



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**EFECTOS DEL CALENTAMIENTO DE LA
MUSCULATURA INSPIRATORIA SOBRE LA FUERZA
MUSCULAR INSPIRATORIA Y EL RENDIMIENTO
FÍSICO. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Trabajo de titulación para optar al Título Profesional de Kinesiólogo

KAREN ESPINOZA

JAVIERA GALAZ AREVALO

JAVIERA MARTINEZ

ROSSMERY VALENZUELA GONZÁLEZ

CATALINA VERDUGO DURÁN

PROFESORA GUÍA: CARMEN GLORIA ZAMBRANO BRAVO

Noviembre, 2021.
Talca, Chile.

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2022

DERECHO DE AUTOR

© 2021, Karen Espinoza Sepúlveda, Javiera Galaz Arévalo, Javiera Martínez Vergara, Rossmery Valenzuela González, Catalina Verdugo Durán, Carmen Gloria Zambrano Bravo. Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

DEDICATORIA

Dedicamos la presente investigación a
nuestros familiares y amigos,
por su compañía incondicional, comprensión,
constante motivación y por ser parte de
todo el proceso durante estos años.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra profesora guía, Kinesióloga Carmen Gloria Zambrano por ser un pilar fundamental durante la investigación, por su apoyo y constante dedicación durante todo el proceso.

TABLA DE CONTENIDOS

DERECHO DE AUTOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	13
1.2. Pregunta de investigación.....	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
2. DESARROLLO	21
2.1. Músculos respiratorios	21
2.1.1. Diafragma.....	22
2.1.2. Músculos intercostales y accesorios	23
2.1.3. Respuesta ventilatoria al ejercicio de carga constante e incremental.....	24
2.2. Reflejo metabólico y fatiga de los músculos respiratorios	25
2.3. Efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre el rendimiento físico y la fuerza de la musculatura inspiratoria.....	27
2.4. Fuerza de la musculatura respiratoria y rendimiento físico	29
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Búsqueda bibliográfica.....	31

3.1.1.	Método de búsqueda para la identificación de estudios	31
3.2.	Estrategia de búsqueda	32
3.2.1.	Palabras claves y términos mesh.....	32
3.3.	Criterios de selección de los estudios.....	32
3.3.1.	Año de publicación de los estudios.....	32
3.3.2.	Tipo de estudio.....	33
3.3.3.	Numero de artículos encontrados.....	33
3.3.4.	Tipo de participantes	35
3.3.5.	Tipo de intervención	35
3.3.6.	Tipo de resultados	36
4.	RESULTADOS	37
5.	DISCUSIÓN	43
5.1.	Efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre la presión inspiratoria máxima (PIM).....	43
5.2.	Efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento físico.	46
5.3.	Protocolos de calentamiento más utilizados	49
5.4.	Tipos de dispositivos utilizados para el calentamiento de la musculatura inspiratoria.....	50
5.5.	Limitaciones: Revisión bibliográfica	51
5.6.	Proyecciones.....	52
6.	CONCLUSIONES	53
6.1.	Aspectos Relevantes para la diciplina.....	54
7.	GLOSARIO	56
8.	REFERENCIAS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los artículos excluidos34

Tabla 2: Resumen de los resultados de distintas investigaciones
relacionadas con los cambios en el rendimiento y la PIM.....37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Flujograma 34

RESUMEN

Objetivo: Revisar la literatura de los últimos 10 años relacionada con los efectos del calentamiento de la musculatura inspiratoria sobre el rendimiento físico y la fuerza de la musculatura inspiratoria.

Metodología: Se realizó la búsqueda de artículos en 3 bases de datos electrónicas (pubmed, scielo y Cochrane), para identificar estudios elegibles. Estos debían ser estudios experimentales y estudios de caso control que evaluaron los efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre la fuerza muscular inspiratoria y/o el rendimiento físico. Los evaluadores revisaron los títulos y resúmenes de todos los artículos identificados durante la estrategia de búsqueda.

Resultados: Se incluyeron 10 artículos que cumplían con los criterios de elegibilidad, donde participaron 120 hombres y 46 mujeres en total, con una edad entre 25 a 27 años. El mayor aumento de la PIM luego de realizar un 10

calentamiento de los músculos respiratorios fue de un 11%. De igual forma el rendimiento físico tuvo cambios significativos luego de un calentamiento muscular respiratorio pero la variabilidad de formas de medición de los distintos estudios no permite obtener un valor exacto de cambio.

Conclusión: Según los resultados obtenidos, el calentamiento de la musculatura respiratoria produce un efecto positivo en la fuerza de los músculos inspiratorios y en el rendimiento físico, siendo este de 2 series de 30 inspiraciones al 40% de la PIM. No obstante, aún existe controversia sobre si el aumento de la PIM generada por el CMI influye o no en un mejor rendimiento físico.

Palabras claves: Calentamiento muscular inspiratorio, Músculo respiratorio, Rendimiento físico, Presión inspiratoria máxima, Potencia máxima.

ABSTRACT

Objective: To review the literature of the last 10 years related to the effects of inspiratory muscle warm-up on physical performance and inspiratory muscle strength.

Methodology: Articles were searched in 3 electronic databases to identify eligible studies. These were to be experimental and case-control studies that evaluated the effects of inspiratory muscle warm-up on inspiratory muscle strength and/or physical performance. The reviewers reviewed the titles and abstracts of all articles identified during the search strategy.

Results: 10 articles that met the eligibility criteria were included, involving 120 men and 46 women in total, aged 25 to 27 years. The greatest increase in MIP after warming up the respiratory muscles was 11%. Similarly, physical performance had significant changes after a respiratory muscle warm-up, but

the variability of measurement methods in different sports does not allow us to obtain an exact value of change.

Conclusion: According to the results obtained, the warm-up of the respiratory muscles produces an effect on the strength of the inspiratory muscles and on the physical performance, this being 2 series of 30 inspirations at 40% of the PIM. However, there is still controversy as to whether or not the increase in MIP generated by the CMI influences better physical performance.

Key words: Inspiratory muscle warm-up, Respiratory muscle, Physical performance, Maximal inspiratory pressure, Peak power.

1. INTRODUCCIÓN

El aparato respiratorio funciona como una bomba toracopulmonar o bomba muscular respiratoria, encargada principalmente de generar la renovación del aire desde la atmósfera hacia los pulmones con el fin de mantener constantemente la composición adecuada para el intercambio gaseoso, a través de la difusión de los gases como el oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂).

