

## Artículo Original

## Evaluación del trabajo respiratorio mediante oxigenación muscular.

Felipe Contreras-Briceño<sup>1</sup>, Antonio López Fuenzalida<sup>1</sup>, Patricio García Valdes<sup>1</sup>, Gregory Villarroel Silva<sup>1</sup>, Cynthia Rojas Muñoz<sup>1</sup>, Magdalena Chamorro Gine<sup>1</sup>, Maximiliano Espinosa Ramírez<sup>1</sup>.

## RESUMEN

El aumento del trabajo respiratorio (work of breathing, WOB) es uno de los problemas kinesiológicos frecuentes en el quehacer clínico. Un desafío profesional es contar con valores de variables fisiológicas que permitan objetivar el WOB facilitando así su interpretación entre los diferentes profesionales de la salud. El uso de dispositivos portátiles que registran la longitud de onda cercana al rango infrarrojo (680-820 nm, Near Infrared Spectroscopy (NIRS)) en músculos superficiales permite obtener valores de hemoglobina total unida a oxígeno (tHb) y oxigenación muscular local (SmO<sub>2</sub>), variables relacionadas al trabajo muscular pues reportan el flujo sanguíneo en la microcirculación y consumo de oxígeno local, respectivamente. Estos dispositivos situados en musculatura intercostal nos informan el WOB asociado a la respiración. Para evaluar esto, se analizó el comportamiento de tHb y SmO<sub>2</sub> en m. intercostal en 20 corredores de maratón durante la valoración de consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub>-max), instancia que implica aumento sostenido e incremental de la ventilación pulmonar (VE), y por tanto de la actividad muscular respiratoria. El aumento de VE en 128,4 L·min<sup>-1</sup> (VE (máximo-reposo)) implicó una disminución en SmO<sub>2</sub>-m.intercostal del 34% (SmO<sub>2</sub> (reposo-máximo)), sin cambios en tHb (p=0,805). La VE tuvo una correlación inversa con SmO<sub>2</sub>-m.intercostal (rho=-0.565; p=0,001). Se concluye que la valoración de SmO<sub>2</sub>-m.intercostal es una forma novedosa de objetivar el WOB en sujetos sanos. Conocer la aplicabilidad clínica requiere de otros estudios que evalúen esta herramienta en pacientes con disfunciones cardiorrespiratorias, lo que permitiría incorporar su uso en nuestro desarrollo clínico profesional.

Palabras claves: Oxigenación muscular; Respiración; Trabajo respiratorio.

<sup>1</sup> Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Departamento Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile

Autor Correspondiente:  
Felipe Contreras Briceño  
Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Departamento Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Dirección: Avenida Vicuña Mackenna #4860, Campus San Joaquín, Edificio Ciencias de la Salud, Macul, Santiago, Región Metropolitana, Chile.  
Contacto: [fcontrerasb@uc.cl](mailto:fcontrerasb@uc.cl)

Recibido: 04 de agosto de 2018

Aceptado: 26 de diciembre de 2018

## ABSTRACT

The work of breathing (WOB) increased is a common kinesiological problems at the clinical practice. A professional challenge is to have values of physiological variables that allows to objective the WOB, thus facilitating its interpretation among different health professionals. The use of portable devices that measure by spectroscopy the near-infrared wavelength (680-820 nm) at superficial muscles allows to obtain values of total hemoglobin linked to oxygen (tHb) and local muscle oxygenation (SmO<sub>2</sub>), variables related to muscle work because give information of the blood flow at the microcirculation and local oxygen consumption, respectively. These devices located at the m.intercostal could give information about the WOB associated to breathing. To evaluate this, the tHb and SmO<sub>2</sub> of the m.intercostal in 20 marathon runners were analyzed while they doing the maximum oxygen consumption test (VO<sub>2</sub>-max), an exercise that increase the pulmonary ventilation and the respiratory muscle activity.

