

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA**



**ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD:**

**BENEFICIOS PARA PACIENTES CON**

**ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA**

**AUTOR:** GARCÍA RAMÍREZ, JOAN JOSEP

**Nº expediente.** 1782

**TUTOR.** SANTAMARINA IBARRA, IBON

**Departamento y Área.** Patología y Cirugía. Fisioterapia.

**Curso académico** 2018 - 2019

**Convocatoria de Junio**



## Índice

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Material y métodos</b> .....	5
<b>Resultados</b> .....	6
<b>Discusión</b> .....	11
<b>Conclusión</b> .....	13
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	14
<b>Anexo de figuras y tablas</b> .....	16



## **Resumen**

**Introducción.** La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una enfermedad progresiva caracterizada por la obstrucción del flujo de aire, y es la cuarta causa de muerte en el mundo. Las personas que padecen esta enfermedad pueden desarrollar algunas series de secuelas, como pueden ser exacerbaciones causadas por infecciones bacterianas y/o virales, enfermedades cardiovasculares, malnutrición, ansiedad, depresión y, finalmente, intolerancia al ejercicio.

**Objetivo.** Demostrar que el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) es un entrenamiento alternativo eficaz para pacientes con EPOC.

**Material y métodos.** Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline, Scopus, Cochrane Library, Science Direct y PEDro, utilizando “*High-Intensity Interval Training*” y “*Pulmonary Disease, Chronic Obstructive*” como palabras clave para obtener ensayos clínicos, a texto completo, a partir de 2009 hasta la actualidad y que, como criterios de inclusión, los pacientes deben tener EPOC diagnosticada y realizar entrenamiento interválico de alta intensidad.

**Resultados.** Se han incluido 12 ensayos clínicos que se han dividido en tres grupos según las medidas de referencia que han tomado para medir la intensidad del entrenamiento interválico. De los 12 artículos, 6 han utilizado la frecuencia cardíaca, 5 la tasa de trabajo y, finalmente, un artículo ha utilizado el volumen de oxígeno (VO<sub>2</sub>).

**Conclusión.** El entrenamiento HIIT tiene efectos beneficiosos sobre los pacientes con EPOC, mejorando la condición física, la tolerancia y adherencia al ejercicio, además de su calidad de vida.

**Palabras clave:** High Intensity Interval Training, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, exercise benefits, exercise copd.

## **Abstract**

**Introduction.** The Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a progressive disease characterized by obstruction of air flow and it is the fourth cause of death in the world. The people who suffer from this disease may develop some series of sequels, such as exacerbations caused by bacterial and / or viral infections, cardiovascular diseases, malnutrition, anxiety, depression and, finally, intolerance to exercise.

**Objective.** Demonstrate that high-intensity interval training (HIIT) is an effective alternative training for patients with COPD.

**Material and methods.** A bibliographic search was carried out in the Medline, Scopus, Cochrane Library, Science Direct and PEDro databases, using "High-Intensity Interval Training" and "Pulmonary Disease, Chronic Obstructive" as keywords to obtain clinical trials, in full text, from 2009 to the present and that, as inclusion criteria, patients must have been diagnosed COPD and have performed high intensity interval training.

**Results.** We have included 12 clinical trials , divided into three groups according to the reference measurements taken to measure the intensity of interval training. 6 items of the total used the heart rate; 5, the work rate and finally one item has used the oxygen uptake.

**Conclusion.** HIIT training has beneficial effects on patients with COPD, improve the physical condition, tolerance and adherence to exercise, as well as their life quality.

**Key words:** High Intensity Interval Training, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, exercise benefits, exercise copd.

## **Introducción**

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una enfermedad progresiva caracterizada por la obstrucción del flujo de aire, y es la cuarta causa de muerte en el mundo. Esta obstrucción al flujo aéreo es causada por una respuesta fisiológica innata y adaptativa a la exposición continuada y/o prolongada en el tiempo de sustancias nocivas y gases, como puede serlo el humo del tabaco, produciendo una hipersecreción de mucosa (bronquitis crónica), destrucción de tejidos (enfisema) y una activación de células inflamatorias (linfocitos, macrófagos y neutrófilos) por una alteración de los mecanismos de defensa normales que producen la inflamación de las vías aéreas. (Guadalupe-Grau A et al., 2017; De Brandt J et al., 2016).

Por lo tanto, la EPOC se caracteriza por tener una relación entre el volumen de aire exhalado durante el primer segundo ( $FEV_1$ ) y el volumen de aire exhalado (FVC) menor a 0.70 post-broncodilatador obtenidos mediante una espirometría, siendo dichos resultados razón diagnóstica de esta enfermedad. Además, obtenido este resultado,  $FEV_1$  contribuye a clasificar la severidad de la misma teniendo en cuenta la edad, sexo y altura del paciente (*Figura 1. Clasificación de la gravedad de la limitación del flujo de aire en la EPOC (según el  $FEV_1$  post broncodilatador)*). Aunque la espirometría es la principal herramienta diagnóstica para la EPOC, a veces es necesario otras pruebas complementarias como las de función pulmonar (estudios de difusión y pletismografía), que ayudan a corroborar el diagnóstico (Varga J et al, 2007).

Las personas que padecen esta enfermedad pueden desarrollar algunas series de secuelas, como pueden ser exacerbaciones causadas por infecciones bacterianas y/o virales, comorbilidades, como enfermedades cardiovasculares, trastornos metabólicos, malnutrición, ansiedad y depresión y, finalmente, intolerancia al ejercicio (Beauchamp MK et al., 2010).

