

LA PRUEBA DE EJERCICIO CARDIOPULMONAR (PECP) EN PACIENTES ADULTOS PORTADORES DE CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS. RECOMENDACIONES PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA

CARDIOPULMONARY EXERCISE TESTING (CPET) IN PATIENTS WITH CONGENITAL HEART DISEASE. RECOMMENDATIONS FOR PHYSICAL ACTIVITY

INÉS T. ABELLA¹, ALEJANDRO C. TOCCI², ISABEL TORRES³

RESUMEN

La prueba de ejercicio cardiopulmonar es una valiosa herramienta para diagnóstico y pronóstico en pacientes con cardiopatías congénitas. Si bien su uso está muy difundido a nivel internacional, al momento no ocurre lo mismo en Argentina. En nuestra experiencia muchos pacientes con cardiopatía congénita del adulto refieren tener una capacidad de ejercicio mejor que la real, y esto queda en evidencia al someterlos a una prueba de ejercicio cardiopulmonar. Una de las preguntas más frecuentes que nos hacen es sobre el tipo de actividad física que pueden realizar tanto deportiva como laboral. En este artículo repasaremos la importante información que puede ser obtenida mediante este estudio, su aplicación clínica y recomendaciones para actividad física y laboral de acuerdo al grado de severidad de su cardiopatía.

Palabras clave: ergometría, consumo de oxígeno, ejercicio aeróbico.

ABSTRACT

The cardiopulmonary exercise testing is a valuable tool for diagnosis and prognosis in patients with congenital heart disease. Although its use is widespread internationally when not the case in Argentina. In our experience many patients with adult congenital heart disease have an ability to relate better to the actual exercise, and this is evident when subjected to a cardiopulmonary exercise test. One of the most common questions we get is about the kind of physical activity that can make both sporting and labor. In this article we will review the important information that can be obtained through this study, clinical application and recommendations for physical activity and work according to the severity of their disease.

Keywords: ergometry, oxygen consumption, exercise.

REVISTA CONAREC 2015;31(131):222-227 | VERSIÓN WEB WWW.REVISTACONAREC.COM.AR

INTRODUCCIÓN

El cardiólogo clínico que atiende pacientes adultos con cardiopatías congénitas utiliza variados estudios para determinar su estado físico, decidir tratamientos, futuras intervenciones y predecir complicaciones futuras. Entre ellos, la prueba de esfuerzo constituye un estudio particularmente útil ya que brinda datos pronósticos¹⁻¹⁰.

Existen varios tipos de pruebas de esfuerzo y cada una de ellas cumple su rol.

TIPOS DE ESTUDIOS

Test de caminata de 6 minutos

Es la prueba más básica, que registra distancia recorrida en metros, frecuencia cardíaca y oximetría. Su ventaja es el bajo costo y la accesibilidad para su realización, pero es poco específica. Se utiliza en pacientes que no pueden caminar en la cinta ergométrica por tener alta clase funcional, secuelas neurológicas, algunos pacientes con síndrome de Down y todos los pacientes dependientes de oxigenoterapia ambulatoria³.

La prueba ergométrica tradicional

Nos aporta capacidad funcional en MET estimados, ya que no lo mide directamente, evolución de la frecuencia cardíaca en esfuerzo y recuperación, monitoreo continuo que permite evaluar arritmias y evolución de la presión arterial en esfuerzo y recuperación. Esta prueba fue diseñada inicialmente para detectar insuficiencia coronaria en pacientes con corazón sano; en el caso de los pacientes con cardiopatías congénitas resulta insuficiente pues no puede identificar la causa del deterioro de la capacidad funcional³.

1. Médica especialista en Cardiología Pediátrica. Médica de Planta y Responsable del Laboratorio de Ergometría y Consumo de Oxígeno de la División Cardiología del Hospital de Niños "Ricardo Gutiérrez".
2. Médico especialista en Cardiología Pediátrica. Laboratorio de Ergometría y Consumo de Oxígeno de la División Cardiología del Hospital de Niños "Ricardo Gutiérrez". Hospital de Niños de San Isidro.
3. Médica especialista en Cardiología Pediátrica. Especialista en Medicina del Deporte. Médica de Planta de la División Cardiología del Hospital de Niños "Ricardo Gutiérrez"

✉ **Correspondencia:** Dra. Inés T. Abella | Sánchez de Bustamante 1451, CABA | Tel: 54-11-49622628 | falonsoabella@gmail.com

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Recibido: 10/05/2015 | Aceptado: 21/05/2015

Recordar que 1 MET = 3,5 ml/kg/min de VO₂

La ergometría convencional sobreestima los MET alcanzados en pacientes con enfermedad cardíaca: insuficiencia cardíaca, hipertensión pulmonar y cardiopatías congénitas.

Prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP)



Figuras 1 y 2. Equipo de ergometría con medición de consumo de oxígeno.

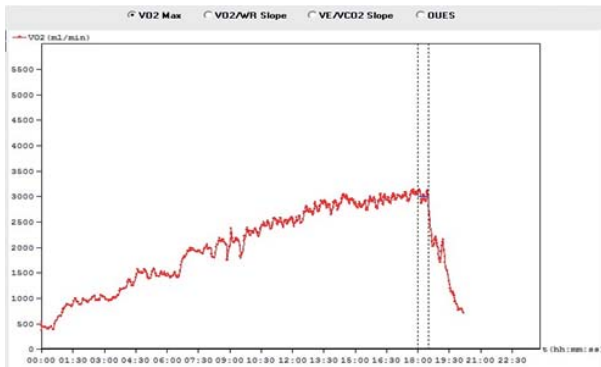


Figura 3. Ejemplo de consumo de oxígeno pico (VO_2 , ml/kg/min pico).

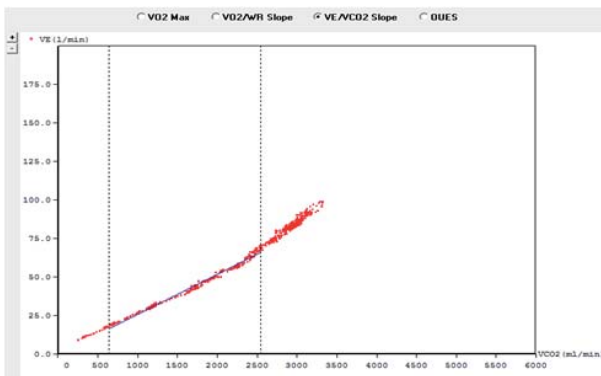


Figura 5. VE/CO_2 slope (eficiencia ventilatoria).

Esta prueba incorpora la medición de los gases ventilados a la evaluación ergométrica convencional, constituyendo un aporte de interés tanto para la comprensión fisiopatológica como para el diagnóstico y evaluación pronóstica del paciente. La medición de consumo de oxígeno (VO_2 pico) refleja el aporte de oxígeno por el sistema respiratorio, el transporte del mismo por el sistema cardiovascular y su utilización por la célula muscular durante un esfuerzo máximo⁷⁻¹⁰. Ha sido utilizada ampliamente en la evaluación de pacientes con patología cardíaca crónica como insuficiencia cardíaca, miocardiopatías, pre y post trasplante cardíaco, con patología valvular y patología respiratoria.

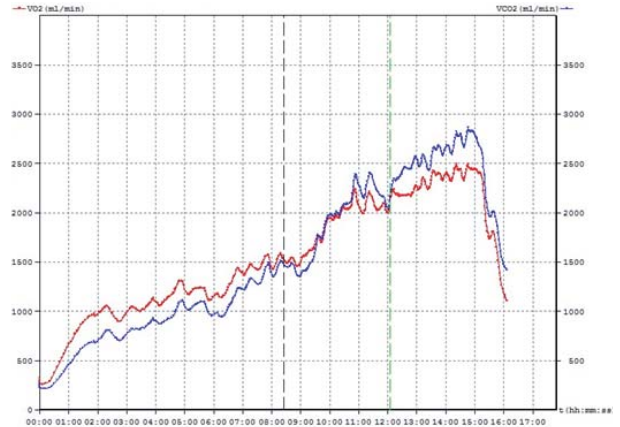


Figura 4. Coeficiente R (R).

Muchos pacientes adultos portadores de cardiopatías congénitas no refieren limitaciones físicas en el interrogatorio, pero el consumo de O_2 pico se encuentra disminuido en comparación con los normales. Las variables cardiopulmonares que contribuyen a disminuir la tolerancia al ejercicio incluyen disfunción sistólica y diastólica de ambos ventrículos, la ausencia del ventrículo derecho en el *bypass* total, la insuficiencia o estenosis valvulares como la insuficiencia pulmonar severa en la tetralogía de Fallot operada, la disfunción del nódulo sinusal como la observada en la corrección auricular de la transposición de los grandes vasos, las arritmias, la hipertensión pulmonar, la cianosis residual, etc.

