

# Prueba de ejercicio cardiopulmonar en niños sanos

## Cardiopulmonary Exercise Testing in Healthy Children

INÉS T. ABELLA<sup>MTSAC, 1</sup>, ALEJANDRO C. TOCCI<sup>1</sup>, DIEGO E. IGLESIAS<sup>1, 2</sup>, CLAUDIO MORÓS<sup>1</sup>, ALBERTO F. LEVERONI<sup>1</sup>, MIRTA CALATAYUD<sup>2</sup>, KARINA ANATRELLA<sup>1</sup>, MARÍA GRIPPO<sup>MTSAC, 1</sup>

### RESUMEN

**Introducción:** La prueba de ejercicio cardiopulmonar es una valiosa herramienta para evaluar la condición clínica y el pronóstico en pacientes con patología cardiovascular, por lo que resulta fundamental contar con valores normales de referencia en niños sanos.

**Objetivo:** Realizar la prueba de ejercicio cardiopulmonar en niños sanos para obtener valores referenciales en nuestros laboratorios.

**Material y métodos:** Se incluyeron 215 niños sanos, que realizaron la prueba de ejercicio cardiopulmonar. Se dividieron en dos grupos: A, prepuberal y B, puberal. Estos grupos, a su vez, se dividieron en varones y mujeres. La prueba se realizó en cinta ergométrica, con saturación de O<sub>2</sub> y análisis de gases espirados respiración por respiración con un equipo marca COSMED. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 17.

**Resultados:** Los grupos A y B son significativamente diferentes en edad, peso, talla y superficie corporal. Se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en VO<sub>2</sub> ml/min (p < 0,0000), cociente de intercambio respiratorio (p < 0,01), pulso de O<sub>2</sub> ml/lpm (p < 0,0000) y pendiente VE/VCO<sub>2</sub> (p < 0,0000). En el análisis por sexo se encontraron diferencias significativas en VO<sub>2</sub> ml/kg/min pico, VO<sub>2</sub> ml/min pico, MET, pendiente VE/VCO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub> ml/kg/min en umbral anaeróbico ventilatorio. En el grupo A se observó además una diferencia significativa por sexo en la frecuencia cardíaca pico. El VO<sub>2</sub> ml/min y el pulso de O<sub>2</sub> pico (VO<sub>2</sub> ml/frecuencia cardíaca) aumentaron con la superficie corporal y con la edad. La pendiente VE/VCO<sub>2</sub> disminuye con la edad.

**Conclusiones:** Los datos obtenidos en este estudio permiten el análisis de variables de la prueba de ejercicio cardiopulmonar en niños sanos de acuerdo con edad y sexo. Estos valores se podrán utilizar como datos referenciales para evaluar pacientes con enfermedad cardiovascular en la Argentina.

**Palabras clave:** Prueba de esfuerzo - Niños - Consumo de oxígeno

### ABSTRACT

**Background:** Cardiopulmonary exercise testing is a valuable tool for assessing the clinical condition and prognosis of patients with cardiovascular disease; it is therefore essential to have normal reference values in healthy children.

**Objective:** The aim of this study was to perform cardiopulmonary exercise testing in healthy children to obtain reference values in our laboratories.

**Methods:** Cardiopulmonary exercise testing was performed in 215 healthy children divided into 2 groups: A, Prepubertal and B, Pubertal. These groups were in turn divided into male and female. The test was performed on a treadmill with O<sub>2</sub> saturation and breath-by-breath expired gas analysis with a COSMED system. Statistical analysis was performed with SPSS 17 software package.

**Results:** The A and B groups are significantly different in age, weight, height, and body surface area. Significant differences were found between the two groups in VO<sub>2</sub> ml/min (p < 0.0000), respiratory exchange ratio (p < 0.01), O<sub>2</sub> pulse in ml/bpm (p < 0.0000) and VE/VCO<sub>2</sub> slope (p < 0.0000). In the analysis by gender there were significant differences in peak VO<sub>2</sub> ml/kg/min, peak VO<sub>2</sub> ml/min, MET, VE/VCO<sub>2</sub> slope and VO<sub>2</sub> ml/kg/min in ventilatory anaerobic threshold. Group A also showed significant gender difference in peak heart rate. VO<sub>2</sub> ml/min and peak O<sub>2</sub> pulse (VO<sub>2</sub> ml/heart rate) increased with age and body surface area. The VE/VCO<sub>2</sub> slope decreases with age.

**Conclusions:** The data obtained in this study allow analysis of cardiopulmonary exercise testing variables in healthy children according to age and gender. These values can be used as reference data to evaluate patients with cardiovascular disease in Argentina.

