

Article

# Efectos de la Aplicación de un Protocolo de Calentamiento Muscular Inspiratorio en el Rendimiento Físico de Jugadores de Handball

Charlini S. Hartz<sup>1</sup>, Caroline R. Ferreira<sup>1</sup> y Marlene A. Moreno<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba, SP, Brasil

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar los efectos de un protocolo específico de calentamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento físico aeróbico en jugadoras femeninas de handball competitivo. Catorce mujeres deportistas realizaron tres protocolos de calentamiento: (a) Calentamiento convencional de la modalidad (CC); (b) Calentamiento inspiratorio (CI), que consistió en un calentamiento convencional y 2 series de 30 respiraciones al 40% de la presión inspiratoria máxima (PIM); y (c) Calentamiento simulado, que consistió en un calentamiento convencional y 2 series de 30 respiraciones al 15% de la PIM (carga placebo). Los hallazgos indican que no se observaron diferencias significativas entre los tres protocolos de calentamiento para el tiempo de prueba ( $P=0,56$ ), la distancia recorrida ( $P=0,66$ ) y la velocidad ( $P=0,22$ ). Sin embargo, el delta entre el protocolo CI y el protocolo CC, y el protocolo de calentamiento simulado mostró valores más altos para el tiempo ( $\Delta = 18$  segundos) y la distancia recorrida ( $\Delta = 35$  m) para el CI, lo que sugiere que el protocolo de CI fue más efectivo para el rendimiento físico aeróbico de las jugadoras de handball.

**Palabras Clave:** Rendimiento Deportivo, Handball, Músculo Respiratorio, Calentamiento

## INTRODUCCIÓN

Aunque se usan comúnmente varios métodos de entrenamiento para mejorar el rendimiento deportivo, recientemente solo Janssens et al. (7) observaron cómo el sistema respiratorio puede contribuir a la mejora del rendimiento deportivo. Los músculos implicados en la ventilación, especialmente el diafragma, desempeñan un papel fundamental durante los ejercicios intensos a través de su acción en la búsqueda del mantenimiento del suministro de oxígeno requerido por el organismo. La fatiga de los músculos respiratorios puede inducirse a lo largo del aumento del ejercicio y puede causar implicaciones directamente relacionadas con el rendimiento físico (10).

HajGhanbari y colegas (6) indican que el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI), en particular, proporciona un efecto ergogénico en atletas de diversas modalidades deportivas. Creen que el aumento en la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios resulta en la inhibición de los mecanismos que desencadenan la fatiga muscular inspiratoria, lo que

se refleja en la mejora del rendimiento de los atletas.

Si bien se entiende que el trabajo de los músculos respiratorios se incrementa en las modalidades deportivas que requieren un esfuerzo de alta intensidad, el trabajo de la musculatura respiratoria es aún mayor en los deportes que requieren las extremidades superiores. Como ejemplo, Lomax y colegas (8) informaron que la disminución en el rendimiento de sus sujetos durante el crol fue causada por el alto requerimiento de oxígeno y la fatiga de los músculos respiratorios accesorios (dorsal ancho, pectoral mayor y serrato anterior). Curiosamente, Volianitis et al. (13) indicaron que el EMI resistido durante el remo de sus sujetos mejoró el rendimiento del mismo en la prueba de esfuerzo máximo de 6 min y en la prueba de 5000 m.

Es común usar un calentamiento antes de comenzar un programa de ejercicios. Se cree que el calentamiento es un medio importante para prevenir una lesión, particularmente en el sistema músculo-esquelético. También es una prioridad para mejorar el rendimiento. Tong y Fu (12) indican que un calentamiento puede ser global (como la realización de ejercicios preparatorios para todo el cuerpo) o específico de la modalidad deportiva. Por ejemplo, afirman que un protocolo de calentamiento específico para los músculos inspiratorios con una intensidad de presión inspiratoria máxima (PIM) del 40% aumenta la tolerancia al ejercicio durante la carrera exhaustiva intermitente (12) y, de manera similar, Wilson et al. (15) informan que un calentamiento específico mejora el rendimiento en una prueba de 100 m en nadadores.

Cheng y colegas (5) informaron que el calentamiento muscular inspiratorio atenuó la desoxigenación muscular durante un ejercicio de ciclismo en atletas mujeres. Del mismo modo, Arend et al. (1) indicaron que el calentamiento muscular inspiratorio fue efectivo y mostró menos fatiga y menos disnea en los remeros en comparación con el grupo que solo realizó calentamiento convencional.

