

# Punto de quiebre del doble producto como indicador de transición metabólica durante el ejercicio en pacientes coronarios

Miguel Resnik<sup>1</sup>, Gabriela De Roia<sup>2</sup>, Pablo Lobo<sup>3</sup>, Liliana Peralta<sup>4</sup>, Flavia Saccone<sup>4</sup>, Leopoldo Puga<sup>5</sup>, Sergio Taurozzi<sup>6</sup>, Gustavo Moreno<sup>7</sup>

## Resumen

El umbral anaeróbico ha sido utilizado como un buen indicador de capacidad funcional y de implicancias pronósticas en pacientes cardíacos. El objetivo fue evaluar un método no invasivo como el punto de quiebre del doble producto (PQDP) durante el ejercicio, punto en el cual se produjo un aumento claro y sostenido de la pendiente de doble producto (DP) durante la prueba de esfuerzo incremental. DP= frecuencia cardíaca (FC) x presión arterial sistólica (PAS), que podría ser aplicado para el entrenamiento físico y de información pronóstica en pacientes con enfermedad coronaria (EC).

**Material y métodos.** Se evaluaron 33 hombres y 9 mujeres de  $64,8 \pm 7,6$  años con EC documentada, clínicamente estables con tratamiento médico y en ritmo sinusal. Todos realizaron una PEG en cinta deslizante. El ejercicio consistió en un período inicial de entrada en calor (1 km/h) con cargas crecientes por etapa de 0,4 km/h cada minuto hasta el límite de tolerancia del sujeto. El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) se midió con un sistema portátil (COSMED), la FC con un ECG de 12 derivaciones y la presión arterial por esfigmomanometría en cada etapa. El DP vs  $VO_2$  fue sometido a 3 evaluadores independientes para la determinación visual del VT1 y PQDP. El *test* de Student se utilizó para comparar velocidad (km/h) en VT1 y PQDP y el coeficiente de correlación de Pearson entre ambos parámetros ( $p < 0,05$ ).

**Resultados.** Los pacientes no tuvieron síntomas. Se determinó el VT1 y PQDP en todos ellos. La velocidad del PQDP fue de  $2,6 \pm 0,5$  km/h y la velocidad en VT1  $2,6 \pm 0,6$  km/h, sin diferencias significativas entre ambos. Encontramos una correlación positiva comparando VT1 vs PQDP ( $r^2=0,6$ ).

**Conclusiones.** Se pudo medir el PQDP en pacientes coronarios con una buena correlación positiva con VT1.

<sup>1</sup> Médico especialista en Cardiología y Medicina del Deporte. Coordinador del Área de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular. Sanatorio "Dr. Julio Méndez". Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

Coordinador del Programa de Ejercicios en Pacientes Cardíacos del Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo (CENARD). Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

Miembro de la Asociación Americana de Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar (AACVPR).

<sup>2</sup> Doctora en Ciencias del Ejercicio Físico y del Movimiento Humano. Directora, Docente e Investigadora del Laboratorio de Ergonomía y Actividad Física de la Universidad de Flores (UFLO). Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>3</sup> Licenciado en Actividad Física y Deporte. Becario del Laboratorio de Ergonomía y Actividad Física de la Universidad de Flores (UFLO). Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>4</sup> Médica especialista en Cardiología. Unidad Cardiología. Programa de Rehabilitación Cardiovascular. Sanatorio "Dr. Julio Méndez". Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>5</sup> Licenciado en Kinesiología y Fisiatría. Profesor Nacional de Educación Física. Programa de Rehabilitación Cardiovascular. Sanatorio "Dr. Julio Méndez". Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>7</sup> Profesor Nacional de Educación Física. Programa de Ejercicios en Pacientes Cardíacos. Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo (CENARD). Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>8</sup> Magister en Diseño y Gestión de Programas de Actividad Física para la Salud. Coordinador del Programa Nacional de Actividad Física para la Salud del Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo (CENARD). Programa de Rehabilitación Cardiovascular. Sanatorio "Dr. Julio Méndez". Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

**Instituciones:** Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo (CENARD) - Universidad de Flores (UFLO)- Sanatorio "Dr. Julio Méndez". Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

**Correspondencia:** Dr. Miguel Resnik.

Avellaneda 551. Ciudad de Buenos Aires. República Argentina (CP 1405).

E-mail: Mresnik@intramed.net.ar Tel.: 54-11 49027081/9 int. 225.

Dra. Gabriela F. De Roia.

Laboratorio de Ergonomía y Actividad Física UFLO. Bacacay 2932. Ciudad de Buenos Aires. República Argentina (C1406GEB).

Recibido: 20/07/2016

Aceptado: 30/09/2016

Esta variable podría ser eficaz en el pronóstico de esta enfermedad y seguimiento con el entrenamiento físico, pero requerirá más sujetos con diferentes condiciones físicas para ser analizada como un parámetro relevante.

