

Sport Performance

Revisión sobre el Entrenamiento de los Músculos Respiratorios en Jugadores de Fútbol

Review on Respiratory Muscle Training in Soccer Players

Arroyo Moya, Wilson.¹, Rodríguez Buitrago, Jeansy Alonso.¹

¹Grupo de Investigación en Ciencias del Deporte y Actividad Física Programa de Ciencias del Deporte. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales Bogotá, Colombia

Dirección de contacto: warroyo@udca.edu.co

Wilson Arroyo Moya

Fecha de recepción: 1 de diciembre de 2020

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2021

RESUMEN

Anteriormente se pensaba que el sistema respiratorio no limitaba las capacidades de trabajo físico en sujetos sanos. Sin embargo, se ha podido establecer que es un factor limitante del rendimiento. En la última década se ha investigado el entrenamiento de la musculatura respiratoria como un método que podría atenuar diferentes limitantes durante el ejercicio. Nuestro objetivo fue revisar la literatura existente sobre el efecto del EMR/EMI en jugadores de fútbol, evaluando si los resultados obtenidos justifican su implementación y observando sus posibles beneficios a nivel fisiológico. Se realizó una revisión en bases de datos PubMed, Scopus y SPORTDiscus. Se obtuvieron 6 artículos que trabajaron con jugadores de fútbol. Los resultados indican una mejora significativa en la PIM para los grupos EXP, en donde hubo aumentos entre el 14% y 61% después de 2 a 8 semanas de entrenamiento. Así mismo, hubo una mejora en la tolerancia al ejercicio, así como una atenuación de la RPE y lactato en sangre. El entrenamiento de los MR parece ser eficiente a la hora de retrasar la aparición del reflejo metabólico, contribuyendo a que la oxigenación de la musculatura de las piernas de los jugadores se mantenga en el tiempo, impidiendo un descenso en el rendimiento.

Palabras Clave: rendimiento físico, sistema respiratorio, ejercicios respiratorios, fútbol

ABSTRACT

It was previously thought that the respiratory system did not limit physical work capacities in healthy subjects. However, it has been established that it is a limiting factor for performance. In the last decade, the training of the respiratory muscles has been investigated as a method that could attenuate different limitations during exercise. We aimed to review the existing literature on the effect of EMR / EMI in soccer players, evaluating whether the results obtained justify its

implementation and observing its possible benefits at a physiological level. A review was carried out in PubMed, Scopus, and SPORTDiscus databases. Six articles were obtained that worked with soccer players. The results indicate a significant improvement in PIM for the EXP groups, where there were increases between 14% and 61% after 2 to 8 weeks of training. Likewise, there was an improvement in exercise tolerance, as well as an attenuation of RPE and blood lactate. MR training appears to be efficient in delaying the onset of the metabolic reflex, helping to maintain oxygenation of the players' leg muscles over time, preventing a decrease in performance.

Keywords: physical performance, respiratory system, breathing exercises, soccer

INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte que requiere de acciones de alta intensidad (80-90% de frecuencia cardíaca máxima), resistencia intermitente y sprints repetidos que conllevan a altas demandas del metabolismo aeróbico y anaeróbico en los jugadores de fútbol, quienes deben tener la capacidad de hacer frente a estas demandas para mantener un rendimiento óptimo (Hoff et al., 2002; Spencer et al., 2005). Un aumento considerable es el de las demandas ventilatorias que se presentan durante el ejercicio. Este hecho conlleva una estimulación del impulso neural de los músculos respiratorios (MR), que promueve un aumento en la potencia mecánica desarrollada por estos (Butler et al., 2014).

Anteriormente, el pensamiento era que el sistema respiratorio no limitaba las capacidades de trabajo físico en sujetos sanos (Chicharro & Mulas, 2006). Sin embargo, se ha logrado comprobar que, durante el ejercicio de alta intensidad, los MR consumen alrededor del 10 al 15% del total de oxígeno, convirtiéndose así, en un factor limitante del rendimiento (Lorca-Santiago et al., 2020). Como es sabido, el sistema respiratorio cumple una función vital para los seres humanos, siendo importante en la difusión de oxígeno y en otros procesos necesarios para la vida. Cuando realizamos ejercicio físico, este sistema ejerce un rol potencial en la oxigenación de la sangre hipoxémica que retorna al extremo venoso del capilar pulmonar, y en el mantenimiento del equilibrio ácido-base mediante la eliminación del máximo CO₂ posible a la atmósfera (López-Chicharro & Vicente-Campos, 2018). De igual manera, la frecuencia respiratoria ha sido propuesta como un buen marcador del esfuerzo físico durante el ejercicio de alta intensidad (Nicolò et al., 2019).

En la actualidad, la preparación en el alto rendimiento se centra en el entrenamiento de los sistemas cardiovascular y muscular por medio de ejercicios parciales o completos (HajGhanbari et al., 2013), dejándose de lado otras alternativas que pueden ser de gran ayuda en la mejora del rendimiento y entre esas, una que no siempre se tiene en cuenta dentro la planificación y periodización, es el entrenamiento de la musculatura respiratoria (EMR), que ha sido investigada como un método que podría mejorar el rendimiento deportivo.

El EMR se basa en aplicar una carga adicional a los músculos como el diafragma y los músculos inspiratorios accesorios, con el objetivo de mejorar su fuerza y resistencia. Para el caso específico de la fase inspiratoria existe el protocolo de entrenamiento de músculos inspiratorios (EMI). Investigaciones han mencionado que el aumento de la fuerza y resistencia de los músculos espiratorios e inspiratorios, a través de su entrenamiento, puede atenuar el costo de oxígeno, la ventilación, la frecuencia cardíaca, el lactato sanguíneo y la calificación de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) durante el ejercicio (Mackała et al., 2020).

