

# Efectos agudos del ciclismo *indoor* en la presión inspiratoria máxima (PIMax) y la presión espiratoria máxima (PEMax) de adultos activos

Acute effects of indoor cycling on maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) in active adults

\*Ramdel Caldas Ferreira da Silva, \*\_\*\*Fábio Dutra Pereira, \*\*\*-\*\*\*\*\*Danielli Mello  
\*\*\*\*Antonio Alias, \*\_\*\*\*\*\*Guilherme Rosa

Caldas, R., Dutra, F., Mello, D., Alias, A. & Rosa, G. (2017). Efectos agudos del ciclismo *indoor* en la presión inspiratoria máxima (PIMax) y la presión espiratoria máxima (PEMax) de adultos activos. *Revista de Ciencias de la Actividad Física UCM*. N° 18(1), 25-31.

## RESUMEN

**Objetivo:** verificar el efecto agudo del ciclismo *indoor* en el PIM y la PEM. **Método:** estudio experimental con muestra de 10 sujetos, de sexo masculino, de 20 a 30 años, practicantes de entrenamiento de ciclismo *indoor* durante al menos ocho semanas, con una frecuencia semanal de dos a tres veces. Las variables PIM y PEM se midieron antes y después del entrenamiento de ciclismo *indoor* con duración de 40 minutos, a través del método continuo. **Resultados:** Ambas variables mostraron una reducción significativa en comparación con los valores pre y post entrenamiento. PIM (pre:  $-117.5 \pm 19.61$ ; post:  $-110 \pm 21.08$ ) con  $p = 0.02$ , mientras que PEM (pre:  $50 \pm 00$ ; post:  $142.5 \pm 4.8$ ) con  $p = 0.01$ . **Conclusiones:** la intervención se realiza de forma continua y gradualmente creciente cuya sobrecarga puede generar adaptaciones crónicas tales como aumento de la PIM y PEM. Sin embargo, es necesario más estudios en la misma línea para verificar las relaciones y correlaciones.

## PALABRAS CLAVE

Ejercicio cardiorespiratorio, presión inspiratoria máxima, presión espiratoria máxima.

## ABSTRACT

**Objective:** To verify the acute effects of Indoor Cycling on the MIP and MEP. **Method:** An experimental study sample of ten male subjects, ranging in age from 20 to 30 years old, and who have practiced indoor cycling training for at least eight weeks, two to three times a week. The MIP and MEP variables were measured before and after the indoor cycling workout, lasting 40 minutes and using the continuous method. **Results:** Both variables showed a significant reduction when compared to pre and post training values. MIP (pre:  $-117.5 \pm 19.61$ ; post:  $-110 \pm 21.08$ ;  $p = 0.02$ ) while the MEP (pre:  $50 \pm 00$ ; post:  $142.5 \pm 4.8$ ;  $p = 0.01$ ). **Conclusion:** A continuous intervention with a gradual overload increase which can generate chronic adaptations such as increased MIP and MEP. However, it is necessary to carry out further studies within the same line to verify the correlation.

## Key words

Cardiorespiratory exercise, maximal inspiratory pressure, maximum expiratory pressure.

\* Universidade Castelo Branco – UCB, Rio de Janeiro - Brasil.

\*\* InFocus Research Group – UCB, Rio de Janeiro - Brasil.

\*\*\* Escola de Educação Física do Exército – EsEFEX, Rio de Janeiro - Brasil.

\*\*\*\* Universidad de Almería - España.

\*\*\*\*\* Grupo de Pesquisas em Exercício Físico e Promoção da Saúde – UCB, Rio de Janeiro - Brasil.



## 1. INTRODUCCIÓN

El cuerpo humano tiene dos sistemas que trabajan juntos realizando la absorción de  $O_2$  y su transporte por todo el organismo, así como la eliminación de  $CO_2$ : sistemas cardiovascular y respiratorio. Cualquier intercambio de gases se realiza a través de las diferencias de presión de  $O_2$  y  $CO_2$ . Esta variación es producto de la presión inspiratoria máxima (PIMax) y de la presión espiratoria máxima (PEMax) (García, Rocha, Pinto, Lopes, & Bárbara, 2008, Tortora, 2006).