TÉCNICA

Además de la conexión habitual de la ergometría convencional (12 derivaciones), medición de presión arterial y saturación de oxígeno, para la recolección de gases se utiliza una mascarilla junto con un sistema valvulado que permite la respiración del aire ambiente y la espiración de los gases (Figuras 1 y 2). El sistema analiza la concentración de O_2 y CO_2 en los gases espirados.

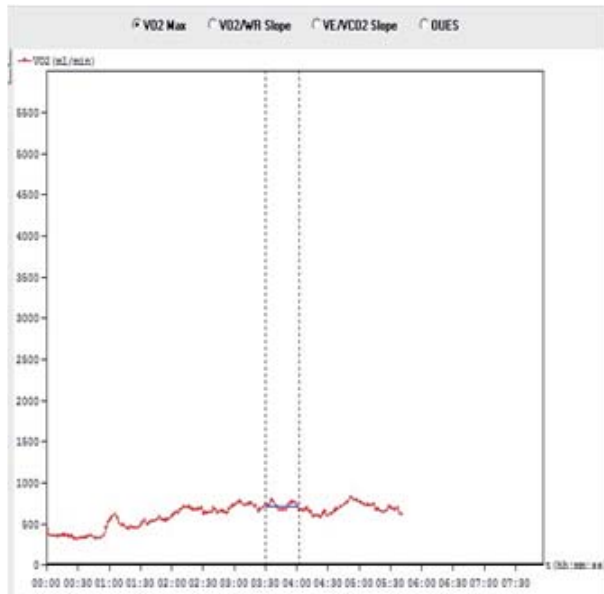


Figura 6. Ejemplo de consumo de oxígeno en un paciente con hipertensión pulmonar.

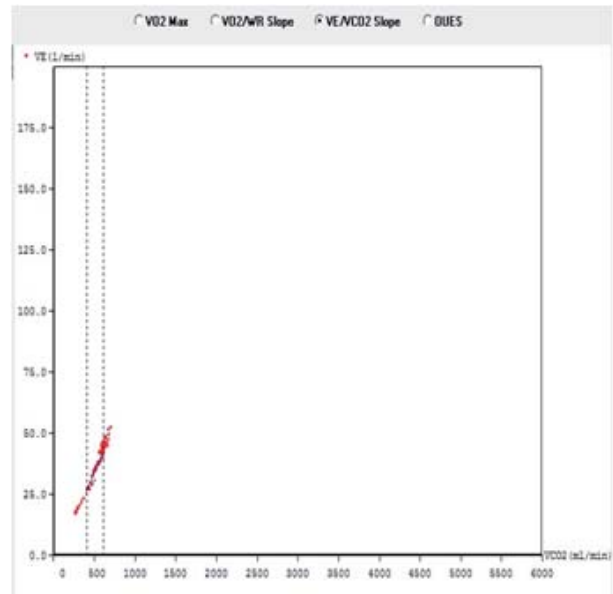


Figura 7. Ejemplo de VE/CO2 slope en paciente con hipertensión pulmonar.

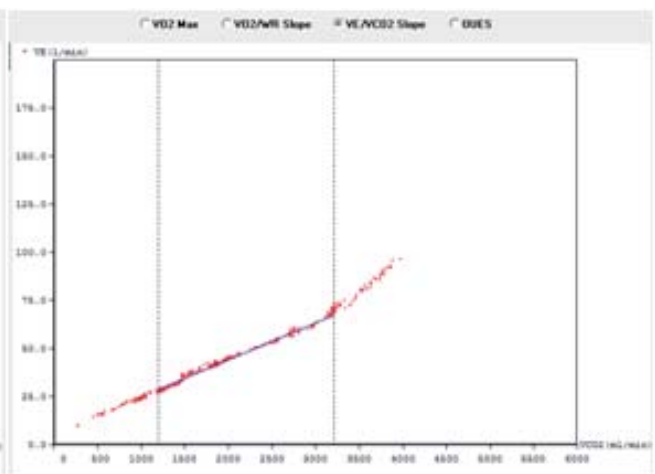
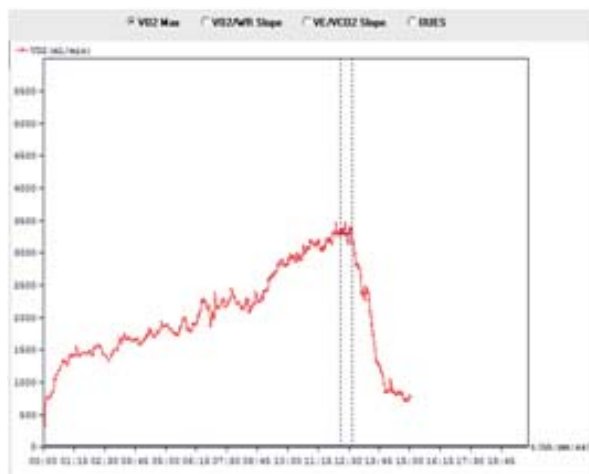


Figura 8. VO2 y VE/CO2 slope en un individuo normal.

