

Artículos originales

Prueba de esfuerzo graduado en niños sanos

MARTA S. LOPEZ*
HORACIO J. FAELLA
RODOLFO FRIAS
MIGUEL CHIOZZA
GUSTAVO G. BERRI**

División Cardiología,
Hospital de Niños
"Dr. Ricardo Gutiérrez",
Buenos Aires.

* Opta a Miembro Titular de la S.A.C.
** Jefe de División.

A los efectos de poder evaluar el comportamiento del aparato cardiocirculatorio al esfuerzo en niños sanos y poder así compararlo con aquellos afectados de cardiopatías, se estudiaron 100 niños sanos, divididos en tres grupos etáreos: grupo I: de 3 a 5 años; grupo II: de 6 a 8 años y grupo III: de 9 a 12 años. El cuarto grupo, con edades similares al tercero, estaba constituido por 25 deportistas. En todos se efectuó ergometría por el método de Bruce, y se continuó la prueba hasta el agotamiento, demostrándose la buena tolerancia de los niños sanos a los máximos esfuerzos. La capacidad física aumenta con la edad y la superficie corporal, y es independiente del sexo y grado de entrenamiento. La presión arterial sistólica muestra un escaso aumento durante el ejercicio, comportándose al respecto en forma diferente de lo que ocurre en el adulto. Al ser un método mensurable, controlable, graduable y reproducible, la ergometría en plataforma es un método útil para medir la capacidad funcional en niños sanos, mayores de 3 años de edad.

Para evaluar la capacidad funcional en niños sanos o juzgar el tiempo de duración del ejercicio en niños con enfermedad cardíaca, operados o no, resulta indispensable la realización de una prueba de esfuerzo graduado (PEG) o ergometría.^{1, 2, 3} También se requiere para demostrar el comportamiento del corazón durante el esfuerzo en niños con arritmias espontáneas, o aparecidas después de la reparación de ciertas malformaciones, o en casos de bloqueo auriculoventricular congénito o adquirido.^{4, 5, 6, 7} Asimismo, en operados de coartación de aorta es importante determinar la presión arterial durante el ejercicio.^{8, 9} Es evidente que para poder juzgar las respuestas obtenidas en todas estas observaciones, existe la necesidad de conocer las variaciones fisiológicas durante las PEG en niños sanos en las diferentes edades. No deja de causar sorpresa, entonces, la escasa bibliografía que hemos recogido sobre el tema.^{1, 3}

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 100 niños sanos de ambos sexos, provenientes en su mayor proporción de la población hospitalaria, con excepción de los deportistas. En todos ellos se había descartado previamente la existencia de cardiopatía mediante examen físico, electrocardio-

