

## 4. Entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC

### INSPIRATORY MUSCULATURE TRAINING IN PATIENTS WITH COPD

Jerónimo del Cristo Baute Darias

Graduado en fisioterapia por la Universidad de La Laguna.

#### RESUMEN

**Introducción:** La enfermedad pulmonar obstructiva crónica es un estado patológico caracterizado por una limitación al flujo aéreo no totalmente reversible. Esta limitación al flujo aéreo habitualmente es progresiva y asociada a una respuesta inflamatoria anormal frente a partículas nocivas o gases. El objetivo de esta revisión es identificar el papel del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en el pronóstico, tratamiento y, sobre todo, en la calidad de vida de los pacientes que conviven con la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. **Metodología:** Se realizó una revisión empleando las bases de datos Pubmed y PEDro. Se seleccionaron aquellos ensayos clínicos aleatorizados que analizaran el efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con EPOC. **Desarrollo:** En cuanto a los resultados parecen de lo más heterogéneo, en alguno de ellos existe una mejoría de la disnea, 6MWT e incluso de la FEV<sub>1</sub>. Pero en definitiva solo encontramos consenso en la mejoría en la fuerza de la musculatura inspiratoria a través de la presión inspiratoria máxima o PI<sub>máx</sub>. **Conclusiones:** Existen evidencias que avalan el efecto favorecedor de incluir el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes que padecen EPOC.

**Palabras clave:** EPOC, musculatura inspiratoria, flujo aéreo, inflamación pulmonar, disnea, presión inspiratoria máxima, rehabilitación.

#### ABSTRACT

**Background:** Chronic obstructive pulmonary disease is a pathological state characterized by a limitation to airflow that is not fully reversible. This limitation to airflow is usually progressive and associated with an abnormal inflammatory response to harmful particles or gases. The aim of this review is to identify the role of inspiratory muscle training in the prognosis,

treatment and, above all, in the quality of life of patients living with chronic obstructive pulmonary disease. **Methods:** A review was carried out using the Pubmed and PEDro databases. We selected randomised clinical trials looking at the effect of inspiratory muscle training in people with COPD. **Results:** As for the results, they seem the most heterogeneous, in some of them there is an improvement in dyspnea, 6MWT and even FEV<sub>1</sub>. But ultimately, we only found consensus on the improvement in the strength of the inspiratory musculature through the maximum inspiratory pressure or PI<sub>máx</sub>. **Conclusions:** There is evidence that supports the favorable effect of including inspiratory muscle training in patients suffering from COPD.

**Keywords:** COPD, inspiratory musculature, airflow, pulmonary inflammation, dyspnea, maximal inspiratory pressure, rehabilitation.

#### INTRODUCCIÓN

##### Definición de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

La Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) define la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, de aquí en adelante EPOC, como “un estado patológico caracterizado por una limitación al flujo aéreo no totalmente reversible. Esta limitación al flujo aéreo habitualmente es progresiva y asociada a una respuesta inflamatoria anormal frente a partículas nocivas o gases”. (1)

Esta limitación del flujo aéreo característico de la EPOC, es debido a la confluencia de la destrucción del parénquima pulmonar y a la enfermedad de las vías aéreas más pequeñas, estos procesos varían en las distintas personas. La contribución de cada uno de estos procesos varía en cada persona. En cualquiera de los casos, la inflamación crónica produce cambios en las vías aéreas que sufrirán un remodelado, un estrechamiento, provoca la pérdida de las uniones alveolares a las pequeñas vías aéreas, disminuyendo la elasticidad pulmonar e induciendo así a la destrucción del parénquima. Todos estos cambios llevan a disminuir la capacidad de las vías aéreas para permanecer abiertas durante la espiración.(2)

##### Síntomas de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Como vemos en la definición de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, está caracterizado por una alteración funcional respiratoria, que limita el flujo aéreo espiratorio, y la presencia de síntomas característicos de esta enfermedad como son la tos, la expectoración y la disnea de esfuerzo. Estos síntomas son desarrollados a continuación. (2)

- **Tos.** La tos que es un mecanismo reflejo que permite mantener la función de intercambio de gases de los pulmones que se caracteriza por una espiración violenta, y suele ser uno de los primeros síntomas que aparece en la EPOC. Inicialmente la tos puede ser intermitente, aun-

que posteriormente aparece todos los días. Si progresa la condición, la tos puede ser recurrente durante todo el día, aunque raramente por las noches. Además, es bastante típico en el desarrollo de la patología que se intensifique al levantarse por las mañanas. (2)

- **Expectoración.** La expectoración o expulsión de secreciones se produce en la EPOC debido a un aumento de producción de moco. La hipersecreción bronquial se relaciona con el pronóstico de la EPOC, pero no es un factor determinante en la limitación del flujo aéreo. En la EPOC, las secreciones de las vías aéreas bajas no son estériles, por lo que habitualmente existen en ellas diversos tipos de patógenos, sin que ello signifique necesariamente la existencia de una infección clínicamente significativa. El riesgo radica en que esta situación pueda facilitar que otros factores externos, como la contaminación atmosférica o las infecciones víricas, desencadenen una exacerbación. Es de vital importancia mantener un control del volumen y color del esputo y valorar posibles cambios en ellos. (2)
- **Disnea.** La disnea es la sensación subjetiva que tiene la persona de falta de aire, por esta razón es difícil de estandarizar, ya que en cada persona puede ser diferente. La disnea es en esta patología la razón por la que los pacientes que la padecen solicitan atención médica. Además de producir mayor discomfort, ansiedad y disminución de la calidad de vida en las personas que la padecen. Suele ser descrito como falta de aire en los pulmones o dificultad para respirar. (2)

### Diagnóstico de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

El proceso de diagnóstico de la enfermedad se inicia cuando nos encontramos ante un adulto que es fumador o que ha fumado a lo largo de su vida una cantidad de más de 10 paquetes al año o que ha padecido una exposición crónica a tóxicos inhalados y que presenta síntomas respiratorios como los expuestos en el punto anterior. Para establecer un diagnóstico se debe realizar una espirometría al establecer un cociente entre el volumen espiratorio máximo en el primer segundo ( $FEV_1$ ) y la capacidad vital forzada (FVC). (3) Este cociente  $FEV_1/FVC$  en las enfermedades como la EPOC que como su nombre indican se caracterizan por presentar un patrón obstructivo debe ser mejor a 0.7, es decir,  $FEV_1/FVC < 0.7$  tras la administración de un broncodilatador.

Se debe hacer esta relación  $FEV_1/FVC$  ya que si se realizan tomando únicamente datos de la  $FEV_1$  o de la FVC podrían darnos resultados falsos o erróneos. Los datos que final-

mente son obtenidos tienen que ser comparados según unos valores estandarizados que se establecen de acuerdo a la edad, sexo, etnia, entre otros. Por lo tanto, este valor predicho va a variar entre las distintas poblaciones. En consecuencia, el porcentaje predicho nos va a decir que  $FEV_1$  conserva nuestro paciente en relación a un individuo sano similar, pudiendo así clasificar su severidad en base a las categorías de la GOLD. (4)

En definitiva, y según las guías de actuación clínica, para establecer un diagnóstico para esta enfermedad, la EPOC, es necesario cumplir los siguientes tres criterios, que son la exposición previa a factores de riesgo, presentar síntomas respiratorios y tener un patrón de obstrucción en la espirometría post-broncodilatación. (3)

### Tratamientos farmacológicos de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

El tratamiento de la EPOC se basa pues en dos pilares fundamentales, que son el abandono del tabaco y el tratamiento sintomático con fármacos. La base del tratamiento sintomático de la EPOC son los fármacos, haciendo especial mención a los broncodilatadores inhalados, aunque también se usan corticoides inhalados y orales, mucolíticos, entre muchos otros. (2) Los fármacos previenen y controlan los síntomas, reducen la frecuencia y gravedad de las agudizaciones y, en definitiva, mejoran la calidad de vida. Aunque también contamos con el uso de tratamientos no farmacológicos para el manejo de esta condición.

- **Broncodilatadores.** Los broncodilatadores representan la principal manera de tratar los síntomas que produce la EPOC. Su función es reducir el broncoespasmo, lo que reduce la obstrucción de las vías aéreas. Este tratamiento se aplica a demanda, si los síntomas son progresivos o aumentan en exacerbaciones, o pautados, para reducir los síntomas o prevenir la aparición de estos. Sin embargo, los broncodilatadores no reducen la pérdida de función pulmonar por que tampoco mejoran el pronóstico de la EPOC.
- **Corticoides.** Los corticoides en la EPOC se aplican en situaciones muy específicas, puesto que sus efectos no son tan óptimos como en otras patologías como el asma. Los corticoides que se aplican de manera intravenosa se utilizan en las exacerbaciones en paciente no respondedores a los tratamientos iniciales o cuando no se espera una respuesta satisfactoria debido al estado de gravedad en el que se encuentra el paciente. Por vía oral, su uso se reserva en momentos de agudización. En relación al tratamiento con corticoides inhalados, los estudios muestran que el tratamiento regular con corticoides inhalados solo resulta apropiado en pacientes con una respuesta espirométrica positiva documentada o en  $FEV_1 < 50\%$  del teórico y que presenten continuas exacerbaciones que requieran el uso de antibióticos y corticoides orales.

Los tratamientos farmacológicos existentes y su forma de aplicación van a depender del fenotipo de cada paciente. Existen cuatro variaciones fenotípicas con tratamientos diferenciados, que a través del algoritmo que nos presen-

Tabla 1. Classification of airflow limitation severity in COPD (Based on post-bronchodilator  $FEV_1$ ) (5).

In patients with $FEV_1/FVC < 0.7$		
GOLD 1	Mild	$FEV_1 \geq 80\%$ predicted
GOLD 2	Moderate	$50\% \leq FEV_1 < 80\%$ predicted
GOLD 3	Severe	$30\% \leq FEV_1 < 50\%$ predicted
GOLD 4	Very severe	$FEV_1 < 80\%$ predicted

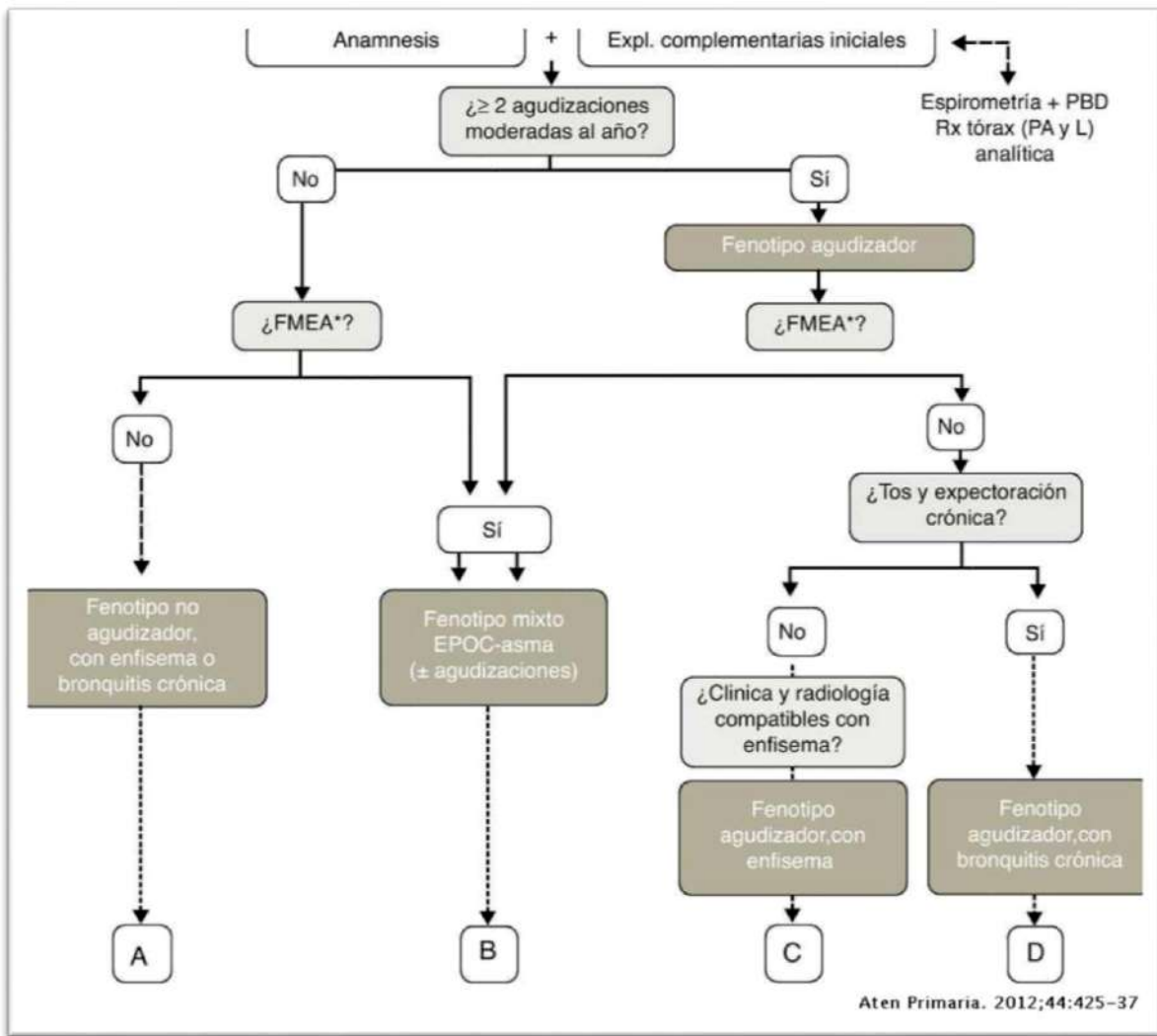


Figura 1. Algoritmo diagnóstico de los fenotipos clínicos. (6)

ta la Guía Española de la EPOC (figura 1) podemos diferenciar en:

Tipo A: EPOC no agudizadora con enfisema o bronquitis crónica.

