

Las Variaciones de Voltaje del Complejo QRS en la Interpretación de las Pruebas Ergométricas

Dres.: MOISES APTECAR, LILIANA GRINFELD de RONCORONI y
FANNY R. MINDLIN de APTECAR

RESUMEN

Con el fin de observar el comportamiento de los voltajes del complejo QRS durante la prueba ergométrica, fueron estudiados 93 pacientes, todos ellos examinados angiográficamente, y en los cuales se determinó, por un lado, el resultado de la prueba de acuerdo a nuestro criterio habitual (desnivel del segmento ST en la derivación V5, igual o mayor de 2 mm a 0,08" del punto J), y por el otro, un índice que combina las variaciones de voltaje de las ondas R sumadas a los desniveles ST, ambos valores expresados en mm, comparando los datos del momento inicial del pre-calentamiento con los de la máxima frecuencia alcanzada durante la prueba, fórmula ya sugerida por Ellestad.

Los resultados indican que el valor del índice para los 33 casos sin coronarias significativamente afectados fue de $0,03 \pm 0,31$ (ES), mientras que los pacientes portadores de obstrucciones coronarias superiores al 75 % tenían un índice de $2,93 \pm 0,28$ ($p < 0,001$). Si bien hubo diferencias de los valores del índice entre los grupos con 1, 2 y 3 vasos enfermos ($2,70 \pm 0,53$, $2,80 \pm 0,36$ y $3,33 \pm 0,54$, respectivamente), las mismas no alcanzan niveles estadísticamente significativos, aunque sí hubo variación significativa en la proporción de índices positivos en cada grupo ($p < 0,05$). El análisis de la distribución de los valores permite, por lo tanto, asignar a los índices menores de 2 el significado de "resultado negativo", y a los iguales o mayores de 2, el de "resultado positivo".

Comparando los resultados del índice con los del criterio habitual de clasificación de las pruebas, podemos observar sensibilidades muy parecidas para ambos, aunque algo más elevadas para el segmento ST, sobre todo para los casos con un solo vaso afectado (diferencias no significativas). Por el contrario, la especificidad del índice es significativamente mejor ($p < 0,02$), presentando tan solo 4 errores en 33 pacientes con coronarias normales, mien-

tras que el criterio del ST mostró 15 falsos positivos.

En conclusión, creemos que este índice es especialmente útil para la corrección de los falsos positivos, mejorando la especificidad de la prueba ergométrica. En tal sentido, su aplicación resulta interesante en los grupos donde puede sospecharse a priori una menor especificidad (mujeres, miocardiopatías, etc.), o en las pruebas insuficientes o dudosas.

La interpretación de la prueba ergométrica, en cuanto a los aspectos electrocardiográficos, se ha limitado prácticamente hasta ahora a la observación de los cambios del segmento ST. Numerosos autores han demostrado la escasa confiabilidad de las modificaciones de la onda T (1-8); por otra parte, ha recibido una mínima atención el comportamiento del complejo QRS (9-17). Sin embargo, la demostración de variaciones de los volúmenes ventriculares con el esfuerzo, y la eventual relación del voltaje del complejo QRS con estos cambios volumétricos, o con alteraciones electrofisiológicas concomitantes, justifican un intento de análisis de las modificaciones del mismo, ya sea aisladamente, o combinado con las variaciones del segmento ST, como lo sugirió recientemente Ellestad y su grupo de trabajo (18, 19, 20).

MATERIAL Y METODOS

Del conjunto de nuestras correlaciones ergométricas-angiográficas fueron seleccionados 93 pacientes, que reunían las siguientes condiciones:

1) Ergometrías técnicamente satisfactorias, es decir, que permitían una adecuada

interpretación de los voltajes del complejo QRS, y que fueron consideradas "suficientes". El método ergométrico utilizado fue el habitual en nuestro laboratorio, basado en un protocolo escaleriforme continuo, sobre bicicleta de frenado electromagnético (21).

2) Estudio hemodinámico completo, incluyendo determinación de la fracción de eyección y masa ventricular, además de la angiografía coronaria. Esta última fue realizada por el método selectivo de Sones, considerando significativas las obstrucciones mayores de un 75% para las tres arterias principales, y de un 50% para el tronco de la coronaria izquierda. Los volúmenes y la masa ventricular fueron calculados a partir de la cineangiografía en OAD, de acuerdo a la fórmula de Dodge, modificada por Greene, tal como fue comunicado anteriormente (22).

3) Coincidencia cronológica, descartando aquellos pacientes en los cuales hubiera un intervalo mayor de 6 meses entre ambos estudios, o se hubiera producido, con intervalos menores, cambios ostensibles de la sintomatología.

4) Fueron excluidos los pacientes portadores de valvulopatías, trastornos de la conducción intraventricular previos o que hubiesen aparecido durante la prueba, y aquellos que ofrecieron, ya sea por la angiografía o por la ergometría, alteraciones sugestivas de aneurisma ventricular (disquinias, elevaciones del segmento ST).

En los 93 pacientes que integran el grupo en estudio, fueron exploradas distintas combinaciones de elementos, a saber: cambios en el voltaje de R o de R + S, de R + desnivel ST, y de R + S + desnivel ST, comparando distintos momentos de la prueba, p. ej., pre-esfuerzo a post-esfuerzo (paciente acostado), y momento de iniciación del pre-calentamiento con el momento de máximo esfuerzo (paciente sentado en el ciclo-ergómetro). El análisis de los resultados nos permitió concluir que la combinación mejor fue la que sumaba las variaciones de voltaje de la onda R con los desniveles ST, comparando los datos del primer momento del pre-calentamiento con los del mayor esfuerzo alcanzado, índice ya sugerido por Ellestad ($\Delta R-ST$) (23). Las mediciones fueron efectuadas con compás de punta seca, por uno o dos observadores, en desconocimiento del resultado del estudio hemodinámico; fue utilizada habitualmente la derivación unipolar V5 (excepcionalmente la V4 o V6); se promediaron las observaciones de todos los complejos útiles de cada tira, llevándolas al milímetro más cercano. Se consideraron como positivos los aumentos de voltaje de la onda R y los desniveles ST, aunque correspondiesen, en realidad, a depresiones respecto a la isoeletrica; las disminuciones de voltaje de las ondas R fueron consideradas como valores negativos; la suma de los valores de R y de ST fue