Para generar la homeostasis se requiere un control en el intercambio de gases y en el equilibrio ácido base. El control químico de la respiración está dado principalmente por el equilibrio de las presiones parciales de los gases en el sistema arterial, esto es captado desde la periferia y es estimulado a través de la alteración de los gases en sangre. (Rakhimov, A. 2018)

Por otra parte, los músculos ventilatorios están diseñados para lograr vencer cargas elásticas (elastancia pulmonar) y la resistencia de las vías aéreas, esto mediante un control voluntario e involuntario de esta

musculatura. En reposo, la longitud muscular respiratoria se establece por el equilibrio existente entre las fuerzas de retracción elástica pulmonar y las de expansión de la caja torácica. La ventilación pulmonar está controlada por diversos estímulos provenientes de receptores pulmonares quimiorreceptores periféricos y centrales, mecanorreceptores y metaborreceptores musculares, articulaciones, corazón y termorreceptores. Esta regulación de ventilación e intercambio gaseoso se realiza a través de un control neural, central y químico, donde el principal encargado de esta función será el centro respiratorio, el cual se caracteriza por ser autónomo y voluntario, donde todos los moduladores deben estar en equilibrio en una fina sintonía. (Cabrera, G et al. 2011)

Cuando las demandas metabólicas aumentan, se requiere un mayor consumo de oxígeno y por lo tanto se debe ajustar la ventilación para suplir la nueva demanda, lo que genera un mayor reclutamiento de la musculatura inspiratoria y un mayor gasto energético de la misma, por ejemplo, durante la realización de un ejercicio intenso se va a requerir mayor fuerza de la 15 musculatura respiratoria para ejercer la ventilación y suplir las demandas metabólicas de oxígeno que le exige el organismo, por lo que se van a reclutar

mayor cantidad de fibras. Al reclutarse mayor cantidad de fibras se activarán procesos metabólicos, principalmente glucolíticos, que van a generar un cambio en el medio interno a través de un cambio de osmolaridad, mayor potasio y disminución de pH. (Cabrera, G. 2011)

Lo anterior puede llevar a que se produzca la fatiga de los músculos inspiratorios, es decir que, la musculatura respiratoria tiene metabolitos que censan el esfuerzo mayor y viajan a través de las vías aferentes III y IV hacia el centro integrador vasomotor de la respuesta simpática, lo que provoca una vasoconstricción de la musculatura locomotora y compromete su perfusión, lo cual exacerba la fatiga periférica de la musculatura activa e intensifica la percepción de esfuerzo, lo que contribuye a limitar el rendimiento del ejercicio de resistencia de alta intensidad. Al producirse esta respuesta se va a generar una distribución de flujo desde la musculatura locomotora hacia la musculatura respiratoria, principalmente hacia los músculos inspiratorios, para asegurar la cantidad de oxígeno que se requiere para poder seguir funcionando, este mecanismo es conocido como metaborreflejo. (Romer Y Polkey; 2008)

Cabe destacar que, durante el ejercicio físico el sistema respiratorio debe ser capaz de administrar o ingresar rápidamente el oxígeno suficiente que requiere el organismo hacia el sistema cardiovascular para que llegue al músculo mediante el proceso de difusión de gases, teniendo en consideración que, mientras más alta sea la intensidad del ejercicio, la bomba toracopulmonar se vuelve más exigente, por ende, los músculos respiratorios también trabajarán a una alta demanda.

Se ha demostrado que el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) es eficaz para mejorar el rendimiento físico, tanto en sujetos con patologías respiratorias y cardiovasculares como en sujetos que practican distintas disciplinas deportivas, es decir, el EMI mejora el rendimiento del ejercicio de resistencia en sujetos sanos, donde las mayores mejoras se observan en los sujetos menos entrenados y en deportes de mayor duración (Illi, S. Held, U. et al, 2012). Además, este entrenamiento provoca algunos efectos fisiológicos, como por ejemplo, una hipertrofia diafragmática, cambio en el 17 tipo de fibra muscular, disminución de la disnea percibida y de esfuerzo (Jay, R. 2019), del mismo modo se demostró que el EMI promovía la reducción de la fatiga muscular respiratoria, el retraso en la activación del

metabolorreflejo del músculo respiratorio y promovía un mejor mantenimiento de la saturación de oxígeno y flujo sanguíneo a los músculos locomotores (Álvarez- Hermez, J. et al, 2018). También, se debe destacar que la eficiencia muscular respiratoria mejora después de 4 semanas de entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios. (Jay, R, 2019)

En un estudio realizado el año 2015 se demostró que el calentamiento de la musculatura inspiratoria al 40% de la presión inspiratoria máxima (PIM) mejoró la función muscular demostrado por un aumento de la PIM pre y post calentamiento, sin embargo, no se observaron mejoras en el rendimiento ni en la oxigenación del músculo locomotor durante el ejercicio de ciclismo. (Oh ya, et al. 2015)

En cambio, el año 2019 Krauspenhar y un grupo de colaboradores observaron en un grupo de 11 atletas de judo, que un CMI no genera cambios significativos en la fuerza de la musculatura respiratoria ni en el rendimiento físico, lo que puede deberse a algún grado de malestar respiratorio inducido por la carga al 60% de la PIM.

Por lo anteriormente expuesto, aún no está claramente establecido el efecto que puede provocar el calentamiento de los MI sobre el rendimiento físico y si estos músculos responden al calentamiento de igual forma que los músculos del aparato apendicular.

Es por esto por lo que esta revisión bibliográfica tiene como objetivo principal revisar la literatura de los últimos 10 años relacionada con los efectos del calentamiento de la musculatura inspiratoria sobre el rendimiento físico y la fuerza de la musculatura inspiratoria.

1.2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos del calentamiento de la musculatura inspiratoria sobre la fuerza muscular inspiratoria y el rendimiento físico?

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Revisar la literatura de los últimos 10 años relacionada con los efectos del calentamiento de la musculatura inspiratoria sobre el rendimiento físico y la fuerza de la musculatura inspiratoria.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir los efectos del calentamiento muscular inspiratorio en la presión inspiratoria máxima, que evidencia la literatura en los últimos 10 años.
- Describir los efectos del calentamiento muscular inspiratorio en el rendimiento físico, que evidencia la literatura en los últimos 10 años.
- Conocer los protocolos de calentamiento muscular inspiratorio más utilizados.

- Conocer los dispositivos más utilizados para realizar el calentamiento muscular inspiratorio.

2. DESARROLLO

2.1.Músculos respiratorios

El sistema respiratorio está formado especialmente por dos partes, un órgano que intercambia gases (pulmón) y una bomba que bombea gases hacia adentro y hacia fuera (músculos respiratorios y la pared torácica) (Koulouris, N. Y Dimitroulis, I. 2011, p.2), los cuales actúan en conjunto como una bomba toraco - pulmonar o bomba muscular respiratoria (Gómez, R. 2011). Dicha estructura tiene como función principal y reguladora la mantención de las presiones normales de oxígeno y dióxido de carbono, así como las concentraciones de hidrogeniones, para lo cual se necesita ir adecuando la ventilación pulmonar a las necesidades metabólicas orgánicas de consumo y producción de ambos gases. (García, L. 2011)

Según Lalley (2013) el flujo de aire que se produce entre la atmósfera y los pulmones, o por consiguiente intercambio entre oxígeno y dióxido de carbono se optimiza mediante contracciones y relajaciones rítmicas controladas de los músculos de la bomba, es decir, diafragma, músculos intercostales y accesorios de la pared torácica. Todos estos músculos tienen actividad tanto inspiratoria como espiratoria. (Lopez. C. Y Fernandez, A. 2006)

2.1.1. Diafragma

Músculo respiratorio que al contraerse tiene dos efectos, uno aposicional debido a la yuxtaposición de sus fibras musculares sobre la caja costal inferior, este efecto depende de la extensión de la zona de aposición y de la magnitud de la presión abdominal. El segundo efecto se produce por la acción directa del músculo al insertarse en la caja costal. (Lopez. C. Y Fernandez, A. 2006)

Cuando se produce la contracción del diafragma, las vísceras son empujadas hacia abajo, la pared abdominal desplazada hacia afuera y se produce un aumento de la presión abdominal. Además, la cavidad torácica se eleva y se desplaza hacia afuera produciendo una presión pleural negativa que insufla los pulmones.

