

Tiempos sistólicos en normales y coronarios durante el ejercicio isométrico*

Dres. ROGELIO A. MACHADO **, RICARDO J. ESPER, ROBERTO A. NORDABY ** y HECTOR J. BIDOGGIA

RESUMEN

Se estudia el comportamiento de un grupo de 10 pacientes normales y 20 coronarios, frente al ejercicio isométrico, analizando distintos períodos sistólicos del ventrículo izquierdo.

De los resultados, surgió que el período preeyectivo, y más aún, el cociente preeyectivo/eyectivo, fueron los únicos parámetros que alcanzaron valores estadísticamente significativos. Estos valores, alcanzaron su máxima diferencia durante el primer minuto de la prueba.

La duración de las fases de la sístole del ventrículo izquierdo para una determinada frecuencia, pre y post carga, depende de la capacidad y sinergia con-

tráctil del miocardio (1, 2, 3, 4). La eventual disminución de la eficiencia del miocardio se revela en ocasiones, sólo frente a situaciones de sobrecarga, como puede ser el ejercicio isométrico (5, 6), que provee un efectivo y sostenido incremento de la post carga (7, 8, 9, 10). Basados en estos conceptos, en un grupo de normales y en otro de pacientes con coronariopatía, hemos estudiado algunos parámetros, durante el reposo y el ejercicio isométrico, para valorar su comportamiento frente a este tipo de esfuerzo.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron en total 30 pacientes, de los cuales, 10 eran varones normales de 20 a 30 años de edad. Los 20 restantes eran coronarios, 18 varones y 2 mujeres, entre 41 y 58 años de edad. Excepto un

* Trabajo realizado en el Hospital Militar Central y Hospital Francés.

** Becarios de la Fundación Procardíaco.

paciente con cifras basales de 190/110 mm Hg, ninguno padecía otra enfermedad que pudiera tener repercusión cardiovascular. Ninguno presentaba bloqueo de rama izquierda. La enfermedad coronaria fue diagnosticada clínica, electrocardiográfica, hemodinámica y radiológicamente. No recibía digital y 48 horas antes del estudio fue suspendida toda otra medicación. También se suprimieron desde por lo menos 12 horas, cigarrillo, café, mate y té.

Para el ejercicio isométrico se utilizó un dinamómetro original, diseñado por uno de los autores (fig. 1), adaptando una manija cómoda a una balanza de resortes de respuesta lineal. El sujeto era colocado en decúbito dorsal obteniéndose simultáneamente los siguientes registros basales: una derivación electrocardiográfica, dos trazados de fonocardiograma correspondientes a apex y mesocardio, con frecuencias de corte entre 120 y 500 c.p.s. y un carotidograma derecho. Al mismo tiempo se tomaba la

tensión arterial sistólica y diastólica con un manómetro de mercurio. A continuación se medía en tres tomas sucesivas la fuerza máxima que el paciente podía desarrollar con una de las manos, preferentemente la que no correspondía a la derivación electrocardiográfica utilizada. Previo reposo de más de 5 minutos se le indicaba mantener un esfuerzo igual al 50 % del promedio de las 3 tomas anteriores, durante un lapso de 3 minutos. El propio paciente controlaba su esfuerzo mediante la visión directa de la escala. Los registros gráficos y las mediciones de la tensión arterial se repetían en el primero, segundo y tercer minuto de la prueba. Se tuvo la precaución de mantener la regularidad respiratoria para evitar maniobras de Valsalva.

Los trazados fueron obtenidos con un equipo Electronics for Medicine DR8 de 8 canales, a una velocidad de 100 mm/seg. Se obtuvo la derivación electrocardiográfica de iniciación más precozmente visible, a fin de tener el comienzo real