The increase of V E (128,4 L·min<sup>-1</sup> (Δ Δ (max-rest)) implied a decrease in SmO<sub>2</sub>-m.intercostal (34% (Δ SmO<sub>2</sub> (max-rest))), without changes in tHb (p=0.805). The Δ showed an negative correlation to SmO<sub>2</sub>-m.intercostal (rho= -0.565; p=0.001).

It is concluded that the assessment of SmO<sub>2</sub>-m.intercostal is a novel way to measure the WOB in healthy subjects. Their clinical applicability requires more studies that applied this tool in patients with cardiorespiratory dysfunctions, facilitating their incorporation in the professional clinical practice.

Keywords: Muscle oxygenation; Respiration; Work of breathing.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de la musculatura respiratoria (work of breathing, WOB) corresponde a la energía necesaria para vencer las fuerzas elásticas y de resistencia que se oponen a la insuflación pulmonar (1). En la práctica habitual, el aumento del WOB se asocia al incremento en la ventilación pulmonar (VE), aspecto condicionado al aumento de frecuencia respiratoria (FR) y/o volumen corriente (Vc) (2). En sujetos sanos el aumento de VE ocurre principalmente en el ejercicio físico (ej. prueba de consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub>-máx)), mientras que en pacientes con disfunciones cardiorrespiratorias puede estar en condición de reposo y/o exacerbación (3)(4), repercutiendo en un problema kinesiológico que prioriza nuestros objetivos de tratamiento durante la práctica clínica.

A pesar de que el WOB es un problema común en el área cardiorrespiratoria, su evaluación diaria se basa en hallazgos clínicos que le confieren subjetividad a su valoración dificultando así la interpretación entre los profesionales de la salud, aspecto que motiva la necesidad de contar con nuevas herramientas que nos permitan objetivar nuestras evaluaciones clínicas.

El avance tecnológico en el área de la fisiología ha permitido el desarrollo de instrumentos de fácil interpretación y aplicabilidad clínica. La reciente aparición de dispositivos no invasivos y portátiles que evalúan los cambios en la hemoglobina total (tHb) y niveles de oxígeno muscular local (SmO<sub>2</sub>) mediante la espectroscopia de longitudes de ondas con frecuencias cercanas a la luz infrarroja (Near Infrared Spectroscopy, NIRS) aparecen como una alternativa válida para objetivar el WOB (5-8). Esta comunicación reporta la aplicabilidad del uso de NIRS en musculatura

intercostal para medir cambios en tHb y SmO<sub>2</sub> durante la prueba de ejercicio físico máximo (VO<sub>2</sub>-máx) en corredores de maratón.

## MÉTODOS

Se evaluaron 20 corredores de maratón (edad  $\pm$  D.E = 22  $\pm$  2) sin enfermedades ni antecedentes médicos relevantes. Todos fueron informados verbalmente y por escrito acerca de la investigación antes de obtener la firma del consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en seres humanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, siguiendo principios éticos de la Declaración de Helsinki.

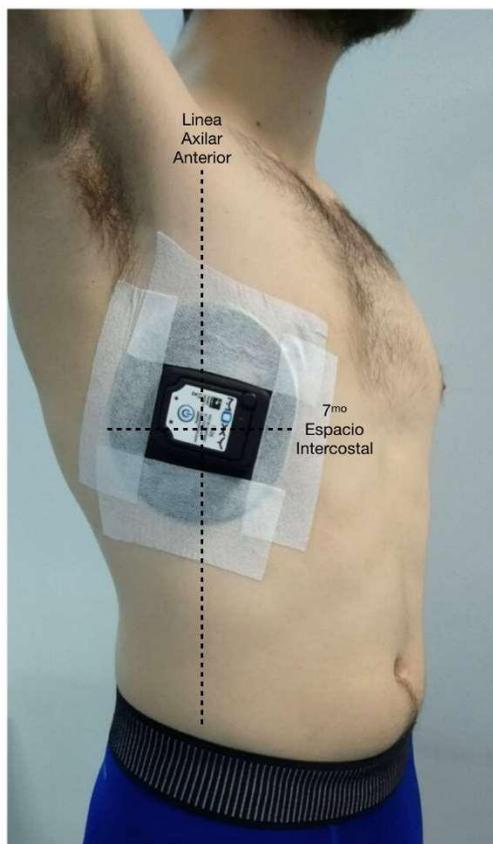


Figura 1. Ubicación de dispositivo de evaluación de oxigenación muscular en musculatura respiratoria (m.intercostal).