En los últimos tiempos ha crecido el interés por el EMR y el EMI, llevándose a cabo varias revisiones previamente (HajGhanbari et al., 2013) pero ninguna en un deporte específico; por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la evidencia existente sobre el efecto del EMR/EMI en jugadores de fútbol, evaluando si los resultados obtenidos justifican su implementación y observando sus posibles beneficios a nivel fisiológico.

Factores respiratorios y rendimiento físico

Es importante contextualizar algunos términos que son absolutamente importantes cuando hablamos de la importancia del sistema respiratorio en el rendimiento físico de un atleta.

En una revisión bibliográfica, González-Montesinos et al. (2012) mencionan que existen varios factores que limitan el rendimiento físico de alta intensidad, entre los cuales se encuentran: a) reflejo metabólico respiratorio, b) limitación de la difusión pulmonar, c) limitaciones de la mecánica pulmonar y d) fatiga muscular respiratoria. Dentro de estos factores se consideran fundamentales, por su relación directa con el entrenamiento respiratorio, la fatiga muscular y el reflejo metabólico respiratorio.

Al igual que otros músculos, los MR también sufren fatiga. Aunque se muestran como resistentes a esta, por su composición en fibras, existen estudios que han podido observar un descenso de la fuerza y del rendimiento físico de estos,

después de realizar un ejercicio de resistencia aeróbica de intensidad alta (González-Montesinos et al., 2012). El concepto de fatiga muscular respiratoria no es diferente al que ya conocemos normalmente de manera general.

Consiste en una disminución reversible de la fuerza que puede desarrollar el músculo y en este caso, se ve afectada la ventilación pulmonar, que puede no llegar a sus niveles óptimos. Por ejemplo, el músculo diafragma que es considerado como un músculo con buena capacidad oxidativa, se ha observado que después realizar ejercicios de resistencia aeróbica se presenta una disminución de las reservas de glucógeno tanto en el diafragma como en los intercostales, lo cual da la posibilidad de que los MR puedan fatigarse por depleción de sustratos. En este orden de ideas, se muestra que esta capacidad oxidativa puede ser mejorada mediante cargas de resistencia durante la inspiración (González-Montesinos et al., 2012).

Como consecuencia de esa fatiga, el sistema nervioso simpático responde con una vasoconstricción que afecta el flujo sanguíneo de los músculos esqueléticos que están activos, a través de un reflejo metabólico que esta mediado por la musculatura respiratoria. Más específicamente, la acumulación de metabolitos como el ácido láctico en los MR, activa el grupo III y especialmente los grupos nerviosos aferentes IV, aumentando en la salida simpática del cerebro un mensaje de vasoconstricción en las extremidades que participan del ejercicio (Illi et al., 2012).

El flujo sanguíneo se redistribuye como herramienta de protección para preservar la función del sistema respiratorio, sin comprometer las demandas energéticas de estos (González-Montesinos et al., 2012). Se han reportado algunos hallazgos que manifiestan el concepto de una "calle bidireccional de actividad vasoconstrictora simpática" que emana de los metaboreceptores de las extremidades y de los MR durante el ejercicio, lo que restringe el flujo sanguíneo y el transporte de O₂, promoviendo así, la fatiga de ambos conjuntos de músculos (Sheel et al., 2018).

Presión inspiratoria máxima (PIM)

La PIM es una medida a través de la cual se conoce la capacidad respiratoria y la fuerza muscular inspiratoria (Butler et al., 2014). Es una prueba sencilla en la que se utiliza un dispositivo de medición de presión inspiratoria en donde se les pide a los individuos que realicen una inspiración contundente contra una boquilla ocluida. Este valor supone y registra en la práctica, una evaluación sencilla y global de la fuerza de la musculatura inspiratoria (fuerza diafragmática, principalmente), siendo una medida de gran utilidad clínica para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades que afectan a los MR (Mora-Romero et al., 2014). Las ventajas de esta prueba son que no es invasiva y se realiza rápidamente (Sclausser et al., 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo propositivo y para su realización se tomaron en cuenta pautas metodológicas del enfoque Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) (Urrutia & Bonfill, 2010).

Criterios de inclusión y exclusión

Se utilizó el modelo de preguntas PICO para definir los criterios de inclusión y exclusión (Tabla 2).

Tabla 2. Modelo de pregunta PICO

P (Population)	I (Intervention)	C (Comparison)	O (Outcomes)
Jugadores de fútbol	EMR/EMI	Condiciones similares controles/experimentales	Mejora del rendimiento

Los criterios de inclusión para la selección de los estudios fueron los siguientes: (a) artículos originales que en su estudio usaran EMR o EMI en jugadores de fútbol; (b) estudios donde participaran deportistas profesionales o amateurs; (c) publicaciones de acceso abierto; (d) se consideró cualquier tipo de diseño investigativo; (e) artículos únicamente en idioma inglés. Se excluyeron los estudios si: (a) tenían la forma de editorial, carta al editor, comentario, resumen, conferencia o

artículo de opinión; (b) revisiones de literatura; (c) trabajos no publicados.

Estrategia de búsqueda - fuentes de datos

Las búsquedas se realizaron en tres bases de datos, Scopus, SPORTDiscus y PubMed, utilizando los siguientes términos de búsqueda: ('inspiratory muscle training' OR 'respiratory muscle training' AND 'soccer players'), incluidos los artículos desde el 1 de enero de 2014 hasta el 31 de julio del 2020. Se hizo referencia a todos los artículos en el gestor bibliográfico de Mendeley para la eliminación manual de duplicados.