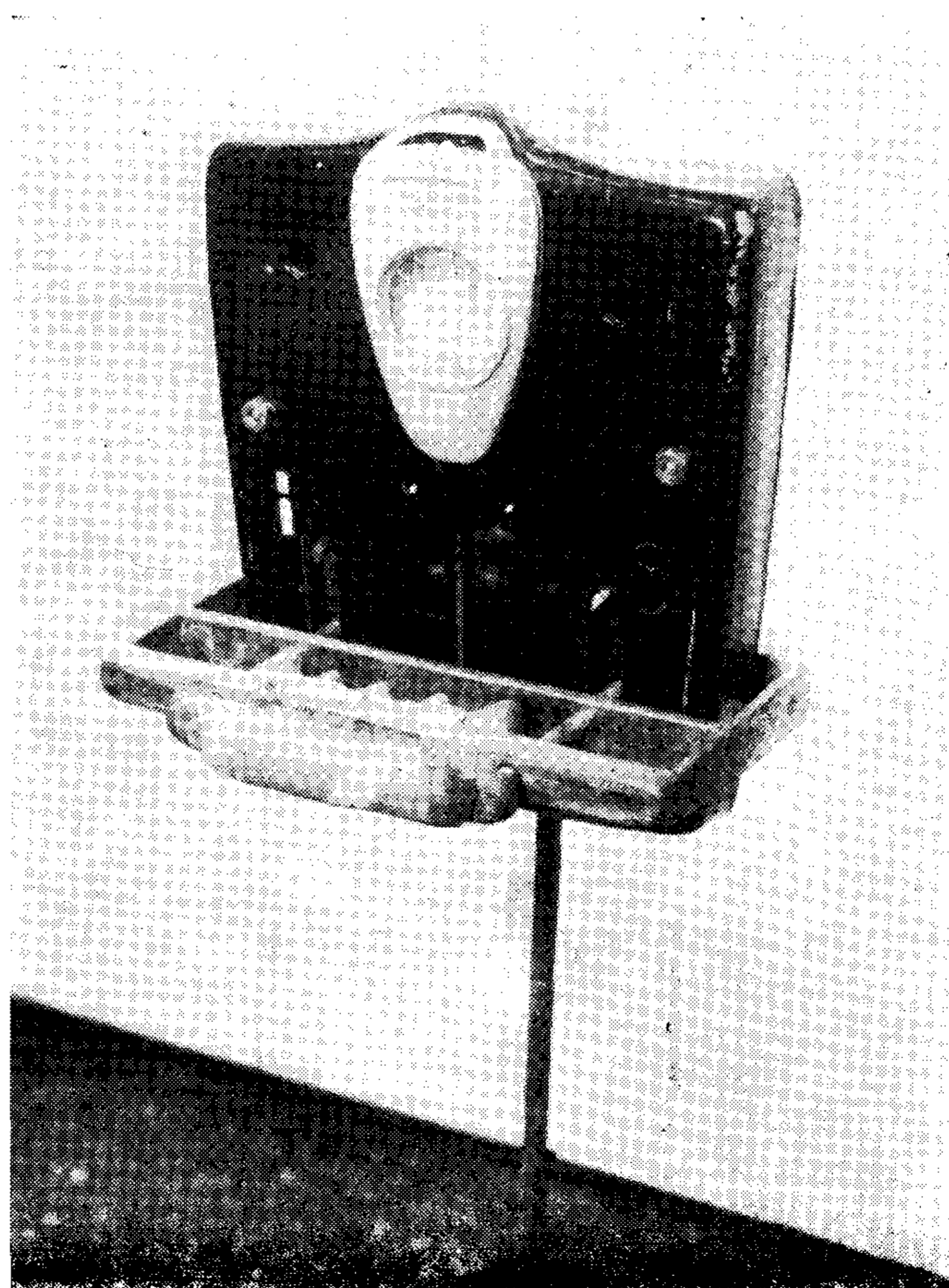


Fig. 1. — Dinamómetro usado en este estudio.

del QRS. El carótidograma se tomó apoyando firmemente un embudo de 2.3 cm de diámetro y 0.5 cm de profundidad, conectado por medio de un tubo rígido de polietileno de 10 cm de largo y 0.3 cm de diámetro interno, a un transductor de inductancia variable Statham P.M.5. En el tubo se intercaló una llave de tres vías para permitir un registro sin amortiguación. En cada determinación se registró un mínimo de 10 latidos, haciéndose las mediciones sobre por lo menos 5 consecutivos. La frecuencia cardíaca se calculó en todos los casos a partir del trazado electrocardiográfico.

La sístole electromecánica se midió desde el comienzo real del QRS hasta la primera oscilación importante del componente aórtico del segundo ruido. El período eyectivo se midió desde el pie hasta la incisura del carótidograma. El período preeyectivo resultó de la diferencia entre los dos anteriores.

