

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO DE FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA
INSPIRATORIA EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA CARDIACA.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: Bustos Montoro, Ana.

Nº expediente:2239

Tutora: Nuria Fernández García

Curso académico: 2020- 2021

Área de conocimiento: Radiología y medicina física.

Departamento: Patología y Cirugía

Convocatoria: Junio.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
Impacto socioeconómico. Carga global.....	4
Tratamiento de la insuficiencia cardiaca, situación actual.....	5
Vínculo del tema con la fisioterapia.....	6
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	9
RESULTADOS.....	10
Limitaciones del estudio.....	15
ANEXOS.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	22



Resumen y palabras clave.

Introducción: El entrenamiento de la musculatura inspiratoria (IMT) es una intervención que incluye el uso de un dispositivo con una resistencia programada al flujo de aire en la fase inspiratoria de la respiración, con el objetivo de someter a la musculatura inspiratoria a una contracción a una determinada intensidad en sucesivas inspiraciones lentas y profundas por minuto. La debilidad muscular que tienen algunos enfermos con insuficiencia cardiaca (IC) y la repercusión negativa que esto tiene sobre la tolerancia al ejercicio y sobre su calidad de vida despierta interés para seguir investigando sobre tratamientos no farmacológico que mejoren la salud de estos enfermos. El IMT puede ser una herramienta complementaria dentro del programa de rehabilitación cardiaca, ya que se ha comprobado los beneficios que aporta.

Objetivos: Analizar la evidencia científica disponible sobre el efecto que tiene el IMT en los enfermos con IC.

Métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed y PEDro de los artículos que recogieran la técnica y su aplicación.

Resultados: De la búsqueda bibliográfica se seleccionaron 8 artículos. Los principales resultados observados son la disminución de la disnea, el aumento de la capacidad funcional, la calidad de vida, el valor de la PIM, cambios hemodinámicos y efectos sobre el metaborreflejo de la musculatura inspiratoria.

Conclusión: El IMT en pacientes con IC muestra resultados positivos que mejoran su calidad de vida.

Palabras clave: Insuficiencia cardiaca, entrenamiento de musculatura inspiratoria.

Abstract and keywords

Introduction: Inspiratory muscle training (IMT) is an intervention that involves the use of a device with a programmed resistance to airflow in the inspiratory phase of breathing, with the aim of subjecting the inspiratory musculature to contraction at a given intensity in successive slow, deep breaths per minute. The muscular weakness shown in some patients with heart failure (HF) and the negative repercussions this has on exercise tolerance and quality of life has sparked interest in further research into non-pharmacological treatments to improve the health of these patients. IMT can be a complementary tool within the cardiac rehabilitation programme, as its benefits have been proven.

Objectives: To analyse the available scientific evidence on the effect of IMT in patients with HF.

Methods: A bibliographic search was carried out in the PubMed and PEDro databases for articles on the technique and its application.

Results: Eight articles were selected from the bibliographic search. The main results observed were a decrease in dyspnoea, an increase in functional capacity and quality of life, and in the value of IMT, as well as haemodynamic changes and effects on the metaboreflex of the inspiratory musculature.

Conclusion: IMT in HF patients shows positive results that improve their quality of life.

Key words: Heart failure, inspiratory muscle training.

INTRODUCCIÓN

La IC es un síndrome clínico con unos síntomas y/o signos causados por una anomalía estructural y/o funcional cardíaca (determinada por una FE <50%, un agrandamiento anormal de la cámara cardíaca, E/E' de >15, hipertrofia ventricular moderada/grave o lesión valvular obstructiva o regurgitante moderada/grave) y corroborados por al menos uno de los siguientes elementos: niveles elevados de péptidos natriuréticos o evidencia objetiva de congestión pulmonar o sistémica mediante modalidades de diagnóstico, como imágenes (radiografía de tórax o presiones de llenado elevadas mediante ecocardiografía) o mediciones hemodinámicas (cateterismo cardíaco derecho, catéter arterial pulmonar) en reposo o con provocación (ejercicio).

Esta definición es el resultado de un consenso que se alcanza gracias a la labor de tres sociedades internacionales: la Sociedad Americana de Insuficiencia Cardíaca (HFSA), la Asociación de Insuficiencia Cardíaca de la Sociedad Europea de Cardiología (HFA/ESC) y la Sociedad Japonesa de Insuficiencia Cardíaca, las cuales han encabezado el proyecto para dar una definición universal de Insuficiencia cardíaca (IC) ya que en la literatura científica existente hasta la fecha se encuentran definiciones ambiguas y poco estandarizadas.

Establecen la siguiente clasificación para la IC:

- En riesgo de IC(A) pacientes con riesgo, pero sin síntomas o signos actuales o previos de IC, sin cambios cardíacos estructurales o biomarcadores elevados de enfermedad cardíaca. No todos desarrollarán IC, pero la intervención de factores de riesgo puede estar justificada.
- Pre-IC (B). pacientes con síntomas o signos actuales o previos de IC con evidencia de uno de: cardiopatía estructural/función cardíaca anormal/niveles elevados de péptidos natriuréticos.
- IC(C). Pacientes con síntomas y/o signos actuales o previos de IC causados por anomalía cardíaca estructural y/o funcional.
- IC avanzada (D). Síntomas y/o signos graves de IC en reposo, hospitalizaciones recurrentes, refractarios o intolerantes a las guías de práctica clínica, requieren terapias

avanzadas, consideración de trasplantes, cuidados paliativos o soporte circulatorio mecánico.

Clasificación de IC según la FE:

- IC con FE reducida (HFrEF) IC con FEVI \leq 40%.
- IC con FE levemente reducida (HFmrEF) IC con FEVI 41-49%
- IC con FE conservada (HFpEF) IC con FEVI \geq 50%.
- IC con FE mejorada (ICimpEF) IC con FEVI basal \leq 40%, aumento \geq 10 puntos con respecto a FEVI basal y una segunda medición de FEVI $>$ 40%. (*Bozkurt B et al. 2021*)

Impacto socioeconómico. Carga global

La dimensión económica de la IC se visualiza a través de los estudios de evaluación económica que se realizan para ver el impacto económico de la enfermedad para la sociedad.

