



## Utilidad de la Ergoespirometría en el diagnóstico y evaluación de las enfermedades cardiovasculares.

### Ergospirometry utility in the diagnosis and evaluation of cardiovascular disease.

**Dr. Alexander Valdés Martín<sup>1</sup>, DrC. Eduardo Rivas Estany<sup>1</sup>, Dra. Tadiana Antuña Aguilar<sup>2</sup>, Dra. Lila Alicia Echevarría Sifontes<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Servicio de rehabilitación cardiovascular, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana.

<sup>2</sup>Residente de Tercer año en Cardiología.

#### RESUMEN

La ergoespirometría o prueba de esfuerzo cardiorrespiratoria (PECR) estudia de forma global y no invasiva la respuesta integral del organismo frente al ejercicio, a través de un análisis racional de los sistemas respiratorio, cardiovascular, hematopoyético, neuropsicológico y músculoesquelético. Este procedimiento constituye una herramienta útil en la evaluación funcional y la estratificación pronóstica de pacientes con enfermedades cardiovasculares y respiratorias. La presente revisión bibliográfica se realizó con el objetivo de profundizar en la historia de esta técnica, sus indicaciones y la interpretación de los resultados de esta prueba empleada en el seguimiento de pacientes con enfermedades cardiovasculares. Para ello se revisaron de forma automatizada y exhaustiva, los artículos relacionados con el tema y disponibles en los últimos diez años, en las bases de datos: PubMed, Medline, Hinari, Ebsco y Cumed. Toda la información obtenida se condensó, realizándose un análisis y síntesis de la misma. La PECR nos permite, mediante el análisis de los gases respiratorios espirados durante la aplicación de un estrés fisiológico, como es el ejercicio físico, determinar con exactitud y reproducibilidad la capacidad funcional del sujeto evaluado, así como identificar una probable isquemia miocárdica latente u otras condiciones patológicas existentes, además de prescribir con certeza un programa de ejercicios físicos donde se cumplan con rigor los principios fisiológicos fundamentales que lo han de hacer efectivo y libre de riesgos. La PECR será por tanto, imprescindible en la evaluación del cardiópata sometido a un programa de rehabilitación cardíaca.

**Palabras Clave:** Capacidad funcional, Prueba Cardiorrespiratoria, Consumo de oxígeno, Ejercicio Físico, Rehabilitación cardíaca.

#### ABSTRACT

Cardiopulmonary exercise test (CET) studies in a global and no invasive way the integral response of the organism in front of the exercise. This test uses a rational analyses of the muscle-skeleton, neuropsychology, hematopoietic, cardiovascular and respiratory systems. This procedure is a useful tool in the functional evaluation and prognostic stratification of the patients with respiratory and cardiovascular diseases. A review was done with the objective of known the test history, indications as well as the results interpretation using in the cardiovascular patient following with cardiovascular disease. We did an exhaustive and automatic reviewed of the articles presented in the PubMed, Medline, Hinari, Ebsco and Cumed data bases during the last ten years. These articles were related with the topic. During the cardiopulmonary exercise test the measure of the expiratory gases below exactly determine and reproducibility the patient functional capacity as well as identify a probably silent myocardial injury and the others existents conditions. This test also prescribes with sure a physical exercise program in which the physiological principles have an effective place free the risks. The CET will be necessary in the cardiovascular patients following incorporate to a cardiac rehabilitation program.

**Keywords:** Physical capacity, cardiopulmonary exercise test, Oxygen consumption, Exercise stress test, Physical exercise, Cardiac rehabilitation.

**Correspondencia:** Dr. Alexander Valdés Martín, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana. Cuba. Dirección: 94 A e/63 y 65 S/N. Apto 1. Mariano. Telf: 72611868 E-mail: [a.valdes@info.med.sld.cu](mailto:a.valdes@info.med.sld.cu)





## Introducción

La función cardiorrespiratoria durante el ejercicio físico y su recuperación ha sido descrita desde hace más de 50 años<sup>1</sup>. La ergoespirometría también conocida como prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP), prueba de ejercicio con análisis de gases espirados, prueba metabólica y prueba de consumo máximo de oxígeno estudia de forma global y no invasiva la respuesta integral del organismo frente al ejercicio, a través de un análisis racional de los sistemas respiratorio, cardiovascular, hematopoyético, neuropsicológico y músculoesquelético<sup>2</sup>.

