

Trabajos originales

Precocidad de la respuesta isquémica en relación a la frecuencia máxima teórica como índice de severidad de la cardiopatía coronaria (correlación ergométrica-angiográfica)

Dres. FANNY R. MINDLIN DE APTECAR, MARIA A. CANOSSA, HECTOR ARENOSO, CARLOS A. OTERO Y GARZON y MOISES APTECAR
Departamento Cardiovascular, Institutos Médicos Antártida, Buenos Aires

RESUMEN

En 100 pacientes estudiados mediante cine-angio-coronariografía, correlacionamos un índice de precocidad de la respuesta isquémica, expresado mediante el porcentaje de la frecuencia alcanzada en el momento de la positividad de la prueba en relación a la frecuencia máxima teórica (FMT), con el grado de obstrucción coronaria. La confiabilidad de nuestra metodología fue establecida mediante la confrontación con la coronariografía, observándose una sensibilidad del 87 % y una especificidad del 71 %, con un índice de efectividad del 84,7 %.

Los resultados demuestran una correlación estadísticamente significativa en lo referente al número de vasos afectados, media ponderada de vasos con obstrucciones del 75 % o más, lesiones de la descendente anterior y presencia de infartos previos. Estos hallazgos permitieron dividir a los pacientes en 4 grupos de severidad decreciente, a saber: aquéllos que presentan una frecuencia menor de 60 %, de 60 % a 70 %, de 70 % a 80 %, y mayor del 80 % de la FMT, en el momento de aparición de la positividad.

La simplicidad de este índice y la buena correlación con los datos coronariográficos, sugiere la conveniencia de su incorporación para la estimación habitual de la severidad de la cardiopatía isquémica.

Se tiende a aceptar que la precocidad de la respuesta isquémica acaecida durante el desarrollo de una prueba ergométrica guarda estrecha relación con la reducción de la capa-

funcional, y, por lo tanto, con el grado de severidad de la enfermedad obstructiva coronaria. Chin y Ellestad, en una reciente comunicación (1), tratan de cuantificar con más precisión la magnitud del deterioro funcional mediante la relación porcentual entre la frecuencia cardíaca alcanzada en el momento de aparición de la positividad y la frecuencia máxima teórica (FMT) del sujeto en estudio.

El motivo de este trabajo ha sido correlacionar este "índice de capacidad funcional" con los resultados del estudio coronariográfico.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 100 pacientes, 84 hombres y 16 mujeres, con edades comprendidas entre los 28 y los 70 años (promedio, 53,8 años) (Tabla I), de los cuales 26 eran hipertensos (24 hombres y 2 mujeres), 11 diabéticos (10 hombres y una mujer), 7 gotosos (todos hombres); 54 eran fumadores importantes, todos del sexo masculino; 73 (69 hombres y 4 mujeres) referían angina previa, y 45 (44 hombres y una mujer), infarto de miocardio previo.

Con respecto a los antecedentes coronarios (Tabla II), 6 pacientes no refirieron dolor, 21 presentaron precordialgia inusual, 49

tuvieron angina crónica estable, 12 angina de reciente comienzo y 12 angina progresiva. La presencia de infarto previo así como su localización figuran en la misma tabla.

Las pruebas fueron realizadas sobre bicicleta ergométrica con el método escaleriforme continuo, comenzando con una carga inicial de 250 kgm., previo precalentamiento e hiperpnea, con incrementos de 250 kgm. por etapas de 3 minutos cada una. Al final de cada etapa se determinaron las 12 derivaciones clásicas, realizándose el control del post-esfuerzo inmediato y alejado.

**CORRELACION
ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA
Datos clínicos de los 100 pacientes**

	Hombres	Mujeres	Total
Hipertensión	24	2	26
Diabetes	10	1	11
Gota	7	—	7
Tabaco	54	—	54
Angina previa	69	4	73
Infarto previo	44	1	45

TABLA I

El ejercicio fue interrumpido por los siguientes motivos: a) por haber alcanzado la

frecuencia máxima teórica; b) por agotamiento muscular; c) por angina cuya severidad impidiera la prosecución del esfuerzo; d) por caída de la presión arterial y/o aparición de arritmias graves; e) por haber superado nuestro criterio de positividad, a saber, descenso del segmento ST igual o mayor de 2 mm. a los 0,08" del punto J, aunque su curso fuese ascendente (23). La frecuencia cardíaca fue determinada a partir del trazado electrocardiográfico para cada uno de los tres minutos de cada carga, y la presión arterial fue obtenida por el método auscultatorio habitual al finalizar cada etapa de 3'.