**Key words:** Exercise Test - Child - Oxygen consumption

REV ARGENT CARDIOL 2016;84:431-437. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v84.i5.8751>

Recibido: 30/03/2016 - Aceptado: 19/05/2016

Dirección para separatas: Dra. Inés T. Abella - Servicio de Cardiología - Hospital de Niños Dr. Ricardo Gutiérrez - Gallo 1330 - (C1425EFD) CABA - Tel. +54 11 4962-2628 - e-mail: falonsoabella@gmail.com

MTSAC Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

<sup>†</sup> Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

<sup>1</sup> Hospital de Niños Dr. Ricardo Gutiérrez

<sup>2</sup> Hospital Italiano de Buenos Aires

## Abreviaturas

<b>CABA</b>	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	<b>PECP</b>	Prueba de ejercicio cardiopulmonar
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono	<b>REER</b>	<i>Respiratory exchange ratio</i> (cociente respiratorio)
<b>FC</b>	Frecuencia cardíaca	<b>UA</b>	Umbral anaeróbico
<b>MET</b>	Unidad de medida del índice metabólico	<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	Ventilación pulmonar/Producción de anhídrido carbónico
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno	<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de oxígeno

## INTRODUCCIÓN

La función del sistema cardiopulmonar es proveer flujo sanguíneo, por lo tanto, oxígeno (O<sub>2</sub>), a los tejidos en cantidad suficiente para soportar las necesidades metabólicas del organismo. La prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP) evalúa estas funciones en el ejercicio cuando el metabolismo está incrementado al máximo. (1-3) Al realizar un esfuerzo físico se producen cambios en el organismo para adaptarse a los nuevos requerimientos energéticos; en individuos normales se triplica la frecuencia cardíaca (FC) de reposo, se reducen las resistencias vasculares pulmonares, se incrementa el volumen sistólico y aumenta la presión arterial. Estos cambios producen un aumento del volumen minuto, que se quintuplica con el máximo esfuerzo. (2, 4, 5) La PECP se utiliza ampliamente en la evaluación de pacientes con patología cardíaca crónica como insuficiencia cardíaca, miocardiopatías, pretrasplante y postrasplante cardíaco, con patología valvular y con patología pulmonar en la población adulta. (1, 5, 6) En pediatría se utiliza en la evaluación de las cardiopatías congénitas, para las que los valores de consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), pendiente (*slope*) ventilación pulmonar/producción de anhídrido carbónico (VE/VCO<sub>2</sub>) y pulso de O<sub>2</sub> constituyen marcadores de riesgo precoces. En las cardiopatías congénitas, como ya se ha demostrado en numerosas publicaciones, la capacidad funcional está reducida. Las variables cardiopulmonares que contribuyen a disminuir la tolerancia al ejercicio incluyen la disfunción sistólica y diastólica de ambos ventrículos, la ausencia del ventrículo venoso en el *bypass* total, la insuficiencia o estenosis valvulares, como la insuficiencia pulmonar grave en la tetralogía de Fallot operada, la disfunción del nódulo sinusal, como la observada en los pacientes con transposición de los grandes vasos operada con técnicas auriculares, las arritmias, la hipertensión pulmonar, la cianosis residual, etc. (7-15) Los valores obtenidos en la PECP constituyen datos que nos ayudan a comprender los distintos mecanismos fisiopatológicos que reducen la capacidad funcional en estos pacientes y que se utilizan como marcadores de riesgo.

Por tal motivo resulta fundamental contar con valores normales de estos parámetros en niños sanos, obtenidos en nuestro laboratorio, para poder compararlos con pacientes con cardiopatías congénitas. Este trabajo intenta aportar una metodología de evaluación que no se ha utilizado en nuestro medio hasta el momento en la población pediátrica y de la cual existe poca bibliografía mundial.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo entre diciembre de 2012 y octubre de 2015 en dos centros, uno público y otro privado, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) se incluyeron en forma consecutiva 215 niños sanos (191 y 24, respectivamente), no entrenados o que realizan solo deporte recreativo, de entre 6 y 17 años de edad, 138 varones y 77 mujeres. Los niños se dividieron en dos grupos, según la edad: Grupo A, de 6 a 11 años y Grupo B, de 12 a 17 años.

Para esta división de los grupos se tuvo en cuenta la edad media del comienzo de la pubertad en la población argentina, (16, 17) que es de 11 años en las mujeres y de 11,8 años en los varones. Por lo tanto, en el Grupo A los niños son prepuberales y en el Grupo B en su mayoría ya comenzaron la pubertad.

La prueba se realizó en cinta ergométrica (*treadmill*), siguiendo el protocolo de Bruce hasta el agotamiento, con monitorización electrocardiográfica continua de 12 derivaciones, registro de presión arterial, saturación de O<sub>2</sub> (en %) y análisis de gases espirados respiración por respiración con un equipo COSMED modelo Quark CPET (Roma, Italia).