Tipo B: EPOC mixta con asma, tenga o no agudizaciones frecuentes.

Tipo C: EPOC agudizadora con enfisema.

Tipo D: EPOC agudizadora con bronquitis crónica.

Además, dentro de esta clasificación se realiza una valoración complementaria de la gravedad de la EPOC de manera multidimensional en la que además del FEV1, se contemplan la frecuencia de las agudizaciones, los síntomas como la disnea y la puntuación del *COPD Assessment Test* (CAT). Según estas premisas se añadirán a la clasificación distintos estadios: estadio I o leve, estadio II o moderada, estadio III o grave, estadio IV o muy grave y estadio V o final de la vida.

• **Tratamiento de la EPOC A:** fenotipo no agudizador con enfisema o bronquitis crónica. El tratamiento de este fenotipo consistirá en uno o dos broncodilatadores que corresponderán a grupos terapéuticos diferentes. Los pacientes que no presentan exacerbaciones, en principio,

no tendrán indicación de tratamiento antiinflamatorio o mucolítico.

• **Tratamiento de la EPOC B: fenotipo mixto EPOC-asma.** En ocasiones este fenotipo puede ser fácilmente confundible con otro tipo de perfil. Su principal característica es que presenta un mayor grado de inflamación eosinofílica bronquial dando lugar a una respuesta clínica y espirométrica mayor a los corticosteroides inhalados, a partir de aquí CI, y justifica el uso de los CI asociados a un broncodilatador de larga duración o BDLD como primera opción en el nivel de gravedad I o II con el objetivo de mejorar su función pulmonar, los síntomas respiratorios y reducir las agudizaciones si las hubiere.

• **Tratamiento de la EPOC C:** fenotipo agudizador con enfisema. Los pacientes que desarrollan enfisema también pueden ser agudizadores y requerirán un tratamiento dirigido a disminuir estas exacerbaciones y, además de mejorar el resto de sintomatología de la causados por esta patología. Los broncodilatadores de larga duración representan el tratamiento de primera elección, solos o combinados con otros fármacos pueden ser eficaces para reducir las agudizaciones, pero no en todos los pacientes estas medidas van a ser suficientes y precisarán una intensificación del tratamiento farmacológico.

- **Tratamiento de la EPOC D: fenotipo agudizador con bronquitis crónica.** La presencia de tos productiva de manera crónica es un factor reconocido que predispone a las agudizaciones en la EPOC. El primer escalón de tratamiento en nivel de gravedad I serán los broncodilatadores de larga duración, por su capacidad de reducir las agudizaciones. En el nivel de gravedad II se recomienda una terapia doble con dos tipos de broncodilatadores de larga duración, o con un broncodilatador de larga duración además de un antiinflamatorio, sea un CI o roflumilast. (7)(6)

### **Tratamientos no farmacológicos de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica**

Además del esencial abandono del hábito tabáquico, el único tratamiento que ha demostrado su eficiencia mejorando el pronóstico de estos pacientes es la oxigenoterapia que no solo se aplica en centros sanitarios, sino que puede hacerse de forma domiciliaria. Sin embargo, este tratamiento solo se puede administrar a un grupo seleccionado de pacientes que cumplan unos requisitos estrictos, y aunque mejora el pronóstico, reduce las exacerbaciones y aumenta la capacidad de ejercicio, solo pacientes graves se van a beneficiar de él, dadas sus estrictas condiciones de aplicación. Un criterio de exclusión de esta terapia es la de seguir fumando puesto que representa un grave peligro.

La rehabilitación cardiorrespiratoria hace acopio de numerosas técnicas, ejercicios y cuidados que tienen como mantener la permeabilidad de la vía aérea, mejorar la ventilación y aumentar la eficacia de los músculos respiratorios haciendo mejorar la capacidad de ejercicio de los pacientes con esta patología y muchas otras más, y producir una mejoría en la calidad de vida de estas personas. Los resultados positivos se mantendrían en el tiempo con la práctica de ejercicios domiciliarios. Es cierto, que para mantener los efectos en el tiempo es imprescindible un compromiso del paciente dando lugar una buena adherencia al tratamiento, si no los efectos no son perdurables en el tiempo.

### **Epidemiología de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica**

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la EPOC supone la tercera causa de muerte en el mundo. Ya en el año 2019 ocasionó la friolera de 3,23 millones de defunciones en el mundo. España no se aleja de los datos a nivel mundial puesto que se sitúa como la cuarta causa de muerte, afectando al 11,8% de la población mayor de 40 años. Pese a estos datos se estima que el 74,7% de los pacientes con EPOC permanecen sin diagnosticar.(8)

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica genera un gasto en España de 1.176 millones euros al año en España. Esta cantidad representa en torno al 2% del presupuesto del Ministerio de Sanidad y Política Social, representando el 0,25% del PIB del país.(9)

### **Musculatura respiratoria**

El sistema respiratorio se puede dividir en dos componentes esenciales, por un lado, los pulmones, constituidos

por las vías aéreas que se encargan de la conducción y acondicionamiento del aire que tomamos del medio y el parénquima pulmonar que es el que se encarga del intercambio gaseoso. Por otro lado, la bomba ventilatoria que es controlada por los centros respiratorios mediante conexiones nerviosas aferentes y eferentes que se conectan con los músculos respiratorios y las estructuras óseas del tórax. Los músculos respiratorios representan la parte activa de esta bomba ventilatoria, que permite movilizar volúmenes de aire con el objetivo de realizar el intercambio gaseoso.(10)

La musculatura respiratoria, tanto inspiratoria como espiratoria, son musculatura estriada esquelética y realizan la función esencial de mantener la ventilación con un trabajo continuo. Esto implica mover una estructura elástica bastante compleja, como es el tórax, y así lograr la entrada de aire hacia los pulmones y favorecer el intercambio gaseoso. Son varios los músculos que participan en el acto de respirar, lo que exige que interactúen de manera sincrónica a pesar de su ubicación anatómica, orientación geométrica e inervación motora diferentes. (10)

Los músculos de la pared torácica son principalmente los encargados de respiración, aunque en otros músculos extratorácicos también se ven implicados, como es el caso del pectoral mayor y el serrato anterior en las inspiraciones profundas. En la respiración basal, las dimensiones de la caja torácica se modifican por acción de la musculatura respiratoria. De acuerdo a su función podemos dividir a la musculatura respiratoria en los siguientes grupos:

### **Musculatura inspiratoria agonista**

#### *Diafragma*

El músculo diafragma del tórax también denominado diafragma torácico. Este músculo constituye una barrera anatómica que divide el tronco en tórax, con sus estructuras como el mediastino, del abdomen. Funciona durante la respiración cuando se contrae para ampliar la cavidad torácica y producir una presión negativa intratorácica para que los pulmones puedan expandirse y producir el llenado alveolar. Es un músculo con forma de cúpula que resulta indispensable para la respiración, siendo el principal músculo inspiratorio. La contracción del diafragma es responsable del 75-80% del movimiento inspiratorio. Durante la inhalación, el diafragma se contrae y es empujado inferiormente hacia la cavidad abdominal, donde aparece plano. Al mismo tiempo, la musculatura intercostal externa que se sitúa entre las costillas, eleva la pared torácica anterior como las asas de un cubo. El resultado es que la cavidad torácica se hace más grande y ancha, permitiendo la entrada de aire desde el exterior a través de las vías aéreas superiores. En la espiración, la caja torácica y la pared torácica realizan un descenso antero-inferior volviendo a su posición original. Durante la espiración también se produce la relajación y elevación del diafragma. Este conjunto de movimientos hace que el aire abandone los pulmones para su posterior salida del cuerpo. Podemos ver el diafragma en la figura 2 en una vista inferior desde la región abdominal. (11)(12)

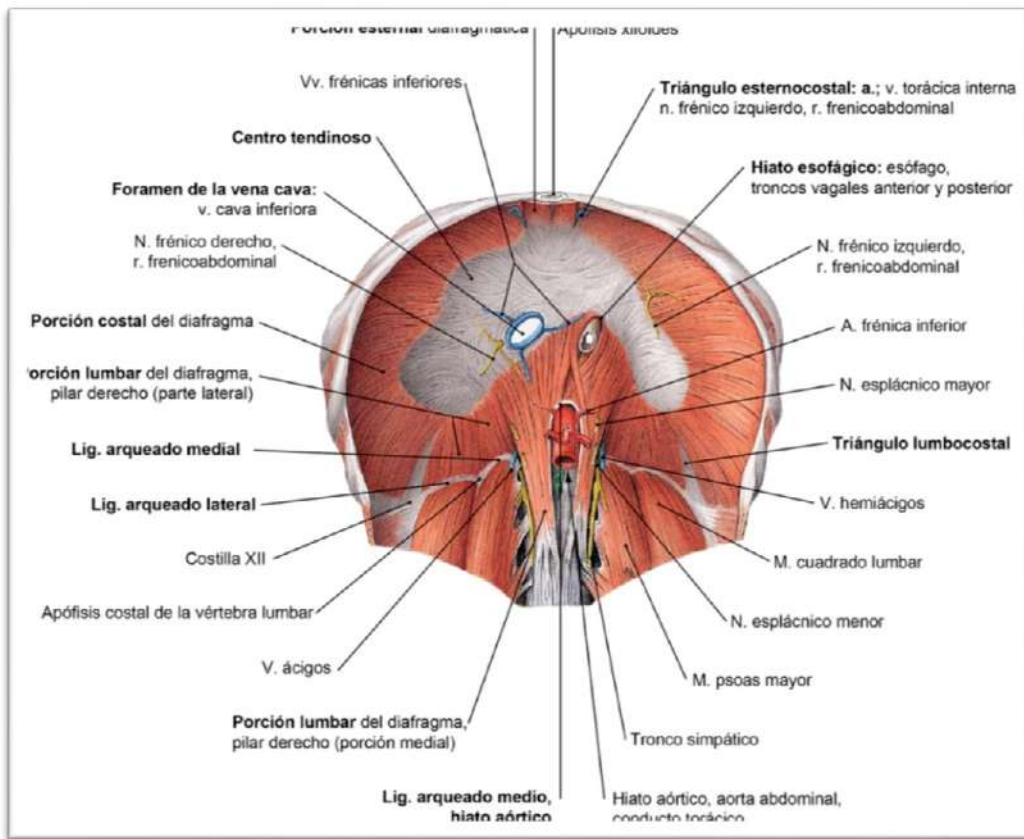


Figura 2. Diafragma (13).