VARIABLES EVALUADAS

Consumo de oxígeno pico (VO_2 ml/kg/min pico) (Figura 3)

El consumo de O_2 pico por kilo de peso es el promedio más alto entre los últimos 1060 s de la prueba. Está influenciado por factores centrales (cardiovasculares/pulmonares) y periféricos (musculoesqueléticos). El VO_2 pico varía con la edad, tiende a incrementarse y llegar al máximo en la adolescencia y juventud y declinar luego progresivamente. Los valores normales varían en un amplio rango, entre 15 y 80 ml/kg/minuto. Difiere en varones y mujeres solo luego de la pubertad y es directamente proporcional al aumento de la superficie corporal, mayor masa muscular y mayor entrenamiento físico. Se evalúa con respecto al 100% del porcentaje del predicho. Es el marcador pronóstico universal⁷⁻¹⁰.

Coefficiente R (R) (Figura 4)

Definido como el cociente entre VCO_2 y VO_2 (VCO_2/VO_2). Cuando el ejercicio alcanza una alta intensidad, el VCO_2 supera al VO_2 , y se ob-

serva el entrecruzamiento entre las curvas. Su relación será 1 o más de 1. Valor normal: se acepta un valor pico >1,1 como excelente esfuerzo físico⁷⁻¹⁰.

VE/CO₂ slope (eficiencia ventilatoria) (Figura 5)

Relación entre el VE (ventilación pulmonar) en el eje "y" y el VCO_2 (producción de anhídrido carbónico) en el eje "x". Se calcula por regresión lineal utilizando los datos obtenidos durante el esfuerzo.

Es un índice de la eficiencia del intercambio de gases durante el ejercicio y un marcador de riesgo importante. Trastornos de ventilación-perfusión se asocian con un VE/CO₂ patológico. También está aumentado en pacientes cianóticos que tienen un CO₂ aumentado en reposo y que aumenta más durante el ejercicio. En pacientes adultos el valor normal debe ser inferior a 30⁷⁻¹⁰.

En el paciente con cardiopatía congénita puede hacer sospechar hipertensión pulmonar o disfunción ventricular.

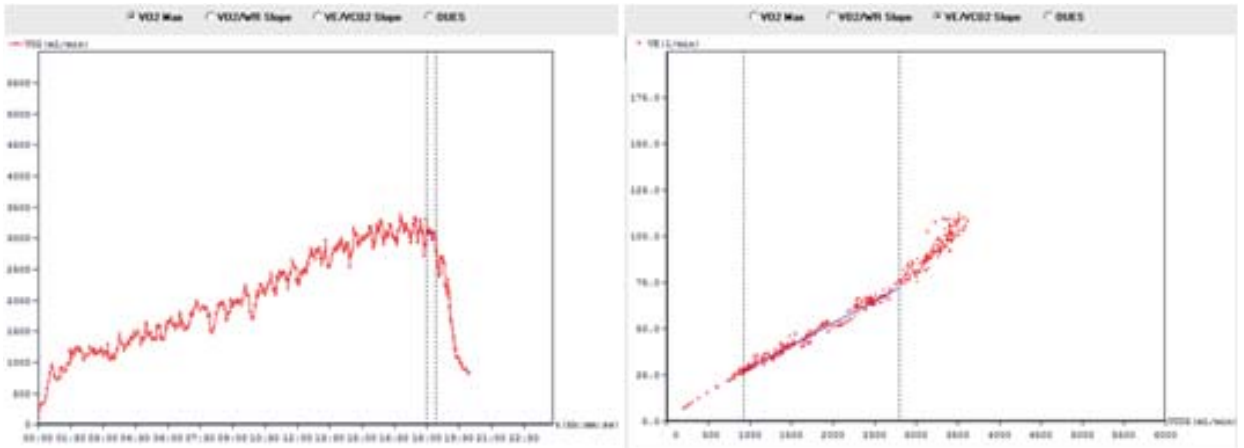


Figura 9. VO₂ y VE/VCO₂ SLOPE en paciente con Cardiopatía congénita de grado leve.