La PIMax es la fuerza producida por los músculos inspiratorios, ya que la PEmax es producida por los músculos espiratorios (Marcelino & da Silva, 2010, Montemezzo, Velloso, Britto, & Parreira, 2010, Simões, Auad, Dionísio, & Mazzone, 2007). Otra definición que se encuentra en la bibliografía, es que el PIMax es el valor más alto de presión negativa que puede generarse durante una inspiración y se refiere a la capacidad, mientras que el PEmax, es la presión positiva más alta desarrollada durante una espiración forzada y, clínicamente, es esencial para la tos (Souza, 2002b).

Estas fuerzas son el resultado de las contracciones de los músculos del diafragma, intercostales internos, externos y, más profundamente, el transversal del tórax (Tortora, 2006). La pérdida de fuerza en estos músculos se vincula directamente a un fallo de la bomba respiratoria, hipoventilación, en reposo y/o durante el ejercicio (García et al., 2008, Simões et al., 2007). Esta debilidad de los músculos respiratorios también da lugar a un desequilibrio entre la carga del músculo y su capacidad de generar tensión, el cual, cuando es grave, puede conducir a insuficiencia respiratoria e hipercapnia (Marcelino & da Silva, 2010, Tortora, 2006).

Se reconoce la eficacia de diferentes programas de ejercicio sobre la fuerza muscular respiratoria cuando se prescriben específicamente para esta finalidad (Cader et al., 2007, Ide, Belini, & Caromano, 2005, Ide, Caromano, Dip, & Guerino, 2007). Otro aspecto demostrado en estudios recientes, es que la disfunción muscular respiratoria contribuye

en las complicaciones respiratorias en el postoperatorio de toracotomías, laparotomías, una cirugía electiva y de emergencia (Bellinetti & Thomson, 2006, Neto, Thomson, & Cardoso, 2005). La tos también juega un papel importante en la eliminación efectiva de la secreción y en promover la higiene bronquial. Para que este mecanismo funcione satisfactoriamente, debe existir una actividad neuromuscular intacta y una coordinación eficaz (Freitas, Parreira, & Cunha Ibiapina, 2010, Smina et al., 2003).

Teniendo en cuenta la importante contribución de los músculos respiratorios para la calidad de vida, este estudio se justifica por la necesidad continua de nuevas investigaciones para aportar pruebas de los efectos de las actividades físicas sistemáticas cardiorrespiratorias en gimnasios sobre la PEmax y PIMax, debido a la creciente demanda de este tipo de actividad en estos lugares.

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo determinar el efecto agudo del entrenamiento cardiorrespiratorio del Ciclismo *indoor* en la PIMax y la PEmax.

## 2. MÉTODO

Se trata de un estudio cuasi experimental. El tamaño de la muestra fue seleccionada de manera no probabilística e intencional, ya que los sujetos que formaron parte de ella fueron voluntarios y, con un tamaño determinado a partir de investigaciones ya publicadas (Cader et al., 2007, Costa et al., 2010, Freitas et al., 2010), la muestra estimada consistió en 10 sujetos con una edad media de  $25.6 \pm 3.11$  años, varones, que cumplieran los siguientes criterios de inclusión: profesionales del entrenamiento cardiorrespiratorio de Ciclismo en pista cubierta durante al menos 8 semanas, la frecuencia mínima de dos veces por semana y un máximo de tres veces.

Fueron considerados criterios de exclusión: problemas musculoesqueléticos o metabólicos que limitaban o contraindicaban la prác-



tica de ejercicio programado; antecedentes de tabaquismo; estar en posesión de enfermedades degenerativas crónicas, cardíacas y respiratorias; estar bajo la influencia del alcohol y/o suplementos ergogénicos; o cualquier otra circunstancia que pueda ser un factor disuasivo para la realización de la medición de la fuerza de los músculos respiratorios.