Considerando como 100 % la FMT establecida por la tabla de Robinson, se calculó a que porcentaje correspondía la frecuencia cardíaca del paciente en el momento de hacerse positiva la prueba. Aquellos pacientes que alcanzaron o sobrepasaron el 85 % de la frecuencia cardíaca pre-establecida, sin modificaciones del segmento ST, deteniéndose la prueba por agotamiento, fueron considerados negativos, y la frecuencia cardíaca que alcanzaron, fue comparada también con el 100 % de la FMT. Las pruebas que no alcanzaron al 85 % de la FMT, y no tuvieron modificaciones de segmento ST, se consideraron como insuficientes.

El estudio angiográfico fue realizado con el método selectivo de Sones, tomando en con-

**CORRELACION ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA
ANTECEDENTES CORONARIOS**

No dolor		6		
Precordalgia incharacterística		21		
Angina	Crónica estable	49	con infarto previo	31
			sin infarto previo	18
	Reciente comienzo	12	con infarto previo	6
			sin infarto previo	6
	Progresiva	12	con infarto previo	8
			sin infarto previo	4
Infarto previo	Diafragmático		23	
	Anterior		6	
	Antero-septal		6	
	Lateral		5	
	Diafragmático + anterior		2	
	Diafragmático + ant. sept.		2	
	Diafragmático + lat. alto		1	

TABLA II

sideración el grado de obstrucción, localización de la misma, y número de vasos afectados, así como la circulación colateral y el ventriculograma; estos dos últimos datos no fueron incluidos, sin embargo, en el análisis estadístico. Se calificaron como significativas las obstrucciones proximales del 75 % o más de la luz del vaso.

La prueba ergométrica fué practicada habitualmente como parte del examen previo a la realización del estudio angiográfico; en ningún caso el intervalo entre ambos procedimientos superó los 3 meses.

Los resultados fueron evaluados estadísticamente por el método del x^2 .

RESULTADOS

Hubo 15 pruebas insuficientes sobre el total de 100 enfermos, las que fueron descartadas. Las restantes 85 fueron distribuidas en 4 grupos de severidad.

CORRELACION ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA.

Distribución de pacientes por grupos de severidad

(Total: 100 pacientes)

	Hombres	Mujeres	Total
Insuficientes	11	4	15
< 60 %	8	—	8
60 % - 70 %	25	1	26
70 % - 80 %	24	1	25
> 80 %	15	11	26
Total	83	17	100

TABLA III

(Tabla III), de acuerdo al siguiente esquema:

- Grupo 1: menos del 60 % de la FMT
- Grupo 2: entre 60 % y 70 % de la FMT
- Grupo 3: entre 70 % y 80 % de la FMT
- Grupo 4: más del 80 % de la FMT

CORRELACION ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA. RESULTADOS

Total: 100 - 15 insuficientes = 85 (incluyendo mujeres)					
Total: 85 pruebas	23 pruebas neg.	0 vasos	15	15	
		1 vaso	5	8	
62 pruebas pos.	23 pruebas neg.	2 vasos	2		9
		3 vasos	1		
		0 vasos	9	53	
		1 vaso	20		
2 vasos	18				
		3 vasos	15		
SENSIBILIDAD: 86%					
ESPECIFICIDAD: 62%					

Excluyendo mujeres: 85 - 13 = 72					
Total: 72 pruebas	17 pruebas neg.	0 vasos	10	10	
		1 vaso	4	7	
55 pruebas pos.	17 pruebas neg.	2 vasos	2		4
		3 vasos	1		
		0 vasos	4	51	
		1 vaso	19		
2 vasos	17				
		3 vasos	15		
SENSIBILIDAD: 87%					
ESPECIFICIDAD: 71%					

□ aciertos

○ errores

CORRELACION ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA POR GRUPOS DE SEVERIDAD