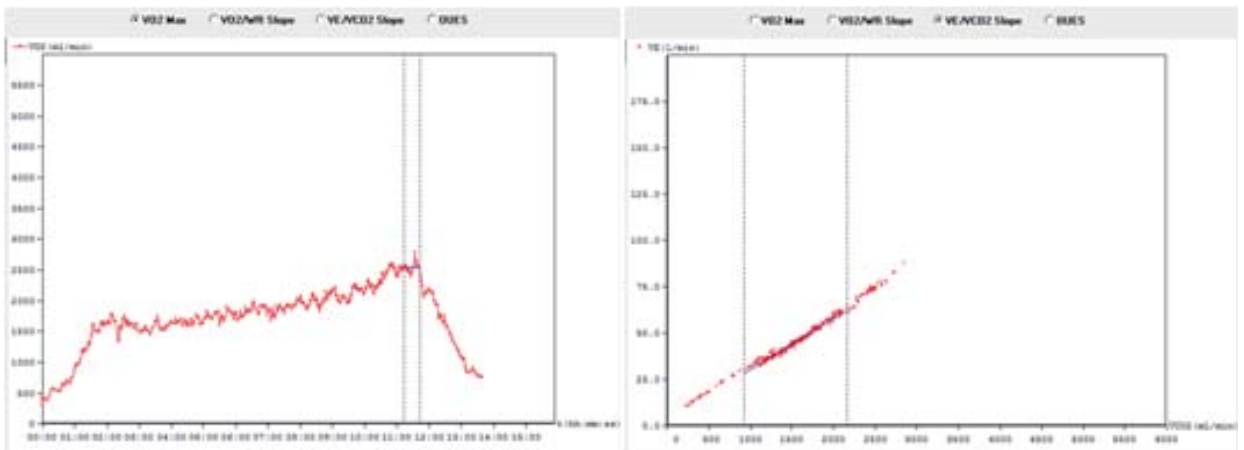


Figura 10. VO₂ y VE/VCO₂ SLOPE en un paciente con cardiopatía congénita de grado moderado.

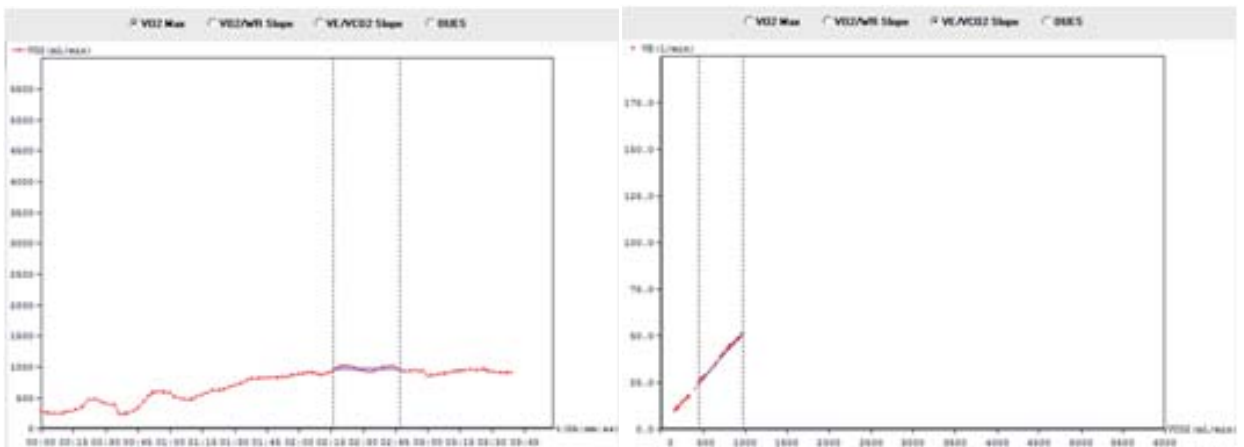


Figura 11. VO₂ y VE/VCO₂ SLOPE en un paciente con cardiopatía congénita de grado severo.

Pulso de O₂ pico: VO₂/FC

Cociente entre VO₂ ml/min y FC l/min. El pulso de O₂ pico está relacionado con el volumen sistólico en el pico del ejercicio y es por lo tanto para el clínico uno de los índices disponibles más usados en el laboratorio de ejercicio. VO₂/FC=Pulso de O₂=(volumen mi-

nuto/FC) × (Dif. A-V). Se evalúa con respecto al 100% del predicho. Aumenta durante el ejercicio con un pequeño *plateau* acercándose al Mx. esfuerzo. Representa en forma no invasiva el volumen minuto. Disminuye cuando hay disfunción ventricular izquierda⁷⁻¹⁰. En pacientes con insuficiencia crónica está sobreestimado.