2.1.2. Músculos intercostales y accesorios

Los músculos intercostales externos y los accesorios (escalenos, esternocleidomastoideo y trapeczoides) se encargan de la función inspiratoria y son responsables del aumento del diámetro anteroposterior del tórax. Por otro lado, los intercostales internos son mayormente espiratorios. (Lopez. C. Y Fernandez, A. 2006)

Generalmente, los músculos respiratorios están diseñados para lograr vencer cargas elásticas (elastancia pulmonar) y la resistencia de las vías aéreas, esto mediante un control voluntario e involuntario de esta musculatura. (Gómez, R. 2011)

En reposo, la longitud muscular respiratoria se establece por el equilibrio existente entre las fuerzas de retracción elástica pulmonar y las de expansión de la caja torácica. La ventilación pulmonar está controlada por diversos estímulos provenientes de receptores pulmonares quimiorreceptores periféricos y centrales, mecanorreceptores y metaborreceptores musculares, articulaciones, corazón y termorreceptores. Esta regulación de ventilación e intercambio gaseoso se realiza a través de un control neural, central y químico, donde el principal encargado de esta función será el centro respiratorio, el cual se caracteriza por ser autónomo y voluntario, donde todos los moduladores deben estar en equilibrio en una fina sintonía. (Cabrera, G et al. 2011)

2.1.3. Respuesta ventilatoria al ejercicio de carga constante e incremental

- Ejercicio de carga constante.

El trabajo de carga constante determina resistencia al ejercicio, donde el sujeto suele alcanzar un VO_2 estable, lo que ayuda a prolongar la duración del ejercicio. (Imizcoz, M. 2017)

- Ejercicio de carga incremental.

El consumo de oxígeno al realizar un ejercicio de carga incremental es proporcional a la intensidad de trabajo, es decir es lineal y progresivo.

Este estímulo o cambio de intensidad son censados por el centro respiratorio para ajustar la ventilación según las demandas energéticas que requiera el sistema. Esto se realiza mediante el aumento del volumen pulmonar a través del aumento del volumen minuto y frecuencia respiratoria, realizando respiraciones más profundas por los volúmenes de reserva espiratorios e inspiratorios. (Lopez. C. Y Fernandez, A. 2006)

2.2. Reflejo metabólico y fatiga de los músculos respiratorios

Cuando las demandas metabólicas aumentan, ocurre el uso creciente de músculos respiratorios a volúmenes pulmonares altos, lo que genera que la musculatura inspiratoria tendrá que superar la carga elástica adicional al pulmón y pared torácica, provocando una menor capacidad de generar fuerza, reduciendo la eficacia mecánica de la respiración, esto provocará la fatiga, la cual es pérdida de desarrollar fuerza a una velocidad de un músculo, siendo

esta reversible al reposo. Por ejemplo, durante la realización de un ejercicio intenso se va a requerir mayor fuerza de la musculatura respiratoria para ejercer la ventilación y suplir las demandas metabólicas de oxígeno que le exige el organismo, por lo que se van a reclutar mayor cantidad de fibras, activando procesos metabólicos, principalmente glucolíticos, que van a generar un cambio en el medio interno a través de un cambio de osmolaridad, mayor potasio y disminución de pH (Cabrera, G. 2011). Estos cambios provocan que se estimule los metabolitos de musculatura respiratoria, los cuales censan el aumento de esfuerzo, enviando información por vía supra espinal a través de vías aferentes III y IV al centro integrador vasomotor provocando un aumento de la respuesta simpática, una vasoconstricción hacia la musculatura locomotora, exacerbando la fatiga periférica de la musculatura activa intensificando la percepción de esfuerzo, lo que contribuye a limitar el rendimiento del ejercicio (St Croix *et al.* 2000). Al producirse esta respuesta se generará una distribución desde los músculos que están activos o la musculatura locomotora hacia la musculatura respiratoria, principalmente hacia los músculos inspiratorios, para asegurar los requerimientos de oxígeno que necesita el sistema y seguir funcionando, este mecanismo es conocido como metaborreflejo. (Romer Y Polkey; 2008)

2.3.Efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre el rendimiento físico y la fuerza de la musculatura inspiratoria

Se ha demostrado que tanto el ejercicio de corta duración, de alta intensidad como el ejercicio prolongado inducen a la fatiga muscular inspiratoria en atletas entrenados, por lo cual se han buscado procedimientos para contrarrestar las limitaciones musculares pulmonares y mejorar el rendimiento del ejercicio (McConnell y Lomax, 2006). Uno de estos procedimientos es el entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

Se ha demostrado que el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) es eficaz para mejorar el rendimiento físico, tanto en sujetos con patologías respiratorias y cardiovasculares como en sujetos que practican distintas disciplinas deportivas, es decir, el EMI mejora el rendimiento del ejercicio de resistencia en sujetos sanos, donde las mayores mejoras se observan en los sujetos menos entrenados y en deportes de mayor duración. (Illi, S. Held, U. et al, 2012)

También se demostró que el EMI promovía la reducción de la fatiga muscular respiratoria, el retraso en la activación del metabolorreflejo del músculo respiratorio y un mejor mantenimiento de la saturación de oxígeno y flujo sanguíneo a los músculos locomotores. (Álvarez- Hermez, J. et al, 2018). Además, este entrenamiento provoca algunos efectos fisiológicos, como, por ejemplo, una hipertrofia diafragmática, cambio en el tipo de fibra muscular, disminución de la disnea percibida y de esfuerzo. Por otro lado, se debe destacar que la eficiencia muscular respiratoria mejora después de 4 semanas de entrenamiento muscular de resistencia. (Jay, R, 2019)

Rosek y colaboradores evaluaron la eficacia del EMI a diferentes intensidades sobre la función pulmonar y las adaptaciones fisiológicas de corredores de fondo que realizaron entrenamiento deportivo, obteniendo como resultado que las características (VO_2 máx /kg) y las variables de fuerza de la musculatura respiratoria mejoraron significativamente en el grupo que utilizó el dispositivo powerbreathe después de 8 semanas de entrenamiento. (Rosek, K.et al, 2020)