Las respuestas al uso del entrenamiento muscular inspiratorio en varias modalidades parecen tener efectos positivos sobre el rendimiento deportivo (6). Sin embargo, las respuestas al uso de protocolos de calentamiento específico para la musculatura inspiratoria y sus efectos sobre el rendimiento físico aún no están claras. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue determinar si un protocolo de calentamiento muscular inspiratorio específico mejoraría el rendimiento físico aeróbico de los jugadores de handball.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Este estudio siguió las recomendaciones de investigación experimental con humanos, y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Institución con el número 62/13. Catorce jugadoras mujeres fueron seleccionadas para participar en el estudio. Las atletas habían estado en un nivel competitivo de handball durante al menos 12 meses. El estudio excluyó a las atletas que: (a) usaron medicamentos que podrían influenciar las variables bajo investigación; (b) presentaron enfermedades respiratorias o cardiovasculares; (c) eran fumadoras; y (d) tuvieron lesiones osteomioarticulares que imposibilitaron la ejecución del protocolo experimental.

### Procedimientos

Todos los sujetos fueron sometidos a dos evaluaciones. La primera consistió en una evaluación de la fuerza muscular respiratoria mediante la medición de presiones respiratorias máximas para determinar la carga inspiratoria de calentamiento. La segunda evaluación consistió en un protocolo de calentamiento que fue seguido por la prueba de rendimiento físico aeróbico.

### Medición de la Presión Respiratoria Máxima

La presión inspiratoria máxima (PIM) seguida de la presión espiratoria máxima (PEM) se obtuvo del volumen residual y la capacidad pulmonar total, respectivamente, con cada sujeto sentado en una silla, usando un clip nasal y una boquilla plástica rígida en su lugar. Los sujetos se conectaron a un aparato de obturación manual con las presiones máximas medidas usando un manómetro con un calibrador de tipo aneroide ( $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O) (GER-AR, São Paulo, SP, Brasil). Se introdujo una pequeña fuga entre la oclusión y la boca para evitar el cierre glótico, y los sujetos también sostuvieron sus mejillas con una mano durante la maniobra. El esfuerzo inspiratorio o espiratorio se mantuvo durante al menos 1 segundo. Las mediciones fueron tomadas por un técnico designado que explicó y demostró la maniobra correcta. Los sujetos realizaron de tres a cinco maniobras máximas aceptables y reproducibles (es decir, diferencias del 10% o menos entre los valores). El valor registrado fue el más alto. Se permitió un intervalo de aproximadamente 1 minuto entre los esfuerzos. La metodología de evaluación y las ecuaciones para predecir los valores normales de presión respiratoria máxima (PIM y PEM) siguieron el protocolo de Neder et al. (9)

### Prueba de Rendimiento Físico Aeróbico

El rendimiento físico aeróbico fue evaluado por los sujetos que recorrieron una distancia de 20 m entre un punto y otro, siguiendo el comando de los sonidos hasta la definición del ritmo de la carrera. El protocolo seleccionado fue el Yo-Yo Endurance L1 (4), que verificó la capacidad de los sujetos para repetir la distancia de 20 m con incrementos de velocidad en cada etapa. No hubo tiempo de recuperación entre ellos, y los sujetos realizaron el máximo de repeticiones posibles. La interrupción de la prueba se llevó a cabo de acuerdo con dos criterios: (a) por la interrupción voluntaria, cuando el sujeto tenía la percepción del máximo esfuerzo; o (b) la incapacidad de alcanzar la distancia determinada dos veces consecutivas. El consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ) se determinó indirectamente, usando una ecuación que toma en cuenta la distancia recorrida por los sujetos (4):

$$VO_{2\text{máx}} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = \text{Distancia recorrida (m)} \times 0,0084 + 36,4$$

### Protocolos de Calentamiento

Todos los sujetos realizaron los tres protocolos aleatorios en días alternos con un intervalo de 48 horas entre ellos.

#### Protocolo de Calentamiento Convencional

Se realizó el calentamiento específico de la modalidad deportiva, que consistió en carrera ligera intercalada con ejercicios de movimientos para las articulaciones y los músculos de los miembros superiores y los miembros inferiores. El mismo calentamiento se realizó durante el entrenamiento del equipo.