*Insuf Card 2016; 11(4): 160-167*

**Palabras clave:** Enfermedad coronaria - Punto de quiebre del doble producto - Umbral ventilatorio - Ejercicio - Protocolo de rampa de Bruce

## Summary

### *Double product breakpoint as an indicator of metabolic transition during exercise in coronary patients*

*The anaerobic threshold has been used as a good indicator of functional capacity and prognostic implications in cardiac patients. The aim of our study was to evaluate an alternative and non invasive method like the double product break point (DPBP), as the point at which a clear and sustained increase in double product (DP) slope occurred during incremental exercise test. DP= heart rate (HR) x systolic blood pressure (SBP), that could be applied for physical training and prognosis information in patients with coronary heart disease (CHD).*

**Material and methods.** *We evaluated 33 male and 9 female patients mean age  $64.8 \pm 7.6$  years with documented CHD, clinically stables with medical treatment and sinus rhythm, in conditions to walk in a treadmill using an incremental test until exhaustion. The exercise consisted of an initial period of warm up (1 km/h) followed by the work rate being increased by 0.4 km/h each 1 minute stage to the limit of the subject's tolerance. Oxygen consumption ( $VO_2$ ) was measured with a portable system (COSMED), HR through a 12 lead ECG (SCHILLER) and blood pressure with sphygmomanometer each stage. Double product vs  $VO_2$  for each subject was submitted to 3 blind evaluators for visual determination of the ventilatory threshold (VT1) and DPBP, respectively. A Student t test was used to compare speed (km/h) at VT1 and DPBP and Pearson's product-moment correlation to assess the relationship between both parameters ( $p < 0.05$ ).*

**Results.** *Patients completed the evaluation without symptoms. We could determine VT1 and DPBP in all of them. Speed at DPBP was  $2.6 \pm 0.5$  km/h and speed at VT1  $2.6 \pm 0.6$  km/h, with no significant difference between both values. We found a positive linearship correlation comparing VT1 vs DPBP ( $r^2=0.6$ ).*

**Conclusions.** *We could measure the DPBP in coronary patients with strong positive correlation with VT1, and could be used as effective variable in the prognosis of this disease and monitoring physical training, but it will require more subjects with different physical conditions to be analyzed as a relevant parameter.*

**Keywords:** Coronary heart disease - Double product break point - Ventilatory threshold - Exercise - Bruce ramp protocol

## Resumo

### *Ponto de quebra do duplo produto como um indicador de transição metabólica durante o exercício em pacientes com doenças coronárias*

*O limiar anaeróbico tem sido usado como um indicador bom da capacidade pulmonar e das suas implicações em pacientes cardíacos. O objetivo da nossa pesquisa foi avaliar um método alternativo e não invasivo como o ponto de quebra do duplo produto (PQDP), expressado como o ponto de inflexão na curva do produto da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial sistólica (PAS) durante o exercício que poderia ser aplicada para o treinamento físico e da informação prognóstica em pacientes com doenças coronárias (DC).*

**Material e métodos.** *Avaliaram-se 33 homens e 9 mulheres de média idade  $64,8 \pm 7,6$  anos com DC documentada, clinicamente estável com tratamento médico e em ritmo sinusal. Todos eles em condições de caminhar numa esteira e, após sua adaptação, usando uma prova incremental hasta o esgotamento extremo. O exercício consistiu num período inicial de preaquecimento (1 km/h) com cargas crescentes por etapa de 0,4 km/h a cada minuto hasta o limite de tolerância do paciente. O consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) foi medido com um sistema portátil (COSMED), a FC com um registro ECG de 12 derivações (SCHILLER) e a pressão arterial por esfigmomanometria em cada etapa. O duplo produto vs  $VO_2$  para cada paciente foi submetido a 3 avaliadores independentes para a determinação visual do limiar ventilatório (VT1) e PQDP, respectivamente. Uma prova de t de Student foi usada para comparar velocidade (km/h) em VT1 e PQDP e o coeficiente de correlação de Pearson entre ambos os parâmetros ( $p < 0,05$ ).*

**Resultados.** *Os pacientes completaram a avaliação sem sintomas. Foi obtido o VT1 e PQDP para todos eles. A*

velocidade no PQDP foi de  $2,6 \pm 0,5$  km/h e a velocidade em VT1  $2,6 \pm 0,6$  km/h, sem diferenças significativas entre ambos os valores. Foi observada uma correlação positiva comparando VT1 vs PQDP ( $r^2=0,6$ ).