Se analizaron las siguientes variables:

- VO<sub>2</sub> ml/min pico: Promedio entre los 10 y 60 últimos segundos del esfuerzo. Representa el más alto consumo de O<sub>2</sub> obtenido en el ejercicio. (6)
- VO<sub>2</sub> ml/kg/min pico: Consumo de O<sub>2</sub> pico por kilo de peso. Varía con la edad, tiende a incrementarse y llegar al máximo en la adolescencia y la juventud y luego declina progresivamente. Difiere entre varones y mujeres y es directamente proporcional al aumento de la superficie corporal, mayor masa muscular y mayor entrenamiento físico. Es un marcador pronóstico universal. (6)
- Coefficiente R: Cociente entre la producción de CO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub>. Cuando la relación es 1:1, se puede asumir que el paciente se encuentra trabajando próximo al umbral anaeróbico (UA); una vez superado el 1:1, el R continúa elevándose. Un valor de 1,09 refleja un valor aceptable de esfuerzo realizado. Para los niños más pequeños se acepta un valor de 1,01. (2-18) Al evaluar los resultados nos permite diferenciar un valor bajo de VO<sub>2</sub> por un pobre esfuerzo del que obedece a causas patológicas.
- MET: Equivalente metabólico. 1 MET = 3,5 ml/kg/min de consumo de O<sub>2</sub>.
- FC pico: Máxima FC alcanzada durante el esfuerzo. También se evalúa con respecto al 100% del predicho.
- Pulso de O<sub>2</sub> pico: Cociente entre VO<sub>2</sub> ml/min y FC lpm. El pulso de O<sub>2</sub> 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 del ejercicio. VO<sub>2</sub>/FC = pulso de O<sub>2</sub> = (volumen minuto / FC) × (dif. A-V). También se evalúa con respecto al 100% del porcentaje del predicho. (1, 6, 18)
- VO<sub>2</sub> ml/kg/min en UA ventilatorio: VO<sub>2</sub> submáximo cuando hay un incremento no lineal de la VE y el VCO<sub>2</sub>. Usualmente está entre el 50% y el 65% del VO<sub>2</sub> pico. (6) En niños, en muchas ocasiones, es difícil de detectar por inmadurez de los sistemas metabólicos. La forma directa de medirlo es a través del análisis de lactato en sangre. Expresa un área

donde se rompe el equilibrio entre la producción y la eliminación de ácido láctico, con la consiguiente acumulación de este, lo cual lleva a la acidosis metabólica y a la activación de los sistemas de taponamiento (*buffering*).

- h. Pendiente (*slope*) VE/VCO<sub>2</sub>: Es la relación entre la ventilación pulmonar (VE) y la producción de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>). Es un índice de la eficiencia del intercambio de gases durante el ejercicio y un marcador de riesgo importante. Indica desacople (*mismatching*) entre la ventilación y la perfusión. Es un parámetro determinado en el ejercicio submáximo, por lo que no es afectado por la voluntad del paciente ni por la intensidad del esfuerzo. Trastornos de ventilación/perfusión se asocian con VE/VCO<sub>2</sub> patológico. También está aumentado en los pacientes cianóticos que tienen un CO<sub>2</sub> aumentado en reposo y que aumenta más durante el ejercicio. (2, 3, 6)
- i. Saturación de O<sub>2</sub>%: Es una variable utilizada en enfermedad cardiopulmonar.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 17 (Chicago, USA). Se empleó la prueba T para dos muestras para comparar las medias de variables continuas homogéneas y la U de Mann-Whitney para variables continuas no homogéneas. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ . Se realizó además en ambos grupos y por sexo análisis de regresión lineal.

### Consideraciones éticas

Por tratarse de un estudio retrospectivo, no se requirió consentimiento informado (Ley 3301 de la CABA). De acuerdo con la ley argentina N° 25.326 de protección de datos personales, toda la información permanecerá en forma confidencial.

## RESULTADOS

La población de 215 niños se dividió en dos grupos. La media y la desviación estándar de los datos antropométricos

se detallan en la Tabla 1. La prueba T mostró diferencias significativas entre las medias de edad, peso, talla, superficie corporal e índice de masa corporal.

Todos los participantes realizaron la PECP sin complicaciones y pudieron completar el protocolo hasta el agotamiento. La monitorización continua del electrocardiograma fue normal; no se registraron arritmias ni trastornos electrocardiográficos. La presión arterial se elevó dentro de límites normales en todos los niños. La saturación de O<sub>2</sub> se mantuvo en valores normales durante toda la prueba. La FC pico fue máxima en todos los casos, sin diferencia significativa entre las medias de ambos grupos. La media de los valores de VO<sub>2</sub> ml/kg/min pico, VO<sub>2</sub> L/min pico, coeficiente R, MET, FC pico, pulso de O<sub>2</sub> pico, % del VO<sub>2</sub> ml/kg/min pico en el UA ventilatorio, VO<sub>2</sub> ml/kg/min en el UA ventilatorio, pendiente VE/VCO<sub>2</sub>, saturación de O<sub>2</sub>% y su significación estadística se detallan también en la Tabla 1.