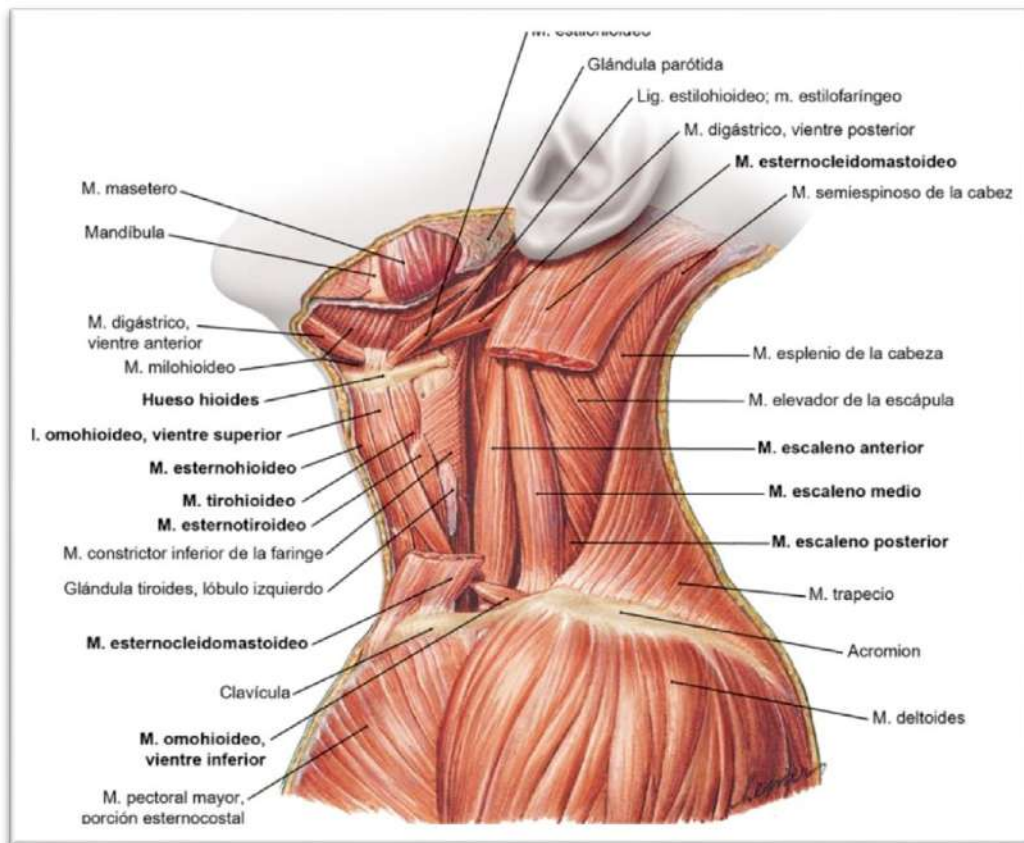


Figura 3. Musculatura del cuello. Vista lateral. (13).

### Intercostales externos

Su origen se emplaza en las costillas, desde la 1 a la 11, y se van a insertar en las costillas de la 2 a la 12. La ordenación de sus fibras se orientan hacia la línea media anterior y cada espacio intercostal comprende una costilla cefálica y una caudal, es decir una costilla superior y otra inferior. Por lo tanto, la contracción conjunta de todos los músculos intercostales externos tiene la capacidad de traccionar la costilla inmediatamente inferior en sentido caudocefálico y las rota anteriormente. El objetivo final de esta contracción es la expansión de la caja torácica. Por su función, se define a los músculos intercostales externos como musculatura agonista de la inspiración. Podemos ver los músculos intercostales externos en la figura 4. (10)(12)

**Escalenos:** Esta musculatura se encuentra inervada por los nervios espinales cervicales de C4 a C6. La contracción produce la elevación de la primera y la segunda costilla, contribuyendo a la expansión de la caja torácica a lo largo del eje anteroposterior, así como el eje cefálico-caudal durante inspiraciones realizadas de forma tranquila. Se pueden apreciar los músculos escalenos desde distintas vistas en las figuras 2 y 3. (12)

### Musculatura accesoria de la inspiración

La mayor parte de los músculos del cuello, cintura escapular y parte superior del tórax intervienen en la inspiración en circunstancias de alta demanda.

### Esternocleidomastoideo

Como podemos ver en la figura 3 se originan en las apófisis mastoides bilaterales, y se insertan en la cara interior del manubrio esternal y en el tercio medio clavicular. La contracción simultánea de ambos músculos esternocleidomastoideos eleva las clavículas y el esternón. A continuación, en la figura 3 podemos ver una visión lateral del cuello donde se muestra un corte de esta musculatura. (12)

### Dorsal ancho

Su extensión parte de las últimas cuatro costillas, cresta ilíaca y apófisis espinosas de las últimas vértebras dorsales y

las vértebras lumbares hasta la corredera bicipital del húmero. Si su contracción se realiza tomando como punto fijo el húmero interviene en la elevación de las costillas ayudando en la inspiración.(12)

### Musculatura espiratoria

En situaciones de baja intensidad o baja demanda, la actividad muscular imperante corresponde con la musculatura agonista. Durante un esfuerzo respiratorio elevado como puede ser en situaciones de disnea o ejercicio físico, los músculos espiratorios también se activan. El grupo de músculos que se consideran espiratorios está integrado por los abdominales, los intercostales internos y el triangular del esternón.

### Abdominales

Realizan su contracción durante la espiración. Comienzan su contracción con un reclutamiento inicial de la musculatura transversa del abdomen y, posteriormente reclutando el resto de los músculos abdominales. Esto produce una reducción del volumen del tórax y con ello promoviendo una espiración activa. La contracción de la musculatura abdominal mejora el rendimiento del diafragma. El músculo transverso del abdomen es considerado como el principal músculo espiratorio. Su función es la de realizar un acercamiento céfalo-caudal, comprimiendo el abdomen y acercando las costillas interiores.

### Intercostales internos

Se localizan en un plano inferior a los músculos intercostales externos. El origen de estos músculos se localiza en las costillas 2 a la 12 y se insertan en las costillas desde la 1 a la 11. (12) Cuando se contraen estos músculos, mueven cada costilla en sentido caudal, por lo que se disminuyen las dimensiones transversales de la caja torácica, ejerciendo una función espiratoria. Se reclutan sus fibras musculares cuando existe una demanda espiratoria intensa, durante el ejercicio físico o la tos. En la figura 4 se muestra una vista de los músculos intercostales internos.

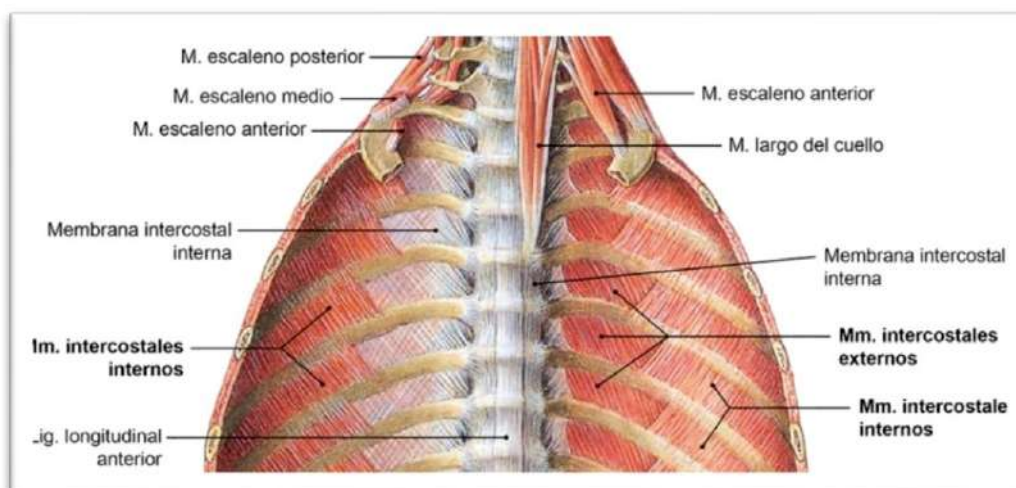


Figura 4. Pared posterior del tronco, cavidad torácica. Vista ventral. (13).

**Triangular del esternón**

Se trata de un músculo de dimensiones planas que al realizar una contracción provoca un descenso de las costillas, además de un desplazamiento cefálico del esternón y un estrechamiento del tórax, lo que aumenta la presión pleural y disminuye el volumen pulmonar. Por lo tanto, esta musculatura va a tener una función espiratoria. (10)

**OBJETIVOS**

El objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar el papel que pueda suponer el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en el pronóstico, tratamiento y, sobre todo, en la calidad de vida de los pacientes que conviven con la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

**METODOLOGÍA**

**Estrategia de búsqueda**

El presente trabajo se trata de una revisión bibliográfica de diversos estudios científicos sobre la implicación de la musculatura inspiratoria en el tratamiento de pacientes con EPOC. Para su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA para la correcta realización de revisiones sistemáticas.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en el mes de agosto de 2022. Las bases de datos en las que realizó la búsqueda fueron Pubmed y PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*).

Los descriptores utilizados para la búsqueda fueron los términos *COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)* e *Inspiratory muscle training*, acotados únicamente al título de los artículos. Los términos fueron unidos por el operador booleano AND. Con el objeto de obtener las aportaciones más novedosas sobre el tema se restringió la búsqueda a los estudios publicados en los últimos 5 años, acotando los resultados desde 2018, inclusive, hasta la actualidad.

En esta búsqueda se obtuvieron 80 resultados, concretamente 47 resultados en PubMed y 33 en PEDro. Antes de proceder a la selección de artículos, se definieron los criterios de inclusión y exclusión.

**Criterios de inclusión**

- Tratarse de investigaciones empíricas, incluyendo ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados.
- Estudios publicados en los últimos 5 años.
- Los idiomas seleccionados para su inclusión fueron inglés y español.
- Disponibilidad de texto completo y de libre acceso.

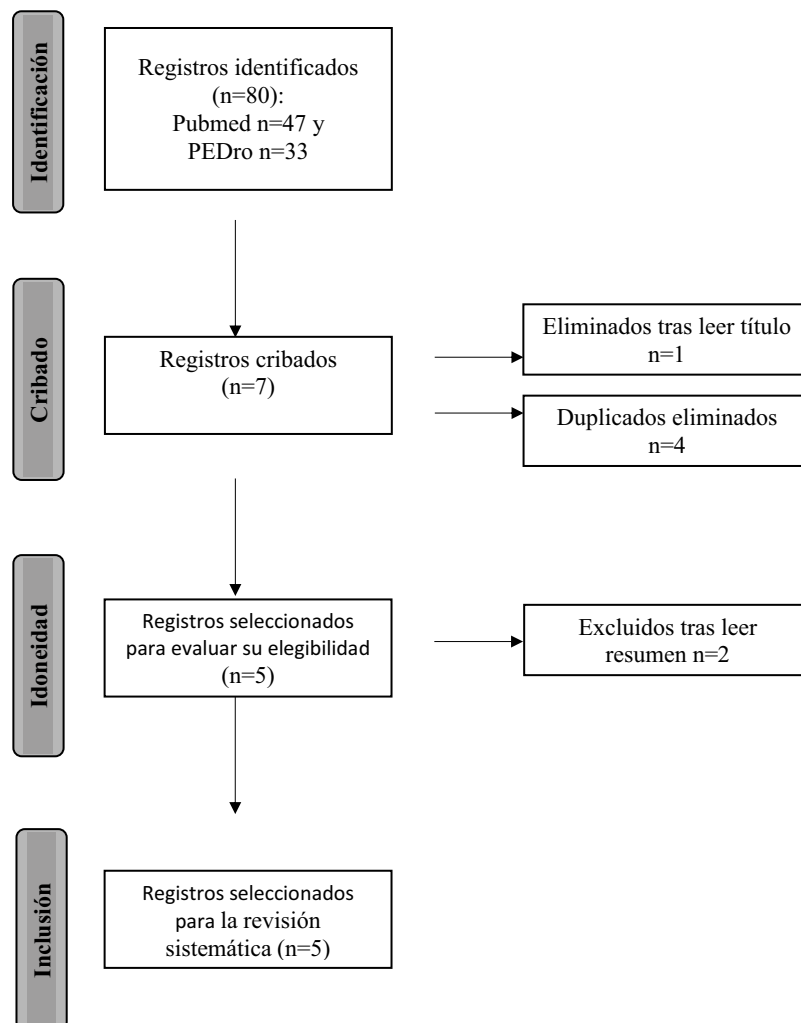


Figura 5. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios analizados. (14).