#### Protocolo de Calentamiento Inspiratorio

El calentamiento convencional se agregó al calentamiento específico para los músculos inspiratorios mediante el ejercitador respiratorio Powerbreathe que consistió en dos series de 30 inspiraciones al 40% de la presión inspiratoria máxima (14).

#### Protocolo Simulado

El calentamiento convencional se agregó al calentamiento específico para los músculos inspiratorios con una carga de placebo, utilizando el ejercitador respiratorio Powerbreathe que consistió en dos series de 30 inspiraciones al 15% de la presión inspiratoria máxima (PIM) (14).

### Análisis Estadísticos

Todos los datos se presentan como medias y desviaciones estándar. El nivel alfa para la significación estadística se estableció en 5%. El análisis estadístico se realizó por la aplicación SPSS, en la que se llevó a cabo un análisis descriptivo de los datos. La prueba de Shapiro-Wilk se utilizó para analizar la normalidad de la distribución. En presencia de normalidad, se utilizó la prueba ANOVA con la prueba posterior de Tukey para el análisis de significancia para comparar los resultados obtenidos en los tres protocolos propuestos.

## RESULTADOS

La Tabla 1 presenta la edad, la masa corporal, la altura, el tiempo de práctica deportiva, la presión respiratoria máxima (PIM) y el  $VO_{2\text{máx}}$  de los sujetos al inicio del procedimiento experimental.

**Tabla 1.** Características de los Sujetos Antes del Procedimiento Experimental.

	<b>N = 14</b>
<b>Edad (años)</b>	19 ± 1
<b>Masa Corporal (kg)</b>	68,3 ± 3,4
<b>Altura (m)</b>	1,7 ± 0,1
<b>Tiempo de Práctica (meses)</b>	70,2 ± 22,1
<b>PIM (cmH<sub>2</sub>O)</b>	126,78 ± 20,4
<b>VO<sub>2</sub> máx (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	42,33 ± 1,71

El análisis estadístico indica que no hubo una diferencia significativa entre los tres protocolos de calentamiento propuestos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Tiempo, Distancia Recorrida y Velocidad de las 14 Atletas Luego de los Tres Protocolos de Calentamiento.

	<b>CC</b>	<b>CI</b>	<b>Simulado</b>	<b>P</b>
<b>Tiempo (seg)</b>	353,4 ± 100,8	371,4 ± 140,6	371,9 ± 108,0	0,56
<b>Distancia (m)</b>	705,0 ± 203,7	740,0 ± 287,0	734,2 ± 224,4	0,66
<b>Velocidad (km·h<sup>-1</sup>)</b>	14,6 ± 0,31	14,6 ± 0,3	14,6 ± 0,3	0,22

CC = Calentamiento Convencional; CI = Calentamiento Inspiratorio; Simulado = Calentamiento Placebo

Los valores para las diferencias (delta) entre el protocolo de calentamiento inspiratorio y los otros protocolos utilizados con respecto al tiempo, la distancia recorrida y la velocidad se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Los Valores de las Diferencias de Tiempo, Distancia y Velocidad Entre los Protocolos de Calentamiento de las Catorce Atletas Estudiadas.

	<b>ΔTiempo (seg)</b>	<b>ΔDistancia (m)</b>	<b>ΔVelocidad (km·h<sup>-1</sup>)</b>
<b>CI vs. CC</b>	18	35	0,08
<b>CI vs. Simulado</b>	-0,5	5,72	0,05

CC = Calentamiento Convencional; CI = Calentamiento Inspiratorio; Simulado = Calentamiento Placebo; Δ = Delta

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que el protocolo específico de calentamiento muscular inspiratorio no mejoró el rendimiento físico aeróbico de las atletas de handball. No hubo diferencias significativas en el tiempo, la distancia recorrida y la velocidad. Sin embargo, observamos que el protocolo que presentó los valores absolutos más altos de velocidad y rango de distancia en la prueba de rendimiento fue el CI, compuesto por un calentamiento convencional asociado con un calentamiento muscular inspiratorio, con el 40% de la carga.