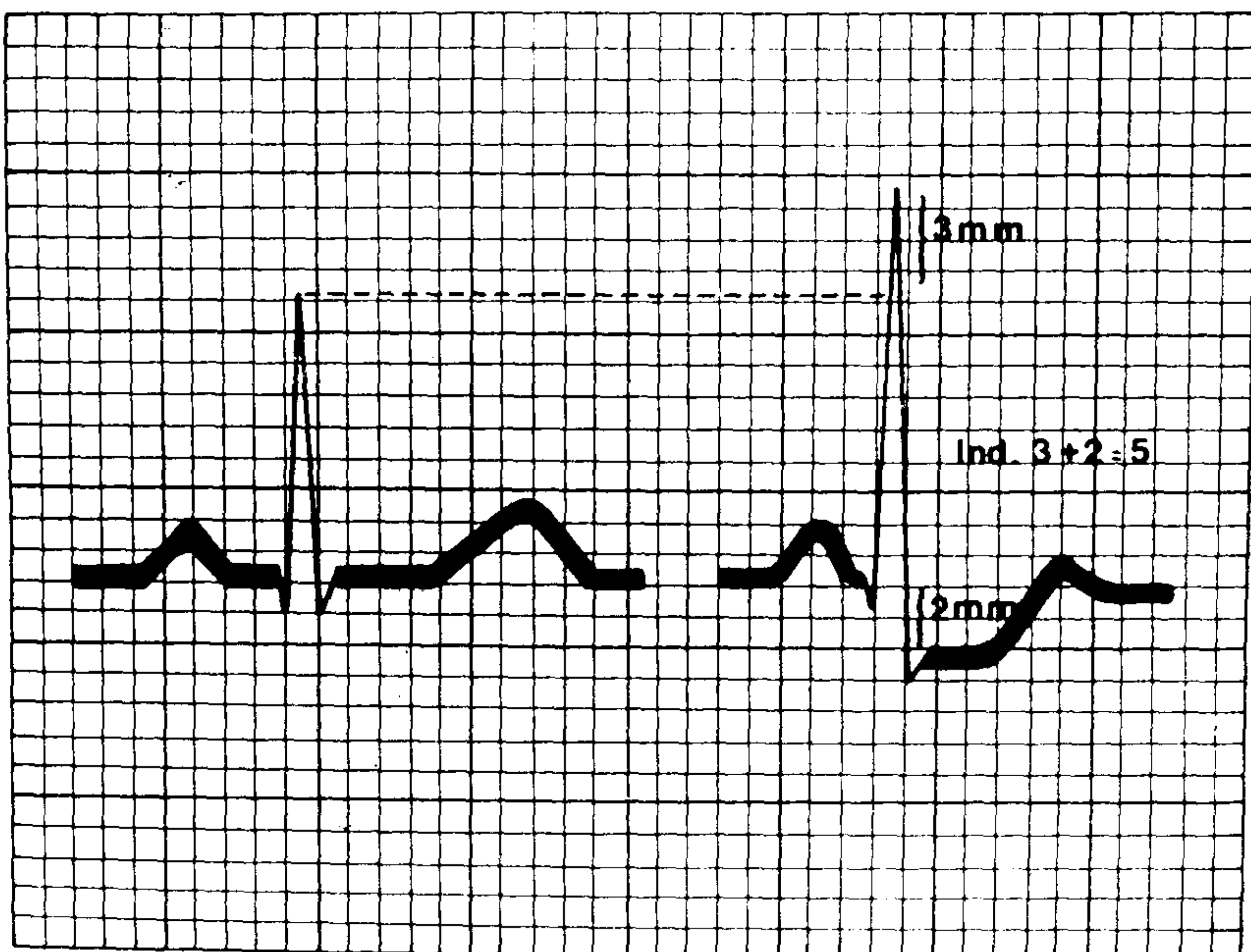


Figura Nº 1: Cálculo del índice $\Delta R-ST$

algebraica. Un ejemplo del tipo de cálculo puede observarse en la fig. 1.

Estos datos fueron comparados con:

a) Positividad o negatividad de la ergometría, de acuerdo a nuestro criterio habitual (desnivel ST horizontal, descendente o ascendente, igual o mayor de 2 mm, a 0,08" del punto J, en la derivación V5, con o sin angor concomitante).

b) Presencia de lesiones significativas en el árbol coronario.

c) Masa ventricular (considerando como "masa ventricular aumentada" los valores superiores a 100 g./m2 de superficie corporal).

d) Fracción de eyección (considerando como "fracción de eyección disminuida" los valores inferiores a un 60%).

El análisis estadístico de los resultados fue realizado por los métodos del X², test de Student para datos no apareados, y análisis de la varianza, según los casos.

RESULTADOS

De acuerdo a lo señalado, la población en estudio estuvo constituida por 93 pacientes, 74 hombres y 19 mujeres, con edades comprendidas entre los 30 y los 70 años (promedio, 53,5 años). La prueba ergométrica, evaluada de acuerdo a nuestro criterio habitual, fue positiva en 65, y negativa en el resto de los pacientes; de los positivos, 31 lo fueron por ST isquém.co. y 34, por ST y angina (33,3% y 36,6% del total de pacientes, respectivamente). El estudio angiográfico mostró vasos sanos en 33 pacientes, lesiones significativas de 1 vaso en 24, de 2 vasos en 21 y de 3 vasos en 15 (25,8%,

22,5% y 16,1% del total de pacientes, respectivamente) (Tabla I).

La confrontación de los resultados del índice y de la prueba ergométrica clásica con el grado de lesión coronaria puede observarse en la Tabla II y el gráfico 2. Se puede apreciar en ellos que existe una buena coincidencia de los valores del índice superiores a 2 con la presencia de patología coronaria, por un lado, y, por el otro, de los valores inferiores a 2 con la ausencia de patología coronaria, observándose 4 falsos positivos y 14 falsos negativos en total. Al mismo tiempo, la prueba ergométrica clásica, si bien presenta menos falsos negativos, muestra un número considerablemente más elevado de falsos positivos, como se podrá ver de inmediato.

Si traducimos estos datos en números concretos, podemos ver en el gráfico siguiente (fig. 3), que el promedio de los valores del índice es de $0,03 \pm 0,31$ (Error Standard) para 0 vasos enfermos, $2,70 \pm 0,53$ para 1 vaso, $2,80 \pm 0,36$ para 2 vasos, $3,33 \pm 0,54$ para 3 vasos, y $2,93 \pm 0,28$ para todo el grupo de coronarias patológicas. La diferencia entre sanos y patológicos es altamente significativa ($P < 0,001$); en cambio, no lo es la existente entre cada uno de los grupos de coronarios, por lo menos en cuanto al promedio del índice; sí lo es ($P < 0,05$) en relación a la proporción de casos con índice positivo en cada grupo (Tabla II). Estos datos nos permiten fijar, definitivamente, los valores del índice superiores a 2 como "positivos", y los inferiores a 2, como "negativos".