Este trabajo cumple con las normas para la realización de investigaciones en seres humanos, de acuerdo con las directrices establecidas por la Declaración de Helsinki y la Resolución 466 de diciembre de 2012 del Consejo Nacional de Salud, Brasil (W.M.A, 2008). Todos los participantes en el estudio estuvieron de acuerdo para firmar los Términos de Consentimiento Libre e Informado que contiene: objetivos del estudio, procedimientos de evaluación, las posibles consecuencias, el carácter voluntario de la participación y el descargo de responsabilidad por parte del evaluador, y por la Institución que ha albergado el tratamiento experimental. Por otra parte, también se preparó un Término de Información para la Institución en el que se realizó la investigación, con los mismos elementos del Término de Consentimiento Libre e Informado.

El proyecto fue presentado a la Comisión de Ética de la Universidad Federal del Estado de Río de Janeiro y aprobada con el número de protocolo 983.976/2015.

La PIMax y la PEMax se midieron en dos momentos: antes del inicio de la clase (pre) e inmediatamente al final del entrenamiento (post).

Esta investigación fue realizada en una sesión de ciclismo *indoor*. Se utilizó el método continuo para la clase de ciclismo *indoor*, con una duración de 40 minutos aprox. y la intensidad entre las 5 y 7 de la escala de esfuerzo percibido por el ciclismo (OMNI) (Robertson et al., 2004), como se muestra en la Tabla 1, se considera 2 personas por sesión. El equipo utilizado fue bicicletas Schwinn Evolution®.

**Tabla 1**

*Protocolo de ciclismo indoor.*

Tiempo (min)	Fase da Aula	Intensidad
1-5	Calentamiento	2-4
6-35	Fase específica	5-7
36-40	Descalentamiento	0-2

Para determinar la cadencia, se utilizó una confortable dentro de los límites permitidos por el cicloergómetro, basado en el estudio de Robertson et al (Robertson et al., 2002).

La PIMax y la PEMax se midieron mediante un manovacuómetro analógico Wica - MV150 con el rango de operación de  $\pm 150\text{cmH}_2\text{O}$  (EE.UU./2005). En ambas mediciones de las presiones estáticas máximas se adoptaron los protocolos específicos propuestos para las directrices para las pruebas de función pulmonar de la Sociedad Brasileña de Pneumología y Tisiología (Souza, 2002a).

Para el procesamiento de los datos se utilizó estadística descriptiva y prueba *t* de Student para muestras relacionadas. Se usó el programa SPSS 21.0 y el nivel de significación fue ( $p < 0,05$ ) (Field, 2009).

### 3. RESULTADOS

Las siguientes figuras muestran antes y después de la prueba para cada variable observada.

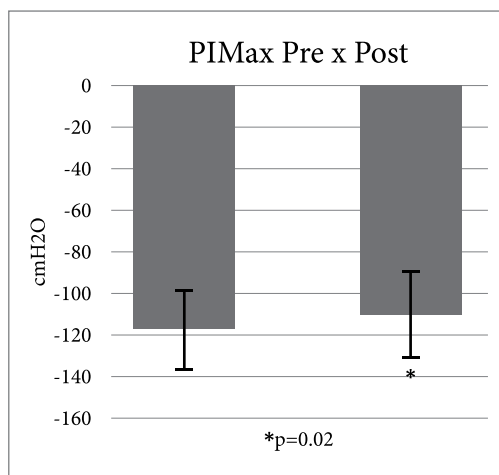


Figura 1. PIMax.



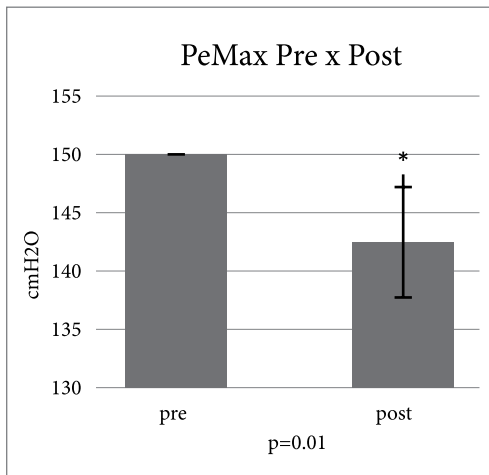


Figura 2. PEmax.