**Conclusões.** Foi medido o PQDP em pacientes coronários com uma boa correlação positiva com VT1 e esta variável poderia ser eficaz no prognóstico de esta doença e no seguimento do treinamento físico, porém se precisara de um número maior de indivíduos com diferentes condições físicas para ser analisada como um parâmetro relevante.

**Palavras chave:** Doença coronária - Ponto de quebra do duplo produto - Limiar ventilatório - Exercício - Protocolo de rampa de Bruce

## Introducción

La magnitud de la respuesta hemodinámica con el ejercicio depende de la intensidad del mismo, la masa muscular involucrada y la capacidad del corazón para incrementar su volumen sistólico.

La frecuencia cardíaca (FC) es la principal responsable del aumento del gasto cardíaco (GC), producto principalmente de la activación del sistema nervioso simpático, reflejado por un aumento en las catecolaminas circulantes.

La presión arterial refleja las variaciones del GC, FC, resistencia vascular periférica y volemia.

Un parámetro de interés durante el ejercicio es el doble producto (DP), considerado un indicador del consumo miocárdico de oxígeno y es el resultado de la multiplicación del valor de la FC y de la presión arterial sistólica (PAS)<sup>1,2</sup>. Refleja el gasto energético que le supone al corazón un ejercicio físico a una determinada intensidad. Se ha observado que la concentración de catecolaminas plasmáticas comienza a elevarse en forma exponencial a una determinada intensidad de trabajo la cual es similar al umbral láctico (UL)<sup>3,4</sup>.

Tanto el umbral ventilatorio (VT) como el UL son ampliamente utilizados como marcadores de umbral anaeróbico (UA) para medir la capacidad aeróbica durante el ejercicio, así como también para la optimización en la intensidad de entrenamiento tanto en sujetos sanos como en aquellos que padecen alguna cardiopatía<sup>5-8</sup>.

El concepto de UA ha generado un amplio debate en el campo de la ciencia del ejercicio; si el mismo es producto de la acumulación exponencial del lactato por una menor disponibilidad de oxígeno tisular o a pesar de un adecuado nivel del mismo, la acumulación supera la capacidad de remoción en el organismo<sup>9,10</sup>.

Se ha visto que el punto de quiebre del doble producto (PQDP), expresado por el punto de inflexión de la curva del DP, coincide con las variables respiratorias y metabólicas mencionadas, que son de aplicación rutinaria en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, pero no de uso frecuente en otros ámbitos por su costo elevado<sup>11-13</sup>.

El objetivo de este estudio fue medir la validez de un método no invasivo y de fácil aplicación en pacientes con antecedentes de enfermedad coronaria y su relación con el comportamiento ventilatorio durante un *test* incremental en cinta deslizante.

## Material y métodos

Se llevo a cabo un estudio descriptivo, observacional, de corte transversal<sup>14</sup>, incorporándose al estudio pacientes que ingresaron a dos Programas de Ejercicios en Pacientes Cardíacos (Fase III) en el Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo (CENARD) y Sanatorio "Dr. Julio Méndez" de la ciudad de Buenos Aires (Argentina). Todos ellos tenían antecedentes de enfermedad coronaria documentada, permaneciendo estables con tratamiento médico y en ritmo sinusal.

Fueron excluidos del trabajo aquellos pacientes que tuvieran angina inestable de alto riesgo, insuficiencia cardíaca congestiva descompensada, fibrilación auricular crónica, arritmias cardíacas no controladas, marcapasos dependientes, valvulopatías severas, hipertensión arterial no controlada (presión arterial  $>200/110$  mm Hg), infarto agudo de miocardio (IAM), cirugía de revascularización coronaria (CRM), angioplastia transluminal (PTCA) de menos de 4 semanas de evolución, enfermedades metabólicas descompensadas, procesos inflamatorios agudos e incapacidad para desarrollar ejercicios por limitaciones óseo-artículo-musculares y/o deterioro cognitivo.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Flores (Argentina) y los participantes adhirieron al proyecto en forma voluntaria con la presentación de un consentimiento informado.

Todos los estudios fueron llevados a cabo en el Área de Ergometría del Sanatorio "Dr. Julio Méndez", Buenos Aires, Argentina.

Al ingreso, se les realizó a los pacientes una historia clínica detallada, examen físico, laboratorio, estudio antropométrico y registro electrocardiográfico de 12 derivaciones. Se les indicó que no realizaran esfuerzos el día anterior, manteniendo una adecuada hidratación, con un desayuno liviano y evitando el consumo de café dentro de las dos horas anteriores a la implementación de la prueba de esfuerzo (PEG: prueba ergométrica graduada). Todos los *test* fueron realizados aproximadamente a la misma hora del día.

Se utilizó una balanza con tallímetro para la obtención de peso y estatura para cada uno de ellos, calculándose el índice de masa corporal (IMC)= peso/altura<sup>2</sup>.