### Criterios de exclusión

- Tratarse de revisiones, estudios de caso único, libros o manuales.
- Estudios que no estuviesen disponible en alguno de los idiomas incluidos.
- Estudios repetidos.
- Estudios que no se ciñesen al objetivo propuesto.

Según estos criterios, y solo con la lectura del título, se consideraron adecuados 7 artículos (tras eliminar cuatro duplicados entre las dos bases de datos). Se procedió a leer el resumen y, a partir de esta lectura, se descartaron 2, principalmente por no ajustarse al objetivo planteado. Finalmente, 5 artículos cumplieron los criterios de inclusión y se seleccionaron para llevar a cabo la revisión sistemática. Este proceso queda resumido en la Figura 5, que se trata del diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios analizados.

### Criterios para considerar los estudios para esta revisión

#### Tipos de estudios

Para llevar a cabo esta revisión se han incluido ensayos clínicos aleatorizados teniendo en cuenta, como se ha mostrado previamente, que el año de publicación haya sido posterior a 2017, y que el idioma de en el que se haya escrito sea inglés o español, en este caso ha coincidido que todas las publicaciones seleccionadas han sido escritas en inglés.

#### Tipo de participantes

En los estudios seleccionados se tuvieron en cuenta individuos mayores de edad, con 18 años o más, de ambos sexos, sin hacer distinciones de etnia y que en la actualidad padecieran EPOC y que estuviera estabilizado.

#### Tipos de intervención

Las intervenciones de los estudios seleccionados deben contar con un programa de rehabilitación que incluya IMT (*Inspiratory Muscle Training* o *entrenamiento de la musculatura inspiratoria*), de forma exclusiva o como complemento a un programa de rehabilitación. Pudiéndose realizar estas intervenciones tanto en entornos hospitalarios, ambulatorios, comunitario e, incluso, domiciliarios.

No se incluyen restricciones en relación a la duración, intensidad o contenido del programa de entrenamiento.

### Valoración de la calidad metodológica de los estudios

Con el objeto de valorar la calidad metodológica de los presentes estudios, se ha hecho uso de la escala PEDro. Esta escala se basa en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht. (15) Esta escala nos facilita la tarea de identificar los ensayos con suficiente validez metodológica. La escala tiene en cuenta 11 criterios para realizar esta categorización y que se detallan en la figura 4. Cada ítem que se señale afirmativamente puntúa

### Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
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)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
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	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
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"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

Figura 6. Escala PEDro (16).

con 1 punto y si se responde con un “no” le corresponderán 0 puntos, hasta un máximo de 10 puntos. Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple sin ningún lugar a dudas. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio. (16)

## DESARROLLO

### Selección de los estudios

En total de nuestra búsqueda se obtuvieron 80 estudios entre las diferentes bases de datos analizadas, correspondiendo 47 a Pubmed y 33 a PEDro.

Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, obtuvimos 7 artículos seleccionables para la revisión. A partir de aquí se realizó una lectura de títulos y se descartó uno de ellos que no consideramos relevante para este estudio. Después de excluir los 4 estudios que aparecían por duplicado en ambas bases de datos quedaron 7 artículos. Así mismo, se hizo una lectura de los resúmenes de estos 7 artículos quedando excluidos dos de ellos.

Finalmente, se procede al análisis del texto completo para confirmar que cumplen todos los criterios de inclusión descritos, quedando un total de 5 ensayos clínicos. El proceso de selección de los artículos se refleja en el diagrama de flujo PRISMA que se muestra en la figura 2.

### Calidad metodológica de los ensayos incluidos

Los estudios seleccionados obtuvieron todos puntuación de 7 sobre 10 en la escala PEDro de calidad metodológica. Estos estudios muestran déficits en el ciego de terapeutas, puesto que los terapeutas solo se consideran “cegados” si se puede considerar que no han distinguido entre los trata-

mientos aplicados a los distintos grupos. A pesar de esto, todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.

### Protocolos de intervención de los ensayos incluidos

En relación a los protocolos de intervención de los distintos estudios seleccionados existen numerosas similitudes, como podemos observar en la tabla 2.

Los participantes de estos estudios fueron pacientes diagnosticados de EPOC entre moderado y muy severo, en un estado clínicamente estable de su patología. Todos ellos fueron personas mayores de edad y de ambos sexos, a excepción del trabajo de Tounsi que solo incluyó varones como participantes de su estudio.

Todos estos artículos son ensayos clínicos aleatorizados, todos ellos presentan ciego simple o doble ciego. En los 5 estudios cuentan con dos grupos, un grupo control y otro de entrenamiento de la musculatura inspiratoria. En los grupos de control, a excepción del perteneciente al estudio de Langer que realiza un entrenamiento simulado, han incluido a los pacientes en un programa de rehabilitación. Al igual que los grupos control, los pacientes incluidos en el grupo de intervención llevaron a cabo el mismo programa de rehabilitación y, además, se les incluyó el entrenamiento de la musculatura inspiratoria o IMT.

La duración de la intervención varía entre los distintos ensayos, pero en todos ellos es bastante similar, abarcando desde las 3 semanas de duración hasta las 8 semanas en 2 de ellos. La periodicidad varía entre 3 veces hasta 7 veces por semana.

La ubicación de las sesiones varía en los distintos ensayos. Toma lugar únicamente en ambiente hospitalario en los trabajos de Schultz y Beaumont. Mientras que en los de

Tabla 2. Resumen intervención de los estudios analizados.

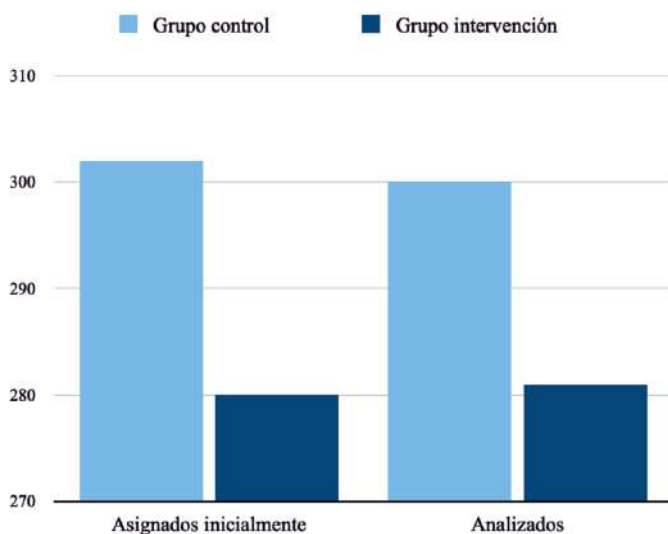
	Población	Grupos	Intervención	Periodo	Frecuencia	Duración	Sesiones	Lugar
<b>Schultz et al (17)</b>	602 pacientes con EPOC (H:389; M:213) Edad 57.8±7.4 años	Control  Intervención	Programa de rehabilitación  Programa de rehabilitación + HIIT en musculatura inspiratoria	3 semanas	3 veces/sem	21 min	9 sesiones	Hospital
<b>Langer et al (18)</b>	20 pacientes con EPOC (H:7; M:13) Edad 70±7 años	Control  Intervención	Entrenamiento simulado  IMT	8 semanas	7 veces/sem	4-5 min	56 sesiones	Domicilio
<b>Charususin et al (19)</b>	219 pacientes con EPOC (H:95; M:124) Edad 66±8 años	Control  Intervención	Programa de rehabilitación Programa de rehabilitación + IMT	—	3-5 veces/sem	60 min	Entre 20 y 36 sesiones	Hospital + domicilio
<b>Beaumont et al (20)</b>	149 pacientes con EPOC (H:94; M:55) Edad 64±8 años	Control  Intervención	Programa de rehabilitación Programa de rehabilitación + IMT	4 semanas	5 veces/sem	30 min	20 sesiones	Hospital
<b>Tounsi et al (21)</b>	35 pacientes con EPOC (H:35) Edad 62±5 años	Control  Intervención	Programa de rehabilitación Programa de rehabilitación + IMT	8 semanas	7 veces/sem	10-15 min	56 sesiones	Hospital + domicilio

Charususin y Tounsi se realiza parte de la intervención en el hospital y otra parte en el propio domicilio del paciente. Y en último lugar, solo en el estudio de Langer la totalidad de la intervención la realiza el paciente de forma autónoma en su propio domicilio.

### Características de los estudios

Se han incluido un total de cinco ensayos clínicos aleatorizados, los cuales cuentan con la cantidad de 1025 participantes en conjunto. En estos estudios comparan grupos de rehabilitación cardiopulmonar basadas en ejercicio físico y grupos de intervención en los que se realizan programas de rehabilitación similares, añadiendo un entrenamiento específico de la musculatura inspiratoria.

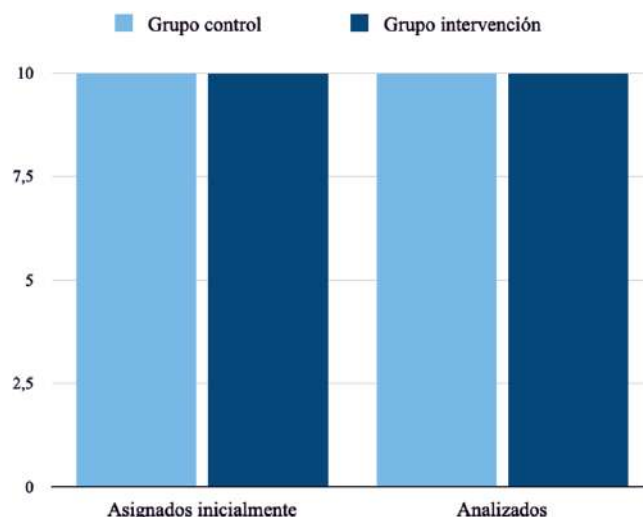
En cuanto a la muestra poblacional inicialmente, el número de sujetos aleatorizados en el estudio de Schultz (17) (en adelante estudio 1), como vemos en la gráfica 1, fueron 602 participantes, de los cuales tras la aleatorización fueron asignados 602 al grupo control y los otros 300 al grupo de intervención, realizando entrenamiento específico de la musculatura inspiratoria. De estos 602 participantes finalizaron sus correspondientes programas de rehabilitación 561 individuos, correspondiendo 280 al grupo control y 281 al grupo de intervención.



Gráfica 1. Número de participantes asignados a cada grupo inicialmente y finalmente analizados del estudio 1.

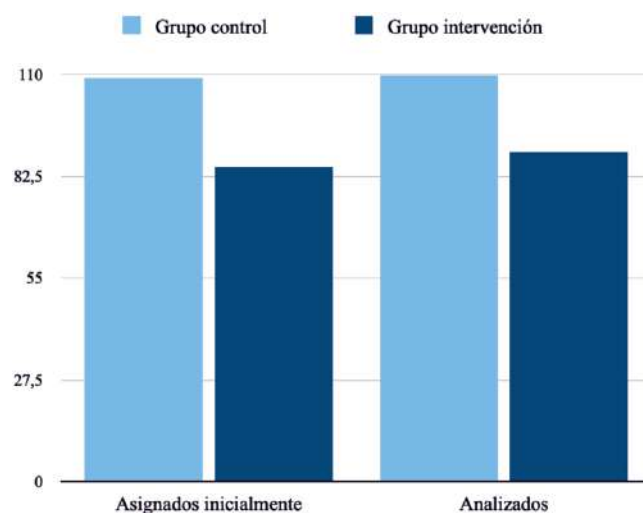
El siguiente estudio analizado, de aquí en adelante estudio 2, es el correspondiente al autor Langer (18). En este estudio se seleccionan inicialmente 20 participantes que se distribuyen aleatoriamente 10 de ellos en el grupo control y, los 10 restantes en el grupo de intervención. En este caso, el número inicial de participantes coincide con el número de ellos que finalmente fueron analizados. Estos datos los podemos ver representados en la gráfica 2.