Esta intolerancia al ejercicio puede ser debida a posibles broncoespasmos o reacciones hiperventilatorias causadas por la mayor demanda de oxígeno (Guadalupe-Grau A et al., 2017; Beauchamp MK et al., 2010), bien por incapacidad de ventilación para satisfacer el requisito de ventilación, bien por la capacidad reducida de utilizar oxígeno en los músculos periféricos, o bien por

un mal funcionamiento de la hemodinámica pulmonar inducida por la hiperinflación dinámica en el ejercicio causada porque el aire queda atrapado durante la espiración por la obstrucción progresiva de la vía aérea, exigiendo un sobreuso de los músculos abdominales espiratorios. Esta hiperinflación dinámica disminuye la capacidad inspiratoria provocando un aumento del volumen residual, pudiendo ser los principales mecanismos que llevan a los pacientes a tener disnea de esfuerzo y, por consiguiente, la intolerancia al ejercicio (*Nasis I et al., 2015*). Además, existen alteraciones musculares estructurales y metabólicas que provocan una disminución de la fuerza y resistencia de los músculos de las extremidades inferiores, ya que suelen presentar una disminución del tamaño de la fibra muscular, una densidad capilar disminuida y una actividad enzimática mitocondrial también disminuida, produciendo un aumento del estrés oxidativo. Todo ello, a su vez, contribuye a una utilización temprana del metabolismo glucolítico en respuesta al ejercicio físico, aumentando la acidosis láctica y fatiga muscular (*De Brandt J et al., 2016*). Por lo tanto, los pacientes con EPOC desarrollan una disfunción muscular periférica que, acompañada con la sarcopenia y dinapenia propias del envejecimiento, provocan una pérdida de fuerza de dos a cuatro veces más rápida en pacientes con EPOC, sobre todo con edades superiores a los 65 años (*Guadalupe-Grau A et al., 2017*).

La rehabilitación pulmonar, que incluye educación, apoyo nutricional, social y psicológico, también incluye ejercicio físico, el cual, sumado al resto de componentes, aporta un aumento de la tolerancia de los pacientes al ejercicio y una disminución de la disnea de esfuerzo, lo que se traduce en una ganancia en la calidad de vida (*Beauchamp MK et al., 2010*). El programa de ejercicio físico se basa en dos componentes principales, que son la resistencia aeróbica y el entrenamiento de la fuerza.

Centrándonos en el entrenamiento aeróbico, existen dos grandes modelos de entrenamiento, el continuo y el interválico.

El entrenamiento aeróbico continuo de alta intensidad (CTHI, por sus siglas en inglés) hace referencia a un entrenamiento a un porcentaje alto de volumen de oxígeno ( $VO_2$ ) o de frecuencia cardíaca máxima (FC máx.) durante un periodo determinado de tiempo. Sin embargo, hay pacientes de

EPOC de moderado a grave que no toleran esta intensidad de ejercicio de manera continua, por lo que se propuso el entrenamiento interválico (*Beauchamp MK et al., 2010*).

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) consiste en episodios repetidos de cargas de trabajo de alta intensidad y corta duración intercaladas con períodos de recuperación en reposo o de manera activa pero a baja intensidad. Sin embargo, aunque este método está ampliamente utilizado y se observan mejoras significativas, el modo, como la intensidad y la duración de este método de entrenamiento continúa sin consenso (*Guadalupe-Grau A et al., 2017*). Por lo tanto, nuestra hipótesis de trabajo es demostrar que el método de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) es recomendable para pacientes con EPOC, independientemente de su severidad, al igual que el entrenamiento continuo de alta intensidad (CTHI), tanto por su adherencia al tratamiento, como por sus efectos fisiológicos.

Como objetivo, queremos demostrar que HIIT es un entrenamiento alternativo eficaz para pacientes con EPOC.

## **Material y métodos**

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline, Scopus, Cochrane Library, Science Direct y PEDro, obteniendo 5, 2, 1, 1 y 2 resultados respectivamente para las palabras clave “*High-Intensity Interval Training*” y “*Pulmonary Disease, Chronic Obstructive*”, utilizando el operador booleano “AND”, introduciendo como límites de búsqueda que los sujetos objeto de estudio fueran humanos, que los artículos fueran ensayos clínicos y que la fecha de publicación sea desde 2009 hasta la actualidad, 2019. Además, la muestra debía tener EPOC diagnosticada, indistintamente de su gravedad, y que realizaran entrenamiento aeróbico HIIT. Un artículo científico se ha incluido por haber sido mencionado en otros estudios, a pesar de ser anterior a la fecha de publicación requerida. Se ha requerido que todos los artículos utilizados en este trabajo estén disponibles a texto completo, excluyendo aquellos que solo ofrecían un resumen. Para más detalle, se puede observar el proceso de

selección en el apartado correspondiente de “Anexos de figuras y tablas” (Figura 2. Diagrama de flujo).

## **Resultados**

Finalmente, se han incluido 12 ensayos clínicos para ser analizados. Estos se han dividido en tres grupos según las medidas de referencia que han tomado para medir la intensidad del entrenamiento interválico, ya que de los 12 artículos, 6 han utilizado la FC como referencia, 5 han utilizado el pico de trabajo y, finalmente, un artículo ha utilizado el VO<sub>2</sub>. (Tabla 1. Ensayos clínicos con intervalo según Frecuencia cardíaca máxima; Tabla 2. Ensayos clínicos con intervalo según tasa de trabajo; Tabla 3. Ensayos clínicos con intervalo según volumen de oxígeno).

Empezando por los artículos que han utilizado la frecuencia cardíaca como medida de referencia, se encuentra el estudio de Bjørgen S, Hoff J et al., 2009, el cual, dividen a 19 pacientes en dos grupos de intervención, 7 de ellos debían realizar el entrenamiento con un cicloergómetro utilizando las dos piernas, y 12 a una pierna, con la hipótesis de que el entrenamiento interválico de alta intensidad a una pierna sobre un cicloergómetro permitiera un trabajo mayor de los músculos de los miembros inferiores sin llegar a una limitación ventilatoria, dando como resultado un aumento del VO<sub>2</sub> en todo el cuerpo. Para ello, los pacientes realizan 24 sesiones de entrenamiento interválico 4:4 al 85-95% de la FC máxima, previamente obtenida en una prueba de esfuerzo. El periodo de descanso activo oscilaba entre 60-70% durante 3 minutos, siendo el tiempo total de entrenamiento de 30 minutos. Los resultados indicaron que los dos grupos obtuvieron mejoras tanto en su pico de volumen de oxígeno como en la carga de trabajo máxima, sin embargo, la carga ventilatoria no se vio disminuida en el grupo de entrenamiento a una pierna. Obteniendo este resultado de este estudio, el mismo autor (Bjørgen S, Helgerud J et al., 2009) con otro trabajo del mismo año, planteó la hipótesis de que el entrenamiento en cicloergómetro a una pierna y a dos en hiperoxia daría mayores resultados que en normoxia. Para ello, reclutaron a 19 pacientes con EPOC grave, de los cuales 12 completaron el estudio. Se dividieron estos pacientes en dos grupos, 7 personas realizaron el entrenamiento a una y