Una vez se eliminaron los artículos duplicados, se revisaron tanto el título como el resumen de los estudios restantes. Posteriormente, se evaluaron 13 estudios en texto completo, de los cuales se excluyeron aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión o exclusión. Finalmente, se realizó un análisis cualitativo desde QDA miner lite (v. 2.0.8).

Calidad metodológica de los estudios

Se realizó una valoración de la calidad metodológica de los estudios seleccionados mediante una escala creada a partir de la integración de preguntas de las escalas de revisión críticas para estudios cualitativos y cuantitativos (Law et al., 1998; Letts et al., 2007).

Los criterios de evaluación utilizados fueron los siguientes: (1) se expresó claramente el propósito u objetivo del estudio; (2) presentaba antecedentes relevantes de literatura revisada; (3) describe el diseño del estudio; (4) se describió la muestra en detalle; (5) se describió posibles abandonos de participantes; (6) describe los procedimientos éticos. ¿Se obtuvo el consentimiento informado?; (7) podría replicarse la intervención en la práctica; (8) fue apropiado el método de análisis de variables; (9) los resultados se informaron en términos de significación estadística; (10) detalles del procedimiento de intervención; (11) los hallazgos fueron consistentes con los datos y los reflejaron; (12) las conclusiones fueron apropiadas dados los hallazgos del estudio; (13) explica claramente cuáles fueron las posibles limitaciones del estudio.

Para valorar el cumplimiento de cada uno de estos aspectos se creó una matriz de análisis donde se asignaba uno (1) cuando cumplía con los criterios, o cero cuando no cumplía con los criterios completamente, o NA (no aplica). Se calculó el puntaje final expresado como un porcentaje para cada estudio siguiendo las pautas de puntaje de Faber et al. (2016) de la siguiente manera: El estudio consideró de "excelente" calidad si la puntuación era > 75%, "buena" calidad si la puntuación era de 51 a 74 %, de una calidad y "mala" calidad si la puntuación era de ≤ 50%.

Recolección y extracción de datos

Una vez los estudios fueron obtenidos, la información esencial fue extraída en una tabla, que incluyó los siguientes ítems: autor principal y año de publicación, características de los participantes (número de sujetos, sexo, nivel competitivo), intervención (protocolo, intensidad inicial, número de sesiones y entrenamientos por semana), test y principales hallazgos.

RESULTADOS

La búsqueda inicial arrojó un total de 1167 artículos, 1055 de Scopus, 10 PubMed y dos en SPORTDiscus. Fueron eliminados por estar fuera de los criterios de inclusión 1154, quedando 13 artículos de los cuales se eliminaron 7 por duplicidad, quedando solo 6 artículos (Figura 1). Equipos masculinos fueron utilizados en la mayoría de los estudios, únicamente dos estudios utilizaron jugadoras de fútbol, lo que sugiere realizar más investigaciones con esta población. Por otro lado, en todos los estudios hubo muestras inferiores a n= 40 participantes, llegando a ser n= 16 la menor, para un total de n= 162 en todos los estudios. El programa de intervención utilizado en los estudios fue de más de 5 semanas, con intensidades entre el 40% y 60% de la presión inspiratoria máxima (PIM) y dos sesiones diarias de entrenamiento (Tabla 3).

