

Comportamiento de la frecuencia cardíaca y tensión arterial durante el test ergométrico en niños sanos.

CELIA O. CONA
ANA M. SCHROH
ANA M. N. de TABOADA
Servicio de Cardiología Infantil,
Hospital "Emilio Civit",
Mendoza.

Recibido para su publicación: 2/1982
Aceptado: 10/1982

Fueron estudiados 153 niños cuyas edades oscilaron entre 5 y 15 años, quienes realizaron la prueba ergométrica acorde con el protocolo de Bruce, llegando al agotamiento como punto final. Se clasificaron los niños por superficie corporal y sexo, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos ($p < 0,05$) y observándose una capacidad física óptima propia de la niñez. La frecuencia cardíaca se incrementó en un 47,30% respecto del valor basal con el máximo esfuerzo, llegando a valores de $168,98 \pm 13,31$ latidos/minuto. Se observó que la tensión arterial sistólica se incrementó en un 26,31% (respecto del valor basal), llegando a valores de $149,37 \pm 12,85$ mmHg. La tensión arterial diastólica descendió en todos los casos, llegando a un valor promedio de $43,74 \pm 9,44$ mmHg, desde un valor promedio basal de $67,35 \pm 9,70$ mmHg, lo cual corresponde a un descenso del 35,05%. Tratándose de un método mensurable y reproducible, y factible de ser llevado a cabo por la mayoría de los pacientes, es importante conocer los valores estándar en niños normales, para así evaluar comparativamente niños que presentan cardiopatías (con o sin corrección quirúrgica) y detectar hipertensiones arteriales reactivas.

En la última década se ha incrementado el estudio de la presión arterial en niños,^{1,2,3,4} por ello puede ser de gran valor la prueba ergométrica para detectar hipertensiones en etapas incipientes de su evolución (reactiva).

Además, es de valor para evaluar pacientes que padecen cardiopatías congénitas y/o adquiridas con o sin corrección quirúrgica.

Utilizando el protocolo de Bruce y el agotamiento físico, como punto final de la prueba, se analizó el comportamiento de la frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica y diastólica en 153 niños sanos, cuyas edades oscilaban entre 5 y 15 años.

Los valores obtenidos determinan un estándar aplicable a niños con las inherencias propias del crisol de razas de nuestra población, y pueden ser utilizados para una detección de anormalidades ante casos dudosos bajo los análisis de otras aplicaciones sistemáticas.

MATERIAL Y METODO

Se analizó el comportamiento en 153 niños (57 niñas y 96 varones) con edades entre los 5 y 15 años.

Los criterios utilizados para incluir los niños en el estudio fueron los siguientes:

1. Examen físico normal.
2. Frecuencia cardíaca basal considerada normal para la edad y sexo.⁵
3. Tensión arterial dentro de valores normales según edad y sexo.^{6,7}
4. Electrocardiograma estándar (de reposo) y radiografía de tórax normales.
5. Valores de triglicéridos y colesterol normales.⁸
6. Los niños seleccionados no desarrollaban actividades físicas de carácter competitivo en su vida diaria.
7. Se descartaron todos aquellos niños que por causas psicológicas no pudieron realizar en forma satisfactoria el test ergométrico.
8. La superficie corporal de los niños fue calculada relacionando peso y talla.⁹

La prueba ergométrica se realizó en horas de la mañana, y con la sola presencia de un médico y un auxiliar, a una temperatura ambiente de 20 grados centígrados. Se utilizó una banda ergométrica (cinta sinfín), monitorizando al niño en forma permanente.

El registro electrocardiográfico fue obtenido utilizando cuatro derivaciones bipolares: X, Y, Z, del sistema del cubo, y EV₅.¹⁰

Se procedió a registrar el electrocardiograma y la tensión arterial, con el niño ubicado en posición erecta, sobre la banda, antes de comenzar el ejercicio (obteniéndose el valor basal), al finalizar cada etapa del protocolo de Bruce y en los tiempos de recuperación a los 3 y a los 6 minutos.

La frecuencia cardíaca fue determinada promediando 5 ciclos cardíacos (ciclo cardíaco igual al intervalo RR), estando calibrado el electrocardiógrafo a una velocidad de 25 mm por segundo.

La tensión arterial fue registrada en brazo izquierdo utilizando el sistema "doppler".

En la metodología del test, según el protocolo de Bruce, se llegó en la última etapa al agotamiento.^{11,12,13}

Entre las clasificaciones posibles se eligió la de encuadrar los niños en grupos relacionados con su superficie corporal (relación entre talla y peso), respondiendo de esa manera a sus verda-

deras aptitudes físicas.

Se encontró coincidencia entre los valores de tallas, pesos y edades con respecto a los percentiles editados en tablas para niños normales.¹⁴

Los grupos de clasificación, según superficie corporal y sexo, son los siguientes:

Grupo I : Superficie corporal inferior a 1 m².

Grupo II : Superficie corporal entre 1 m² y 1,30 m².

Grupo III : Superficie corporal superior a 1,30 m².

Cada grupo fue subdividido de acuerdo con el sexo.

En el grupo I (39 varones y 19 niñas), las edades oscilaron entre 5 y 9 años.

En el grupo II (31 varones y 16 niñas), las edades oscilaron entre 9 y 12 años.

En el grupo III (26 varones y 22 niñas), las edades oscilaron entre 12 y 15 años.