dos piernas en hiperoxia y normoxia, mientras que cinco personas realizaron el entrenamiento en normoxia. El protocolo HIIT fue igual que su anterior estudio (*Bjørngen S, Hoff J et al., 2009*) pero en entrenamiento a una pierna se realizó el descanso reposando la pierna recién acabada su intervalo sobre el cicloergómetro. Los resultados indicaron que el entrenamiento a una pierna daba mejores resultados de  $VO_2$  que a dos piernas, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el entrenamiento en hiperoxia y normoxia. *Brønstad E et al., 2013*, con 17 de los 20 pacientes incluidos en su estudio, compara el entrenamiento continuo (n=7) con el interválico (n=10), utilizando un programa de entrenamiento de 30 sesiones, siendo la intervención de 4 intervalos a 90-95% de la Fc máxima, con descanso activo de 3 minutos cada uno a una intensidad de 50-70%, pero el tiempo total de entrenamiento lo eleva hasta los 38 minutos. El grupo que realiza entrenamiento continuo lo hace a una intensidad del 70% de la Fc máxima durante 47 minutos. No se obtuvieron diferencias significativas entre los dos tipos de entrenamiento ya que ambos mejoraron aspectos como la FC máx. al ejercicio, en reposo, y también aumentaron el pico de  $VO_2$ , siendo un 8% para HIIT y 9% para CTHI. Un estudio algo diferente realizado por *Guadalupe-Grau A et al., 2017* muestra la eficacia de un programa de entrenamiento HIIT de 18 sesiones a 14 pacientes octogenarios con EPOC de baja a grave, de los cuales 9 de ellos completaron el estudio. Debido a la edad, se llevó a cabo una progresión de adaptación al entrenamiento interválico mediante un entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada durante las dos primeras semanas. Finalizado ese periodo, se empezó con un HIIT suave de sprint con una duración progresiva por semana de 5 segundos, empezando por 15 segundos y finalizando con 25 segundos, sin llegar más allá del 80-90% de la Fc máxima, y un periodo de descanso activo de un minuto al 50-60%. La carga de trabajo fue individualizada para cada paciente. Además del entrenamiento aeróbico, también incluyeron un trabajo de fuerza muscular. Se hizo un seguimiento a los pacientes al finalizar el estudio y al cabo de un año, en los que destaca el aumento de la capacidad vital forzada (FVC) entre otros parámetros como la disminución del índice de masa corporal y la del perímetro de la cadera, resaltando que las mejoras obtenidas en el tratamiento se conservaron durante el periodo de un año. Con seis pacientes con EPOC grave como grupo de intervención y ocho pacientes con enfermedad coronaria estable como grupo control, *Helgerud J et al., 2010* plantea que la hiperoxia durante el entrenamiento HIIT permite mantener el entrenamiento de

alta intensidad. Para ello, realiza una intervención 4:4 a 85-95% de la Fc máxima (equivalente a 80-90% de pico de VO<sub>2</sub>), con 3 minutos de recuperación activa a 65-75% repartidas en 3 sesiones semanales durante 8 semanas. Los resultados mostraron un aumento del pico de VO<sub>2</sub> y de la carga de trabajo máxima en comparación con la normoxia. Un estudio (*Rizk AK et al., 2015*) muestra la importancia del cumplimiento del protocolo de entrenamiento para estos pacientes. Para ello, se pretende valorar la asistencia de los pacientes y el nivel de cumplimiento de la intensidad objetivo en tres protocolos de entrenamiento diferente, CTHI, HIIT y el entrenamiento continuo en el umbral de ventilación (CTVT). Para cada uno de ellos se realizó un protocolo de entrenamiento diferente pero igualmente intenso. Así pues, en CTHI se llegó a 80% de carga de trabajo máxima durante 25 minutos, CTVT hasta llegar al umbral ventilatorio, e HIIT, con intervalos de 30 segundos en la carga máxima alcanzada al llegar a la FC máx. en la prueba de esfuerzo, seguidos de 30 segundos sin carga, durante 25 minutos, tres veces a la semana durante 12 semanas. Los resultados no indicaron diferencias significativas en niveles de asistencia y cumplimiento de la intensidad en los tres protocolos. Sin embargo, sí se encontró una tendencia hacia un menor cumplimiento en el protocolo HIIT en comparación con el resto, pero sin afectar a los efectos positivos propios del ejercicio físico.

Continuando ahora con los estudios que han utilizado el pico de trabajo como medida de referencia, cabe mencionar el estudio realizado por *Varga et al, 2007*, el cual, con una muestra de 71 pacientes divididos en tres grupos según el protocolo, quisieron investigar el grado mejora de cada uno de ellos. Así pues, 22 personas realizaron CTHI, 32 personas realizaron entrenamiento no supervisado en el hogar y, finalmente, 7 personas realizaron HIIT. CTHI se realizó al 80% de la tasa de trabajo máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo, el entrenamiento supervisado en el hogar se planteó de tal manera que los pacientes caminaran, subieran escaleras, montaran en bicicleta, etc., por último, HIIT consistió en 2 minutos al 90% de la tasa de trabajo máxima, seguido de un periodo de descanso activo al 50%. Los resultados no fueron concluyentes para CTHI y HIIT, pero sí para el entrenamiento en el hogar, ya que éste último no igualó las mejoras físicas que obtuvieron los otros dos grupos. Para demostrar que HIIT mejoraba la capacidad funcional de los pacientes con EPOC, *Nasis I et al., 2009*, con 42 pacientes con EPOC de moderada a muy grave como muestra, clasificó estos pacientes en dos