En la Figura 2, se observó una reducción significativa ( $p = 0.02$ ) en la PIMax al comparar el pre y post entrenamiento. La PEmax también muestra una reducción significativa ( $p = 0.01$ ) que presenta el mismo comportamiento de la PIMax.

#### 4. DISCUSIÓN

Resultados similares se produjeron en estudios que probaron la variable dependiente similar a esta investigación (Romer, McConnell, & Jones, 2002, Vanhees et al., 2005, Williams, O'Keefe, & Ferris, 2005), pero utilizando diferentes intervenciones a este análisis: 40 km de ciclismo (Romer et al., 2002), prueba de esfuerzo caminando de 6 minutos (Romer, et al., 2002) y cicloergómetro (Williams et al., 2005).

Ejercicios físicos cardiorrespiratorios causan fatiga en los músculos ventilatorios disminuyendo la PIMax y la PEmax, y que tal resultado se genera por la descomposición de la homeostasis. La pérdida de fuerza en los resultados de la PIMax y la PEmax confirma los hallazgos encontrados y se justifica por Romer et al (Costa et al., 2010) y Tortora (Field, 2009).

Sobre todo en los músculos ventilatorios, los síntomas de esta fatiga se presentan por la hiperinsuflación, donde el individuo comienza a respirar a volúmenes pulmonares altos, cerca de la capacidad pulmonar total, llevándola

a reducir la capacidad inspiratoria, especialmente durante el esfuerzo físico (Romer et al., 2002, Williams et al., 2005).

Algunas otras hipótesis de reducción de la capacidad inspiratoria y espiratoria se citan en Williams et al., (2005), acumulación metabólica en el diafragma inducida por el ejercicio, la reducción de sustrato de energía disponible, y la "competencia" para el flujo de sangre entre los músculos respiratorios y del aparato locomotor.

La fatiga se produce después de una actividad prolongada, por lo que se sugiere que lo que ocurrió con los músculos respiratorios durante un entrenamiento de ciclismo *indoor* corrobora esta afirmación, debido a los resultados medidos de PIMax y PEmax después del entrenamiento en relación al preentrenamiento (Field, 2009).

Tal fatiga no es más que la incapacidad del músculo de contraerse con fuerza (Field, 2009), exactamente lo que se ve en los resultados obtenidos. Sin embargo, esta fatiga es recuperable (Dantas & Sposito, 2014).

Esta reducción en la resistencia respiratoria, causada por la fatiga, produce intolerancia a la actividad física, reducción de la capacidad física de las personas cuando son sometidas a esfuerzos físicos.

Marrara, Marino, Di Lorenzo, & Jamami, (2008) informaron de un cambio en la función respiratoria, lo que lleva a la hiperinsuflación pulmonar, ocasionando en los investigados una respiración en volúmenes pulmonares altos, lo que lleva a una reducción de la capacidad inspiratoria y, específicamente, también una reducción de la capacidad espiratoria, empero, a pesar de que los estudios mencionados anteriormente reportan tales efectos como un resultado de la actividad física, hay una hipótesis de que tal fatiga no se produce en individuos sanos. Sin embargo, en general se informó, que estos efectos son sólo menos intensos en comparación con los sujetos con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) (Marrara et al., 2008; Vanhees et al., 2005).

Según Dantas & Sposito (2014), el entrenamiento cardiorrespiratorio implica algunos ajustes en los distintos niveles del organismo, entre otras cosas, aumentar el número y el área superficial de la membrana de la mitocondria, lo que permite el aumento de las reservas de glucógeno muscular, luego, un aumento en la generación de ATP. La mayoría (Maiores, 2008) corrobora lo anterior a través de la acción de la sobrecarga metabólica.