Los cálculos estadísticos fueron ejecutados de acuerdo con el método "t" de Student, trabajando con un 95% de confianza.

RESULTADOS

1. Frecuencia cardíaca

Habiendo comenzado con frecuencias cardíacas comprendidas entre 80 y 100 latidos/minuto (media 89,35), la misma se incrementó con el esfuerzo máximo en un 47,30% (valor promedio) respecto de la frecuencia cardíaca basal, y en todos los casos retornando durante el período de recuperación a los valores observados en el período basal.

Se observó que la diferencia entre las medias muestrales (valor promedio referencia basal y valor promedio referencia máximo esfuerzo, para un mismo grupo) es significativa, trabajando con un 95% de confianza. Los cambios no fueron significativos entre los diferentes subgrupos (dependientes del sexo) y aun entre los distintos grupos (dependientes de la superficie corporal).

Las variaciones de la frecuencia cardíaca durante la prueba ergométrica graduada se presentan en los Gráficos 1 (para varones), 2 (para

niñas) y 3 (valores promedio).

La frecuencia cardíaca se incrementó en forma gradual, hasta llegar a la última etapa (máximo esfuerzo), en que el incremento fue mayor (17,75% con respecto a la etapa anterior), llegando en ese momento a un valor promedio de $168,98 \pm 13,31$ latidos/minuto.

En el Gráfico 3 se observa la curva promedio de variación de la frecuencia cardíaca y los desvíos standards (DS) en varones y niñas entre 5 y 15 años ($p < 0,05$).

2. Tensión arterial sistólica

Las tensiones arteriales sistólicas basales en los niños analizados estuvieron por debajo del percentil 95 del estudio realizado por M. De Suviet.¹⁵ El valor promedio de dichas tensiones fue de $110,07 \pm 10,00$ mmHg.

Se observó un incremento progresivo de la misma (Gráficos 4, 5 y 6), alcanzando durante la etapa final un aumento del 26,31% respecto del valor basal, con tensiones arteriales máximas promedio de $149,37 \pm 2,85$ mmHg.

La diferencia entre las medias muestrales (valor promedio referencia basal y valor promedio referencia máximo esfuerzo, para un mismo grupo) es significativa, trabajando con un 95% de confianza. Los cambios no fueron significativos entre los diferentes subgrupos (dependientes del sexo) y aun entre los distintos grupos (dependientes de la superficie corporal).

Las variaciones de la tensión arterial sistólica durante la prueba ergométrica graduada se representa en los Gráficos 4 (para varones), 5 (para niñas) y 6 (valores promedio y desvíos standards, para $p < 0,05$).

3. Tensión arterial diastólica

La tensión arterial diastólica descendió en todos los casos, llegando, en la etapa de esfuerzo máximo, a un valor promedio de $43,74 \pm 9,44$ mmHg desde un valor promedio basal de $67,35 \pm 9,70$ mmHg (Gráfico 6), lo cual corresponde a un descenso del 35,05%.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos considerados.

Las variaciones de la tensión arterial diastólica durante la prueba ergométrica graduada se

representa en los Gráficos 4 (para varones), 5 (para niñas) y 6 (valores promedio y desvíos standards, para $p < 0,05$).

DISCUSION

En el presente estudio la duración total del promedio del ejercicio fue de 20 minutos, durante los cuales se fue incrementando la velocidad y la pendiente del "treadmill", de acuerdo con el protocolo de Bruce.

Se utilizó como punto final de la prueba el agotamiento, de acuerdo con lo establecido por Goldberg, que considera al mismo como sinónimo de capacidad de trabajo en chicos normales.¹⁶

La frecuencia cardíaca se incrementó respecto de los valores de reposo en un 47,30%, siendo dicho cambio significativo ($p < 0,05$). No hubo diferencias apreciables en el comportamiento de la frecuencia cardíaca entre los distintos grupos y subgrupos de clasificación.

Los valores máximos hallados, en la etapa de máximo esfuerzo, de $168,98 \pm 13,31$ latidos/minuto, son menores que los determinados por Gordon R. Cumming y W. Frederick.^{17,18}

Dichos autores encontraron frecuencias cardíacas máximas medias comprendidas entre 193-206 latidos/minuto (Cumming) y 200 latidos/minuto (Frederick).

Existe coincidencia con dichos autores en cuanto al retorno a los valores basales en las etapas de recuperación.

El incremento de la frecuencia cardíaca observada durante el ejercicio físico es determinado por:

1. mayor tono simpático,
2. menor tono parasimpático, y
3. reflejo de Bainbridge.¹⁹

Con respecto a la tensión arterial sistólica, se observó un incremento de $39,30 \pm 2,85$ mmHg durante la etapa de esfuerzo máximo respecto de los valores de reposo (es decir, 26,31% de incremento), coincidiendo con los valores hallados por W. Frederick, siempre con $p < 0,05$.¹⁸

No hubo diferencias significativas en dicho comportamiento, determinadas por sexo o por edad.