grupos. La mitad realizaría un entrenamiento HIIT y la otra mitad realizaría un entrenamiento continuo de intensidad moderada. El programa de entrenamiento para HIIT consistió en 30 segundos a 100% de la tasa máxima de trabajo seguido de 30 segundos a 45% de intensidad durante 40 minutos. El entrenamiento continuo se basó en realizar 30 minutos a 60% de tasa de trabajo máxima. Ambos entrenamientos se realizaron con un cicloergómetro y con suplementación de oxígeno de 1.5/2.0 L/min. Los resultados indicaron que HIIT mejoró la capacidad funcional de los pacientes, ayudados por el índice BODE, además de presentar menos disnea y fatiga muscular en las piernas que el entrenamiento continuo. Con una muestra algo más pequeña, 36, otro estudio del mismo autor (*Nasis I et al., 2015*), demostró que los pacientes con EPOC, independientemente del nivel de hiperinflación dinámica, realizando HIIT de 30 segundos al 100% de la tasa de trabajo máxima con descanso de 30 segundos durante 45 minutos con suplementación de oxígeno de 1.5/2 litros por minuto, mejoraron notablemente la capacidad de trabajo máxima, así como el consumo máximo de oxígeno y el gasto cardíaco, dado que la capacidad hemodinámica se vio afectada positivamente. Un estudio (*Louvaris Z et al., 2016*) con el propósito de investigar el efecto que tiene realizar un programa de entrenamiento HIIT sobre los niveles de actividad diaria, reclutó a 150 pacientes con EPOC, de los cuales 128 completaron el estudio, siendo el grupo de intervención de 85, los cuales debían realizar, durante 12 semanas repartidas entre septiembre de 2011 y septiembre 2015, un protocolo de tres días semanales en cicloergómetro de 30 segundos a una intensidad media de 18% superior de la tasa de trabajo máxima de referencia para cada paciente, junto a 30 segundos de descanso, así hasta completar 45 minutos. Además, también se incluyeron ejercicios de fuerza muscular, asesoramiento alimentario y un programa de educación. El grupo control no realizó ningún tipo de entrenamiento relacionado con el grupo de intervención. Los resultados indicaron que los niveles de actividad diaria del grupo de intervención fueron significativamente mayores que el grupo control, con un aumento promedio de mil pasos diarios, disminuyendo asimismo el tiempo dedicado a actividades sedentarias. Finalmente, un estudio cruzado (*Neunhäuserer D et al., 2016*) muestra que HIIT, sumado a la oxigenoterapia es beneficiosa para los pacientes, mejorando los valores de VO<sub>2</sub>, frecuencia cardíaca y tasa de trabajo máxima. Para llegar a esta conclusión, utilizaron una muestra de 29 pacientes con EPOC, de los cuales se hicieron dos grupos, uno de 15 personas y otro de 14. La duración total del programa fue de 12

semanas. Durante las seis primeras semanas de entrenamiento, un grupo recibió 10 litros por minuto de suplementación, y el otro no. Pasado ese tiempo, se cruzaron los grupos y se volvió a hacer el mismo protocolo de entrenamiento durante otras 6 semanas. El protocolo de entrenamiento consistió en realizar 7 intervalos al 70-80% de tasa de trabajo máxima durante un minuto, con 2 minutos de descanso activo al 50%. Además de mejorar los valores descritos anteriormente en ambos grupos, cabe destacar que la carga de trabajo máxima fue más del doble en el grupo que recibió la suplementación de oxígeno. Asimismo, también se mejoró la sensación de ansiedad y depresión en ambos grupos.

Por último, el artículo (*Bravo DM et al., 2018*) que utilizó el  $VO_2$  máximo como medida de referencia contó con 16 personas con EPOC de moderada a grave y de larga duración, en el cual utilizaron dos protocolos de entrenamiento HIIT en cicloergómetro para determinar si estos pacientes podían realizar los entrenamientos a la intensidad objetivo y, en caso negativo, investigar cuales eran las causas de su incumplimiento. Realizaron una prueba de esfuerzo a todos los pacientes y los clasificaron en dos grupos, alta tolerancia al ejercicio ( $n=7$ ) y baja tolerancia ( $n=9$ ). El primer protocolo de entrenamiento, de menor exigencia física (30s a 100%  $VO_2$  máx y 60s a 40% de recuperación activa), y el segundo, de mayor exigencia (60s:120 segundos con mismos parámetros). La duración máxima de la sesión de entrenamiento sería de 30 minutos o hasta que los pacientes tuvieran síntomas limitantes con el objetivo de averiguar si las personas con esta enfermedad pueden cumplir con las exigencias de un HIIT. Los resultados mostraron que la disnea, producida por aumento del lactato, fue el factor más limitante afectando a 11 de los 16 pacientes. Además, los 9 pacientes de baja tolerancia al ejercicio no completaron los 30 minutos con un período de recuperación activa en el protocolo 60:120. Sin embargo, realizando una recuperación sin carga, siete de los nueve pacientes de baja tolerancia pudieron completar el tiempo de entrenamiento a costa de bajar la intensidad. Por tanto, la disnea puede ser contrarrestada bajando la intensidad del entrenamiento, realizando descansos entre períodos, o bien disminuyendo el ciclo de trabajo.

## Discusión

Analizando los resultados obtenidos, encontramos mucha heterogeneidad de protocolos HIIT tanto para compararlo con otros tipos de entrenamiento como para encontrar beneficios fisiológicos o de calidad de vida. Por ejemplo, de los artículos que comparan HIIT con CTHI (*Brønstad E et al., 2013; Rizk AK et al., 2015; Varga J et al, 2007; Nasis I et al., 2009*), ninguno de ellos realizan un protocolo HIIT igual. Lo mismo ocurre con CTHI, el cual utilizan una intensidad variable, siendo la más utilizada 80% de la tasa de trabajo máxima. Sin embargo, tampoco pueden compararse ya que el tiempo destinado a este ejercicio es varía desde 25 minutos de entrenamiento hasta 47 minutos. Sumando a esta diferencia de tiempo, las diferentes intensidades y las diferentes medidas para determinar esa intensidad, hace muy difícil precisar qué tipo de protocolo HIIT es mejor o peor que CTHI, tal como ya menciona estas dificultades un metaanálisis cuyo objetivo también era definir las diferencias entre ambos entrenamientos en efectividad en cuanto a la capacidad de ejercicio y a la calidad de vida de los pacientes (*Beauchamp MK et al., 2010*).