GRUPOS	Vasos enf.	Nº pacientes	Porcentaje	Media pond. de vasos enfermos
$< 60\%$ $n = 8$	0	—	0	2,25
	1	1	12,5	
	2	4	50,0	
	3	3	37,5	
			$> 87,5$	
$60 - 70 \%$ $n = 26$	0	2	7,7	1,69
	1	11	42,3	
	2	6	23,1	
	3	7	26,9	
			$> 50,0$	
$70 - 80 \%$ $n = 25$	0	5	20,0	1,48
	1	8	32,0	
	2	7	28,0	
	3	5	20,0	
			$> 48,0$	
$> 80 \%$ $n = 26$	0	17	65,5	0,53
	1	5	19,2	
	2	3	11,5	
	3	1	3,8	
			$> 15,3$	

TABLA V

CORRELACION ERGOMETRICA-ANGIOGRAFICA POR GRUPOS DE SEVERIDAD LESIONES DE LA D. A. E INFARTOS PREVIOS

GRUPOS	% de pacientes con lesiones de la D. A.	% de personas con infarto previo
$< 60 \%$ $n = 8$	62,5	62,5
$60 - 70 \%$ $n = 26$	57,7	57,7
$70 - 80 \%$ $n = 25$	40,7	38,5
$> 80 \%$ $n = 26$	26,9	36,0

TABLA VI

La correlación de las 85 pruebas válidas con el número de vasos con obstrucciones significativas puede ser observada en la Tabla IV.

En el análisis de la correlación ergométrica angiográfica por grupos de severidad (Tabla V), podemos señalar que el porcentaje de

pacientes sin vasos lesionados va aumentando progresivamente desde el grupo más afectado al menos enfermo (0 %, 7,7 %, 20 % y 65,5 %, respectivamente). Inversamente, el porcentaje de pacientes con 2 o 3 vasos enfermos va disminuyendo de un 87,5 % a un 50 %, 48 % y 15,3 % a partir del grupo más