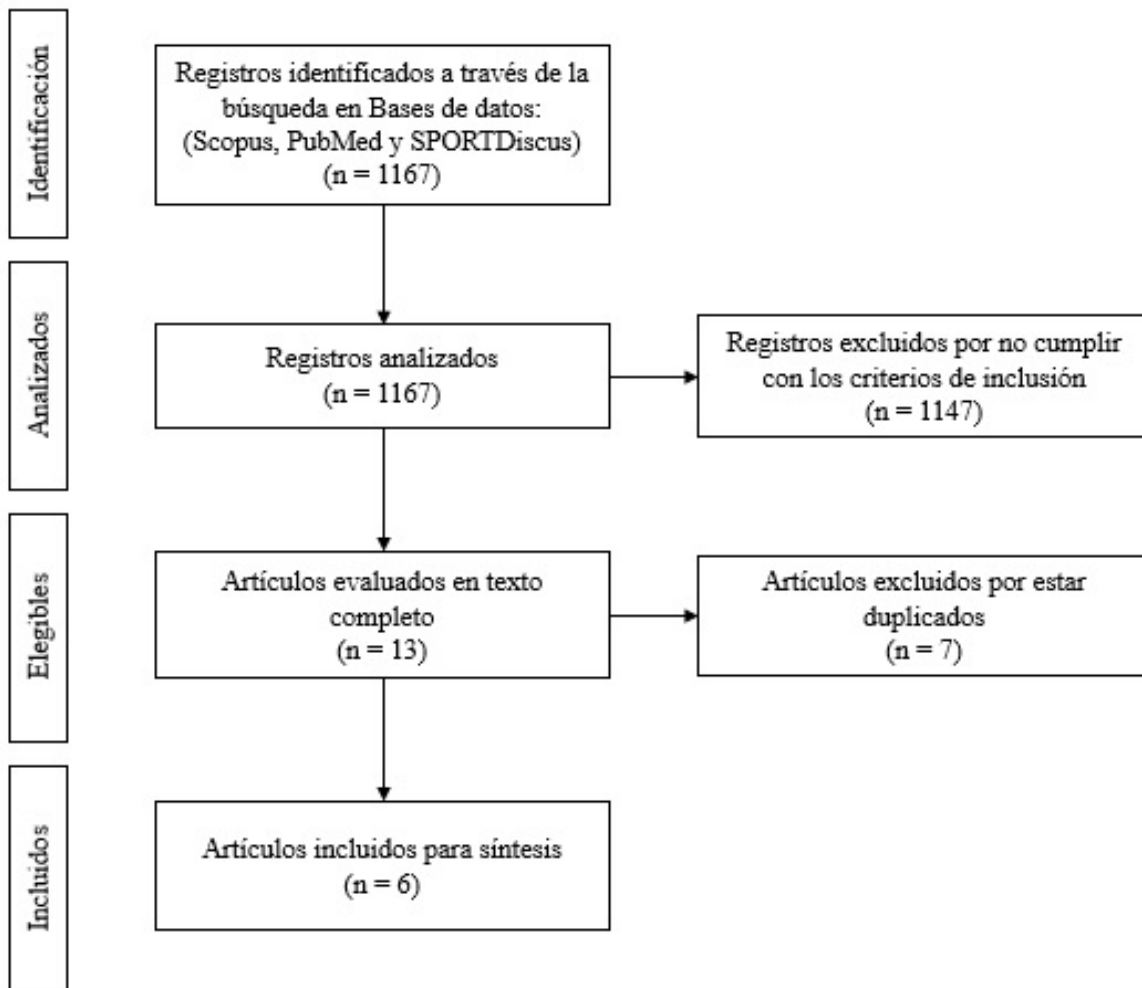


Figura 1. Diagrama de flujo

Luego de un análisis cuidadoso, se decidió que la forma más apropiada de presentar los resultados sería categorizarlos de acuerdo con los principales temas de investigación que surgieron del análisis, a saber: (a) la PIM; (b) tolerancia y rendimiento en el ejercicio y (c) otras variables (lactato en sangre, NIRS y función pulmonar) (figura 2).

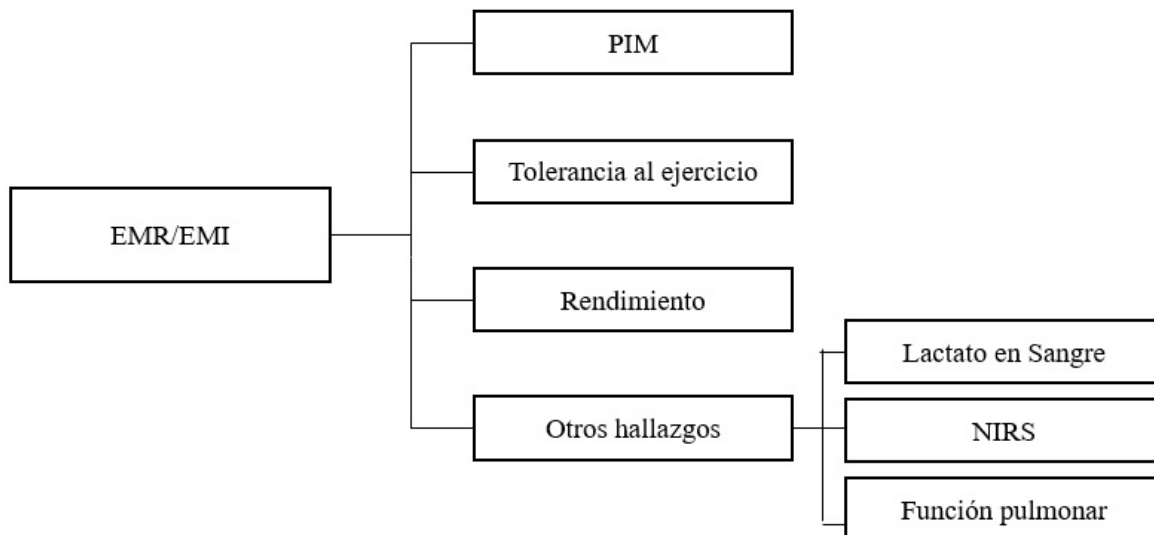


Figura 2. Temáticas incluidas en el estudio.

PIM

En todos los estudios hubo mejoras significativas para esta medida en los grupos experimentales, en comparación con los grupos control. En el estudio de Guy et al. (2014), la PIM para todos los participantes mejoró, pero solo significativamente para el grupo EXP (EXP: ganancia del 15%; PLA: ganancia del 9%; CON: ganancia del 2%). Por otro lado, en el estudio de Ozmen et al. (2017) hubo un incremento del 14% en la PIM después de cinco semanas de EMI. En el estudio de Archiza et al. (2018) hubo un incremento del 22,5 % para el grupo EXP. Najafi et al. (2019), indicaron que la PIM aumentó un 27,2% para el grupo EXP1, un 30,6% para el grupo EXP2 y un 6,2% para el grupo simulado. En los resultados de Cavalcante et al. (2019) se muestra un aumento del 15.4% en PIM después de 2 semanas de EMI. Por último, Mackala et al. (2020) reportaron un aumento del 61% en el PIM para el grupo EXP. En la siguiente figura (Figura 2) se observa gráficamente la tendencia y diferencias obtenidas para los grupos EXP VS CON respecto a la PIM, se observa la línea de mejora que hubo en el pre y post test para el grupo EXP, únicamente. Sin embargo, se puede notar los cambios poco significativos para los grupos CON. Los resultados fueron colocados en la siguiente figura, las líneas representan la tendencia de la PIM en los grupos EXP (Figura 3).