La confrontación de los valores del índice con la prevalencia de lesiones coronarias (va-

TABLA I
POBLACION EN ESTUDIO

93 pacientes 74 hombres - 19 mujeres Edad: 30 a 70 años - prom. 53,5 a.	
Prueba + en 65	$\begin{matrix} < 31 \times \text{ST} & (33\% \text{ del total de pac.}) \\ < 34 \times \text{ST} + \text{A} & (36,6\% \text{ " " " " " "}) \end{matrix}$
Prueba - en 28	
Coronarias sin obstr. significativas:	33 pac. - 35,5%
Lesiones significativas de 1 vaso:	24 " - 25,8%
Lesiones significativas de 2 vasos:	21 " - 22,6%
Lesiones significativas de 3 vasos:	15 " - 16,1%

TABLA II
RESULTADOS DE LA PRUEBA ERGOMETRICA POR Δ R-ST Y POR CRITERIO ST,
SEGUN EL GRADO DE LESION CORONARIA

	CORON. NORMALES n= 33		1 CORON. PATOLOG. n= 24		2 CORON. PATOLOG. n= 21		3 CORON. PATOLOG. n= 15	
	INDICE	CRIT. ST	INDICE	CRIT. ST	INDICE	CRIT. ST	INDICE	CRIT. ST
1	-2	-	-1	-	+2	++	+8	++
2	+1	+	+6	+	-2	-	+1	++
3	0	-	+4	+	+3	+	+3	++
4	-2	-	+3	+	+3	++	+5	++
5	0	-	-2	+	+2	++	+4	+
6	0	++	+6	+	+4	++	+4	+
7	+1	+	+5	+	0	-	+3	+
8	-1	+	+3	++	+5	++	+6	++
9	-1	-	+3	+	+3	++	0	-
10	0	+	+1	+	+3	++	+3	+
11	+5	+	+5	++	+3	++	+4	+
12	+1	-	+6	++	+3	++	0	+
13	0	-	+3	++	+5	++	+3	++
14	+3	-	-2	++	+4	++	+3	++
15	-2	-	+5	++	-1	+	+3	++
16	+1	+	+2	++	+3	+		
17	-2	-	+1	-	+2	++		
18	+1	++	+7	+	+3	++		
19	+3	++	+3	+	+4	+		
20	0	+	+2	++	+5	+		
21	+2	+	0	-	+5	-		
22	+1	-	0	++				
23	0	-	0	+				
24	0	+	+5	+				
25	-3	-						
26	-2	+						
27	-1	-						
28	-3	-						
29	-3	-						
30	0							
31	0	+						
32	0	+						
33	0	-						
	0,03±0,31*		2,70±0,53*		2,80±0,56*		3,33±0,54*	
					2,93±0,28*			

+ — Prueba positiva por ST
 ++ — Prueba positiva por ST + angor

lor predictivo) señala, como es lógico, una correlación mejor para los valores extremos, sobre todo los positivos (fig. 4): 83,3% de los pacientes con un índice de +2 tenían lesiones coronarias, 92,5% de aquéllos que presentaban un índice de +3, y 95,6% de los portadores de un índice de +4; también un índice negativo de -2 tiene una correlación aceptable (72,7%), mientras que los valores intermedios oscilan alrededor de un 66%.

La comparación de los resultados obtenidos por el criterio del ST y por el índice en estudio, indica (fig. 5) una mejor correlación del criterio clásico en los grupos de coronarias patológicas, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas; en cambio, sí hay diferencias significativas ($P < 0,02$) en el grupo de coronarias normales, donde el índice tiene solamente 4 errores, contra 15 del ST. Estas variaciones se pueden observar mejor en las conocidas expresiones de sensibilidad, especificidad y

efectividad, que se presentan en la Tabla III; se comprueban en ella valores respectivos de 76,6%, 87,8% y 80,6% para el índice Δ R-ST) y del 88,3%, 54,5% y 76,3% para el criterio del ST. Del mismo modo, el valor predictivo del índice positivo es de 92% según estos datos, mientras que el del ST positivo es del 78%. Debemos aclarar que atribuimos la baja especificidad del criterio del ST en este estudio a la inclusión voluntaria, en el grupo de coronarias sanas, de 11 enfermos con miocardiopatías, y de la mayor parte de las mujeres de la población considerada (15 de 19), reconocidamente portadoras de un elevado porcentaje de pruebas falsas positivas.

La distribución de pacientes con masa ventricular aumentada y masa ventricular normal, de acuerdo a los resultados normales o patológicos del índice, muestra un predominio de pacientes con masa ventricular aumentada en el grupo de índice positivo