Este aumento de la tensión arterial sistólica

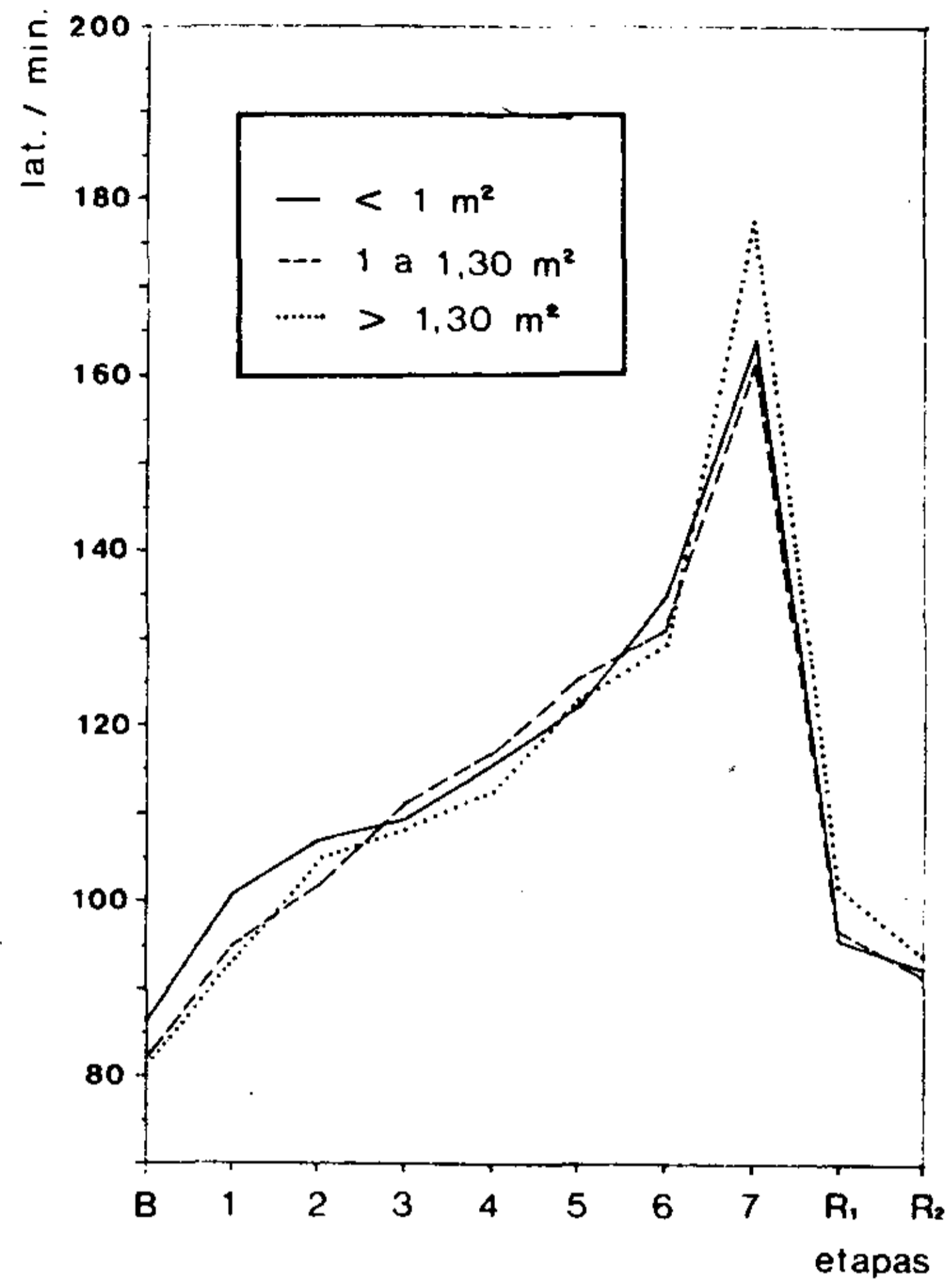


Gráfico 1. Variaciones de la frecuencia cardíaca durante la PEG (varones).