Es conocido que la actividad física y el entrenamiento con ejercicios físicos juegan un papel fundamental en la prevención y rehabilitación cardiovascular; también que la evaluación de la capacidad funcional (CF) significa un componente esencial en los programas de prevención primaria y secundaria, la cual se determina objetivamente mediante la PECP<sup>3,4</sup>. Sin embargo, cuando evaluamos la CF por métodos como la prueba de esfuerzo convencional, algunos parámetros: tiempo de ejercicio, carga de trabajo máxima alcanzada o tolerada o los MET (metabolicequivalent of task en su idioma original) asumidos, entre otros, pueden no ser totalmente reproducibles, porque dependen de varios factores que pueden variar desde la temperatura y humedad ambiental hasta la motivación del médico y el paciente para realizar el esfuerzo físico durante la prueba<sup>5</sup>. Como consecuencia de ello puede producirse una ausencia de exactitud en la precisión de las causas que provocan el deterioro de la CF.

En las últimas tres décadas, la PECP ha demostrado su valor y en consecuencia, ha conseguido una aceptación generalizada en todo el mundo para ser considerada como el "gold standard" para la

evaluación de la capacidad funcional en sujetos sanos y enfermos, en deportistas, así como para efectuar la estratificación pronóstica, tanto en pacientes con enfermedades cardiovasculares como con otras afecciones, en condiciones clínicas estables, incluso con disfunción ventricular izquierda o con insuficiencia cardíaca<sup>6,7</sup>. Esta prueba juega un papel crucial en la toma de decisiones clínicas en el manejo del paciente, sobre todo aquellos con insuficiencia cardíaca (IC).

En nuestro país, se han reportado diversos artículos sobre la utilidad de la prueba de esfuerzo como herramienta para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares, sin embargo la PECP es utilizada en muy pocos centros hospitalarios. La presente revisión bibliográfica se realizó con el objetivo de profundizar en historia de esta técnica, sus indicaciones y la interpretación de los resultados de esta prueba empleada en el diagnóstico y seguimiento de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

## Métodos

Se revisaron de forma automatizada y exhaustiva, los artículos relacionados con el tema en fuentes de información online como las bases de datos PubMed, Medline, Hinari, Ebsco y Cumed. El criterio de selección de la bibliografía consultada incluyó a todos aquellos trabajos donde se abordaran la historia de la ergoespirometría, sus indicaciones y el análisis interpretativo de sus resultados. Los criterios de búsqueda se centraron en trabajos disponibles en los últimos diez años, en idioma español e inglés. Se consultaron 48 artículos y se seleccionaron solo 21 trabajos que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: artículos originales, novedosos y realizados en centros de reconocido prestigio nacional e internacional en la atención del paciente cardíopata. Se excluyeron 18 trabajos con



sesgos de selección de la población de la población estudiada y 9 estudios donde se constataron la presencia de variables confusoras no controladas adecuadamente.

### **Historia de la ergoespirometría**

En términos generales, la ergoespirometría consiste en la realización de una prueba de esfuerzo "convencional" a la cual se le añade la medición no invasiva de parámetros respiratorios y metabólicos; estos últimos evaluados a partir de la obtención simultánea de muestras de sangre venosa, arterial o capilar.

La ergoespirometría tiene una larga historia. La medición del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) máximo fue inicialmente engorrosa y requería mucha mano de obra, como la obtención del aire espirado, que tenía que ser recogido en globos meteorológicos o grandes bolsas llamadas sacos de Douglas<sup>8</sup>. Estos sacos o bolsas eran evacuados en grandes tanques calibrados (tanques de Tissot) para medir el volumen de gas espirado y en esas muestras de gas mezclado eran analizados los contenidos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a mano, utilizando instrumentos que medían el volumen de gas antes y después, tanto para el O<sub>2</sub> como para el CO<sub>2</sub>, siendo removidos químicamente. Finalmente, el VO<sub>2</sub>máx se calculaba a partir de mediciones específicas como las ecuaciones de conversión de Haldane basadas en las propiedades no metabólicas del nitrógeno<sup>9</sup>.

Afortunadamente se han desarrollado sistemas precisos que permiten en forma totalmente automatizada medir el VO<sub>2</sub> respiración a respiración. Los aparatos utilizados son analizadores de gases, automatizados, compactos, conectados a un ordenador e integrado ya sea a la cinta rodante o a la bicicleta ergométrica, con monitorización del electrocardiograma (ECG) durante el ejercicio.