Previo familiarización con el desarrollo del ejercicio, se realizó la PEG en una cinta deslizante marca Kiprun

KR 325-RS (Kipmachines, Argentina), utilizando una adaptación del Protocolo de rampa de Bruce (PRB) con apoyo en barras laterales.

Se incorporó al PRB, dos etapas iniciales de 2 minutos de duración (una con el paciente de pie a los costados de la cinta y otra de entrada en calor a 1 km/h), con cambios en velocidad y pendiente cada minuto hasta el agotamiento extremo. La elección del tipo de trabajo desarrollado es la ventaja de evitar incrementos desiguales de la carga, con aumentos uniformes de las respuestas hemodinámicas y fisiológicas ante los incrementos en el ejercicio, permitiendo calcular con mayor precisión la capacidad funcional y el UV, alcanzando en determinados períodos de tiempo, las etapas del protocolo de Bruce original<sup>15,16</sup>. Las modificaciones en las primeras etapas se basa en el retraso inicial cercano al minuto después que el ejercicio comienza, en los parámetros ventilatorios: ventilación pulmonar (VE), producción de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) y consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>)<sup>7</sup>.

En cada etapa, se midió la FC a través de un registro electrocardiográfico computarizado de 12 derivaciones marca Schiller (Suiza), tomando el valor promedio de los últimos 30 segundos de cada etapa, al igual que el control de presión arterial sistólica y diastólica (PAS y PAD, respectivamente) por esfigmomanometría.

Como elemento adicional para definir una prueba de esfuerzo máxima, aplicamos la escala subjetiva de percepción del esfuerzo numerada del 6 al 20 (Escala de Borg: RPE) previa instrucción sobre el empleo de la misma en cada uno de los pacientes.

Se realizó la medición directa del VO<sub>2</sub> a través de un metabolímetro portátil Fitmate PRO (Cosmed, Italia), que permite el registro continuo, respiración por respiración, con análisis del intercambio de oxígeno y ventilación pulmonar.

Antes de cada prueba, el analizador de oxígeno fue calibrado automáticamente con el aire ambiente y el volumen en forma manual a través de una jeringa de calibración de 3 litros, diariamente. Para la caracterización de cada etapa, se tomó el promedio de los últimos 15 segundos de cada una.

El DP se obtuvo mediante la fórmula: FC x PAS, para cada etapa. Luego se graficó la curva de DP en función de la velocidad y mediante el trazado de rectas sobre la figura se buscó el primer punto donde los datos cambian de pendiente. Una vez localizado el punto de inflexión en la curva del DP o PQDP, se procedió a localizar la velocidad asociada a ese dato y de esta manera se obtuvo la velocidad de la etapa asociada al PQDP. A partir de los datos ventilatorios, fue posible individualizar el VT, definido como el punto de quiebre de la curva para el equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO<sub>2</sub>). Para ello se graficaron los datos, respiración por respiración, de VE/VO<sub>2</sub> en función del tiempo. En base al análisis observacional de las rectas de regresión lineal, se determinó el primer momento de inflexión a partir del inicio del ejercicio asociando este punto a la velocidad de la etapa. Para el análisis de la serie de datos del DP se graficaron

los datos en función de la carga ya que corresponde con la evolución del tiempo cada minuto.

Ambos puntos de inflexión fueron determinados en forma por 3 investigadores independientes. Se consideró como válido, cuando la determinación del PQDP fue para al menos dos de los tres observadores.

## Análisis estadístico

Los datos fueron presentados como media (X) y desvío estándar (SD). La carga en velocidad en el que fueron individualizados: VT y PQDP, fueron comparados mediante el *test t* Student.

Para la determinación del nivel de correlación entre las variables citadas, se utilizó el coeficiente de Pearson (R<sup>2</sup>). Considerándose como estadísticamente significativa una p<0,05.

## Resultados

Se incluyeron 42 adultos de entre 44 y 82 años de edad, 33 de sexo masculino y 9 femenino, con enfermedad coronaria, con sobrepeso (IMC: 27,8 ± 3,3), con una capacidad funcional de 6,2 ± 1,2 METS, con las características físicas (Tabla 1), antecedentes clínicos (Tabla 2) y el tratamiento habitual (Tabla 3).

Todos los pacientes realizaron la PEG sin síntomas, llegando al agotamiento extremo (RPE 18,3 ± 1,1). Pudo individualizarse el VO<sub>2</sub> pico a un 84,6 ± 10% de la FC máxima teórica (FC<sub>max</sub> T). Los parámetros de reposo y esfuerzo máximo se describen en la Tabla 4.

Fue posible individualizar el PQDP y el VT de la totalidad de los sujetos.