Como puede observarse en la Tabla 2, tanto en el Grupo A como en el B hubo diferencia estadísticamente significativa entre varones y mujeres en VO<sub>2</sub> ml/kg/min pico, VO<sub>2</sub> L/min pico, MET, pulso O<sub>2</sub> pico y VO<sub>2</sub> ml/kg/min en el UA. La FC pico fue mayor en mujeres en el Grupo A; en el Grupo B, la diferencia entre varones y mujeres fue no significativa. La pendiente VE/VCO<sub>2</sub> fue superior en mujeres del Grupo B, sin diferencia significativa entre varones y mujeres en el Grupo A. No se observaron diferencias significativas entre varones y mujeres en ambos grupos en el cociente respiratorio (RER, del inglés *respiratory exchange ratio*) y el % del VO<sub>2</sub> ml/kg/min en el UA.

El análisis de regresión lineal mostró que el VO<sub>2</sub> ml/min pico aumenta con la edad ( $R^2 = 0,57$ ) (Figura 1) y la superficie corporal ( $R^2 = 0,706$ ) (Figura 2). Se

**Tabla 1.** Media y desviación estándar de los datos antropométricos y de las variables analizadas en la prueba de ejercicio cardiopulmonar y su significación estadística

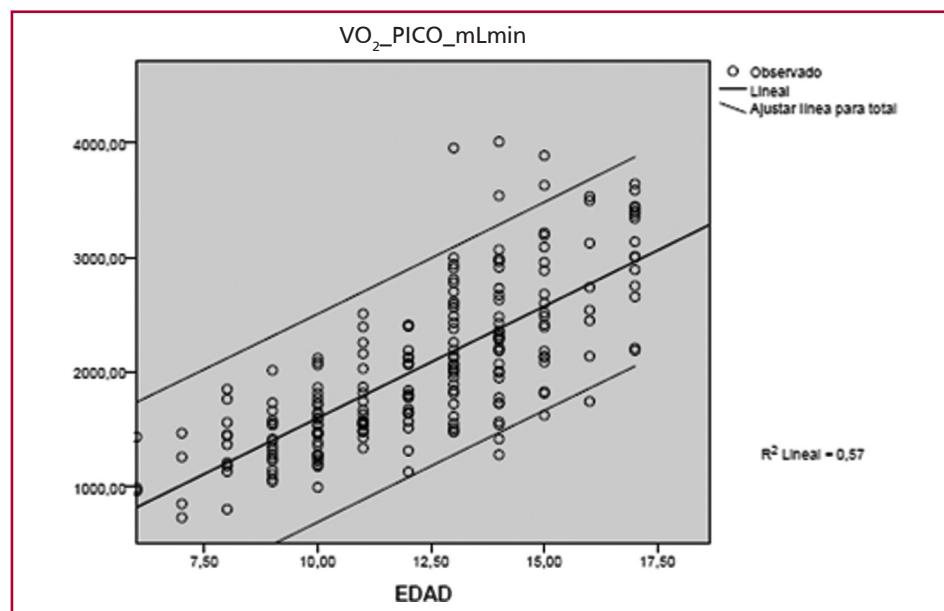
	Grupo A (n = 85)	Grupo B (n = 130)	p
Edad	9,45 ± 1,36	14,06 ± 1,56	0,0000
Peso	35,09 ± 9,19	54,64 ± 11,78	0,0000
Talla	137,40 ± 18,35	132,58 ± 10,34	0,0000
Superficie corporal	1,15 ± 0,20	1,54 ± 0,19	0,0000
IMC	17,79 ± 2,8	20,58 ± 3,12	0,0000
VO <sub>2</sub> ml/kg/min pico	43,28 ± 7,40	43,93 ± 7,87	0,000
VO <sub>2</sub> L/min pico	1.488 ± 348	2.388,7 ± 640,54	0,000
RER pico	1,14 ± 0,08	1,17 ± 0,08	0,011
MET	12,07 ± 2,34	12,39 ± 2,37	ns
FC pico	191,81 ± 8,76	192,18 ± 8,53	ns
Pulso O <sub>2</sub> pico	7,97 ± 1,83	9,7 ± 2,12	0,000
Pendiente VE/VCO <sub>2</sub>	33,40 ± 4,09	28,39 ± 4,35	0,000
%VO <sub>2</sub> ml/kg/min en UA	74,20 ± 12,41	71,49 ± 11,04	ns
VO <sub>2</sub> ml/kg/min en UA	30,90 ± 7,28	30,65 ± 6,82	ns

IMC: Índice de masa corporal. VO<sub>2</sub>: Consumo de oxígeno. RER: Cociente respiratorio. MET: Unidad de medida del índice metabólico. FC: Frecuencia cardíaca. O<sub>2</sub>: Oxígeno. VE/VCO<sub>2</sub>: Ventilación pulmonar/Producción de anhídrido carbónico. UA: Umbral anaeróbico.

