada y no controlada (5,6).

**Tabla 1. Clasificación de la gravedad del asma en adultos**

	<b>Intermitente</b>	<b>Persistente leve</b>	<b>Persistente moderada</b>	<b>Persistente grave</b>
Síntomas diurnos	No ( $\leq 2$ veces/semana)	$> 2$ veces/semana	A diario	Continuos (varias veces al día)
Medicación de alivio (agonista $\beta 2$ -adrenérgico de acción corta)	No ( $\leq 2$ veces/semana)	$> 2$ veces/semana pero no a diario	Todos los días	Varias veces/día
Síntomas nocturnos	$\leq 2$ veces/mes	$> 2$ veces/mes	$> 1$ vez/semana	Frecuentes
Limitación de la actividad	Ninguna	Algo	Bastante	Mucha
Función pulmonar (FEV <sub>1</sub> o PEF) % teórico	$> 80\%$	$> 80\%$	$> 60\% - < 80\%$	$\leq 60\%$
Exacerbaciones	Ninguna	1 o ninguna al año	2 o más al año	2 o más al año

FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PEF: pico espiratorio flujo.  
Tomado de: GEMA4.4. Guía española para el manejo del asma (2019) (6).

**Tabla 2. Clasificación del control del asma en adultos**

	<b>Controlada</b>	<b>Parcialmente controlada</b>	<b>No controlada</b>
Síntomas diurnos	Ninguno o $\leq 2$ veces a la semana	$> 2$ veces a la semana	Si $\geq 3$ características de asma parcialmente controlada
Limitación de actividades	Ninguna	A veces	
Síntomas nocturnos	Ninguno	A veces	
Medicación de alivio (SABA)	Ninguna o $\leq 2$ veces/semana	$> 2$ veces/semana	
Función pulmonar: - FEV <sub>1</sub> - Variabilidad PEF	$> 80\%$ del valor teórico $> 80\%$ del mejor valor personal	$< 80\%$ del valor teórico $< 80\%$ del mejor valor personal	
Exacerbaciones	Ninguna	$\geq 1$ /año	$\geq 1$ /semana

FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PEF: pico espiratorio flujo; SABA: agonista  $\beta 2$ -adrenérgico de acción corta.  
Tomado de: GEMA4.4. Guía española para el manejo del asma (2019) (6).

Por otra parte, el asma infantil, como se observa en la *tabla 3*, también se clasifica según la gravedad en las siguientes categorías: episódica ocasional, episódica frecuente, persistente moderada y persistente grave. El asma infantil es mayormente episódico, con pocos síntomas en los períodos de intercrisis (6).

**Tabla 3. Clasificación del asma infantil**

	<b>Episódica ocasional</b>	<b>Episódica frecuente</b>	<b>Persistente moderada</b>	<b>Persistente grave</b>
<b>Episodios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De pocas horas o días de duración &lt; de uno cada 10-12 semanas</li> <li>Máximo 4-5 crisis/año</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; de uno cada 5-6 semanas</li> <li>Máximo 6-8 crisis/año</li> </ul>	< de uno cada 5-6 semanas	Frecuentes
<b>Síntomas intercrisis</b>	Asintomático, con buena tolerancia al ejercicio	Asintomático	Leves	Frecuentes
<b>Sibilancias</b>	-	Con esfuerzos intensos	Con esfuerzos moderados	Con esfuerzos mínimos
<b>Síntomas nocturnos</b>	-	-	≤ 2 noches/semana	> 2 noches/semana
<b>Medicación de alivio (SABA)</b>	-	-	≤ 3 días/semana	3 días/semana
<b>Función pulmonar:</b>				
- FEV <sub>1</sub>	> 80%	> 80%	> 70% - < 80%	< 70%
- Variabilidad PEF	< 20%	< 20%	> 20% - < 30%	> 30%

FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PEF: pico espiratorio flujo; SABA: agonista β<sub>2</sub>-adrenérgico de acción corta. Tomado de: GEMA4.4. Guía española para el manejo del asma (2019) (6).

### Datos epidemiológicos

El asma es una enfermedad no reportable, por lo que es difícil determinar su prevalencia en el mundo, ya que existen diferencias en el diagnóstico y en el acceso a la atención médica (7). A nivel mundial, el asma es la enfermedad respiratoria crónica más prevalente (8). Aproximadamente, entre el 1 y el 18% de la población mundial padece asma. El estudio de Carga Global de la Enfermedad sitúa la prevalencia mundial del asma en unos 358 millones de personas en el año 2015, con un incremento del 9,5% desde 2005. Por este motivo, está considerado un problema de salud pública (9,10). Solo en 2015, murieron 383.000 personas

en el mundo debido al asma. Por otro lado, la prevalencia es mayor en los países desarrollados que en los países en desarrollo, debido a la exposición a alérgenos ambientales y a la contaminación. No obstante, la mortalidad es mayor en los países menos desarrollados, debido a las malas condiciones socioeconómicas y la falta de accesibilidad a la sanidad (11).

En Europa, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la prevalencia de asma es aproximadamente del 6,1%. Existen grandes diferencias en la prevalencia entre países, desde el 9,4% en Reino Unido hasta el 2% en Rumanía (12).

Por último, en España se estima que hay 3 millones de personas asmáticas y que la prevalencia del asma se sitúa entre el 5 y el 14% de la población (13).

### **Coste socio-sanitarios**

A nivel mundial, no solo está aumentando la prevalencia de asma, sino también los gastos por paciente. En los países industrializados, el gasto sanitario asociado al asma se sitúa alrededor del 1-2% del gasto sanitario total. Este gasto sanitario es mayor en función de la gravedad, la falta de control y las exacerbaciones del asma (12,14).

Se ha estimado que en España el coste anual del asma se encuentra entre 900 y 1.200 millones de euros. El estudio EUCOAST (coste europeo del tratamiento del asma), determinó que el coste total medio por paciente asmático para el Sistema Nacional de Salud (SNS) en relación con la asistencia sanitaria es de 556,8€ en pacientes con asma no controlada, 241,2€ en pacientes parcialmente controlados y de 152,6€ en pacientes con asma controlada. Además, el tratamiento farmacológico representa el principal impulsor de los costes directos de la enfermedad para el asma controlada y parcialmente controlada; mientras que, para el asma no controlada, lo son las visitas médicas de seguimiento. Los costes indirectos fueron muy importantes en pacientes con asma no controlada (15,16).

### **Tratamiento del asma**

En cuanto al tratamiento del asma, es necesario destacar que no existe un tratamiento curativo, por lo que el tratamiento tiene como objetivo alcanzar el control de la enfermedad durante largos períodos de tiempo (5,6). Para lograrlo, se seguirá un plan de rehabilitación respiratoria integral a largo plazo basado en el tratamiento farmacológico, un programa de educación para el asma y la fisioterapia respiratoria (17).



La terapia farmacológica debe ser pautaada en función de la gravedad del asma y debe ser revisada periódicamente. Los fármacos se clasifican según su forma de actuación: de control o mantenimiento, y de alivio o de rescate. Los medicamentos de control o mantenimiento deben administrarse a diario durante períodos prolongados y algunos de ellos son: glucocorticoides inhalados, glucocorticoides sistémicos, antileucotrienos, agonistas  $\beta$ 2-adrenérgicos de acción larga y anticolinérgicos de acción prolongada. Los medicamentos de alivio o de rescate se utilizan a demanda para aliviar síntomas de forma rápida y, entre ellos, se encuentran los agonistas  $\beta$ 2-adrenérgicos de acción corta (SABA) y los anticolinérgicos de acción rápida (5,6).

La educación del paciente asmático constituye un elemento indispensable del tratamiento, ya que reduce el riesgo de padecer una exacerbación, aumenta su calidad de vida y disminuye los costes sanitarios. El programa de educación para el asma debe ofrecer diferentes conocimientos y habilidades, como información sobre la enfermedad, la deshabituación tabáquica, la disminución de la exposición a alérgenos, la correcta utilización de los dispositivos de inhalación que emplee, la detección precoz de las exacerbaciones, el control de la enfermedad y la adherencia al tratamiento (6).

Por otro lado, en la última década, se ha enfatizado la complementación al tratamiento farmacológico con técnicas de fisioterapia respiratoria y se han observado mejorías importantes en la reducción de los síntomas y en el aumento de calidad de vida de los pacientes asmáticos (18). En el asma, la fisioterapia respiratoria está fundamentalmente dirigida a los períodos de intercrisis con el objetivo de disminuir las consecuencias de la hiperrespuesta y obstrucción bronquial. La evidencia científica actual muestra que las técnicas respiratorias más empleadas en el tratamiento del asma son: los ejercicios de reeducación del patrón respiratorio, el entrenamiento de los músculos respiratorios y periféricos, las técnicas de higiene bronquial y el ejercicio aeróbico (17,19).

Los pacientes asmáticos tienen una mayor demanda de trabajo muscular inspiratorio, que es proporcional a la gravedad de la obstrucción de la vía respiratoria. Además, no está claro si tienen alguna debilidad primaria de la musculatura inspiratoria, pero hay evidencia de que existe una debilidad inducida por esteroides (20). Por otro lado, debido a la hiperinflación el diafragma se encuentra en desventaja mecánica, reduciendo su capacidad para generar fuerza. Esto produce sobrecarga de la musculatura inspiratoria, debilitándola y produciéndole una hipertrofia adaptativa. También se ha sugerido que los altos volúmenes pulmonares

disminuyen la distensibilidad pulmonar, asociándola con la fatiga de los músculos inspiratorios. Este proceso causa una contracción persistente de la actividad muscular inspiratoria durante la espiración, lo que podría reducir la fuerza y la eficiencia de la musculatura respiratoria en el asma (21).

La musculatura respiratoria es musculatura esquelética morfológica y funcionalmente, por lo que responde a los principios de entrenamiento de especificidad, sobrecarga y reversibilidad (22,23). Los músculos respiratorios se adaptan al entrenamiento cambiando su estructura, obteniendo como resultado cambios en la función muscular. El entrenamiento de la musculatura respiratoria es una técnica utilizada para aumentar la fuerza o la resistencia del diafragma, los músculos accesorios de la inspiración y los músculos espiratorios. En esta revisión se considerarán los artículos en los que se haya realizado el entrenamiento de la musculatura respiratoria empleando una resistencia externa, ya que se trata del método más sencillo y utilizado (1). Engloba el *inspiratory muscle training* (IMT) y el *expiratory muscle training* (EMT) (20). Existen tres tipos diferentes de entrenamiento: la hiperpnea normocápnica, la carga umbral y la carga resistiva al flujo (1).

## 2.2 ANTECEDENTES

El entrenamiento de la musculatura respiratoria se ha estudiado más ampliamente en pacientes con EPOC que en pacientes con asma (20). Existe evidencia de que en pacientes con EPOC mejora la función pulmonar, aumenta la fuerza muscular respiratoria, reduce la disnea, aumenta la tolerancia al ejercicio y mejora la calidad de vida. Los efectos del IMT en esta patología están ampliamente estudiados, pero los resultados del EMT son escasos y no son concluyentes (24).

Dos revisiones sistemáticas previas han analizado algunos de los efectos del IMT sobre pacientes asmáticos, llegando a la conclusión de que no hay evidencia suficiente para apoyar o refutar el entrenamiento de la musculatura respiratoria en el asma. Este es el caso de la revisión realizada por **Ram et al.** (25) en 2003, y su posterior actualización ejecutada por **Silva et al.** (1) en 2013. Sin embargo, en ninguna de ellas se ha estudiado el EMT.

En la revisión de **Ram et al.** (25) estudiaron los efectos del IMT sobre la función pulmonar, la fuerza y resistencia de la musculatura inspiratoria, los síntomas de la enfermedad, el consumo de fármacos y los ingresos hospitalarios en pacientes con asma leve, moderada y grave. Analizaron 5 ensayos clínicos aleatorizados y utilizaron la escala metodológica de Jadad para

evaluar su calidad. Cuatro de los cinco estudios obtuvieron una puntuación mayor a 3 en esta escala, por lo que la mayoría de ensayos incluidos fueron de buena calidad. Los autores concluyeron que la presión inspiratoria máxima (PIM) mejoró significativamente tras el IMT en pacientes con asma, pero no pudieron establecer si esta mejora conllevaba algún beneficio clínico. Del resto de variables no obtuvieron resultados concluyentes. No obstante, el número de ensayos incluidos fue bajo, por lo que destacaron la necesidad de realizar más ensayos clínicos aleatorizados, cegados y controlados para llegar a conclusiones firmes sobre la eficacia del IMT en el asma.

Por otro lado, **Silva et al.** (1) realizaron una actualización de la anterior revisión comentada. Esta revisión tuvo como objetivo evaluar la eficacia del IMT sobre la fuerza muscular inspiratoria, las exacerbaciones, la fuerza muscular espiratoria, la función pulmonar, los síntomas de la enfermedad, los ingresos hospitalarios y el uso de fármacos en pacientes asmáticos. Incluyeron cuatro estudios de la anterior revisión y añadieron uno nuevo. Observaron un aumento de la PIM tras el IMT, pero tampoco pudieron concluir si esto supuso un beneficio clínico. En el resto de variables no encontraron cambios significativos. Finalmente, concluyeron que la evidencia científica disponible no era la suficiente para demostrar los beneficios del IMT en pacientes con asma.

### **2.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

A pesar de que existe una revisión sistemática sobre el IMT en asma, sigue siendo muy pertinente actualizarla, ya que fue publicada en 2013 y la búsqueda de artículos finalizó en el 2012. La obsolescencia de la información en fisioterapia es de 5,87 años (26). Además, solo incluye ensayos clínicos centrados en el IMT, por lo que sería necesario revisar la evidencia científica disponible sobre el EMT. Por otro lado, sigue siendo necesario analizar más variables funcionales, como la tolerancia al esfuerzo, la calidad de vida y la adherencia al tratamiento. Con este trabajo trataremos de averiguar si la evidencia científica actual sobre el entrenamiento de la musculatura respiratoria en asma es más amplia y concluyente que la vertida en el año 2013 por Silva et al. (1).

A nivel clínico, la realización de este trabajo servirá para poder tomar decisiones basadas en la evidencia científica más actual sobre la pertinencia de pautar el entrenamiento de la musculatura respiratoria a pacientes con asma y cómo realizarlo con la dosificación de entrenamiento adecuada.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué efectos produce el entrenamiento de la musculatura respiratoria en los pacientes con asma crónica?

### 3.2 OBJETIVOS

#### 3.2.1 General

Analizar la evidencia científica disponible sobre los posibles beneficios del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre la función pulmonar, la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria, la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida en pacientes con asma.