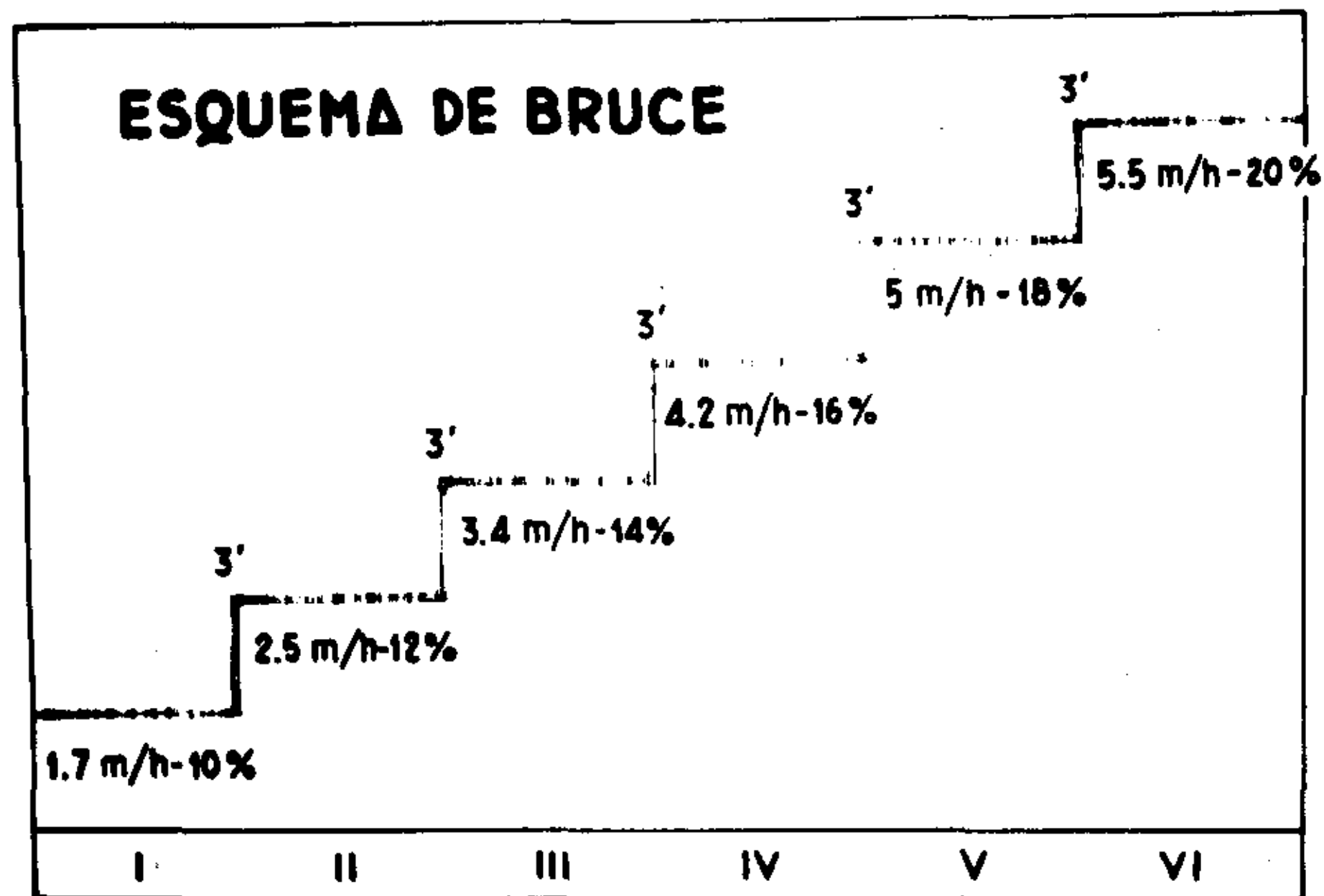


Fig. 1. Protocolo de Bruce. Método escaleriforme, continuo, con incrementos progresivos de la velocidad (millas/hora) y de la pendiente (grados) cada tres minutos.

grama, radiología y, en casos de soplo inocente, también por ecocardiograma.

A los fines del estudio, los resultados fueron divididos en tres grupos de 25 niños cada uno, de acuerdo con sus edades: grupo I, de 3 a 5 años de edad; grupo II, de 6 a 8 años; grupo III, de 9 a 12 años, y un grupo IV, de 25 deportistas, también con edades entre 9 y 12 años. Estos últimos entrenaban tres veces por semana, compitiendo un cuarto día.

En todos los casos fue utilizada la plataforma ergométrica o "treadmill" para que el niño realice una actividad que le es familiar, que no requiere aprendizaje previo y que reproduce una situación fisiológica en un trabajo obligatorio. Los pacientes más pequeños mostraron, al comienzo, temor a la prueba, que fue subsanado haciéndoles observar su realización en niños mayores, familiarizándolos con los equipos, y permitiéndoles deambular sobre la plataforma hasta que se adaptan. De esta manera, se consiguió emplear el método a partir de los 3 años de edad.