En 2017 se estimó en 23 millones el número de personas en el mundo con IC de las cuales más de 15 millones de casos se localizaban en Europa.

En 2012 se estimó el coste de la enfermedad en 108 mil millones de dólares, de los cuales 65 mil millones corresponden a costos directos: atención ambulatoria, medicación, rehabilitación, enfermería y atención informal. 43 mil millones corresponden a costos indirectos: pérdida de productividad, licencias por enfermedad, jubilación anticipada y mortalidad prematura.

En países europeos el gasto de atención hospitalaria para pacientes ingresados oscila entre 5.000-18.000 dólares, siendo el coste más elevado dentro del gasto directo. La atención ambulatoria no se pudo cuantificar debido a la falta de estandarización en la metodología de los distintos estudios consultados.

Una de las mayores dificultades que se encuentra a la hora de realizar estudios del impacto económico de la enfermedad de IC es la falta de homogeneidad para recoger los datos, no hay igualdad metodológica y poca estandarización.

La incidencia relativa se ha estabilizado en los 500.000 nuevos diagnósticos al año, mientras que la prevalencia está aumentando en las últimas décadas debido a las mejoras en su diagnóstico y en los avances relativos al tratamiento.

El impacto social de la enfermedad conocido como *humanistic burn* viene evaluado por cuestionarios de calidad de vida relacionada con la salud. Se trata de cuestionarios validados que evalúan la salud mental y física a lo largo del tiempo. (*Hessel FP et al. 2021*)

Fisiopatología

La IC produce en el organismo una cascada de reacciones que alcanzan una afectación periférica. Existe una miopatía muscular, la masa muscular periférica es más pequeña, el metabolismo oxidativo disminuye porque se reducen el número de fibras tipo I de contracción lenta y aumentan las fibras de contracción rápida tipo II.

Se le asocia una respuesta endocrina que aumenta en el organismo la concentración de citoquinas pro-inflamatorias. Además, hay un aumento de la actividad simpático-adrenal que agrava la patología cardíaca de base al aumentar: la presión arterial, la ventilación y la resistencia vascular periférica. En consecuencia, disminuye el flujo sanguíneo periférico y aumentando el catabolismo (retroalimentando negativamente a la miopatía muscular).

¿Qué puede explicar la intolerancia al ejercicio? Los pacientes con IC tienen un gasto cardíaco reducido que como resultado produce una reducción de flujo sanguíneo al músculo esquelético, por este motivo no hay un aporte suficiente ni de nutrientes ni de oxígeno, generando un estrés que produce muerte celular y/o necrosis. (*Lavine KJ et al. 2021*)

Tratamiento de la insuficiencia cardíaca, situación actual

En la actualidad los pacientes con IC tienen un amplio tratamiento farmacológico con el objetivo de mejorar los signos y síntomas, corregir la sobrecarga de volumen y mejorar la hemodinámica cardíaca aumentando la perfusión.

El tratamiento fisioterápico se ubica dentro del programa de rehabilitación cardíaca. Consta de tres fases: hospitalaria, en el centro de salud y domiciliaria, complementa al tratamiento farmacológico y el fisioterapeuta trabaja junto al cardiólogo y al personal de enfermería. (*Hernández PG et al., 2019*)

La situación de las Unidades de rehabilitación cardiaca (URC) en España, a través de las cuales se desarrollan los programas de rehabilitación cardiaca en pacientes con IC, se explica con los datos obtenidos a través del Registro Nacional de Unidades de Rehabilitación Cardiaca que se realiza a través de R-EURECA, en 2020 el número de URC estaba en torno a 135, un número insuficiente de unidades si se considera la reducción a la que se ve sometida la calidad de vida del paciente de por vida.

El último censo realizado en el 2015 por R-EURECA indicaba que el 34,1% de los pacientes tratados en fase II en las URC corresponde a pacientes con IC. (*Campuzano R et al. 2020*)

Pronto se tendrán los datos del nuevo censo que se está llevando a cabo en la actualidad. (*Secardiología. 2015*)

Vínculo del tema con la fisioterapia.

En España, el fisioterapeuta miembro del equipo de las URC (*Hernández PG et al., 2019*) es el profesional sanitario encargado de desarrollar y supervisar los programas de ejercicio adaptado para pacientes con IC.

Los programas de IMT están demostrando beneficios suficientes para considerar su inclusión dentro del programa de RC. (*Gómez-Cuba M et al., 2016*)

OBJETIVOS.

1.El *objetivo principal* de esta revisión bibliográfica es:

- Conocer el efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con IC.

2. *Objetivos secundarios:*

- Conocer el efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre la intolerancia al ejercicio.
- Conocer que efecto produce el entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre la función ventilatoria.
- Conocer que efecto produce el entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre la aumentada actividad simpática en pacientes con IC
- Conocer qué protocolos se emplean en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con IC
- Descubrir los beneficios del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en pacientes con IC.
- Valorar la inclusión al programa de rehabilitación cardiaca el entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el **COIR** para TFGs: **TFG.GFL.NFG.ABM.210309**.

Para la realización de esta revisión se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica durante marzo y abril de 2021, consultando las bases de datos: PubMed, y PEDro.

En ambas bases de datos se han empleado los mismos términos: heart failure, inspiratory muscle training con el operador booleano “AND”.

El término heart failure se ha obtenido al introducir en la base de datos de la BVS el término insuficiencia cardiaca, el concepto entrenamiento de la musculatura inspiratoria no aparece en la BVS así que se ha optado por escoger “inspiratory muscle training”, que es el que emplea la comunidad científica para referirse al mismo.