Tabla 1. Características de los pacientes

Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	VO <sub>2</sub> pico (ml*kg*min <sup>-1</sup> )
64,8 ± 7,6	80,1 ± 13,6	169,3 ± 8,3	27,8 ± 3,3

Los datos están expresados en media ± desvío estándar.

Tabla 2. Antecedentes clínicos de los pacientes

	n
IM	14
CRM	9
CRM + IM	3
PTCA	8
PTCA + IM	4
ACE	4

IM: infarto de miocardio. CRM: cirugía de revascularización coronaria. PTCA: angioplastia transluminal con stent implantado. ACE: ángor crónico estable.

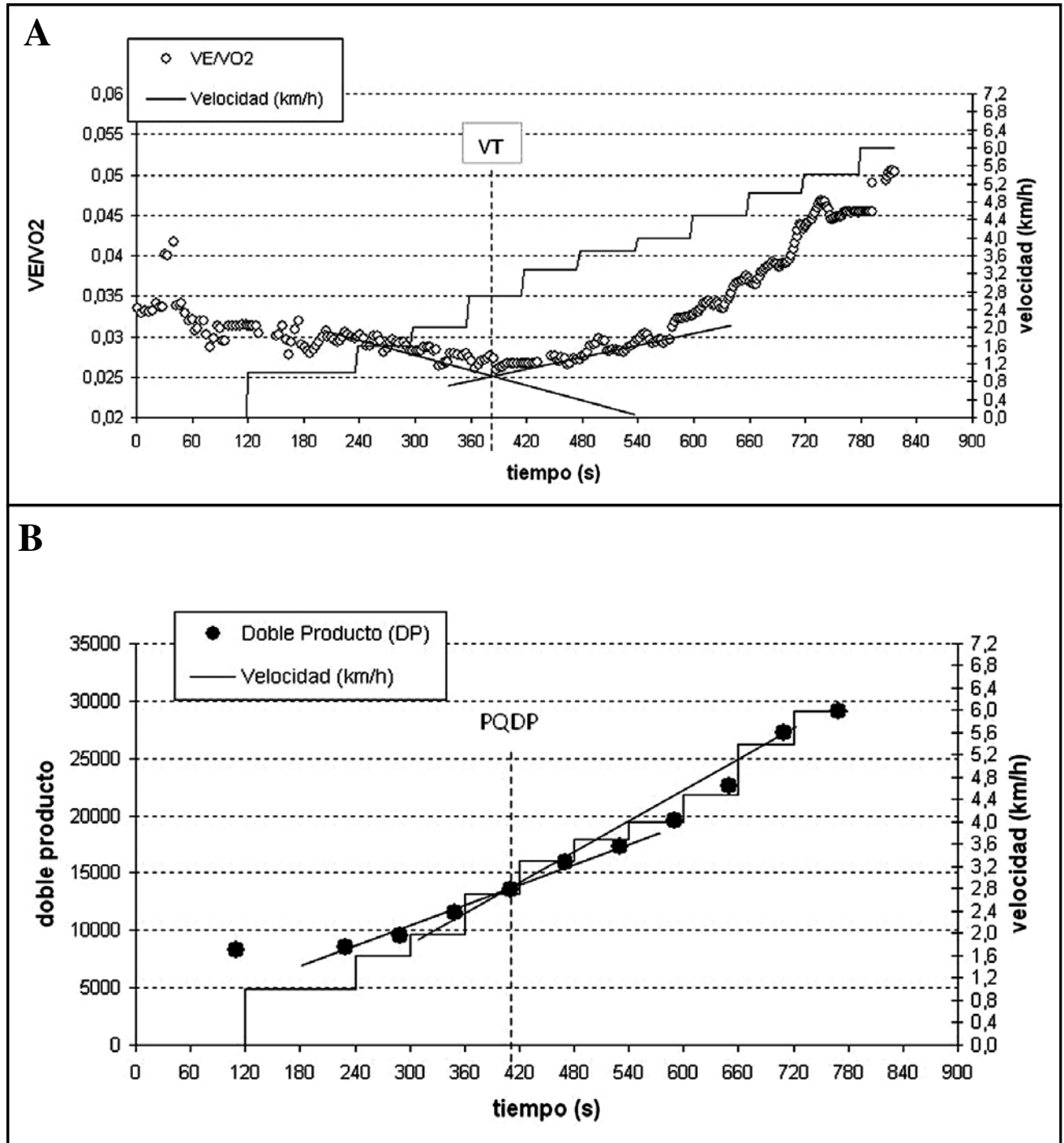
La velocidad promedio en la cual se visualizó el PQDP fue de  $2,6 \pm 0,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y no fue significativamente diferente del VT:  $2,6 \pm 0,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . La evolución de estas variables en función de la carga, como la determinación del punto de inflexión se observan en la Figura 1 (A y B). Se obtuvo una correlación lineal positiva entre VT y PQDP de  $R^2=0,60$  (Figura 2).