### **Indicaciones de la ergoespirometría**

La información obtenida de la ergoespirometría es útil en cualquier estadio clínico del paciente, desde la elaboración del diagnóstico y la evaluación del estado de gravedad, hasta la predicción del pronóstico y la respuesta al manejo médico o quirúrgico. A continuación se muestran las principales indicaciones de esta prueba<sup>10</sup>.

#### **I. Evaluación de la tolerancia máxima al ejercicio**

- ✓ Determinación del VO<sub>2</sub> pico y de los factores que limitan el ejercicio.
- ✓ Diferenciación entre la disnea de origen cardíaco y la pulmonar.
- ✓ Evaluar el desacuerdo entre los síntomas y la evaluación cardiopulmonar en reposo.
- ✓ Identificar la presencia de disnea sin causa explicable y con pruebas iniciales no diagnósticas o contradictorias.

#### **II. Pacientes con enfermedad cardiovascular.**

- ✓ Evaluación funcional, pronóstica y de la respuesta al tratamiento de pacientes con insuficiencia cardíaca.
- ✓ Selección de aquellos pacientes que pudieran beneficiarse con un programa de trasplante cardíaco.
- ✓ Complemento para evaluar el criterio quirúrgico en pacientes con valvulopatías.
- ✓ Evaluación de pacientes con cardiopatías congénitas.
- ✓ Prescripción del ejercicio y evaluación del entrenamiento físico en pacientes sometidos a programas de rehabilitación cardíaca.



### III. Pacientes con enfermedad respiratoria

- ✓ Evaluación de intolerancia al ejercicio intenso.
- ✓ Enfermedad pulmonar obstructiva crónica o intersticial.
- ✓ Determinación de la magnitud de la hipoxemia asociada al ejercicio o para la prescripción de oxigenoterapia.
- ✓ Documentación de la respuesta terapéutica para regímenes potencialmente tóxicos.
- ✓ Enfermedad vascular pulmonar.
- ✓ Fibrosis quística
- ✓ Broncoespasmo inducido por el ejercicio.

### Análisis interpretativo de los resultados de una PECP

#### Variables empleadas

La PECP nos brinda un grupo de nuevas variables fisiológicas que tienen implicaciones diagnósticas y pronósticas,<sup>2</sup> las mismas que pueden agruparse en: generales, ventilatoria y cardiovasculares. Por otro lado, un método que ha resultado sumamente útil en la PECP para incrementar su potencia diagnóstica y pronóstica es elaborar variables compuestas, llamadas también índices de desempeño<sup>11</sup>. Estos índices agrupa dos a más variables para el cálculo de una tercera (la variable compuesta propiamente dicha), que tenga mayor potencia ya sea diagnóstica o pronóstica (ver tabla 1).

**Tabla 1. Principales variables evaluadas durante una ergoespirometría.**

Tipo de variable	Sencillas	Compuestas
<b>Generales</b>	-Sintomatología -Carga de trabajo (W) -VO <sub>2</sub> basal, máximo y pico -VCO <sub>2</sub> -Cinética de recuperación del VO <sub>2</sub> (T <sub>1/2</sub> VO <sub>2</sub> )	- VO <sub>2</sub> /w -Cociente respiratorio o RIR (VO <sub>2</sub> / VCO <sub>2</sub> ) -Umbral aeróbico-anaeróbico (UAA) - Pendiente de equivalente respiratorio para el oxígeno (VE/VO <sub>2</sub> ) - Pendiente de equivalente respiratorio para dióxido de carbono (VE/ VCO <sub>2</sub> )
<b>Ventilatorias</b>	- Ventilación por minuto (VE) - Frecuencia respiratoria (FR) - Tiempo Inspiratorio (Ti) - Tiempo espiratorio (Te) - Equivalente EqO <sub>2</sub> y EqCo <sub>2</sub> - Reserva ventilatoria (BR)	-Máxima ventilación voluntaria (MVV) - VE/MW pico -Capacidad de difusión pulmonar -Resistencia a la difusión pulmonar -Perfusión Pulmonar -ventilación del espacio muerto (Vd/Vt)
<b>Cardiovasculares</b>	- Frecuencia cardiaca basal, pico y de reserva - Recuperación de la FC - Tensión arterial (TA) - Electrocardiograma	-Pulso de oxígeno (PO <sub>2</sub> )

El análisis objetivo y racional de las variables utilizadas en esta prueba dependerá en gran medida de su indicación. La enfermedad isquémica del corazón, la hipertensión arterial, las valvulopatías, las arritmias y las miocardiopatías (dilatadas, hipertrófica) constituyen los principales motivos de incorpo-

ración de los pacientes al programa de rehabilitación cardiaca (PRC). A lo anterior se le suma, el universo de pacientes intervenido quirúrgicamente por alguna de las enfermedades previamente citadas.