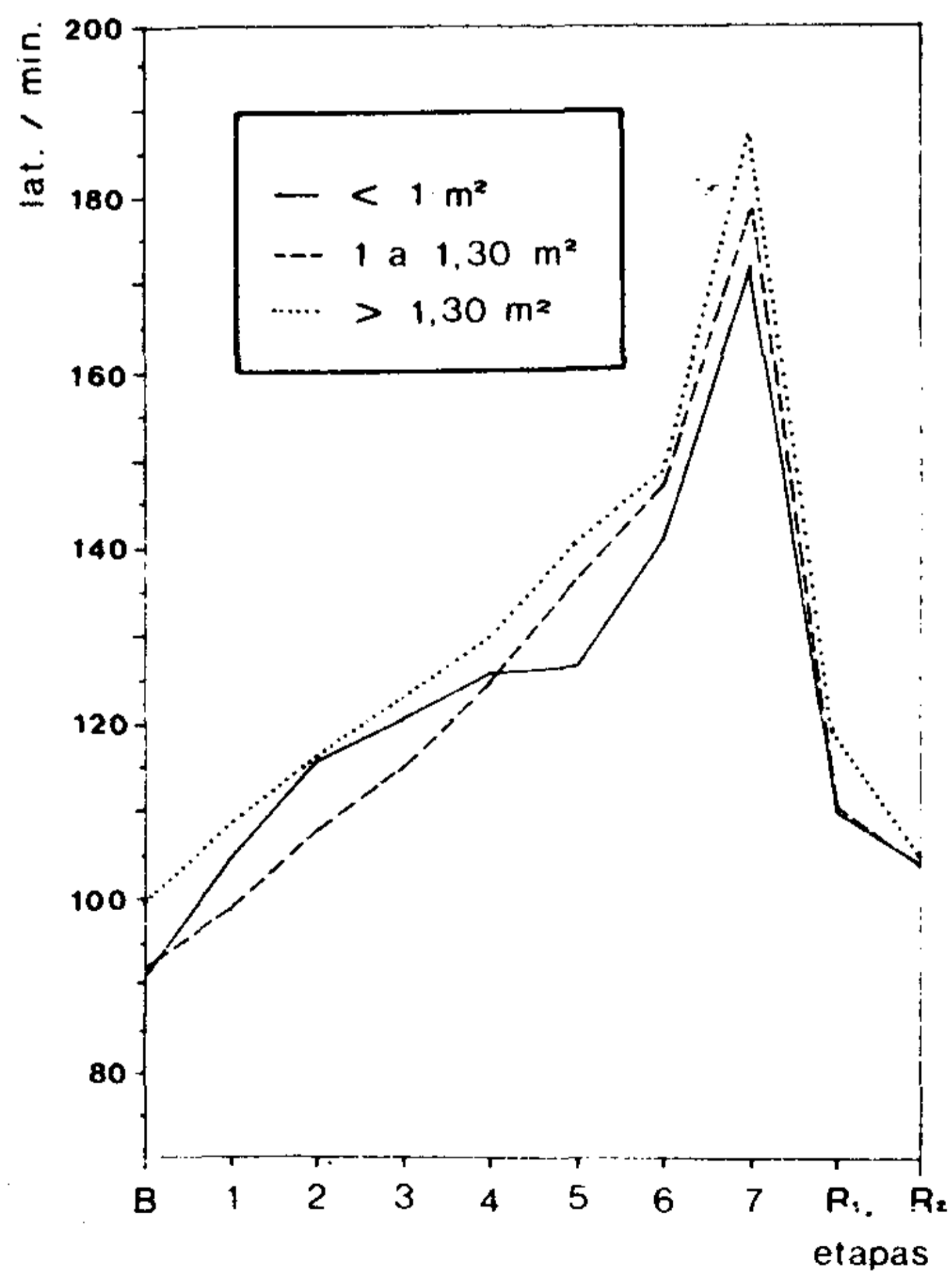


Gráfico 2. Variaciones de la frecuencia cardíaca durante la PEG (niñas).