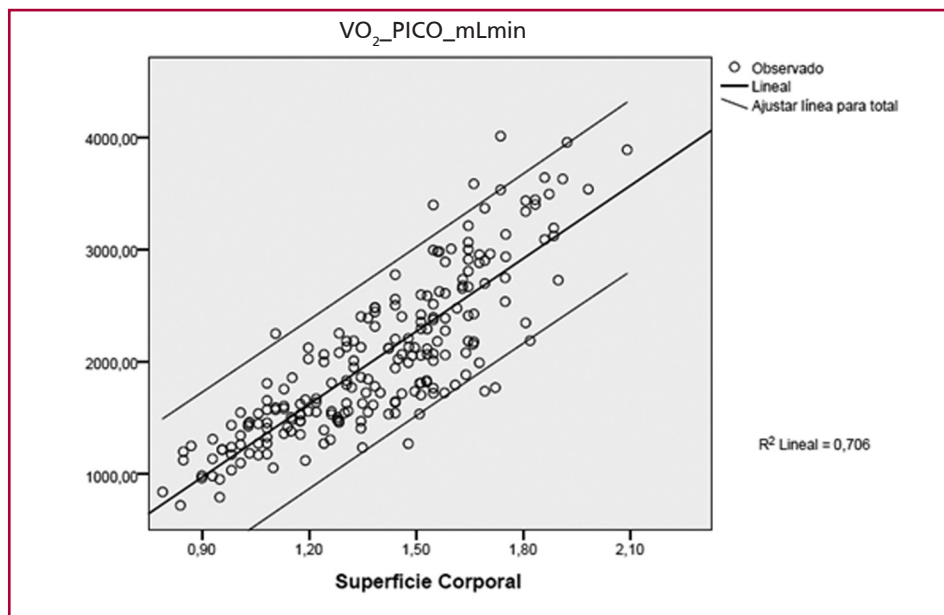
**Tabla 2.** Resultados por sexo de las variables analizadas en la prueba de ejercicio cardiopulmonar en los grupos A y B y su significación estadística

	Grupo A (v) (n = 55)	Grupo A (m) (n = 30)	p	Grupo B (v) (n = 83)	Grupo B (m) (n = 47)	p
VO <sub>2</sub> ml/kg/min pico	45,78 ± 7,09	38,71 ± 5,61	0,000	48,05 ± 5,82	36,66 ± 5,38	0,0000
VO <sub>2</sub> L/min pico	1.535,41 ± 326,72	1.401,36 ± 374,16	0,000	2.663 ± 581,81	1.903,3 ± 412,32	0,0000
RER pico	1,14 ± 0,08	1,14 ± 0,08	ns	1,16 ± 0,08	1,19 ± 0,08	ns
MET	12,67 ± 2,48	10,97 ± 1,57	0,000	13,59 ± 1,83	10,26 ± 1,62	0,0000
FC pico	190,16 ± 8,07	194,83 ± 9,29	0,018	191,86 ± 9,2	192,74 ± 7,27	ns
Pulso O <sub>2</sub> pico	7,97 ± 1,83	7,15 ± 1,96	0,05	13,73 ± 3,25	9,69 ± 2,11	0,0000
Pendiente VE/VCO <sub>2</sub>	33,43 ± 4,09	33,36 ± 4,4	ns	27,78 ± 4,08	29,48 ± 4,65	0,033
%VO <sub>2</sub> ml/kg/min en UA	75,87 ± 10,17	71,03 ± 15,66	ns	70,9 ± 10,95	72,5 ± 11,26	ns
VO <sub>2</sub> ml/kg/min en UA	33,31 ± 6,64	26,35 ± 6,31	0,001	33,12 ± 6,35	26,33 ± 5,32	0,0000

v: Varones. m: Mujeres. VO<sub>2</sub>: Consumo de oxígeno. RER: Cociente respiratorio. MET: Unidad de medida del índice metabólico. FC: Frecuencia cardíaca. O<sub>2</sub>: Oxígeno. VE/VCO<sub>2</sub>: Ventilación pulmonar/Producción de anhídrido carbónico. UA: Umbral anaeróbico.