En el trabajo que hemos nombrado como estudio 3, del grupo belga de Charususin (19). Como vemos en la gráfica 3, inicialmente cuenta con la segunda muestra más numerosa después de la de Schultz con 219 participantes. Esta muestra se divide en los grupos control con 109 integrantes y el grupo de intervención con 110. Finalmente son anali-

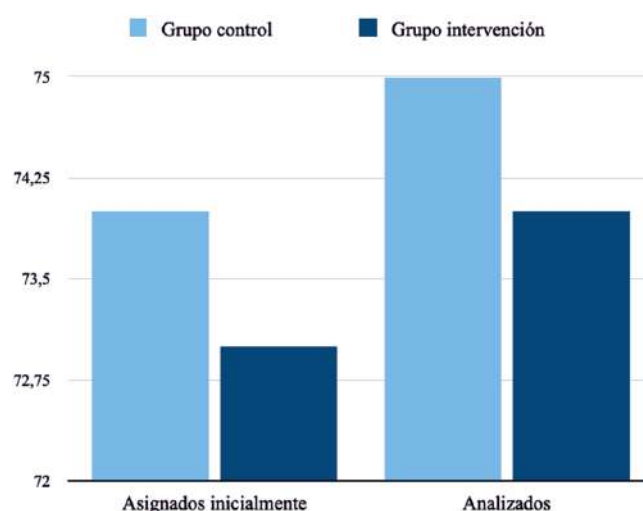


Gráfica 2. Número de participantes asignados a cada grupo inicialmente y finalmente analizados del estudio 2.

zados 174, siendo 85 de ellos del grupo control y 89 del grupo de intervención.



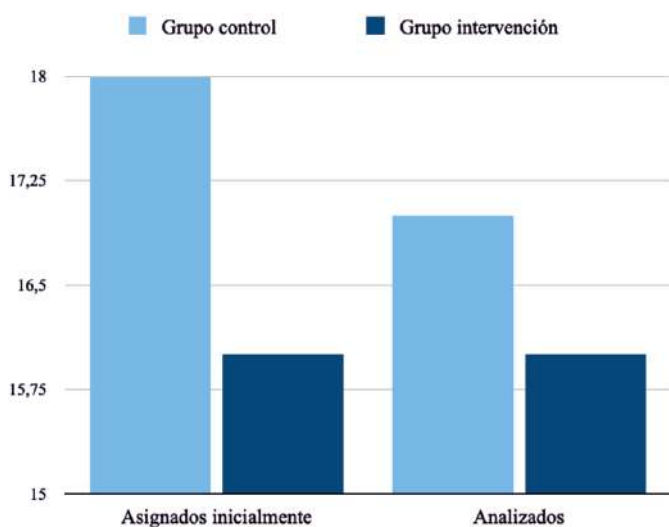
Gráfica 3. Número de participantes asignados a cada grupo inicialmente y finalmente analizados del estudio 3.



Gráfica 4. Número de participantes asignados a cada grupo inicialmente y finalmente analizados del estudio 4.

A continuación, mostramos en la gráfica número 4 la relación de participantes del grupo francés liderados por Beaumont (20) que a partir de este punto pasará a ser el estudio 4. Inicialmente la muestra contaba con un total de 149 integrantes. De esos 149, 74 fueron asignados al grupo control y 75 de ellos fueron incluidos en el grupo de intervención. Al final del estudio pudieron ser analizados 147 de los 149 que comenzaron, quedando distribuidos 73 en el grupo control y 74 en el grupo de intervención.

Finalmente, representado en la gráfica 5, tenemos el estudio 5 que corresponde al trabajo de Tounsi (21) del año 2021. En este estudio contaron con una muestra de 35 participantes, distribuidos en grupo control y de intervención, 17 y 18 participantes respectivamente. Y concluyeron el análisis con un total de 32 participantes, perteneciendo 16 de ellos a cada grupo del estudio.



Gráfica 5. Número de participantes asignados a cada grupo inicialmente y finalmente analizados del estudio 5.

En lo relativo al sexo de los sujetos participantes, del total de los 1025 integrantes de estos estudios seleccionados 620 eran hombres en contraposición a los 405 que eran mujeres. En definitiva, estas cifras suponen que el 60,5% de los participantes eran hombres y el 39,5 eran mujeres.

La edad media de estos estudios varía entre cada uno de ellos, abarcando un margen desde los 57.8±7.4 años en el estudio 1 hasta los 70±7 años del estudio 2. Entre medias de estos 2 estudios encontramos en primer lugar al estudio 5 con 62±5 años, seguido por el estudio 4 con 64±8 años y, por último, el estudio 3 con una media de 66±8 años. En conjunto nos topamos con una edad media de ±64 años de edad.

Así como la edad y el sexo en los distintos estudios se recopilan diversas características físicas y demográficas entre otras que nos aportan información sobre el estado basal de los pacientes incluidos en los estudios. Entre los parámetros más representados en los distintos estudios seleccionados para esta revisión destacan los siguientes:

- Edad
- Sexo

- IMC o BMI
- FEV<sub>1</sub>
- 6MWT
- Escala GOLD
- Plmáx

En los anexos 1, 2, 3, 4 y 5 pueden encontrarse estas características de los pacientes de cada estudio por separado.

### Principales hallazgos

Puede verse un resumen de los principales resultados obtenidos en cada estudio en la tabla 2 de comparación de los principales hallazgos.

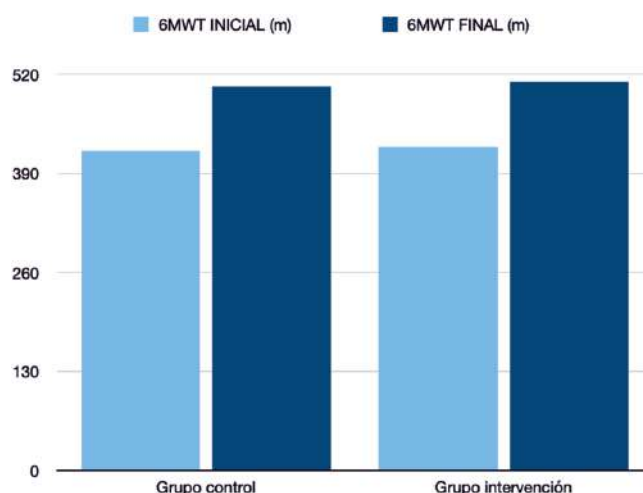
### 6MWD

El test de los seis minutos caminando fue descrito por Gu-yatt y colaboradores (22). Es un test que en un principio demostró bastante utilidad en la evaluación de la tolerancia al ejercicio físico en pacientes con patología respiratoria crónica, y posteriormente se utilizó para evaluar el impacto terapéutico en pacientes con fallo cardiaco. Hoy en día, se ha convertido en una herramienta eficaz para la evaluación de la capacidad funcional y el pronóstico de morbilidad en el paciente cardiovascular.

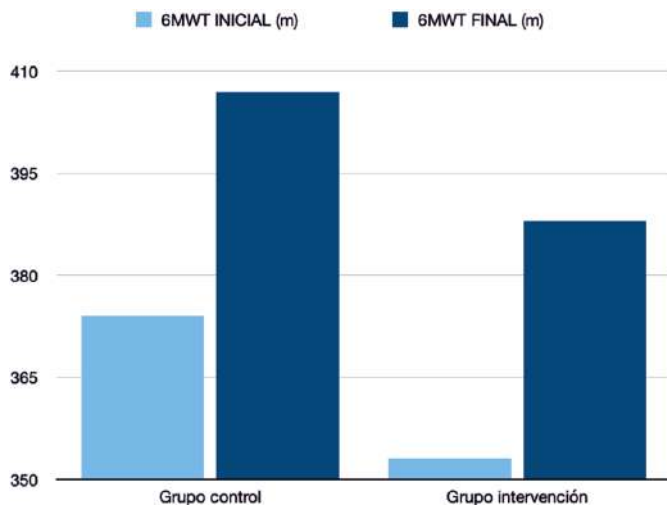
El test de los seis minutos caminando es una prueba cardiopulmonar validada, de bajo costo, no invasiva, reproducible, bien tolerada y aproximadamente equivalente al primer umbral ventilatorio.

Esta prueba nos permite evaluar de forma global no solo la respuesta de los sistemas cardiovascular y pulmonar, sino de todos los demás sistemas involucrados en el intercambio gaseoso. El resultado de esta prueba, generalmente se cita como el número de metros recorridos en seis minutos y el porcentaje correspondiente de un predicho teórico calculado teniendo en cuenta la edad y los parámetros antropométricos del paciente. (23)

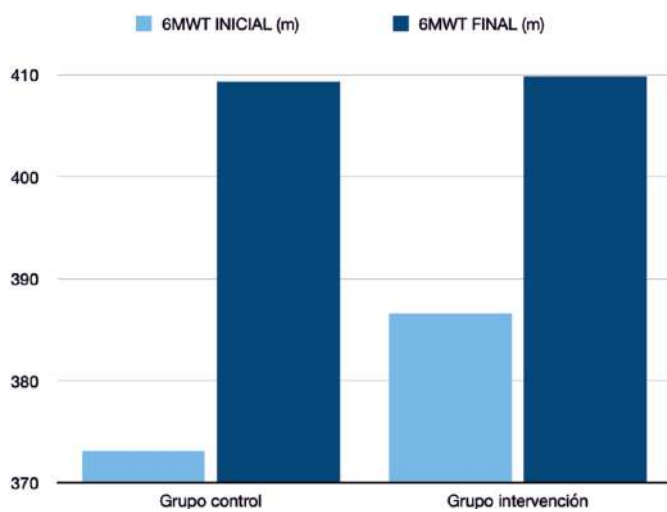
6MWD es uno de los parámetros medidos en casi todos los trabajos analizados en esta revisión, a excepción del estudio



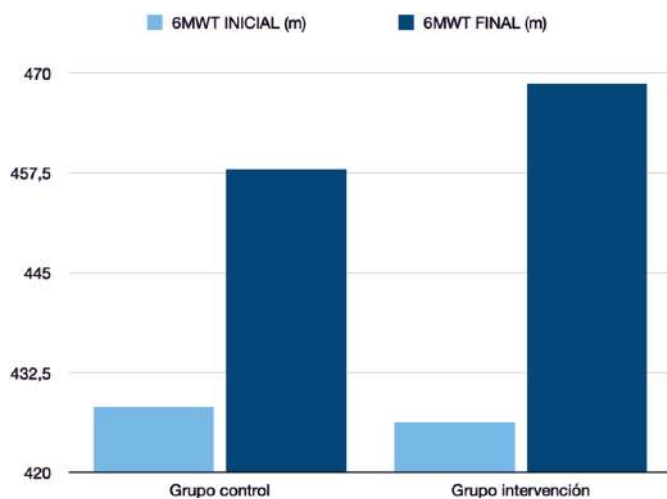
Gráfica 6. Comparación 6MWD al inicio y al final del estudio 1.



Gráfica 7. Comparación 6MWD al inicio y al final del estudio 3.



Gráfica 8. Comparación 6MWD al inicio y al final del estudio 4.



Gráfica 9. Comparación 6MWD al inicio y al final del estudio 5.

dio 2. En las gráficas desde la seis hasta la nueve podemos ver la progresión de los pacientes pre y post intervención en ambos grupos, tanto control como de intervención, en estas gráficas se compara las distancias medida en metros obtenidas en los test 6MWD de cada estudio. No podemos apreciar en ninguno de los estudios en los que se ha estudiado este test una diferencia significativa en lo que a este

parámetro se refiere. En líneas generales, si existe mejoría de los metros recorridos en este test, pero es semejante en grupos control y de intervención, sin destacar uno por encima del otro.

### FEV<sub>1</sub>

FEV<sub>1</sub> (Forced expiratory volume in 1 second) o volumen espiratorio forzado en 1 segundo, se trata de una medida que se obtiene al realizar una espirometría, también conocida como prueba de función pulmonar. Este parámetro viene a medir la cantidad de aire que es capaz de expulsar el paciente de sus pulmones a través de una espiración forzada en un segundo.