RESULTADOS

La frecuencia cardíaca aumentó significativamente entre el reposo y el ter-

cer minuto de ejercicio, tanto en los sujetos normales (80.8 a 98.7 latidos/min, $p < 0.001$) como en los coronarios (79.2 a 100.4, $p < 0.001$) (tabla 1).

La tensión arterial sistólica también sufrió un aumento significativo entre el reposo y el tercer minuto de ejercicio en ambos grupos de pacientes (normales: 121 a 133.5 mm Hg, $p < 0.001$; coronarios: 133.7 a 161.1, $p < 0.001$). Otro tanto puede afirmarse con respecto a la tensión arterial diastólica (normales: 77.5 a 89.5 mm Hg, $p < 0.001$; coronarios: 89.2 a 106.3, $p < 0.001$) (tabla 2).

El índice tensión tiempo en los normales, aumentó significativamente desde el reposo hasta el fin del segundo minuto, no así en el último minuto de la prueba, en que el incremento disminuyó. En los coronarios este índice adquirió incrementos significativos a todo lo largo de la prueba, y aún entre el segundo y tercer minuto ($p < 0.001$).

El período eyectivo se acortó a lo largo de la prueba, más en los coronarios (240 a 229,3, $p < 0.001$) que en los normales (245 a 237 $p < 0.05$) (tabla 3).

TABLA 1
FRECUENCIA CARDIACA (LATIDOS/MINUTO)

	reposo	1 min.	2 min.	3 min.	Δ reposo - 3 min.**
Normales	80.8 \pm 3.6 *	93.5 \pm 4.9	96.6 \pm 5.7	98.7 \pm 4.4	17.9($p < 0.001$)
Coronarios	79.2 \pm 3.1	91.6 \pm 4.1	96.8 \pm 4.2	100.4 \pm 4.7	21.2($p < 0.001$)
Comparación entre Normales y Coronarios	$p > 0.70$	$p > 0.70$	$p > 0.975$	$p > 0.80$	

* En todas las tablas se hace referencia a la media y su error standard.

** Diferencia, en valor absoluto, entre los valores en reposo y en el tercer minuto, con su posibilidad de significación.

TABLA 2
TENSION ARTERIAL SISTOLICA Y DIASTOLICA (MM. DE HG.)

	reposo	1 min.	2 min	3 min.	Δ reposo - 3 min.	
Normales	S	121.0 \pm 3.5	128.5 \pm 4.1	132.0 \pm 3.7	133.5 \pm 4.0	12.5($p < 0.001$)
	D	77.5 \pm 3.0	84.0 \pm 2.6	87.5 \pm 2.7	89.5 \pm 2.5	12.0($p < 0.001$)
Coronarios	S	133.7 \pm 4.1	148.7 \pm 5.3	154.2 \pm 5.7	161.1 \pm 5.2	27.4($p < 0.001$)
	D	89.2 \pm 2.7	97.1 \pm 3.1	103.3 \pm 2.9	106.3 \pm 3.4	17.1($p < 0.001$)

Dado que en las distintas etapas de la prueba, las frecuencias cardíacas no se diferenciaban significativamente en los normales con respecto a los coronarios (tabla 1), se pueden comparar directamente los distintos intervalos sistólicos en ambos grupos de pacientes sin efectuar correcciones para la frecuencia cardíaca. En el caso del período eyectivo, aunque en todo momento fue menor en los coronarios, las diferencias observadas no alcanzaron significación estadística (tabla 3).

El período preeyectivo se acortó en ambos grupos pero sin alcanzar significación estadística en ninguno de los dos (tabla 4). Aunque dicho período fue siempre menor en los normales que en los coronarios, la diferencia sólo alcanzó niveles significativos durante el reposo y en el primer minuto de ejercicio (tabla 4).

La sístole electromecánica, a semejanza del período eyectivo, se acortó significativamente, tanto en los sujetos normales (328.5 a 316.5 msec, $p < 0.01$) como en los coronarios (335.0 a 318.8, $p < 0.001$) (tabla 5). Por otra parte, en cada etapa de la prueba, fue siempre ma-

yor en los coronarios que en los normales, aunque aquí las diferencias observadas distaron mucho de ser significativas.