## 1. Parámetros medidos

### Capacidad Aeróbica Máxima: $VO_2$ máx o $VO_2$ pico

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx) representa la máxima capacidad del organismo para extraer, transportar y utilizar oxígeno del aire inspirado en una situación de esfuerzo máximo. Se expresa en ml/min, ml/Kg/min o porcentaje del valor predicho para la edad, sexo, peso y altura del paciente. La tasa de  $VO_2$  máx es una medida objetiva de la capacidad de ejercicio<sup>12</sup>. En un protocolo de ejercicio, se incrementa la carga de trabajo con el tiempo y la  $VO_2$  va aumentando en proporción directa, hasta que llega un momento en el que la carga sigue subiendo, pero el  $VO_2$  lo deja de hacer, presentándose una meseta. En estos momentos se dice que el sujeto llegó al nivel de la  $VO_2$  máx, en otras palabras: el límite de la potencia aeróbica (figura 1). El número de sujetos que alcanzan la meseta de la  $VO_2$  máx durante una prueba de esfuerzo es reducido, así que en estos casos la tolerancia máxima al ejercicio (TME) prefiere expresarse en términos de la tasa de  $VO_2$  pico o  $VO_2$  limitado por síntomas<sup>13</sup>.

Los pacientes con Insuficiencia Cardíaca crónica presentan intolerancia al ejercicio debido a múltiples factores como el bajo aporte de oxígeno secundario a la incompetencia cronotrópica, la disfunción ventricular (sistólica y/o diastólica), las alteraciones en el flujo sanguíneo a través de los vasos (pulmonares o del músculo sistémico) y la existencia de ciertas anomalías del metabolismo muscular esquelético y del sistema ventilatorio<sup>14</sup>. Por tanto en ellos, es usual que el valor del  $VO_2$  pico se encuentra habitualmente por debajo de  $25 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}$ . Los pacientes con disfunción ventricular izquierda moderada o severa que han sido entrenados o se

encuentran bajo tratamiento óptimo pueden presentar valores de  $VO_2$  pico entre  $10$  y  $20 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}$ .

### Figura 1

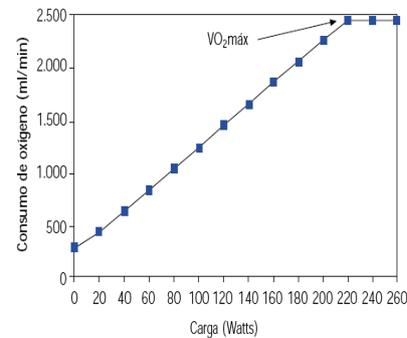


Figura 1. Relación entre intensidad del esfuerzo realizado (Watts) y consumo de oxígeno ( $VO_2$ ). Existe una relación lineal entre ambas variables hasta alcanzar el valor de  $VO_2$  máx, definido como aquel valor de  $VO_2$  que se mantiene constante (plateau) a pesar de aumentar la carga muscular.

### Umbral anaeróbico (AT)

Teóricamente corresponde al nivel de ejercicio en el que la producción energética aeróbica es suplementada por mecanismos anaeróbicos y se refleja por un incremento del lactato en sangre. Esta determinación invasiva es el patrón oro para la medida del aumento brusco del láctico sanguíneo. Sin embargo, son más habituales las medidas indirectas como la determinación del umbral ventilatorio o umbral del equivalente ventilatorio y la V-slope o umbral de intercambio gaseoso<sup>15</sup>.

El UA adquiere especial importancia en la interpretación de la ergoespirometría cuando se relaciona con el valor del  $VO_2$  pico. Por lo tanto un UA bajo ( $< 40 \%$ ) en presencia de un  $VO_2$  pico disminuido es el resultado de una insuficiencia circulatoria severa que requiere la participación temprana del metabolismo anaeróbico para continuar el ejercicio, tal como ocurre en los pacientes con ICC<sup>16</sup>. Un UA1 bajo asociado a un  $VO_2$  pico normal se observa en los pacientes descondicionamiento físico. Un UA normal o no alcanzado con  $VO_2$  pico normal se observa en sujetos sanos mientras que en los pacientes con insuficiente motivación o insuficiencia respiratoria un UA normal suele asociarse a un bajo  $VO_2$  pico.