En la base de datos PubMed el método de búsqueda utilizado ha sido búsqueda avanzada, y se ha obtenido el algoritmo: ("inspiratory muscle training"[Title/Abstract]) AND ("heart failure"[Title/Abstract])

En la base de datos PEDro el método de búsqueda utilizado ha sido búsqueda sencilla, en la casilla Abstract & Title se ha introducido “heart failure”, “inspiratory muscle training”. El entrecomillado se ha usado para indicar a la base de datos que se hiciera la búsqueda de los términos tal cual, eliminado la posibilidad de dividir las palabras, sobre todo en inspiratory muscle training.

En ambas búsquedas se ha aplicado la misma condición para resultados por año: trabajos publicados entre 2011-2021.

En la base de datos PubMed además de acotar el periodo cronológico en el que buscar los artículos se ha incluido el filtro: humans, mientras que en la base de datos PEDro al no existir la posibilidad de usar este filtro, en la casilla de score of at least se ha incluido el: 5 para que aparezcan los trabajos que tras pasar la escala PEDro hayan alcanzado una puntuación igual o mayor a 5.

Se obtiene en PubMed 52 resultados y en PEDro 17.

Tras la evaluación de la calidad metodológica de los ensayos clínicos mediante la escala PEDRo, todos los artículos obtienen una puntuación superior a 6 puntos. El **Anexo I** muestra la puntuación individual obtenida por cada estudio.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.

Dada la cantidad de resultados que se han obtenido se deben aplicar unos criterios de inclusión y exclusión que ayuden a dar respuesta a los objetivos marcados.

Se **excluyen** de los resultados obtenidos aquellos artículos que:

- En su título se incluya otra/s comorbilidad/es de manera explícita además de IC.
- En la intervención se combina el entrenamiento de musculatura inspiratoria y electroterapia.
- En la intervención se combina el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y otro tipo de ejercicio físico.
- En la muestra incluyan sujetos exclusivamente con miocardiopatía diagnosticada.
- En la intervención se combina el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y el entrenamiento a alta intensidad.
- En el título incluya explícitamente que la intervención para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria se realiza en el domicilio.
- Los seres vivos de la intervención sean animales.

Se **incluyen** aquellos artículos que:

- Han sido publicados en los 10 últimos años.
- La intervención se realiza con seres humanos.
- Artículos científicos sin límite de edad ni sexo.
- Artículos que han sido publicados en cualquier idioma.
- Artículos de acceso gratuito y de acceso restringido.
- Cualquier tipo de trabajo científico.

Anexo 2 Figura 1. *Diagrama de flujo. Proceso de búsqueda bibliográfica y selección de artículos.*

RESULTADOS

Las intensidades a las que han entrenado los sujetos que integraban el grupo intervención han variado entre un 20-60% de la PIM siendo en su mayoría de los ensayos clínicos valores por debajo del 60% mientras que en el grupo control han sido sometidos a valores iguales o inferiores al 15% de la PIM, en un estudio hubo un grupo control que no estuvo expuesto a ninguna intervención, y en otro estudio no hubo grupo control.

En 3 ensayos clínicos se ha detallado la participación del fisioterapeuta como integrante del equipo que ha llevado a cabo la investigación, las funciones descritas han sido la de instruir a los pacientes, supervisar el entrenamiento y la atención telefónica.

La mayor parte de las muestras pertenecían a la clase II-III de NYHA, sólo una revisión sistemática incluía también pacientes de grado I, y sólo un ensayo controlado también incluía pacientes de grado IV. Algunos sujetos conservaban la FEVI y otros no.

En los ensayos clínicos el porcentaje de mujeres ha sido del 41% frente a un 59% de hombres de un total de 186 sujetos.

Las variables que se han medido, muchas de ellas comunes en la mayoría de los estudios, y los instrumentos usados para su medición se encuentran detallados en el *Anexo 3,4,5* junto con los resultados de cada estudio.

Se ha encontrado que en todos los estudios de manera previa a la intervención se ha realizado un periodo de entrenamiento o familiarización de mayor o menor duración a toda la muestra.

De los 8 resultados obtenidos, 3 de ellos han estudiado el efecto del IMT sobre el metaborreflejo y los cambios hemodinámicos, mientras que 5 resultados se han centrado en los efectos del IMT sobre: la fuerza de la musculatura inspiratoria, la capacidad funcional, la disnea y la calidad de vida principalmente, aspectos estrechamente relacionados con la actividad y participación de las personas con insuficiencia cardíaca.

DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica que se ha realizado tiene como objetivo analizar el efecto que tiene el entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre la población con IC. Los resultados positivos que se han obtenidos en los estudios analizados muestran que los pacientes con IC grado I, II, III, IV, HFpEF y HFrEF podrían beneficiarse si se incorpora en su programa de rehabilitación el IMT. Se encuentra heterogeneidad entre los diversos programas de entrenamiento que se aplicaron en los distintos estudios tanto en el grupo de intervención como en el grupo control. Estas diferencias afectaron tanto a las intensidades a las que tuvieron que realizar el entrenamiento como a la frecuencia y a la duración. En cuanto a la intensidad a la que tuvo que entrenar cada sujeto de los diferentes grupos de intervención varió entre 20 y 60% de la PIM. Distinguimos dos grandes grupos, aquellos sujetos que entrenaron en un rango de trabajo entre un 30 y un 60% de la PIM (*Wu J et al. 2018, y Sadek Z et al. 2018, Fernández-Rubio H et al. 2021*) y quienes lo hicieron entre un 20 y un 40% (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Palau P et al. 2014, Moreno AM et al. 2017, Hossein Pour AH et al. 2020, Marchese L de D et al. 2020*). Los individuos del grupo control recibieron instrucciones para trabajar en todos los estudios con una carga igual o inferior al 15% de la PIM (*Bosnak-Glucu M et al. 2011*), y un autor no informa la intensidad de trabajo para este grupo. (*Palau P et al. 2014*).