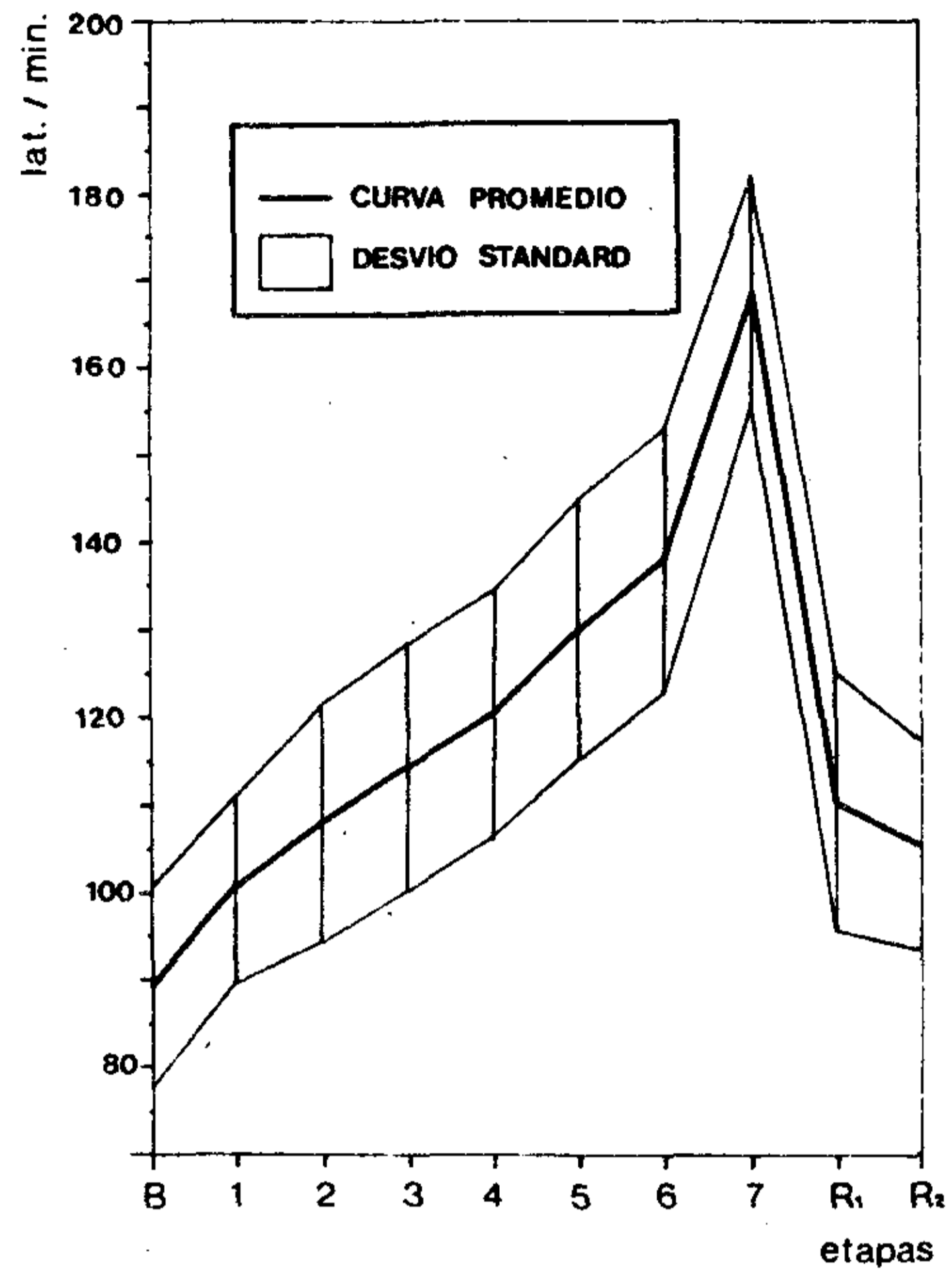


Gráfico 3. Variación promedio y desvíos standards de la frecuencia cardíaca durante la PEG (p < 0,05).

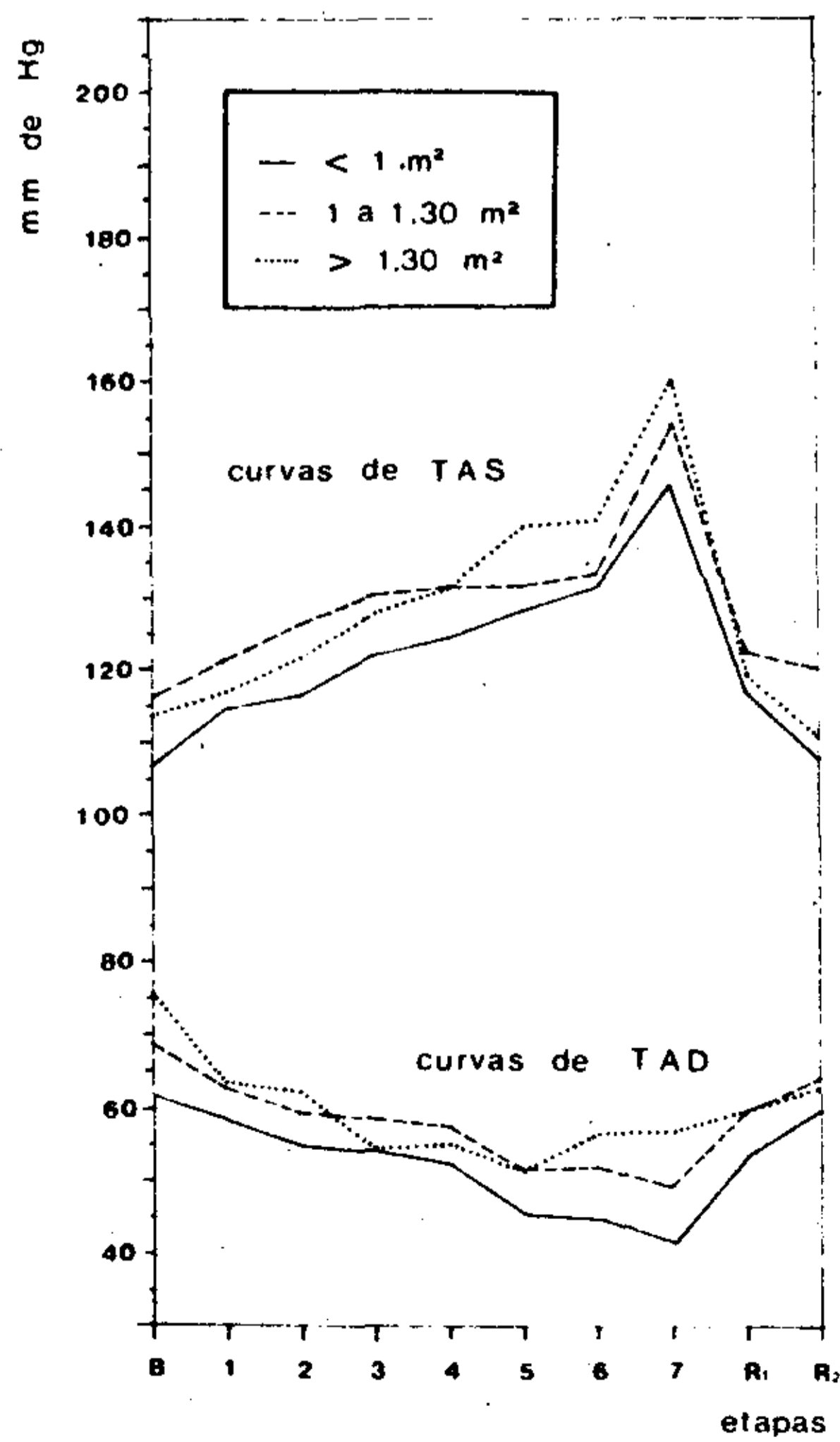


Gráfico 4. Variaciones de la TAS y la TAD durante la PEG (varones).