El protocolo de trabajo empleado fue el descrito por Bruce y colaboradores,¹⁰ que es escaleriforme y continuo, con incrementos progresivos de la velocidad (millas/hora) y la pendiente (grados) cada 3 minutos (Fig. 1). La capacidad funcional se expresa en mets. Como es sabido, para pacientes mayores de 25 años de edad se utiliza la tabla de Robinson,

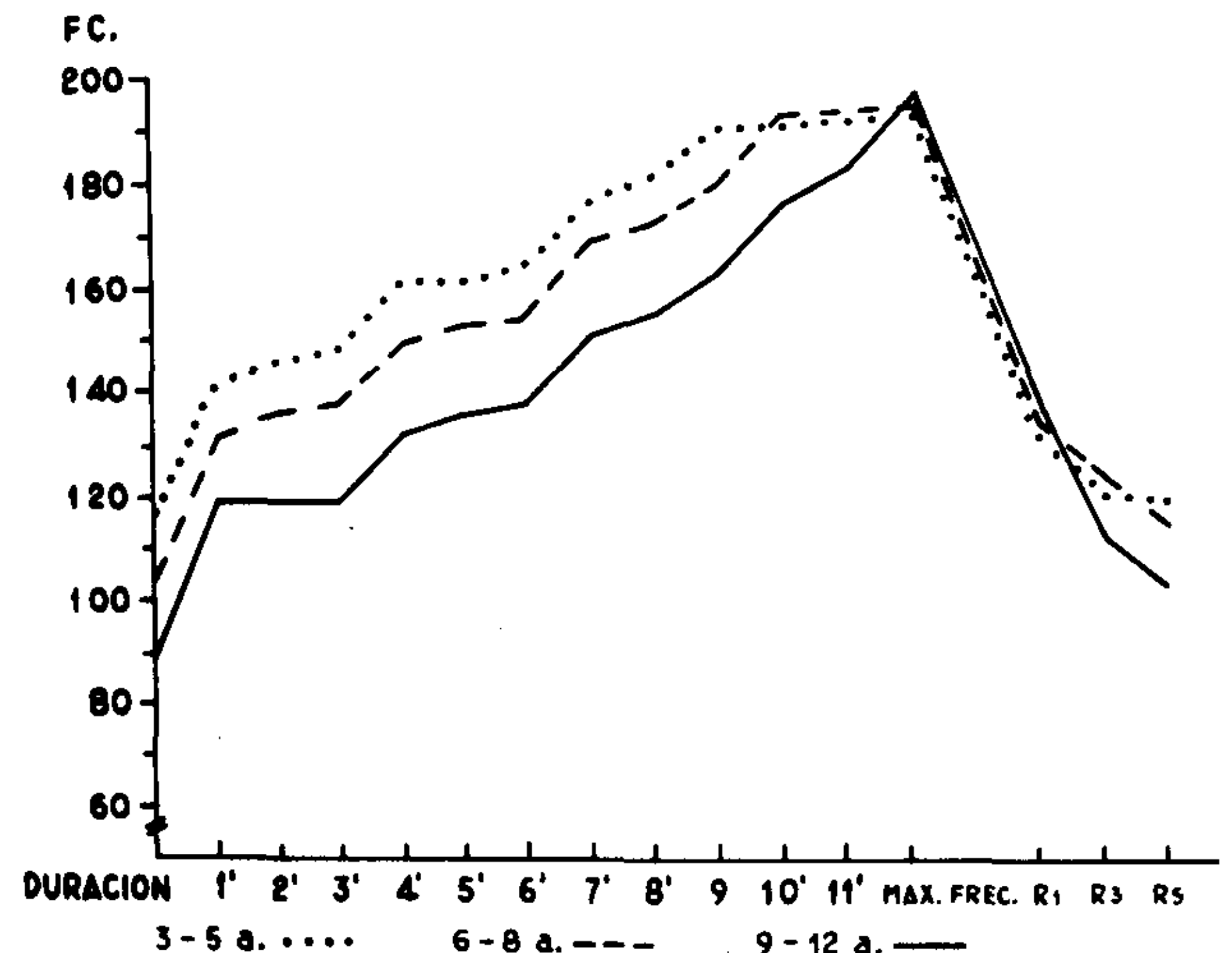


Fig. 2. Frecuencia cardíaca (F.C.). Se observa la evolución de la frecuencia cardíaca media en cada grupo etáreo. Dichos valores han sido graficados en base a la media aritmética de cada minuto obtenida durante el esfuerzo y en la recuperación.

que señala las frecuencias cardíacas máximas para cada edad y también el valor del 85% de esta frecuencia. Para niños entre 3 y 12 años, se ha considerado que la frecuencia cardíaca máxima oscila entre 190 y 200 latidos por minuto.