En cuanto a la adherencia al entrenamiento interválico, cabe destacar que han habido varios artículos que han mencionado abandonos de parte de la muestra por falta de motivación (*Bjørgeren S, Hoff J et al., 2009; Brønstad E et al., 2013; Guadalupe-Grau A et al., 2017*), o simplemente que realizaron menos sesiones que las planteadas (*Rizk AK et al., 2015; Varga J et al, 2007*). Esto puede ser debido a la baja tolerancia que los pacientes con EPOC tienen al ejercicio físico. Comparando los resultados de la falta de adherencia entre HIIT y CTHI, se observan resultados dispares para ambos protocolos. Por ejemplo, el abandono del estudio o mayor falta de asistencia a las sesiones en CTHI se da en los estudios de *Brønstad E et al., 2013* y *Rizk AK et al., 2015*, en los que se dan tres abandonos por ninguno en HIIT en el primero, mientras que en el segundo estudio se da un 70% de tasa de asistencia para CTHI en comparación del 73% para HIIT. Cabe destacar que para completar el estudio de *Brønstad E et al., 2013*, los participantes debían asistir como mínimo al 80% de las sesiones. Si hubiera sido un requerimiento más exigente, probablemente hubiera habido más abandonos. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre ambos protocolos en los diferentes estudios, dado que, por ejemplo, en el estudio de *Varga J et al, 2007* hay menor asistencia por parte del grupo CTHI que

en el grupo HIIT, pero cabe mencionar que hay más muestra en CTHI, provocando que tampoco haya diferencia significativa. Por tanto, no se puede comprobar que ninguno de los dos entrenamientos tenga mayor tasa de asistencia que el otro por cuestiones de motivación.

Solo dos estudios observaron el nivel de cumplimiento de la intensidad objetivo (*Rizk AK et al., 2015; Bravo DM et al., 2018*). Se aprecia una disminución para HIIT en comparación que CTHI (*Rizk AK et al., 2015*), sin embargo, este último autor muestra que hay una mayor respuesta ventilatoria, junto a una mayor asistencia y menor fatiga post-ejercicio en HIIT. Una de las causas más limitantes, al igual que ocurría con la falta de asistencia, es la baja tolerancia al ejercicio reflejada en la disnea sufrida por los pacientes. *Bravo DM et al., 2018* encuentran que el protocolo HIIT más exigente tiene una menor tasa de cumplimiento de la intensidad objetivo que si realizan un protocolo menos exigente, como realizar el periodo de descanso en reposo y no en activo. Sin embargo, esto podría ser contraproducente ya que HIIT depende mucho de la intensidad total, ya que al ser períodos de fluctuación de intensidad, la suma de la intensidad máxima y la intensidad en reposo debe ser suficiente para otorgar los beneficios fisiológicos a cada paciente (*Varga J et al., 2007*).

En cuanto a los efectos generales que tienen los entrenamientos interválicos, *Helgerud J et al., 2010* y *Bjørngen S, Helgerud J et al., 2009*, querían verificar si el entrenamiento en hiperoxia era mejor que en normoxia. Ambos obtuvieron respuestas contradictorias. Sin embargo, sí que hay consenso en cuanto a los beneficios del entrenamiento interválico. Seis artículos (*Bjørngen S, Hoff J et al., 2009; Guadalupe-Grau A et al., 2017; Nasis I et al., 2009; Louvaris Z et al., 2016; Neunhäuserer D et al., 2016; Bravo DM et al., 2018*) han demostrado que HIIT mejora las cualidades fisiológicas de los pacientes con EPOC, la tolerancia y adherencia al ejercicio, y la calidad de vida de los pacientes, como ocurre en *Louvaris Z et al., 2016*, el cual los pacientes disminuyeron el tiempo dedicado a actividades sedentarias aumentando así el tiempo para actividades que requerían movimiento. Sin embargo, los estudios presentan varias limitaciones, como la limitada muestra y la variabilidad de la misma, ya que, por ejemplo, las edades oscilan entre 30 y 70 años la mayoría, a excepción de un artículo (*Guadalupe-Grau A et al., 2017*) con una muestra superior a 80 años. A esto se debe añadir los distintos protocolos y duración de los entrenamientos HIIT utilizados, así como las medidas de referencia para medir la

intensidad, que podían variar entre la tasa de trabajo máxima, la frecuencia cardíaca o el pico de  $VO_2$ , que podrían variar los entrenamientos y, por tanto, es difícil comparar dichos resultados para obtener un resultado concluyente de todos ellos.

Aunque existe tal disparidad entre protocolos HIIT, muestras desiguales en cuanto a proporción, edad, etc., no es solo más que una muestra de que es necesaria más investigación al respecto, con muestras más grandes, de iguales características, con protocolos HIIT homogéneos y parámetros consensuados para así lograr una conclusión definitiva, tal y como defiende *Kortianou EA et al., 2010*.

### **Conclusión**

El entrenamiento HIIT tiene efectos beneficiosos sobre los pacientes con EPOC, mejorando las cargas de trabajo, el  $VO_2$  máximo, la disnea, la frecuencia cardíaca, la tolerancia al ejercicio, incluso su adherencia, influyendo positivamente en la calidad de vida de los pacientes con EPOC, disminuyendo el sedentarismo propio de los pacientes con esta enfermedad. Sin embargo, debido a mucha disparidad entre las características de las muestras de los estudios aquí analizados, así como de los protocolos HIIT, no se puede llegar a una resolución sobre la efectividad de HIIT y CTHI que sea concluyente, por lo que se requiere de más investigación por parte de la comunidad científica.

## Referencias bibliográficas

1. Beauchamp MK, Nonoyama M, Goldstein RS, Hill K, Dolmage TE, Mathur S et al. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease--a systematic review. *Thorax*. 2010 Feb;65(2):157-64.
2. Bjørgen S, Helgerud J, Husby V, Steinshamn S, Richardson RR, Hoff J. Aerobic high intensity one-legged interval cycling improves peak oxygen uptake in chronic obstructive pulmonary disease patients; no additional effect from hyperoxia. *Int J Sports Med*. 2009 Dec;30(12):872-8.
3. Bjørgen S, Hoff J, Husby VS, Høydal MA, Tjønnå AE, Steinshamn S et al. Aerobic high intensity one and two legs interval cycling in chronic obstructive pulmonary disease: the sum of the parts is greater than the whole. *Eur J Appl Physiol*. 2009 Jul;106(4):501-7.
4. Bravo DM, Gimenes AC, Amorim BC, Alencar MC, Berton DC, O'Donnell DE et al. Excess ventilation in COPD: Implications for dyspnoea and tolerance to interval exercise. *Respir Physiol Neurobiol*. 2018 Apr;250:7-13.
5. Brønstad E, Tjønnå AE, Rognum Ø, Dalen H, Heggli AM, Wisloff U et al. Aerobic exercise training improves right- and left ventricular systolic function in patients with COPD. *COPD*. 2013 Jun;10(3):300-6.
6. De Brandt J, Spruit MA, Derave W, Hansen D, Vanfleteren LE, Burtin C. Changes in structural and metabolic muscle characteristics following exercise-based interventions in patients with COPD: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 2016;10(5):521-45.
7. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: 2019 Report [Internet]. 2019 [citado 20 Mayo, 2019]. Disponible en: <http://www.goldcopd.org>.