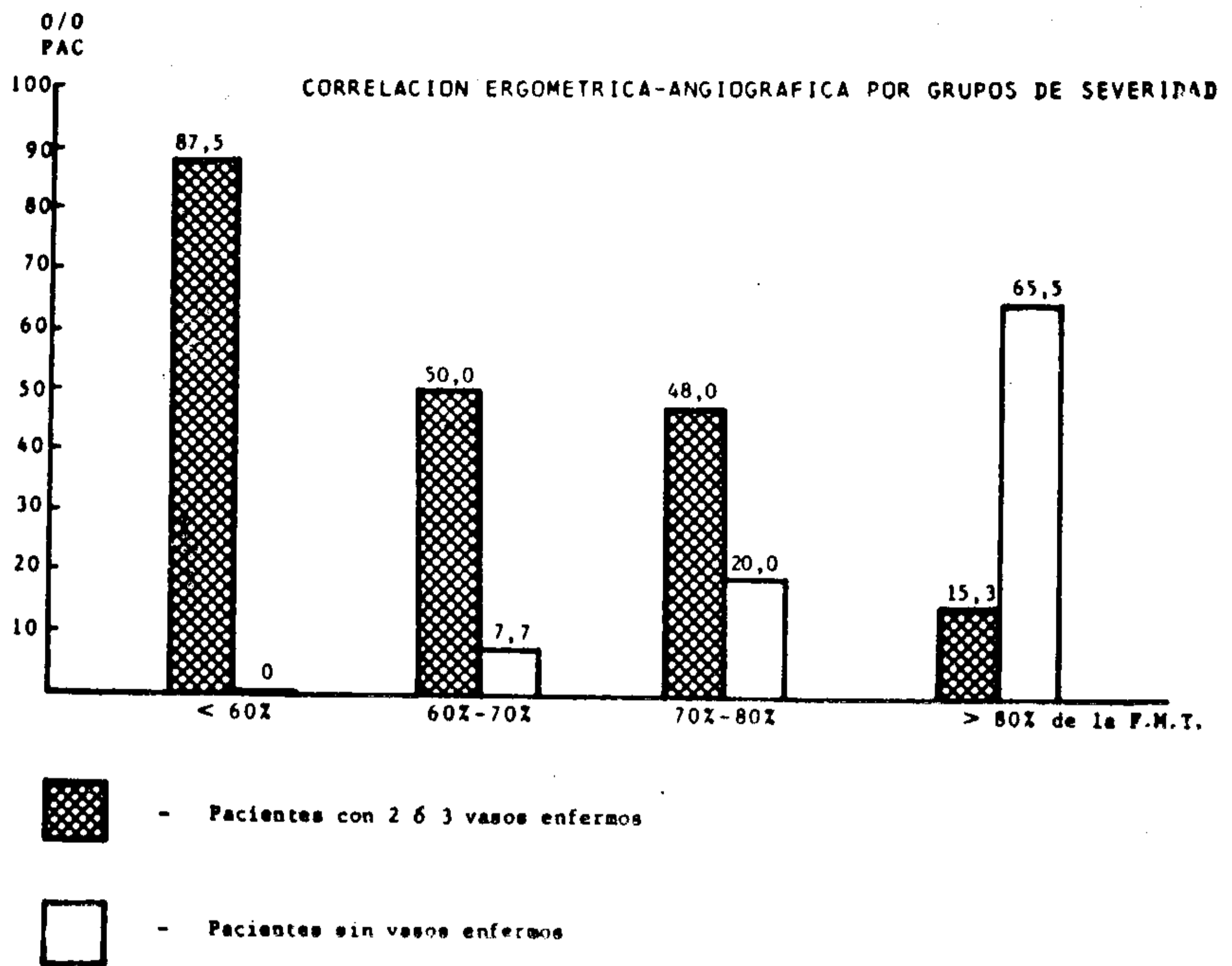


Figura 1

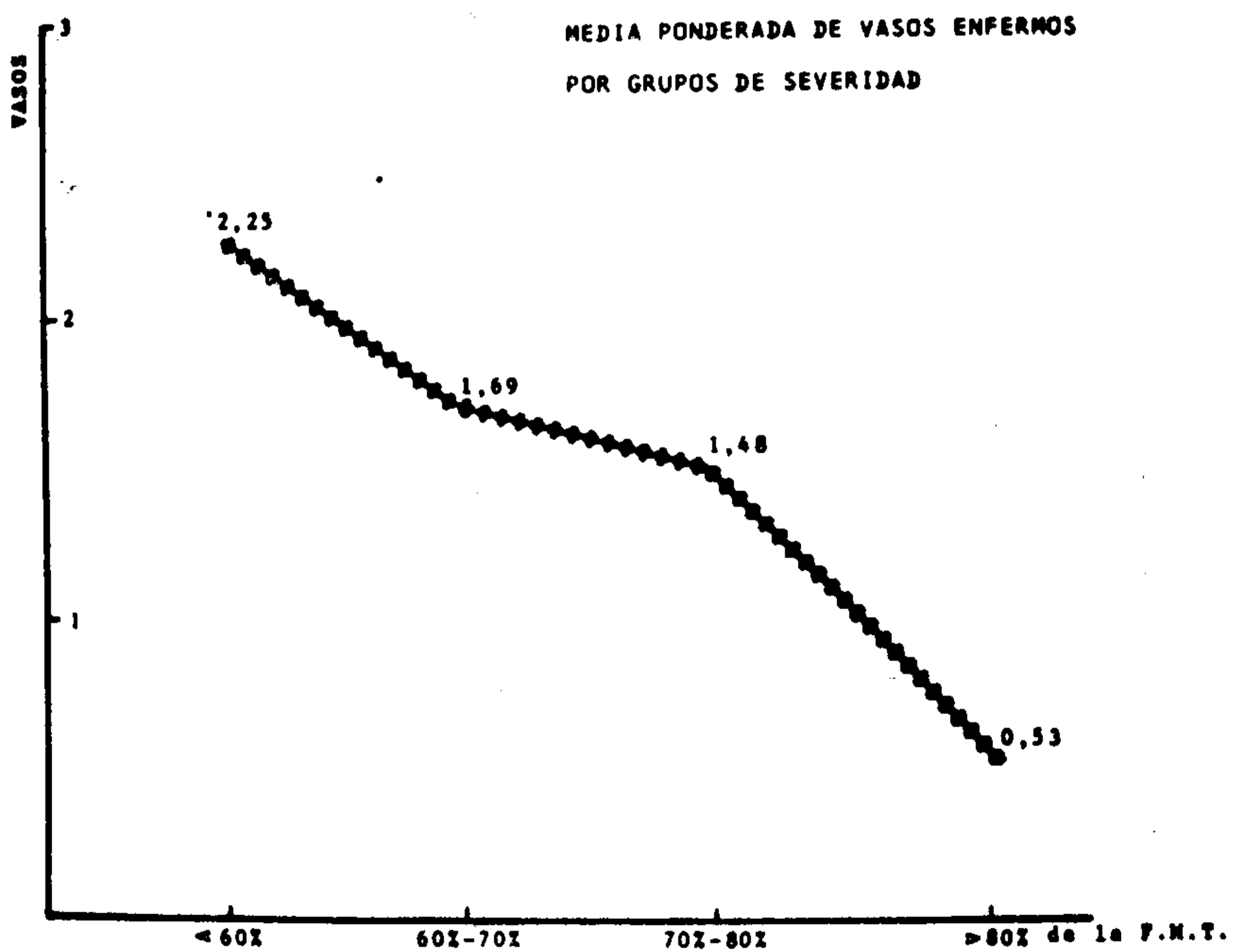


Figura 2

severo hasta el que podemos considerar como casi normal ya que está constituido, en su mayor parte, por pruebas calificadas como "negativas" para el criterio sub-máximo.

En el mismo sentido, la media ponderada de vasos enfermos en cada grupo, va disminuyendo de 2,25 a 1,69, 1,48 y 0,53, a medida que nos alejamos del grupo más afectado y nos acercamos al de mejor tolerancia al esfuerzo.

Todas las diferencias señaladas, analizadas por el método del χ^2 , tienen significación estadística, con una $P < 0,01$, se pueden volver a observar, de manera gráfica, en los cuadros 1 y 2.

Finalmente, la Tabla VI nos muestra que tanto las lesiones de la descendente anterior como la presencia de infarto previo aumentan proporcionalmente a medida que nos aproximamos a los grupos de mayor severidad.

DISCUSION

La precocidad de aparición de una respuesta ergométrica positiva ha sido señalada como uno de los parámetros indicadores de un mayor grado de severidad de la cardiopatía isquémica, puesto que representa una menor reserva funcional y un más bajo "umbral de angina", tal como se puede deducir por el cálculo del consumo de oxígeno o sus equivalentes (3,4,5,6,7). En el importante estudio de seguimiento de Ellestad y Wan (8), los pacientes con pruebas positivas, cuyos desniveles ST diagnósticos aparecen a los 3' del comienzo del ejercicio, presentaban una incidencia de eventos coronarios de un 15 % por año; esta cifra se reducía a un 8 % si la prueba se hacía positiva a los 5', y a un 4 % para las pruebas positivas a los 7'. Por otra parte, la magnitud de los desniveles ST no tenía valor predictivo, contrariamente a lo señalado por otros autores (9,10)

A pesar de lo convincentes que resultan los datos de seguimiento mencionados, la precocidad cronológica de una respuesta positiva puede verse afectada por dos factores opuestos: por un lado, la situación de pacientes con aumentos muy precoces de la frecuencia, habitualmente consecutivos a hiper-simpáticotonía; por el otro, la existencia de individuos muy entrenados, o