En cuanto al tiempo de entrenamiento varió de 4 a 12 semanas, y una investigación realizó en un solo día la intervención (*Marchese L de D et al. 2020*). Dos protocolos fueron de 6 semanas (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Hossein Pour AH et al. 2020*), uno 8 semanas (*Moreno AM et al. 2017*), uno 12 semanas (*Palau P et al. 2014*), entre 4 y 12 semanas los recogidos por Wu J (*Wu J et al. 2018*), entre 10 y 12 semanas la revisión de Sadek Z (*Sadek Z et al. 2018*) y entre 4 y 16 semanas la revisión de Fernández-Rubio (*Fernández-Rubio H et al. 2021*). Más homogeneidad se encontró en la frecuencia y duración, la mayoría se realizaron 7 días a la semana (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Hossein Pour AH et al. 2020, Sadek Z et al. 2018*) o 6 veces (*Moreno AM et al. 2017, Sadek Z et al. 2018*). La menor frecuencia la comunicó Wu J (*Wu J et al. 2018*), Fernández-Rubio H (*Fernández-Rubio H et al. 2021*) en su revisión incluyó un protocolo de 3 repeticiones semanales. En cuanto a las repeticiones diarias, se dispone de dos registros: 2 veces

al día (*Palau P et al. 2014*), 1 vez al día (*Moreno AM et al. 2017*). En cuanto al tiempo de la sesión de entrenamiento prácticamente todos los autores emplearon tiempos similares, 4 estudios informan una duración de 30 minutos la sesión (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Moreno AM et al. 2017, Hossein Pour AH et al. 2020, Fernández-Rubio H et al. 2021*) una revisión indica tiempos entre 10 y 45 minutos (*Wu J et al. 2018*) o entre 15 y 30 minutos (*Sadek Z et al. 2018*)

Aunque todos los estudios en sus resultados recogen mejoras en las variables estudiadas, la variedad de protocolos puede obstaculizar el uso de este tipo de entrenamiento en la práctica clínica. Tras el análisis de estos datos, hay protocolos con intensidades bajas que duran más semanas y protocolos con intensidades más altas que duran menos. ¿No sería recomendable en un futuro comparar los resultados obtenidos entre grupos para cargas de 20, 30, 40, y 60% con la misma duración para averiguar con que porcentaje de la PIM se obtienen más beneficios?

Se recogió información relativa al tiempo de seguimiento tras finalizar la intervención en un solo estudio (*Wu J et al. 2018*). El estado crónico de estos pacientes sumado a la reducción de calidad de vida durante el envejecimiento de muchos de ellos lleva a pensar en futuras investigaciones donde se pueda estudiar el tiempo que perduran los beneficios conseguidos.

De los 8 estudios analizados se podrían clasificar en dos grupos en base a las variables estudiadas. En 5 de ellos se analizó el efecto del IMT principalmente sobre la fatiga, la disnea, la fuerza de los músculos inspiratorios, la calidad de vida, la capacidad funcional (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Palau P et al. 2014, Wu J et al. 2018, Hossein Pour AH et al. 2020*), y 3 estudios centraron la atención en los cambios hemodinámicos (*Marchese L de D et al. 2020*) y el metaborreflejo (*Moreno AM et al. 2017, Fernández-Rubio H et al. 2021*) además de considerar secundariamente las anteriores variables. La valoración del comportamiento del medio interno cuando se le somete a este tipo de entrenamiento podría ser una de las claves para entender la baja tolerancia al ejercicio y que resta calidad de vida a estos pacientes.

Algunas variables se han medido con instrumentos bastantes homogéneos, esto significa que se pueden obtener mediciones fiables pre/post tratamiento para evaluar el efecto del entrenamiento con cierta seguridad a la hora de emplearlos en la práctica clínica. Sucede con la variable

capacidad funcional, medida por 4 autores con la prueba de los 6 minutos marcha (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Palau P et al. 2014, Wu J et al.2018, Sadek Z et al. 2018*).

Respecto a la CV no está claro si mejoró solamente por la intervención del IMT o por la suma de su efecto con la práctica de ejercicio (*Wu J et al.2018*). En una publicación anterior indicaron a los participantes que no se realizara ninguna actividad física durante la intervención, el resultado fue un incremento de la distancia recorrida. (*Bosnak-Glucu M et al. 2011*).

3 autores evalúan la CV con el cuestionario específico para pacientes con IC: MLHFQ (*Palau P et al. 2014, Moreno AM et al. 2017, Wu J et al.2018*), 3 usaron la escala SF-36 (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Wu J et al.2018*). En todos ellos mejoró la CV después de realizar el entrenamiento, de manera similar entre grupos (*Bosnak-Glucu M et al. 2011*), en mayor grado el grupo de intervención (*Moreno AM et al. 2017*), mejoró en aquellos protocolos que duraron más de 6 semanas (*Wu J et al.2018*).

La disnea se evaluó con dos escalas: la mMRC (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Hossein Pour AH et al. 2020, Wu J et al.2018*) y la de Borg (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Moreno AM et al. 2017, Wu J et al.2018, Marchese L de D et al. 2020, Sadek Z et al. 2018*). Un estudio usó ambas escalas para recoger información durante las actividades de la vida diaria y al realizar actividad física (*Bosnak-Glucu M et al. 2011*).

En todos se observó un incremento en el valor de la PIM a la finalización del entrenamiento. Es importante seguir estudiando que relación guarda la debilidad de la musculatura inspiratoria con la poca tolerancia del ejercicio (*Marchese L de D et al. 2020*). Fernández-Rubio se dedica a analizar las variaciones de la PIM pre-pos tratamiento y su efecto sobre la activación del metaborreflejo en la musculatura inspiratoria (*Fernández-Rubio H et al. 2021*) la respuesta hemodinámica (*Marchese L de D et al. 2020*) se estudió aplicando a los mismos sujetos 3 intensidades de trabajo distintas y se analizó la respuesta hemodinámica para cada una de ellas. Los resultados de este estudio nos pueden orientar para elegir intensidades altas o bajas en función de la clasificación NYHA del paciente, por su efecto sobre la PAS y PAM. La FC aumenta tanto al 30 y 60% de la PIM mientras que al 60% hay un aumento representativo tanto en la PAM como en PAS.