2.4.Fuerza de la musculatura respiratoria y rendimiento físico

Los músculos respiratorios son los elementos contráctiles encargados de generar los cambios de presión necesarios para que se produzca la ventilación. Además, poseen características similares a la fibra muscular esquelética, por lo tanto, deberían responder al ejercicio de manera parecida a los músculos locomotores (Espinoza, A. et al, 2019) y al igual que estos, también sufren fatiga (Gonzalez - Montecinos et al., 2012). Lo anteriormente mencionado presenta gran relevancia, ya que cuando se realiza una actividad, las demandas metabólicas de los MR no entrenados afectarían la capacidad funcional. Se puede medir la fuerza de los músculos respiratorios de forma invasiva con la estimulación del nervio frénico para obtener su presión transdiafragmática, o de forma no invasiva mediante la evaluación de la presión bucal con una boquilla especial y un adaptador, para medir las presiones respiratorias máximas tanto inspiratoria como espiratoria. Esta última forma de medición al ser la menos invasiva es comúnmente la más utilizada (Brown y Kilding, 2011). Por lo tanto, cuantificar la fuerza muscular inspiratoria tendría directa relación con el rendimiento de cada persona. Al haber una condición adecuada de la fuerza, el VO_2 máx se vería afectado, ya

que se generaría una menor demanda de oxígeno, asociado a una disminución en la acumulación de lactato, produciendo una mejor capacidad funcional posterior a un esfuerzo físico (Espinoza, A. et al, 2019)

También, el aumento de la fuerza muscular inspiratoria produce efectos positivos en el rendimiento al disminuir la fatiga, debido a que promueve el retraso en la activación del metabolorreflejo del músculo respiratorio y un mejor mantenimiento de la saturación de oxígeno y flujo sanguíneo a los músculos locomotores. (González-Montesinos et al., 2012)

3. METODOLOGÍA

3.1. Búsqueda bibliográfica

3.1.1. Método de búsqueda para la identificación de estudios

La búsqueda de artículos se realizó en las bases de datos electrónicas: MEDLINE (PubMed), Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados (Cochrane CENTRAL), SciELO para identificar estudios elegibles.

Los evaluadores revisaron los títulos y resúmenes de todos los artículos identificados durante la estrategia de búsqueda. Los resúmenes que no proporcionaron suficiente información se excluyeron y los que presentaban todos los criterios de elegibilidad fueron seleccionados para la evaluación de los textos completos de manera aleatoria por cada evaluador.

3.2.Estrategia de búsqueda

3.2.1. Palabras claves y términos mesh

Se utilizaron los términos: “Respiratory muscle warm - up”, OR “inspiratory muscle” AND “physical performance”, AND “peak power” OR “maximal inspiratory pressure”.

3.3.Criterios de selección de los estudios

3.3.1. Año de publicación de los estudios

Se limitó la búsqueda aplicando filtros de ensayos controlados aleatorios (ECA) año de publicación (2011-2021) y área de investigación. No se incluyeron restricciones de idiomas y se identificaron nuevos estudios gracias a las listas de referencias de estudios recuperados.

3.3.2. Tipo de estudio

Se incluyeron estudios experimentales y estudios de caso control que evaluaron los efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre la fuerza muscular inspiratoria y/o el rendimiento físico.

En la revisión se excluyeron las cartas al editor, revisiones bibliográficas y todos los estudios que tengan como protocolo un entrenamiento de musculatura inspiratoria ligada a un calentamiento muscular inspiratorio.

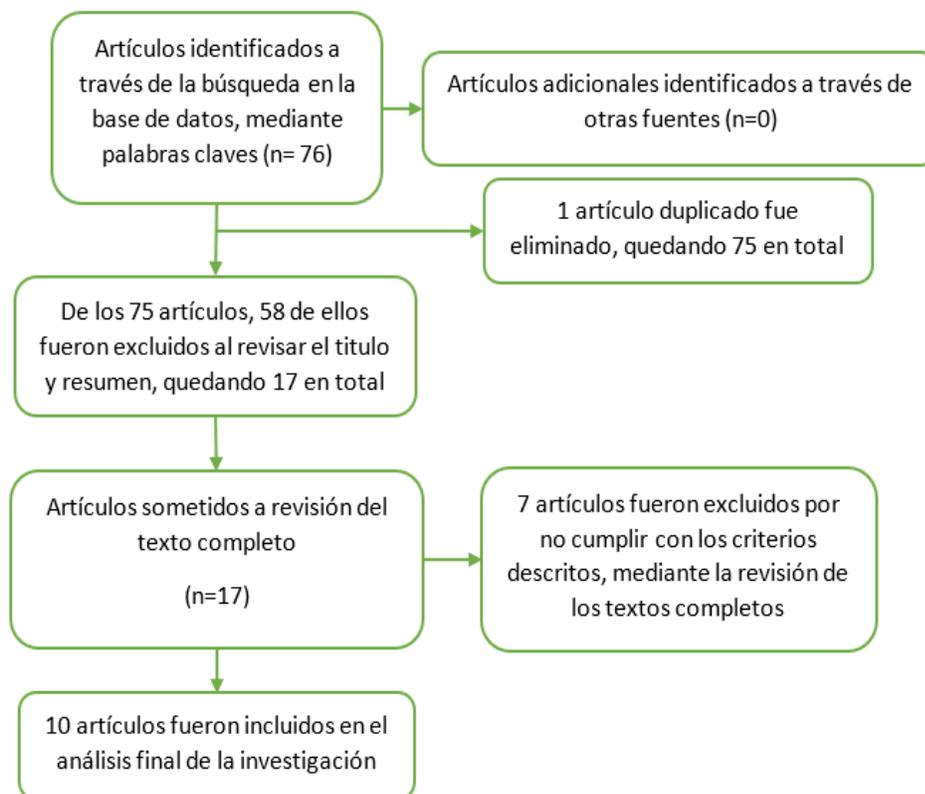
3.3.3. Numero de artículos encontrados

La búsqueda inicial permitió identificar 76 artículos, de los cuales 34 se consideraron relevantes para la investigación revisando el título y resumen, pero sólo 17 artículos cumplían los criterios de elegibilidad planteados, los cuales se revisaron de forma detallada. Dando como resultado que sólo 10 de ellos podían ser incluidos dentro del análisis final de la investigación. Las razones de exclusión se muestran en la **tabla 1**

Tabla 1: Características de los artículos excluidos

Artículo	Razones de exclusión
Wilson, et al. 2014	No mide las variables en estudio (PIM y peak de potencia)
Taylor S, et al. 2015	Calentamiento realizado con otro instrumento.
Faghy, et al. 2017	Otro tipo de calentamiento
Mark A, et al. 2017	No se mide el peak de potencia / La variable rendimiento estudiada es en base a un transporte de carga
Arend M, et al. 2021	Utiliza instrumentos y protocolos diferentes
Johnson.M, et.al 2014	No mide las variables en estudio

Ilustración 1: Flujograma



3.3.4. Tipo de participantes

Se incluyeron 120 hombres y 46 Mujeres, los cuales se ofrecieron voluntariamente para cada estudio, la edad entre 25 a 27 años, de los sujetos incluidos 120 eran deportistas, Fútbol (20), Remo (10), Hockey (309), atletismo (17), Judo (11) y 46 sujetos sanos, no fumadores, sin enfermedades cardiopulmonares y con función pulmonar normal.