#### 3.2.2 Específicos

Son objetivos específicos:

- Evaluar la calidad metodológica de los estudios elegidos para la presente revisión sistemática.
- Analizar los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre la función pulmonar en pacientes con asma.
- Determinar el aumento de fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria tras la aplicación de un programa de entrenamiento de la musculatura respiratoria en la población diana seleccionada.
- Analizar los posibles cambios en la percepción de disnea y el consumo habitual de  $\beta$ 2-agonista de los pacientes, asociados al entrenamiento de la musculatura respiratoria.
- Evaluar la repercusión del entrenamiento de la musculatura respiratoria en la tolerancia al ejercicio del paciente asmático.
- Analizar la repercusión del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre la calidad de vida del paciente asmático.
- Analizar la influencia del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre los ingresos hospitalarios.
- Determinar la adherencia a los programas de entrenamiento de la musculatura respiratoria.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Se trata de una revisión sistemática basada en artículos científicos publicados en las bases de datos PubMed, *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), Scopus, *Web of Science*, *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature* (CINAHL), *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov y Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS). Esta búsqueda se realiza del 5 al 20 de marzo de 2020.

### 4.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

#### Criterios de inclusión

- Ensayos clínicos aleatorizados y ensayos clínicos controlados que respondan al objetivo principal de este estudio y cuya intervención de entrenamiento de músculos respiratorios se ajuste a la definición establecida en esta revisión.
- Ensayos clínicos en los cuales haya, al menos, un grupo de intervención basado en el entrenamiento de la musculatura respiratoria o en el entrenamiento de la musculatura respiratoria más la reeducación respiratoria.
- Artículos escritos en cualquier idioma.
- Artículos publicados en cualquier fecha.

#### Criterios de exclusión

- Artículos no accesibles a texto completo a través de las bases de datos proporcionadas por la biblioteca de la Universidade da Coruña o repositorios de acceso libre.
- Estudios en fase piloto.
- Estudios incompletos.
- Actas a congresos y protocolos de estudio.

### 4.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos PubMed, PEDro, Scopus, *Web of Science*, CINAHL, *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov y LILACS entre el 5 y el 20 de marzo de 2020.

En primer lugar, se realizó una búsqueda en las bases de datos Cochrane y PEDro para comprobar si existía alguna revisión sistemática previa relacionada con el entrenamiento de

la musculatura respiratoria en asma, tal y como se expone en el epígrafe 2.3. Justificación del trabajo, de esta revisión. A continuación, se detalla la estrategia de búsqueda llevada a cabo en cada base de datos seleccionada.

### PubMed

Se realizan dos búsquedas diferentes con términos *Medical subject heading* (MeSH) y otras palabras clave no incluidas en el MeSH que son relevantes para esta revisión. Los términos MeSH son los siguientes: “*breathing exercises*”, “*respiratory muscles*”, “*respiratory therapy*”, “*respiratory function tests*”, “*maximal respiratory pressures*” y “*asthma*”. Las demás palabras clave que se incluyeron en la búsqueda son: “*respiratory muscle training*”, “*expiratory muscle training*”, “*inspiratory muscle training*” y “*respiratory training*”.

Además, se aplicaron los siguientes filtros: *controlled clinical trial* y *randomized controlled trial*. Las ecuaciones de búsqueda y los límites aplicados en cada una se muestran en la *tabla 4*.

### PEDro

Se inicia la búsqueda eligiendo la opción “*advanced search*” e introduciendo como término de búsqueda “*breathing exercises*” y “*asthma*” en el subapartado *abstract&title*. En el subapartado *therapy* seleccionamos la opción “*respiratory therapy*”, en el subapartado *method* seleccionamos “*clinical trial*” y, finalmente, unimos los términos con el operador booleano AND.

A continuación, se realizan dos búsquedas más siguiendo el mismo procedimiento. En la primera, como términos introducimos “*inspiratory muscle training*” y “*asthma*”. En la segunda, introducimos “*expiratory muscle training*” y “*asthma*”.

### Scopus

Empezamos la búsqueda avanzada utilizando como palabras clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*”, uniéndolas mediante el operador booleano AND.

En segundo lugar, realizamos otra búsqueda introduciendo las palabras clave “*inspiratory muscle training*” OR “*expiratory muscle training*”, uniéndolas a “*asthma*” mediante el operador booleano AND.

### Web of Science

Se realiza una búsqueda avanzada utilizando como términos clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*”, los cuales se unen mediante el operador booleano AND. Además, aplicamos como filtro *clinical trial*.

### CINAHL

Se realiza una búsqueda avanzada introduciendo como palabras clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*”, uniéndolas mediante el operador booleano AND.

### Cochrane Central Register of Controlled Trials

Para comenzar la búsqueda escogemos la opción de “*advanced search*” y utilizamos las palabras clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*”, uniéndolas con el operador booleano AND. Como límite de la búsqueda aplicamos *trials*.

### ClinicalTrials.gov

Se realiza la búsqueda introduciendo las palabras clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*” y las unimos mediante el operador booleano AND.

### LILACS

Iniciamos la búsqueda seleccionando la opción de “búsqueda avanzada”. En primer lugar, utilizamos los términos clave “*respiratory therapy*” AND “*asthma*”.

A continuación, introducimos como palabras clave “*respiratory muscle training*” y “*asthma*”, uniéndolos también con el operador booleano AND.

**Tabla 4. Ecuaciones de búsqueda y límites aplicados**

Base de datos	Número	Ecuación de búsqueda	Límite
PubMed	1	((("Breathing Exercises"[Mesh]) OR "Respiratory Muscles"[Mesh]) OR "Respiratory Therapy"[Mesh] OR "respiratory muscle training"[TIAB] OR "expiratory muscle training"[TIAB] OR "inspiratory muscle training"[TIAB] OR "respiratory training"[TIAB]) AND (("Respiratory Function Tests"[Mesh]) OR "Maximal Respiratory Pressures"[Mesh])) AND ("Asthma"[Mesh])	Controlled Clinical Trial, Randomized Controlled Trial
	2	("Breathing Exercises"[Mesh] OR "Respiratory Muscles"[Mesh] OR "respiratory muscle training"[TIAB] OR "expiratory muscle training"[TIAB] OR "inspiratory muscle training"[TIAB]) AND "Asthma"[Mesh]	
PEDro	1	Breathing exercises AND asthma	Method: clinical trials
	2	Inspiratory muscle training AND asthma	
	3	Expiratory muscle training AND asthma	Therapy: respiratory therapy
Scopus	1	TITLE-ABS-KEY ("respiratory muscle training" AND "asthma")	
	2	TITLE-ABS-KEY ("inspiratory muscle training" OR "expiratory muscle training" AND "asthma")	
Web of Science	1	TS=(respiratory muscle training AND asthma)	Clinical trial
CINAHL	1	Respiratory muscle training AND asthma	
Cochrane	1	Respiratory muscle training AND asthma	Trials
ClinicalTrials.gov	1	Respiratory muscle training AND asthma	
LILACS	1	Respiratory therapy AND asthma	
	2	Respiratory muscle training AND asthma	

ABS: *abstract*; CINAHL: *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature*; LILACS: *Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud*; MeSH: *Medical subject heading*; PEDro: *Physiotherapy Evidence Database*; TIAB: *title/abstract*; TS: *tema*.



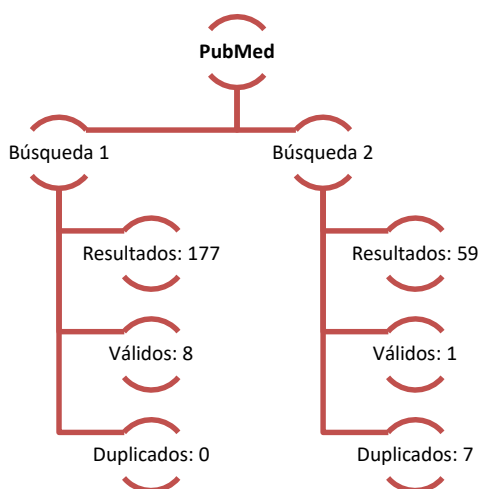
#### 4.4 GESTIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA LOCALIZADA

El gestor bibliográfico empleado para organizar las referencias bibliográficas y elaborar la bibliografía en formato Vancouver ha sido Zotero.

#### 4.5 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

De la búsqueda realizada en las bases de datos PubMed, PEDro, Scopus, *Web of Science*, CINAHL, *Cochrane Central Register of Controlled Trials*, ClinicalTrials.gov y LILACS se obtuvieron 539 resultados, de los cuales 10 cumplían con los criterios de selección de esta revisión sistemática, procedentes de las bases de datos PubMed y LILACS. En los siguientes diagramas (figuras 1-8) de flujo aparece detallada la selección de artículos.

**Figura 1. Resultados en PubMed**



**Figura 2. Resultados en PEDro**

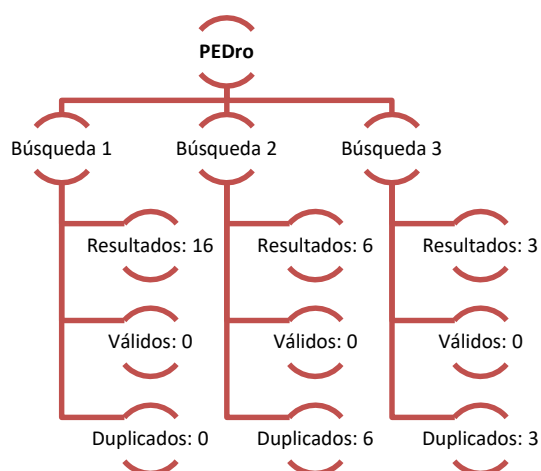


Figura 3. Resultados en Scopus

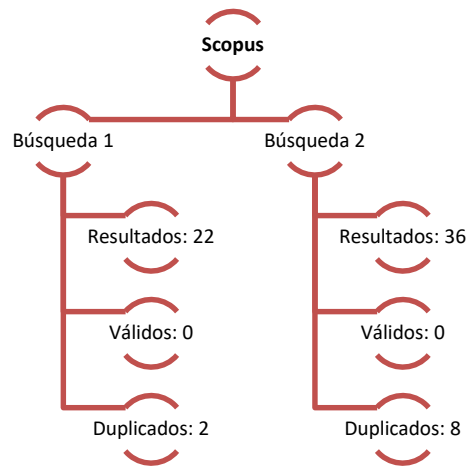


Figura 4. Resultados en Web of Science

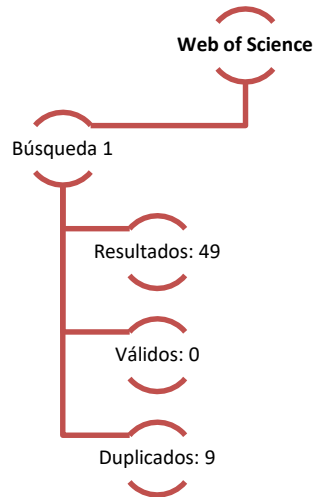


Figura 5. Resultados en CINAHL

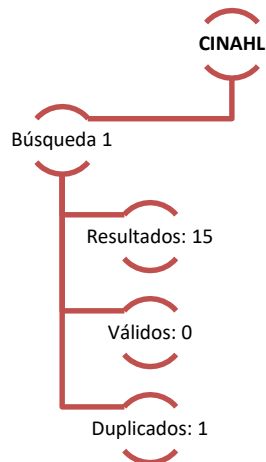


Figura 6. Resultados en Cochrane

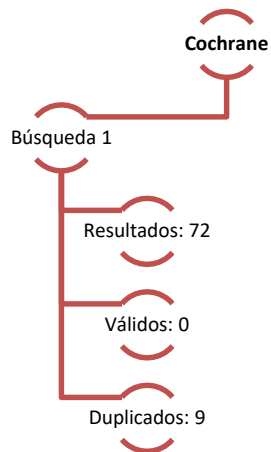


Figura 7. Resultados en ClinicalTrials.gov

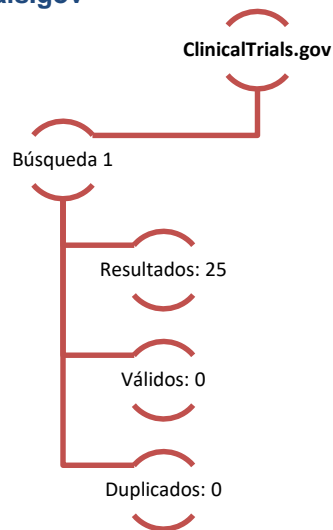
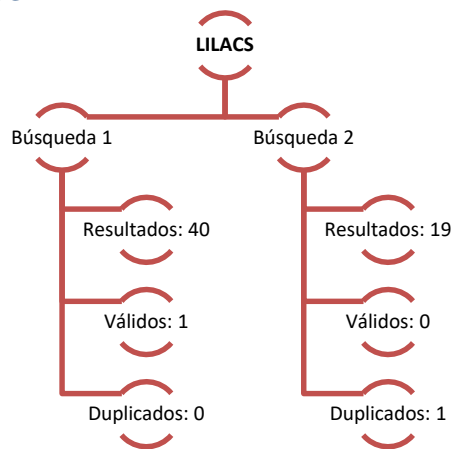


Figura 8. Resultados en LILACS



## 4.6 VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables resultado extraídas de los artículos originales seleccionados son las siguientes:

- Evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados según la escala PEDro.
- Características de los estudios e intervención:
  - Características de la muestra:
    - Tipo de asma.
    - Tamaño de la muestra.
    - Edad.
    - Sexo.
  - Objetivos del estudio.
  - Intervención:
    - Tipo de entrenamiento: musculatura entrenada, dispositivo empleado para el entrenamiento, modalidad, etc.
    - Dosificación del programa de entrenamiento:
      - Número de sesiones/duración total del programa.
      - Frecuencia de las sesiones.
      - Intensidad del entrenamiento.
      - Progresión en la intensidad del entrenamiento.
      - Duración de la sesión.
      - Número de series y repeticiones.
  - Mediciones realizadas y resultados obtenidos:
    - Función pulmonar: se tendrán en cuenta la capacidad vital forzada (FVC), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>) y el pico espiratorio flujo (PEF).
    - Fuerza de la musculatura respiratoria: se tendrán en cuenta la PIM y la presión espiratoria máxima (PEM).
    - Resistencia de la musculatura respiratoria.
    - Percepción de disnea: se cuantifica mediante la escala de Borg modificada y *la modified Medical Research Council (mMRC)*.
    - Consumo de β2-agonista.

- Tolerancia al ejercicio: medida a través del test de seis minutos marcha (6MWT), consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ ), prueba de esfuerzo submáxima en cicloergómetro y en tapiz rodante.
- Calidad de vida: cuantificada a través del *St George's Respiratory Questionnaire* (SGRQ) y de la escala *London Chest Activity of Daily Living* (LCADL).
- Número de ingresos hospitalarios.
- Adherencia al tratamiento.

#### **4.7 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA DE LOS ARTÍCULOS INCLUIDOS**

La calidad metodológica de todos los ensayos clínicos incluidos en esta revisión sistemática se llevó a cabo empleando la escala PEDro (véase Anexo 1).

Es una escala que consta de 11 ítems y está diseñada para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados. Los ítems se evalúan como presentes (1) o ausentes (0), por lo que cada ítem que se cumple aporta un punto (excepto el primer ítem). Por lo tanto, el rango de esta escala para valorar la calidad metodológica va de 0 a 10 puntos (27,28).