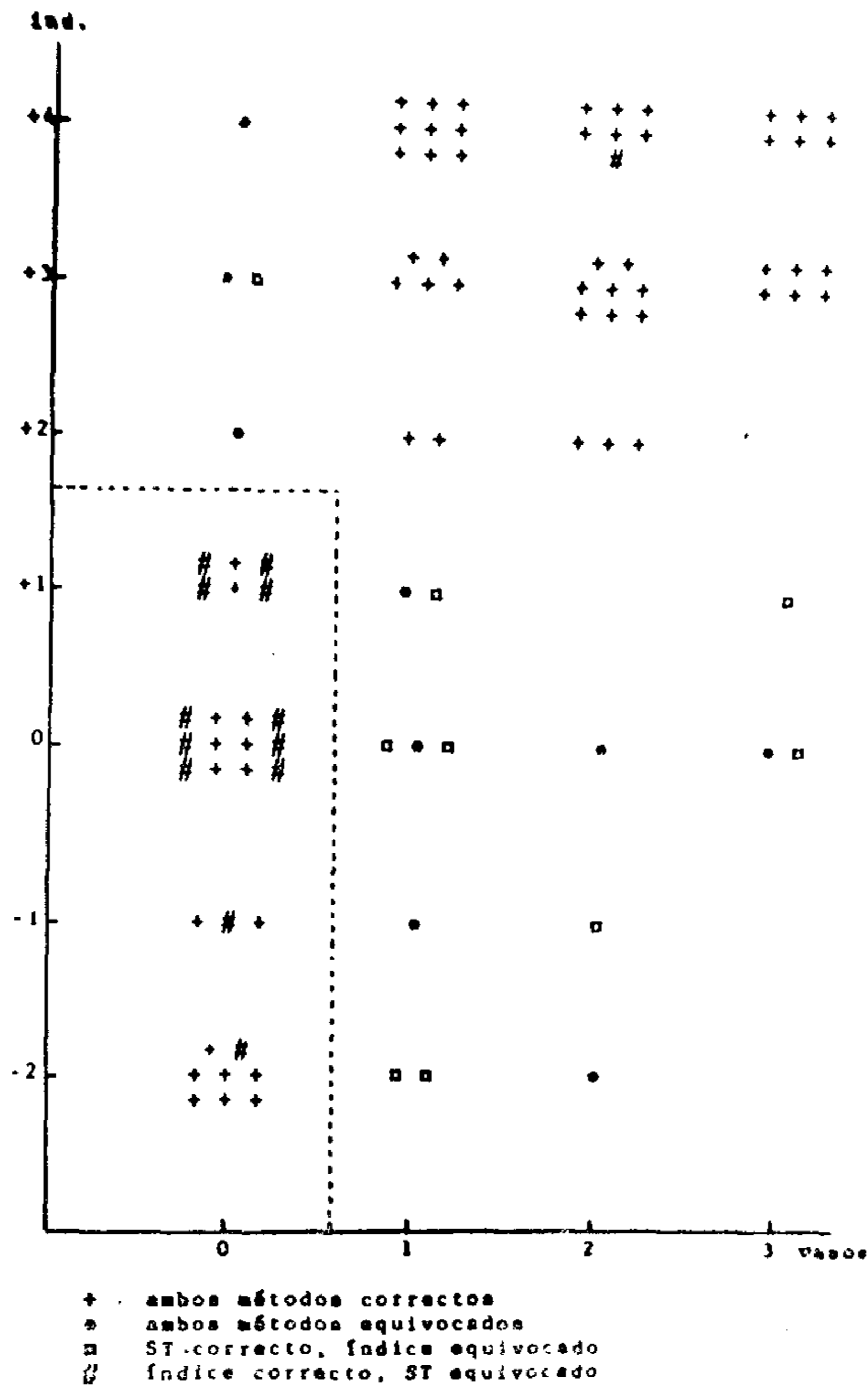


Figura N° 2: Resultados de la prueba ergométrico por Δ R-ST y por criterio ST, según el grado de lesión coronaria

(70%) contra los de índice negativo (58%) (Tabla IV); sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas. Tampoco la fracción de eyección muestra diferencias significativas entre los dos grupos (42% y 44% de pacientes con fracción de eyección disminuida, para los grupos de índice aumentado y normal, respectivamente).

Finalmente, el cálculo del índice promedio en los casos de ergometrías negativas por el criterio clásico, indica un valor de $-0,76$. La cifra se eleva a $+2,48$ para las ergometrías positivas por ST, y a $+3,03$ para aquellas positivas por ST y ángor (Tabla II).

Las dos últimas figuras son ejemplos, la primera (fig. 6), de un índice positivo en un paciente con severas lesiones coronarias, y la segunda (fig. 7), de un índice negativo que aclara el resultado de una prueba ergométrica dudosa, en un paciente que presentó dolor pero no desnivel ST durante el esfuerzo, y en el cual el estudio angiográ-

fico demostró coronarias sanas en presencia de una miocardiopatía.

DISCUSION

La preocupación acerca de la relación entre el electrocardiograma y el tamaño ventricular se inicia desde los comienzos mismos de la electrocardiografía; a partir de la comunicación del índice de Sokolow y Lyon (24), numerosas han sido las fórmulas sugeridas para intentar definir los criterios de hipertrofia ventricular izquierda (Romhilt y col.) (25). A los datos obtenidos por el habitual registro de 12 derivaciones, fue propuesto el agregado de derivaciones ortogonales, como medio para aumentar la sensibilidad y especificidad del ECG (Hugenholtz y col. (26), Pipberger y col. (27), Vine y col. (28), Talbot (29), Talbot y col. (30), Talbot (31) ha insistido recientemente sobre la diferencia electrocardiográfica de los con-