8. Guadalupe-Grau A, Aznar-Laín S, Mañas A, Castellanos J, Alcázar J, Ara I et al. Short- and Long-Term Effects of Concurrent Strength and HIIT Training in Octogenarians with COPD. *J Aging Phys Act.* 2017 Jan;25(1):105-115.
9. Helgerud J, Bjørgen S, Karlsen T, Husby VS, Steinshamn S, Richardson RS et al. Hyperoxic interval training in chronic obstructive pulmonary disease patients with oxygen desaturation at peak exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Feb;20(1):e170-6.
10. Kortianou EA, Nasis IG, Spetsioti ST, Daskalakis AM, Vogiatzis I. Effectiveness of Interval Exercise Training in Patients with COPD. *Cardiopulm Phys Ther J.* 2010 Sep;21(3):12-9.
11. Louvaris Z, Spetsioti S, Kortianou EA, Vasilopoulou M, Nasis I, Kaltsakas G et al. Interval training induces clinically meaningful effects in daily activity levels in COPD. *Eur Respir J.* 2016 Aug;48(2):567-70.
12. Nasis I, Kortianou E, Vasilopoulou M, Spetsioti S, Louvaris Z, Kaltsakas G et al. Hemodynamic effects of high intensity interval training in COPD patients exhibiting exercise-induced dynamic hyperinflation. *Respir Physiol Neurobiol.* 2015 Oct;217:8-16.
13. Nasis I, Vogiatzis I, Stratakos G, Athanasopoulos D, Koutsoukou A, Daskalakis A et al. Effects of interval-load versus constant-load training on the BODE index in COPD patients. *Respir Med.* 2009 Sep;103(9):1392-8.
14. Neunhäuserer D, Steidle-Kloc E, Weiss G, Kaiser B, Niederseer D, Hartl S et al. Supplemental Oxygen During High-Intensity Exercise Training in Nonhypoxemic Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Med.* 2016 Nov;129(11):1185-1193.
15. Rizk AK, Wardini R, Chan-Thim E, Bacon SL, Lavoie KL, Pepin V. Acute responses to exercise training and relationship with exercise adherence in moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis.* 2015 Nov;12(4):329-39.
16. Varga J, Porszasz J, Boda K, Casaburi R, Somfay A. Supervised high intensity continuous and interval training vs. self-paced training in COPD. *Respir Med.* 2007 Nov;101(11):2297-304.

Anexo de figuras y tablas

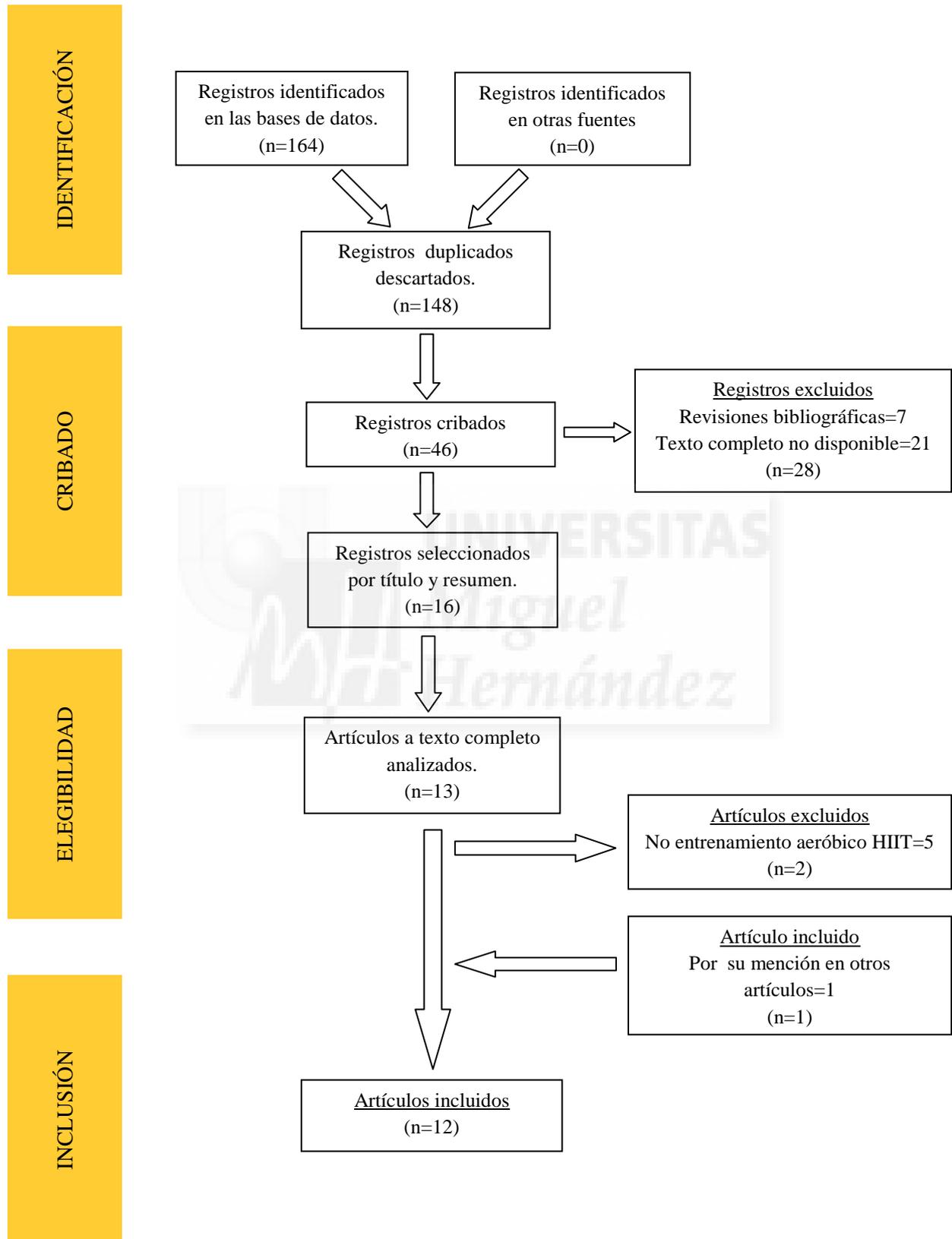
**Figura 1. Clasificación de la gravedad de la limitación del flujo de aire en la EPOC (según el FEV<sub>1</sub> post broncodilatador).**