La activación secundaria del metaborreflejo de la musculatura inspiratoria que se produce al practicar ejercicio físico se demuestra con el descenso del valor de saturación de oxígeno de la musculatura intercostal y en el antebrazo junto con un efecto vasoconstrictor periférico, que analiza Moreno (*Moreno AM et al. 2017*) cuando induce una fatiga muscular a la muestra. El efecto vasoconstrictor periférico lo recoge también Fernández (*Fernández-Rubio H et al. 2021*). Reducir la fatiga de la musculatura inspiratoria podría evitar esa reorganización de oxígeno no deseada en el que abastecer al tejido muscular respiratorio es prioritario sobre cualquier otra función que no sea vital.

Otras variables que se recogieron fueron el equilibrio, la depresión y la fuerza del cuádriceps (*Bosnak-Glucu M et al. 2011*), o biomarcadores (*Palau P et al. 2014, Moreno AM et al. 2017*) donde todas las variables mejoraron tras la intervención IMT.

En cuanto al dispositivo empleado con el que se realizó el IMT, 4 de los 5 ECA emplearon el de carga de umbral (*Bosnak-Glucu M et al. 2011, Palau P et al. 2014, Moreno AM et al. 2017, Hossein Pour AH et al. 2020*) uno usó el de carga resistiva (*Marchese L de D et al. 2020*). Se usaron ambos en las revisiones de Sadek (*Sadek Z et al. 2018*) y Fernández-Rubio (*Fernández-Rubio H et al. 2021*). No se ha llegado a comparar que diferencia puede haber entre usar uno u otro con respecto a la ganancia de la PIM, pero se informó de una ganancia del 90% de la PIM (*Palau P et al. 2014*) y de un 78% en la primera semana de aplicación (*Moreno AM et al. 2017*). La media de la muestra en los 5 ECA fue de 36 participantes, destaca un estudio que reunió a 84 sujetos (*Hossein Pour AH et al. 2020*) frente a los 20 de Marchese L (*Marchese L de D et al. 2020*). En todos los estudios la muestra se divide en grupo intervención y control salvo en uno, sin grupo control (*Marchese L de D et al. 2020*). Los sujetos más jóvenes (*Sadek Z et al. 2018, Fernández-Rubio H et al. 2021*) tienen 53 años.

Es importante mencionar que no hubo ningún efecto adverso a la finalización del entrenamiento que haya podido agravar su enfermedad de base.

Limitaciones del estudio.

Hay varias limitaciones en esta revisión.

La diferencia en el mecanismo de funcionamiento de los dos dispositivos IMT que se han usado podría requerir más estudios futuros que determinen si hay un dispositivo más recomendable que otro.

Los criterios de inclusión y exclusión que se han diseñado en la selección de artículos han podido limitar demasiado la cantidad de estudios seleccionados, dado que se pretendía encontrar intervenciones homogéneas.

Es complejo determinar cuanto de útil es el IMT si se desconocen los efectos a largo plazo. En futuras investigaciones sería interesante incluir periodos de seguimiento posteriores para saber si los efectos perduran o no, a pesar de que en todos se han observado mejoras del valor de la PIM.

Algunas intervenciones han mezclado pacientes con y sin debilidad muscular, esto podría falsear los resultados a la hora de comparar los resultados entre grupos.

Diseñar estudios futuros que puedan aportar datos concretos sobre que intensidad es más recomendable de aplicar entre pacientes HFpEF y HFrEF.

Existe menos cantidad de evidencia científica que investiga los mecanismos fisiopatológicos y la relación del IMT sobre estos.

CONCLUSIONES

En base a la información analizada se puede concluir que:

- El IMT disminuye la disnea y la fatiga, mejora la capacidad funcional, la calidad de vida y la fuerza de la musculatura inspiratoria.
- El IMT puede aumentar la tolerancia al ejercicio al mejorar la función de los músculos inspiratorios.
- Cualquiera de los valores descritos en los distintos protocolos de entrenamiento que varían entre el 20 y el 60% de la PIM mejoran el estado de salud.
- A pesar de la efectividad de todos los protocolos analizados, se observa que no hay homogeneidad para determinar una carga fija en % de la PIM y cuantas semanas de duración debe tener el programa.
- Se ha demostrado que el IMT es seguro en la práctica clínica, habría que determinar con más exactitud en que pacientes no es conveniente aplicar cargas al 60% de la PIM con el fin de evitar efectos hemodinámicos no deseados en este tipo de pacientes.
- En procesos crónicos es necesario saber si la mejora se mantiene en el tiempo.
- Con los datos recogidos no se puede analizar el efecto del IMT sobre la función pulmonar.
- Se requiere más investigación para determinar la posible relación entre el efecto del IMT sobre el metaborreflejo del musculo inspiratorio y la relación de este sobre el posible descenso de la actividad simpática.