Se sabe que el uso de calentamiento globalizado realizado previamente a las actividades deportivas tiene efectos positivos en el rendimiento de los atletas de alto rendimiento a través de su papel en el aumento de la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, el calentamiento y el reclutamiento muscular (14); sin embargo, el uso de un calentamiento específico para los músculos inspiratorios como una estrategia de calentamiento para el desarrollo de un mejor rendimiento deportivo es reciente y requiere una investigación sobre sus efectos en el rendimiento de diversas modalidades deportivas.

Los estudios han evaluado el efecto del calentamiento muscular inspiratorio específico con una carga del 40% de la PIM asociada con el calentamiento convencional para mejorar el rendimiento físico en atletas, apuntando a los resultados de una mejora significativa en las pruebas de rendimiento en atletas de remo y de natación (13,14). En sus contribuciones, estos estudios indican que el uso del calentamiento muscular inspiratorio puede disminuir la disnea durante el incremento del ejercicio, lo que retrasa el inicio de la fatiga muscular inspiratoria y el mecanismo metaborreflejo, lo que favorece la mejora del rendimiento deportivo durante un período prolongado.

La disminución de la disnea durante el ejercicio, generada por el calentamiento inspiratorio puede justificarse por la mejora de la fuerza muscular inspiratoria después de la sesión de calentamiento, así como la mejora del funcionamiento de estos músculos, que se debe al reclutamiento muscular de todos los músculos accesorios involucrados en el proceso de inspiración. Además de la mejora funcional generada por el calentamiento inspiratorio específico, la mejora de la respuesta

neuronal y el aumento del suministro de oxígeno a estos músculos pueden contribuir a la mejora de su función y el rendimiento contráctil, lo que justifica la mejora de la contractilidad y la menor sobrecarga para este grupo muscular durante el ejercicio.

La cantidad de series, repeticiones y la carga utilizada en el protocolo de calentamiento pueden influir en la mejora de la fuerza muscular inspiratoria después del calentamiento. Un estudio reciente comparó cuatro protocolos diferentes de calentamiento muscular inspiratorio, con 15%, 40%, 60% y 80% de la PIM, evaluando el efecto de la fuerza muscular inspiratoria antes y después de realizar diferentes repeticiones con diferentes cargas (2). Sus resultados indicaron una mejora significativa y un mayor aumento de la fuerza muscular inspiratoria después de los protocolos de 2 series de 12 inspiraciones con el 60% de la PIM y 2 series de 30 inspiraciones con el 40% de la PIM, respectivamente, mostrando la efectividad de estas cargas en el aumento de fuerza muscular inspiratoria.

En nuestros resultados, observamos que ambos protocolos de calentamiento inspiratorio (40% de carga y 15% de la PIM) lograron valores más altos en la prueba de rendimiento en comparación con el protocolo de calentamiento convencional, en relación con el tiempo y la distancia recorrida. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas. Y cuando evaluamos la diferencia absoluta entre el protocolo CI y los demás, observamos valores más altos de tiempo y distancia para el protocolo CI. Estudios previos que investigaron el efecto de los programas de entrenamiento muscular inspiratorio en atletas han observado que la carga de entrenamiento del 15% de la PIM fue capaz de generar un aumento significativo en la PIM (6), lo que sugiere que esta carga puede generar un aumento en la fuerza. Por lo tanto, creemos que los dos protocolos de calentamiento inspiratorio utilizados en nuestro estudio pueden haber conducido a una mejor función y reclutamiento muscular inspiratorios, lo que favoreció las mejores marcas logradas en la prueba de rendimiento.

Otro resultado interesante se encontró en un estudio que observó el efecto de un protocolo de calentamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento deportivo y el índice de saturación tisular de los miembros inferiores en ciclistas (5), señalando que el grupo que realizó calentamiento inspiratorio con carga del 40% de la PIM obtuvo una mejora del índice de saturación tisular en los miembros inferiores durante la ejecución de la prueba de ciclismo sub-máxima e intermitente, que provocó una mayor protección contra la caída de la saturación tisular, pero no se observó una mejora en el rendimiento de la prueba de ciclismo intermitente.

La mejora en el rendimiento deportivo debido al entrenamiento muscular inspiratorio no siempre se observa, lo que puede estar relacionado con la modalidad evaluada, ya que algunas modalidades tienen un requerimiento ventilatorio y metabólico más alto y pueden beneficiarse más del entrenamiento inspiratorio específico, así como el aumento de la magnitud en la fuerza muscular inspiratoria también puede ser determinante (6). Algunas investigaciones señalan que los grandes incrementos en la PIM pueden afectar positivamente al rendimiento general, mientras que los incrementos más pequeños generan beneficios en un mejor confort funcional y respiratorio, pero no afectan el rendimiento físico.