El cociente preeyectivo/eyectivo (fig. 2) no mostró variaciones apreciables a lo largo de la prueba en ninguno de los dos grupos considerados separadamente, pero fue siempre menor en los sujetos normales que en los coronarios, tanto en el reposo como durante el ejercicio isométrico. Esta diferencia resultó significativa tanto en reposo como durante los dos primeros minutos de ejercicio (tabla 6).

Relación de los intervalos con la frecuencia cardíaca. En los sujetos normales se halló alta correlación entre período eyectivo y frecuencia cardíaca, tanto en el reposo como durante el tercer minuto de ejercicio, lo que permitió establecer las correspondientes rectas de regresión de dicho período en función de la frecuencia (fig. 3). Los datos numéricos y ecuaciones de regresión se consignan en la tabla 7. En los coronarios el grado de correlación hallado fue algo menor pero también significativo, tanto en reposo como durante el tercer minuto, habiénd-

TABLA 3
PERIODO EYECTIVO (MILISEGUNDOS)

	reposo	1 min.	2 min.	3 min.	Δ reposo - 3 min.
Normales	245.0 \pm 4.2	240.0 \pm 5.0	237.5 \pm 5.3	237.0 \pm 5.4	8.0($p < 0.05$)
Coronarios	240.0 \pm 4.7	231.8 \pm 5.0	230.5 \pm 4.8	229.3 \pm 4.5	10.7($p < 0.001$)
Comparación entre Normales y Coronarios	$p > 0.50$	$p > 0.30$	$p > 0.30$	$p > 0.30$	

TABLA 4
PERIODO PREEYECTIVO (MILISEGUNDOS)

	reposo	1 min.	2 min.	3 min.	Δ reposo - 3 min.
Normales	83.5 \pm 3.6	78.5 \pm 4.7	79.5 \pm 4.9	79.5 \pm 4.9	4.0($p > 0.10$)
Coronarios	95.0 \pm 3.0	95.5 \pm 4.1	91.5 \pm 3.8	89.5 \pm 3.8	5.5($p > 0.05$)
Comparación entre Normales y Coronarios	$p < 0.05$	$p < 0.02$	$p > 0.05$	$p > 0.10$	