muy enfermos, cuya frecuencia no aumenta de manera habitual frente a una determinada magnitud de esfuerzo ("insuficiencia cronotropa" de Ellestad (8,11)). La evaluación del resultado de una prueba en base a la relación entre la frecuencia alcanzada en el momento de aparición de la positividad y la frecuencia máxima teórica, si bien representa, indirectamente, un exponente de la precocidad, trata de obviar los factores de error mencionados (1).

En este trabajo, hemos intentado establecer, en primer lugar, la confiabilidad de nuestra metodología, mediante la correlación de nuestros resultados, valorados de manera habitual, con los de la cine-angio-coronariografía. Con el propósito de aumentar la severidad de los criterios diagnósticos, se tomaron como índices de positividad, para la prueba ergométrica, únicamente desniveles ST mayores de 2 mm. en las precordiales unipolares, que habitualmente utilizamos, y para la coronariografía, un estrechamiento del 75 % o más de la luz de los vasos principales (12). En muy escasas ocasiones, se aceptó una positividad por angor, cuando la intensidad de éste llegaba a imposibilitar la prosecución del esfuerzo (13). De acuerdo con otros autores, no hemos considerado, para esta evaluación, el estado de la circulación colateral, puesto que, además de las dificultades técnicas para estimarla correctamente, no parece agregar información sobre la capacidad funcional a la habitual determinación del número de vasos significativamente afectados (14).

Con los criterios señalados, una vez descontadas las 15 pruebas insuficientes, obtuvimos una sensibilidad del 86 % y una especificidad del 62 % para toda la población (15), con un índice de efectividad (total de aciertos en relación al total de pruebas (16), del 80 %. Sin embargo, si restringimos nuestro análisis a los hombres, en vista de la conocida falibilidad de los resultados de la ergometría en el sexo femenino (17, 18,19), las cifras se transforman en un 87 % y un 71 % para la sensibilidad y especificidad, respectivamente, con un índice de efectividad del 84,7 % proporciones que consideramos confieren validez a nuestra metodología.