VO₂ ml/kg/min en umbral anaeróbico ventilatorio.

VO₂ submáximo cuando hay un incremento no lineal del VE y VCO₂. Asociado generalmente con el umbral anaeróbico. Usualmente está entre el 50-65% del VO₂ pico. La forma directa de medirlo es a través del análisis de lactato en sangre.

Además se suman variables obtenidas en la ergometría convencional como FC (frecuencia cardíaca pico) también evaluada con respecto al 100% del predicho, presión arterial sistólica y diastólica, doble producto, saturación de O₂, MET (que en este caso serán reales pues el VO₂ se mide directamente)⁷⁻¹⁰.

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EN LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS

El consumo de oxígeno está disminuido en los pacientes con cardiopatías congénitas con respecto a los normales de la misma edad, de la misma manera que pasa con los pacientes con insuficiencia cardíaca e igual clase funcional NYHA^{1-6,14,19-22}.

Se observa una declinación gradual del VO₂ pico a lo largo del espectro de las cardiopatías congénitas; según distintos autores, el mejor consumo de oxígeno se observa en los pacientes operados de coartación de aorta, observándose el peor consumo VO₂ pico en los pacientes con transposición congénitamente corregida de los grandes vasos, cardiopatías complejas y Eisenmenger^{14,24}.

Por ello el *test* de ejercicio cardiopulmonar como evaluación rutinaria en el seguimiento del paciente con cardiopatía congénita del adulto sería mandatoria para revelar cambios en la capacidad de ejercicio como signo temprano de disfunción cardíaca⁶. Diller GP *et al.* sugiere que el consumo de oxígeno máximo (VO₂ ml/kg/min pico) es un indicador pronóstico de hospitalización y muerte en el seguimiento. En su trabajo sobre 335 pacientes con cardiopatía congénita del adulto, un VO₂ pico > 27 ml/kg/min estaba asociado a una tasa libre de evento a los 500 días de seguimiento del 97%, que caía al 63,4% en aquellos con VO₂ pico entre 15,5 y 27 ml/kg/min y al 50,5% en aquellos con VO₂ pico <15,5 ml/kg/min¹.

También en VE/VCO₂ *slope* los valores más altos se encuentran en los pacientes con Eisenmenger y los valores más bajos en pacientes con trasposición completa de grandes vasos operados con técnica de *switch* y coartación de aorta. Es también un importante marcador pronóstico más específico en pacientes acianóticos ya que en los cianóticos está aumentado sólo por el hecho de la cianosis^{3,25,26}.

En cuanto a la progresión de la frecuencia cardíaca durante el esfuerzo, los pacientes con ritmo sinusal tienen frecuencia cardíaca pico más alta. Muchos pacientes con cardiopatías cianóticas operadas tienen insuficiencia cronotrópica, lo mismo que en los pacientes betabloqueados^{2,3}. El pulso de oxígeno pico (VO₂/FC) es bajo en los pacientes con disfunción sistólica. Los pacientes que presentan insuficiencia cronotrópica tienen un pulso de oxígeno pseudo normal ya que la FC pico baja encubre un bajo VO₂ pico^{2,3}.

La mayoría de los pacientes alcanzan un coeficiente R mayor de 1,10, que llega en muchos casos a 1,20 indicando un excelente esfuerzo físico. Se ha observado que pacientes cianóticos frecuentemente no alcanzan un R de 1 y que estos tienen tendencia a un peor pronóstico².

Riesgo de eventos de acuerdo a los valores de la PECP

VE/VCO ₂ <i>slope</i>	VO ₂ pico
<30	>20 ml/kg/min
30-35,9	16 -20 ml/kg/min
36-44,9	10 -15,9 ml/kg/min
>45	<10 ml/kg/min

Hemodinamia	Electrocardiograma	Recuperación FC
Elevación normal de la presión arterial durante el esfuerzo	Arritmias no sostenidas	>12 latidos en el 1er minuto de la recuperación
Escaso o nulo aumento de la PA durante el esfuerzo	Ritmo alterado, foco ectópico	<12 latidos en el 1er minuto de la recuperación
Caída de la PA sistólica durante la prueba de esfuerzo	Arritmias sostenidas durante el esfuerzo o posesfuerzo	<12 latidos en el 1er minuto de la recuperación

Verde: >90% libre de eventos a 1-4 años.
Rojo - amarillo - naranja: indica progresivamente peor pronóstico.