**Fig. 1.** Relación entre edad y VO<sub>2</sub> pico ml/min; valor medio e IC 95%.



**Fig. 2.** Relación entre superficie corporal y VO<sub>2</sub> ml/min; valor medio e IC 95%.

observó además que el pulso de  $O_2$  ml/lpm aumenta con la edad ( $R^2 = 0,532$ ) y con la superficie corporal ( $R^2 = 0,658$ ), como ya se ha demostrado en otros estudios y que la pendiente  $VE/VCO_2$  disminuye con la edad ( $R^2 = 0,336$ ) (Figura 3) y la superficie corporal ( $R^2 = 0,337$ ), lo cual también coincide con lo referido por otros autores. Si tomamos en cuenta el  $VO_2$  ml/kg/min, el aumento de esta variable no es significativo con la edad ( $R^2 = 0,014$ ) porque el peso actúa como factor de corrección. También se observa que no hay correlación entre FC pico y edad ( $R^2 = 4,831E^{-6}$ ).

En cuanto al % del  $VO_2$  pico ml/kg/min en el UA y el  $VO_2$  ml/kg/min en el UA, se pudo detectar en el 54,4% de los niños del Grupo A y en el 82,2% de los niños del Grupo B, sin diferencias significativas entre ambos grupos.

## DISCUSIÓN

El servicio de Cardiología del Hospital Ricardo Gutiérrez de Buenos Aires ha sido pionero en la utilización de la Prueba de Esfuerzo en pediatría y los valores de referencia en niños sanos publicados en 1990 se utilizan como estándares en nuestro medio. (19) Si bien la prueba de esfuerzo convencional tiene sus indicaciones y resulta muy útil en la evaluación de pacientes con distintas patologías, la incorporación de la medición de los gases ventilatorios a la evaluación ergométrica convencional constituye un aporte de gran interés para la comprensión fisiopatológica, el diagnóstico y el pronóstico de nuestros pacientes con cardiopatías congénitas, ya que la medición directa del  $VO_2$  es mucho más precisa que la indirecta debido a que esta sobrestima su valor y esto es más evidente en los pacientes con patología. (18)

En el análisis de los datos encontrados en los niños estudiados en el presente trabajo vemos que los valores

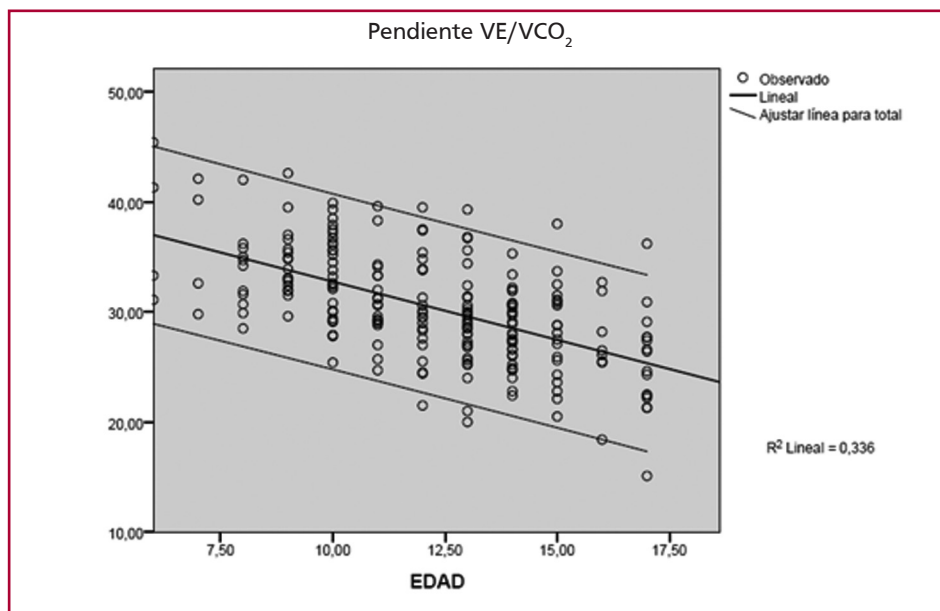
de  $VO_2$  ml/min se incrementan con la edad, hallándose diferencias significativas entre el Grupo A (prepuberal) y el Grupo B (puberal) y entre varones y mujeres, como ya han observado otros autores. Con respecto a las diferencias entre varones y mujeres, hallamos que los varones presentan un  $VO_2$  ml/kg/min pico más alto, también el  $VO_2$  ml/min pico; la diferencia es mayor en el Grupo B (puberal), ya que empieza a disminuir en las mujeres por aumento de grasa corporal, que se mantiene en la adultez, mientras que los varones desarrollan mayor masa muscular. (2, 3, 21) Cuando se toman en cuenta los valores de  $VO_2$  ml/kg/min pico, las diferencias entre ambos grupos no son tan significativas, porque el peso actúa como factor de corrección. Los valores de  $VO_2$  ml/kg/min en nuestra población son similares a los de la literatura. (3, 20-24)

Con respecto al pulso de  $O_2$  pico, el cual relaciona el  $VO_2$  pico en ml/min con la FC, el Grupo B muestra un valor significativamente mayor, ya que a igual FC máxima tiene un consumo más alto de  $O_2$ , lo que demuestra una mejor eficiencia del sistema cardiovascular en los niños mayores respecto de los menores. (2)

La FC entre los grupos A y B no muestra diferencias significativas, como ya se ha demostrado en la bibliografía existente y en nuestra propia experiencia. (19) Se observó una FC pico más alta en mujeres del grupo prepuberal.