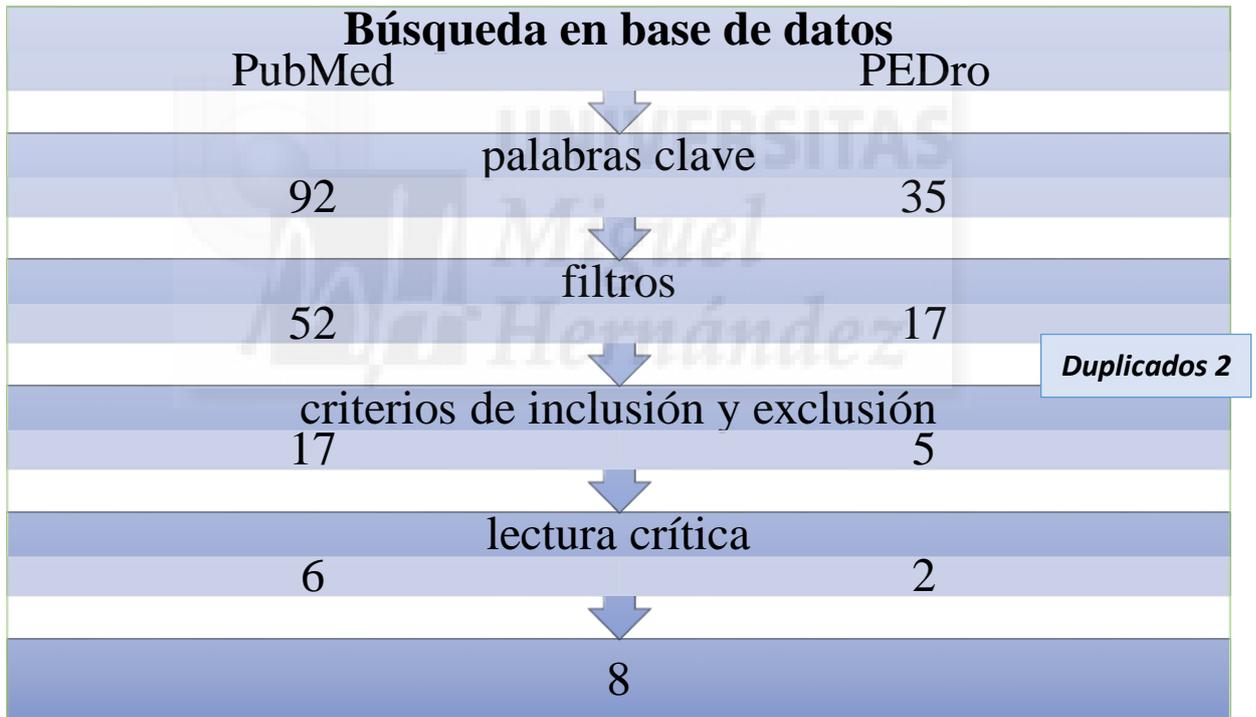
ANEXOS.

Anexo 1. Tabla de evaluación de la calidad metodológica

ARTÍCULO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Bosnak-Glucu M et al (2011)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11/11
Palau P et al. (2014)	x	x	-	x	-	-	x	x	x	x	x	8/11
Moreno AM et al. (2017)	x	x	-	x	-	-	x	x	x	x	x	8/11
Hossein Pour AH et al. (2020)	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	10/11
Marchese Lde S et al. (2020)	x	-	x	x	-	-	-	x	x	x	x	7/11

ANEXO 2. Estrategia de búsqueda.

Figura 1. Diagrama de flujo.



ANEXO 3. Tabla de resultados de los ensayos clínicos.

Autor. Año	Métodos		Pacientes	Variables	Instrumentos de medición	Resultados
	Grupo Intervención (n) (edad)	Grupo Control (n) (edad)				
Bosnak-Guclu M et al. (2011)	(18) (69,5±7,96) IMT: (20-30%) PIM Familiarización: 1 semana + 2 días supervisión IMT 20-30% PIM. Intervención: IMT 40% PIM. Reajuste: 1 d/sem	(18) (65,72±10,52) (IMT simulado) Familiarización: 1 semana + 2 días supervisión [0%]PIM Intervención: IMT 15% PIM.	-NYHA II-III. -FEVI<40% - Marcapasos: Tiempo implementado >6 semanas	-Capacidad funcional ₁ -Fuerza músculos inspiratorios (PIM/PEM) ₂ -Fuerza músculos periféricos: cuádriceps. ₃ -Equilibrio funcional. ₄ -Función pulmonar. ₅ -Disnea percibida. ₆ -Percepción fatiga. ₇ -Calidad de vidas ₈ -Depresión. ₉	-6MWT ₁ MicroRPM ₂ -Jtech Commander PowerTrack II ₃ . -Escala de equilibrio de Berg. ₄ -Spirobank MIR ₅ mMRC, Escala de Borg modificada ₆ -Versión turca de la evaluación multidimensional de la fatiga (MAF) ₇ -Versión turca de SF-36 ₈ -Versión turca de escala Montgomery Åsberg ₉	1.Distancia: mejoró significativamente en GI. 2. Mejoraron significativamente ambos grupos, más en GI. 3. Mejoró significativamente GI. No se observaron mejoras en GC. 4.Mejóro significativamente en GI. 5. Aumento significativo en GI. 6. Hubo alivio más significativo en GI de la disnea funcional. 7. Sin diferencias significativas entre grupos, pero si dentro de GI. 8.Mejóro de manera similar en ambos grupos. 9. Disminuyó significativamente entre y dentro de grupos.
	-Control semanal: PA, FR, FC. -Threshold IMT + pinza nasal -Respiraciones diafragmáticas. Fase1: FR= [10-15 _{rep}] + Descanso [5-10 _{s /resp}] Fase2: FR= [25-30 _{rep}] Control telefónico 2d/sem Intervención: 6s/casa + 1s/supervisada 30min/día 7d/sem 6sem -No hacer otra actividad física complementaría voluntaria.					
Palau P et al. (2014)	(14)(68) IMT domicilio 2 v/día 20 min 12 sem Threshold IMT y Respiroics. [25-30%] PIM	(12)(74) No IMT, atención habitual.	-HFpEF. -NYHA ≥II -FEVI ≥ 50% -Cardiopatía estructural o disfunción diastólica.	-PE ₁ -CF ₂ -FMI ₃ -CV ₄ -Biomarcadores ₅ -Parámetros de ecocardiograma ₆	1.Biciergómetro Cardiovit CS-200 Ergospiro, Schiller. 2.6MWT. 3. PIM: manómetros ELKA- PM15. 4.Cuestionario MLHF. 5.Muestra de sangre. 6. Ecocardiógrafo iE33, Philips.	-1 Aumentó el VO ₂ Max en GC. 10% en 7 pacientes del GI. -2 Aumentó en GI. -3 Aumentó el 90% en GI. -4 Mejoró en GI -5 No diferencias entre grupos. -6 No se observaron diferencias significativas en ningún parámetro.
	-Exploración física, ecocardiografía, instrucción previa para PE y 6MWT. -Periodo de entrenamiento: respiración diafragmática. -Reevaluación semanal de PIM.					