La medición de tHb y SmO<sub>2</sub> de musculatura intercostal fue obtenida a través de NIRS mediante el dispositivo MOXY® (Fortiori Design LLC, Minnesota, EE.UU), el cual reporta la cantidad de hemoglobina total (tHb) y oxigenación muscular tisular hasta una profundidad máxima de 15 mm (7). El dispositivo se ubicó en el séptimo espacio intercostal del hemitórax derecho en línea axilar anterior (Figura 1), siguiendo el protocolo propuesto en el estudio de Vogiatzis, et al. (9–11).

La prueba de VO<sub>2</sub>-máx (MasterScreen CPX, Jaeger™, Alemania) se realizó en cinta rodante (HP Cosmos, Traunstein, Alemania) y tuvo las fases: calentamiento (5

min · 8 km·hr<sup>-1</sup>); ascenso (2 km·hr<sup>-1</sup> cada 2 minutos; hasta criterios de VO<sub>2</sub>-máx); vuelta a la situación inicial (3 min · 6 km·hr<sup>-1</sup>).

RESULTADOS

La figura 2a muestra los valores de hemoglobina total (tHb), oxigenación muscular (SmO<sub>2</sub>), y figura 2b la ventilación pulmonar (VE) durante la prueba de VO<sub>2</sub>-máx en diferentes tiempos: reposo, umbral ventilatorio 1 (VT1), umbral ventilatorio 2 (VT2) y máximo. La tHb (mg · dL<sup>-1</sup>) no cambió significativamente en los diferentes tiempos (Reposo=13,12; VT1=13,08; VT2=13,04; Máximo=13,00) (p-value > 0,05).

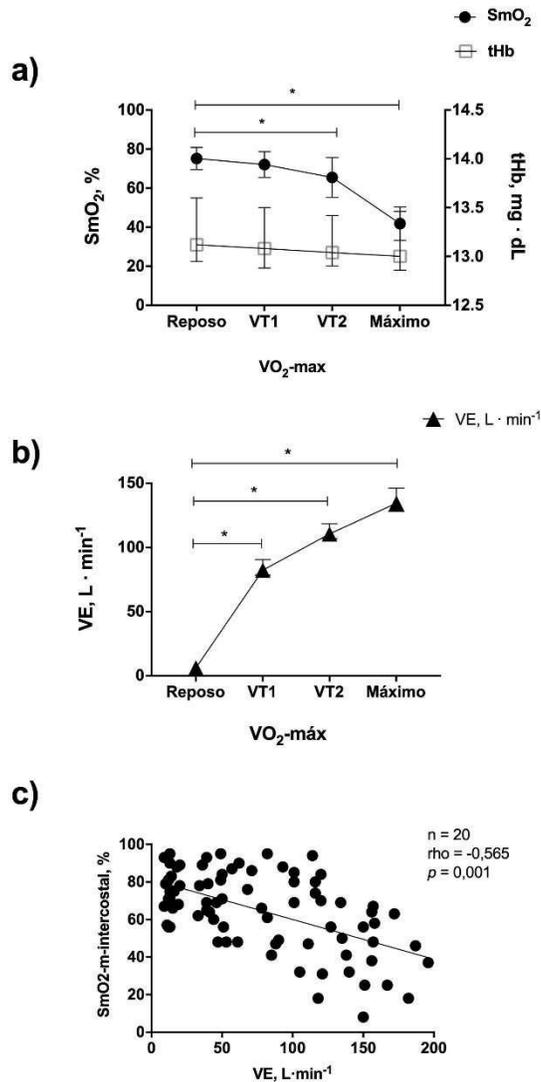


Figura 2. Comportamiento de variables en la prueba de consumo de oxígeno (n = 20). a) Oxigenación muscular (SmO<sub>2</sub>) y hemoglobina total (tHb) en musculatura intercostal. b) Ventilación pulmonar (o WOB). c) Correlación entre VE y SmO<sub>2</sub>-m.intercostal.