Estos estudios pueden posiblemente justificar los resultados obtenidos en nuestra investigación, con un tiempo y distancia más largos obtenidos del CI en respuesta al calentamiento inspiratorio resistido, posiblemente conseguidos a través de la mejora de la fuerza muscular inspiratoria, del mayor reclutamiento y funcionalidad de este grupo muscular, con la consiguiente reducción de la disnea durante la actividad evaluada, lo que retrasa la fatiga de los músculos respiratorios y permite un mayor suministro de sangre a los miembros inferiores durante más tiempo.

## CONCLUSIONES

---

Los resultados del presente estudio mostraron que el protocolo de calentamiento muscular inspiratorio no generó una mejora significativa en la prueba de rendimiento máxima intermitente en jugadores de handball. Sin embargo, las mejores marcas se lograron en los protocolos de calentamiento muscular inspiratorio, que fueron más pronunciadas en el CI con el 40% de la PIM, lo que puede sugerir una mejora en la funcionalidad y una reducción de la sobrecarga en estos músculos, señalando la necesidad de más investigaciones para determinar el uso de estos métodos de calentamiento en el entorno deportivo. Como la magnitud de la fuerza muscular inspiratoria puede ser determinante para la mejora general del rendimiento, la investigación de los efectos del calentamiento muscular inspiratorio específico después de un período de entrenamiento muscular inspiratorio puede ser una sugerencia para futuros estudios.

**Dirección de correo:** Marlene Aparecida Moreno, Methodist University of Piracicaba, Rodovia do Açúcar, km 156 (SP-308) 13.423-170 - Piracicaba, SP, Brazil. Phone: (+55) (19) 31241558 Email: [ma.moreno@terra.com.br](mailto:ma.moreno@terra.com.br)

## REFERENCIAS

---

1. Arend M, Mäestu J, Kivastik J, Rämson R, Jürimäe J. (2015). Effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance. *J Strength Cond Res.* 2015;29:213-218.
2. Arend M, Kivastik J, Mäestu J. (2016). Maximal inspiratory pressure is influenced by intensity of the warm-up protocol. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;230:11-15.
3. Black LF, Hyatt RE. (1969). Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex 1. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99:696-702.
4. Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent. *Revista Brasileira de Futsal e Futebol.* 1994;7:47-58.
5. Cheng CF, Tong TK, Kuo YC, Chen PH, Huang HW, Lee CL. (2013). Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013;186:296-302.
6. HajGhanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, Coelho JD, Freedman KD, Morton TA, Palmer SA, Toy MA, Walsh C, Sheel AW, Reid, WD. (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analyses. *J Strength Cond Res.* 2013;27:1643-1663.
7. Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Raymaekers J, Goossens N, Gayan-Ramirez G, Hermans G, Troosters T. (2013). The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: A systematic review. *Respir Med.* 2013;107:331-346.
8. Lomax M, Tasker L, Bostanci O. (2015). An electromyographic evaluation of dual role breathing and upper body muscles in response to front crawl swimming. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:e472-e478.
9. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. (1999). Reference values for lung function tests: II. *Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation.* *Brazil J Med Biol Res.* 1999;32:719-727.
10. Romer LM, Polkey MI. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: Implications for performance. *J Appl Physiol.* 2008;104:879-888.
11. Shellock FG, Prentice WE. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med.* 1985;2:267-278.
12. Tong TK, Fu FH. (2006). Effect of specific inspiratory muscle warm-up on intense intermittent run to exhaustion. *Europ J Appl Physiol.* 2006;97:673-680.
13. Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:803-809.
14. Wilson EE, McKeever TM, Lobb C, Sherriff T, Gupta L, Hearson G, Martin N, Lindley MR, Shaw DE. (2014). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *Br J Sports Med.* 2014;48:789-791.

### Cita Original

Hartz CS, Ferreira CR, Moreno MA. Efectos de la Aplicación de un Protocolo de Calentamiento Muscular Inspiratorio en el Rendimiento Físico de Jugadores de Handball. *JEPonline* 2017;20(5):90-97.