La mayoría de los criterios de la escala PEDro se basan en la escala Delphi, desarrollada por Verhagen y sus colaboradores. El criterio 1 evalúa la validez externa del estudio, motivo por el cual no se tiene en cuenta para la puntuación final. Los criterios del 2 al 9 se relacionan con la validez interna del estudio. Por último, los criterios 10 y 11 valoran si el estudio ofrece información estadística mínima para que los resultados puedan ser interpretados (29).

La calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados se considera buena si se obtiene una puntuación de entre 6 y 8 puntos; regular si la puntuación se encuentra entre 4 y 6 y mala si la puntuación es menor de 3 (27). En esta revisión sistemática, dado el número escaso de artículos, no se han considerado filtros por fecha de publicación ni por idioma, y tampoco se ha considerado pertinente descartar ningún estudio por su puntuación en la escala de PEDro.

## 5. RESULTADOS

Los resultados de esta revisión se vertebran en función de las variables estudio de este trabajo. Así, se presentan los siguientes epígrafes: evaluación de la calidad metodológica, características de los estudios, función pulmonar, fuerza de la musculatura respiratoria, resistencia de la musculatura respiratoria, percepción de disnea, consumo de  $\beta$ 2-agonista, tolerancia al ejercicio, calidad de vida, número de ingresos hospitalarios y adherencia al tratamiento.

### 5.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

En esta revisión, tal y como se puede observar en la *tabla 5*, 6 artículos presentaron una calidad metodológica buena, mientras que 4 presentaron una calidad regular.

**Tabla 5. Evaluación de la calidad metodológica según la escala PEDro**

	Criterios de elección	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos similares	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Seguimiento adecuado	Intención de tratar	Comparación entre grupos	Estimaciones puntuales y de variabilidad	TOTAL	PUNTUACIÓN CUALITATIVA
Weiner et al. (1992) (30)	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	5	Regular
Weiner et al. (2000) (31)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	6	Buena
Sampaio et al. (2002) (32)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	4	Regular
Weiner et al. (2002) (33)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	6	Buena
Weiner et al. (2002) (34)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	6	Buena
Lima et al. (2008) (35)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	4	Regular
Turner et al. (2011) (36)	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	6	Buena
Duruturk et al. (2018) (37)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	5	Regular
López de Uralde Villanueva et al. (2918) (21)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	8	Buena
David et al. (2018) (38)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	8	Buena

## 5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS E INTERVENCIÓN

A continuación, se expondrán las características de la muestra de cada estudio y se explicarán las intervenciones realizadas en cada uno.

En el estudio de **Weiner et al.**, (30) reclutaron a 30 pacientes con asma moderada y severa, de los cuales 15 pacientes fueron asignados al grupo de intervención y los otros 15 al grupo control. Ambos grupos entrenaron 5 días a la semana, 30 minutos cada día, durante seis meses. El grupo de intervención recibió IMT con un dispositivo de tipo umbral *Threshold*<sup>®</sup>. Los sujetos comenzaron a entrenar con una resistencia del 15% de la PIM, y esta se incrementó gradualmente hasta el 60% durante el primer mes. Durante los dos últimos meses del estudio, los pacientes entrenaron a un 80% de la PIM. Cada dos meses graduaron la resistencia del dispositivo según las nuevas mediciones de la PIM del paciente. Por otro lado, los sujetos del grupo control, recibieron entrenamiento simulado sin resistencia con el mismo dispositivo.

En otro estudio de **Weiner et al.**, (31) reclutaron a 82 sujetos con asma leve y estable ( $FEV_1 > 80\%$ ) y los estudiaron durante un período de preinclusión de cuatro semanas, en las cuales registraron cada mañana el PEF y el consumo diario de  $\beta_2$ -agonista. Después de este período, excluyeron a los sujetos con PEF menor del 80% de su mejor valor. Los sujetos restantes se dividieron en dos grupos: grandes consumidores de  $\beta_2$ -agonista (consumo medio  $> 1$  inhalación/día) y consumidores normales de  $\beta_2$ -agonista (consumo medio  $\leq 1$  inhalación/día). Los grandes consumidores (23 pacientes) fueron el objeto de estudio y se asignaron al azar en dos grupos: grupo de intervención y grupo control. Ambos grupos entrenaron 30 minutos diarios, 6 días a la semana, durante un período de tres meses. Los sujetos del grupo de intervención recibieron IMT a través de un dispositivo *Threshold*<sup>®</sup>. La primera semana comenzaron a entrenar con una resistencia del 15% de la PIM, la cual aumentó entre el 5% y 10% en cada sesión, hasta que alcanzó el 60% de la PIM al final del primer mes. Los siguientes dos meses siguieron entrenando al 60% de la PIM. Los sujetos del grupo control recibieron entrenamiento simulado con el mismo dispositivo sin resistencia.

En el caso de **Sampaio et al.**, (32) estudiaron a 30 pacientes con diagnóstico clínico de asma, a los cuales dividieron en tres grupos. El primer grupo recibió entrenamiento de la musculatura respiratoria con un dispositivo *Threshold*<sup>®</sup> y entrenamiento físico. Por otro lado, el segundo grupo de intervención solamente recibió entrenamiento de la musculatura respiratoria con el mismo dispositivo. Por último, el tercer grupo sirvió de grupo control y no recibió ningún entrenamiento. El programa de intervención se realizó 1 hora al día, 3 veces a la semana,

durante un total de seis semanas. Las primeras dos sesiones, los terapeutas solamente reeducaron el patrón respiratorio de los pacientes y, no fue hasta la tercera sesión, cuando introdujeron el *Threshold*<sup>®</sup>. Los sujetos entrenaron la musculatura respiratoria durante 10 minutos cada sesión a una intensidad del 40% de la PIM diaria. El entrenamiento físico consistió en caminar durante 30 minutos en un tapiz rodante a una velocidad determinada del umbral anaeróbico.

En otro de los estudios de **Weiner et al.**, (33) reclutaron a 44 pacientes con asma leve y moderada ( $FEV_1 > 60\%$ ) y los estudiaron durante un período de preinclusión de dos semanas, en las cuales registraron cada mañana el PEF y el consumo diario de  $\beta 2$ -agonista. Después de este período midieron la PIM y la percepción de disnea de todos los pacientes. Los investigadores descubrieron que los hombres tenían una PIM media más alta, por lo que dividieron aleatoriamente a las 22 mujeres en dos grupos (un grupo de intervención y un grupo control) y finalizaron la intervención cuando estas alcanzaron la misma PIM media que los sujetos masculinos. Las pacientes de ambos grupos entrenaron 30 minutos diarios, 6 días a la semana. El grupo de intervención realizó IMT a través de un *Threshold*<sup>®</sup> al 15% de la PIM durante la primera semana. La resistencia aumentó entre el 5% y 10% en cada sesión, hasta que alcanzó el 60% de la PIM al final del primer mes. Las pacientes entrenaron al 60% de la PIM semanal hasta que alcanzaron el objetivo a las 20 semanas. Las pacientes del grupo control recibieron entrenamiento simulado con el mismo dispositivo sin resistencia.

Por otra parte, **Weiner et al.**, (34) estudiaron a 30 pacientes con asma leve y moderada ( $FEV_1 > 60\%$ ) durante un período de preinclusión de dos semanas, tal y como se explica en sus anteriores estudios. Tras este período, asignaron aleatoriamente a los sujetos en dos grupos: grupo de intervención y grupo control. Ambos grupos entrenaron 30 minutos diarios, 6 días a la semana. El grupo de intervención recibió IMT con un dispositivo *Threshold*. Los sujetos comenzaron a entrenar con una resistencia del 15% de la PIM durante la primera semana, la cual aumentó entre el 5% y 10% en cada sesión hasta alcanzar el 60% de la PIM al final del primer mes. Por último, los sujetos entrenaron al 60% de la PIM semanal hasta acabar el programa, el cual finalizó de forma individual para cada sujeto cuando su PIM aumentó más de 20 cmH<sub>2</sub>O (16-25 semanas). Los pacientes del grupo control recibieron entrenamiento simulado con el mismo dispositivo sin resistencia durante doce semanas.

En el estudio de **Lima et al.**, (35) la muestra inicial incluyó a 60 niños con asma no controlada, de entre 8 y 12 años de edad, que no habían recibido tratamiento previo para la enfermedad;



los cuales fueron remitidos a un programa de asistencia para el paciente asmático. Después, dividieron a los 50 pacientes que cumplieron el programa en dos grupos: grupo de intervención y grupo control. El grupo de intervención realizó un programa de educación sobre la enfermedad y terapia respiratoria. El programa de educación consistió en una sesión de 1 hora. La terapia respiratoria combinó ejercicios de reeducación respiratoria con IMT y se realizó 50 minutos diarios (25 minutos cada parte), dos veces por semana, durante siete semanas. Para el IMT utilizaron un *Threshold*<sup>®</sup> al 40% de la PIM, donde los primeros 20 minutos entrenaron la fuerza muscular (10 series de 60 segundos con 60 segundos de descanso entre ellas) y los últimos 5 minutos la resistencia (sin descansos). El grupo control solo recibió el programa de educación sobre la enfermedad.

**Turner et al.**, (36) investigaron a 15 pacientes con asma leve y moderada ( $FEV_1 > 70\%$ ) y los asignaron a dos grupos de intervención según su PIM. En el IMT utilizaron el dispositivo umbral *POWERbreathe*<sup>®</sup>. El grupo de intervención realizó 30 inspiraciones dos veces al día, con una resistencia del 50% de la PIM, durante seis semanas. El grupo placebo realizó el mismo entrenamiento, pero 1 vez al día con una carga del 15% de la PIM.

En el estudio de **Duruturk et al.**, (37) reclutaron a 38 pacientes con asma leve y moderada ( $FEV_1 > 70\%$ ), a los que dividieron aleatoriamente entre un grupo de intervención y grupo control. El grupo de intervención realizó ejercicios de reeducación respiratoria junto al IMT. El entrenamiento consistió en 30 inspiraciones dos veces al día, 3 días a la semana, durante seis semanas; a una carga del 50% de la PIM con un dispositivo *POWERbreathe*. El grupo control recibió solamente el programa de ejercicios de reeducación respiratoria que duró 30 minutos.

**López de Uralde Villanueva et al.**, (21) realizaron un estudio en el que reclutaron a 43 pacientes con asma estable cuyos síntomas respondieron a broncodilatadores. Dividieron aleatoriamente a los sujetos en dos grupos: un grupo que recibió IMT y otro grupo que recibió IMT junto a terapia manual y ejercicio terapéutico. Ambos grupos recibieron el tratamiento dos veces a la semana durante 6 semanas. El programa de IMT consistió en realizar 5 series de 5 respiraciones con 3 segundos de apnea y 30 segundos de descanso entre series, primero en decúbito lateral derecho y después izquierdo (10 minutos en cada posición), a través de un dispositivo *POWERbreathe*. La carga fue del 30% de la PIM la primera semana, del 40% la segunda, del 50% la tercera y cuarta, y del 60% la quinta y sexta. El grupo IMT también realizó ejercicios de reeducación respiratoria 5 días a la semana en su domicilio. El otro grupo

llevó a cabo sesiones de 50 minutos, donde realizaron IMT 20 minutos, terapia manual 15 minutos y ejercicio terapéutico otros 15 minutos; este último lo realizaron 5 días a la semana en su domicilio. La terapia manual que realizaron fue dirigida a aumentar la movilidad de la columna cervical y torácica, a través de técnicas de movilización articular y una técnica de manipulación.

En el trabajo de **David et al.**, (38) estudiaron los posibles efectos de la ventilación no invasiva (VNI) con presión positiva y la fisioterapia respiratoria (IMT y ejercicios respiratorios) en niños asmáticos estables. Para ello, evaluaron a 64 niños de entre 4 y 16 años con un diagnóstico de asma basado en los criterios de la Iniciativa Global para el Asma, a los que asignaron aleatoriamente en tres grupos con tres tratamientos diferentes. Todos los grupos recibieron 1 hora diaria de tratamiento, 2 veces por semana, durante 5 semanas. En los primeros 20 minutos de cada sesión realizaron ejercicios de reeducación respiratoria. Al primer grupo, le administraron *continuous positive airway pressure* (CPAP) con 8 cmH<sub>2</sub>O durante 40 minutos. El segundo grupo realizó IMT con un dispositivo *Threshold* durante 30 minutos a una resistencia del 30% de la PIM, la cual incrementaron un 10% después de 5 sesiones. Al tercer grupo, le administraron *bilevel positive airway pressure* (BIPAP) con una presión positiva inspiratoria de la vía aérea de 12 cmH<sub>2</sub>O y una presión positiva espiratoria de 8 cmH<sub>2</sub>O, durante 40 min.

En la *tabla 6* se resumen las principales características de los estudios y los resultados analizados en estos. Además, en los siguientes epígrafes, estos resultados se detallan en función de las variables estudio de esta revisión bibliográfica: función pulmonar, fuerza de la musculatura respiratoria, resistencia de la musculatura respiratoria, percepción de disnea, consumo de  $\beta$ 2-agonista, tolerancia al ejercicio, calidad de vida, número de ingresos hospitalarios y adherencia al tratamiento.