Estas respuestas y/o adaptaciones se producen cuando hay una estimulación interna y/o externa, física y/o psicológica y/o bioquímica que rompen la homeostasis. Guiados por tal afirmación, se sugiere que el entrenamiento de ciclismo *indoor* genera estrés físico mediante el aumento de la actividad física (Maiores, 2008), que a su vez recibe una respuesta del cuerpo de un mecanismo de compensación que busca restaurar la homeostasis (Bossi, 2008, Maiores, 2008). Este fenómeno se llama curva de supercompensación (Bossi, 2008, Maiores, 2008), en el que el cuerpo va a responder al estímulo que le da la capacidad de recibir de nuevo este mismo estímulo, después de la recuperación esperada de 24 a 48 horas, sin que su homeostasis esté rota. Este proceso repetido varias veces generará adaptaciones, todo este fenómeno se describe por el principio de adaptación (Dantas & Sposito, 2014, Maiores, 2008). Este principio está conectado directamente al principio de sobrecarga, que dice que como el individuo tiene adaptaciones a la carga de trabajo, ésta debe ser aumentada, ya sea en intensidad, o en volumen, para que las nuevas respuestas y nuevas adaptaciones sean generadas (Maiores, 2008).

Kurti, Emerson, Smith, Castinado, & Harms FACSM (2014), relataron que la investigación anterior demuestra que la fatiga muscular respiratoria (RMF) ocurre durante el ejercicio aeróbico prolongado en > 85 % de la capacidad aeróbica máxima de un individuo ( $VO_2$  máx). El intervalo de entrenamiento de alta intensidad (HIT) es una estrategia eficaz en el tiempo para estimular adaptaciones que son comparables al entrenamiento de resistencia tradicional. Sin embargo, no se sabe si RMF se produce durante HIT. Los sujetos luego, en orden aleatorio, completaron dos epis-

dios de HIT (7 x 1 min, con recuperación de 2 minutos entre intervalos) y tres episodios de ejercicio continuo (CE), pruebas hasta el agotamiento (~ 5 min) en un cicloergómetro a la misma potencia de salida (~ 90 % de potencia máxima, determinada a partir de la prueba de  $VO_2$  máximo). Estos datos sugieren que la fatiga de los músculos respiratorios no se produce durante o después de la sesión de HIT. La falta de RMF en estas condiciones, es probable que se deba a los relativamente cortos intervalos de ejercicio en HIT.

## 5. CONCLUSIÓN

Se concluye con que el ejercicio agudo proporcionó reducción significativa tanto en la PIMax como en la PEmax. Sin embargo, el ejercicio cardiorrespiratorio realizado de forma continua con el aumento gradual de sobrecarga puede causar adaptaciones crónicas, a través de la curva de compensación excesiva, que puede conducir a la reducción de la fatiga de los músculos respiratorios, aumentando su eficiencia mecánica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellinetti, L., & Thomson, J. (2006). Avaliação muscular respiratória nas toracotomias e laparotomias superiores eletivas. *J Bras Pneumol*, 32(2), 99-105.
- Bossi, L. (2008). *Ensinando musculação: exercícios resistidos* (3 Ed.). São Paulo: Ícone.
- Cader, S., da Silva, E., Vale, R., Bacelar, S., Monteiro, M., & Dantas, E. (2007). Efeito do treino dos músculos inspiratórios sobre a pressão inspiratória máxima e a autonomia funcional de idosos asilados. *Motricidade*, 3(1), 279-288.
- Costa, D., Gonçalves, H., Lima, L., Ike, D., Cancellero, K., & Montebelo, M. (2010). Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. *J Bras Pneumol*, 36(3), 306-312.