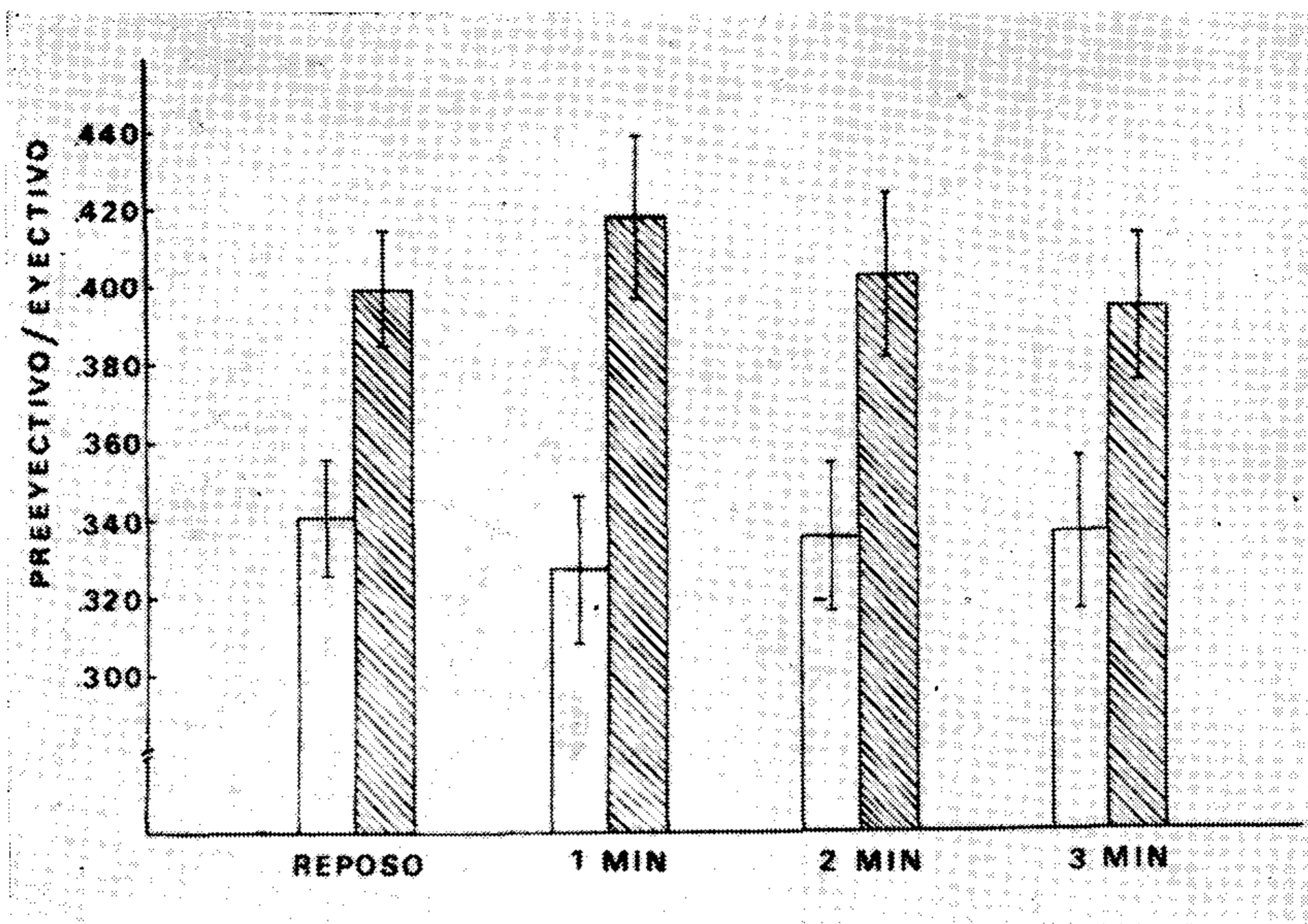


Fig. 2. — Valores medios y error standard de cociente preeyectivo/eyectivo en los grupos de normales y coronarios durante el reposo y los 3 minutos de ejercicio isométrico.