En comparación al valor en reposo, la  $SmO_2$  (%) disminuyó significativamente en los tiempos VT2 y máximo (Reposo=75%; VT1=72% ( $\Delta SmO_2$  (Reposo-VT1)= 3%); VT2=65% ( $\Delta SmO_2$  (Reposo-VT2)= 15%); Máximo=41% ( $\Delta SmO_2$  (Reposo-Máximo) = 34%); La ventilación pulmonar ( $\dot{V}E$  (L·min<sup>-1</sup>)) aumentó de forma progresiva y significativa en los diferentes tiempos (Reposo=6,2 L·min<sup>-1</sup>; VT1=82,3 L·min<sup>-1</sup>; VT2=110,5 L·min<sup>-1</sup>; Máximo=134,6 L·min<sup>-1</sup>). La figura 2c muestra la correlación inversa ( $\rho = -0,565$ ;  $p=0,001$ ) entre  $\dot{V}E$  y  $SmO_2$ -m.intercostal, con lo que se puede inferir que mayor WOB implica menor  $SmO_2$ -m.intercostal.

## DISCUSIÓN

Esta comunicación presenta la evaluación objetiva no invasiva de los cambios en la tHb y  $SmO_2$  de la m.intercostal durante una prueba de ejercicio físico máximo (VO<sub>2</sub>-máx) en 20 corredores de maratón. Uno de los hallazgos más importantes de este estudio fue que durante la prueba de VO<sub>2</sub>-máx la  $\dot{V}E$  aumentó en 128,4 L·min<sup>-1</sup> ( $\dot{V}E$  (máximo-reposo)) lo que se asoció a una disminución en  $SmO_2$ -m.intercostal del 34% ( $\Delta SmO_2$  (reposo-máximo)), sin cambios en tHb ( $p=0,805$ ). Además, ambas variables tuvieron una correlación inversa de -0,565 (ver figura 2c), lo que informa que a mayor  $\dot{V}E$  existe menor  $SmO_2$ -m.intercostal, hallazgo que sustenta lo encontrado en la literatura y evidencia el impacto del aumento del WOB sobre la  $SmO_2$ -m.intercostal (12-14). Sin embargo, al evaluar la prueba en distintos tiempos se demuestra que el aumento incremental de la  $\dot{V}E$  tiene un mayor impacto sobre la  $SmO_2$ -m.intercostal en los tiempos VT2 ( $\Delta SmO_2$  (Reposo-VT2)= 15%) y Máximo ( $\Delta SmO_2$  (Reposo-Máximo) = 34%), complementando así lo expuesto por Vogiatzis, et al. (12), quienes evaluaron la  $SmO_2$ -m.intercostal en 6 marinos durante pruebas de senderismo y bicicleta a intensidad constante en series de 3 minutos, no encontrando cambios significativos en la tHb ni en  $SmO_2$ ; de esto se puede inferir que el aumento del WOB disminuye la  $SmO_2$ -m.intercostal en condiciones de ejercicio sólo a intensidad elevada, posterior al VT2, no tan notoriamente a intensidades menores. Estos hallazgos encontrados en sujetos sanos motivan el interés en evaluar la aplicabilidad de la tecnología NIRS en pacientes con patologías cardiopulmonares, donde el aumento del WOB puede estar presente en episodios de exacerbación o incluso en condiciones de reposo, por lo que la evaluación mediante NIRS parece una alternativa útil para evaluar el WOB en estos tipo de pacientes (12-17).

Esta comunicación es la base para que en futuros estudios se evalúe el impacto de las intervenciones kinesiológicas sobre la oxigenación muscular respiratoria y/o periférica, aspecto relevante para incorporar en los programas de rehabilitación física, sobretudo en población donde la frecuencia cardiaca, dado la farmacología usada para mantener en control la enfermedad, deja de ser una variable adecuada para prescribir la intensidad de ejercicio físico.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, el uso de la tecnología NIRS en distintos escenarios de la práctica kinesiológica parece ser un método útil y válido para objetivar WOB en sujetos sanos. Es necesario seguir explorando esta temática y dar a conocer su

aplicabilidad en el ámbito clínico, ampliando así la posibilidad de informar a la comunidad científica el impacto de nuestras terapias sobre la SmO<sub>2</sub>.