No se encontraron diferencias significativas en la intensidad relativa de ejercicio respecto a la velocidad, a

la FC y a la PAS a la que se encontraron los puntos de inflexión del equivalente ventilatorio para el oxígeno y el PQDP (Tabla 5).

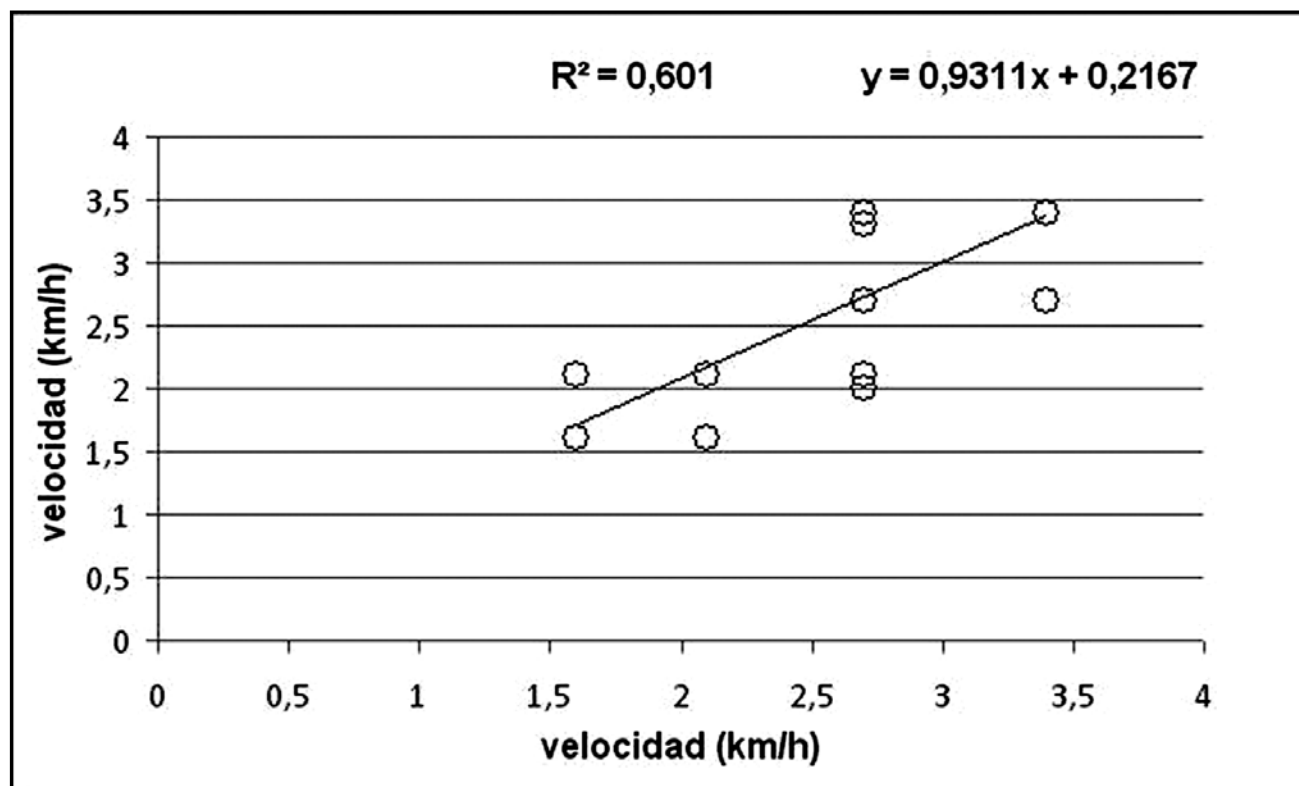
## Discusión

El hallazgo más importante de nuestra investigación fue que el PQDP puede ser utilizado para estimar el VT, donde



**Figura 1.** Determinación del punto de quiebre del doble producto (PQDP) (A) y el umbral ventilatorio (VT) (B) durante el ejercicio en un paciente modelo.

Los datos promedio de cada etapa del doble producto (A) y respiración por respiración del equivalente ventilatorio para el oxígeno ( $\text{Ve}/\text{VO}_2$ ) (B) en función del tiempo, fueron utilizados para determinar el PQDP y el VT.



**Figura 2.** Relación entre el punto de quiebre del doble producto (PQDP) y el umbral ventilatorio (VT), sobre los 42 pacientes.

no se halló diferencias estadísticamente significativas entre ambas variables a un porcentaje de la carga de trabajo desarrollada (%velocidad máx), así como también,

en las variables hemodinámicas (%FCmáx-%PASmáx) y ventilatorias (%VO<sub>2</sub>máx).