<b>Pacientes con FEV<sub>1</sub>/FVC &lt; 70%.</b>		
<b>Estadío</b>	<b>Severidad</b>	<b>FEV<sub>1</sub> (% predicho)</b>
GOLD 1	Leve	FEV <sub>1</sub> ≥ 80%
GOLD 2	Moderada	50% ≤ FEV <sub>1</sub> < 80%
GOLD 3	Severa	30% ≤ FEV <sub>1</sub> < 50%
GOLD 4	Muy severa	FEV <sub>1</sub> < 30%

*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD), (2019.)*



Figura 2. Diagrama de flujo



**Tabla 1. Ensayos clínicos con intervalo según Frecuencia cardíaca máxima.**

Artículo	Nº Participantes	Mot. Inclusión	Mot. Exclusión	Medidas	Intervención	Resultados
Björger S, Hoff J et al., 2009	N=23, de los cuales 19 completaron el estudio.	Estadío III EPOC FEV <sub>1</sub> 30-50% FEV <sub>1</sub> /FVC <70%	Enf. Cardíacas. Otras enfermedades pulmonares. Diabetes millitus. Enf. Metabólicas.	Espirometría pre-post entrenamiento. Escala Borg.	HIIT en cicloergómetro 24 sesiones, 3 sesiones a la semana durante 8 semanas. 30 min total. <b>A 2 piernas:</b> 4:4 min a 85-95% Fc máx; descanso activo 60-70%. <b>A 1 Pierna:</b> 4:4 min cada pierna. Mismo protocolo.	Aumento significativo del VO <sub>2</sub> en todo el cuerpo. La carga de trabajo realizada pierna a pierna es mayor que cuando se trabaja en conjunto.
Brønstad E et al., 2013	N=20, pero 17 lo completaron.	EPOC estable. Edad > 50 años. FEV <sub>1</sub> post broncodilatador <60%.	Enf. Cardíaca conocida. Pacientes que habían participado en un programa de rehabilitación pulmonar durante los últimos 3 meses.	Espirometría Capacidad de difusión pulmonar.	Caminar cuesta arriba. 3 días semana/10 semanas <b>HIIT.</b> 4 Intervalos 90-95% Fc máx. Descanso activo 3 min 50-70%. 38 min total. <b>CTHI.</b> 70% de la Fc máx. 47 min total.	HIIT y Continuo aumentaron el pico de VO <sub>2</sub> en un 8% y un 9%, respectivamente
Guadalupe-Grau A et al., 2017	N=14, de los cuales 9 terminaron el estudio.	Estadío I-III EPOC	Accidente cerebrovascular en los últimos 6 meses. Hipertensión no controlada médicamente. Edad <80 años, Demencia y tabaquismo.	Capacidad vital forzada (FVC), FEV <sub>1</sub> y la relación FEV <sub>1</sub> / FVC. Presión arterial en reposo supina (mmHg).	HIIT cicloergómetro. 2 días semana/9 semanas. 1º Semana entrenamiento continuo 10 min. 2ª Semana entrenamiento continuo 15 min. 3-4 semanas, 4×15 s; 5-6 semanas, 4×20 s; 7-8 semanas, 5×20 s; 9 semana, 5×25 s	Ganancias en la condición física (especialmente la fuerza muscular y la resistencia al caminar)
Helgerud J et al., 2010	N=6	Estadio III EPOC 40 a 70 años. FEV <sub>1</sub> : 50% FEV <sub>1</sub> / FVC <70%. SpO <sub>2</sub> >90% en reposo.	Enf. Coronarias. Enf. pulmonares distintas de EPOC. Enf. malignas, embarazo, diabetes mellitus u otras enf. metabólicas.	Escala de Borg. La frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno arterial y el lactato. Cuestionario SF-36.	HIIT. 3 sesiones semana/8 semanas en hiperoxia (100%). 4 intervalos de 4 min a 85-95% de la Fc máx. 3 min de recuperación activa a 65-75%.	La hiperoxia aguda aumenta el pico de VO <sub>2</sub> y la carga de trabajo máxima en comparación con la normoxia.

Artículo	Nº Participantes	Mot. Inclusión	Mot. Exclusión	Medidas	Intervención	Resultados
Rizk AK et al., 2015	N=35	EPOC. Edad 40 años; Tabaquismo 10 años. FEV <sub>1</sub> <80%. FEV <sub>1</sub> /FVC <0.7.	Exacerbación. Contraindicación para realizar ejercicio físico. Enf. distinta de EPOC. Descanso o ejercicio con oxígeno suplementario. Incapacidad para alcanzar el umbral ventilatorio en la prueba de esfuerzo.	Tasas de flujo espiratorio, los volúmenes pulmonares y la capacidad de difusión pulmonar. Prueba de ciclismo incremental	Cicloergómetro. Calentamiento: 10 min. (5 min. descargados y 5 min. a una carga progresiva). Enfriamiento: 5 min. <b>CTHI.</b> 80% de tasa de trabajo máxima. 25 min. <b>CTVT.</b> Frecuencia cardíaca alcanzada en el umbral ventilatorio. <b>HIIT:</b> 30s en la frecuencia cardíaca alcanzada al 100% tasa de trabajo intercalado con intervalos de 30s en descarga.	Mejora fisiológica en CTHI, CTVT y HIIT tras 12 semanas, pero diferente según protocolo.
Bjørger S, Helgerud J et al., 2009	N=19, de los cuales 12 completaron el estudio	Estadio III EPOC. 40-70 años. FEV <sub>1</sub> 30-50% FEV <sub>1</sub> /FVC post broncodilatador <70%. No era requisito, pero eran fumadores.	Enf. Diferentes a EPOC. Infección de las vías respiratorias dentro de las 4 semanas posteriores al estudio.	Espirometría. Prueba de esfuerzo pre-post intervención en normoxia. En hiperoxia post-intervención para dicho grupo.	Cicloergómetro. 3 veces semana/8 semanas. Calentamiento 10 min todos con dos piernas. Ambos grupos realizaron la misma intervención. 4x4 min en cada pierna a 85 - 95% de la Fc máx.	HIIT alternando piernas aumentó el VO <sub>2</sub> y la carga de trabajo en comparación con dos piernas. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre entrenamiento en hiperoxia y normoxia.