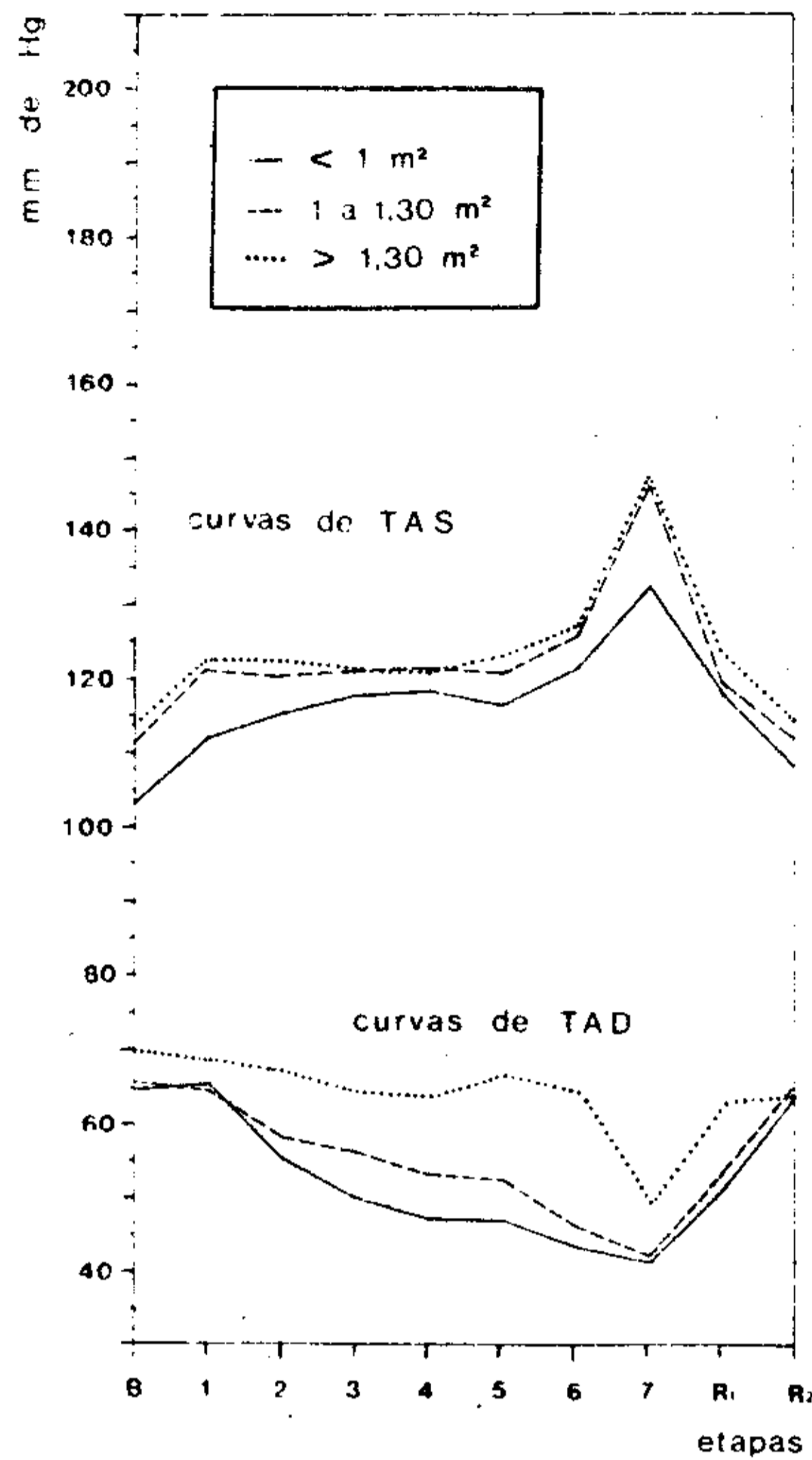


Gráfico 5. Variaciones de la TAS y la TAD durante la PEG (niñas).