Aunque ninguna medida fisiológica puede captar los múltiples factores que elevan el riesgo de mortalidad en pacientes con EPOC, la disminución del FEV<sub>1</sub> representa una asociación sobradamente establecida con el aumento de la mortalidad en el caso concreto de esta enfermedad. (24)

También este parámetro nos ayuda a clasificar la gravedad de la EPOC en cada uno de los casos, aunque dependiendo de las diferentes sociedades científicas esta clasificación puede ser distinta, dependiendo de la guía de referencia que usemos.

Según la GOLD se medirá la gravedad de la obstrucción teniendo en cuenta la FEV<sub>1</sub> obtenida en la espirometría en los siguientes estadios:

GOLD 1: Leve = FEV<sub>1</sub> > 80%

GOLD 2: Moderada = 50% < FEV<sub>1</sub> < 80%

GOLD 3: Grave = 30% < FEV<sub>1</sub> < 50%

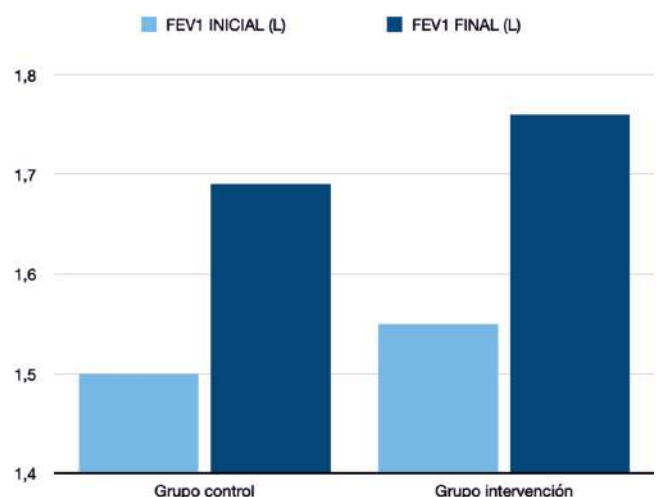
GOLD 4: Muy grave = FEV<sub>1</sub> < 30%

Y, en cuanto a la SEPAR se refiere, la clasificación que tiene en cuenta es la que se presenta a continuación:

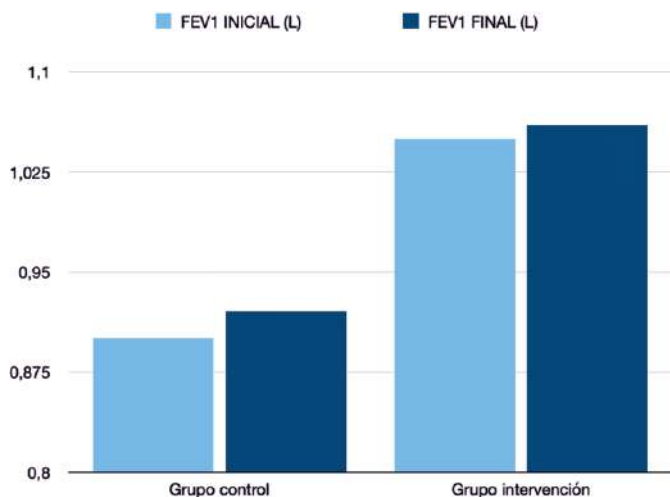
EPOC leve: FEV<sub>1</sub> 60-80%

EPOC moderada: FEV<sub>1</sub> 40-59%

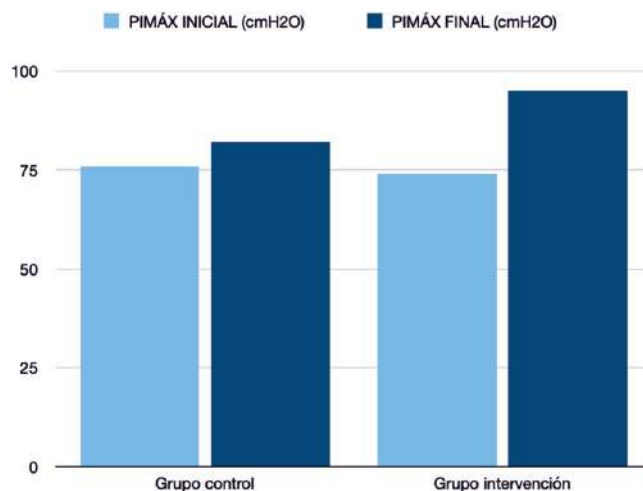
EPOC grave: FEV<sub>1</sub> <40%



Gráfica 10. Comparación FEV<sub>1</sub> al inicio y al final del estudio 1.



Gráfica 11. Comparación FEV<sub>1</sub> al inicio y al final del estudio 2.



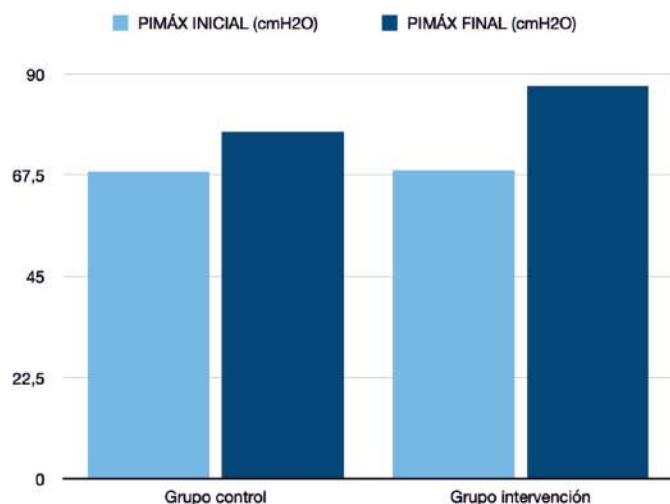
Gráfica 13. Comparación PI<sub>máx</sub> al inicio y al final del estudio 2.

En los estudios analizados únicamente dos de ellos, los estudios 1 y 2, han hecho un control en la FEV<sub>1</sub> al inicio y final del protocolo y estudiar si su variación es significativa. En estos casos solo fue significativo, como veremos en las gráficas 10 y 11, en el estudio 1. En el resto de los estudios solo toman de referencia este parámetro para comprobar la clasificación de los sujetos dentro de las distintas escalas.

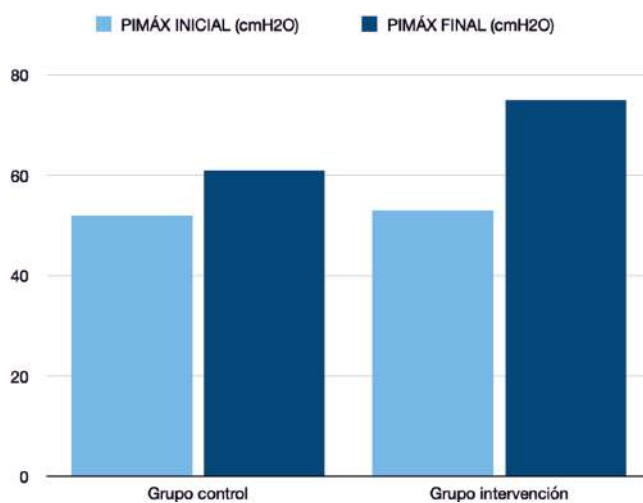
**PI<sub>máx</sub>**

La Presión Inspiratoria Máxima o PI<sub>máx</sub> es la máxima presión pulmonar negativa que los músculos inspiratorios son capaces de generar al realizar una inspiración forzada. Esta prueba permite valorar, de forma sencilla y global, la fuerza de la musculatura inspiratoria del paciente. Su conocimiento es de una relevancia destacable, puesto que nos permite compararlo con valores de referencia publicados, utilizarlo en la programación del entrenamiento inspiratorio y comprobar su evolución a lo largo del tiempo, nos permite valorar la efectividad de un programa de rehabilitación respiratoria o del entrenamiento inspiratorio, como hemos visto en los estudios analizados.

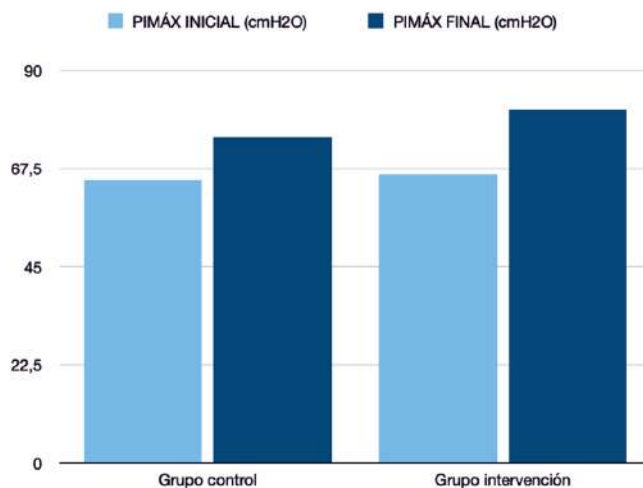
La evaluación de la fuerza de los músculos inspiratorios mediante la PI<sub>máx</sub> constituye uno de los principales procedi-



Gráfica 12. Comparación PI<sub>máx</sub> al inicio y al final del estudio 1.

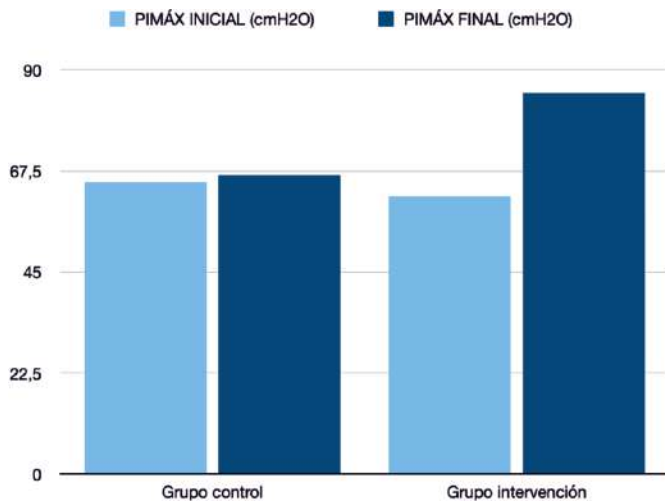


Gráfica 14. Comparación PI<sub>máx</sub> al inicio y al final del estudio 3.



Gráfica 15. Comparación PI<sub>máx</sub> al inicio y al final del estudio 4.

mientos no invasivos empleados, puesto que nos permite diagnosticar y cuantificar la gravedad de la debilidad de los músculos respiratorios. Este es un examen no invasivo, fácilmente realizable, con un coste moderado, reproducible, tiene valores de referencia normales en niños y adultos, que dependen de la edad, género, posición, volumen pulmonar y características de la pieza bucal. (25)



Gráfica 16. Comparación  $PI_{m\acute{a}x}$  al inicio y al final del estudio 5.

En relación a los valores de  $PI_{m\acute{a}x}$  en los estudios analizados, en todos existe diferencia significativa entre los valores iniciales y finales, corroborando un aumento de fuerza y por lo tanto de función inspiratoria. Estos resultados podemos verlos en las comparaciones de grupos control y experimental de las gráficas de la 12 a la 16.

## Disnea

La ATC o American Thoracic Society define la disnea como "una experiencia subjetiva del malestar ocasionada por mecanismos respiratorios que engloban sensaciones cualitativamente distintas que varían con la intensidad".

La disnea puede hacerse visible en la clínica por el uso de musculatura accesoria de la inspiración, es decir, normalmente en el ciclo respiratorio intervienen el diafragma y los intercostales externos, pero cuando existe dificultad respiratoria se hace uso de la denominada musculatura accesoria que corresponde con los esternocleidomastoideos, escalenos, serratos anteriores, entre otros.

La disnea es un síntoma muy común de los pacientes con enfermedad crítica aguda o crónica, por lo tanto, si un paciente tiene disnea es un indicativo de gravedad. En la actualidad se ha destacado en los casos de enfermos por la COVID-19.

