

EVALUACIÓN DE LA APTITUD CARDIO RESPIRATORIA

*César Augusto Niño Hernández**

Fecha de recepción: Agosto 23 de 2010

Fecha de aceptación: Noviembre 30 de 2010

RESUMEN

El propósito de este artículo es el de presentar una revisión teórica de elementos conceptuales sobre la evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria, los principales métodos de valoración y la clasificación general de estos. De esta manera, se puede decir que existen pruebas de esfuerzo máximo y de esfuerzo submáximo, así como, pruebas que determinan de forma directa o indirecta el consumo de oxígeno. Además, según el medio se pueden clasificar en pruebas en cicloergómetro, en banda, en escalón o de campo. Por otra parte, la evaluación de la capacidad aeróbica puede hacerse por seguimiento de otros parámetros ventilatorios, cardiovasculares y metabólicos. Finalmente, esta revisión plantea como conclusión que el consumo máximo de oxígeno es el parámetro fisiológico que refleja la condición más real de la capacidad y eficiencia del sistema cardiopulmonar, a pesar de poder considerar otras variables.

Palabras clave: Capacidad Aeróbica, Consumo Máximo de Oxígeno, Pruebas de Ejercicio Maximales, Pruebas de Ejercicio Submaximales.

ASSESSMENT OF CARDIORESPIRATORY FITNESS

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present a theoretical review of conceptual elements on the assessment of cardiorespiratory fitness, the main methods of evaluation and the general classification of these. Thus, one can say that there is evidence of maximal and submaximal exercise testing, as well as test to determine the direct or indirect oxygen uptake. Besides, according to the device can be classified in cycle ergometer tests, treadmill test, step test and field test. Moreover, the assessment of aerobic capacity can be done by monitoring other parameters ventilatory, cardiovascular and metabolic. Finally, this review raises the conclusion that the maximal oxygen uptake is the physiological parameter that reflects the real condition more capacity and efficiency of the cardiopulmonary system, although other variables to consider.

Key words: Aerobic Capacity, Maximal Oxygen Uptake, Maximal Exercise Testing, Submaximal Exercise Testing.

* Fisioterapeuta, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en ejercicio físico para la salud, Universidad del Rosario. Docente-Investigador, Corporación Universitaria Iberoamericana. e-mail: ca.ninoh@laibero.net

INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta una revisión general de los métodos de evaluación de la capacidad aeróbica, haciendo especial énfasis en aquellos que consideran el consumo de oxígeno como parámetro evaluativo principal. La evidencia científica actual soporta la diversidad de los test para valorar esta cualidad física básica, la capacidad aeróbica o aptitud cardiorespiratoria (American College of Sports Medicine [ACSM], 2009), considerada base de la condición o aptitud física. En múltiples escenarios y ámbitos se ha convertido en una necesidad imperiosa reconocer el papel de dichas pruebas para identificar las condiciones actuales y reales de los usuarios y poblaciones, a fin de establecer unas metas, objetivos y estrategias de intervención acordes a sus características particulares.

Sin embargo, algunas de dichas pruebas presentan debilidades y dificultades metodológicas, de confiabilidad y validez para todas las poblaciones, ventajas y desventajas frente a otras, que requiere establecer unos parámetros comparativos entre aquellas de uso más frecuente y de mayor accesibilidad. Estos parámetros pueden ser revisados y analizados desde la capacidad del sistema cardiopulmonar de captar, transportar e intercambiar el oxígeno requerido en los procesos fisiológicos y celulares del organismo, entendido como consumo de oxígeno (Wasserman, Hansen, Sue, Stringer & Whipp, 2005), que ante esfuerzos máximos se conoce como el consumo máximo de oxígeno.

Para la valoración de la capacidad aeróbica existen innumerables pruebas que buscan medir o estimar el consumo de oxígeno máximo, como el parámetro más válido para identificar y analizar la eficiencia con la que trabaja el sistema cardiopulmonar (ACSM, 2009; Heyward, 2008; López & Fernández, 2006). La evaluación de este atributo del movimiento requiere de test específicos que generen un estrés fisiológico que demande respuestas cardiopulmonares oportunas y eficientes. El seguimiento y control de tales respuestas debe minimizar los riesgos y sesgos en la obtención de los datos, asegurando un estímulo específico de tendencia del metabolismo oxidativo.