Moreno AM et al. (2017)	(13) (61 ± 14) IMT domiciliario. Threshold IMT o Powerbreathe al 30% 1 v/sem en laboratorio: reevaluación de PIM, reajuste, supervisión	(13) (60 ± 13) IMT 2% de PIM	-NYHA II-III. -Debilidad muscular inspiratoria PIM<70%. -FEVI<50%	-FMI ₁ -PIM ₂ -CDV ₃ -Metaborreflejo de músculos inspiratorios ₄ -desoxihemoglobina y SpO ₂ en músculos intercostales y antebrazo ₅ -Esfuerzo percibido ₆ -Tiempo para alcanzar fatiga.	1.MVD-300 V.1.1 Microhard System. 2.PIM en reposo. 3. MLHFQ 4.Se induce la fatiga muscular con una carga resistiva inspiratoria progresiva 60% 70%,80%,90% con Powerbreathe. 5.Espectroscopia de infrarrojo NIRS. 6. Escala de Borg	-PIM: mejoró desde la 1ª semana, aumentó un 78% al final en GI. Sin cambios en GC -CDV Mejoró significativamente en GI, sin cambios en GC. -Tiempo para alcanzar fatiga aumentó en GI. -Aumentó en GI la concentración de desoxihemoglobina en músculos intercostales y antebrazo. Sin cambios en CG. -Después de intervención el GI moderó el descenso de SpO ₂ en músculos intercostales y antebrazo no cambió SpO ₂ sistémica.
	Instrucción previa en laboratorio con fisioterapeuta. 1 v/día 30 min/día 6 v/sem 8sem Recordatorio semanal de FR _{min} 15 Calificar disnea percibida diariamente. (Escala Borg)					
Hossein Pour AH et al (2020)	(42) (55±9,43) IMT 40%	(42) (57±9,06) IMT 10%	IC >18 años NYHA II-III-IV FEVI≤ 40% Marcapasos > 6 semanas implantado	Disnea ₁ Fatiga ₂ PIM ₃	mMRC ₁ FSS ₂ ELKA, PM 15 ₃	La fatiga se redujo significativamente en GI, dentro del GI, pero en el GC aumentó. La disnea disminuyó significativamente en el GI. Aumentó algo en el GC. Se observó mejoras en la clasificación NYHA en el GC, pero no en GI
	Entrenamiento previo: 1 día Reevaluación y reajuste de carga/semanal de PIM. PowerBreathe IMT 6 semanas 30 min/día 1 serie = 3 min de trabajo + 1 min de descanso 7 d/sem (6 días en domicilio, 1 día supervisado en centro) FR 25-30 respiraciones /serie Seguimiento telefónico 2v/sem					
Marchese L de D et al. (2020)	(20) (65±11) IMT simulado IMT 30% IMT 60%	No hay grupo.	>20 años IC FE<45% NYHA II-III	PIM ₁ Repercusión hemodinámica ₂ Disnea ₃ Esfuerzo percibido ₄	1.Manovacuómetro + Powerbreathe Light 2.Dispositivo CTB 3. Escala subjetiva de disnea. 4.Escala de Borg	La FC aumentó al 30% y 60% de la PIM. La VS disminuyó cuando se trabajó al 30% de la PIM. El Q aumentó solamente al 60% de la PIM. La PAS aumentó al 60% de la PIM. El IMT a distintas cargas de trabajo produjo diferentes respuestas hemodinámicas. Al 30% y 60% de trabajo se sube la FC, pero solo al 60% se incrementó la PAS y la PAM.
	Instrucción + 15 min descanso. Entreno: 1 serie (15 minutos) + 1 h de descanso entre serie. FR 15 res/min. Posición reclinada en decúbito supino a 45°.					

ANEXO 4. Tabla de los resultados de las revisiones sistemáticas y meta-análisis.

Autor. Año	Métodos	Variables que estudia	Resultados
Jing Wu Et al. (2018)	8 estudios ICC NYHA I-II >18 años. 302 pacientes Intervención: IMT o IMT con ejercicio aeróbico. GI: IMT 30-60% DE PIM GC: IMT simulado o IMT al 10-15% PIM, o educación, o entrenamiento tradicional.	PIM ₁ FP ₂ (FEV ₁ , FVC, FEV ₁ /FVC) ₃ Eficiencia de ventilación ₄ CF ₅ Disnea ₆ CV ₇ Efectividad/seguridad Protocolo IMT Tiempo de seguimiento: 4semana, 10 semanas, 1 año.	1. Algunos estudios mostraron mejoras significativas en GI. 2. Se obtuvo dos resultados. Con estudios heterogéneos podría haber mejoras significativas entre grupos y con estudios homogéneos no hubo mejoras significativas. 4. Se obtuvieron dos resultados. Podría producir mejoras significativas, y no hubo diferencias significativas entre grupos. 5. Se mostraron mejorías significativas. 6. Podría mejorar significativamente. 7. Se obtuvieron mejoras en función de la asignación.
Sadek Z et al. (2018)	ICC NYHA II-III >18 años [53-76] años 203 pacientes Con/sin debilidad muscular FE<40% IMT: carga resistiva o de carga de umbral. GI [30-60%] de la PIM GC Sin carga, 15%, Educación.	PIM ₁ CP ₂ Disnea ₃ Dispositivo IMT Programa de IMT: -Intensidad (% PIM) Baja intensidad <50% Alta intensidad >50% -Duración (semanas) Duración baja ≤ 8 Duración alta=12 Duración moderada 10 (3veces/semana)	1,2,3. Se demostró que hubo ganancias en PIM, disnea y distancia recorrida en función de la carga del IMT, frecuencia y duración del entrenamiento. Disnea: mayores beneficios en programa: alta intensidad y duración. Capacidad funcional: mayor beneficio en programa con intensidad baja y alta duración. PIM: mayor beneficio en programa: alta intensidad y duración. Resultados diversos en función de las combinaciones de intensidad con duración Baja intensidad / baja-alta duración Alta intensidad / moderada-alta duración En los resultados podría influir el tipo de dispositivo utilizado: Dispositivo mecánico de umbral de presión no requiere presión sostenida Dispositivo electrónico de carga resistiva requiere presión sostenida Mejores resultados: 12 semanas, 6 veces/sem con intensidad al 60% de la PIM

ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE REVISIONES NARRATIVAS.

Autor. Año	Métodos	Pacientes	Variables	Resultados
Fernández -Rubio H et al. (2021)	4 ensayos clínicos aleatorios, 1 estudio cuasi experimental n=104 Edad [53-61] IMT: dispositivo de umbral/carga resistiva.	NYHA II-III HFrEF	-Dispositivo -Duración sesión -Frecuencia por semana -Duración de intervención	-Efecto positivo sobre metaborreflejo en musculatura respiratoria. (4 estudios) -Se redujo la resistencia vascular en extremidades. (2 estudios) -Reducción de metabolitos desencadenantes del metaborreflejo y un mayor flujo periférico. (4 estudios)

Anexo 6. Tabla de abreviaturas

HF	Heart Failure	FP	Función pulmonar
IC	Insuficiencia cardiaca	FEV ₁	Volumen Espiratorio forzado el primer segundo
FE	Fracción de eyección	FVC	Capacidad vital forzada
FEVI	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo	FEV ₁ /FVC	Es la relación entre FVE ₁ y FVC
FA	Fibrilación auricular	CF	Capacidad funcional
IMT	Entrenamiento muscular inspiratorio <i>“Inspiratory muscular training”</i>	PIM	Presión inspiratoria máxima.
HFpEF	Insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada.	ICC	Insuficiencia cardiaca crónica
HFrEF	Insuficiencia cardiaca sin fracción de eyección preservada.		
MAF	Evaluación multidimensional de la fatiga		
TA	Tensión arterial		
PAS	Presión arterial sistólica		
PAM	Presión arterial media		
FR	Frecuencia respiratoria		
PE	Prueba de esfuerzo		
CV	Calidad de vida		
GI	Grupo intervención		
GC	Grupo control		
VO ₂ Max	Consumo de oxígeno pico		
Q	Gasto cardiaco		
URC	Unidad de rehabilitación cardiaca		
VS	Volumen sistólico		

BIBLIOGRAFÍA

Bosnak-Guclu M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Tulumen E, Aytemir K, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respir Med*. 2011;105(11):1671-81.

Bozkurt B, Coats AJ, Tsutsui H, Abdelhamid M, Adamopoulos S, Albert N, et al. Universal definition and classification of heart failure: A report of the heart failure society of America, heart failure association of the European society of cardiology, Japanese heart failure society and writing committee of the universal definition of heart failure. *J Card Fail*. 2021;27(4):387-413.

Campuzano R, de Tiedra C. Coordinación de unidades de rehabilitación cardiaca hospitalaria con atención primaria. Incentivando la creación de unidades comunitarias. *Rev Esp Cardiol Supl*. 2020;20:13-4.

Fernández-Rubio H, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Rodríguez-Sanz D, Calvo-Lobo C, Vicente-Campos D, Chicharro JL. Unraveling the role of respiratory muscle metaboloreceptors under inspiratory training in patients with heart failure. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1697.

Gómez-Cuba M, Perreau de Pinninck-Gaynés A, Planas-Balagué R, Manito N, González-Costello J. Rehabilitation in heart failure: Update and New Horizons. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2016;4(3):208-15.

Hernández PG, Redondo CF, Sastre VF, Leira CN, Copete EB, Pacheco JD, et al. Autores [Internet]. *Enfermeriaencardiologia.com*. [citado 31 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/Enferm-Cardiol.-2019-26-78-MAREC-3.pdf>

Hessel FP. Overview of the socio-economic consequences of heart failure. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2021;11(1):254-62.

Hossein Pour AH, Gholami M, Saki M, Birjandi M. The effect of inspiratory muscle training on fatigue and dyspnea in patients with heart failure: A randomized, controlled trial. *Jpn J Nurs Sci.* 2020;17(2):e12290.

Lavine KJ, Sierra OL. Skeletal muscle inflammation and atrophy in heart failure. *Heart Fail Rev.* 2017;22(2):179-89.

Marchese L de D, Chermont S, Warol D, Oliveira LB de, Pereira SB, Quintão M, et al. Estudo Controlado das Alterações Hemodinâmicas Centrais de uma Sessão de Exercício Inspiratório com Diferentes Cargas na Insuficiência Cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2020;114(4):656-63.

Moreno AM, Toledo-Arruda AC, Lima JS, Duarte CS, Villacorta H, Nóbrega ACL. Inspiratory muscle training improves intercostal and forearm muscle oxygenation in patients with chronic heart failure: Evidence of the origin of the respiratory metaboreflex. *J Card Fail.* 2017;23(9):672-9

Palau P, Domínguez E, Núñez E, Schmid J-P, Vergara P, Ramón JM, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Prev Cardiol.* 2014;21(12):1465-73.

Sadek Z, Salami A, Joumaa WH, Awada C, Ahmaidi S, Ramadan W. Best mode of inspiratory muscle training in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2018;25(16):1691-701.

Wu J, Kuang L, Fu L. Effects of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Congenit Heart Dis.* 2018;13(2):194-202.