En todos los casos se procuró continuar la prueba hasta el agotamiento, el cual se logró en el 99% de los casos. El llanto fue su modo de expresión en los niños más pequeños. En el 100% de los pacientes la frecuencia cardíaca alcanzada fue superior a los 175 latidos por minuto, y en el 77% de los mismos sobrepasó los 190 por minuto.

Durante la prueba se utilizó monitoreo permanente, registrando el E.C.G. cada minuto intraesfuerzo y en el período de recuperación, en las derivaciones bipolares EV5, Y y Z. La presión arterial fue determinada cada 3 minutos mediante sistema Doppler.

RESULTADOS

Aspecto: Durante el ejercicio, es escaso el cambio en el aspecto de la piel y faneras. En cambio, la frecuencia respiratoria se incrementó en más del 100%.

Frecuencia cardíaca: La Tabla I y la Fig. 2 muestran la frecuencia cardíaca media en cada grupo etáreo, ya sea en reposo, en cada una de

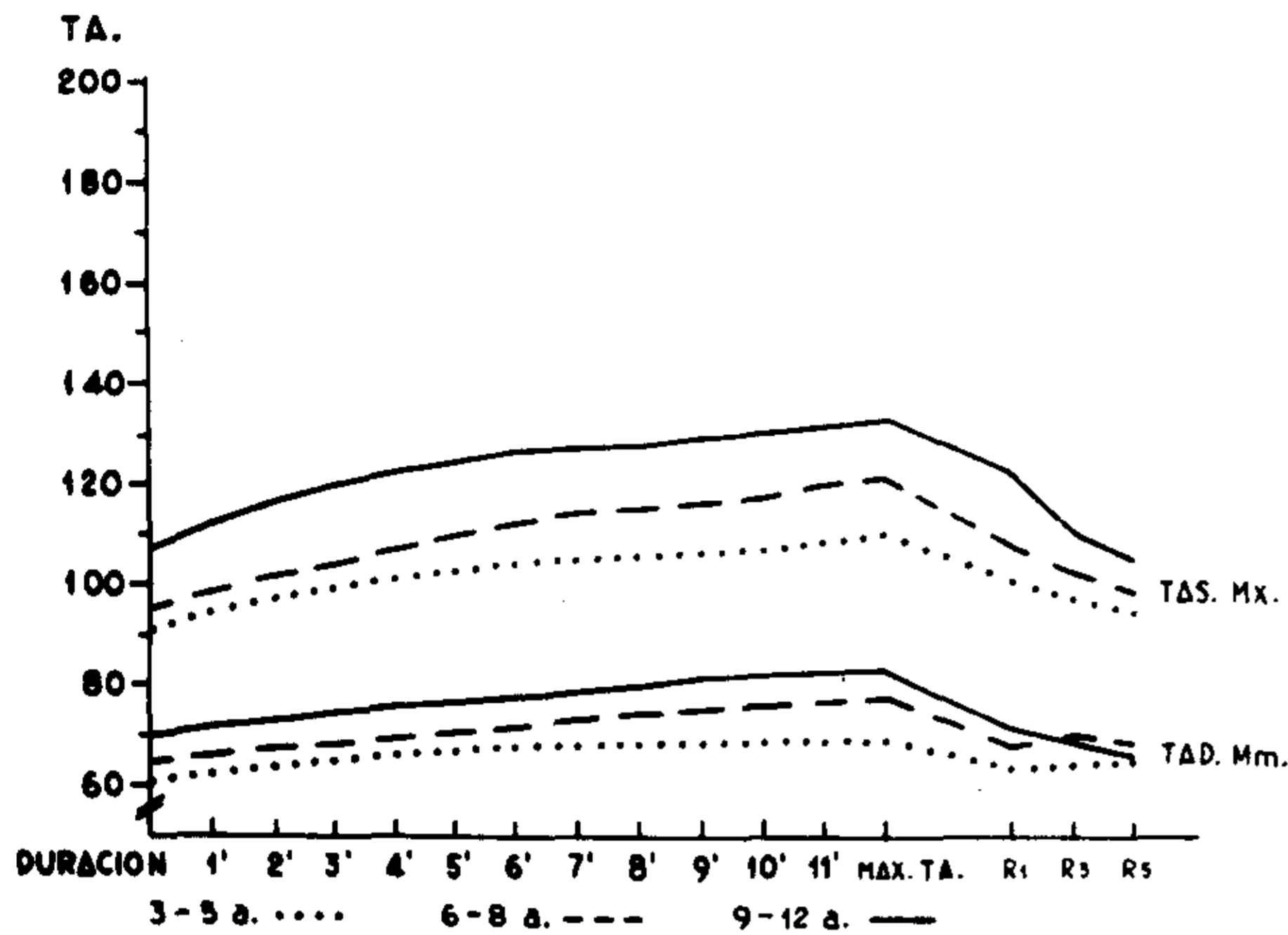


Fig. 3. Presión arterial (P.A.). Se observa la evolución de la P.A. sistólica y diastólica por grupo etáreo durante el desarrollo de la prueba.

las etapas, en el máximo esfuerzo, en el período inmediato y en la recuperación. Se puede apreciar que la frecuencia cardíaca se incrementa en las diferentes etapas, observándose el aumento de la misma en cada minuto a partir de la tercera etapa (9 minutos). Resulta de importancia destacar el aumento significativo entre el reposo y el primer minuto del ejercicio, y la franca disminución entre el máximo esfuerzo y el primer minuto de la recuperación, siendo aproximadamente del 30% en ambos registros. El

período control de la recuperación se extendió hasta los 5 minutos, debiéndose señalar que no se observaron cuadros vasovagales postesfuerzo y que al tercer minuto de la recuperación el niño se encontraba en condiciones basales. Los resultados obtenidos nos indican la buena tolerancia del niño sano a los máximos esfuerzos.