Es razonable pensar que su aplicabilidad podría ser similar a otros marcadores como lactato, variabilidad de FC y ventilación, siendo un método de bajo costo y no invasivo.

A diferencia de otros trabajos científicos<sup>17,18</sup>, pudimos establecer el PQDP en todos nuestros pacientes, a una intensidad de alrededor del 60% del VO<sub>2</sub>máx con características similares a lo esperado en sujetos sanos activos no entrenados. El mismo puede ser obtenido en pacientes con una amplia variedad de patologías cardíacas<sup>11,12,17,19</sup> de manera similar a lo establecido en sujetos sanos<sup>8</sup>.

**Tabla 3. Tratamiento farmacológico habitual**

	N
BB	34
IECA	16
ARA II	11
AAS	32
I ADP	15
Estatinas	36
Otros	20

BB: beta bloqueantes. IECA: inhibidores de la enzima convertidora.  
 ARA II: inhibidores de los receptores de angiotensina II.  
 AAS: ácido acetilsalicílico. I ADP: inhibidores del ADP.

**Tabla 4. Parámetros de reposo y esfuerzo máximo**

	FC	PAS	PAD
Reposo	73,7 ± 11,4	126,5 ± 11,9	83,9 ± 5,9
Max	131,7 ± 18,6	197,4 ± 18,4	92,1 ± 10,8

FC: frecuencia cardíaca. PAS: presión arterial sistólica.  
 PAD: presión arterial diastólica.  
 Los datos están expresados en media ± desvío estándar en reposo y a intensidad máxima.

**Tabla 5. Parámetros de umbral ventilatorio vs PQDP**

	VT	PQDP
% Velmax	50 ± 9,2	50 ± 9,4
% FCmax	70 ± 8,4	70 ± 8,3
% PASmax	80 ± 6,5	80 ± 6,5
% VO <sub>2</sub> max	60 ± 10,8	60 ± 8,8

VT: umbral ventilatorio. PQDP: punto de quiebre del doble producto.  
 Vel max: velocidad máxima. FCmax: frecuencia cardíaca máxima.  
 PASmax: presión arterial sistólica máxima.  
 VO<sub>2</sub>max: consumo de oxígeno máximo.  
 Los datos están expresados en porcentaje de los valores máximos alcanzados durante el test incremental en los respectivos puntos de quiebres (para cada una de las variables).

Empleamos un analizador metabólico portátil diseñado para medir  $VO_2$  durante el ejercicio. Utiliza una muestra del volumen espirado que ingresa a una cámara mezcladora de gases (*mixing chamber*) para determinar la fracción espirada de oxígeno ( $FEO_2$ ), que a diferencia de otros dispositivos, no cuenta con un analizador de  $CO_2$ , pero no ha tenido diferencias significativas con otros equipos de calorimetría con circuito abierto. Dispone de un *software* que analiza el cociente respiratorio ( $VCO_2/VO_2$ ) entre 0,8 a 1,2, basado en el incremento de la FC con el ejercicio máximo<sup>20</sup>.

En el presente estudio, no fue utilizada la medición de ácido láctico con el ejercicio y por consiguiente no fue posible establecer si existió correlación con el UL, así como tampoco el uso de técnicas enzimáticas: la alfa amilasa salival, indicador sensible de la actividad del sistema nervioso simpático<sup>21</sup>, lo que hubiera podido hacer una interpretación más precisa de aquello que hasta la actualidad sigue siendo motivo de controversias para muchos fisiólogos del ejercicio: la disparidad de criterios en la interpretación del UL, ya sea como expresión de una disminución de la entrega de oxígeno a nivel tisular o como reflejo de un desbalance entre la actividad glucolítica y respiratoria mitocondrial, pero no necesariamente en la disponibilidad de oxígeno tisular<sup>10,21,23</sup>.

Un aspecto limitativo de nuestro trabajo fue la cantidad de pacientes evaluados y la homogeneidad en la capacidad funcional en METS ( $6,2 \pm 1,2$ ).

El sólo hecho de haber podido determinar el VT y el PQDP en todos ellos, marcaría un mejor pronóstico de la enfermedad que en situaciones clínicas donde ambos parámetros fueran indeterminables, ya sea por capacidad de ejercicio limitada, incompetencia cronotrópica, hiperventilación marcada, distribución del flujo inadecuada o fibras musculares con escasa capacidad de extracción de oxígeno tisular<sup>24,25</sup>.