### Cociente respiratorio (CR)

También conocido como relación de intercambio respiratorio ( $RIR = VCO_2/VO_2$ ) y en inglés RQ (respiratory quotient) o RER (peak respiratory exchange ratio), es una medida objetiva del esfuerzo máximo realizado. Un  $RIR > 1.10$  es indicativo de una buena tolerancia al ejercicio físico durante una PECP. Un  $RIR < 1.00$  en ausencia de anormalidades electrocardiográficas o hemodinámicas, refleja un esfuerzo cardiovascular submáximo realizado por pacientes con afectaciones pulmonares<sup>17</sup>.

### Pulso de oxígeno (PO<sub>2</sub>)

El PO<sub>2</sub> expresa la cantidad de oxígeno que se consume durante un ciclo cardíaco completo ( $VO_2/FC$ ) y se emplea como un parámetro estimador del gasto cardíaco. Depende por lo tanto del volumen sistólico (VS) y de la diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $D(a-v) O_2$ ). A medida que aumenta la carga de trabajo también lo hace el pulso de oxígeno. En individuos normales, aumenta rápidamente entre el 50-60 % del  $VO_2$  pico y lo hace más lentamente a partir de esa intensidad.<sup>11</sup> Sin embargo, en los pacientes con ICC es frecuente observar una disminución del PO<sub>2</sub> con una curva plana a lo largo de toda la prueba, lo cual suele indicar una reducción del volumen de eyección<sup>18</sup>.

### Pruebas de la función pulmonar

#### Relación entre la ventilación por minuto y la producción de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ )

El índice de eficiencia ventilatoria más ampliamente usado es la pendiente de equivalente respiratorio para dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ). Una relación  $VE/VCO_2 < 30$  es considerada normal sin modificación para la edad y el sexo. El valor de esta variable puede aumentar considerablemente ( $> 60$ ) en

los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, hipertensión pulmonar e IC<sup>19</sup>.

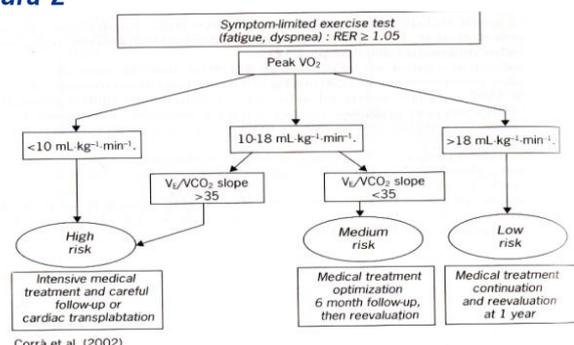
La pendiente  $VE/VCO_2$  constituye un predictor pronóstico, más potente que la estimación del  $VO_2$  pues la primera mantiene su valor pronóstico en el ejercicio submáximo y en pacientes betabloqueados y la segunda depende del esfuerzo del individuo. Según la literatura revisada, los pacientes con IC y valores de  $VO_2$  pico de  $< 10$  ml/Kg/min o pendiente  $VE/VCO_2 > 40$  deben ser considerados como de alto riesgo y los pacientes con ambas condiciones los de peor pronóstico<sup>19</sup>.

### Reserva ventilatoria

La reserva ventilatoria (BR) definida como la razón entre la ventilación por minuto y la máxima ventilación voluntaria ( $VE/MVV$ ) tiene utilidad diagnóstica en el estudio de la disnea de ejercicio de causa inexplicable. Sus valores normales se encuentran entre 0.3 y 0.5. La BR no suele ser un factor limitante en el paciente cardíaco o insuficiente cardíaco, en los cuales no existen alteraciones en los sistemas de ventilación, perfusión o intercambio gaseoso pulmonar. En presencia de valores inferiores a 0.2 debe pensarse en una afectación pulmonar como causante de la disnea<sup>20</sup>.

Actualmente se siguen diferentes algoritmos pronósticos y de interpretación que facilitan que facilitan la toma de decisiones, tras la realización de una ergoespirometría (ver figura 2)<sup>21</sup>.

Figura 2



Corrà et al. (2002)



## Conclusiones

La PECP es una herramienta útil en diversos escenarios clínicos como son el estudio de la intolerancia al ejercicio y la disnea de origen desconocido, la evaluación pronóstica de pacientes con enfermedad isquémica del corazón, hipertensión arterial, valvulopatías y arritmias. La ergoespirometría también aporta información sobre la evolución de los insuficientes cardíacos, los intervenidos quirúrgicamente y en especial en aquellos pacientes con enfermedades cardiovasculares incorporados a un PRC. La interpretación de las variables evaluadas por esta técnica, en especial la estimación del VO<sub>2</sub>, constituye una guía para la individualización y sistematización del entrenamiento físico en estos grupos de pacientes.