3.3.5. Tipo de intervención

Los estudios incluidos analizaron solo un protocolo de CMI como única intervención. Las intervenciones experimentales relacionadas al CMI podían compararse a 2 grupos, un grupo control (sin CMI) o placebo (con CMI sin carga en la PIM o una carga menor al 40% de PIM). También, se incluyó en la investigación, las revisiones de ensayos clínicos, los cuales realizaban un protocolo CMI y evaluaban las variables de peak de potencia o PIM. Por último, los estudios que realizaban un entrenamiento específico de su deporte, junto con un calentamiento de musculatura inspiratoria.

3.3.6. Tipo de resultados

Los resultados primarios fueron la fuerza de musculatura Inspiratoria (PIM; medida en cmH₂O) y el rendimiento físico (peak de potencia medido en Watt).

4. RESULTADOS

Tabla 2: Resumen de los resultados de distintas investigaciones relacionadas con los cambios en el rendimiento y la PIM

Autor	Nº	Método	Cambios en el rendimiento	Cambios en la PIM	Instrumento
Lomax et al. 2011	12 jugadores de fútbol	CMI: 2 x 30 respiraciones al 40% PIM descanso 60 s. EMI: GE: 30 x 30 al 50-60% PIM GC: 30 respiraciones al 15%	CMI: aumentó distancia recorrida 5-7% EMI (GE): Aumentó 12 + 4.9% la distancia EMI + CMI: Aumentó 14.9 + 4.5% la distancia	CMI: Aumento PIM 11%. EMI: aumentó en 20 + 6.1% PIM EMI + CMI: Aumentó 26.7 + 6.3% la PIM.	-Medidor de presión bucal manual -MicroLab espirómetro - Escalas de Disnea y esfuerzo percibido - Powerbreathe - Test YO -YO
Ching-Feng Chenga, et al. 2013	10 mujeres futbolistas	GC: 2 series de 15 respiraciones a 15% PIM GE: 2 series de 15 respiraciones a 40% PIM Antes se realizan 2 ejercicios de ciclismo submáximo 6 min (100 y 150 W) + sprint intermitente de alta intensidad (IHIS, 6 x 10 s con 60 s de recuperación).	No hubo mejoras en el rendimiento de IHIS después de CMI	No hubo cambios significativos en CMI	- Powerbreathe - Cicloergómetro - Escala de Borg
Arend M, et al. 2015	10 remeros hombres	P1: Calentamiento tradicional P2: Calentamiento tradicional + CMI (2 x 30 inspiraciones al	No presenta cambios significativos P1: Tiempo:13.8 ±3.0 Distancia:	PIM es más alta sin llegar a ser significativa: PIM actual 140.7 ± 46.6 cmH ₂ O	- Espirómetro portátil - Ergómetro de remo - Powerbreathe

		40 % PIM)	3991.4±808.8 P2: Tiempo:14.0 ± 2ç.7 Distancia: 4044.6 ± 244,1	% Predicho: 127,4 ± 42.2	
Ohya, et al. 2015	10 sujetos sanos	GP: 30 respiraciones al 15 % PIM GE: 30 respiraciones 40% PIM Prueba: Ciclismo de sprint intermitente de alta intensidad. 10 × 5 series con 25 segundos de recuperación en un cicloergómetro.	No mejoró el rendimiento ni la oxigenación de los músculos locomotores.	Aumentó en relación con la línea de base después del CMI Antes: 115 ± 21 cmH ₂ O Después: 123 ± 17 cmH ₂ O	- Powerbreathe - Auto Espirómetro - Cicloergómetro
Mati Arend, et al. 2016	10 sujetos sanos	G1: 2 x 30 inspiraciones con 15% PIM G2: 2 x 30 inspiraciones con 40% PIM G3: 2 x 12 inspiraciones con 60% PIM G4: 2 x 6 inspiraciones con 80% PIM	-----	G2: 4,8 % mayor G3: 5,1 % mayor	Powerbreathe.
Ozidal M, et al. 2016	26 sujetos sanos	GC: Sin CMI GP: CMI al 15% PIM GE: CMI al 40% PIM	-----	GC: 149,38 ± 15,17 cmH ₂ O GP: 150,12 ± 14,77 cmH ₂ O GE: 159,88 ± 12,07 cmH ₂ O Diferencias significativas entre GE y GP. Diferencias significativas entre	- Espirómetro portátil - Cicloergómetro - Powerbreathe

				GE y GC.	
Özdal M, et al. 2016	30 jugadores de hockey	GC: Prueba anaeróbica + calentamiento general GE: Prueba anaeróbica + calentamiento general + CMI (2 x 30 respiraciones al 40 % PIM)	Cambios significativos en: <u>Potencia máxima:</u> GE= 835,1± 175,1 W <u>Potencia máxima relativa:</u> GE = 11,4 ± 2,0 W/kg <u>Tiempo hasta el peak:</u> GE= 2,8 ± 1,4 s El GC no incluyó CMI a diferencia del GE que sí lo hizo.	-----	- Powerbreathe - Medidor de presión respiratoria - Ergómetro de bicicleta
Kyle R. Barnes y Allie R. Ludge, 2019	17 corredores	GC: 30 inspiraciones con resistencia de 3 cmH ₂ O GE: 30 inspiraciones con 50% PIM	GE: Tiempos de rendimiento fueron 2.8 +/- 1.5% (20,4 segundos, p = 0,02) más rápido.	Pequeñas diferencias luego de cada calentamiento. GC: 126 ± 34 cmH ₂ O GE: 137 ± 38 cmH ₂ O	- Powerbreathe - Cinta de correr - Carro metabólico - Escalas de disnea y esfuerzo percibido.
Krauspenha r P, et al.2019	11 atletas de Judo	G1: Solo calentamiento G2: Calentamiento + IMV (2 x 15 respiraciones a 60% PIM) G3: Calentamiento + IMV (2 x 15 respiraciones a 15% PIM)	No hubo cambios en el rendimiento con IMW en ambas intensidades en atletas de judo.	No hubo cambios significativos en G1, G2 y G3 de PIM post entrenamiento.	-Powerbreathe - Cicloergómetro - Medidor de frecuencia cardiaca - Escala de Borg modificada para medir intensidad del ejercicio.
Nahsen Avci, et al. 2021	30 jugadores de hockey	G1: Sin calentamiento G2: 2 x 30 al 5 % PIM 1 min de descanso	G3: Menor fatiga Efecto positivo en el rendimiento del tiro y el arrastre en el hockey.	-----	- Pocket Spiro - Powerbreathe

		G3:2 x 30 al 40% PIM 1 min descanso Prueba: 20 tiros de arrastre y 20 tiros a portería de hockey.			
--	--	---	--	--	--

Nº: Número de sujetos, GC: Grupo control, GE: Grupo experimental, GP: Grupo placebo, CMI: Calentamiento muscular inspiratorio, EMI: Entrenamiento muscular inspiratorio, PIM: Presión inspiratoria máxima, -----: No se estudia la variable, RA: rendimiento aeróbico, IHIS: Sprint intermitente de alta intensidad, W: Watts.