La pendiente  $VE/VCO_2$  mostró que disminuye con la edad: fue significativamente mayor en el Grupo A que en el B; este dato ha sido observado por otros autores y ha sido atribuido a una mala distribución del flujo pulmonar con incremento de la presión ligeramente más baja de  $CO_2$  en los niños más pequeños y una mayor eficiencia ventilatoria en los más grandes [mayor volumen corriente (*tidal*) y relativamente más baja frecuencia respiratoria]. Este valor es un índice de

**Fig. 3.** Relación entre edad y pendiente  $VE/VCO_2$ ; valor medio e IC 95%.



intercambio de gases equivalente a la cantidad de litros de aire que se necesitan para eliminar 1 L de  $\text{CO}_2$ . La elevación de la pendiente  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  ha sido relacionada por numerosos autores con un incremento en el riesgo de mortalidad. (25-27)

El UA es una zona donde los requerimientos energéticos no pueden ser suplidos solo por el metabolismo aeróbico, por lo que comienza a desplegarse el metabolismo anaeróbico. Esto incrementa los niveles de ácido láctico en sangre, generando acidosis metabólica, el cual es taponado (*buffering*), lo que produce un exceso de  $\text{CO}_2$ , el  $\text{VCO}_2$  aumenta por encima del  $\text{VO}_2$ , el cual continúa incrementándose, aunque en menor medida y se produce un aumento no lineal de la VE. Consecuentemente, es un índice de la capacidad del sistema cardiovascular para soportar las demandas hemodinámicas de ejercicio intenso. El UA se expresa habitualmente en % de  $\text{VO}_2$  pico predicho y raramente baja más de 40% en ausencia de enfermedad cardiovascular. (2, 6, 18)

Con respecto a los MET, equivalente metabólico en el cual 1 MET es igual a 3,5 ml/kg/min, los referidos en nuestra población son reales, ya que están calculados sobre  $\text{VO}_2$  ml/kg/min medido directamente, por lo que son algo inferiores a los calculados en forma indirecta, como se realiza en una prueba de esfuerzo convencional, y esto es más evidente cuando evaluamos pacientes con cardiopatías congénitas.

Si bien la PECP nos ofrece más datos para poder comprender mejor la fisiopatología de nuestros pacientes que los estudiados en este trabajo, consideramos que estos son los más frecuentemente referidos por otros autores, aunque seguiremos ahondando en otras variables en comunicaciones posteriores.

## CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este estudio permiten el análisis, según edad y sexo, de variables de la PECP en niños sanos. De acuerdo con publicaciones anteriores, el  $\text{VO}_2$  L/min pico y pulso de  $\text{O}_2$  se incrementan con la edad y la superficie corporal y la pendiente  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  disminuye con la edad. Las mujeres del Grupo B tienen más alta pendiente  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  que los varones. El Grupo B presenta más alto RER que el Grupo A. El  $\text{VO}_2$  pico (ml/min y ml/kg/min), los MET y el pulso de  $\text{O}_2$  son mayores en los varones que en las mujeres. No se encontraron diferencias en el RER por género. El % de  $\text{VO}_2$  pico en el UA fue mayor del 70% en ambos grupos, sin diferencia por género. Estos datos se podrán utilizar como datos referenciales para evaluar pacientes con enfermedad cardiovascular en la Argentina.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses.

(Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la web/ Material suplementario).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Wasserman K, Hansen J, Stringer W. Exercise Testing and Interpretation. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Pa: Lippincott; 2012. p. 173-8.
2. Rhodes J, Tikkanen A, Jenkins K. Exercise testing and training in children with congenital heart disease. *Circulation* 2010;122:1957-67. <http://doi.org/dfx5bj>
3. Ten Harkel AD, Takken T, Van Osch-Gevers M, Helbing WA. Normal values for cardiopulmonary exercise testing in children. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011;18:48-54. <http://doi.org/dbjb8r>
4. Stephens P Jr, Paridon SM. Exercise testing in pediatrics. *Pediatric Clin North Am* 2004;51:1569-87. <http://doi.org/dkx7p>
5. Milani R, Lavie C, Mehra M, Ventura H. Understanding the basis of cardiopulmonary exercise testing. *Mayo Clin Proc* 2006;81:1603-11. <http://doi.org/d4xkhn>
6. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012;126:2261-74. <http://doi.org/bhzf>
7. 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. *Int J Cardiol* 2011;153:26-30. <http://doi.org/bxr4gp>
8. 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;104:1007-12. <http://doi.org/c465x6>
9. Sabate Rotes A, Johnson JN, Burkhart HM, Eidem BW, Allison TG, Driscoll DJ. 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. *Congenit Heart Dis* 2014;10:263-70. <http://doi.org/bhzc>
10. Serra-Grima R, Doñate M, Borrás X, Rissech M, Puig T, Albert D y cols. Prueba de esfuerzo con función cardiopulmonar en niños operados de cardiopatía congénita. Recomendaciones de ejercicio físico en el ámbito escolar. *Rev Esp Cardiol* 2011;64:780-7. <http://doi.org/c7vvnj>
11. 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;112:828-35. <http://doi.org/dv8w55>
12. 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 increases mortality risk in the medium term. *Circulation* 2012;125:250-9. <http://doi.org/dmndsv>
13. Ten Harkel AD, Takken T. Exercise testing and prescription in patients with congenital heart disease. *Int J Pediatr* 2010;1-9. <http://doi.org/fdbg8s>
14. Fredriksen P, Therrien J, Veldtman G, AliWarsi M, Liu P, Thaulow E, et al. Aerobic capacity in adults with tetralogy of Fallot. *Cardiol Young* 2002;12:554-9. <http://doi.org/cnms5m>
15. Bansal M, Fiutem JJ, Hill JA, O'Riordan MA, Zahka KG. Oxygen pulse kinetics in Fontan patients during treadmill ramp protocol cardiopulmonary exercise testing. *Pediatr Cardiol* 2012;33:1301-6. <http://doi.org/bhzh>
16. Lejarraga H, Cusuminski M, Castro EP. Age of onset of puberty in urban Argentinian children. *Ann Hum Biol* 1976;3:379-81. <http://doi.org/bt3w38>
17. Lejarraga H, Sanchirico F, Cusuminski M. Age of onset of puberty in urban Argentinian girls. *Ann Hum Biol* 1980;7:579-81. <http://doi.org/ffg3q2>
18. Sociedad Argentina de Cardiología. Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas. Consejo de Ergometría, Rehabilitación Cardiovascular y Cardiología del Deporte. Buenos Aires: Edimed; 2010. p. 97-103.
19. Berri GG, López MS, Abella I, Horacio Lejarraga. Prueba de

esfuerzo en niños sanos. Estándares de referencia de variables fisiológicas. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Pediatría; 1990.

20. Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol* 1984;56:628-34.

21. Gulmans VA, de Meer K, Binkhorst RA, Helders PJ, Saris WH. Reference values for maximum work capacity in relation to body composition in healthy Dutch children. *Eur Respir J* 1997;10:94-7.

22. Washington R, Van Gundy J, Cohen C, Sondheimer H, Wolfe R. Normal aerobic and anaerobic exercise data for North American school-age children. *J Pediatr* 1988;112:223-33. <http://doi.org/c7zdjw>

23. Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev* 1985;13:503-38. <http://doi.org/bfszrz>

24. Thomas Rowland. Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med* 1990;10:255-66. <http://doi.org/bwptc5>

25. Giardini A, Odendaal D, Khambadkone S, Derrick G. Physiologic decrease of ventilatory response to exercise in the second decade of life in healthy children. *Am Heart J* 2011;161:1214-9. <http://doi.org/d358pr>

26. Hoshimoto-Iwamoto M, Koike A, Nagayama O, Tajima A, Uejima T, Adachi H, Aizawa T, et al. Determination of the VE/VCO2 slope from a constant work-rate exercise test in cardiac patients. *J Physiol Sci* 2008;58:291-5. <http://doi.org/fsf5bp>

27. Nagano Y, Baba R, Kuraishi K, Yasuda T, Ikoma M, Nishibata K, et al. Ventilatory control during exercise in normal children. *Pediatr Res* 1998;43:704-7. <http://doi.org/fnsz98>

#### PREMIO MAGDA HERAS

En el año 2013, la Red de Editores de Revistas Cardiovasculares Iberoamericanas instituyó el Premio Magda Heras al mejor trabajo publicado durante el año previo por las 18 revistas que la integran. La selección se realiza mediante una convocatoria abierta en la que cada una de las revistas presenta el artículo que considera más relevante.

Nos complace anunciar que este año, en su IV edición, la **Revista Argentina de Cardiología** fue galardonada con el primer premio por el trabajo **“Muerte cardiovascular prematura y condición socioeconómica en la Argentina. Acerca de las oportunidades y desafíos de representar a poblaciones vulnerables”**, de los doctores Alejandro Macchia, Javier Mariani, Daniel Ferrante, Daniel Nul, Hugo Grancelli y Hernán C. Doval (*Rev Argent Cardiol* 2015;83:516-21).