Tradicionalmente, se consideran de manera general diversas clasificaciones identificando pruebas de intensidad constante o de intensidad creciente, pruebas directas e indirectas y/o pruebas de laboratorio y de campo, y pruebas de esfuerzo máximo y submáximo. Sobre estas últimas, se puede mencionar que, ante la dificultad de aplicar en todas las poblaciones pruebas de esfuerzo maximal controladas por los síntomas, se aplican pruebas de menor esfuerzo que permiten pronosticar esta variable mediante ecuaciones. Estas pruebas son las que se conocen como pruebas submaximales. En la selección de dichas pruebas se consideran aspectos como los objetivos planteados para la evaluación, las necesidades, la disponibilidad de equipos y espacios, los costos, las condiciones de los individuos o poblaciones, los criterios de confiabilidad y validez de los test, entre otros, mediante el uso de diferentes medios como bandas o cintas rodantes, cicloergómetros, ergómetros de brazos, múltiples pruebas aplicadas en campo, o pruebas en escalón, también descritas como pruebas de escalinata.

El uso de los test de escalón se constituye en una de las pruebas de bajo costo, con tendencia a mayor frecuencia de aplicación. Las pruebas en escalón pueden ser consideradas un tipo de ergómetro que le permite medir la carga de trabajo para estimar el consumo de oxígeno máximo, presentando algunas limitaciones metodológicas en su aplicación. Por el contrario, el uso de cicloergómetros en la valoración puede ser considerado más seguro para suministrar una carga de trabajo específica y precisa, no obstante, el costo de este equipo, el tipo de trabajo físico que se realiza en él, el cual es menos habitual y genera mayor fatiga muscular localizada en miembros inferiores, y disposición práctica para aplicar a grupos poblacionales grandes, que favorezcan operativamente su ejecución, representan algunas desventajas en la selección de este medio para la evaluación.

CAPACIDAD AERÓBICA: DEFINICIÓN

Cuando se habla de capacidad cardiorespiratoria se hace referencia a la capacidad de resistencia a la fatiga durante actividades en la que la resíntesis de ATP se produce fundamentalmente por medio del

metabolismo aeróbico (Wilmore & Costill, 2004). Para López y Fernández (2006) es la capacidad del organismo de mantener una determinada intensidad de ejercicio durante un tiempo determinado. Asimismo, Zintl (1991) citado por Martínez (2002) define la resistencia como la capacidad de resistir psíquica y físicamente una carga durante un largo período de tiempo, produciéndose finalmente un cansancio o pérdida de rendimiento manifiesto debido a la intensidad y duración de la misma.

Ésta expresa en gran medida el grado o nivel de condición física de un individuo, razón por la cual es susceptible de evaluación entre las cualidades físicas de carácter básico. Es una de las categorías de evaluación y análisis más frecuente en la práctica de diversas disciplinas asociadas al ejercicio físico.

Según Martínez (2002), la capacidad aeróbica es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que implican a grandes masas musculares durante períodos prolongados de tiempo. Dicha capacidad está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) entendido como la medida, traducida en capacidad, de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo. El VO_{2max} ha sido considerado como el “*gold standard*” en la medición de la aptitud cardiopulmonar (Fardy & Yanowitz, 1995). También se puede definir como la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico. Esta interacción de los sistemas fue descrita por Wasserman et al. (1967) como la interacción de las funciones metabólicas, circulatorias y ventilatorias y de los mecanismos fisiológicos subyacentes involucrados en la producción de energía durante la realización de un trabajo o ejercicio físico.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD AERÓBICA

Dada la interacción de los diferentes sistemas, tal como se mencionó anteriormente, se han considerado algunos parámetros en la evaluación de la capaci-

dad aeróbica, agrupados como se presenta en la tabla 1. los cuales pueden ser obtenidos, en su mayoría, de forma directa durante una ergoespirometría.

Tipo de Pruebas

Para conocer, determinar o estimar el consumo de oxígeno mediante test de ejercicio se han diseñado diversidad de pruebas. Los protocolos de valoración de la capacidad aeróbica se pueden clasificar de forma general en maximales y submaximales (Nolan & Dean, 2000). Las pruebas maximales, como su nombre lo indica requieren un esfuerzo máximo que genere un punto de fatiga voluntario, esto ofrece mayor sensibilidad en el diagnóstico de enfermedad coronaria en personas asintomáticas y provee un mejor valor de consumo máximo de oxígeno (American College of Sports Medicine [ACSM], 2009). Mientras tanto, las pruebas submáximas, evalúan la capacidad de resistencia del sistema cardiopulmonar de tolerar esfuerzos inferiores, donde el 85% la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) o predicha es el criterio de control (Segovia, López & Legido, 2008). En este caso, el valor de la FCMT puede ser obtenido mediante diversas ecuaciones (Gellish, et al. 2007; Tanaka, et al. 2001), y adicionalmente, se puede predecir o calcular el VO_{2max} (Heyward, 2008).