Tabla 6. Características de los estudios

Características de la muestra	Objetivos	Intervención	Mediciones	Resultados
<p>Asma moderada/severa. N = 30 (18 M/12 H). Edad: 40,5±6,9. GI: 15 (9 M/6 H); GC: 15 (9 M/6 H).</p> <p>Weiner et al. (1992) (30)</p>	<p>Investigar el efecto del IMT sobre la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria, síntomas, hospitalizaciones y consumo de β2-agonista en pacientes con asma.</p>	<p>GI: IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (del 15% al 80% de la PIM). GC: placebo. 30 minutos/día. 5 días/semana. 6 meses.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, FEV<sub>1</sub>. Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM, PEM. Resistencia de la musculatura respiratoria. Consumo de β2-agonista. Número de hospitalizaciones.</p>	<p>No hay diferencias significativas entre grupos.</p> <p>GI:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FVC: aumento significativo del 76,8±3,1% al 86,6±2,5% (p&lt;0,005).</li> <li>- FEV<sub>1</sub>: aumento significativo del 57,3±3,2% al 65,2±3,2% (p&lt;0,005).</li> <li>- PIM: aumento de 84,0±4,3 a 107,0±4,8 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,0001).</li> <li>- Aumento de la resistencia de la musculatura respiratoria (relación presión pico y PIM) del 67,5±3,1% al 93,1±1,2% (p&lt;0,0001).</li> <li>- Disminución significativa del consumo de β2-agonista (p&lt;0,05).</li> <li>- Disminución número de hospitalizaciones (p&lt;0,05).</li> </ul> <p>GC: no cambio del FVC, FEV<sub>1</sub>, PIM y resistencia de la musculatura respiratoria.</p>

Weiner et al. (2000) (31)	<p>Asma leve y estable (<math>FEV_1 &gt; 80\%</math>).</p> <p>N = 23 (8 M/15 H).</p> <p>Edad: <math>34,0 \pm 2,8</math>.</p> <p>GI (N = 12) y GC (N = 11).</p>	<p>Investigar el efecto del IMT sobre el consumo de <math>\beta 2</math>-agonista y la percepción de disnea.</p>	<p>GI: IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (del 15% al 60 % de la PIM).</p> <p>GC: placebo.</p> <p>30 minutos/día. 6 días/semana. 3 meses.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, <math>FEV_1</math>.</p> <p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM.</p> <p>Percepción de disnea: escala de Borg tras prueba de <i>endurance</i>.</p> <p>Consumo de <math>\beta 2</math>-agonista.</p>	<p>GI (medias pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM: aumento significativo de <math>94,1 \pm 5,1</math> a <math>109,7 \pm 5,2</math> cmH<sub>2</sub>O (<math>p &lt; 0,005</math>).</li> <li>- Relación entre aumento del PIM y disminución de la percepción disnea (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- Disminución significativa del consumo de <math>\beta 2</math>-agonista de <math>2,6 \pm 0,4</math> a <math>1,6 \pm 0,4</math> inhalaciones/día (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul> <p>GC: no cambios significativos en PIM, percepción de disnea y consumo de <math>\beta 2</math>-agonista.</p>
Sampaio et al. (2002) (32)	<p>N = 30 (24 M/6 H).</p> <p>Edad: <math>22,76 \pm 6,64</math>.</p> <p>GI (1): 10 (8 M/2 H); GI (2): 10 (8 M/2 H); GC: 10 (8 M/2 H).</p>	<p>Evaluar los efectos del entrenamiento muscular respiratorio y el entrenamiento físico en pacientes asmáticos.</p>	<p>GI (1): reeducación del patrón respiratorio, IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (al 40% de la PIM) y ejercicio físico (caminar en tapiz rodante).</p> <p>GI (2): reeducación del patrón respiratorio e IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (al 40% de la PIM).</p> <p>GC: ningún tratamiento.</p> <p>1 hora/día (10 minutos IMT; 30 minutos ejercicio físico). 3 días/semana. 6 semanas.</p>	<p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM, PEM.</p> <p>Tolerancia al ejercicio: prueba de velocidad incremental en tapiz rodante.</p>	<p>GI (1) (media pre, post y 1º mes tras intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM: aumento significativo del 51,2% desde el pre al post. Disminución del 5,1% desde el post al 1º mes tras la intervención (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- PEM: aumento significativo del 54,9% desde el pre al post. Disminución del 6,36% desde el post al 1º mes tras la intervención (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> </ul> <p>GI (2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM: aumento significativo del 34,5% desde el pre al post. Disminución del 8,8% desde el post al 1º mes tras intervención (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- PEM: aumento significativo del 39,7% desde el pre al post. Disminución del 8,8% desde el post al 1º mes tras la intervención (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> </ul>

GC (media pre y post intervención): no diferencias significativas de PIM y PEM antes y después de la intervención.

Weiner et al. (2002) (33)	<p>Asma leve/moderada (<math>FEV_1 &gt; 60\%</math>).</p> <p>N= 22 M.</p> <p>Edad: <math>36,2 \pm 3,1</math>.</p> <p>GI: 11; GC: 11.</p>	<p>Comprobar si la diferencia de fuerza de la musculatura respiratoria entre ambos sexos es responsable de la diferente percepción de disnea y calidad de vida.</p>	<p>GI: IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (del 15% al 60% de la PIM).</p> <p>GC: placebo.</p> <p>30 minutos/día. 6 días/semana. 20 semanas.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, <math>FEV_1</math>.</p> <p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM.</p> <p>Percepción de disnea: escala de Borg modificada tras prueba de <i>endurance</i>.</p> <p>Consumo de <math>\beta_2</math>-agonista.</p>	<p>Comparación entre GI y GC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento gradual de la PIM (<math>p &lt; 0,005</math>).</li> </ul> <p>GI (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No cambios significativos <math>FEV_1</math>.</li> <li>- Aumento gradual PIM de <math>73,1 \pm 5,1</math> a <math>103,9 \pm 5,9</math> cmH<sub>2</sub>O (<math>p &lt; 0,005</math>).</li> <li>- Disminución percepción disnea (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- Disminución consumo de <math>\beta_2</math>-agonista de <math>3,4 \pm 0,6</math> inhalaciones/día a <math>2,1 \pm 0,5</math> (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul>
Weiner et al. (2002) (34)	<p>Asma leve/moderada (<math>FEV_1 &gt; 60\%</math>).</p> <p>N = 30 (13 M/17 H).</p> <p>Edad: <math>25 \pm 4,9</math>.</p> <p>GI: 15 (6 M/9 H); GC: 15 (7 M/8 H).</p>	<p>Comprobar si existe relación entre la fuerza muscular inspiratoria, la percepción de disnea y el consumo de <math>\beta_2</math>-agonista.</p>	<p>GI: IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (del 15% al 60 % de la PIM).</p> <p>GC: placebo.</p> <p>30 minutos/día. 6 días/semana. GI: 16-25 semanas; GC: 12 semanas.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, <math>FEV_1</math>.</p> <p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM.</p> <p>Percepción de disnea: escala de Borg modificada tras prueba de <i>endurance</i>.</p>	<p>Comparación entre GI y GC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencia PIM altamente significativa (<math>p &lt; 0,005</math>).</li> <li>- No cambios significativos en FVC y <math>FEV_1</math>.</li> </ul> <p>GI (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM: aumento significativo de <math>92,1 \pm 5,6</math> a <math>111,5 \pm 6,2</math> cmH<sub>2</sub>O (<math>p &lt; 0,005</math>).</li> <li>- Relación entre aumento de la PIM y disminución de la percepción disnea (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul>

				Consumo de $\beta$ 2-agonista.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relación entre aumento de la PIM y disminución de consumo de <math>\beta</math>2-agonista (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> <li>- Relación entre disminución de la percepción de disnea y disminución de consumo de <math>\beta</math>2-agonista (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul>
Lima et al. (2008) (35)	<p>Niños con asma controlada sin tratamiento previo.</p> <p>N = 50.</p> <p>Edad: 8-12 años.</p> <p>GI: 25 (16 M/9 H); GC: 25 (18 M/7 H).</p>	<p>Evaluar los efectos del IMT y de la reeducación respiratoria en el tratamiento de niños con asma.</p>	<p>GI: IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (al 40% de la PIM), reeducación respiratoria y programa de educación (1 sesión de 60 minutos).</p> <p>GC: programa de educación.</p> <p>50 minutos/día. 2 días/semana. 7 semanas.</p>	<p>Función pulmonar: PEF.</p> <p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM, PEM.</p> <p>Consumo de <math>\beta</math>2-agonista.</p> <p>Número de ingresos hospitalarios.</p>	<p>Comparación entre GI y GC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valores medios de PEF, PIM y PEM fueron estadísticamente significativos.</li> <li>- Disminución significativa en el uso de broncodilatadores en el GI (<math>p &lt; 0,0001</math>).</li> <li>- No cambios significativos en el número de ingresos hospitalarios (<math>p = 0,17</math>).</li> </ul> <p>GI (media pre, post y a los 90 días tras intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PEF: aumento significativo de <math>173 \pm 50,8</math> a <math>312 \pm 54,8</math> l/min del pre al post; y disminución a <math>304 \pm 59,3</math> l/min después de 90 días (<math>p &lt; 0,0001</math>).</li> <li>- PIM: aumento significativo de <math>48,32 \pm 5,7</math> a <math>109,92 \pm 18</math> cmH<sub>2</sub>O del pre al post; disminución a <math>109,52 \pm 18</math> cmH<sub>2</sub>O tras 90 días (<math>p &lt; 0,0001</math>).</li> <li>- PEM: aumento significativo de <math>50,64 \pm 6,5</math> a <math>82 \pm 17</math> cmH<sub>2</sub>O del pre al post; disminución a <math>80,4 \pm 16</math> cmH<sub>2</sub>O tras 90 días (<math>p &lt; 0,0001</math>).</li> </ul> <p>GC (media pre y post): no cambios en PEF, PIM y PEM.</p>
Turner et al. (2011) (36)	<p>Asma leve/moderada (<math>FEV_1 &gt; 70\%</math>).</p> <p>N = 15 (8 M/7 H).</p>	<p>Investigar el efecto del IMT sobre la tolerancia al ejercicio y la disnea de</p>	<p>GI: IMT con dispositivo umbral (<i>POWERBreathe</i><sup>®</sup>) al 50% de la PIM.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, <math>FEV_1</math>.</p>	<p>GI (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FVC, <math>FEV_1</math>: no cambios significativos.</li> </ul>

<p>Edad: 24±1. GI: 7; GC: 8.</p>	<p>esfuerzo en individuos con asma.</p>	<p>GC: entrenamiento simulado con el mismo dispositivo al 15% de la PIM.</p>	<p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM pre-ejercicio: aumento significativo de 114,6±10,1 a 145,4±11,7 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> <li>- PIM post-ejercicio: aumento significativo de 101,8±6,8 a 134,1±8,0 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> <li>- Percepción de disnea: disminución significativa en el minuto 4 de 3,7±0,7 a 3,0±0,5 puntos y al final de la prueba de Tlim de 5,9±0,8 a 5,1±0,9 puntos escala Borg (p&lt;0,05).</li> <li>- Tolerancia al ejercicio: aumentaron los resultados en la prueba de Tlim de 8,5±0,9 min a 10,6±1,5 min (p&lt; 0,05). VO<sub>2</sub>: disminuyó un 12% al final de la prueba de Tlim (p&lt;0,05).</li> </ul>
		<p>GI: 30 inspiraciones 2 veces/día.; GC: 1 vez/día. 6 semanas.</p>	<p>Percepción de disnea: escala de Borg modificada tras prueba de Tlim.</p>	
			<p>Tolerancia al ejercicio: prueba de Tlim.</p>	<p>GC (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No cambios en FVC, FEV<sub>1</sub>, PIM pre-ejercicio, percepción de disnea y tolerancia al ejercicio.</li> <li>- PIM post-ejercicio: aumento significativo de 103,5±11,4 a 109,0±8,6 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> </ul>
<p>Asma leve/moderada (FEV<sub>1</sub>&gt;70%). N = 38. Edad: 44,61±16,12. GI: 20 (14 M/6 H); GC: 18 (17 M/1 H).</p>	<p>Determinar los efectos del IMT sobre la función pulmonar, la fuerza de la musculatura inspiratoria, la capacidad de ejercicio y la calidad de vida de los pacientes asmáticos.</p>	<p>GI: IMT con dispositivo umbral (<i>POWERBreathe</i><sup>®</sup>) al 50% de la PIM y programa de educación (1º día). GC: solo recibieron el programa de educación sobre la enfermedad.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, FEV<sub>1</sub>. Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM, PEM. Percepción de disnea: mMRC. Tolerancia al ejercicio: 6MWT.</p>	<p>Comparación entre GI y GC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No diferencias significativas en FVC y FEV<sub>1</sub>.</li> <li>- Aumento significativo PIM en el GI (p&lt;0,001).</li> <li>- Aumento significativo PIM (valor predicho) en GI (p&lt;0,001).</li> <li>- Aumento significativo PEM (valor predicho) en GI (p&lt;0,002).</li> <li>- Percepción de disnea menor en el GI (p&lt;0,001).</li> <li>- 6MWT: distancia recorrida mayor en el GI (p&lt;0,001).</li> <li>- SGRQ: puntuación de los síntomas menor en el GI (p&lt;0,034).</li> </ul>
<p>Duruturk et al. (2018) (37)</p>				

- Calidad de vida:  
SGRQ y LCADL.
- LCADL: disminución de la puntuación en actividades domésticas ( $p < 0,034$ ) y en ocio en el GI ( $p < 0,14$ ).
- GI (media pre y post intervención):
- PIM (valor predicho): del  $59,90 \pm 27,36$  al  $92,71 \pm 39,77\%$  ( $p < 0,001$ ).
  - PIM (cmH<sub>2</sub>O): de  $52 \pm 32,5$  a  $88,9 \pm 42,7$  ( $p < 0,001$ ).
  - PEM (valor predicho): del  $42,79 \pm 17,19$  al  $57,94 \pm 27,87\%$  ( $p < 0,003$ ).
  - mMRC: de  $2,10 \pm 0,85$  a  $1,50 \pm 0,52$  puntos ( $p < 0,001$ ).
  - 6MWT: de  $445,70 \pm 130,07$  a  $503,47 \pm 92,53$  metros ( $p < 0,001$ ).
  - LCADL: disminución de la puntuación en actividad física ( $p < 0,045$ ) y ocio ( $p < 0,001$ ).
- GC (media pre y post intervención):
- FVC: disminución significativa del  $3,34 \pm 0,95\%$  al  $2,94 \pm 0,82\%$  ( $p < 0,041$ ).

<p>López de Uralde Villanueva et al. (2018) (21)</p>	<p>Asma estable con síntomas que respondieron a broncodilatadores. N = 43. Edad: 18-60 años. GI (1): 21; GI (2): 22.</p>	<p>Comparar el tratamiento de IMT Vs. IMT más terapia manual y ejercicio terapéutico. Efecto de estas intervenciones sobre la PIM, las medidas espirométricas y la postura de la cabeza.</p>	<p>GI (1): IMT con dispositivo umbral (<i>POWERBreathe</i>®) del 30% al 60% de la PIM en consulta y ejercicios de reeducación respiratoria en domicilio. GI (2): IMT en consulta, terapia manual en consulta y ejercicio terapéutico en domicilio.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, FEV<sub>1</sub>, PEF. Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM. Adherencia al tratamiento.</p>	<p>Comparación entre GI y GC: - Aumento de PIM mayor en GI (2) que en GI (1): diferencia de <math>19,77</math> cmH<sub>2</sub>O (<math>p &lt; 0,05</math>). GI (1) (media pre y post intervención): - FVC, FEV<sub>1</sub>, PEF sin cambios. - PIM: aumento significativo de <math>71,95</math> a <math>87,89</math> cmH<sub>2</sub>O (<math>p &lt; 0,05</math>). - Adherencia al tratamiento del 80%. GI (2) (media pre y post intervención): - FVC, FEV<sub>1</sub>, PEF sin cambios.</p>
--	--	--	--	--	---