Una de las características más reseñables de la disnea es el aumento de la frecuencia respiratoria. En adultos sanos la frecuencia respiratoria suele estar entre 12 y 20 respiraciones por minuto, mientras que para decir que una persona presenta disnea debe ser superior a 20 respiraciones por minuto.

ESCALA DE BORG MODIFICADA		
	0	Reposo
	1	Muy muy suave
	2	Muy suave
	3	Suave
	4	Algo duro
	5	Duro
	6	Más duro
	7	Muy duro
	8	Muy muy duro
	9	Máximo
	10	Entrenamiento máximo

Figura 7. Escala de Borg modificada. Elaboración propia.

La disnea suele tener origen respiratorio o cardiaco, aunque también puede aparecer en personas sanas por diversos motivos como puede ser al realizar ejercicio, por estrés, ansiedad o histeria. Las causas fisiopatológicas de la disnea pueden ser:

- **Trabajo respiratorio:** por un aumento del trabajo respiratorio que se produce por debilidad muscular, principalmente de la musculatura respiratoria. Este hecho es característico de determinadas enfermedades neuromusculares, anemia y caquexia.
- **Alteración de la función química respiratoria:** Se da principalmente por insuficiencia respiratoria.
- **Disociación neuromecánica:** Se produce cuando no existe correspondencia entre el centro respiratorio y los sensores pulmonares.

La escala de Borg que también conocida por sus siglas en inglés *Borg Rating of Perceived Exertion* o RPE. Se trata de un instrumento visual que fue creado con el propósito de medir la percepción de esfuerzo, la intensidad y volumen de la actividad física, por lo que es una buena herramienta para evaluar el nivel de exigencia en cada entrenamiento. Fue propuesta y diseñada por Gunnar Borg un médico de procedencia sueca, quien creó la primera tabla conocida como la versión clásica en 1973. Más tarde, en 1982 se ideó la escala que se utiliza hoy en día. La escala de Borg tiene aproximadamente 30 años de aplicarse en los laboratorios de evaluación de ejercicio, pero en los últimos diez años se ha extendida mucho más su uso en el ámbito clínico.

Esta escala relaciona el esfuerzo físico percibido por el paciente con un valor numérico entre 0 y 10 en la escala modificada, y entre 0 y 20 en la escala clásica. Junto a la escala de Borg es usual que aparezcan unos pictogramas que asocian el nivel de esfuerzo con representaciones de caras con aspecto de mayor o menor esfuerzo. A continuación, en la figura 7 se corresponde con una escala Borg modificada. (26)(27)

Como podemos ver en la tabla dos se trata de un conjunto de estudios con una distribución temporal parecida, entre 2018 y 2021. En todos estos estudios analizados se presentan metodologías similares en las que se distribuyen a los participantes de manera equitativa, prácticamente 1:1 en los grupos control e intervención y la asignación de los pacientes en estos grupos a través de, como mínimo, un ciego simple.

En líneas generales, en los objetivos presentados destaca la evaluación de efectos del entrenamiento de la musculatura inspiratoria o IMT en pacientes que presentan un diagnóstico de EPOC en una fase estable.

En cuanto a los resultados resulta de lo más heterogéneo, en alguno de ellos existe una mejoría de la disnea, del test de los 6 minutos caminando (6MWT) e incluso de la FEV1. Pero en definitiva solo encontramos consenso en la mejoría en la fuerza de la musculatura inspiratoria a través de la presión inspiratoria máxima o  $PI_{m\acute{a}x}$ .

Tabla 3. Comparación hallazgos.

Título	Autores	Año	Objetivo	Metodología	Resultados
Inspiratory muscle training does not improve clinical outcomes in 3-week COPD rehabilitation: results from a randomised controlled trial	<b>Schultz et al (17)</b>	2018	Evaluar el valor del IMT en pacientes con EPOC crónico	Ciego simple  La metodología del estudio valoró: $PI_{m\acute{a}x}$ , 6MWT, disnea, calidad de vida y función pulmonar	Diferencias significativas en $PI_{m\acute{a}x}$ y $FIV_1$ .  No diferencias en 6MWT o disnea.
Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD	<b>Langer et al (18)</b>	2018	Identificar el mecanismo fisiológico de mejora de la disnea y la resistencia al ejercicio tras IMT en pacientes con EPOC	Doble ciego  La metodología del estudio valoró: $PI_{m\acute{a}x}$ , disnea y función pulmonar	Diferencias significativas en $PI_{m\acute{a}x}$ y disnea.
Randomised controlled trial of adjunctive inspiratory muscle training for patients with COPD	<b>Charusisin et al (19)</b>	2018	Evaluar el valor del IMT en pacientes con EPOC	Doble ciego  La metodología del estudio valoró: 6MWT, disnea, función de la musculatura inspiratoria y tiempo de entreno	Aumento del tiempo de entreno y disminución de disnea  No diferencias en 6MWT
Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial	<b>Beaumont et al (20)</b>	2018	Evaluar el valor del IMT en pacientes con EPOC crónico	Ciego simple  La metodología del estudio valoró: $PI_{m\acute{a}x}$ , 6MWT, disnea, calidad de vida y capacidad inspiratoria	No hubo diferencia significativa en la mejora de la disnea.  Diferencia significativa en $PI_{m\acute{a}x}$
Effects of specific inspiratory muscle training combined with whole-body endurance training program on balance in COPD patients: Randomized controlled trial	<b>Tounsi et al (21)</b>	2018	Evaluar el efecto del IMT junto con entrenamiento físico en pacientes con EPOC crónico	Doble ciego  La metodología del estudio valoró: $PI_{m\acute{a}x}$ , 6MWT y disnea	No hubo mejoría significativa en la disnea, ni en 6MWT  Diferencia significativa en $PI_{m\acute{a}x}$

## CONCLUSIONES

De esta revisión podemos concluir que existen evidencias que avalan el efecto favorecedor de incluir el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes que padecen enfermedad pulmonar obstructiva crónica, ya sea en programas de rehabilitación cardiorrespiratoria como en rutina de ejercicios que el paciente puede realizar diariamente en su propio domicilio.

También es cierto que se necesitan más estudios que se sustenten en una buena metodología para poder seguir indagando en los beneficios que este tipo de ejercicios de la musculatura respiratoria, en general, y de la inspiratoria, en particular, pueden aportar a los tratamientos tanto farmacológicos como no farmacológicos de la EPOC.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pauwels RA, Buist AS, Calverley PMA, Jenkins CR, Hurd SS. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2001;163:21.
2. Cimas Hernando JE. Importancia de los síntomas en la EPOC. Medifam [Internet]. marzo de 2003 [citado 7 de agosto de 2022];13(3). Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1131-57682003000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1131-57682003000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
3. Miravittles M, Calle M, Molina J, Almagro P, Gómez JT, Trigueros JA, et al. Actualización 2021 de la Guía Española de la EPOC (GesEPOC). Tratamiento farmacológico de la EPOC estable. Arch Bronconeumol. enero de 2022;58(1):69-81.
4. Sanchez A. ¿Cómo se clasifica la Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)? Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/como-se-clasifica-la-enfermedad-pulmonar-obstruktiva-cronica-epoc>
5. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2022 report) [Internet]. 2021. Disponible en: <https://goldcopd.org>
6. Miravittles M, Soler-Cataluña JJ, Calle M, Molina J, Almagro P, Quintano JA, et al. Guía Española de la EPOC (GesEPOC). Tratamiento farmacológico de la EPOC estable. Aten Primaria. julio de 2012;44(7):425-37.
7. Grupo de trabajo de GESEPOC. Hacia un nuevo enfoque en el tratamiento de la EPOC. La Guía Española de la EPOC (GESEPOC). Arch Bronconeumol. agosto de 2011;47(8):379-81.
8. Soriano JB, Alfageme I, Miravittles M, de Lucas P, Soler-Cataluña JJ, García-Río F, et al. Prevalence and Determinants of COPD in Spain: EPISCAN II. Arch Bronconeumol. enero de 2021;57(1):61-9.
9. Garcia A, Hidalgo A, Rivera B, Lopez E, Espin J, Oliva J, et al. Libro Blanco sobre la carga socio-económica de la EPOC. España, Majadahonda: Insituto Max Weber;
10. Puppo H, Fernández R, Hidalgo G. FISIOLÓGIA RESPIRATORIA. FISIOLÓGIA DE LOS MÚSCULOS DE LA RESPIRACIÓN. Neumol Pediátrica. 16 de diciembre de 2021;16(4):146-51.
11. Patton KT, Thibodeau GA. Anatomía y fisiología [Internet]. 2013 [citado 6 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://auth.elsevier.com/ShibAuth/institutionLogin?entityID=https%3A%2F%2Fwww.rediris.es%2Fsir%2Fubidp&appReturnURL=https%3A%2F%2Fwww.clinicalkey.com%2Fstudent%2Fnursing%2Fcontent%2Fto-c%2F3-s2.0-C20120071256>
12. Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM, Schünke M, Schulte E, Schumacher U, et al. Prometheus: atlas de anatomía. Buenos Aires Bogotá Caracas: Editorial Médica Panamericana; 2009. 656 p.
13. Waschke J, Koch M, Kürten S, Schulze-Tanzil G, Spittau B, editores. Sobotta. Texto de anatomía. Elsevier; 2018.
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 29 de marzo de 2021;n71.
15. Verhagen AP, de Vet HCW, de Bie RA, Kessels AGH, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi List. J Clin Epidemiol. diciembre de 1998;51(12):1235-41.
16. Herbert R, Moseley A, Sherrington C, Maher C. Escala PEDro-Español. 2022.
17. 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. enero de 2018;51(1):1702000.
18. Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, Webb KA, Neder JA, Gosselink R, et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. J Appl Physiol. 1 de agosto de 2018;125(2):381-92.
19. Charususin N, Gosselink R, Decramer M, Demeyer H, McConnell A, Saey D, et al. Randomised controlled trial of adjunctive inspiratory muscle training for patients with COPD. Thorax. octubre de 2018;73(10):942-50.
20. Beaumont M, Mialon P, Le Ber C, Le Mevel P, Péran L, Meurisse O, et al. Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial. Eur Respir J. enero de 2018;51(1):1701107.
21. Tounsi B, Acheche A, Lelard T, Tabka Z, Trabelsi Y, Ahmaidi S. Effects of specific inspiratory muscle training combined with whole-body endurance training program on balance in COPD patients: Randomized con-

- trolled trial. Abdelbasset WK, editor. PLOS ONE. 23 de septiembre de 2021;16(9):e0257595.
22. Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ, Fallen EL, Pugsley SO, Taylor DW, et al. The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J.* 15 de abril de 1985;132(8):919-23.
  23. González NF, Anchique C V, Rivas AD. Test de caminata de 6 minutos en pacientes de rehabilitación cardiaca de altitud moderada. *Rev Colomb Cardiol.* 2017;24(6):626-32.
  24. Celli BR, Cote CG, Lareau SC, Meek PM. Predictors of Survival in COPD: More than Just the FEV1. *Respir Med.* junio de 2008;102:S27-35.
  25. Similowski T, Derenne JPH. Inspiratory muscle testing in stable COPD patients. *Eur Respir J.* 1 de octubre de 1994;7(10):1871-6.
  26. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
  27. Gordon NF, Gibbons LW. The Cooper Clinic Cardiac Rehabilitation Program: featuring the unique heart points recovery system. New York ; London: Simon and Schuster; 1990. 480 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla características pacientes estudio 1

TABLE 2 Patient characteristics at baseline

	Intervention group	Control group
<b>Subjects</b>	300	302
<b>Age years</b>	57.7±8.2	57.9±6.6
<b>Female</b>	112 (37.3)	101 (33.4)
<b>BMI kg·m<sup>-2</sup></b>	26.6±6.4	26.9±6.6
<b>FEV<sub>1</sub> L</b>	1.55±0.57	1.50±0.56
<b>FEV<sub>1</sub> % pred</b>	51.0±15.3	49.5±15.0
<b>P<sub>max</sub> kPa</b>	6.73±2.39	6.69±2.19
<b>GOLD stage</b>		
II	154 (51.3)	142 (47.0)
III	114 (38.0)	124 (41.1)
IV	32 (10.7)	36 (11.9)
<b>GOLD category</b>		
A	11 (3.7)	7 (2.3)
B	61 (20.3)	68 (22.5)
C	14 (4.7)	16 (5.3)
D	214 (71.3)	211 (69.9)
<b>Current smoker</b>	118 (39.3)	115 (38.1)
<b>Never-smoker</b>	7 (2.3)	8 (2.6)
<b>Pack-years</b>	39.6±23.6	41.8±24.0
<b>Patients with LTOT</b>	42 (14.0)	56 (18.5)
<b>Rehabilitation after hospitalisation due to AECOPD</b>	90 (30.0)	99 (32.9)
<b>BDI</b>	6.1±2.6	5.8±2.5

Data are presented as n, mean±SD or n (%). BMI: body mass index; FEV<sub>1</sub>: forced expiratory volume in 1 s; P<sub>max</sub>: maximal inspiratory pressure; GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease; LTOT: long-term oxygen therapy; AECOPD: acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease; BDI: baseline dyspnoea index.