E.C.G.: No se apreciaron cambios en el E.C.G. ni arritmias en ninguna observación.

Presión arterial: El comportamiento de la presión arterial sistólica (Tabla 2 y Fig. 3) es muy diferente al que presentan los adultos, con un incremento comparativamente menor que no llega a los 5 mm Hg por etapa, y que aumenta con la edad y la superficie corporal. De cualquier manera, su elevación es escasa, como se traduce por el aumento de sólo 24 mm Hg en el grupo III durante toda la prueba. En lo que se refiere a la presión arterial diastólica, presentó aumento no significativo, sin mayores variantes entre los diferentes grupos.

Duración del ejercicio: La duración de la prueba es un índice de la capacidad funcional y, tal como se señala en la Tabla 3, aumenta con la edad y la superficie corporal y este aumento es significativo entre los grupos I y II ($p < 0,05$) y II y III ($p < 0,001$). Por su parte los grupos III y IV, con la misma edad y su-

Tabla 1

Frecuencia cardíaca

Demuestra las frecuencias cardíacas medias y sus correspondientes desvíos standard para cada grupo etáreo en reposo, al término de cada etapa del método de Bruce, con el máximo esfuerzo y a los 1, 3 y 5 minutos de la recuperación

Grupos etáreos	E t a p a s									
	Reposo	1	2	3	4	5	Máxima	R1	R3	R5
Grupo I 3-5 años	116±17	146±17	163±18	182±16			190±10	130±12	120±14	118±11
Grupo II 6-8 años	104±16	138±18	153±14	174±12	186±4		191±12	133±22	125±12	114±14
Grupo III 9-12 años	91±19	118±17	137±14	162±18	184±11	191±9	192±10	140±24	112±18	104±16
Grupo IV 9-12 años deportistas	85±13	125±19	141±20	160±18	177±16	188±14	194±9	129±23	110±15	107±16

Tabla 2
Presión arterial sistólica y diastólica
 Demuestra la evolución de la presión arterial sistólica y diastólica a lo largo de cada una de las etapas del test y en cada grupo etáreo