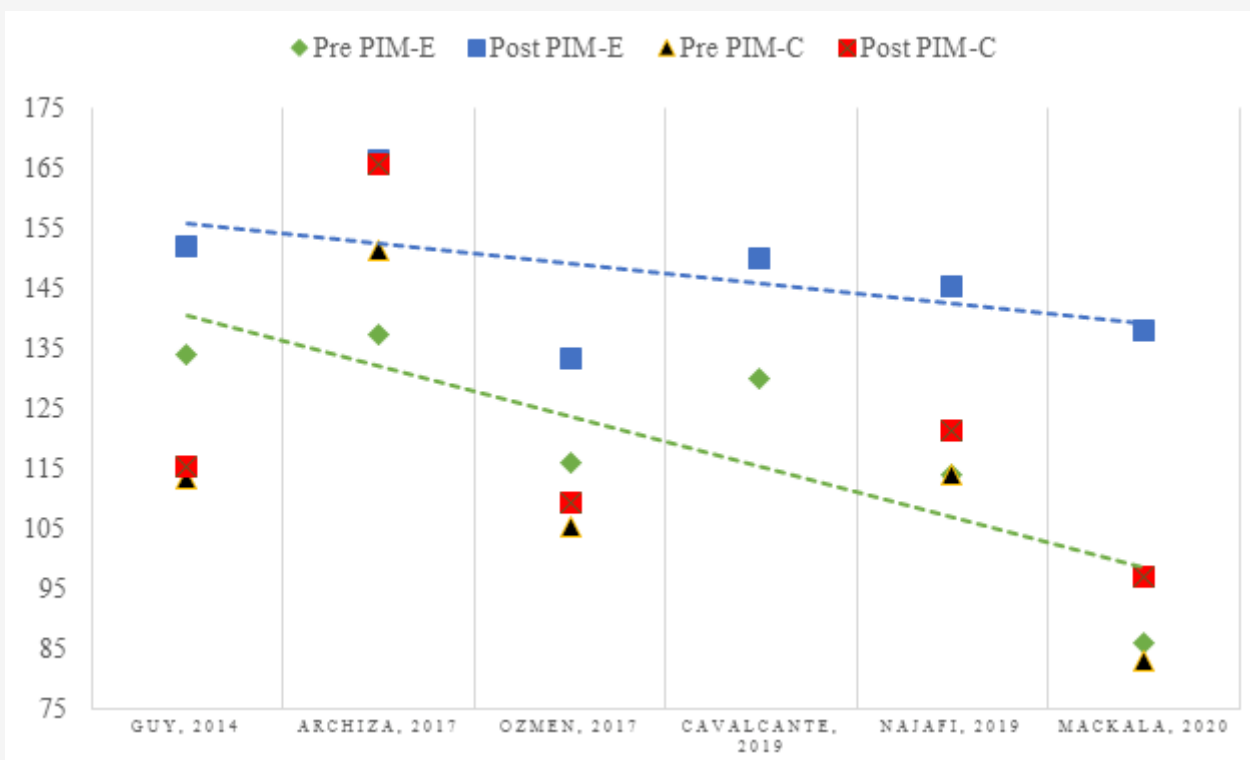


Figura 3. Resultados de los estudios para el MIP en grupos experimental (E) y control (C)

Tabla 3. Artículos seleccionados y sus principales hallazgos

Primer Autor, Año	n	Sexo	N.C	Protocolo IMT	Intensidad inicial (MIP)	Dispositivo utilizado	Número de sesiones por semana	Número de semanas	Test	Principales hallazgos	Calidad
Guy, 2014	31	M	Rec	30 insp. máx.	55%	POWERbreathe, Warwickshire, United Kingdom	2 sesiones diarias 2 días/semana	6 semanas	SSTF	Hubo una mejora significativa en la tolerancia al ejercicio detectada por la distancia acumulativa en la prueba de carrera (Course Navette) y la concentración de lactato en sangre posterior al entrenamiento después de la SSFT específica del deporte se redujo significativamente en EXP.	92%
Archiza, 2017	18	F	Pro	30 insp. máx.	50%	POWERbreatheK 5, Southam, UK	2 sesiones diarias 5 días/semana	6 semanas	RSA / Tlim test	Hubo un aumento en la fuerza de los músculos inspiratorios, la tolerancia al ejercicio y el rendimiento de recuperación de los sprints (representados por MIP, Tlim y RSADEC, respectivamente) después de la intervención. Y otros resultados significativos a nivel de oxigenación y suministro de sangre a músculos periféricos.	100%
Ozmen, 2017	18	M	Rec	15 min	60% MVV	SpiroTiger Medical, Idiag AG, Fehraltorf, Switzerland	2 por semana	5 semanas	20-MST	5 semanas aumentaron el MIP en un 14% en jugadores de fútbol. Sin embargo, algunas funciones pulmonares y el VO2máx previsto no mejoraron.	92%
Cavalcante, 2019	22	M	Pro	15-30 insp. máx.	50%	POWERbreathe KH1 inspiratory meter, Gaiaam	1 sesión diaria 6 días/semana	2 semanas	RSA	Se muestra un aumento significativo de la fuerza muscular inspiratoria (representada por MIP y PIF), tolerancia al ejercicio y velocidad de sprint (m/s y km/h) durante las pruebas de RSA posteriores a la intervención.	85%
Najafi, 2019	30	M	Semi-Pro	E1 = 25-35 insp. máx. E2 = 45-55 insp. máx.	E1= 55% E2=40%	POWERbreathe KH5, International Ltd, Warwickshire, UK	2 sesiones diarias 5 días/semana	8 semanas	Yo-Yo Intermittent Recovery test	La tolerancia al ejercicio después de los sprints repetidos mejoró para los grupos experimentales 1 y 2. Se encontraron grandes mejoras significativas en la MIP para los grupos experimentales 1 y 2 en comparación con el grupo simulado	92%
Mackala, 2020	16	M	Rec	5-15 insp. máx..	40%	Hand-held Threshold IMT device (Philips)	2 sesiones diarias 5 días/semana	8 semanas	Cooper	Se halló un aumento significativo en la fuerza muscular inspiratoria y espiratoria y mejoró la tolerancia aeróbica, que estaba directamente relacionada con la mejora de la capacidad de resistencia de los jugadores. Un 100% de mejora en MEP.	100%

Tolerancia y rendimiento en el ejercicio

El mejoramiento en los registros y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) evidenciada antes y después de la intervención de EMR/EMI en los resultados de los tests aplicados, hablan muy bien de este tipo de entrenamiento, debido a que, se evidencia una mejor tolerancia al ejercicio, que mejora el rendimiento en las pruebas. Únicamente el estudio de Ozmen et al. (2019) no obtuvo una diferencia significativa, sin embargo, en la mayoría de los estudios hubo un aumento en la distancia final del test o una disminución en la RPE. La mayoría de los resultados son significativamente mejores en los grupos EXP vs CON. En la siguiente tabla se hace una comparación de los resultados para ambos grupos de cada estudio (tabla 4).