## Conclusiones

Concluimos que fue posible encontrar el punto de quiebre del doble producto en la totalidad de los pacientes con enfermedad coronaria que fueron evaluados durante una prueba en *treadmill*. Existe una fuerte correlación entre el VT medido como punto de quiebre del equivalente ventilatorio para el oxígeno y el PQDP. Esto sugiere que este método no invasivo y económico podría utilizarse como alternativa al VT, y de fácil obtención, cuando no se dispone de recursos tecnológicos para mediciones ventilatorias. Además, podría ser útil como valor pronóstico de la enfermedad y para el monitoreo del entrenamiento físico en aquellos pacientes incorporados a un programa de rehabilitación cardiovascular. Será necesario un mayor número de pacientes con diferentes condiciones físicas para ser analizada como un parámetro relevante.

## Recursos financieros

Los autores no recibieron ningún apoyo económico para la investigación.

## Conflicto de intereses

Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

## Referencias bibliográficas

1. Braunwald E. Control of myocardial oxygen consumption. *Am J Cardiol* 1971; 27: 416-432.
2. Mc Ardle W, Katch F, Katch V. *Exercise Physiology* 4<sup>o</sup> edition Williams & Wilkins Ed. 1996.
3. Mazzeo RS, Marshall P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *J Appl Physiol* 1989; 67: 1319-1322.
4. Schneider D, McLellan T, Gass G. Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 608-613.
5. Casaburi R, Storer T, Sullivan C, Wasserman K. Evaluation of blood lactate elevation as an intensity criterion for exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 852-862.
6. Wasserman K, Beaver WJ, Whipp B. Gas exchange theory and the lactate acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation* 1990; 81 (Suppl II): 14-30.
7. Wasserman K, Hansen J, Sue Dy, Whipp B. *Principles of Exercise Testing and Interpretation* Lea & Febiger, 1994.
8. Tanaka H, Kiyonaga A, Terao Y, Yamauchi M, Tanaka M. Double product response is accelerated above the blood lactate threshold. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 503-508.
9. Svedahl K, MacIntosh B. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Can J Appl Physiol* 2003; 28 (2): 299-323.
10. Brooks G. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17(1):22-31.
11. Brubaker P, Kiyonaga A, Matrazzo B, Pollock W, Shindo M, Miller H. Identification of the anaerobic threshold using double product in patients with coronary heart disease. *Am J Cardiol* 1997; 79: 360-362.
12. Hargens T, Whaley M. The influence of aerobic exercise training on the double product break point in low-to-moderate risk adults. *Arbeitsphysiologie* 2010; 111(2):313-8.
13. Riley M, Maehara K, Porszasz J, Engelen M, Bartstow T, Tanaka H. Association between the anaerobic threshold and the break point in the double product/work rate relationship. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997; 75: 14-21.
14. Hulley S, Cummings S, Browner W, Grady D, Newman T. *Diseño de investigaciones clínicas*. 3<sup>o</sup> Edición. Lippincott Williams & Williams 2007.
15. Kaminsky LA, Whaley MH. Evaluation of a new standardized ramp protocol: The BSU/Bruce ramp protocol. *J Cardiopulm Rehabil* 1998; 18: 438-444.
16. Heyward V. *Evaluación de la aptitud física y Prescripción del ejercicio*. 5<sup>o</sup> Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 2008.
17. Omiya K, Haruki I, Harada N., Maede T, Tajima A, Oikawa K, Koike A, Aizawa T, Tai Fu L, Osada N. Relationship between double product break point, lactate threshold and ventilatory threshold in cardiac patients. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91: 224-229.
18. De Sousa C, Magalhaes Sales M, Da Silva Aguiar S, Boullosa D, Dos Santos T, Baldissera V, Simoes H. Double product

- break point estimates ventilatory threshold in individuals with type 2 diabetes. *J Phys Ther Sci* 2016; 28:1775-1780.
19. Resnik M, Halac M, Thal S, Bianconi M, Saavedra Ruiz L, Pérez M, Lachitiello J. Identification of the double product break point in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulmonary Rehab* 1999; 19: 288 (abstract).
  20. Nieman D, LaSasso H, Austin M, McInnis T, Unick J. Validation of Cosmed's Fitmate in measuring exercise metabolism. *Research in Sports Medicine: Research in Sports Medicine* 2007; 15(1): 67-75.
  21. Akizuki K, Yasaki S, Echizenya Y, Ohashi Y. Anaerobic threshold and salivary  $\alpha$  amylase during incremental exercise. *J Phys Ther Sci* 2014;26: 1059-1063.
  22. Weltman A. The blood lactate response to exercise. Monograph number 4. Human Kinetics Eds. 1995.
  23. Coyle E. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sports Science Reviews* 1995; 23: 25-63.
  24. Agostoni P, Piepoli M, et al. Prognostic value of indeterminable anaerobic threshold in heart failure. *Circ Heart Fail* 2013;6: 977-987.
  25. Brubaker P, Kitzman D. Chronotropic incompetence: causes, consequences and management. *Circulation* 2011; 123:1010-1020.