En cuanto a los resultados de nuestra correlación del "índice de capacidad funcional" con el grado de lesión del árbol coronario, creemos que son altamente significativos, puesto que existe, como ya fué señalado, un aumento progresivo de vasos severamente afectados a medida que baja el índice, caracterizando grupos más severamente afectados; a la inversa, el número de pacientes sin vasos enfermos va aumentando desde el grupo más grave (menos del 60 % de la FMT) al menos comprometido (más del 80 % de la FMT). Las diferencias son estadísticamente significativas ($P < 0,01$), entre los 4 grupos en que hemos dividido nuestra población.

En idéntico sentido, se comporta la media ponderada de vasos enfermos por paciente, así como la frecuencia de lesiones de la descendente anterior y de los signos de infarto previo; consideramos que la casi absoluta coincidencia de estos dos últimos datos es puramente casual.

Aparentemente, nuestro grado de correlación es todavía algo más discriminativo que el obtenido por Chin y Ellestad en el estudio ya referido (1), en el cual los pacientes se dividen en 3 grupos, que alcanzan porcentajes de la FMT del 90 %, 70 % y 60 %, respectivamente; tal vez la diferencia se deba a que los autores mencionados toman como significativas las obstrucciones del 50 % de la luz de los vasos coronarios. Por otra parte, los resultados del seguimiento a 5 años, referidos en el mismo trabajo, indican una incidencia de eventos coronarios del 42 %, 73 % y 75 %, respectivamente, corroborando las implicaciones predictivas de este índice.

En definitiva, creemos que esta manera de apreciar el deterioro de la capacidad funcional es simple, no complica el procedimiento ergométrico habitual, y tiene una correlación con los datos coronariográficos suficientemente adecuada como para justificar su inclusión, a la par de otros parámetros (magnitud de los desniveles ST (10,20), determinación del consumo de oxígeno (3, 4, 5, 6) aparición de arritmias (21), configuración descendente o elevación del segmento ST (2, 22, 23, 24), caída tensional (25), etc.), en la apreciación de la severidad de la cardiopatía isquémica.

SUMMARY

PRECOCITY OF ONSET OF ISCHEMIC STRESS RESPONSE IN RELATION TO MAXIMUM HEART RATE AS AN INDEX OF SEVERITY ON CORONARY HEART DISEASE (ERGOMETRIC - ARTERIOGRAPHIC CORRELATION)

..In 100 patients studied by coronary arteriography, we correlated the degree of coronary obstruction with the time of onset of the ischemic stress response. This relationship was expressed as a percent ratio of the frequency attained at the appearance of a significant ST-segment depression to the predicted maximal heart rate. The accuracy of our method was confirmed by a sensitivity of 87 %, a specificity of 71 %, and an efficiency of 84,7 %.

Our results indicate a statistically significant correlation of the aforementioned index with the number of severely stenosed arteries, the average of stenosed vessels per patient, the presence of obstructions of the anterior descending artery and of previous infarctions. These findings allow the distribution of the patients in four groups of decreasing severity, namely, those who attain a frequency of less than 60 %, 60 % to 70 %, 70 % to 80 %, and more than 80 % of the predicted maximal heart rate at the appearance of a positive response.

The simplicity of this index and the excellent correlation with the results of coronary arteriography, suggest the convenience of its use in the routine assessment of the severity of ischemic heart disease.

BIBLIOGRAFIA

1. Chin, C. F. y Ellestad, M.H.: Implication of exercise capacity in patients with ischemic heart disease (Correlation with coronary arteriography and coronary events) (abstr.). *Circulation*, 51-52, suppl. II: 116, 1975.
2. Stuart, R. J. jr. y Ellestad, M. H.: Upsloping ST segments in exercise stress testing. Six year follow-up study of 433 patients and correlation with 248 angiograms. *Am. J. Cardiol.*, 37: 19, 1976.
3. Bruce, R. A.: Methods of exercise testing. *Am. J. Cardiol.*, 33: 715, 1974.
4. Amsterdam, E. A.; Hughes J. L. III; De María, A. N.; Zelis, R. y Mason, D. T.: Indirect assessment of myocardial oxygen consumption in the evaluation of mechanisms and therapy of angine pectoris. *Am. J. Cardiol.*, 33: 737, 1974.
5. Bruce, R. A.; Fisher, L. D.; Cooper, M. N. y Gey, G. D.: Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. *Am. J. Cardiol.*, 34: 757, 1974.
6. Blomqvist, G.; Tricbwasser, J. H. y Leshin, S. J.: Prognostic significance of exercise performance in patients with coronary disease. *Circulation*, 45-46, Suppl. II: 132, 1972.
7. Margolis, J. R.: Treadmill stage as a predictor of medical and surgical survival in coronary disease. *Circulation*, 51-52, Suppl. II: 109, 1975.