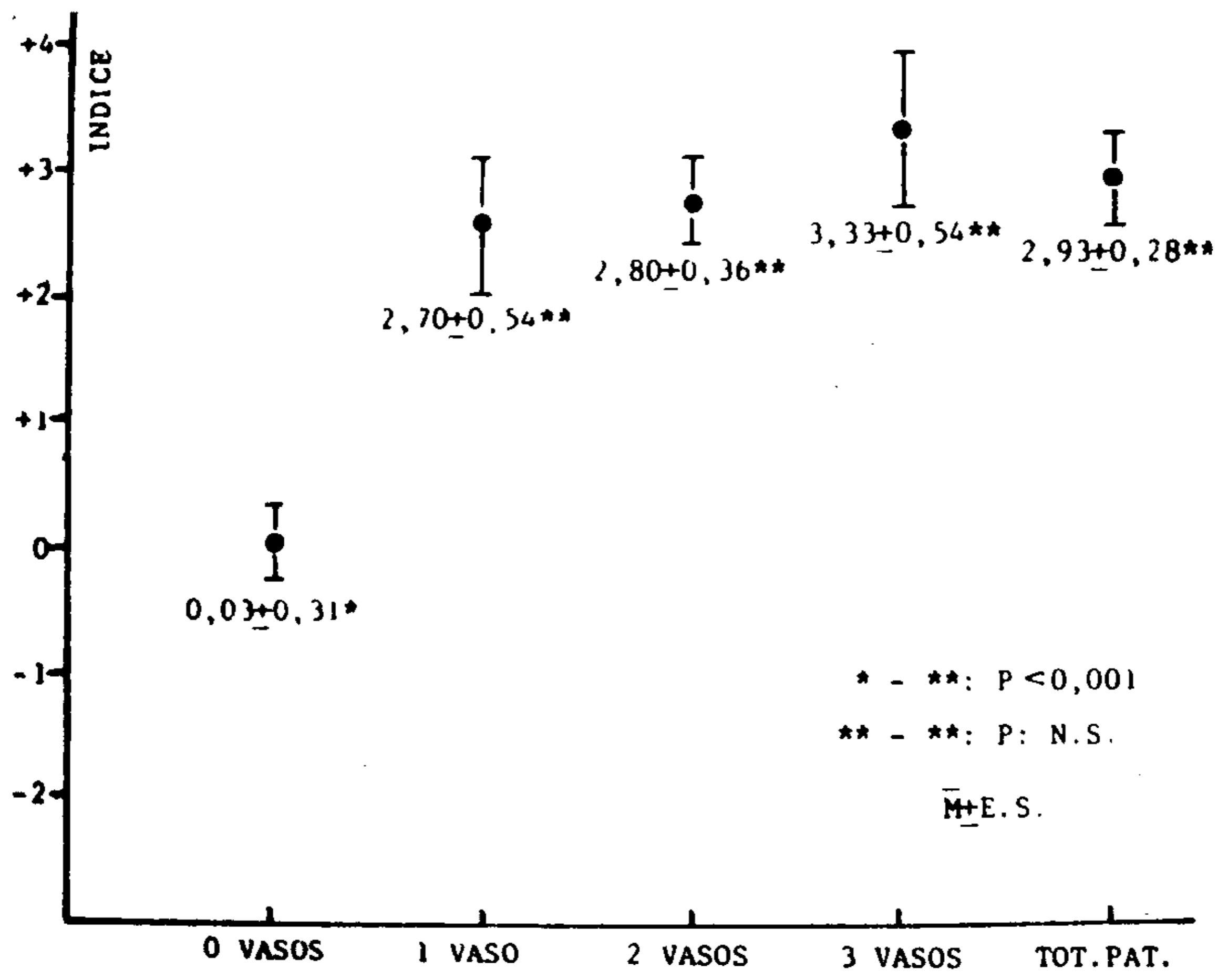
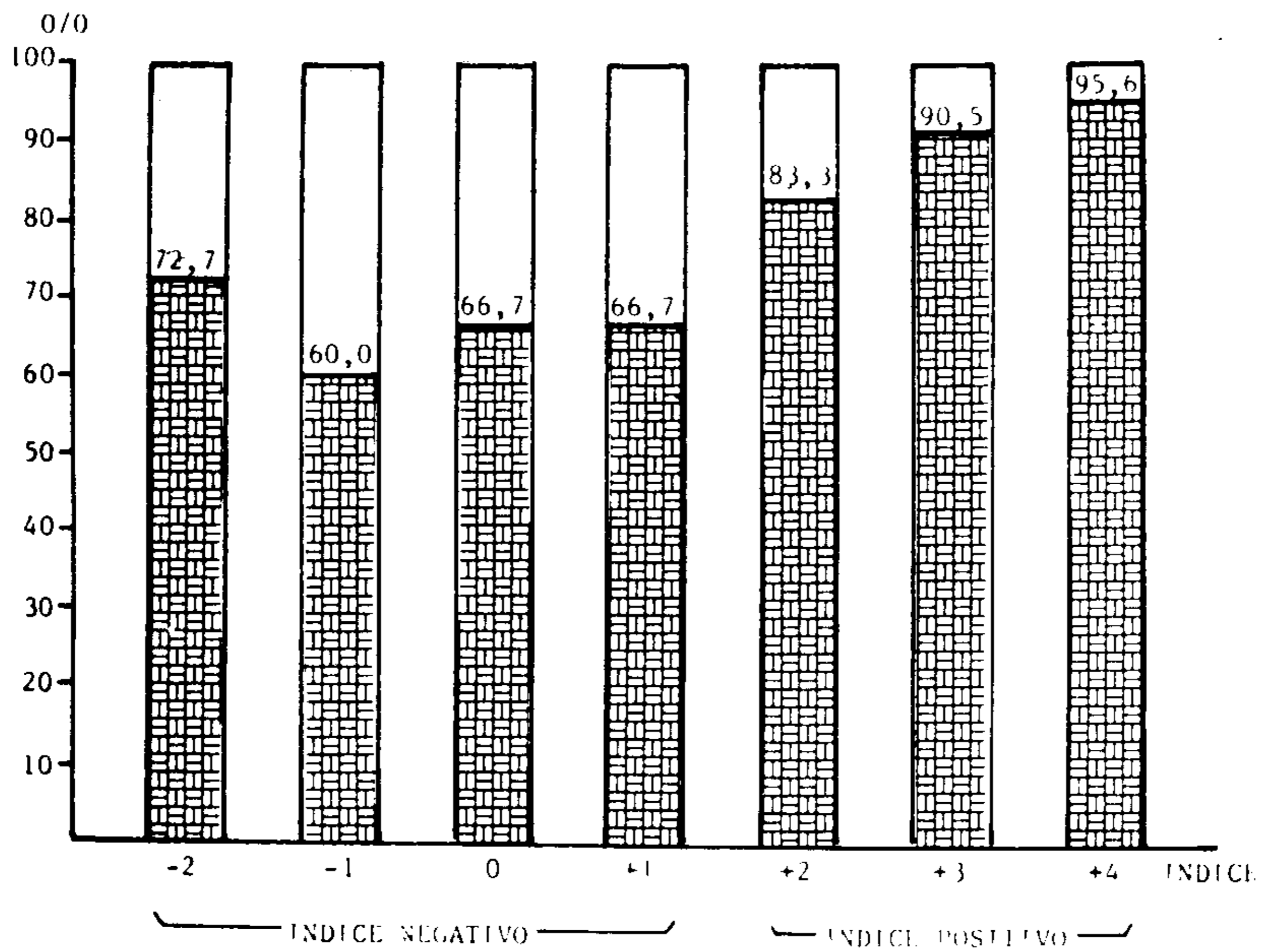


Figura N° 3: Promedio del índice Δ R-ST según el grado de lesión coronaria



ORDENADAS: % DE PACIENTES CORRECTAMENTE DIAGNOSTICADOS

Figura N° 4: Valor predictivo del índice Δ R-ST

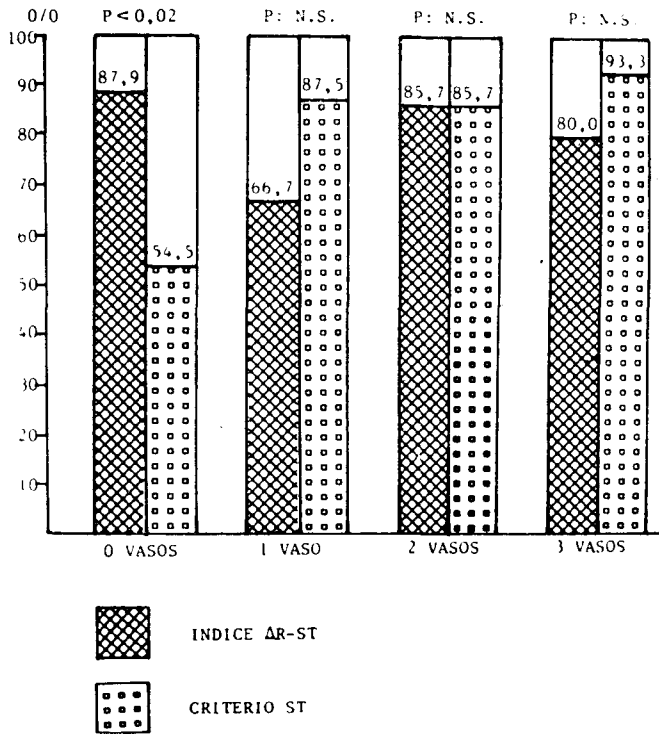


Figura Nº 5: Correlación del índice Δ R-ST y del criterio ST con el grado de lesión coronaria

TABLA III
SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD Y EFECTIVIDAD DEL
INDICE Δ R-ST Y DEL CRITERIO ST

	COR. PAT.	COR. NORM.	
IND. +	46	4	50
IND. -	14	29	43
	60	33	93
			Sens.: 76,6%
			Esp.: 87,8%
			Efect. 80,6%

	COR. PAT.	COR. NORM.	
ST +	53	15	68
ST -	7	18	25
	60	33	93
			Sens.: 88,3%
			Esp.: 54,5%
			Efect. 76,3%