					<ul style="list-style-type: none"> <li>- PIM: aumento significativo de 70,76 a 106,48 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> <li>- Adherencia al tratamiento 86%.</li> </ul>
			<p>IMT: 20 minutos/día; terapia manual: 15 minutos/día; ejercicio terapéutico: 15 minutos/día.</p> <p>IMT: 2 días/semana; reeducación respiratoria: 5 días/semana; ejercicio terapéutico: 5 días/semana.</p> <p>6 semanas.</p>		
David et al. (2018) (38)	<p>Diagnóstico de asma basado en los criterios de la Iniciativa Global para el Asma.</p> <p>N = 64.</p> <p>Edad: 10,1±3,16.</p> <p>GI (1): 22; GI (2): 20; GI (3): 22.</p>	<p>Comprobar los posibles efectos positivos de la VNI con presión positiva combinada con fisioterapia respiratoria (IMT y ejercicios respiratorios) en niños asmáticos estables.</p> <p>Evaluar los efectos de la VNI ambulatoria sobre la capacidad de respuesta de las vías respiratorias, la inflamación pulmonar y el control clínico del asma en niños y adolescentes.</p>	<p>GI (1): reeducación respiratoria y CPAP 8 cm H<sub>2</sub>O.</p> <p>GI (2): reeducación respiratoria e IMT con <i>Threshold</i><sup>®</sup> (del 30% al 40% de la PIM).</p> <p>GI (3): reeducación respiratoria y BIPAP con una presión inspiratoria positiva de la vía aérea de 12 cmH<sub>2</sub>O y una presión positiva espiratoria de 8 cmH<sub>2</sub>O.</p> <p>1 hora/día: 20 minutos reeducación respiratoria; CPAP: 40 minutos; IMT: 30 minutos; BIPAP: 40 minutos.</p> <p>2 días/semana.</p> <p>5 semanas.</p>	<p>Función pulmonar: FVC, FEV<sub>1</sub> y FEV<sub>1</sub> tras prueba de provocación bronquial.</p> <p>Fuerza de la musculatura respiratoria: PIM, PEM.</p>	<p>Comparación entre grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No cambios significativos en FVC y FEV<sub>1</sub>.</li> <li>- PIM y PEM fueron significativamente más altas en el GI (2) (p&lt;0,05).</li> </ul> <p>GI (1) (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FEV<sub>1</sub> (tras prueba de broncoprovocación): disminución significativa a los 5 minutos después del tratamiento (p&lt;0,05).</li> <li>- PIM: aumento significativo de 52,5±30,5 a 59,7±26,2 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> </ul> <p>GI (2) (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FEV<sub>1</sub> (tras prueba de broncoprovocación): no cambios significativos después del tratamiento.</li> <li>- PIM: aumento significativo de 55,5±84,5 a 84,5±29,6 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> <li>- PEM: aumento significativo de 53,5±16,9 a 73,5±27,1 cmH<sub>2</sub>O (p&lt;0,05).</li> </ul> <p>GI (3) (media pre y post intervención):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FEV<sub>1</sub> (tras prueba de broncoprovocación): aumento significativo a los 10 (p&lt;0,01), 15</li> </ul>

( $p < 0,04$ ) y 20 minutos después del tratamiento ( $p < 0,01$ ).

- PIM: aumento significativo de  $48,1 \pm 22,1$  a  $56,3 \pm 17,8$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0,05$ ).

---

6MWT: test de 6 minutos marcha; BPAP: *bilevel positive airway pressure*; CPAP: *continuous positive airway pressure*; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; GC: grupo control; GI: grupo intervención; H: hombres; IMT: *inspiratory muscle training*; LCADL: *London Chest Activity of Daily Living*; l/min: litros por minuto; M: mujeres; mMRC: *modified Medical Research Council*; N: número participantes; PEF: pico espiratorio flujo; PEM: presión espiratoria máxima; PIM: presión inspiratoria máxima; SGRQ: *St George's Respiratory Questionnaire*; Tlim: límite de tolerancia; VNI: ventilación no invasiva; VO<sub>2</sub>: consumo máximo de oxígeno.

### **5.3 FUNCIÓN PULMONAR**

**Weiner et al.** (30) midieron la FVC y el FEV<sub>1</sub> a través de un espirómetro computarizado antes y después del IMT. En el grupo de intervención, observaron un aumento significativo en la FVC del 76,8±3,1% al 86,6±2,5% (p<0,005) y en el FEV<sub>1</sub> del 57,3±3,2% al 65,2±3,2% (p<0,005), pero no hubo cambios en el grupo control. Por otro lado, tampoco reportaron diferencias significativas entre grupos.

En otro ensayo clínico, **Weiner et al.** (33) estudiaron la FVC y el FEV<sub>1</sub> a través de una prueba de espirometría, la cual realizaron suspendiendo el uso de broncodilatadores 12 horas antes de la prueba. Los investigadores no hallaron diferencias estadísticamente significativas en el FEV<sub>1</sub> después del período de entrenamiento en ninguno de los dos grupos.

**Weiner et al.** (34) midieron, en otro estudio, la función pulmonar (FVC, FEV<sub>1</sub>) a través de una espirometría, la cual realizaron suspendiendo el uso de broncodilatadores 12 horas antes de la prueba. Tampoco observaron cambios estadísticamente significativos en la FVC y el FEV<sub>1</sub> después de la intervención en ninguno de los dos grupos.

**Lima et al.** (35) evaluaron el PEF mensualmente a través de un medidor de flujo espiratorio. En el grupo de intervención, el PEF aumentó significativamente después del tratamiento, de 173±50,8 a 312±54,8 litros por minuto (l/min) (p<0,0001). No obstante, el valor disminuyó ligeramente 90 días después de la finalización del tratamiento (304±59,3 l/min). Por el contrario, no hubo cambios en el grupo control. Por otra parte, el valor medio del PEF fue significativamente más alto en el grupo de intervención.

En el estudio de **Turner et al.**, (36) evaluaron la función pulmonar (FVC, FEV<sub>1</sub>) con un neumotacógrafo. Ambos parámetros permanecieron sin cambios significativos después de la intervención en los dos grupos.

**Duruturk et al.** (37) utilizaron un espirómetro para medir la FVC y el FEV<sub>1</sub>. La FVC disminuyó significativamente del 3,34±0,95% al 2,94±0,82% en el grupo control tras la intervención (p<0,041). No obstante, no observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros comparando ambos grupos.

Por otra parte, **López de Uralde Villanueva et al.** (21) midieron FVC, FEV<sub>1</sub> y el PEF a través de un espirómetro portátil, antes y después de la intervención. Sin embargo, no encontraron cambios estadísticamente significativos en estos parámetros en ninguno de los dos grupos.

**David et al.** (38) evaluaron mediante una espirometría la FVC, el FEV<sub>1</sub> y el FEV<sub>1</sub> después de una prueba de provocación bronquial. Esta prueba se realizó sobre una cinta de correr durante aproximadamente 6 minutos, en la que utilizaron la intensidad necesaria para alcanzar entre el 80% y el 90% de la frecuencia cardíaca máxima (FCM). Tras la finalización de la prueba midieron el FEV<sub>1</sub> a los 5, 10, 15, 20 y 25 minutos, para evaluar el broncoespasmo inducido por el ejercicio. En el grupo que aplicaron CPAP, observaron una disminución significativa del FEV<sub>1</sub> tras la prueba de provocación bronquial a los 5 minutos después del tratamiento, comparándolo con los valores previos ( $p < 0,05$ ). En cambio, en el grupo IMT no hallaron cambios significativos entre los valores pre y post tratamiento de FEV<sub>1</sub> tras prueba de broncoprovocación. En el grupo de intervención con BIPAP observaron un aumento significativo del FEV<sub>1</sub> tras prueba de broncoprovocación a los 10 ( $p < 0,01$ ), 15 ( $p < 0,04$ ) y 20 minutos después del tratamiento ( $p < 0,01$ ), en comparación a los valores previos al tratamiento. Por otro lado, no encontraron diferencias significativas en FVC y FEV<sub>1</sub> entre los valores previos y posteriores a la intervención en ninguno de los grupos.

#### **5.4 FUERZA DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA**

Todos los artículos analizados midieron la fuerza de la musculatura respiratoria a través de las presiones respiratorias máximas (PIM y/o PEM). A continuación se detallan los hallazgos de cada estudio en relación a dichas variables.

**Weiner et al.** (30) observaron un aumento de la PIM estadísticamente significativo de  $84,0 \pm 4,3$  a  $107,0 \pm 4,8$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0,0001$ ) en el grupo de intervención. En el grupo control no observaron cambios.

En la primera etapa de otro de sus estudios, **Weiner et al.**, (31) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la PIM entre el grupo de grandes consumidores de  $\beta$ 2-agonista y el de consumidores normales de  $\beta$ 2-agonista. En la segunda etapa, dividieron en dos grupos a los grandes consumidores de  $\beta$ 2-agonista y hallaron un aumento significativo de la PIM de  $94,1 \pm 5,1$  a  $109,7 \pm 5,2$  cmH<sub>2</sub>O en el grupo de intervención ( $p < 0,005$ ), pero no en el grupo control.

Por otro lado, **Sampaio et al.** (32) observaron, en el grupo sometido a IMT y ejercicio físico, un aumento significativo de la PIM de  $60,8 \pm 29,5$  a  $91,9 \pm 25,0$  cmH<sub>2</sub>O (51,2%) entre los valores previos y posteriores a la intervención ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, la PIM disminuyó a  $87,2 \pm 21,9$  cmH<sub>2</sub>O (5,1%) un mes después de la intervención. Por otro lado, la PEM aumentó

significativamente de  $49,7 \pm 18,3$  a  $77 \pm 23,1$  cmH<sub>2</sub>O (54,9%) tras la intervención ( $p < 0,05$ ). La PEM disminuyó a  $72,1 \pm 19,5$  cmH<sub>2</sub>O (6,36%) un mes después de la intervención ( $p < 0,05$ ). En el grupo que únicamente realizaron IMT, hubo un aumento estadísticamente significativo de la PIM de  $58,5 \pm 9,5$  a  $78,7 \pm 22,2$  cmH<sub>2</sub>O (34,5%) inmediatamente después de la intervención ( $p < 0,05$ ). También observaron una disminución en esta a  $66,4 \pm 21,9$  cmH<sub>2</sub>O (8,8%) un mes después de la intervención ( $p < 0,05$ ). En cuanto a la PEM, constataron un aumento estadísticamente significativo de  $52,1 \pm 21,9$  a  $72,8 \pm 26,8$  cmH<sub>2</sub>O (39,7%) tras la intervención ( $p < 0,05$ ). Además, observaron una disminución de la PEM a  $66,4 \pm 21,9$  cmH<sub>2</sub>O (8,8%) un mes después de terminar el tratamiento ( $p < 0,05$ ). En el grupo control, no hallaron cambios significativos.

**Weiner et al.**, (33) en la primera etapa del estudio, observaron que la PIM fue significativamente mayor en el grupo de hombres que en grupo de mujeres ( $p < 0,01$ ). En la segunda etapa del estudio, tras dividir a las mujeres en dos grupos, encontraron diferencias estadísticamente significativas en el aumento de la PIM tras el IMT, a favor del grupo de intervención ( $p < 0,005$ ). Además, observaron un aumento significativo de la PIM de  $73,1 \pm 5,1$  a  $103,9 \pm 5,9$  cmH<sub>2</sub>O en el grupo de intervención ( $p < 0,005$ ), pero no hallaron cambios en el grupo control.

En otro ensayo clínico, **Weiner et al.** (34) observaron diferencias estadísticamente significativas en el aumento de la PIM tras el período de intervención, en el grupo de estudio frente al grupo control ( $p < 0,005$ ). Además, la PIM aumentó significativamente de  $92,1 \pm 5,6$  a  $111,5 \pm 6,2$  cmH<sub>2</sub>O en el grupo de intervención tras el IMT ( $p < 0,005$ ). En cambio, la PIM permaneció sin cambios en el grupo control.

Por una parte, **Lima et al.** (35) constataron diferencias estadísticamente significativas en el aumento de los valores medios de PIM y PEM, en el grupo de intervención frente al grupo control. Por otra parte, observaron un aumento significativo de la PIM de  $48,32 \pm 5,7$  a  $109,92 \pm 18$  cmH<sub>2</sub>O tras el tratamiento y una posterior disminución a  $109,52 \pm 18$  cmH<sub>2</sub>O 90 días después de su fin, en el grupo de intervención ( $p < 0,0001$ ). Además, en este grupo, la PEM aumentó significativamente de  $50,64 \pm 6,5$  a  $82 \pm 17$  cmH<sub>2</sub>O inmediatamente después de la intervención y disminuyó a  $80,4 \pm 16$  cmH<sub>2</sub>O 90 días después de su finalización ( $p < 0,0001$ ).

En el estudio de **Turner et al.**, (36) tras el IMT, observaron un aumento estadísticamente significativo de la PIM de  $114,6 \pm 10,1$  a  $145,4 \pm 11,7$  cmH<sub>2</sub>O antes del ejercicio ( $p < 0,05$ ) en el grupo de intervención. Además, la PIM también aumentó tras el IMT de  $101,8 \pm 6,8$  a  $134,1 \pm 8,0$

cmH<sub>2</sub>O después de la realización de ejercicio ( $p<0,05$ ). En el grupo control, tras el IMT, también hubo un aumento significativo de la PIM de  $103,5\pm 11,4$  a  $109,0\pm 8,6$  cmH<sub>2</sub>O después del ejercicio ( $p<0,05$ ).

Por otra parte, **Duruturk et al.** (37) observaron tras el IMT diferencias estadísticamente significativas en el aumento de la PIM ( $p<0,001$ ), la PIM % predicha ( $p<0,001$ ) y la PEM % predicha ( $p<0,002$ ), en el grupo de intervención frente al grupo control. Por otra parte, hubo un aumento estadísticamente significativo de la PIM de  $52\pm 32,5$  a  $88,9\pm 42,7$  cmH<sub>2</sub>O y de la PIM (valor predicho) del  $59,90\pm 27,36$  al  $92,71\pm 39,77\%$  en el grupo de intervención ( $p<0,001$ ). Además, también aumentó significativamente la PEM (valor predicho) del  $42,79\pm 17,19$  al  $57,94\pm 27,87\%$  en el grupo de intervención ( $p<0,003$ ). En el grupo control no observaron cambios significativos.

**López de Uralde Villanueva et al.** (21) observaron un aumento de la PIM estadísticamente mayor en el grupo de IMT combinado con terapia manual y ejercicio terapéutico que en el grupo que únicamente realizó IMT ( $p<0,05$ ). En el grupo IMT, constataron un aumento significativo de la PIM de  $71,95$  a  $87,89$  cmH<sub>2</sub>O tras la intervención ( $p<0,05$ ). En el grupo IMT combinado con terapia manual y ejercicio, la PIM aumentó significativamente de  $70,76$  a  $106,48$  cmH<sub>2</sub>O ( $p<0,05$ ).

Por último, en el estudio de **David et al.** (38) observaron que la PIM y la PEM fueron significativamente más altas en el grupo IMT que en los grupos que recibieron CPAP y BIPAP ( $p<0,05$ ). En el grupo al que administraron CPAP, hallaron un aumento de la PIM estadísticamente significativo de  $52,5\pm 30,5$  a  $59,7\pm 26,2$  cmH<sub>2</sub>O ( $p<0,05$ ). En el grupo IMT, hubo un aumento significativo de la PIM de  $55,5\pm 84,5$  a  $84,5\pm 29,6$  cmH<sub>2</sub>O ( $p<0,05$ ) y de la PEM de  $53,5\pm 16,9$  a  $73,5\pm 27,1$  cmH<sub>2</sub>O ( $p<0,05$ ). Por otro lado, en el grupo al que administraron BIPAP, la PIM aumentó significativamente de  $48,1\pm 22,1$  a  $56,3\pm 17,8$  cmH<sub>2</sub>O ( $p<0,05$ ).