□ Normales
 ▨ Coronarios

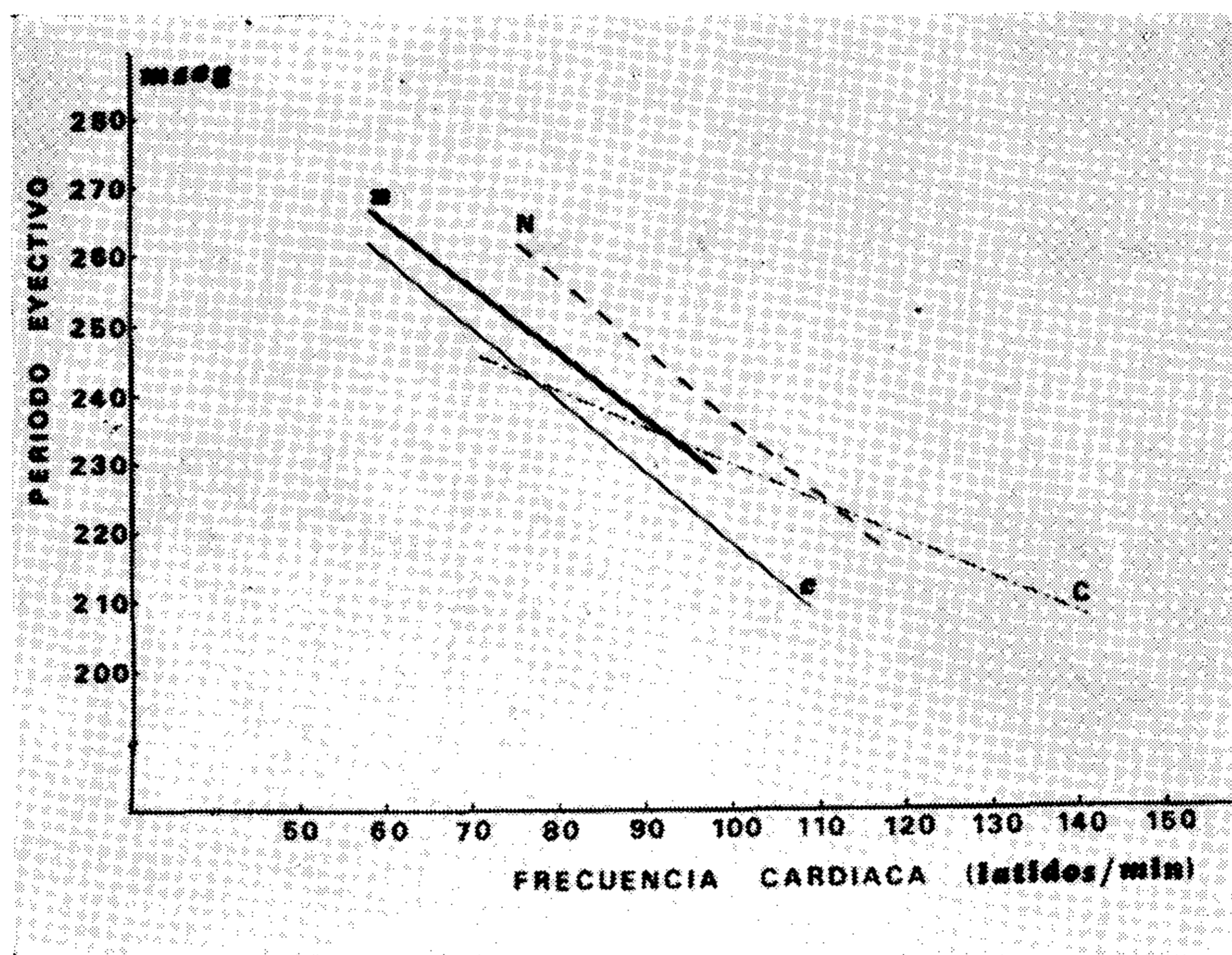


Fig. 3. — Relación de la duración del período eyectivo en función de la frecuencia cardíaca, en los grupos de normales y coronarios.

n ——— normales en reposo.
 N - - - - normales durante el 3er. minuto de ejercicio.
 c ——— coronarios en reposo.
 C - - - - coronarios durante el 3er. minuto de ejercicio.

TABLA 5

SISTOLE ELECTROMECHANICA (MILISEGUNDOS)

	reposo	1 min.	2 min.	3 min.	Δ reposo - 3 min.
Normales	328.5 \pm 6.0	318.5 \pm 7.8	317.0 \pm 8.3	316.5 \pm 8.3	12.0(p<0.01)
Coronarios	335.0 \pm 5.5	327.3 \pm 5.9	322.0 \pm 5.6	318.8 \pm 5.6	16.2(p<0.001)
Comparación entre Normales y Coronarios	p>0.40	p>0.30	p>0.60	p>0.80	

TABLA 6

COCIENTE PREEYECTIVO/EYECTIVO

	reposo	1 min.	2 min.	3 min.	Δ reposo - 3 min.
Normales	0.341 \pm 0.015	0.327 \pm 0.019	0.335 \pm 0.019	0.336 \pm 0.020	0.005 no signif.
Coronarios	0.399 \pm 0.015	0.417 \pm 0.021	0.402 \pm 0.021	0.394 \pm 0.019	0.005 no signif.
Comparación entre Normales y Coronarios	p<0.025	p<0.02	p<0.05	0.05<p<0.10	

TABLA 7

ECUACIONES DE REGRESION PARA EL PERIODO EYECTIVO Y SISTOLE ELECTROMECHANICA EN FUNCION DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN NORMALES Y CORONARIOS

			Coefficiente de correlación	Ecuación de regresión
Período	Normales	reposo	-0.82 (p<0.005)	321.7 - 0.95 \times frec. card.
		3 min.	-0.85 (p<0.005)	339.8 - 1.04 \times frec. card.
Eyectivo	Coronarios	reposo	-0.68 (p<0.001)	321.2 - 1.03 \times frec. card.
		3 min.	-0.57 (p<0.01)	283.4 - 0.54 \times frec. card.
Sístole Electro-mecánica	Normales	reposo	-0.77 (p<0.01)	433.3 - 1.30 \times frec. card.
		3 min.	-0.69 (p<0.05)	444.1 - 1.29 \times frec. card.
	Coronarios	reposo	-0.78 (p<0.001)	443.3 - 1.37 \times frec. card.
		3 min.	-0.76 (p<0.001)	410.1 - 0.91 \times frec. card.

dose calculado las respectivas ecuaciones de regresión (fig. 3, tabla 7).