## Anexo 2. Tabla características pacientes estudio 2

Table 1. Baseline characteristics at study enrolment

	All Subjects (n = 20)	Control (n = 10)	IMT (n = 10)
Men/Women, n	7/13	3/7	4/6
Age, yr	70 ± 7	67 ± 8	73 ± 4
Height, cm	162 ± 8	164 ± 10	161 ± 7
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	24.6 ± 5.6	25.1 ± 6.7	24.1 ± 4.6
BDI total score (0–12)	5.3 ± 1.7	4.7 ± 1.5	5.9 ± 1.6
MRC dyspnea scale (1–5)	3.0 ± 1.0	3.0 ± 1.1	2.9 ± 1.0
<i>Symptom-limited peak incremental cycle ergometer exercise test</i>			
Work rate, W (%predicted)	49 ± 21 (47 ± 21)	48 ± 20 (41 ± 15)	49 ± 23 (52 ± 25)
VO <sub>2</sub> , l/min (%predicted)	0.95 ± 0.30 (60 ± 18)	0.97 ± 0.36 (56 ± 16)	0.94 ± 0.24 (63 ± 20)
HR, beats/min (%predicted)	126 ± 18 (77 ± 11)	129 ± 20 (78 ± 12)	123 ± 16 (76 ± 10)
Ventilation, l/min (%MVV)	32.6 ± 9.9 (83 ± 18)	32.9 ± 12.5 (88 ± 17)	32.2 ± 7.2 (78 ± 18)
IRV, L	0.32 ± 0.15	0.30 ± 0.18	0.35 ± 0.13
Dyspnea, Borg units	6.5 ± 2.4	6.2 ± 2.5	6.8 ± 2.3
Leg discomfort, Borg units	6.3 ± 2.8	6.5 ± 2.7	6.1 ± 3.1
<i>Pre-bronchodilator pulmonary function (% predicted)</i>			
FEV <sub>1</sub> , liters	0.94 ± 0.29 (47 ± 19)	0.88 ± 0.25 (40 ± 14)	0.99 ± 0.32 (53 ± 22)
FEV <sub>1</sub> /FVC, %	35 ± 12	32 ± 11	37 ± 13
IC, liters	1.67 ± 0.55 (69 ± 19)	1.70 ± 0.64 (69 ± 16)	1.64 ± 0.48 (70 ± 22)
FRC, liters	4.15 ± 1.26 (140 ± 38)	4.49 ± 1.07 (152 ± 39)	3.81 ± 1.40 (128 ± 34)
RV, liters	3.00 ± 1.13 (139 ± 55)	3.30 ± 1.04 (157 ± 56)	2.71 ± 1.18 (122 ± 50)
TLC, liters	5.82 ± 1.38 (108 ± 17)	6.19 ± 1.25 (115 ± 16)	5.45 ± 1.46 (102 ± 16)
sRaw, cmH <sub>2</sub> O-s	18.7 ± 14.7 (460 ± 370)	22.3 ± 16.7 (556 ± 429)	15.2 ± 12.7 (365 ± 291)
D <sub>L</sub> CO, ml/min/mmHg	7.9 ± 2.9 (44 ± 12)	7.8 ± 3.2 (40 ± 14)	7.9 ± 2.7 (43 ± 19)
C <sub>L</sub> st, l/cmH <sub>2</sub> O	0.38 ± 0.20	0.38 ± 0.19	0.39 ± 0.24
Sniff Pes, cmH <sub>2</sub> O	-47 ± 10	-48 ± 10	-46 ± 11
P <sub>i</sub> max at FRC, cmH <sub>2</sub> O	-59 ± 14	-58 ± 16	-60 ± 12
P <sub>i</sub> max at RV, cmH <sub>2</sub> O	76 ± 16	-71 ± 16	-80 ± 15
P <sub>e</sub> max at TLC, cmH <sub>2</sub> O	105 ± 31	98 ± 31	112 ± 32

Values are means ± SD. BDI, baseline dyspnea index, with total scores ranging from 0 (most severe activity-related dyspnea) to 12 (no activity-related dyspnea); C<sub>L</sub>st, static lung compliance; D<sub>L</sub>CO, diffusing capacity of the lung for carbon monoxide; FEV<sub>1</sub>, forced expiratory volume in 1 s; FRC, plethysmographic functional residual capacity; FVC, forced vital capacity; IC, inspiratory capacity; IMT, inspiratory muscle training; MRC dyspnea scale, Medical Research Council dyspnea scale, with scores ranging from 1 (best) to 5 (worst); MVV, maximal voluntary ventilation; Pes, esophageal pressure; P<sub>e</sub>max, maximal expiratory mouth pressure; P<sub>i</sub>max, maximal inspiratory mouth pressure; RV, residual volume; sRaw, specific airway resistance; TLC, total lung capacity. Predicted peak work rate and VO<sub>2</sub> were those of Blackie et al. (3). Predicted peak HR = 210 - (0.66 × age).

## Anexo 3. Tabla características pacientes estudio 3

Table 1 Baseline characteristics of patients		
Variables	Intervention group (n=110)	Control group (n=109)
Age (years)	66±8	65±7
Gender (F/M)	58/52	66/43
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25±6	24±6
FEV <sub>1</sub> (%predicted)	40±15	43±17
FVC (%predicted)	70±19	77±23
FEV <sub>1</sub> /FVC (%)	45±14	45±13
TLC (%predicted)	123±25	124±24
FRC (%predicted)	180±47	179±44
RV (%predicted)	213±64	206±70
DLCO (%predicted)	42±19	41±21
P <sub>i</sub> max (cm H <sub>2</sub> O)	52±14	51±12
P <sub>i</sub> max (%predicted)	51±15	52±14
Endurance breathing time (s)	243±109	242±93
Inspiratory load (%P <sub>i</sub> max)	56±12	56±15
Peak VO <sub>2</sub> (%predicted)	66±28	63±26
Peak work rate (%predicted)	45±25	45±22
Endurance cycle time (s)	262±124	287±159
6MWD (m)	346±118	355±104
6MWD (%predicted)	56±20	57±18
Quadriceps strength (%predicted)	70±23	81±36
Hand grip strength (%predicted)	87±24	88±25
PA (steps/day)	3679±2234	4238±1853
CRQ dyspnoea	15±6	15±5
mMRC	2.5±1.2	2.6±1.0

Data are presented as mean ±SD.

6MWD, 6 min walking distance; BMI, body mass index; CRQ, chronic respiratory questionnaire; DLCO, diffusing capacity of the lungs for carbon monoxide; FRC, functional residual capacity; mMRC, modified Medical Research Council dyspnoea scale; PA, physical activity; peak VO<sub>2</sub>, peak oxygen uptake; peak work rate, peak power output during a maximal incremental cycle ergometry test; P<sub>i</sub>max, maximal inspiratory mouth pressure; %predicted, percentage of the predicted normal value; RV, residual volume; TLC, total lung capacity.

## Anexo 4. Tabla características pacientes estudio 4

TABLE 1 Baseline patient characteristics and values of the initial tests

	IMT group	Control group	p-value
Subjects	74	75	
Female/male	30/44	25/50	0.362
Age years	62.2±8.0	65.9±8.9	0.009 <sup>#</sup>
BMI kg·m <sup>-2</sup>	26.2±5.9	24.7±5.9	0.128
Oxygen therapy	36	37	0.933
NIV	18	24	0.298
GOLD stage 3	37	32	0.369
GOLD stage 4	37	43	
FEV <sub>1</sub> % pred	36.4±9.5	34.2±8.4	0.139
FEV <sub>1</sub> /VC %	0.6±0.1	0.6±0.1	0.595
RV % pred	210.7±58.7	211.1±82.2	0.975
TLC % pred	123.5±21.2	123.0±32.5	0.923
P <sub>max</sub> cmH <sub>2</sub> O	66.2±21.7	64.8±23.0	0.691
P <sub>max</sub> % pred	76.5±24.4	77.1±24.8	0.891
mMRC dyspnoea score	2 [2-3]	2 [2-3]	0.741
SGRQ-T	53.5±13.8	56.4±14.9	0.235
SGRQ-S	58.9±21.5	58.3±21.8	0.860
SGRQ-A	71.1±17.2	74.9±16.4	0.172
SGRQ-I	41.6±14.9	45.2±18.9	0.197
6MWD m	386.6±111.7	373.1±96.0	0.430
6MWD % pred	59.7±15.6	58.0±13.0	0.459
P <sub>aO<sub>2</sub></sub> mmHg	67.9±9.1	68.1±9.5	0.906
P <sub>aCO<sub>2</sub></sub> mmHg	43.1±6.7	45.2±6.7	0.069

Data are presented as n, mean±SD or median (interquartile range), unless otherwise stated. IMT inspiratory muscle training; BMI: body mass index; NIV: non-invasive ventilation; GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease; FEV<sub>1</sub>: forced expiratory volume in 1 s; % pred: % predicted; VC: vital capacity; RV: residual volume; TLC: total lung capacity; P<sub>max</sub>: maximal inspiratory pressure; mMRC: modified Medical Research Council; SGRQ: St George's Respiratory Questionnaire; T: total; S: symptoms; A: activity; I: impact; 6MWD: 6-min walking distance; P<sub>aO<sub>2</sub></sub>: arterial oxygen tension; P<sub>aCO<sub>2</sub></sub>: arterial carbon dioxide tension. <sup>#</sup>: p<0.05.

## Anexo 5. Tabla características pacientes estudio 5

Table 2. Baseline patients' characteristics and values of initial assessments.

	Experimental group	Control group	P-value
	(n = 16)	(n = 16)	
Age (years)	62 ± 5	63 ± 4	0.761
Height (m)	1.70 ± 0.05	1.70 ± 0.06	0.922
Body weight (kg)	66 ± 9	68 ± 14	0.829
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.13 ± 4.37	23.41 ± 5.19	0.870
FEV <sub>1</sub> (% pred)	37 ± 7	39 ± 9	0.654
FEV <sub>1</sub> /FVC (% pred)	47 ± 6	44 ± 7	0.441
GOLD 2 (n)	1 (33.3%)	2 (66.7%)	0.560
GOLD 3 (n)	11 (52.4%)	10 (47.6%)	0.721
GOLD 4 (n)	4 (50%)	4 (50%)	1.000
GOLD Stages (%)	50	50	0.827
BBS (point)	47.7 ± 2.7	47.2 ± 4.5	0.838
ABC (%)	75.7 ± 10.0	75.1 ± 12.5	0.724
TUG (s)	9.35 ± 1.36	9.28 ± 1.10	0.881
SLS (s)	38.88 ± 23.08	38.04 ± 27.14	0.925
PI <sub>max</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	62 ± 22	65 ± 22	0.694
6MWT (m)	426.3 ± 90.7	428.2 ± 128.7	0.590

Experimental group = IMT+ET. Control group = ET. FEV<sub>1</sub>/FVC = Forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity. FEV<sub>1</sub> = Forced expiratory volume in 1 second. GOLD 2 = Moderate. GOLD 3 = Severe. GOLD 4 = Very severe. PI<sub>max</sub> = maximal inspiratory pressure. BBS = Berg balance scale. ABC = The activities-specific balance confidence. TUG = Timed up and go test. SLS = Single leg stance test. 6MWT = Six-minute walk test. P < 0.05.