## **5.5 RESISTENCIA DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA**

El único estudio en el que se evaluó la resistencia de la musculatura respiratoria fue el realizado por **Weiner et al.** (30). Estos la determinaron a través de un dispositivo con una válvula conectada a dos vías. Durante la prueba, los sujetos tuvieron que inspirar a través de esta válvula, la cual estaba conectada a una cámara y a un émbolo al que se le podía añadir peso externo. Los técnicos que realizaron la prueba incrementaron el trabajo respiratorio

añadiendo pesos de 25 a 100 gramos cada 2 minutos, hasta que los sujetos ya no pudieron inspirar más. La mayor carga tolerada durante 60 segundos la definieron como la presión máxima (presión pico). Además, expresaron la resistencia de la musculatura respiratoria como la relación entre la presión pico y la PIM. En el grupo de intervención, la resistencia aumentó significativamente del  $67,5 \pm 3,1\%$  al  $93,1 \pm 1,2\%$  tras el tratamiento ( $p < 0,0001$ ). Sin embargo, en el grupo control no observaron cambios.

## 5.6 PERCEPCIÓN DE DISNEA

**Weiner et al.** (31) midieron la percepción de disnea con la escala de Borg modificada tras una prueba de resistencia (*endurance*). Durante esta prueba, los sujetos inspiraron a través de la válvula de un dispositivo con dos vías conectadas a una cámara y a un émbolo a los que se podían agregar pesos externos. Incrementaron la resistencia cada 60 segundos, para lograr una presión en boca de 0 (sin resistencia), 5, 10, 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O. Después de respirar 1 minuto con cada resistencia, los sujetos puntuaron su sensación de disnea utilizando la escala de Borg modificada. En la comparación del grupo de grandes consumidores de  $\beta 2$ -agonista con el de consumidores normales de  $\beta 2$ -agonista, observaron que en los primeros la puntuación de Borg fue significativamente mayor tras la prueba ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, en el grupo de intervención hallaron una relación entre el aumento de la PIM y la disminución de la percepción disnea ( $p < 0,05$ ). En el grupo control no observaron esta relación.

En otro de los estudios de **Weiner et al.**, (33) también evaluaron la percepción de disnea con la escala de Borg modificada tras la prueba de *endurance* descrita anteriormente. En primer lugar, observaron que la percepción de disnea fue significativamente mayor en el grupo de las mujeres que en el de los hombres ( $p < 0,005$ ). Por otra parte, en el grupo de intervención obtuvieron una relación entre el aumento de la PIM y la disminución de la percepción disnea ( $p < 0,05$ ).

**Weiner et al.** (34) midieron, en otro estudio, la percepción de disnea con la escala de Borg modificada tras la misma prueba de *endurance*. Observaron una relación entre el aumento de la PIM y la disminución de la percepción disnea en el grupo de intervención ( $p < 0,001$ ), pero no en el grupo control. Además, en el grupo de intervención, también hallaron una relación entre la disminución de la percepción de disnea y la disminución del consumo de  $\beta 2$ -agonista ( $p < 0,001$ ).

**Turner et al.** (36) evaluaron la percepción de disnea a través de la escala de Borg modificada después de una prueba de límite de tolerancia (Tlim) en una rampa incremental. Midieron la disnea cada dos minutos durante la prueba, la cual cesó cuando los pacientes presentaron fatiga. Tras el IMT, la percepción de disnea disminuyó significativamente en el minuto 4 de la prueba (de  $3,7\pm 0,7$  a  $3,0\pm 0,5$  puntos) y al final de esta (de  $5,9\pm 0,8$  a  $5,1\pm 0,9$  puntos) en el grupo de intervención ( $p<0,05$ ), pero no en el grupo control.

Por otra parte, **Duruturk et al.** (37) midieron la percepción de disnea a través de la escala mMRC. En el grupo de intervención, la disnea disminuyó de  $2,10\pm 0,85$  a  $1,50\pm 0,52$  puntos en la escala mMRC ( $p<0,001$ ). Además, en la comparación entre grupos, la percepción de disnea disminuyó significativamente a favor del grupo de intervención ( $p<0,001$ ).

## 5.7 CONSUMO DE $\beta 2$ -AGONISTA

**Weiner et al.** (30) observaron una disminución estadísticamente significativa del consumo de  $\beta 2$ -agonista en el grupo de intervención ( $p<0,05$ ), pero no en el grupo control.

En otro de sus trabajos, **Weiner et al.** (31) evaluaron en la primera etapa del estudio las diferencias entre el grupo de grandes consumidores de  $\beta 2$ -agonista y el de consumidores normales de  $\beta 2$ -agonista. El consumo medio para los grandes consumidores de  $\beta 2$ -agonista fue significativamente mayor que la de los consumidores normales ( $2,7\pm 0,4$  y  $0,4\pm 0,1$  inhalaciones/día respectivamente;  $p<0,01$ ). En la segunda etapa del estudio, observaron una disminución estadísticamente significativa del consumo de  $\beta 2$ -agonista de  $2,6\pm 0,4$  a  $1,6\pm 0,4$  inhalaciones/día en el grupo de intervención ( $p<0,001$ ). No obstante, aunque la disminución fue significativa, permaneció más alta que en los consumidores normales de  $\beta 2$ -agonista. En el grupo control no observaron ningún cambio.

Durante las dos semanas de preinclusión, **Weiner et al.** (33) observaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de  $\beta 2$ -agonista diario, siendo mayor en el grupo de las mujeres que en el de los hombres ( $3,2\pm 0,6$  y  $2,0\pm 0,4$  inhalaciones/día respectivamente;  $p<0,01$ ). Por otro lado, en la segunda etapa del estudio, hallaron una disminución estadísticamente significativa de  $3,4\pm 0,6$  a  $2,1\pm 0,5$  inhalaciones/día en el grupo de intervención ( $p<0,001$ ), pero no hubo cambios en el grupo control.

En otro de sus estudios, **Weiner et al.** (34) hallaron una estrecha correlación entre el aumento de la PIM y la disminución del consumo de  $\beta 2$ -agonista en el grupo de intervención ( $p<0,001$ ). Además, también encontraron una relación estadísticamente significativa entre la disminución



de la percepción de disnea y la disminución de consumo de  $\beta$ 2-agonista en el mismo grupo ( $p < 0,001$ ). En contraste, no observaron ningún cambio significativo en el grupo control.

Por otro lado, **Lima et al.** (35) constataron diferencias estadísticamente significativas en la disminución del uso de broncodilatadores en el grupo de intervención frente al grupo control ( $p < 0,0001$ ).

## **5.8 TOLERANCIA AL EJERCICIO**

**Turner et al.** (36) midieron la tolerancia al ejercicio a través de una prueba de Tlim en rampa incremental. Después del IMT, observaron un aumento estadísticamente significativo en los resultados de la prueba de Tlim de  $8,5 \pm 0,9$  min a  $10,6 \pm 1,5$  min en el grupo de intervención ( $p < 0,05$ ). Además, el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ ) disminuyó significativamente un 12% al final de la prueba de Tlim en este grupo ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, en el grupo control no se constataron cambios.

Por otra parte, **Duruturk et al.** (37) utilizaron el test del 6MWT para evaluar la tolerancia al ejercicio. En primer lugar, observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la distancia recorrida en el 6MWT tras el tratamiento, a favor del grupo de intervención ( $p < 0,001$ ). Además, la distancia recorrida durante el test aumentó de  $445,70 \pm 130,07$  a  $503,47 \pm 92,53$  metros en el grupo de intervención ( $p < 0,001$ ), mientras no hubo cambios significativos en el grupo control.

## **5.9 CALIDAD DE VIDA**

**Duruturk et al.** (37) evaluaron la calidad de vida de los pacientes a través del SGRQ y la LCADL. Por un lado, no observaron cambios significativos entre los valores previos y posteriores a la intervención en ninguno de los grupos en el cuestionario SGRQ. No obstante, hubo una diferencia estadísticamente significativa en la disminución de la puntuación SGRQ de los síntomas tras el tratamiento, a favor del grupo de intervención ( $p < 0,034$ ). Por otro lado, en la escala LCADL observaron una disminución estadísticamente significativa de la puntuación en la actividad física ( $p < 0,045$ ) y ocio ( $p < 0,001$ ) en el grupo de intervención tras el tratamiento. Además, constataron diferencias estadísticamente significativas en la disminución de la puntuación en las actividades domésticas ( $p < 0,034$ ) y en el ocio ( $p < 0,14$ ) tras la intervención, en el grupo de estudio frente al grupo control.

## **5.10 NÚMERO DE INGRESOS HOSPITALARIOS**

En el estudio de **Weiner et al.** (30) hallaron una disminución estadísticamente significativa en el número de hospitalizaciones en el grupo de intervención tras el IMT ( $p < 0,05$ ). No hubo cambios en el grupo control.

**Lima et al.** (35) no observaron diferencias estadísticamente significativas en el número de ingresos hospitalarios en la comparación entre grupos ( $p = 0,17$ ).

## **5.11 ADHERENCIA AL TRATAMIENTO**

El único estudio que midió de forma directa la adherencia de los pacientes al tratamiento fue el estudio de **López de Uralde Villanueva et al.** (21). Midieron la adherencia al programa de tratamiento en el domicilio (ejercicios respiratorios y ejercicio terapéutico) a través de una escala Likert de 4 puntos. Las opciones de respuesta fueron: 1 (sin adherencia: 0-1 días/semana), 2 (adherencia mínima: 2 días/semana), 3 (adherencia parcial: 3-4 días/semana) y 4 (adherencia máxima: 5 días/semana). Después de las 6 semanas de tratamiento, la adherencia al programa de ejercicio en el hogar fue del 80% para el grupo de IMT y del 86% para el grupo de IMT con terapia manual y ejercicio terapéutico.

Como una medida indirecta de la adherencia ofrecemos los datos de abandono al tratamiento de los diferentes estudios analizados en esta revisión.

De las 22 mujeres incluidas en uno de los estudios de **Weiner et al.**, (33) una mujer del grupo de intervención y dos mujeres del grupo control abandonaron por recibir entrenamiento simulado, por lo que informaron de los resultados de 19 pacientes. **Weiner et al.** (34) evaluaron, en otro estudio, a 30 pacientes. De estos, uno de los pacientes del grupo de intervención abandonó debido al incumplimiento del tratamiento. En el grupo control, cuatro pacientes abandonaron el estudio por estar recibiendo entrenamiento simulado. En el estudio de **Turner et al.**, (36), de los 15 sujetos reclutados, se adhirieron al tratamiento el 94% de los pacientes del grupo de intervención y el 92% de los pacientes del grupo control. **Duruturk et al.** (37) reclutaron a 38 pacientes para su estudio, los cuales fueron divididos aleatoriamente entre el grupo de intervención y el grupo control. En el grupo de intervención, la asistencia a las sesiones fue del 89%.

## **6. DISCUSIÓN**

En esta revisión el principal hallazgo observado en todos los ensayos clínicos fue el aumento de la PIM tras la intervención. Además, los autores que midieron la PEM también hallaron un aumento de la misma tras el entrenamiento de la musculatura respiratoria. En cuanto a la función pulmonar, únicamente los estudios de Weiner et al. (30) y de Lima et al. (35) registraron un aumento del FVC y del FEV<sub>1</sub>, y del PEF, respectivamente. Por otro lado, en los artículos que analizaron la resistencia de la musculatura respiratoria, la percepción de disnea, el consumo de  $\beta$ 2-agonista, la tolerancia al ejercicio, la calidad de vida y el número de ingresos hospitalarios, se hallaron mejoras significativas después de la intervención. Por último, la adherencia al tratamiento en los artículos incluidos fue generalmente elevada.

Una vez analizados los resultados de los estudios incluidos en esta revisión, y tratando de responder a nuestra pregunta de investigación, en los siguientes apartados se realiza un análisis e interpretación de los resultados obtenidos, en función de cada variable estudiada.

### **6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS E INTERVENCIÓN**

En esta revisión sistemática se han analizado los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre los pacientes asmáticos en 10 artículos diferentes.

En primer lugar, cabe destacar que a pesar de que se buscaran tanto artículos que estudiaran el IMT como el EMT, no se encontraron ensayos clínicos aleatorizados sobre los efectos del EMT en el asma. Los efectos del entrenamiento específico de la musculatura espiratoria también están menos estudiados que los efectos del IMT en otras patologías obstructivas como el EPOC. En una revisión sistemática en la que estudiaron el impacto del IMT y el EMT en pacientes con EPOC, observaron que el EMT aumentó la PIM y la PEM de los pacientes. Además, relacionaron la debilidad de la musculatura espiratoria con un mayor número de exacerbaciones, más ingresos hospitalarios y una mayor mortalidad. Estos efectos fueron mayores al combinar el IMT con el EMT (24). Estos datos justifican la hipótesis de que el EMT en el asma podría conllevar beneficios en la salud de los pacientes y, que al menos, parece pertinente explorar su utilidad clínica.

También es necesario destacar que 4 de los 10 artículos incluidos en la revisión son del mismo grupo de investigadores: Weiner et al. (30,31,33,34) Estos ensayos clínicos fueron realizados en Israel y siguieron una metodología de estudio similar.

En cuanto a la intervención, observamos variabilidad entre los estudios tanto en el dispositivo utilizado como en la dosificación del entrenamiento. Todos los estudios utilizan la carga umbral para entrenar la musculatura inspiratoria, pero algunos utilizan el dispositivo *Threshold®*, como Weiner et al. (30,31,33,34), y otro el dispositivo *POWERBreathe®*, como Turner et al. (36). En cuanto a la dosificación del entrenamiento observamos diferencias en la intensidad, la progresión de esta, la frecuencia de sesiones y la duración de las mismas. Weiner et al. (30,31,33,34) utilizaron una intensidad del 15% de la PIM en las primeras sesiones, la cual fue incrementándose hasta el 60-80% del valor de la PIM del paciente. En el artículo de Weiner et al. (1992) (30) reevaluaron la PIM cada 2 meses para calcular la intensidad de tratamiento; mientras que en los otros tres estudios solo reevaluaron la PIM después de alcanzar el 60% cada dos semanas (31,33,34). Otros investigadores como López de Uralde Villanueva et al. (21) también fueron progresando la intensidad, utilizando el 30% de la PIM en las primeras sesiones, hasta alcanzar el 60% las últimas semanas. David et al. (38) comenzaron el entrenamiento de la musculatura respiratoria con una intensidad del 30%, la cual incrementaron un 10% después de las 5 primeras sesiones. Estos dos autores no reevaluaron la PIM e incrementaron la intensidad de entrenamiento a partir del valor inicial.

Por otro lado, Sampaio et al. (32) y Lima et al. (35) no variaron la intensidad de entrenamiento en sus estudios, utilizando el 40% de la PIM para el IMT. Turner et al. (36) tampoco realizaron una progresión de la intensidad y realizaron la intervención al 50% de la PIM. Duruturk et al. (37) siguieron un procedimiento muy similar al del anterior autor, utilizando la misma intensidad y tiempo de entrenamiento.