Tabla 4. Resultados para los pre y post test aplicados en los estudios

Primer autor, Año	um	Experimental			Control			Mejora en el resultado	
		Pre-test	Post-test	RPE pre/post	Pre-test	Post-test	RPE pre/post	EXP	CON
Guy, 2014	m	1491	1666	7 / 7	1624	1752	8 / 8	175	128
Archiza, 2017*	s	203	288	-	204	234	-	85	30
Ozmen, 2017**	Vo2máx	51.33	55.27	-	51	53.32	-	3.94	2.32
Cavalcante, 2019	s	6.7	6.4	-	-	-	-	-0.3	
Najafi, 2019	m	2380	2572	12 / 9	2352	2408	12 / 11	192	56
Mackala, 2020	m	2967	3117	-	2952	3016	-	150	64

um= Unidad de Medida *Resultados del Tlim test ** Los resultados del test fueron dados por el Vo2máx.

Otros hallazgos importantes

Guy et al. (2014), observaron que el entrenamiento simultáneo de pretemporada y el EMI ayudan en la atenuación de la concentración de lactato en sangre después del SSFT solo para el grupo EXP. Sin embargo, no hubo cambios significativos en ninguna otra variable de rendimiento (tiempos de sprint, FC y tasa de fatiga) recopilados durante el SSFT después de la intervención de 6 semanas para cualquier grupo. Por otra parte, Archiza et al. (2017), evaluaron a través de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) la oxigenación intramuscular, midieron concentraciones sanguíneas relativas de oxihemoglobina ([O2Hb]), desoxihemoglobina ([HHb]), hemoglobina total ([tHb]) e índice de saturación tisular (TSI). Sus resultados resaltan una disminución en la [HHb] y [tHb] en los músculos intercostales, acompañado de un aumento en la [O2Hb] y [tHb] en el músculo vasto lateral después del EMI.

Ozmen et al. (2017) integraron parámetros de la función pulmonar: Capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1) y la ventilación máxima voluntaria (MVV), los cuales no mejoraron después de la intervención. De igual manera, Najafi et al. (2019), evaluaron los mismos parámetros pulmonares, con el mismo resultado, no hubo mejora. En el mismo estudio, evaluaron los niveles de lactato en sangre y observaron una disminución de estos en un 29% y 27% para el grupo EXP1 y EXP2, respectivamente, mientras que, para el grupo control hubo un aumento del 4%. Por último, Mackala et al. (2020), también observaron las funciones pulmonares, en las cuales no hubo una mejora significativa en los parámetros, solo un pequeño aumento en la mayoría de ellos. Un hallazgo sorprendente de este último estudio fue un aumento del 100% en la presión espiratoria máxima (PEM) en el grupo experimental (Pre= 4.02 ± 2.52 , Post= 8.04 ± 2.26).

DISCUSIÓN

Durante un partido de fútbol el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima oscila entre el 80-95%, de igual manera, las concentraciones de lactato después de la competición se han establecido en rangos mayores a 7 mmol/L (Stølen et al.,

2005). El esfuerzo durante el ejercicio, mayormente cuando es de alta intensidad, conlleva un gran trabajo de los MR. Como consecuencia de dicho esfuerzo, se manifiesta una competencia por el oxígeno entre estos y los músculos esqueléticos que participan de la actividad. Este proceso, conocido como reflejo metabólico, de carácter vasoconstrictor, termina disminuyendo la función de los músculos locomotores, limitando así, la realización de trabajo (López-Chicharro & Vicente-Campos, 2018). Es debido a esta y otras consideraciones, que buscamos analizar la evidencia existente sobre el EMR/EMI en jugadores de fútbol. Un total de 6 artículos fueron elegidos para el desarrollo de este estudio, con un promedio de 93% en la calidad metodológica, siendo establecidos en 'excelente' calidad.

PIM

Los resultados muestran una mejora significativa en la PIM para los grupos EXP, en donde hubo aumentos entre el 14% y 61%, siendo muy superiores a las observadas en los grupos CON. Estos hallazgos sugieren que el EMR/EMI pueden tener la capacidad de aumentar la fuerza de la musculatura inspiratoria después de 2 a 8 semanas de entrenamiento. Las investigaciones de Gea et al. (2000), Ramírez-Sarmiento et al. (2002) y Downey et al. (2007), citados en Najafi et al. (2019), mencionan que el EMI puede inducir, además de un incremento en la fuerza muscular, adaptaciones a nivel estructural en la cadena pesada de miosina, cambios en las proporciones de las fibras tipo I y tipo II y, además, una hipertrofia del diafragma. El hecho de que se presente una respuesta hipertrófica en los músculos inspiratorios puede contribuir a un aumento en la capacidad pulmonar total y, por ende, evitar los requisitos de O₂ y flujo sanguíneo de la ventilación, compensando así, el reflejo metabólico y aumentando el suministro de O₂ a las extremidades (Cavalcante et al., 2019).