- Dantas, E., & Sposito, C. (2014). *A prática da preparação física* (6 Ed.). Rio de Janeiro.
- Field, A. (2009). *Descobriendo a estatística usando o SPSS* (2 Ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Freitas, F., Parreira, V., & Cunha Ibiapina, C. (2010). Aplicação clínica do pico de fluxo da tosse: uma revisão de literatura [I]. *Fisioterapia em movimento*, 23(3), 495-502.
- Garcia, S., Rocha, M., Pinto, P., Lopes, A., & Bárbara, C. (2008). Treino de músculos inspiratórios em doentes com DPOC. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 14(2), 177-194.
- Ide, M., Belini, M., & Caromano, F. (2005). Effects of an aquatic versus non-aquatic respiratory exercise program on the respiratory muscle strength in healthy aged persons. *Clinics*, 60(2), 151-158.
- Ide, M., Caromano, F., Dip, M., & Guerino, M. (2007). Exercícios respiratórios na expansibilidade torácica de idosos: exercícios aquáticos e solo. *Fisioter Mov*, 20(2), 33-40.
- Kurti, S., Emerson, S., Smith, J., Castinado, M., & Harms FACSM, C. (2014). The effect of a bout of high-intensity interval training on respiratory muscle fatigue. *International Journal of Exercise Science*, 11(49).
- Maior, A. (2008). *Fisiologia dos exercícios resistidos*. São Paulo: Phorte.
- Marcelino, A., & da Silva, H. (2010). Papel da pressão inspiratória máxima na avaliação da força muscular respiratória em asmáticos—Revisão sistemática. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 16(3), 463-470.
- Marrara, K., Marino, D., Di Lorenzo, V., & Jammami, M. (2008). Teste de caminhada em esteira: distância percorrida, comportamento metabólico e ventilatório. *Fisioterapia em movimento*, 21(3), 11-18.
- Montemezzo, D., Velloso, M., Britto, R., & Parreira, V. (2010). Pressões respiratórias máximas: equipamentos e procedimentos usados por fisioterapeutas brasileiros. *Fisioterapia e Pesquisa*, 17(2), 147-152.
- Neto, L., Thomson, J., & Cardoso, J. (2005). Complicações respiratórias no pós-operatório de cirurgias eletivas e de urgência e emergência em um Hospital Universitário. *J Bras Pneumol*, 31(1), 41-47.
- Robertson, R., Goss, F., Bell, J., Dixon, C., Gallagher, K., Lagally, K., Thompkins, T. (2002). Self-regulated cycling using the Children's OMNI Scale of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1168-1175.
- Robertson, R., Goss, F., Dube, J., Rutkowski, J., Dupain, M., Brennan, C., & Andreacci, J. (2004). Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 102-108.
- Romer, L., McConnell, A., & Jones, D. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(5), 785-792.
- Simões, R., Auad, M., Dionísio, J., & Mazzonetto, M. (2007). Influência da idade e do sexo na força muscular respiratória. *Fisioterapia e Pesquisa*, 14(1), 36-41.
- Smina, M., Salam, A., Khamiees, M., Gada, P., Amoaeng-Adjepong, Y., & Manthous, C. (2003). Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest Journal*, 124(1), 262-268.



- Souza, R. (2002a). Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol*, 28(Supl3), 155-165.
- Souza, R. (2002b). Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol*, 28(3), S155-S165.
- Tortora, G. (2006). *Princípios de anatomia e fisiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T., & Beunen, G. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 12(2), 102-114.
- W.M.A. (2008). Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *59th WMA General Assembly, Seoul*.
- Williams, J., O'Keefe, K., & Ferris, K. (2005). Inspiratory muscle fatigue following moderate-intensity exercise in the heat. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(3), 239-247.

---

**Dirección para correspondencia:**

Profesor Guilherme Rosa, PhD.  
ORCID: 0000-0002-1173-5534  
Universidade Castelo Branco – UCB/RJ.  
Grupo de Pesquisas em Exercício Físico e  
Promoção da Saúde – UCB/RJ.  
Departamento de Educação Física  
Av. Santa Cruz, 1631. Realengo.  
CEP: 21710-255  
Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Contacto:  
grfitness@hotmail.com

Recibido: 06-04-2017  
Aceptado: 12-05-2017