Los ensayos clínicos de Weiner et al. (30, 31, 33, 34) son en los que se realizó una intervención más larga, con una duración de entre 3 y 6 meses. El resto de investigadores realizaron estudios con una durabilidad de entre 5 y 7 semanas. También hubo variabilidad en la frecuencia de las sesiones, desde autores que las realizaron 1 vez al día, 6 días a la semana, como Weiner et al. (34); hasta autores que las pautaron 2 veces cada día, 3 días a la semana, como Durukurt et al. (37).

El entrenamiento de la musculatura respiratoria suele realizarse a través de dispositivos de carga umbral. Debe realizarse 1 o 2 veces al día, en sesiones de 30 o 15 minutos, a una intensidad de al menos el 30% de la PIM con una frecuencia semanal de 3-5 días por semana. La duración del plan de entrenamiento debe durar aproximadamente 8 semanas. El paciente debe ser instruido por personal especializado y, si es posible, aprendiendo a controlar el patrón respiratorio (39–41). Por este motivo, en los estudios de Sampaio et al. (32), Lima et

al. (35), López de Uralde Villanueva et al. (21) y David et al. (38) realizaron ejercicios de reeducación respiratoria previos al IMT. En el resto de trabajos analizados desconocemos qué patrón respiratorio emplearon los pacientes.

Por último, en los artículos de Weiner et al. (30,31), Sampaio et al. (32) y Turner et al. (36) no se realizó la comparación entre el grupo de intervención y el grupo control en ninguna de sus variables, hecho que es importante destacar ya que es uno de los objetivos principales de los ensayos clínicos aleatorizados con grupo control.

## **6.2 FUNCIÓN PULMONAR**

En la evaluación del asma en adultos la espirometría es la prueba utilizada para valorar las alteraciones funcionales. El FEV<sub>1</sub> suele estar reducido (<80% del previsto para la edad y sexo de la persona); no obstante, la FVC suele encontrarse en un valor normal. Esto reduce el índice FEV<sub>1</sub>/FVC, considerándose su cociente indicativo de obstrucción si se encuentra por debajo de 0,7. Por otro lado, el PEF mide la variabilidad de la función pulmonar a lo largo del tiempo, lo que permite un buen control del asma. El objetivo del tratamiento farmacológico es lograr el buen control de la enfermedad, aumentando o manteniendo estos parámetros (5,6). Por lo tanto, el entrenamiento de la musculatura respiratoria también podría ayudar al control del asma junto al tratamiento médico.

En la valoración del niño la utilidad de las pruebas de función respiratoria es menor que en el adulto, ya que la mayoría de los niños con asma tienen un FEV<sub>1</sub> dentro de los valores de referencia. En los niños a partir de 5-6 años, el diagnóstico funcional del asma es similar al del adulto y se suele utilizar la relación FEV<sub>1</sub>/FVC (6).

En esta revisión, 8 ensayos clínicos evaluaron la función pulmonar y solo 2 de ellos obtuvieron mejorías en los parámetros tras la intervención: Weiner et al. (30) y Lima et al. (35). En el primer artículo, los investigadores midieron la FVC y el FEV<sub>1</sub> y observaron un aumento de ambos parámetros en el grupo de intervención tras el IMT. Esto puede deberse a que fue el estudio que más tiempo duró (6 meses) y mayor intensidad de entrenamiento alcanzó (80% de la PIM). En el segundo artículo, evaluaron el PEF mensual, el cual aumentó significativamente tras el IMT, aunque volvió a disminuir ligeramente 90 días después del fin de la intervención. Esto sería indicativo de que mediante el IMT podría reducirse de manera más efectiva el grado de obstrucción de la vía aérea que si solo se recibe tratamiento farmacológico. No obstante, el aumento del PEF podría deberse a que los niños incluidos en

este estudio nunca habían recibido tratamiento para el asma, el cual se les administró al ser reclutados para el ensayo clínico.

No obstante, en los estudios de Weiner et al. (33,34), Turner et al. (36), López de Uralde Villanueva et al. (21) y David et al. (38) no se hallaron cambios en los parámetros de función pulmonar. En contraste, cabe destacar que en el estudio de Duruturk et al. (37) la FVC disminuyó en el grupo control tras el período de intervención.

En la actualidad, no hay suficiente evidencia científica sobre si el entrenamiento de la musculatura respiratoria reporta beneficios en la función pulmonar en enfermedades como el asma y el EPOC (42,43).

### **6.3 FUERZA DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA**

Como se menciona en la introducción de este trabajo, los pacientes asmáticos presentan debilidad de la musculatura inspiratoria debido a la hiperinflación pulmonar y a la posición de desventaja mecánica del diafragma, los fármacos esteroideos y la distensibilidad pulmonar (20,21). Estos factores conducen a la fatiga de la musculatura respiratoria, que consiste en la disminución reversible de la fuerza que el músculo puede desarrollar durante la contracción sostenida, llegando a no poder mantener el nivel de ventilación necesario (44).

Numerosos estudios han demostrado que el IMT mejora la PIM tanto en pacientes con asma como con EPOC (45,46). Es necesario destacar que en los estudios incluidos en esta revisión la variable donde se han evidenciado más cambios es el aumento de la fuerza de la musculatura inspiratoria medida a través de la PIM. No obstante, en los artículos de Sampaio et al. (32) y Lima et al. (35), la PIM comenzó a disminuir un mes y 90 días después del fin de la intervención, respectivamente. La literatura sugiere que las ganancias de fuerza muscular inspiratoria se pierden a los 12 meses después del cese del programa de IMT (39).

En el estudio de Weiner et al. (33) dividieron a los hombres y mujeres con asma en dos grupos y, posteriormente, realizaron la intervención sobre un grupo de mujeres. Cabe destacar que en este estudio finalizan el programa de intervención cuando las mujeres alcanzan la misma PIM media que los sujetos masculinos, en lugar de establecer un período de entrenamiento de la musculatura respiratoria según lo recomendado en la literatura.

Por otro lado, los artículos de Weiner et al. (30), Sampaio et al. (32), Lima et al. (35), Duruturk et al. (37) y David et al. (38) evaluaron también el efecto del IMT sobre la PEM. Todos los

estudios reportaron aumentos significativos de la PEM tras el IMT, excepto en el de Weiner et al. (30). En este ensayo clínico no utilizan esta medición para el análisis estadístico, por tanto la información que nos ofrece este estudio de la PEM es limitada. En los estudios de Sampaio et al. (32) y Lima et al. (35), también se observó una disminución de la PEM un mes y 90 días después del fin de la intervención, respectivamente. En el EPOC, está ampliamente estudiado que el IMT incrementa la fuerza de la musculatura espiratoria y la PEM (24,46).

#### **6.4 RESISTENCIA DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA**

En cuanto a la resistencia de la musculatura respiratoria, solo un autor hizo referencia a ella en uno de sus artículos. Weiner et al. (30) observaron cambios significativos en el grupo de intervención tras el IMT. En este estudio, midieron la resistencia de la musculatura respiratoria a través de una prueba de *endurance* similar a la propuesta por Nickerson and Keens (47). No obstante, la prueba que más se suele utilizar para medir la resistencia de la musculatura respiratoria es la máxima ventilación voluntaria (MVV) (41,48).

En estudios realizados en deportistas (ciclistas y atletas) se ha demostrado que el entrenamiento de la musculatura respiratoria aumenta la fuerza y resistencia de estos músculos (44). En ensayos clínicos sobre el IMT en EPOC también se obtuvieron resultados de mejora de la resistencia de la musculatura respiratoria (46). La evidencia actual sobre el IMT en el asma parece que también arroja resultados sobre el incremento de la resistencia de la musculatura respiratoria, pero es necesario seguir investigando.

#### **6.5 PERCEPCIÓN DE DISNEA**

En uno de los estudios de Weiner et al., (31) observaron que en los pacientes con un mayor consumo de  $\beta$ 2-agonista la percepción de disnea tras una prueba de *endurance* fue mayor. En otro de sus estudios (33), observaron que la percepción de disnea en las mujeres fue mayor que en los hombres. Esto puede deberse a que algunos autores refieren que las mujeres presentan síntomas más intensos que los hombres para un mismo nivel de gravedad de asma (49). En los tres estudios de Weiner et al. (31,33,34) en los que estudiaron la percepción de disnea, encontraron una relación entre el aumento de fuerza de la musculatura inspiratoria y la disminución de la percepción de disnea tras el IMT.

Por otra parte, en el estudio de Turner et al. (36) observaron una disminución de la percepción de la disnea medida con la escala de Borg modificada tras una prueba de tolerancia tras el

IMT. Y en el ensayo clínico de Durukurt et al. (37) la disnea medida con la escala mMRC también disminuyó tras la intervención.

Por un lado, la disminución de la percepción de disnea es potencialmente peligrosa en pacientes con asma, porque puede subestimarse la gravedad de una exacerbación. Sin embargo, una alta percepción de disnea conlleva a una disminución en la calidad de vida y a un aumento en el uso  $\beta$ 2-agonista innecesarios (34).

La hiperinflación pulmonar contribuye al aplanamiento del diafragma, limitando la expansión de la caja torácica y, por lo tanto, reduciendo la capacidad de inspirar. Además, también aumenta el trabajo respiratorio, ocasionando un estrés sobre la musculatura respiratoria. Estos factores contribuyen a la percepción de la disnea. Por lo tanto, el fortalecimiento de los músculos inspiratorios a través del IMT puede reducir la intensidad de la disnea en los pacientes asmáticos (45).

## **6.6 CONSUMO DE B2-AGONISTA**

En los estudios de Weiner et al. (30,31,33,34) observaron una disminución del consumo  $\beta$ 2-agonista diario en el grupo de intervención tras el IMT. Además, lo relacionaron con un aumento de la fuerza de la musculatura inspiratoria y la disminución de la percepción de disnea.

Lima et al. (35) también observaron una disminución del uso de broncodilatadores en los niños que fueron sometidos al IMT.

Esto puede deberse a que un mayor consumo de  $\beta$ 2-agonista se relaciona directamente con una mayor percepción de disnea. Como hemos visto en el apartado anterior, el IMT y el consecuente aumento de la fuerza de la musculatura respiratoria provocan una reducción de la percepción de disnea, por lo que también se reduce el consumo de  $\beta$ 2-agonista.

## **6.7 TOLERANCIA AL EJERCICIO**

Los pacientes asmáticos generalmente exhiben una reducción en la tolerancia al ejercicio, que puede ser consecuencia de la limitación del flujo espiratorio y la hiperinflación dinámica pulmonar. La limitación del flujo espiratorio en los asmáticos reduce la capacidad ventilatoria de estos sujetos, lo que afecta a la capacidad del sistema respiratorio para mantener las concentraciones de gases en sangre arterial y, en última instancia, comprometer la tolerancia al ejercicio (45). La hiperinflación pulmonar produce cambios en la forma y la posición del



diafragma. El aumento del volumen pulmonar produce una disminución de la fuerza de la musculatura inspiratoria, lo que conduce a la percepción de disnea y la fatiga muscular respiratoria. Esto también produce una disminución de la tolerancia máxima al ejercicio en los pacientes asmáticos con el tiempo (37,50). Por lo que, al entrenar la musculatura respiratoria y aumentar la fuerza de estos músculos, la disnea y la fatiga muscular respiratoria disminuirán, mejorando así la tolerancia al ejercicio.

Son dos los artículos donde se evidencian mejorías en la tolerancia al ejercicio tras el entrenamiento de la musculatura respiratoria. Turner et al. (36) observaron un aumento del límite de tolerancia en una prueba de esfuerzo tras la intervención. Además, el  $VO_2$  disminuyó tras el IMT al final de la prueba de esfuerzo. Durante ejercicios intensos en pacientes sanos, se ha estimado que los músculos respiratorios pueden llegar a utilizar un 16% del gasto cardíaco, disminuyendo la disponibilidad de oxígeno para la musculatura esquelética responsable del movimiento, por lo que podría considerarse al sistema respiratorio como un limitante del  $VO_2$ . Por lo tanto, un adecuado entrenamiento de la musculatura respiratoria puede producir una mejora en la tolerancia a la fatiga y mayor eficiencia respiratoria, lo que mejoraría la tolerancia al ejercicio (44). En un estudio en el que evaluaron el entrenamiento de la musculatura respiratoria en EPOC, concluyeron que el IMT conduce a una mejora de la capacidad de ejercicio y el rendimiento de la resistencia muscular respiratoria y reduce la hiperinflación dinámica y la disnea durante el ejercicio (51).

Por otro lado, Duruturk et al. (37) constataron un aumento de  $57,8 \pm 37,5$  metros en la distancia recorrida en el 6MWT tras el IMT en el grupo de intervención. Actualmente, la evidencia científica disponible sugiere una diferencia clínica mínimamente significativa de 30 metros para pacientes adultos con enfermedad respiratoria crónica. Existe cierta variabilidad entre los estudios y métodos para determinar esta diferencia; sin embargo, podemos estar seguros de que la diferencia clínica mínimamente significativa se encuentra entre 25 y 33 metros (52). Por ello, el citado estudio demostró un aumento en los metros caminados clínicamente relevante.

## **6.8 CALIDAD DE VIDA**

El asma es una patología cuyas consecuencias son importantes en términos de calidad de vida y gasto sanitario. El objetivo principal del tratamiento del asma es obtener el control óptimo de la enfermedad, limitando así los síntomas crónicos. Esto permite realizar actividad

física normal, prevenir las exacerbaciones y limitar las visitas a urgencias y los ingresos hospitalarios, mejorando así la calidad de vida (53).

El impacto del asma en la calidad de vida de una persona se puede conocer a través del grado de deterioro funcional, la sintomatología que presenta, el efecto del tratamiento en su estado de salud o el componente psicológico determinado por la presencia de signos de ansiedad o depresión relacionados con el asma (54).

Duruturk et al. (37) fueron los únicos que analizaron los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria en el asma a través de dos escalas: la SGRQ y la LACDL. Evidenciaron mejorías en los síntomas, en la actividad física, en el ocio y en la realización de tareas domésticas tras la intervención. No obstante, este estudio no es suficiente para concluir que el IMT mejora la calidad de vida de los pacientes asmáticos.

## **6.9 NÚMERO DE INGRESOS HOSPITALARIOS**

Solamente dos autores analizaron el número de ingresos hospitalarios tras la intervención: Weiner et al. (30) y Lima et al. (35). El primero de ellos observó una disminución en el número de ingresos tras el IMT en el grupo de intervención. En contraste, el segundo autor no encontró cambios en el número de hospitalizaciones tras el tratamiento en los niños reclutados para el estudio.