En la **tabla 1** se puede apreciar que, 5 de los 10 artículos presentaron cambios positivamente significativos en la PIM posterior a un CMI, así mismo, 4 de la totalidad de los artículos presentaron mejorías en el rendimiento físico.

En el año 2011 Lomax y colaboradores, realizaron un protocolo de calentamiento de 30 respiraciones 2 veces al 40% de la PIM quedando en evidencia un aumento del 11% de esta, donde además, se observó que el CMI si logra mejorar el rendimiento, aumentando la distancia total recorrida en un 4,5% durante una prueba de carrera intermitente hasta el agotamiento. Así mismo, en el año 2015 se realizó un estudio de 10 hombres remeros, que hicieron un CMI de 2 series de 30 inspiraciones a 40% de la PIM, obteniendo un aumento de 140.7 ± 46.6 cmH₂O de la PIM. (Arend, M. et al, 2015). Durante ese mismo año se evaluó la PIM a 10 sujetos sanos, mostrando un

aumento de esta posterior al CMI de 30 respiraciones al 40% de la PIM (inicial: 115 ± 21 cmH₂O, final: 123 ± 17 cmH₂O) (Oh ya, et al. 2015). También, Matías, A., Jana K. y Jarek M., realizaron un estudio, para ver si la presión inspiratoria máxima está influenciada por la intensidad del protocolo de calentamiento. En conclusión, un calentamiento muscular inspiratorio de mayor intensidad con 2 series de 12 respiraciones al 60% de PIM puede aumentar la fuerza de los músculos inspiratorios. (Arend, M. 2016)

Del mismo modo, Ozdal en el año 2016 analizó los efectos agudos del calentamiento muscular inspiratorio en las funciones pulmonares, demostrando que el calentamiento de la musculatura inspiratoria a un 40% de la PIM mejora estas funciones, reconociendo que estas mejoras se pueden encontrar asociadas al aumento de la fuerza muscular inspiratorio (GP: $150,12 \pm 14,77$ cmH₂O; GE: $159,88 \pm 12,07$ cmH₂O).

Posteriormente, Kyle R. Barnes y Allie R. Ludge dieron a conocer que después de un protocolo de calentamiento específico de 30 respiraciones contra el 50% de la PIM de cada atleta se lograron efectos pequeños sobre la fuerza inspiratoria máxima de 137 ± 38 cmH₂O y demostró que el CMI dio

lugar a mejoras de 21 segundos (2,8%) en el rendimiento de la carrera de 3200 metros.

Por el contrario, 3 de 10 artículos no presentaron cambios significativos en la PIM, así mismo, 4 de la totalidad no presentaron cambios representativos en la variable de rendimiento físico

Cabe destacar que, 8 estudios emplearon un protocolo de CMI de 2 series de 30 respiraciones al 40% de la PIM, siendo el más aplicado y el dispositivo más utilizado dentro de los protocolos fue la válvula Powerbreathe.

5. DISCUSIÓN

5.1.Efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre la presión inspiratoria máxima (PIM)

Según los estudios incorporados en esta revisión 8 de los 10 seleccionados, tenían como objetivo evaluar los cambios en la PIM expresado en cmH₂O o porcentaje del valor inicial, posterior a un periodo de calentamiento inspiratorio, donde 6 de ellos muestran un aumento significativo de la PIM al trabajar a una intensidad entre el 40 - 60% del valor basal.

Lomax y colaboradores (2011) evidenciaron que existía un aumento de la fuerza muscular inspiratoria (11%) posterior a un CMI del 40% de la PIM (2 series, 30 respiraciones), lo cual está dado por una mejora en la coordinación de los MI que se logra posterior a la intervención, sin embargo, los mayores cambios se vieron cuando se realizó un EMI + CMI (cambio del

20%) lo que está dado por las adaptaciones a nivel estructural. Así mismo, un artículo que estudió el efecto del CMI utilizando el mismo protocolo del documento anterior, mostró un cambio positivo en la PIM llegando a la conclusión que esta se mostraba más alta sin llegar a ser significativa. (Arend, et al. 2015)

Por otro lado, según los resultados obtenidos por Arend y colaboradores en el año 2016, un CMI instantáneo de alta intensidad (2 x 12 respiraciones al 60% de PIM) tiene un efecto similar al de un calentamiento de alta intensidad de todo el cuerpo. Además, acorta la duración en comparación al resto de los CMI beneficiosos utilizados anteriormente (2 x 30 respiraciones al 40 % de PIM) con un aumento significativo en la PIM de un 4.7 % (60% de la PIM) y 5.1% (40 % de la PIM) inmediatamente posterior al calentamiento. Estos resultados son menores a los obtenidos en las dos investigaciones mencionadas previamente, donde utilizan un protocolo al 40 % de intensidad, lo cual se explicaría debido al valor inicial de PIM y el aumento inducido por el CMI. También, se sugirió que el efecto de este puede ser más visible en sujetos familiarizados con la maniobra de Müller y dado que los sujetos de la investigación no habían usado esta maniobra antes, sería

una de las posibles explicaciones de porqué se obtuvieron menores resultados. De igual manera, la PIM mejoró significativamente (7,03%) después de la prueba CMI, debido a que este puede aumentar la fuerza de los músculos respiratorios. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que las contracciones previas, como CMI, mejoran las condiciones para el suministro de O₂ y los perfiles de utilización microvascular del músculo. (Ozidal, et al. 2016)

Según la investigación realizada por Kyle y colaboradores en el año 2019, se vio una mejora positivamente significativa de la PIM del 2,8% sustancialmente mayor en comparación con la muestra típica de 1,4% en atletas competencia de 3-10 km, lo que se atribuyó a un aumento del consumo de oxígeno después del CMI ya que genera una mejor oxigenación al músculo, activación de las enzimas limitantes de la velocidad de la fosforilación oxidativa y aumentos en el rendimiento contráctil muscular. Sin embargo, 1 de los artículos abordados no presentó cambios significativos en los valores de la PIM, debido a que el número de inspiraciones y carga en la PIM era diferente a los utilizados en otros estudios (2 series de 15 respiraciones al 60% y al 15 % de la PIM para el grupo experimental y

placebo, respectivamente). Además, de que los tres protocolos se realizaron durante el mismo día, lo que podría inducir fatiga en los sujetos y una mayor disnea en reposo en consecuencia de la alta carga resistiva inspiratoria utilizada en el grupo experimental.