TABLA IV
CORRELACION DEL INDICE Δ R-ST CON MASA VENTRICULAR
Y FRACCION DE EYECCION

	MV ↑	MV N	TOTAL	FR.EY ↓	FR.EY.N	TOTAL
IND ↑	35 (70%)	15	50	21 (42%)	29	50
IND N	25 (58%)	18	43	19 (44%)	24	43
	60	33	93	40	53	93

Ind. ↑ : índice positivo
 Ind. N: índice normal
 M.V. ↑ : masa ventricular aumentada
 M.V. N: masa ventricular normal
 Fr.Ey.↓: fracción eyección disminuída
 Fr.Ey.N: fracción eyección normal

ceptos de hipertrofia y dilatación; su trabajo sugiere una relación directa del retardo de la deflexión intrisecoide con la masa ventricular o espesor de la pared ventricular, y una relación inversa entre el voltaje del QRS y el grado de dilatación ventricular; sin embargo, no ofrece una explicación satisfactoria de este hecho, recurriendo a un concepto teórico de Brody (32) respecto a una disminución de los dipolos intra-cavitarios, secundaria al aumento de la masa sanguínea intra-ventricular izquierda.

Gradualmente, sin embargo, el interés de los investigadores se ha inclinado hacia la relación funcional más que anatómica propiamente dicha. Podemos observar así la publicación de varias fórmulas que señalan una adecuada correlación entre la sumatoria de los voltajes de R y la fracción de eyección (Gottwick y col.) (33), Askenazi y col.) (34), correlación explicada en parte por la dependencia entre la disminución de voltaje de R y el mayor número de secuelas de infarto de miocardio (Eddleman y Pipberger) (35).

Finalmente, cabe señalar el comportamiento de los volúmenes ventriculares durante la taquicardia y el esfuerzo. Ya en el comienzo de los estudios angiográficos que permitieron la determinación de los volúmenes del ventrículo izquierdo, Kennedy y col. (36) reconocieron la existencia de una significativa correlación negativa entre el volumen de fin de diástole del ventrículo

izquierdo normal y la frecuencia cardíaca; esta correlación fue recientemente confirmada por van der Werf (37). Por otra parte, ha sido reiteradamente señalado que los volúmenes de fin de sístole y de fin de diástole se reducen de manera significativa con el esfuerzo en pacientes sin lesión coronaria o con coronarias afectadas, pero sin manifestaciones anginosas, presentando, por el contrario, un agrandamiento en los casos de pacientes con obstrucciones coronarias y ángor concomitante. Este comportamiento fue demostrado mediante control angiográfico continuo, practicado en pacientes estudiados durante el pedaleo en una bicicleta ergométrica, en decúbito dorsal, por Embanks y col. (38), y confirmado luego por Thadani y Parker (39), Caldwell y col. (40), y por Sharma, Goodwin y col. (41), quienes observaron también idéntica respuesta angiográfica en los casos de angina espontánea (42); del mismo modo, se ha demostrado una disminución de la fracción de eyección en pacientes coronarios durante el esfuerzo en cicloergómetro en posición supina (43). La disminución de los volúmenes de fin de diástole del ventrículo izquierdo en corazones normales y su agrandamiento en los anginosos fue señalado también angiográficamente durante el marcapaseo auricular (Mann y col) (44) y mediante el ejercicio isométrico (Flessas y col) (45), y por ecocardiografía, durante marcapaseo auricular, por McCans y Parker (46), y durante el ejercicio con cicloergómetro, por varios autores (47, 48, 49).