En el asma, las exacerbaciones son eventos relativamente frecuentes que presentan cambios en los síntomas, en la utilización de medicación de alivio o en la función pulmonar y que pueden requerir ingreso hospitalario. Esto conlleva a un aumento en el gasto sanitario y a un deterioro de la calidad de vida de los pacientes y de sus familias. La disparidad en la duración de la estancia hospitalaria y en la incidencia de reingresos o de mortalidad, y la persistencia de episodios suficientemente graves como para ser considerados de riesgo vital, parecen ser indicativos de la necesidad de mejorar el manejo de estos episodios. Parece especialmente relevante que aún tras el alta hospitalaria no se optimizan adecuadamente los tratamientos para el asma (49). Por este motivo, la aplicación de un tratamiento que ayude al buen control de la enfermedad supondría una disminución del número de ingresos hospitalarios en pacientes asmáticos. Este tratamiento completo englobaría la fisioterapia respiratoria y, dentro de esta, el entrenamiento de la musculatura respiratoria.

## **6.10 ADHERENCIA AL TRATAMIENTO**

Únicamente el estudio de López de Uralde Villanueva et al. (21) evaluó de forma directa la adherencia al tratamiento a los ejercicios respiratorios y el ejercicio terapéutico realizados en el hogar durante la intervención, la cual fue elevada en ambos grupos.

Por otro lado, varios autores estudiaron de forma indirecta la adherencia al tratamiento, como es el caso de Weiner et al. (33,34), Turner et al. (36) y Duruturk et al. (37). En los artículos del primer autor la mayoría de abandonos se debieron a estar recibiendo entrenamiento simulado. Los otros dos autores contabilizaron una adherencia al tratamiento alta, mayor al 89%.

La baja adherencia al tratamiento representa un problema de salud pública, ya que tan solo el 50% de los pacientes con enfermedades crónicas cumple adecuadamente el tratamiento. Esto tiene consecuencias en el estado de salud, la calidad de vida y el incremento del gasto sanitario. En el asma, una pobre adherencia está relacionada con un incremento del número de exacerbaciones anuales, un aumento de ingresos hospitalarios, un aumento del riesgo de mortalidad, un mayor consumo de  $\beta$ 2-agonistas y con cambios innecesarios en el tratamiento (55). En el caso de los ejercicios respiratorios, la adherencia tiende a disminuir progresivamente alrededor del 15% entre los pacientes que continúan realizando los ejercicios a largo plazo (durante 6-12 meses) (18).

En niños y adolescentes, la adherencia al tratamiento tampoco es la óptima, pero es necesaria para un buen control de los síntomas del asma. Una forma de mejorar la adherencia y el control del asma puede ser a través de la adecuada educación sobre la patología para los pacientes y sus padres (56).

## **6.11 LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Nos encontramos las siguientes limitaciones en esta revisión sistemática:

- Los artículos fueron seleccionados y revisados por un solo evaluador.
- La escala PEDro fue aplicada por un solo evaluador.
- Existen pocos estudios sobre el entrenamiento de la musculatura respiratoria en asma.
- No hay estudios sobre el efecto del EMT en asma.
- La dosificación del entrenamiento de la musculatura respiratoria en los distintos artículos es muy heterogénea.

## **6.12 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS**

A la luz de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos clínicos analizados, se abren las siguientes líneas de investigación:

- Se requiere estudiar los posibles efectos que puede producir el EMT en pacientes asmáticos.
- Es necesario seguir investigando sobre el impacto del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre los parámetros de función pulmonar.
- Es necesario que más ensayos clínicos incluyan en sus variables estudio la resistencia de la musculatura respiratoria, la calidad de vida, el número de ingresos hospitalarios y la adherencia al tratamiento.

## **7. CONCLUSIONES**

- Los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión tienen en su mayoría una buena calidad metodológica, evaluada con la escala PEDro.
- En la actualidad solo se ha investigado sobre los efectos del IMT en los pacientes asmáticos, pero no sobre el impacto del EMT.
- No existe consenso entre la comunidad científica en la dosificación óptima del IMT para pacientes asmáticos en cuanto a la intensidad y su progresión, la frecuencia de las sesiones y la duración de las mismas.
- Se puede concluir que el IMT proporciona mejoras significativas en el aumento de la fuerza muscular respiratoria, la disminución de la percepción de disnea y la disminución del consumo de  $\beta$ 2-agonista en pacientes con asma.
- No hay evidencia científica suficiente para afirmar que el IMT mejora la función pulmonar, la resistencia de la musculatura respiratoria, la tolerancia al ejercicio, la calidad de vida y el número de ingresos hospitalarios en población asmática.
- En esta revisión se ha informado de una buena adherencia al programa de intervención basado en el IMT en los pacientes con asma.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Silva IS, Fregonezi GA, Dias FA, Ribeiro CT, Guerra RO, Ferreira GM. Inspiratory muscle training for asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. [Internet]. 2020 [consultado Feb 2020, citado Mar 2020]. Disponible en: [www.cochranelibrary.com](http://www.cochranelibrary.com)
2. Gershon AS, Victor JC, Guan J, Aaron SD, To T. Pulmonary function testing in the diagnosis of asthma. *Chest*. 2012; 141(5):1190-6.
3. Mims JW. Asthma: definitions and pathophysiology. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2015; 5(S1):S2-6.
4. Reddel HK, Taylor DR, Bateman ED, Boulet LP, Boushey HA, Busse WW, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: asthma control and exacerbations: standardizing endpoints for clinical asthma trials and clinical practice. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009; 180(1):59-99.
5. Rodríguez M, Antolín D, Barbarroja J, Sánchez MJ. Actualización en asma. *Med - Programa Form Médica Contin Acreditado*. 2017; 12(30):1745-56.
6. GEMA4.4. Guía española para el manejo del asma [Internet]. Madrid: Luzán 5, S.L; 2019. Disponible en: [www.gemasma.com](http://www.gemasma.com)
7. Loftus PA, Wise SK. Epidemiology of asthma. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016;24(3):245-9.
8. Huang J, Pansare M. New Treatments for Asthma. *Pediatr Clin North Am*. 2019; 66(5):925-39.
9. Rehman A, Amin F, Sadeeqa S. Prevalence of asthma and its management: a review. *J Pak Med Assoc*. 2018;68(12):5.
10. Vos T, Allen C, Arora M, Barber RM, Bhutta ZA, Brown A, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016; 388(10053):1545-602.
11. Sinharoy A, Mitra S, Mondal P. Socioeconomic and environmental predictors of asthma-related mortality. *J Environ Public Health*. 2018;2018:1-7.
12. Puig-Junoy J. Costes socioeconómicos del asma en la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá: revisión sistemática. *Rev Esp Salud Pública*. 2017;91:16.
13. Pereira PL, Grande AMG, Gañán LD, Gavín O. Evolución de la prevalencia de asma y factores sociodemográficos y de salud asociados en población de 18 a 64 años de la comunidad de Madrid (1996-2013). 2017;14.
14. Ehteshami-Afshar S, FitzGerald JM, Doyle-Waters MM, Sadatsafavi M. The global economic burden of asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Int j tuberc lung dis*. 2016; 18.

15. Doz M, Chouaid C, Com-Ruelle L, Calvo E, Brosa M, Robert J, et al. The association between asthma control, health care costs, and quality of life in France and Spain. *BMC Pulm Med*. 2013;13(1):15.
16. Martínez-Moragón E, Serra-Batlles J, De Diego A, Palop M, Casan P, Rubio-Terrés C, et al. Coste económico del paciente asmático en España (estudio AsmaCost). *Arch Bronconeumol*. 2009;45(10):481-6.
17. Cano-De La Cuerda R, Useros-Olmo AI, Muñoz-Hellín E. Eficacia de los programas de educación terapéutica y de rehabilitación respiratoria en el paciente con asma. *Arch Bronconeumol*. 2010;46(11):600-6.
18. Vilaró J, Gimeno E. Eficacia de la fisioterapia respiratoria en el asma: técnicas respiratorias. *Rev Asma*. 2016;1(2):41-45.
19. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. [Internet]. 2020. Disponible en: [www.ginasthma.org](http://www.ginasthma.org)
20. McConnell A. Respiratory Muscle Training: Theory and Practice [Internet]. Elsevier; 2013;544.
21. Lopez I, Candelas P, de Diego B, Minguez O, del Corral T. The effectiveness of combining inspiratory muscle training with manual therapy and a therapeutic exercise program on maximum inspiratory pressure in adults with asthma: a randomized clinical trial. *Clin Rehabil*. 2018;32(6):752-65.
22. Romer LM, McConnell AK. Specificity and Reversibility of Inspiratory Muscle Training: *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(2):237-44.
23. Menezes KK, Nascimento LR, Ada L, Polese JC, Avelino PR, Teixeira-Salmela LF. Respiratory muscle training increases respiratory muscle strength and reduces respiratory complications after stroke: a systematic review. *J Physiother*. 2016;62(3):138-44.
24. Neves LF, Reis MH, Plentz RD, Matte DL, Coronel CC, Sbruzzi G. Expiratory and inspiratory plus Inspiratory Muscle Training improves respiratory muscle strength in subjects with COPD: Systematic Review. *Respir Care*. 2014;59(9):1381-8.
25. Ram FS, Wellington SR, Barnes NC. Inspiratory muscle training for asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. [Internet]. 2003 [consultado Feb 2020, citado Abr 2020]. Disponible en: [www.cochranelibrary.com](http://www.cochranelibrary.com)
26. Paseiro Ares G. Obsolescencia e idiomática de la revista *Fisioterapia* durante los años 1989, 1999 y 2000. *Fisioterapia*. 2002;24(1):40-6.
27. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther*. 2003;83(8):713-21.
28. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother*. 2009;55(2):129-33.
29. Shiwa SR, Costa LOP, Moser AD de L, Aguiar I de C, Oliveira LVF de. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter Em Mov*. 2011;24(3):523-33.

30. Weiner P, Azgad Y, Ganam R, Weiner M. Inspiratory muscle training in patients with bronchial asthma. *Chest*. 1992;102(5):1357-61.
31. Weiner P, Berar-Yanay N, Davidovich A, Magadle R, Weiner M. Specific inspiratory muscle training in patients with mild asthma with high consumption of inhaled  $\beta$ 2-agonists. *Chest*. 2000;117(3):722-7.
32. Sampaio LMM, Jamami M, Pires VA, Silva AB, Costa D. Força muscular respiratória em pacientes asmáticos submetidos ao treinamento muscular respiratório e treinamento físico. *Fisioter E Pesqui*. 2002;9(2):43-48.
33. Weiner P, Magadle R, Massarwa F, Beckerman M, Berar-Yanay N. Influence of Gender and Inspiratory Muscle Training on the Perception of Dyspnea in Patients With Asthma. *Chest*. 2002;122(1):197-201.
34. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, Berar-Yanay N. The relationship among inspiratory muscle strength, the perception of dyspnea and inhaled beta2-agonist use in patients with asthma. *Can Respir J*. 2002;9(5):307-312.
35. Lima EVCL, Lima WL, Nobre A, dos Santos AM, Brito LMO, Costa M do R da SR. Inspiratory muscle training and respiratory exercises in children with asthma. *J Bras Pneumol Publicacao Of Soc Bras Pneumol E Tisiologia*. 2008;34(8):552-558.
36. Turner LA, Mickleborough TD, McConnell AK, Stager JM, Tecklenburg-Lund S, Lindley MR. Effect of Inspiratory Muscle Training on exercise tolerance in asthmatic individuals: *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(11):2031-2038.
37. Duruturk N, Acar M, Doğrul MI. Effect of Inspiratory Muscle Training in the management of patients with asthma: a randomized controlled trial. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2018;38(3):198-203.
38. David MMC, Gomes EL de FD, Mello MC, Costa D. Noninvasive ventilation and respiratory physical therapy reduce exercise-induced bronchospasm and pulmonary inflammation in children with asthma: randomized clinical trial. *Ther Adv Respir Dis*. 2018;12:1-11.
39. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(8):13-64.
40. Güell Rous MR, Díaz Lobato S, Rodríguez Trigo G, Morante Vélez F, San Miguel M, Cejudo P, et al. Rehabilitación respiratoria. *Arch Bronconeumol*. 2014;50(8):332-44.
41. González Doniz L, Lista Paz A, López García A, Souto Camba S. Guía práctica de fisioterapia respiratoria. A Coruña: Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións; 2017.
42. 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. *Eur Respir J*. 2018;51(1):1-11.
43. Figueiredo RIN, Azambuja AM, Cureau FV, Sbruzzi G. Inspiratory Muscle Training in COPD. *Respir Care*. 2020;65(6):1-13.



44. González JL, Vaz C, Fernández JR, Arnedillo A, Costa JL, Gómez R. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *Rev Andal Med Deporte*. 2012;5(4):163-70.
45. Shei R-J, Paris HLR, Wilhite DP, Chapman RF, Mickleborough TD. The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. *Phys Sportsmed*. 2016;44(4):327-34.
46. Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J*. 2011;37(2):416-25.
47. Nickerson BG, Keens TG. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *J Appl Physiol*. 1982;52(3):768-72.
48. Burgos F, Pere C. Manual SEPAR de procedimientos. Procedimientos de evaluación de la función pulmonar II [Internet]. Madrid: SEPAR; 2004 [consultado May 2020, citado May 2020]. Disponible en: [www.separ.es/node/191](http://www.separ.es/node/191)
49. Cebreiro TL, Cuadrado LV, González-Barcala FJ. Hospitalizaciones por asma. *Rev Asma*. 2017;2(3):1-10.
50. Hellebrandová L, Chlumský J, Vostatek P, Novák D, Rýznarová Z, Bunc V. Airflow limitation is accompanied by diaphragm dysfunction. *Physiol Res*. 2016;65:469-479.
51. Petrovic M, Reiter M, Zipko H, Pohl W, Wanke T. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Int J COPD*. 2012; 7:797-805.
52. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44(6):1428-46.
53. Boussoffara L, Keskes Boudawara N, Loukil M, Touil I, Knani J. Contrôle de l'asthme et qualité de vie. *Rev Pneumol Clin*. 2017;73(5):225-30.
54. Sánchez EM, Moreno A. Efectos del tratamiento de atención plena y compasión sobre ansiedad, calidad de vida y asma. *Psicol Salud*. 2017;27(2):167-8.
55. Moreno CM, Meleán NR, Campos RD. Adherencia al tratamiento en asma. Situación actual. *Rev Asma*. 2017;2(1):13-22.
56. Desager K, Vermeulen F, Bodart E. Adherence to asthma treatment in childhood and adolescence – a narrative literature review. *Acta Clin Belg*. 2017;1-8.

## 9. ANEXOS

### 9.1. ANEXO 1: ESCALA PEDRO

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

#### **Notas sobre la administración de la escala PEDro:**

TODOS LOS CRITERIOS: Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.

CRITERIO 1: Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.

CRITERIO 2: Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la

asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.

CRITERIO 3: La asignación oculta (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.

CRITERIO 4: Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.

CRITERIO 4, 7-11: Los Resultados clave son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.

CRITERIO 5-7: Cegado significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.

CRITERIO 8: Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente tanto el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos como el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.

CRITERIO 9: El análisis por intención de tratar significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el

tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.

CRITERIO 10: Una comparación estadística entre grupos implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.

CRITERIO 11: Una estimación puntual es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las medidas de la variabilidad incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.

Información extraída de: PEDro, base de datos de fisioterapia basada en la evidencia [internet]. Musculoskeletal division, The George institute for Global Health, Australia.