5.2.Efectos del calentamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento físico.

Considerando el efecto que tiene el calentamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento físico, solo 8 de los 10 artículos presentan esa variable medida a través del peak de potencia, expresado en Watt (3/8) artículos, distancia recorrida en metros (2/8), velocidad al recorrer la distancia en segundos (1/8) artículos, Número de lanzamientos (2/8) artículos.

Así mismo, 1 de los artículos que estudiaron el peak de potencia con el uso de cicloergómetro observó cambios significativos, el cual fue realizado en el año 2016 por Özdal y colaboradores, demostrando que existen mejoras

en el rendimiento físico aumentando en un 8,9% la potencia máxima obtenida.

Lomax y colaboradores evaluaron el rendimiento a través de la distancia recorrida en metros la cual mostró una mejora significativa en el rendimiento aumentando en un 15% la distancia recorrida después de la combinación de calentamiento muscular inspiratorio más un entrenamiento de la musculatura inspiratoria. En otro artículo realizado el año 2019 por Kyle R. Barnes y Allie R. Ludge, midieron el rendimiento a través del tiempo de distancia en segundos, donde hubo una mejora en la rapidez de un 2.8 % (20,4 segundos) después del calentamiento muscular inspiratorio, mostrando también mejoras en el rendimiento.

También, se estudió el rendimiento a través del lanzamiento en el hockey mostrando un efecto positivo en este, generando una menor fatiga al realizar mayor cantidad de tiros y con mejor calidad, con un protocolo de calentamiento de 2 x 30 inspiraciones al 40% de la PIM. (Nahsen Avci, et al. 2021)

Por otra parte, 4 de los 8 artículos que estudiaron la variable de rendimiento físico no presentaron efectos significativos. Según Ching-Feng Chenga y colaboradores, esto podría deberse al diseño experimental utilizado en su estudio, ya que en el realizado por Tong y Fu, en el año 2006 el cual sí tuvo resultados, la carrera intermitente exhaustiva se llevó a cabo inmediatamente después de la actividad de CMI, mientras que la prueba de sprint intermitente de alta intensidad en este estudio se midió después de 2 series de un ejercicio de ciclismo submáximo de 6 minutos.

Donde tampoco se observaron efectos en el rendimiento físico después de un CMI fue en el estudio realizado por Oh ya y colaboradores en el año 2015, los cuales refieren que una posible explicación de estos resultados puede estar relacionada con la modalidad de ejercicio utilizada.

Otro estudio explicó que las posibles razones por las cuales no se vio un cambio significativo en el rendimiento pudo deberse a la carga muscular inspiratoria utilizada en el CMI y a la elección de la intensidad de rendimiento submáxima en un ergómetro de remo (90% Pamax). (Arend,2015)

Finalmente, Krauspenhar e investigadores en el año 2019 no lograron observar efectos de un CMI sobre el rendimiento físico en el deporte de judo, esto posiblemente se debe a que los participantes fueron atletas de élite y por ende para generar una mejoría en su rendimiento también requieren de un protocolo con mayores exigencias para así finalmente producir cambios significativos en el rendimiento físico en el ejercicio.

A pesar de haber artículos en los que no se evidenció mejoras en el rendimiento ni aumento de la PIM, si lograron demostrar que un CMI genera mejoras en la función pulmonar de los participantes, disminución en la disnea y sensación de fatiga y mejoras en la tolerancia al ejercicio físico.

5.3. Protocolos de calentamiento más utilizados

De los estudios revisados, se realizaron diferentes protocolos de calentamiento, 2 series de 30 respiraciones al 40% de la PIM (8 artículos), 2 series de 30 respiraciones al 60% de la PIM y 2 series de 30 respiraciones al 80% de la PIM (1 artículo), 30 inspiraciones al 50% de la PIM (1 artículo).

El protocolo más utilizado dentro de los 10 artículos que incluye la presente revisión fue el realizado con 2 series de 30 respiraciones al 40% de la PIM demostrando además cambios significativos en el porcentaje de la fuerza de la musculatura respiratoria, donde el mayor aumento observado fue en el estudio realizado por Lomax y colaboradores, siendo del 11%.

5.4. Tipos de dispositivos utilizados para el calentamiento de la musculatura inspiratoria

El dispositivo Powerbreathe fue usado en 8 de los 10 estudios para el CMI, donde 4 de ellos utilizaron la Powerbreathe Classic, IMT Technologies Ltd., Birmingham, Reino Unido, 1 estudio utilizó la Powerbreathe K-Series K1, International Ltd, Warwickshire, Reino Unido, 1 estudio utilizó la Powerbreathe K-Series K3 IM-trainer HaB International Ltd., Warwickshire, Reino Unido, 1 estudio utilizó la Powerbreathe K-Series K5 y el software BreatheLink HaB International Ltd., Birmingham, Reino Unido y un estudio utilizó la Powerbreathe válvula (IMT Technologies Ltd.) en la cual no se indicó el lugar de procedencia. Los 2 estudios que no utilizaron este dispositivo para el CMI fue el de Lomax en el cual utilizó la Powerlung,

Sports, USA y el otro estudio fue el de Nahsen Avci y colaboradores, donde no se informó el dispositivo utilizado para el CMI.

5.5.Limitaciones: Revisión bibliográfica

Las limitaciones que se pueden visualizar entre los estudios seleccionados son:

- El número reducido de participantes generó una limitación en la muestra.
- La gran diversidad de deportes que incluyeron los estudios dificultó el análisis de las variables de rendimiento físico, al tener diferentes formas de medirla.
- El número reducido de artículos relacionados a las variables estudiadas generó una limitación en la muestra.

- No todos los estudios utilizaron los mismos instrumentos para medir las variables estudiadas, esto generó que los resultados sean poco comparables entre sí.

5.6. Proyecciones

Si bien algunos autores han demostrado que el CMI produce mejoras en la PIM y en el rendimiento físico, aún no está claramente detallado cuál sería el mecanismo por el que se producen dichos efectos, por lo que esto sería un punto importante para considerar en las futuras investigaciones.

La gran mayoría de los artículos relacionados a la investigación del efecto del CMI están enfocados a deportistas, siendo necesario integrar a estos estudios poblaciones con características patológicas como lo son anomalías cardiovasculares y pulmonares.

Por último, es importante que futuras investigaciones logren optimizar el CMI, lo cual se lograría modificando parámetros de intensidad de acuerdo con las características de cada participante.

6. CONCLUSIONES

De los estudios analizados en esta revisión se puede concluir que el CMI tiene un efecto positivo en la PIM con un aumento de hasta el 11%, al igual que sobre el rendimiento físico, pero este último puede cuantificarse por la variabilidad de los estudios.

Se evidenció que un protocolo de calentamiento con 2 series de 30 respiraciones al 40% de la PIM fue el más utilizado por los evaluadores dentro de los artículos estudiados, generando cambios significativos.