Tal como se mencionó anteriormente, el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima teórica alcanzada es el principal criterio para determinar la culminación de una prueba de carácter submáximo. Mientras que, adicional al anterior parámetro, entre los criterios para determinar el carácter maximal de una prueba se pueden considerar la observación de una meseta en el comportamiento lineal del VO_{2} a pesar del aumento de trabajo, concentraciones de lactato mayores de 8 mmol/L de sangre y el cociente respiratorio mayor de 1,10 o de 1,15 (Casajús, Piedrafita & Aragonés, 2009; López & Fernández, 2006). Estos criterios son posibles valorar durante pruebas de medición directa (Segovia, López & Legido, 2008).

Considerando la clasificación del riesgo del ACSM (2009) y de la AHA (Fletcher et al., 2001), se indican las pruebas de esfuerzo máximo para personas con riesgo

alto, no siendo necesaria en sujetos de riesgo bajo a moderado. Por el contrario, las pruebas de esfuerzo submáximo se recomiendan para personas con riesgo moderado a alto. A diferencia de los anteriores grupos, en las personas de riesgo bajo de cualquier edad las pruebas submáximas se pueden realizar sin supervisión médica.

Las pruebas también se pueden clasificar de acuerdo a la manera de conocer el valor del consumo de oxígeno, de forma directa o indirecta (Segovia, López & Legido, 2008). De forma directa, se basan en la medición de los residuos químicos resultantes del gasto energético, generalmente son procedimientos de laboratorio con un alto nivel de confiabilidad, mediante los niveles de lactato en sangre, por ergoespirometría (Fletcher, 2001) o por niveles de urea en orina. Mientras que los métodos indirectos, se pueden agrupar de acuerdo a cómo se estiman los valores de consumo de oxígeno, bien sea, por ecuaciones de regresión (ACSM, 2009), mediante nomogramas (Heyward, 2008) o por cuestionarios (George, et al, 1997), o teniendo en cuenta las respuestas cronotrópica y presora al ejercicio agudo, y la capacidad de recuperación posterior al esfuerzo realizado (Lauer, et al, 2005).

Según el medio que se utilicen los test se pueden clasificar en cicloergómetro, banda sin fin o cinta rodante y pruebas en escalón (McArdle et al. 2004). De estos últimos, se conocen múltiples pruebas como el test de

Harvard, el Queens College, el test de tres minutos, entre otros, que permiten valorar la capacidad aeróbica mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno. Adicionalmente, se pueden ubicar las pruebas de campo como el test de Cooper, el test de Luc-Leger o Course Navette, el test de Lian o skipping, el test de marcha de 6 minutos, el test de la milla, entre otros (Martínez, 2002), como parte de la clasificación según el medio en el cual se aplique la valoración.

Se han descrito otro tipo de métodos para evaluar la capacidad aeróbica. Ramírez y Delgado (2008), compararon los valores de consumo máximo de oxígeno a partir de valores indirectos obtenidos mediante ecuaciones de regresión múltiple, para una prueba de predicción sin ejercicio y un método indirecto en banda sin fin, en el cual encontraron una buena correlación entre el consumo de oxígeno estimado de las dos formas y plantean que estos modelos indirectos son de fácil aplicación, rápido manejo y muy económico. Olson et al. (1995) tuvieron como propósito en su investigación desarrollar un test de ejercicio submáximo para estimar el VO₂max mediante el baile aeróbico. Aplicaron un test en banda a cien mujeres de 18 a 40 años de edad y valoraron la respuesta de la frecuencia cardíaca en un período de baile aeróbico para construir ecuaciones de regresión que permitieran asegurar validez y confiabilidad al protocolo en la estimación del VO₂ max.