También se halló correlación entre sístole electromecánica y frecuencia cardíaca, tanto en reposo como durante el tercer minuto, en los sujetos normales así como en los coronarios. Los resultados y ecuaciones de regresión figuran en la tabla 7. En cambio no se halló correlación

entre período preeyectivo y frecuencia cardíaca en los sujetos normales ni en los coronarios.

La comparación estadística de las rectas de regresión del período eyectivo en normales y coronarios, demostró que pueden considerarse paralelas durante el período de reposo, pudiendo afirmarse lo mismo para el tercer minuto de

ejercicio. En cuanto a su diferencia en altura, si bien la recta correspondiente a los normales está sobre la de los coronarios, tanto en reposo como durante el tercer minuto (fig. 3), dicha diferencia en altura no resultó significativa en los casos hasta aquí estudiados.

COMENTARIOS

El ejercicio isométrico como fue sistematizado en este trabajo, es en realidad una variante de situaciones que se plantean frecuentemente durante la actividad diaria, cuando los enfermos llevan valijas pesadas. En estas circunstancias, surge del interrogatorio de algunos pacientes, el papel desencadenante que el acarrear un peso desempeña en la aparición de las crisis anginosas. Los trabajos de Lind (5) puntualizan las modificaciones hemodinámicas que produce el ejercicio isométrico, de las cuales la más importante se debe al aumento de la postcarga, reflejada en un incremento del índice tensión-tiempo.

Los autores (5, 7, 11, 12, 13) que se han ocupado del tema proponen distintas técnicas para el handgrip test, en cuanto a la fuerza y duración del ejercicio. Nosotros adoptamos la descrita en material y métodos porque estudios previos nos mostraron que el 50 % del esfuerzo máximo aumenta significativamente y en forma rápida la presión sistólica, diastólica, y la frecuencia cardíaca. Prolongamos el ejercicio hasta tres minutos porque aún entre el segundo y el tercero sigue aumentando en ambos grupos el índice tensión-tiempo, aumento que es muy significativo en los coronarios. El límite de tres minutos estuvo condicionado por los francos signos de fatiga que hacían muy difícil llevarlo más allá de ese lapso.

Durante el reposo observamos que, de los distintos intervalos considerados, el período preeyectivo resultó significativamente menor en los normales que en los coronarios, siendo el único que marcó una diferencia entre ambos grupos. Esta diferencia se acentuó durante el primer minuto de la prueba, pero curiosamente, se atenuó, perdiendo significación, en el segundo, y más aún, en el tercer minuto de ejercicio. Esto, de acuerdo a nuestros resultados, se debe a que el preeyectivo, en los normales, se mantuvo prác-

ticamente en los mismos valores durante el lapso de ejercicio mientras que en los coronarios disminuyó progresivamente.

Dado que el período eyectivo fue siempre ligeramente mayor en los normales que en los coronarios, surge que el cociente preeyectivo/eyectivo deberá acentuar las diferencias existentes entre ambos grupos. En efecto, este hecho se confirma en las cifras obtenidas, siendo las diferencias significativas durante el reposo y a lo largo de la prueba, aunque en el tercer minuto la diferencia se halle alrededor de los límites estadísticamente aceptables.

De todos los parámetros estudiados, el que marca la mayor diferencia entre normales y coronarios, es el cociente preeyectivo/eyectivo en el primer minuto de la prueba (fig. 2). Esto se debe, en nuestro material, a que al pasar del reposo al primer minuto de ejercicio, el cociente disminuyó en los normales y aumentó en los coronarios.

La separación en sí misma, es decir, independientemente de los valores iniciales, señala probablemente, una tendencia real a la diferenciación de ambos grupos por el ejercicio isométrico ($0.05 < p < 0.10$). Es posible que este comportamiento se deba a la más rápida adaptación al esfuerzo en los sujetos normales que en los coronarios.