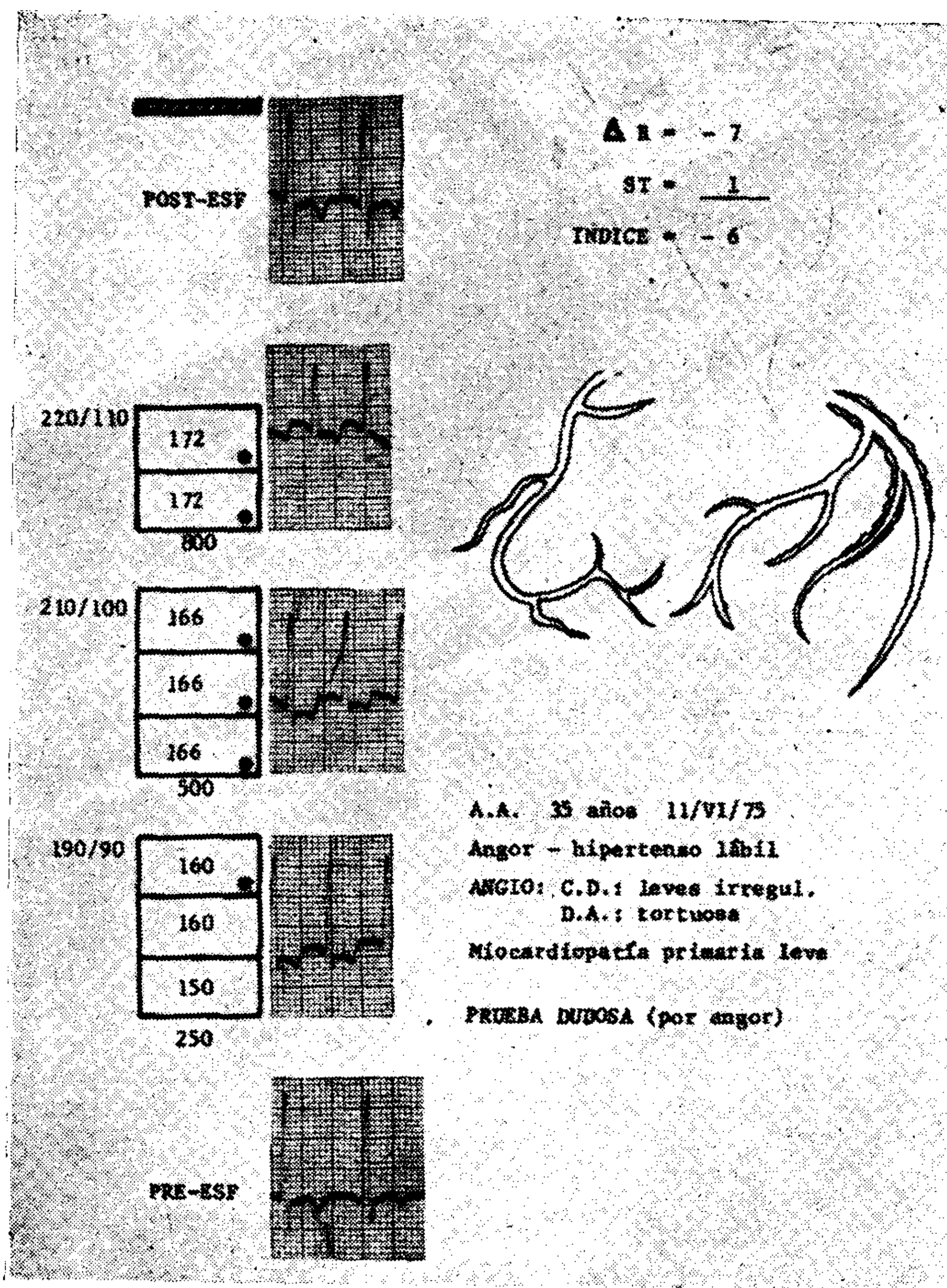


Figura 6: Explicación en el texto

Todas estas consideraciones hacen interesante la investigación de la respuesta del voltaje del complejo QRS al esfuerzo, y, en tal sentido, nuestros resultados concuerdan, en gran parte, con los recientemente comunicados por el grupo de trabajo de Ellestad (18, 19, 20, 25, 30). En efecto, igual que estos autores, comprobamos que la mejor combinación resulta de la conjunción de la variación de voltaje de la onda R con el desnivel ST; la correlación de este índice es superior a la obtenida por la asociación R+S, o R+S+ST. Sin embargo, a diferencia de Ellestad y col. que realizan sus pruebas en tapiz rodante y comparan los voltajes del pre- con los del post-esfuerzo, hemos obtenido un mejor resultado en la confrontación del momento inicial del pre-calentamiento, con el paciente sentado en el cicloergómetro, en relación con el momento de máximo esfuerzo de la prueba, coincidente con el de mayor frecuencia o mayor positividad de la misma; tal vez ello se explicaría

por el tiempo perdido entre la terminación de la ergometría y la iniciación del registro del trazado con el paciente nuevamente acostado (va de sí que se deben comparar posiciones iguales).

Fundamentalmente, igual que los autores mencionados, comprobamos una excelente correlación de los resultados "positivos" con la presencia de lesiones coronarias; si bien el índice, en nuestra experiencia, no discrimina el número de vasos afectados, la diferencia con el índice promedio de pacientes sin lesión coronaria es altamente significativa ($P < 0,001$) (ver fig. 3). Nuestra línea de separación entre índice normal y patológico pasa entre +1 y +2; igual que en la primera comunicación de Bonoris y col. (18), los valores iguales o menores de +1 corresponden a pacientes no coronarios, y los iguales o mayores de +2, a enfermos con por lo menos un vaso significativamente estrechado; sin embargo, en una comunicación posterior (19), sobre 108 enfermos, el

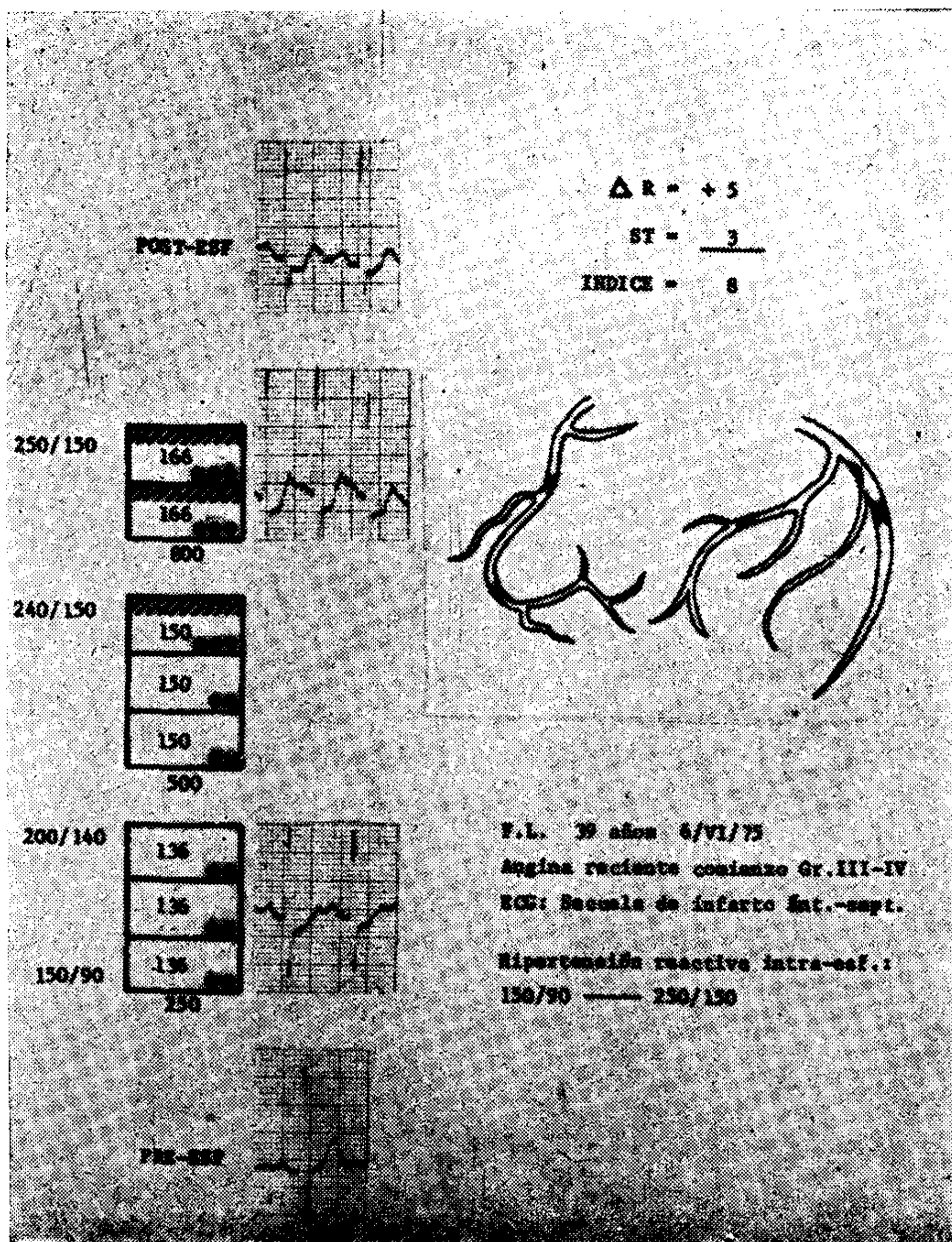


Figura 7: Explicación en el texto

grupo de Ellestad considera como positivos también los índices de 0 y +1. Es asimismo interesante la correspondencia de nuestras cifras de sensibilidad y especificidad para el índice (76,6% y 87,8%, respectivamente) con las referidas por el grupo mencionado (sensibilidad, 74%, especificidad, 78%). En el análisis practicado por Bonoris y col. (20) sobre los falsos positivos y los falsos negativos, se comprueba que el índice corrige un 71% de los falsos positivos; en nuestra serie, lo hace en un 73,3%. Esta situación no se repite para los falsos negativos, donde el índice, a diferencia de los autores citados, no tiene influencia sobre la sensibilidad, e incluso, en los grupos de 1 y 3 vasos afectados, muestra una sensibilidad algo menor que la del criterio clásico (diferencias estadísticamente no significativas).