Mayoría de variables rojas: alto riesgo de eventos adversos >50% en los próximos 1-4 años. Indica aumento de severidad de la enfermedad, riesgo de insuficiencia cardíaca e hipertensión pulmonar. Considerar medicación más agresiva y opción quirúrgica³.

ACTIVIDADES FÍSICAS DE ACUERDO AL CONSUMO DE OXÍGENO PICO Y GRADO DE CARDIOPATÍA

Una de las preguntas más frecuentes que hacen los pacientes es sobre el tipo de actividad física que pueden realizar, tanto deportiva como referida a la actividad laboral, de acuerdo con el grado de su cardiopatía^{11,12} y a su estado físico. Por este motivo confeccionamos este cuadro basados en el trabajo de Aleksander Kempny *et al.* (14), el *Compendium of Physical Activities*²⁷ y el Consenso del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardíaca⁸

VO ₂ ml/kg/min	Actividades de la casa	Transporte	Deporte	Ocupación
40			Fútbol, rugby	Bombero
35			Tenis, basquetbol	Manejar camión, usar herramientas pesadas
30		Bicicleta a velocidad moderada	Natación recreacional	Trabajo agrícola, trabajo pesado parado
25		Caminar 5,6 km/h	Golf	Carpintería, panadería
20		Subir escaleras	Pilates	Electricista, plomero
15	Limpieza - jardinería	Manejar automóvil, caminar a 3,2 km/h	Billar	Cocinero, trabajo liviano parado
10	Cocinar	Volar aeroplano, helicóptero	Ajedrez	Peluquero, trabajo ligero de oficina

Verde: cardiopatías de grado leve. Amarillo: cardiopatías de grado moderado. Rojo: cardiopatías de grado severo.

Las cardiopatías de grado leve con más de 30 ml/kg/min de VO_2 pico y sin arritmias, pueden realizar todo tipo de actividades físicas incluso deportes en forma competitiva. Existen sin embargo cardiopatías leves con disfunción ventricular o arritmias complejas que inhabilitan a estos pacientes para la actividad física competitiva.

Algunas cardiopatías como la coartación de aorta operada (cardiopatía de grado moderado) sin hipertensión arterial residual y la trasposición de grandes vasos (cardiopatía de grado severo) operada con técnica de *switch* arterial presentan valores altos de VO_2 pico en la PECP,

pero no es recomendable que realicen actividades físicas extenuantes ni deportes a nivel competitivo.