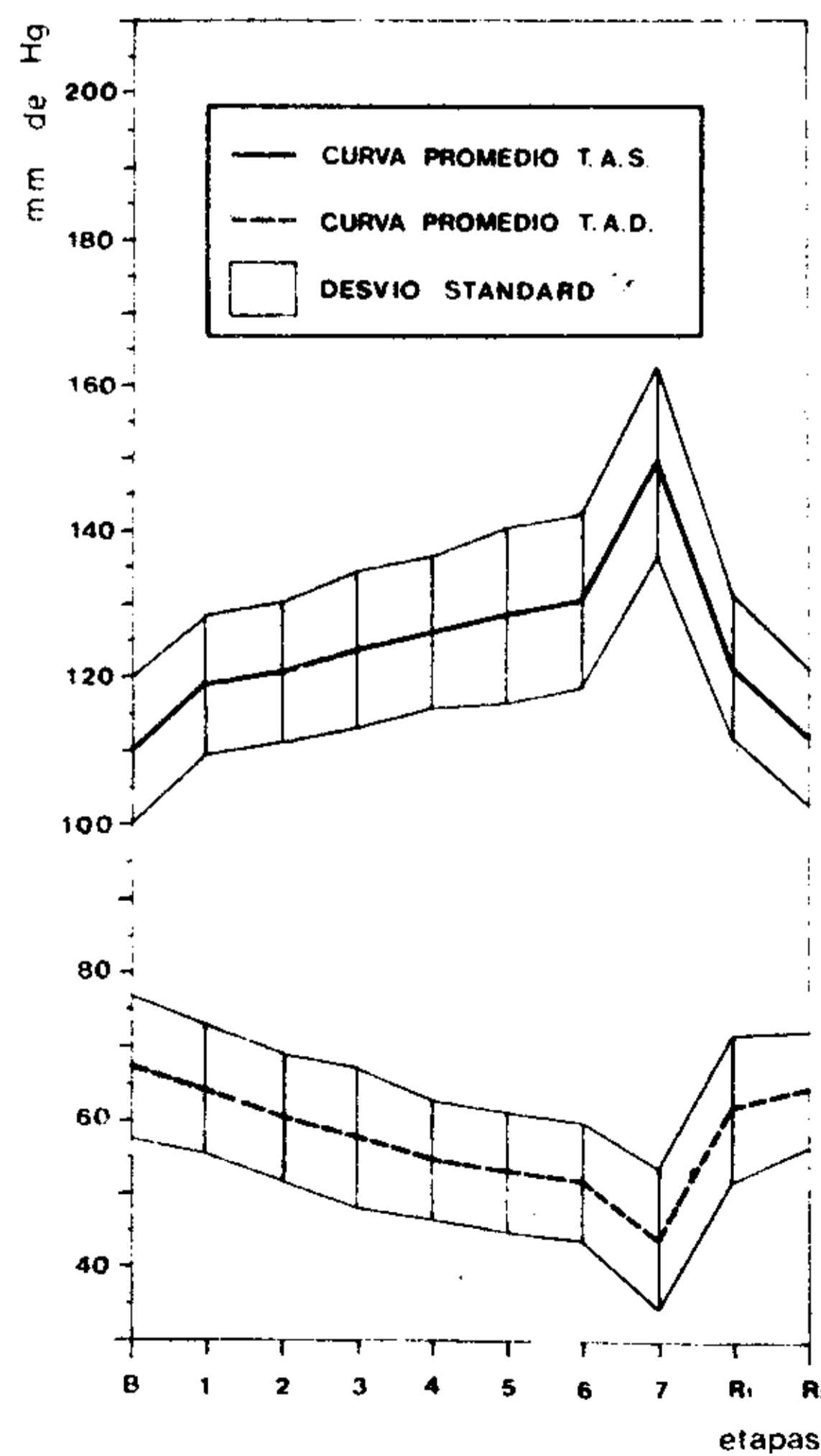


Gráfico 6. Variación promedio y desvíos standards de la TAS y la TAD durante la PEG ($p < 0,05$).

es inferior a los valores estimados para adultos.²⁰

Nosotros consideramos que un incremento superior a 45 mmHg con respecto a la basal debe ser considerado como hipertensión sistólica reactiva al esfuerzo. La ausencia de aumento de la tensión arterial sistólica con el ejercicio es índice de insuficiente potencia de ventrículo izquierdo, apareciendo en cardiopatías diversas y en el bloqueo de los receptores β adrenérgicos. Nosotros consideramos que ello ocurre cuando dicho incremento es inferior a 10 mm Hg.²¹

Con respecto a la tensión arterial diastólica, observamos un decremento de la misma en el 100% de los casos, que osciló en un 35,05% (valor promedio).

Según J. Naughton, la tensión arterial diastólica no debe modificarse o descender levemente.

Cuando la tensión arterial diastólica aumenta por encima de 10 mmHg, se considera que hay hipertensión arterial reactiva al esfuerzo. Estos pacientes desarrollan con el tiempo hipertensión arterial sostenida.

El comportamiento de la tensión arterial diastólica marcó, en nuestras observaciones, un aumento considerable durante el esfuerzo, y pensamos que ello es debido a la gran elasticidad del sistema circulatorio del niño.

CONCLUSIONES

Fueron estudiadas con test ergométrico las modificaciones de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial durante el ejercicio físico, en niños normales de 5 a 15 años de edad.

Se observó un incremento de la frecuencia cardíaca paralelamente al mayor trabajo físico, que fue significativo desde el punto de vista estadístico.

Asimismo se comprobó un aumento de la tensión arterial sistólica, que fue del 26,31% durante la etapa máxima respecto del valor basal y una disminución de la tensión arterial diastólica en un 35,05% respecto del valor inicial.

Dichos valores deberán ser considerados como patrones de normalidad para la ejecución de la prueba de esfuerzo graduado en niños.