8. Ellestad, M. H. y Wan, M. K. C.: Predictive implications of stress testing. *Circulation*, 51: 363, 1975.
9. Martin, C. M. y McConahay, D. R.: Maximal treadmill exercise electrocardiography. Correlations with coronary arteriography and cardiac hemodynamics. *Circulation*, 46: 958, 1972.
10. MacHenry, P. L. y Marris, S. N.: Prediction of severity of coronary disease by exercise ST response (abstr.). *Circulation*, 51-52, Suppl. II: 46, 1975.
11. Chin, C. F.; Ellestad, M. H. y Messenger, J. C.: Chronotropic incompetence in exercise testing (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 35: 126, 1975.
12. MacHenry, P. L.; Morris, S. N. y Phillips, J. F.: The significance of a 50% coronary artery stenosis in exercise induced ischemia (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 37: 153, 1976.
13. Kennedy, H. C.; Underhill, S. J.; Caralis, D. C.; Ali Kahn, M. y Poblete, P. F.: Detection of non-anginal or "silent" ischemic ST segment depressions in patients with ischemic heart disease (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 37: 147, 1976.
14. Harris, C. N.; Kaplan, M. A.; Parker, D. F.; Aronow, W. S. y Ellestad, M. H.: Anatomic and functional correlates of intercoronary collateral vessels. *Am. J. Cardiol.*, 30: 611, 1972.
15. McNeil, B. J.; Keeler, E. y Adelstein, S. J.: Primer on certain elements of medical decision making. *New Engl. J. Med.*, 293: 211, 1975.
16. Galen, R. S.: Predictive value of laboratory tests. *Am. J. Cardiol.*, 36: 536, 1975.
17. Cumming, G. R.; Dufresne, C.; Kich, L. y Samm, J.: Exercise electrocardiogram pattern in normal women. *Brit. Heart. J.*, 35: 1055, 1973.
18. Welsh, C. C.; Proudfit, W. L. y Sheldon, W. C.: Coronary arteriographic findings in 1000 women under age 50. *Am. J. Cardiol.*, 35: 211, 1975.
19. Sketch, M. H.; Mohiuddin, S. M.; Lynch, J. D.; Zencka, A. E. y Runco, V.: Significant sex difference in the correlation of electrocardiographic exercise testing and coronary arteriograms. *Am. J. Cardiol.*, 36: 169, 1975.
20. MacConahay, D. R.; McCallister, B. D. y Smith, R. E.: Post-exercise electrocardiography: correlations with coronary arteriography and left ventricular hemodynamics. *Am. J. Cardiol.*, 28: 1, 1971.
21. McHenry, P. L.; Morris, S. N.; Kavalier, M. y Jordan, J. W.: Comparative study of exercise-induced ventricular arrhythmias in normal subjects and patients with documented coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, 37: 609, 1976.
22. McHenry, P. L. y Morris, S. N.: Prediction of severity of coronary disease by exercise ST segment response. *Circulation*, 51-52, Suppl. II: 46, 1975.
23. Hegge, F. N.; Tuna, N. y Burchell, H. B.: Coronary arteriographic findings in patients with axis shifts or ST-T segment elevations on exercise stress testing. *Am. Heart J.*, 86: 603, 1973.
24. Strauss, G. S.; Voss, D. M.; Wenzel, F. J. y Ray, J. F. III: Treadmill ST-segment elevation indication for arteriography, results of surgery. *Circulation*, 51-52, suppl. II: 47, 1975.
25. Irving, J. B.; Bruce, R. A.; Chinn, N. y De Rouen, T.: Significance of "exertional hypotension" in men with ischemic heart disease. *Am. J. Cardiol.*, 37: 145, 1976.