Como otros autores, hemos obtenido un alto grado de correlación entre el período eyectivo y frecuencia cardíaca, así como entre sístole electromecánica y frecuencia cardíaca. Como fuera dicho en resultados, el estudio de las rectas de regresión no aportó elementos de diferenciación entre los grupos estudiados. Coincidiendo con Layton y col. (14) en que las rectas del período eyectivo correspondientes a normales y coronarios, no se diferencian por sus pendientes durante el reposo ni en el tercer minuto de ejercicio.

SUMMARY

The behaviour of systolic time intervals in a group of 10 normal controls and 20 coronary heart disease patients, has been studied during isometric exercise.

From the results it is apparent that the preejection period, and more so the preejection/ejection time index, were the only parameters with statistically significant variation. These values reached these maximum difference during the first minute of the test.

BIBLIOGRAFIA

1. Weissler, A. M.; Peeler, R. G.; Roehll, W. H. Jr.: "Relationships Between Left Ventricular Ejection Time, Stroke Volume and Heart Rate in Normal Individuals and Patients with Cardiovascular Disease". *Amer. Heart J.*, 62: 367, 1961.
2. Weissler, A. M.; Harris, W. S.; Schoenfeld, C. D.: "Bedside Technics for the Evaluation of Ventricular Function in Man". *Amer. J. Cardiol.*, 23: 577, 1969.
3. Garrard, C. L. Jr.; Weissler, A. M.; Dodge, H. T.: "The Relationship of Alterations in Systolic Time Intervals to Ejection Fraction in Patients with Cardiac Disease". *Circulation*, 42: 455, 1970.
4. Braunwald, E.; Sarnoff, S. J.; Stainsby, W. N.: "Determinants of Duration and Mean Rate of Ventricular Ejection". *Circ. Res.*, 6: 319, 1958.
5. Lind, A. R.; Taylor, S. H.; Humphreys, P. W.; Kennelly, B. M.; Donald, K. W.: "The Circulatory Effects of Sustained Voluntary Muscle Contraction". *Clin. Sci.*, 27: 229, 1964.
6. Lind, A. R.: "Cardiovascular Responses to Static Exercise (Isometric, Anyone)". *Circulation*, 41: 173, 1970.
7. Jacobs, W. F.; Nutter, D. O.; Siegel, W.; Schlant, R. C.; Hurst, J. W.: "Hemodynamic Responses to Isometric Handgrip in Patients with Heart Disease". *Circulation*, 42: Suppl. III: 169, 1970.
8. Lindquist, V. A.; Spangler, R. D.; Blount, S. G.: "A Comparison Between the Effects of Dynamic and Isometric Exercise as Evaluated by the Systolic Time Intervals in Normal Man". *Amer. Heart J.*, 85: 227, 1973.
9. Siegel, W.; Gilbert, Ch. A.; Nutter, D. O.; Schlant, R. C.; Hurst, J. W.: "Use of Isometric Handgrip for the Indirect Assessment of Left Ventricular Function in Patients with Coronary Atherosclerotic Heart Disease". *Amer. J. Cardiol.*, 30: 48, 1972.
10. Amende, J.; Krayenbuehl, H. P.; Rutishauser, W.; Wirz, P.: "Left Ventricular Dynamics During Handgrip". *Brit. Heart. J.*, 34: 688, 1972.
11. Kivowitz, Ch.; Marcus, H.; Donoso, R.; Ganz, W.; Swann, H. J. C.; Parmley, W. W.: "Evaluation of Cardiac Performance with a Handgrip Dynamometer in Patients with Heart Disease - «the Grip Test»". *Circulation*, 42: Suppl. III: 122, 1970.
12. Mullins, Ch. B.; Leshin, S. J.; Mierzwisk, D. S.; Matthews, O. A.; Blomqvist, G.: "Isometric Exercise (handgrip) as a Stress Test for Evaluation of Left Ventricular Function". *Circulation*, 42; Suppl. III: 122, 1970.
13. Krayenbuehl, H. P.; Rutishauser, W.; Schoenbeck, M.; Amende, I.: "Evaluation of Left Ventricular Function from Isovolumic Pressure Measurements During Isometric Exercise". *Amer. J. Cardiol.*, 29: 323, 1972.
14. Layton, C.; di Nunzio, H.; Gent, G.; Freedman, P.; Mc Donald, A.: "Rate Corrected Systolic Time intervals and Valsalva Manoeuvre". *Brit. Heart J.*, 35: 236, 1973.