Grupos etáreos	E t a p a s									
	Reposo	1	2	3	4	5	Máximo	R1	R3	R5
Grupo I	92±13	98±17	102±16	105±10			105±13	100±13	97±12	94±13
	60±9	64±10	67±11	68±8			68±11	63±8	62±7	63±8
Grupo II	97±13	105±13	112±11	115±10	120±10		120±10	106±12	102±10	98±10
	64±9	68±8	71±6	75±8	78±8		78±8	66±8	68±8	67±8
Grupo III	108±15	119±11	125±14	128±16	131±12		132±116	121±14	111±15	106±12
	70±9	75±8	77±9	82±8	82±10		79±9	72±9	70±11	67±9
Grupo IV	104±12	114±13	120±13	127±15	121±18	131±24	129±20	117±15	112±15	105±12
	74±6	76±8	79±7	79±7	83±8	81±11	82±8	75±12	72±8	70±8

perficie corporal, no mostraron variaciones significativas en la duración de la prueba, pese a que los niños del grupo IV realizaban ejercicios físicos en forma sistemática.

DISCUSION

Ha sido señalada anteriormente la ventaja de la plataforma ergométrica, teniendo presente que puede ser utilizada en niños pequeños, a partir de los 3 años. Además la plataforma es la que impone el movimiento al niño y tiene ventajas con respecto a la bicicleta, ya que con esta última el comando lo realiza el paciente y requiere aprendizaje previo. Por otra parte, hemos elegido el protocolo de trabajo de Bruce porque por su intermedio se alcanzan los máximos esfuerzos, tal como lo menciona Cumming.^{1,2} Resulta de importancia conocer la capacidad física y la respuesta del aparato cardiovascular al esfuerzo, pues los niños se vinculan con el medio a través del movimiento.

Con este estudio queda demostrado que el niño está en condiciones de realizar la PEG a partir de los 3 años de edad y que, a través de esquemas fijos como es el protocolo de Bruce, podemos correlacionar y comparar las respuestas de acuerdo con las diferentes edades y patologías de los niños evaluados.

En lo que se refiere a los resultados, cabe

destacar la elevada capacidad física de los niños, especialmente los de menor edad, lo que nos ratifica que el movimiento físico constituye un buen porcentaje de la actividad diaria de un niño.

En el grupo estudiado, la capacidad física aumenta con la edad y la superficie corporal, y es independiente del sexo y grado de entrenamiento. En lo que se refiere al sexo, nuestros hallazgos coinciden con los de Cumming y colaboradores,¹ que encontraron valores medios de duración de la prueba casi similares en ambos sexos en niños menores de 12 años de edad. En lo relacionado con la duración de la prueba, el primer grupo etáreo de Cumming (entre 4

Tabla 3
Duración y superficie corporal
 Demostrativa de que, a medida que aumenta la edad, aumentan la superficie corporal y la duración del test de esfuerzo, que tiene relación directa con la capacidad física del niño

Grupos etáreos	Duración en minutos	superficie corporal
Grupo I	9 ±1,15	0,72 m ²
Grupo II	10,1 ±1,77	0,91 m ²
Grupo III	12,08±1,59	1,22 m ²
Grupo IV	13,24±2,48	1,30 m ²

y 6 años) muestra un tiempo promedio algo mayor, que entendemos puede estar vinculado a la menor edad de nuestros pacientes (entre 3 y 5 años). También en el grupo II Cumming encuentra un tiempo promedio de duración ligeramente más prolongado, lo que podría responder a un mayor estímulo de los técnicos para la prosecución del esfuerzo. Existe, en cambio, una franca coincidencia con el tiempo de duración en niños entre 9 y 12 años de edad.

También la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en los pacientes estudiados por Cumming es superior en 5 a 10 latidos por minuto a la hallada por nosotros en los diferentes grupos etáreos.

En los niños de mayor edad (grupos III y IV) no existen diferencias significativas en la capacidad física por la realización de deportes. Este hallazgo sugiere que todos los niños se hallan "entrenados", de acuerdo con el concepto que de este término nos brinda la Medicina del Deporte. También se aprecia que a la elevada capacidad física se le agrega una recuperación rápida de la frecuencia cardíaca en el post-esfuerzo (Fig. 2).