Por otro lado, en el estudio de Mackala et al. (2020) hubo un incremento del 100% en la PEM, siendo este un hallazgo sorprendente. Ellos atribuyen esta mejora significativa a que los MR podrían estar débiles antes de la aplicación del EMI, siendo este un factor determinante en la mejora de la fuerza muscular. De igual manera, atribuyen la mejora a la realización de respiraciones profundas, que fortalecen mucho más la musculatura. Cabe aclarar que, según la literatura, los músculos espiratorios también funcionan como inspiratorios durante la ventilación forzada.

Tolerancia y rendimiento en el ejercicio

Colectivamente, los resultados sugieren un cambio positivo en la tolerancia al ejercicio que fue representada en los resultados de los posts tests llevados a cabo. El hecho de que, en la mayoría de los estudios, la distancia recorrida y el tiempo hasta la fatiga hayan aumentado significativamente más en los grupos EXP, sugiere un beneficio grande para el rendimiento. Únicamente en el estudio de Ozmen et al. (2017) no hubo mejoras significativas, esto probablemente por el bajo número de sesiones empleadas para el EMR (dos sesiones semanales).

Las investigaciones mencionan que estos efectos positivos pueden deberse a diversos beneficios que trae consigo el EMR/EMI como pueden ser el retraso en la fatiga del diafragma o también, la activación de vasoconstricción periférica por actividad parasimpática, que permite mayor oxigenación de músculos periféricos (Archiza et al., 2017).

En el estudio de Najafi et al. (2019) una disminución significativamente mayor en la RPE del grupo EXP vs CON (9 vs 11, respectivamente). Esta disminución en la RPE después de los entrenamientos le da más credibilidad al fundamento de que los MR entrenados contribuyen a menores sensaciones de la fatiga en los músculos inspiratorios y en los músculos periféricos (HajGhanbari et al., 2013). Siendo menor la fatiga percibida en los MR, reafirma la idea de que reflejo metabólico demora en aparecer, siendo este un factor importante en la mejora del rendimiento deportivo (HajGhanbari et al., 2013). No obstante, en el estudio de Guy et al. (2014) no observaron mejoras significativas para la RPE entre los grupos de futbolistas de recreación y de igual manera, no hubo más estudios que evaluaran la RPE como indicador de rendimiento, siendo esta una limitante.

Otros hallazgos importantes

El estudio de Archiza et al. (2017) el EMI se asoció con un aumento contundente en la [HHb] durante el ejercicio, una disminución del volumen sanguíneo local en los MR y una mayor [tHb] y [O₂Hb] en el músculo vasto lateral en el grupo EMI después de la intervención, lo que refleja un aumento del volumen sanguíneo en el tejido. Este resultado sugiere que el fenómeno de reflejo metabólico de los músculos inspiratorios se retrasó y, además, informa del impacto potencial del EMI para promover la reducción de la sangre desoxigenada dentro de los MR y la mejora de la oxigenación en las piernas de los jugadores de fútbol.

Najafi et al. (2019) y Guy et al. (2014), observaron una reducción significativa del lactato en sangre post ejercicio para los grupos EXP. Lo que indican los estudios es que esto puede deberse a un aumento en el contenido en la proteína de

transporte oxidativo y/o monocarboxilato en los músculos inspiratorios. También se menciona que la reducción en la concentración de lactato en sangre aumenta el flujo sanguíneo a los músculos que trabajan y, de igual manera, aumenta la disponibilidad de sustratos de energía para el metabolismo durante el ejercicio (Najafi et al., 2019). No obstante, se necesitan estudios adicionales para corroborar si las concentraciones reducidas de lactato en sangre son significativas en el fútbol.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una limitación considerable, fue el hecho de que los tamaños de las muestras fueron muy pequeños, siendo n=162 el total de los estudios. Por otro lado, hubo un estudio en el que no se observó la utilización de un grupo control, sin embargo, sus resultados fueron coherentes para la revisión. Tomando en conjunto estos resultados, es importante que sean tomados con precaución. Sin embargo, se destaca que, aunque el EMR/EMI se adoptaron desde hace mucho tiempo, enfocadas sobre todo a disciplinas de carácter aeróbico, representan también, un buen medio a implementar, que puede traer cambios beneficiosos en el rendimiento de un deporte intermitente como el fútbol.

CONCLUSIONES

El EMR resulta ser una estrategia de gran ayuda en la mejora del rendimiento en jugadores de fútbol. Sin embargo, es una herramienta poco usada y que no tiene una gran acogida dentro la planificación del entrenamiento, como realmente debería tener. El EMI se asoció con una mejora significativa de la PIM, siendo importante en el incremento de la fuerza de los músculos inspiratorios, ayudando al aumento de la capacidad pulmonar. De igual manera, el EMI contribuye a un aumento de la tolerancia al ejercicio, que se ve reflejado en la disminución de la RPE, lactato en sangre y de la mejora en los resultados de los posts tests. El entrenamiento de los MR parece ser eficiente a la hora de retrasar la aparición del reflejo metabólico, contribuyendo a que la oxigenación de la musculatura de las piernas de los jugadores se mantenga en el tiempo, impidiendo un descenso en el rendimiento. Recomendamos que este tipo de entrenamiento se utilice en cualquier modalidad deportiva de carácter intermitente debido a la alta relación dosis-respuesta. Futuras líneas de investigación deberían estar dirigidas en más atletas profesionales, ya que hay pocos estudios disponibles en esta población. De igual manera, se comparte la idea de Lorca-Santiago et al. (2020) de estudiar el uso de intensidades más altas, cercanas al 80-85% del PIM y observar cómo afecta el entrenamiento inspiratorio.