**Tabla 2. Ensayos clínicos con intervalo según tasa de trabajo.**

Artículo	Nº Participantes	Mot. Inclusión	Mot. Exclusión	Medidas	Intervención	Resultados
Neunhäuserer D et al., 2016	N= 44, de los cuales completan el estudio 29.	EPOC estable con edad $\geq 30$ años. FEV <sub>1</sub> 30-60% Presión parcial de oxígeno arterial en reposo (PaO <sub>2</sub> ) > 55 mmHg. Presión parcial de dióxido de carbono (PaCO <sub>2</sub> ) < 45 mmHg.	Infarto de miocardio en los 6 meses anteriores Comorbilidad	Tasa de trabajo máxima. Volumen máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> máx)	HIIT 12 semanas. 31 min total 7 intervalos 70-80% tasa de trabajo pico durante 1 min. 2 min descanso activo a 50%	Tasa máxima de trabajo aumentó 20,9%. Disminución de la reserva de la frecuencia cardiaca. Función pulmonar sin cambios. Los pacientes mejoraron la ansiedad y la depresión.
Nasis I et al., 2015	N=36	EPOC estable durante 6 meses anteriores. FEV <sub>1</sub> post broncodilatador < 80%. No reversibilidad significativa de la vía aérea (es decir, < 12% de cambio o < 200 ml de valor pre-broncodilatación FEV <sub>1</sub> ).	Cor pulmonale. Enf. Cardiovascular. Anomalías musculoesqueléticas.	Función pulmonar. Prueba de esfuerzo hasta síntomas limitantes.	HIIT en cicloergómetro. 3 sesiones semana/12 semanas. 45 min total. Oxígeno suplementario durante entrenamiento a todos los pacientes (1.5–2.0L/min). Intervalos de 30s al 100% de tasa de trabajo máxima con descanso de 30s. Carga de trabajo se incrementó (5%) semanalmente.	Con HIIT, los pacientes con EPOC aumentaron la tasa de trabajo máxima y el consumo máximo de oxígeno, mientras que también aumentaron el gasto cardíaco máximo durante el ejercicio incremental.
Varga et al, 2007	N=71	EPOC FEV <sub>1</sub> menor de lo normal.	Enf. cardiovasculares, neurológicas o de articulación severas que limiten el ejercicio.	Espirometría, pletismografía corporal y capacidad de difusión. Inhalaron 400 mg de salbutamol 20 min. antes de la prueba. Escala de Borg.	Cicloergómetro 3 veces semana/8 semanas. <b>CTHI.</b> 80% tasa de trabajo máxima. 45 min total. <b>HIIT.</b> 2 min. a 90%; 1 min. 50%. 30 min total. <b>Casa.</b> Caminar, montar en bicicleta o subir escaleras. 45 min total. Calentamiento y enfriamiento a 50%.	Los programas no supervisados basados en el hogar mostraron menores mejoras que el entrenamiento continuo o a intervalos, sin embargo, no se pudo demostrar una diferencia significativa de mejora entre estos dos últimos.

Artículo	Nº Participantes	Mot. Inclusión	Mot. Exclusión	Medidas	Intervención	Resultados
Louvaris Z et al., 2016	N=150, de los cuales 128 completaron el estudio.	EPOC Edad $\geq$ 50 años. Tabaquismo +30 años. FEV <sub>1</sub> /FVC <70%. Ingreso en el hospital por exacerbación aguda de COPD.	Cor pulmonale. Enf. Cardiovascular. Anomalías musculoesqueléticas.	Software ActiLife (versión 5.10.0) para los datos de actividad diaria.	<b>HIIT</b> en cicloergómetro 3días semana/12 semanas 45 min total. Intensidad media de 130 $\pm$ 18% de la tasa de trabajo máxima en intervalos de ejercicio de 30s con descanso de 30s.	Los niveles de actividad diaria del grupo de intervención fue significativamente mayor que el grupo control, con un aumento promedio de mil pasos diarios, disminuyendo el sedentarismo.
Nasis I et al., 2009	N=42	Estadío II-IV EPOC Edad < 75 años FEV <sub>1</sub> $\leq$ 80% sin reversibilidad (<12% de cambio de los valores iniciales de FEV <sub>1</sub> después del broncodilatador), No enfermedad coexistente que dificulte el entrenamiento físico.		Escala de disnea. Prueba de la marcha de los 6 minutos. Prueba de esfuerzo. Espirometría. Índice BODE.	Cicloergómetro. <b>HIIT</b> : 30s a 100% tasa de trabajo máxima combinado con 30 s a 45%. 40 min total. <b>CTHI</b> : 60% tasa de trabajo máxima. 30 min total. Oxígeno suplementario 1.5/2.0 L/min.	HIIT mejora el índice BODE y la capacidad funcional en pacientes EPOC. Además de disminuir la disnea y la fatiga en las piernas en comparación con CTHI.

**Tabla 3. Ensayos clínicos con intervalo según volumen de oxígeno.**

Artículo	Nº Participantes	Mot. Inclusión	Mot. Exclusión	Medidas	Intervención	Resultados
Bravo DM et al., 2018	N=16	EPOC larga duración. FEV <sub>1</sub> /FVC<Normalidad	Obesidad, Enf, cardíacas, Diabetes mellitus, otras enf, respiratorias.	Espirometría rutinaria. Pletismografía corporal. Pulsioximetría. Escala Borg.	HIIT en cicloergómetro. 30:60s 60:120s 30 minutos o hasta que los síntomas sean limitantes. En fase pico, 100%, fase descanso, 40%.	Disminución del lactato, síntomas de esfuerzo y restricciones inspiratorias con el protocolo más exigente 60:120s, con periodo de recuperación sin carga.