El escaso incremento de la presión arterial que hemos encontrado durante el ejercicio, no ha sido suficientemente destacado. Sólo en alguna comunicación aislada, como la de Early y colaboradores,¹¹ se señala que en 22 niños sanos el aumento promedio de la presión sistólica con el ejercicio fue de 21 mm Hg \pm 11. Este hallazgo sería un índice del grado de elasticidad de todo el sistema circulatorio del niño, que se adapta fácilmente al aumento del volumen minuto que origina el esfuerzo.

El conocimiento de las variaciones fisiológicas que se producen durante el esfuerzo en un niño sano, resulta indispensable para la mejor interpretación de los estudios ergométricos en niños con enfermedad cardíaca.

CONCLUSIONES

De acuerdo con este estudio, debemos señalar que:

1) La ergometría en plataforma es un método útil para evaluar la capacidad funcional de los niños sanos, mayores de 3 años de edad. Su

ventaja estriba en que se trata de un método mensurable, controlado, graduado y reproducible.

2) La frecuencia cardíaca aumenta significativamente en las diferentes etapas de la prueba de esfuerzo.

3) La capacidad funcional aumenta con la edad, la superficie corporal y es independiente del sexo y del grado de entrenamiento.

4) La presión arterial sistólica muestra un escaso aumento durante el ejercicio y es, por lo tanto, diferente al comportamiento observado en el adulto.

STRESS TEST IN NORMAL CHILDREN

To assess the response to exercise of the cardiovascular system in healthy children and in order to compare these results with those obtained in children with heart diseases, we have determined normal values of the physiological data in 100 healthy children. We have divided them into four age groups of 25 children each: group I: from 3 to 5 years old; group II: from 6 to 8 years old; group III: from 9 to 12 years old and the group IV with ages between 9 and 12, were trained children, who practice sports four times weekly. We used Bruce treadmill test and each child was urged to continue to the point of severe fatigue, trying to reach maximal exercise capacity. The extensive use of this test has shown it is suitable for children aged 3 years and older. Endurance time increased with age and body surface and it had no correlation with sex and the degree of training. Mean systolic blood pressure increased slightly during the test. In this matter, it is quite different what happened in exercise induced pressure values for adults. This test has the advantages that is a safe, measurable and adjustable method, that we can verify it and repeat it every time we want. We consider treadmill exercise testing a very practical and suitable test to determine the values of endurance time, heart rate, blood pressure, and to record electrocardiogram tracing during exercise in children.

BIBLIOGRAFIA

1. Cumming G, Everatt D, Hastman L: The Bruce treadmill test in children: normal values in clinic population. *Am J Cardiol* 41: 69, 1978.
2. Cumming G: Maximal exercise capacity of children with heart defects. *Am J Cardiol* 42: 613, 1978.
3. Goldberg S, Weiss R, Adams F: A comparison of the maximal endurance of normal children and patients with congenital cardiac disease. *Pediatrics* 69: 46, 1966.
4. López M, Faella H, Berri G: Ergometría: su valor en Pediatría. *Rev del Hosp Niños* 22: 169, 1980.
5. James F, Kaplan S, Chou T: Unexpected cardiac arrest in patients after surgical correction of Tetralogy of Fallot. *Circulation* 52: 691, 1975.
6. Garson A, Gillette P, Gutgesell H, Mc Namara D: Stress-induced ventricular arrhythmias after repair Tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 46: 1006, 1980.
7. Winkler R, Freed M, Nadas A: Exercise induced ventricular ectopy in children and young adults with complete heart block. *Am Heart J* 99: 87, 1980.
8. Freed M, Rocchini A, Rosenthal A, Nadas A, Castaneda A: Exercise-induced hypertension after surgical repair of coarctation of the aorta. *Am J Cardiol* 43: 74, 1979.
9. Faella H, López M, Grippo M, Frías R, Berri G: Response to exercise in patients after surgical correction of coarctation of the aorta. World Congress of Pediatric Cardiology, London, UK, June 1980. Abstract number 205.
10. Bruce R, Kusumi F, Hosmer D: Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 85: 546, 1973.
11. Early A, Joseph M, Shinebourne E, de Swiet M: Blood pressure and effect of exercise in children before and after surgical correction of coarctation of the aorta. *Br Heart J* 44: 411, 1980.