Tabla 1. Parámetros de evaluación

Parámetros	Variables
Ventilatorios	Ventilación (VE) Producción de CO ₂ (VCO ₂) Equivalentes ventilatorios para el oxígeno y el dióxido de carbono (VE/VO ₂ y VE/VCO ₂) Pulso de oxígeno (VO ₂ /FC) Cociente respiratorio (VCO ₂ /VO ₂) Relación V _d /V _t Umbral anaeróbico Consumo de oxígeno (VO ₂)
Cardíacos	Frecuencia Cardíaca Tensión Arterial Electrocardiografía de esfuerzo
Metabólicos	Concentración de lactato sanguíneo

Fuente: Tomado y adaptado de Segovia, López & Legido (2008)

Por su parte, Moura et al. (2009) plantearon como objetivo verificar la necesidad de utilizar un protocolo de valoración específica de la capacidad aeróbica en jugadores de tenis de mesa en respuesta a la lactacidemia, comparando pruebas aplicadas en ergómetros convencionales con pruebas aplicadas en un ergómetro específico, realizando un test de umbral anaeróbico simulando un gesto específico de golpe a las bolas lanzadas por un equipo mecánico. Los resultados les permitieron concluir que no existía una correlación entre la capacidad aeróbica determinada por un ergómetro específico para tenis de mesa y la capacidad aeróbica determinada por ergómetros convencionales. Esto evidenció la necesidad de aplicar un protocolo de valoración de capacidad aeróbica específica en estos deportistas.

CONCLUSIONES

La medición de la aptitud cardiorrespiratoria debe ante todo considerar las complejas variables fisiológicas, cardiovasculares, ventilatorias y metabólicas, que determinan y expresan su capacidad de tolerar esfuerzos físicos, para comprender y superar la estrecha relación entre capacidad aeróbica y el consumo de oxígeno. Sin embargo, esto no quiere decir que se deba olvidar que este parámetro ventilatorio medido de forma directa o estimado por ecuaciones o nomogramas, es la variable más utilizada y la que quizá, refleja la condición más real de la capacidad y eficiencia del sistema cardiopulmonar.

REFERENCIAS

- American College of Sports Medicine. (2009). Guidelines for exercise testing and prescription. 8a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- Fardy P. y Yanowitz F. (1995) Cardiac rehabilitation, adult fitness and exercise testing, 3a edición. Williams & Wilkins.
- Fletcher G. et al (2001). Exercise Standards for Testing and Training. AHA Scientific Statement. *Circulation*. 104:1694-1740.
- Gellish, R. et al. (2007). Longitudinal Modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.
- George J. et al. (1997). Nonexercise VO₂max estimation for physically active college students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 29:415.
- Larsen A. et al. (2001). Assessing the effect of exercise training in men with heart failure. Comparison of maximal, submaximal and endurance exercise Protocols. *European Heart Journal*. 22, 684-692.
- Lauer, M. et al. (2005). Exercise Testing in Asymptomatic Adults. *Circulation*, 112, 771-776.
- Martínez J. (2002). Pruebas de aptitud física. Editorial Paidotribo.
- McArdle B., Katch F. y Katch V. (2004). Fundamentos de fisiología del ejercicio. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, España.
- Molina, González, Arcay & Galván (s.f). Evaluación de la máxima función cardiorrespiratoria por medio de pruebas de esfuerzo indirectas. Disponible en: <http://www.portalfitness.com/Nota.aspx?i=454>.
- Moura A. et al (2009). Comparacao Entre Ergometros Especifico e Convencionais na Determinacao da Capacidade Aerobia de Mesatenistas. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 15, No 3*.
- Noonan V, Dean E. (2000) Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Physical Therapy*. 80:782-807.
- Olson M. (1995). A test to estimate VO₂max in females using aerobic dance, heart rate, BMI, and age. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 35(3):159-68.
- Ramírez R. y Delgado P. Análisis comparativo de las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y por el American College of Sports Medicine para predecir el consumo máximo de oxígeno en estudiantes de fisioterapia. *Fisioterapia*. Vol. 30, No. 1.
- Segovia J, López-Silvarrey F. y Legido J. (2008) Manual de valoración funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos. 2ª edición. Elsevier. Madrid, España.
- Tanaka H. et al (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 37, No. 1.
- Wasserman K., Hansen J., Sue D., Stringer W. y Whipp B. (2005). Principles of exercise testing and interpretation. 4a edición. Lippincott Williams & Wilkins.
- Wasserman K., Van Kessel A. y Burton G. (1967) Interaction of physiological mechanisms during exercise. *J. Appl. Physiol*. 22(1): 71-85.
- Wilmore J., y Costill D. (2004). Fisiología del esfuerzo y del deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Zwiren L. (1991). Estimation of VO₂max: a comparative analysis of five exercise tests. *Research quarterly for exercise and sport*. 62(1):73-8.