REFERENCIAS

- Archiza, B., Kuguimoto-Andaku, D., Rossi-Caruso, F., Bonjorno, J., de Oliveira, C., Ricci, P., . . . Borghi-Silva, A. (2017). Effects of Inspiratory Muscle Training in Professional Women Football Players: A Randomized Sham-Controlled Trial. *Journal Sports Science*, 36(7), 771-780. doi:10.1080/02640414.2017.1340659
- Butler, J., Hudson, A., & Gandevia, S. (2014). The neural control of human inspiratory muscles. *Progress in Brain Research*, 209, 295-308. doi:10.1016/B978-0-444-63274-6.00015-1
- Cavalcante, R., Hall, E., & Maior, S. (2019). Inspiratory Muscle Training Improves Performance of a Repeated Sprints Ability Test in Professional Soccer Players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 452-455. doi:10.1016/j.jbmt.2019.01.016
- Chicharro, J., & Mulas, A. (2006). El sistema pulmonar como limitante del rendimiento en ejercicios de resistencia. En J. López-Chicharro, & A. Fernández-Vaquero, *Fisiología del Ejercicio* (3 ed., págs. 386-394). Mexico: Médica Panamericana.
- Faber, I., Bustin, P., Oosterveld, F., Elferink-Gemser, M., & Nijhuis-Van der Sanden, M. (2016). Assessing personal talent determinants in young racquet sport players: A systematic review. *Journal of sports sciences*, 34(5), 395-410. doi:10.1080/02640414.2015.1061201
- González-Montesinos, Vaz-Pardal, Fernández-Santos, Arnedillo-Muñoz, Costa-Sepúlveda, & Gómez-Espinosa. (2012). Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. *Revisión bibliográfica. Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(4), 163-170. doi:10.1016/S1888-7546(12)70025-4
- Guy, J., Edwards, A., & Deakin, G. (2014). Inspiratory Muscle Training Improves Exercise Tolerance in Recreational Soccer Players Without Concomitant Gain in Soccer-Specific Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 483-491. doi:10.1519/JSC.0b013e31829d24b0
- HajGhanbari, Yamabayashi, Buna, Coelho, Freedman, Morton, . . . Reid. (2013). Effects of Respiratory Muscle Training on

- Performance in Athletes: A Systematic Review With Meta-Analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643-63. doi:10.1519/JSC.0b013e318269f73f
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L., Kemi, O., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221. doi:10.1136/bjism.36.3.218
- Illi, S., Held, U., Frank, I., & Spengler, M. (2012). Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 42(8), 707-724. doi:10.1007/BF03262290
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., & Westmorland, M. (1997). Critical Review Form - Quantitative Studies. *McMaster University*. Obtenido de <http://srs-mcmaster.ca/research/evidence-based-practiceresearch-group/#OIXEXdby>
- Letts, L., Wilkins, S., Law, M., Stewart, D., Bosch, J., & Westmorland, M. (2007). Critical Review Form - Qualitative Studies (Version 2.0). *McMaster University*. Obtenido de <http://srs-mcmaster.ca/research/evidence-based-practiceresearch-group/#OIXEXdby>
- López-Chicharro, J., & Vicente-Campos, D. (2018). HIIT de la teoría a la práctica. *Madrid: Jose López Chicharro*.
- Lorca-Santiago, J., Jiménez, S., Pareja-Galeano, H., & Lorenzo, A. (2020). Inspiratory Muscle Training in Intermittent Sports Modalities: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4448. doi:10.3390/ijerph17124448
- Mackała, Kurzaj, Okrzybowska, Stodółka, Coh, & Rożek-Piechura. (2020). The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 234. doi:10.3390/ijerph17010234
- Mora-Romero, Gochicoa-Rangel, Guerrero-Zúñiga, Cid-Juárez, Silva-Cerón, Salas-Escamilla, & Torre-Bouscoulet. (2014). Maximal inspiratory and expiratory pressures: Recommendations and procedure. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*, 73(4), 247-253. Recuperado el 03 de 07 de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462014000400005&lng=es.
- Najafi, A., Ebrahim, K., Ahmadizad, S., Ghashlagh, G., Javidi, M., & Hackett, D. (2019). Improvements in Soccer-Specific Fitness and Exercise Tolerance Following 8 Weeks of Inspiratory Muscle Training in Adolescent Males. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(12), 1975-1984. doi:10.23736/S0022-4707.19.09578-1
- Nicolò, A., Montini, M., Girardi, M., Felici, F., Bazzucchi, I., & Sacchetti, M. (2019). Respiratory Frequency as a Marker of Physical Effort During High-Intensity Interval Training in Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(1), 1-8. doi:10.1123/ijsp.2019-0028
- Ozmen, T., Gunes, G. U., Dogan, H., & Gafuroglu, T. (2017). Effect of Respiratory Muscle Training on Pulmonary Function and Aerobic Endurance in Soccer Players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(5), 507-513. doi:10.23736/S0022-4707.16.06283-6
- Sclausser, Parreira, Fregonezi, Sheel, Chung, & Reid. (2014). Reference Values for Maximal Inspiratory Pressure: A Systematic Review. *Canadian Respiratory Journal*, 21(1), 43-50. doi:10.1155/2014/982374
- Sheel, W., Boushel, R., & Dempsey, J. (2018). Competition for blood flow distribution between respiratory and locomotor muscles: implications for muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 125(3), 820-831. doi:10.1152/jap.00189.2018
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044. doi:10.2165/00007256-200535120-00003
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer. *An Update. Sports Medicine*, 35(6), 501-536. doi:10.2165/00007256-200535060-00004
- Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clinica*, 507-511. doi:10.1016/j.medcli.2010.01.015