## AGRADECIMIENTOS

A Miguel Carrasco, Francisco Cerda, Diego Henríquez, Gonzalo Hevia, personal técnico del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores de este artículo declaran no tener conflicto de interés

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gunter JB. Work of breathing. *Anesthesia & Analgesia*. 1997;84(3):702–3.
2. Bellani G, Pesenti A. Assessing effort and work of breathing. *Current Opinion in Critical Care*. 2014;20(3):352–8.
3. American Thoracic Society. Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 1999;159(1):321–40.
4. Parshall MB, Schwartzstein RM, Adams L, Banzett RB, Manning HL, Bourbeau J, et al. An Official American Thoracic Society Statement: Update on the Mechanisms, Assessment, and Management of Dyspnea. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2012;185(4):435–52.
5. Eiken O, Bjurstedt H. Dynamic exercise in man as influenced by experimental restriction of blood flow in the working muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1987;131(3):339–45.
6. Kaur J, Machado TM, Alvarez A, Krishnan AC, Hanna HW, Altamimi YH, et al. Muscle metaboreflex activation during dynamic exercise vasoconstricts ischemic active skeletal muscle. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2015;309(12):H2145–51.
7. McNulty CL, Moody WE, Wagenmakers AJM, Fisher JP. Effect of muscle metaboreflex activation on central hemodynamics and cardiac function in humans. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2014;39(8):861–70.
8. Thiel C, Vogt L, Himmelreich H, Hubscher M, Banzer W. Reproducibility of muscle oxygen saturation. *International Journal of Sports Medicine*. 2010;32(4):277–80.
9. Perrey S, Ferrari M. Muscle Oximetry in Sports Science: A Systematic Review. *Sport Medicine*. 2018;48(3):597–616.
10. Crum EM, O'Connor WJ, Van Loo L, Valecx M, Stannard SR. Validity and reliability of the Moxy oxygen monitor during incremental cycling exercise. *European Journal Sport Science*. 2017;17(8):1037–43.
11. Ferrari M, Muthalib M, Quaresima V. The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*. 2011;369(1955):4577–90.
12. Vogiatzis I, Andrianopoulos V, Louvaris Z, Cherouveim E, Spetsioti S, Vasilopoulou M, et al. Quadriceps muscle blood flow and oxygen availability during repetitive bouts of isometric exercise in simulated sailing. *Journal of Sports Science*. 2011;29(10):1041–9.
13. Vogiatzis I, Athanasopoulos D, Habazettl H, Aliverti A, Louvaris Z, Cherouveim E, et al. Intercostal muscle blood flow limitation during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2010;182(9):1105–13.
14. Vogiatzis I, Athanasopoulos D, Habazettl H, Kuebler WM, Wagner H, Roussos C, et al. Intercostal muscle blood flow limitation in athletes during maximal exercise. *The Journal of Physiology*. 2009;587(14):3665–77.
15. Jones S, Chiesa ST, Chaturvedi N, Hughes AD. Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. *Artery Research*. 2016;16:25–33.
16. Chen S, Li Y, Zheng Z, Luo Q, Chen R. The analysis of components that lead to increased work of breathing in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Journal of Thoracic Disease*. 2016;8(8):2212–8.
17. Adami A, Cao R, Porszazs J, Casaburi R, Rossiter HB. Reproducibility of NIRS assessment of muscle oxidative capacity in smokers with and without COPD. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2017;235:18–26.

Citar como: Contreras-Briceño F, López Fuenzalida A, García Valdes P, Villarroel Silva G, Rojas Muñoz C, Chamorro Gine M, Espinosa Ramírez M. Evaluación del trabajo respiratorio mediante oxigenación muscular. Kinesiología 2019;38(1):3-9