BEHAVIOUR OF HEART RATE AND BLOOD PRESSURE DURING THE ERGOMETRIC TEST IN HEALTHY CHILDREN

In this study 153 children, aged 5 to 15 years were studied. They were considered healthy children after following tests as normal one were registred: 1. Physical test. 2. Rest heart rate according age and sex. 3. Blood pressure according age and sex. 4. Standard electrocardiogram and thorax X-ray. 5. Triglycerids and colesterol. Besides, all selected children, did not develop competitive sports, and all those that psychological was not adapted to the ergometric test were discarded. Children classification was made by groups remembering their corporal area, attending so their real physical ability, and by subgroups remembering their sex. Group I: Corporal area less than 1 sqm. Group II: Corporal area between 1 sqm and 1.30 sqm. Group III: Corporal area more than 1.30 sqm. The ergometric test underwent following Bruce protocol and the end point choosed for the test was the exhaustion. A complete treadmill was used and children were continually checked during differents belt speed and percent grade. Blood pressure (with a doppler system) and electrocardiogram (bipolar derivations of cubic system X, Y, Z and EV₅) was recorded at the end of each exercise stage, at the end of maximal exercise and at 3 and 6 minutes of the recovery period. Heart rate was obtained by measuring the interval between five R waves. Results: Begining test with mean heart rates of 89,35 beats/minute, an increase was observed till rates to $168,98 \pm 13,31$ beats/minute. Those increase mean a 47.30%, from which 17,75% belongs to the last stage where the increase is higher. No statistically significant differences in the values were registred between the different groups. Heart rate values during the ergometric test are represented at Fig 1 (boys), Fig 2 (girls) and Fig 3 (mean values and standard deviation SD with $p < 0.05$). Systolic blood pressure registred was increased till 149.37 ± 2.85 mmHg (5.88 ± 0.11 Hg inches), from rest values of 110.07 ± 10.00 mmHg (4.33 ± 0.39 Hg inches). Increase mean a 26.31% from rest values. Diastolic blood pressure decreased from rest values of 67.35 ± 9.70 mmHg (2.65 ± 0.38 Hg

inches) to minimal values of 43.74 ± 9.44 mmHg (1.72 ± 0.37 Hg inches). Decrease mean a 35.05% from rest values. No statistically significant differences in the values were registred between the different groups. Blood pressure values during the ergometric test are represented at Fig. 4 (boys), Fig. 5 (girls) and Fig. 6 (mean values and standard deviations SD with $p < 0.05$). Systolic blood pressure graphics are registred above and diastolic blood pressure graphics are registred down at the indicated figures. Conclusions: Observed increase of heart rates and systolic blood pressure and observed decrease of diastolic blood pressure were statistically important, so that calculated mean values have to be considered as standards in ergometric test in healthy children. As the test is a measurable reproducible method and that most patients can perform it, we consider it is important to know such values in normal children, so as to evaluate different heart pathologies and detect reactive arterial hypertension in future patients.

BIBLIOGRAFIA

1. Loggie JMH: Prevalence of hypertension and distribution of causes. In Wew NI, Levine LS (eds): Juvenil hipertension (1a ed), p 1. Roven Press, New York, 1977.
2. Report of the Task Force on Blood Pressure Control in Children. Pediatrics 59: 797, 1977.
3. Londe S, Bourgoignie JJ, Robson AM et al: Hypertension in apparently normal children. J Pediat 78: 569, 1971.
4. Kotchen et al: Correlates of adolescent blood pressure a five-year follow-up. Hypertension 2 (Suppl 1) (4), July-August 1980.
5. Nomenclature and criteria for diagnosis of diseases of the heart and great vessels. The Criteria Committee of the New York Heart Association (8th ed), Appendix, p 314.
6. Voors et al: Time course study of blood pressure in children over a three-year period. Hypertension 2 (Suppl 1) (4), July-August 1980.
7. Prineas et al: Minneapolis study: children's blood pressure (part I). Hypertension 2 (4) (Suppl 1), July-August 1980.
8. World Health Organization WHO Workshop: Pilot projects for the study and control fo atherosclerosis precursors in childhood and youth (1ª ed), pp 17, 863, 1916. WHO, Ginebra, 1970.
10. Boskis B, Lerman J, Perosio A, Scottini M: Metodología de la prueba ergométrica graduada. In Manual de Ergometría y Rehabilitación, Cap III, pp 46-53. Ed Cient Téc Amer, Buenos Aires, 1974.
11. Bruce R, Hornsten TR: Exercise stress testing in evaluation of patients with ischemic heart disease. Prog Cardiovasc Dis 11: 371-390, 1969.
12. Bruce RA, Mc Donough JR: Stress testing in screening for cardiovascular disease. Brit Acad Med 45: 1288-1305, 1969.
13. Bruce RA, Gey GO, Cooper MN, Fisher LD, Peterson DR: Seattle heart watch: initial clinical, circulatory and electrocardiographic response to maximal exercise. Am J Cardiol 33: 459-469, 1974.
14. Chart prepared by JM Tanner and RH Whitehouse, University of London Institute of Child Health, for the Hospital for Sick Children, Great Ormond Steet, London, WCI. Made in England by Creaseys of Hertford.
15. De Suviet M, Shinebourne EA: Systolic blood pressure in a population of infants in the first year of life. Brompton Study Pediatrics 65: 1028-35, 1980.
16. Goldberg SJ, Weiss R, Adams FH: A comparison of the maximal endurance of normal children and patients wilt-congenital cardiac disease. J Pediatr 69: 46, 1966.
17. Gordon R, Cumming B: Treadmill test in children: normal values in clinic population pediatric. Cardiology 41: 69, 1969.
18. Frederick W, James MD: Responses of normal children and young adults to controlled bicycle exercise. Circulation, 902-912, 1980.
19. Elvin E, Smith, Guyton et al: Mecanismos integrados de la respuesta y control cardiovasculares en el ser humano normal. Progresos en las enfermedades cardiovasculares, XVI: cap 21, 633, 1976.
20. Naughton J, Haider R: Methods of exercise testing in exercise training. In Naughton J, Hellerstein KH: Coronary heart disease, cap 6. Academic Press, New York, 1973.
21. Boskis B, Lerman J, Perosio A: Metodología de la prueba ergométrica graduada. In Manual de Ergometría y Rehabilitación, cap III, p 56. Ed Cient Téc Amer, Buenos Aires.