Además, queda evidenciado que el instrumento más utilizado en los estudios para realizar el CMI es la Powerbreathe Classic (IMT Technologies Ltd., Birmingham, Reino Unido).

6.1. Aspectos Relevantes para la disciplina

Los pacientes que presentan una menor capacidad física o un deterioro de esta, ya sea por alguna enfermedad pulmonar, neuromuscular, entre otras, al realizar alguna actividad física presentarán un menor rendimiento debido a esto. En ellos, sería importante implementar un CMI previo a la realización de un ejercicio determinado, el cual generaría cambios positivos en la PIM y el rendimiento físico como se ha evidenciado previamente en este estudio, mejorando la funcionalidad pulmonar a través de un aumento del flujo sanguíneo desde los músculos locomotores hacia los músculos respiratorios, reduciendo la fatiga muscular respiratoria y disminuyendo la disnea percibida al esfuerzo, influyendo en una mejor calidad de vida.

Por otro lado, la actual pandemia por COVID-19 ha generado múltiples secuelas provocando una disfunción respiratoria y musculoesquelética a corto, mediano y largo plazo, llevando a una disminución de la capacidad funcional de las personas. En este sentido, según la evidencia presentada, un CMI con una serie única 30 inspiraciones 2 series al 40% de la PIM permitiría preparar mejor la musculatura respiratoria, reacondicionándola para que las

personas puedan volver a realizar sus actividades de la vida diaria con mayor funcionalidad.

7. GLOSARIO

- **CmH₂O**: Centímetros de agua.
- **CMI**: Calentamiento muscular inspiratorio.
- **CO₂**: Dióxido de carbono.
- **EMI**: Entrenamiento muscular inspiratorio.
- **GC**: Grupo control.
- **GE**: Grupo experimental.
- **GP**: Grupo placebo.
- **IHIS**: Sprint intermitente de alta intensidad
- **KG**: Kilogramos.
- **MIN**: Minutos.
- **MR**: Músculos respiratorios, los cuales participan en los procesos de inspiración y espiración.
- **O₂**: Oxígeno.

- **PIM:** Presión inspiratoria máxima. Es la presión que desempeñan los músculos al participar de la inspiración.
- **RA:** rendimiento aeróbico
- **VO₂ máx.:** Consumo máximo de oxígeno, es la capacidad máxima del organismo que tiene para absorber, transportar y consumir oxígeno en un tiempo determinado.
- **W:** Watts.

8. REFERENCIAS

- Álvarez-Herms, J., Julià-Sánchez, S., Corbi, F., Odriozola-Martínez, A., & Burtscher, M. (2018). Putative role of respiratory muscle training to improve endurance performance in hypoxia: A review. *Frontiers in Physiology*, 9, 1970.
- Arend, M., Kivastik, J., Talts, J., & Mäestu, J. (2021). The effect of inspiratory muscle warm-up on VO₂ kinetics during submaximal rowing. *Sports*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/sports9030042>
- Arend, M., Mäestu, J., Kivastik, J., Rämson, R., & Jürimäe, J. (2015). Effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 213–218. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25028992/>
- Avci, N., Özdal, M., & Vural, M. (2021). Influence of inspiratory muscle warm-up exercise on field hockey drag-flick and shooting performance. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 6(11). <https://doi.org/10.46827/ejpe.v6i11.3641>
- Barnes, K. R., & Ludge, A. R. (2019). Inspiratory muscle warm-up improves 3,200-m running performance in distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(6), 1739–1747. → <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30640308/>

- Barnes, K. R., & Ludge, A. R. (2021). Inspiratory muscle warm-up improves 3,200-m running performance in distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(6), 1739–1747. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30640308/>
- Brown, S., & Kilding, A. E. (2011). Exercise-induced inspiratory muscle fatigue during swimming: the effect of race distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1204–1209.
- Cheng, C.-F., Tong, T. K., Kuo, Y.-C., Chen, P.-H., Huang, H.-W., & Lee, C.-L. (2013). Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 186(3), 296–302. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23499567/>
- García Cabrera, L., Rodríguez Reyes, O., & Rodríguez Carballosa, O. B. (2011). Regulación de la respiración: organización morfofuncional de su sistema de control. *Medisan*, 15(4), 558–567.
- Garcia, S., Diaz, P., Bolado, R., Villasante, C. (1992). Músculos respiratorios. Servicio de neumología, Hospital la Paz, Universidad autónoma, Madrid, 28, 239-246.
- García Río, F. (2004). Control de la respiración. *Archivos de Bronconeumología*, 40(Supl.5), 14–20.
- González-Montesinos, J. L., Vaz Pardal, C., Fernández Santos, J. R., Arnedillo Muñoz, A., Costa Sepúlveda, J. L., & Gómez Espinosa de los Monteros, R. (2012). Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 5(4), 163–170.

- Harms, C., Wetter, T., St Croix, C., Pegelow, D., Dempsey, J. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol* (1985), 89(1):131-8. → <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10904044/>
- Imizcoz, M. (2017). Respuestas ventilatorias, metabólicas y perceptivas al ejercicio en pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Universidad pública de Navarra. 47- 48.
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(8), 707–724.
- Koulouris, N., Dimitroulis, I. (2001). Structure and function of the respiratory muscles. *Pneumon*, 5-9.
- Kranspenhar, P., Andrade, W., Carvalho, C., Cortozi, D., Verges, S., Franchini, E. (2019). High load inspiratory muscle warm- up has no impact on special Judo Fitness Test performance. *Journal of Martial Arts Anthropology*, 19 (1), 66-74
- Lisboa, C. (2007). Fisiología del ejercicio. En E. Cruz Mena (Ed.), *Aparato Respiratorio Fisiología y clínica* (5.a ed., Vol. 1, p. 12). Klett-Cotta.
- Lomax, M., Grant, I., & Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on

intermittent running to exhaustion. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 563–569. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21347970/>

- López Chicharro J., Fernández A., (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid, España: Ed. Médica Panamericana, 3º edición
- Navarro, Vicente. (2017). Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardiaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas. Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud Pontevedra (España), Universidad de A Coruña y Universidad de Vigo, p. 4-5
- Ohya, T., Hagiwara, M., & Suzuki, Y. (2015). Inspiratory muscle warm-up has no impact on performance or locomotor muscle oxygenation during high-intensity intermittent sprint cycling exercise. *SpringerPlus*, 4, 556. → <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26435902/>
- Özdal, M. (2016). Acute effects of inspiratory muscle warm-up on pulmonary function in healthy subjects. *Respiratory physiology & neurobiology*, 227, 23–26. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.02.006>
- Özdal, M., Bostanci, Ö., Dağlıoğlu, Ö., Ağaoğlu, S. A., & Kabadayi, M. (2016). Effect of respiratory warm-up on anaerobic power. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(7), 2097–2098. → <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27512273/>
- Romer y Polkey (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *the American Physiological Society*.104: 879–888