## Referencias bibliográficas

1. Ibarra-Lomelí H. Prueba de ejercicio con análisis de gases espirados. *ArchCardiolMex* 2012; 82(2):160-169.
2. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary exercise testing. American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167:211-277.
3. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. EACPR/AHA Joint Scientific Statement: Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*. 2012; 3 (23):2917-27.
4. Arena R. Detecting abnormal pulmonary hemodynamics with cardiopulmonary exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:982.
5. Myers J, Arena R, Franklin B, Pina I, Kraus WE, McInnis K, et al. Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2009; 119(24):3144-61.
6. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal A, Corrà U, Jegier A, Kouidi E, et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2009; 16(3):249-67.
7. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation*. 2007; 116:329-43.
8. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation, 4th ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 2005.
9. Pinkstaff S, Peberdy MA, Fabiato A, Finucane S, Arena R. The clinical utility of cardiopulmonary exercise testing in suspected or confirmed myocardial ischemia. *Am J Lifestyle Med*. 2010; 4(4):327-48.
10. Forman DE, Myers J, Lavie CJ, Guazzi M, Celli B, Arena R. Cardiopulmonary exercise testing: relevant but underused. *Postgrad Med*. 2010; 122(6): 68-86.
11. Llamas G, Férrez S. Criterios de diagnóstico de la isquemia miocárdica mediante la prueba de esfuerzo físico. *Arch InstCardiolMéx* 1985; 55:357-3706. Froelicher V, Myers J. Exercise and the Heart. 5th edition. Philadelphia. Ed. Saunders. 2006. 456.
12. Brunelli A, Belardinelli R, Refai M, Salati M, Socci L, Pompili C, et al. Peak oxygen consumption during cardiopulmonary exercise test improves risk stratification in candidates to major lung resection. *Chest*. 2009; 135(5):1260-7.
13. Poggio R, Arazi HC, Giorgi M, Miriuka SG. Prediction of severe cardiovascular events by VE/VCO<sub>2</sub> slope versus peak VO<sub>2</sub> in systolic heart failure: a meta-analysis of the published literature. *Am Heart J*. 2010; 160(6):1004-14.
14. Borlaug BA, Paulus WJ. Heart failure with preserved ejection fraction: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Eur Heart J* 2011; 32:670-679.
15. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, Forman D, Franklin B, Guazzi M, Gulati M, Keteyian SJ, Lavie CJ, Macko R, Mancini D, Milani RV. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 122: 191-225.
16. Bensimhon DR, Leifer ES, Ellis SJ, Fleg JL, Keteyian SJ, Pina IL, Kitzman DW, McKelvie RS, Kraus WE, Forman DE, Kao AJ, Whellan DJ, O'Connor CM, Russell SD; HF-ACTION Trial Investigators. Reproducibility of peak oxygen uptake and other cardiopulmonary exercise testing parameters in patients with heart failure (from the Heart Failure and a Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training). *Am J Cardiol*. 2008; 102:712-717.
17. Ingle L, Isted A, Witte KK, Cleland JGF, Clark AL. Impact of different diagnostic criteria on the prevalence and prognostic significance of exertional oscillatory ventilation in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009; 16:451-456.
18. Arena R, Myers J, Abella J, Pinkstaff S, Brubaker P, Moore B, Kitzman D, Peberdy MA, Bensimhon D, Chase P, Forman D, West E, Guazzi M. Determining the preferred per cent-predicted equation for peak oxygen consumption in patients with heart failure. *Circ Heart Fail* 2009; 2:113-120.
19. Clark MV. Defining asthma. In: Gartside M (ed.) *Asthma: A Clinician's Guide*. Sudbury: Jones and Bartlett Learning; 2011:15-34.
20. Arena R, Myers J, Guazzi M. The future of aerobic exercise testing in clinical practice: is it the ultimate vital sign? *Future Cardiol* 2010; 6:325-342.
21. Corrà U, Mezan A, Bosimini A. Cardiopulmonary exercise testing and prognosis in chronic heart failure. A prognosticating algorithm for the individual patient. *Chest* 2004; 126:942-950.

**Recibido:** 18-08-2015

**Aceptado:** 12-02-2016