Abreviaturas

PECP: Prueba de ejercicio cardiopulmonar

VO_2 : Consumo de oxígeno

VCO_2 : Producción de anhídrido carbónico

VE: Ventilación pulmonar

VE/ VCO_2 slope: Eficiencia ventilatoria

VO_2/FC : Pulso de oxígeno

BIBLIOGRAFÍA

- Diller GP, Dimopoulos K, Okonko D, Li W, Babu-Narayan SV, Broberg CS, et al. Exercise intolerance in Adult Congenital Heart Disease: Comparative Severity, correlates and prognostic implication. *Circulation* 2005; 112: 828-835.
- Inuzuka R, Diller G, Borgia F, Benson L, Tay E, Alonso-Gonzalez R, et al. Comprehensive use of cardiopulmonary exercise testing identifies adults with congenital heart disease at increased mortality risk in the medium term. *Circulation* 2012, Jan 17; 125(2):250-9.
- Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012; 126: 01-22.
- Buys R, Cornelissen V, Van De Bruaene A, Stevens A, Coeckelberhs E, Onkelinx E, et al. Measures of exercise capacity in adults with congenital heart disease. *International Journal of Cardiology* 153 (2011) 26-30
- Johnson J, Yetman A. Cardiopulmonary exercise testing in adults with congenital heart disease. *Progress in Pediatric Cardiology* 34 (2012) 47-52.
- Fredriksen P, Veldtman G, Hechter S, Therrien J, Chen A, Warsi M, et al. Aerobic capacity in adults with various congenital heart diseases. *Am J Cardiol.* 2001;87:310-314.
- Wasserman K, Hansen J, Sue D, Stringer W, Sietsema K, Sun X, et al. *Exercise Testing and Interpretation. Fifth Edition.* Philadelphia Pa. Lippincott; 2012: 173-178.
- Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R, et al. Consenso Argentino 2010. Prueba Ergométrica Graduada. Sociedad Argentina de Cardiología 2010.
- Milani R, Lavie C, Mehra M, Ventura H. Understanding the Basis of Cardiopulmonary Exercise Testing. *Mayo Clin Proc, Diciembre 2006*; 81(12):1603-1611.
- Balady G, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher G, et al. Clinical's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults, A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2010;122:191-225.
- Wames C, Williams R, Bashore T, Child J, Connolly H, Dearani J, et al. ACC/AHA 2008 Guidelines for the Management of Adults with Congenital Heart Disease. *JACC* 2008; Vol. 52, Nº 23, 143-263.
- Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot N, De Haan F, Deanfield J, Galie N, et al. Guía de práctica clínica de la ESC para el manejo de cardiopatías congénitas en el adulto (nueva versión 2010). *Rev. Esp. Cardiol.* 2010;63(12): 1984.e1 -e59
- Johnson J, Yetman A. Cardiopulmonary exercise testing in adults with congenital heart disease. *Progres in Pediatric Cardiology* 34 (2012) 47-52.
- Kempny A, Dimopoulos K, Uebing A, Mocerri P, Swan L, Gatzoulis M, et al. Reference values for exercise limitations among adults with congenital heart disease. Relation to activities of daily life-single centre experience and review of published data. *European Heart Journal* (2012) 33, 1386 – 1396
- Pelliccia A, Zipes D, Maron B. Bethesda Conference #36 and the European Society of Cardiology Consensus Recommendations Revisited. *JACC* Vol. 52, Nº 24, 2008: 1990- 1996.
- Maron B, Zipes D. 36th Bethesda Conference : Elegibility Recommendations for Competitive Athletes with cardiovascular abnormalities. *JACC* Vol. 45, Nº 8, 2005: 1313-1375.
- Peidro R, Brión G, Bruzzese M, González Naya E, Peralta S, Duronto E, et al. Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular. Comité de Medicina del Deporte. Sociedad Argentina de Cardiología. Recomendaciones para la participación en deportes competitivos en personas con anomalías cardiovasculares. *Rev Arg. Cardiol.* 2013; 1-63.
- Boraita Perez A, Baño Rodrigo A, Berrazueta Fernández J, Lamiel Alcaine R, Luengo Fernandez E, Menonelles Marqueta P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev. Esp. Cardiol.* 2000; 53: 684-726.
- Kipps A, Graham D, Harrild D, Lewis E, Powell A, Rhodes J. Longitudinal Exercise Capacity of Patients With Repaired Tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2011; 108: 99 – 105.
- Sabate Rotes A, Johnson J, Burkhart H, Eidem B, Allison T, Driscoll D. Cardiorespiratory Response to Exercise before and after Pulmonary Valve Replacement in Patients with Repaired Tetralogy of Fallot: A Retrospective Study and Systematic Review of the Literature. *Congenital Heart Disease* 2004, 1-8.
- Khiabani R, Whitehead K, Han D, Restrepo M, Tang E, Bethel J, et al. Exercise capacity in single-ventricle patients after Fontan correlates with haemodynamic energy loss in TCPC (Total Cavopulmonary correction). *Heart* 2015; 101:139-143.
- Giardini A, Khambadkone S, Rizzo N, Riley G, Pace Napoleone C, Muthialu N, et al. Determinants of exercise capacity after arterial switch operation for Transposition of the Great Arteries. *Am J Cardiol.* 2009; 104:1007-1012.
- Fredriksen P, Therrien J, Veldtman G, Ali Warsi M, Liu P, Thaulow E, et al. Aerobic capacity in adults with tetralogy of Fallot. *Cardiol Young.* 2002; 12: 554-559.
- Bansal M, Fiutem J, Hill J, O'Riordan M, Zahka K. Oxygen Pulse Kinetics in Fontan patients during treadmill ramp protocol Cardiopulmonary Exercise Testing. *Pediatr Cardiol* (2012) 33: 1301-1306.
- Hoshimoto-Iwamoto M, Koike A, Nagayama O, Tajima A, Uejima T, Adachi H, et al. Determination of the VE/ VCO_2 slope from a constant work-rate exercise test in cardiac patients. *J. Physiol. Sci.* 2008; 58 (4): 291 – 295.
- Nagano Y, Baba R, Kuraishi K, Yasuda T, Ikoma M, Nishibata K, et al. Ventilatory control during exercise in normal children. *Pediatric Research* (1998) 43, 704-707.
- Ainsworth B, Haskell W, Whitt M, Irwin M, Swartz A, Strath S, et al. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:S498-S504.