Estas observaciones hacen que, en nuestra experiencia, el índice resulte particularmente útil para corregir los falsos positivos, mejorando la especificidad de la prueba er-

geométrica; por lo tanto, su aplicación parece especialmente interesante en los grupos donde podemos sospechar a priori una menor especificidad, como podrían serlo las mujeres (51, 52), las miocardiopatías (53, 54), los prolapsos de válvula mitral (55, 56), etc. De hecho, en nuestro grupo de no coronarios, están incluidas 11 miocardiopatías y 15 de las 19 mujeres de la población en estudio.

Llama la atención la falta de distribución estadísticamente diferenciada de los enfermos con masa ventricular aumentada y de aquellos con fracción de eyección disminuida, en relación a la positividad o negatividad del índice. Ello no hace sino acentuar la necesidad de una confirmación directa de la relación entre los cambios de voltaje del QRS y las variaciones de los volúmenes ventriculares, no en distintos grupos de pacientes, como lo han hecho hasta ahora Talbot y otros investigadores, sino en los mismos enfermos, bajo influencia del esfuerzo. En efecto, si bien son innegables los dife-

rentes comportamientos "volumétricos" del ventrículo izquierdo, normal o patológico, ante el esfuerzo, están todavía pendiente de confirmación la relación causal de este hecho con los cambios de voltaje del QRS, tal como parece sugerirlo el comentario de Bonoris y col. (50); no pueden excluirse las posibilidades de cambios en la contractilidad ventricular, o, simplemente, de modificaciones secundarias del voltaje del QRS, debidas al desplazamiento isquémico de la línea de base, que puede simular una disminución de amplitud de la onda R, ante una elevación (aparente) de la línea basal, o un aumento de voltaje, ante la depresión de la misma; teóricamente, estos aparentes desplazamientos obedecerían a la localización predominantemente sub-epicárdica o sub-endocárdica de la pérdida del potencial trans membrana de reposo (8, 57, 58).

Por último, podemos señalar como potencialmente interesante la aplicación de este método en los casos de pruebas dudosas, como puede observarse en el segundo ejemplo que presentamos en la sección de "resultados".

CONCLUSIONES

1) En base a los datos expuestos, creemos que la consideración del voltaje de las ondas R es un complemento útil para la evaluación de la prueba ergométrica, especialmente si se la asocia a los desniveles ST.

2) La utilidad de este índice parece especialmente significativa para la corrección de los falsos positivos, mejorando la especificidad de la prueba ergométrica clásica. En tal sentido, su aplicación resulta de interés en los grupos donde puede sospecharse a priori una menor especificidad (mujeres, miocardiopatías), o en las pruebas de dudosa calificación.

3) La interpretación fisiopatológica, aunque interesante, no está suficientemente aclarada y merece futuras investigaciones.

SUMMARY

THE CHANGES OF THE QRS VOLTAGE IN THE INTERPRETATION OF STRESS-TESTS

In order to assess the value of the QRS-voltage changes during stress-testing, we studied 93 patients, all of them examined angiographically.

In this group, we evaluated, on one hand, the results of bicycle stress-testing, according to our usual criteria (ST segment displace-

ment, equal or superior to 2 mm at 0,08" from the J point, in lead V5), and on the other, an index combining changes of R-wave voltage added to the ST displacement, both expressed in mm, a formula already suggested by Ellestad and co-workers. Data corresponding to the beginning of the warm-up period were compared with those obtained at the moment of maximal heart rate reached during the test.

Our results indicate a mean value for the index in the 33 patients without significant coronary artery disease, of $0,03 \pm 0,31$ ($X \pm SEM$), whereas the patients with at least one 75 % obstruction had a mean index of $2,93 \pm 0,28$ ($p < 0,001$). The values for the subgroups 1, 2 or 3 significantly obstructed vessels were $2,70 \pm 0,53$, $2,80 \pm 0,36$ and $3,33 \pm 0,54$, respectively. These differences were not statistically significant; nevertheless, there was a significant difference in the proportion of patients with abnormal indices in each sub-group ($p < 0,05$). The analysis of the distribution of the results allows, therefore, to accept a less than 2 mm index as a "negative result", and an index of 2 mm or more as a "positive result".

Comparing the results of the index to those of the usual criterium of stress-test interpretation, we observed very similar sensibilities for both, although slightly higher for the ST-segment criterium, specially in the patients with single-vessel obstruction (the difference was not statistically significant). On the contrary, the specificity of the index was conspicuously better ($p < 0,02$). We found only 4 mistakes in 33 patients with a normal coronary artery tree, while the ST criterium showed 13 false-positive results; most of these corresponded to women or cardiomyopathies.

We conclude that this index is specially valuable to correct the false positive results, enhancing the specificity of the stress-test. In consequence, its use is justified in the groups with a known low specificity (women, cardiomyopathies, etc.), or in tests with a doubtful interpretation.

BIBLIOGRAFIA

1. Cohn, P. R.; Vokonas, P. S.; Herman, M. C. y Gorlin, R.: Post-exercise electrocardiogram in patients with abnormal resting electrocardiograms. *Circulation*, 43: 648, 1971.
2. Froelicher, V. J. (jr); Yanowitz, F. G.; Thompson, A. J. et al.: The correlation of coronary angiography and the electrocardiographic response to maximal treadmill testing in 76 asymptomatic men. *Circulation*, 48: 597, 1973.
3. Kattus, A. A.: Exercise electrocardiography: recognition of the ischemic response, false positive and negative patterns. *Am. J. Cardiol.* 33: 721, 1974.
4. Linhart, J. W. y Turnoff, H. B.: Maximum treadmill exercise test in patients with abnormal control electrocardiogram. *Circulation* 49: 667, 1974.

5. Aravindakshan, V.; Surawitz, B. y Allen, R. D.: Electrocardiographic exercise test in patients with abnormal T waves at rest. *Am. Heart J.*, 93: 706, 1977.
6. Surawitz, B.: The pathogenesis and clinical significance of primary T-wave abnormalities. In: *Advances in Electrocardiography* (Schlant, R. C. y Hurst, J. W. ed.) Grune y Stratton, New York, 1972, p. 381.
7. Noble, R. J.; Rothbaum, D. A.; Knoebel, S. B. y col.: Normalization of abnormal T waves in ischemia. *Arch. Int. Med.*, 136: 391, 1976.
8. Surawitz, B. y Saito, S.: Exercise testing for detection of myocardial ischemia in patients with abnormal electrocardiograms at rest. *Am. J. Cardiol.*, 41: 943, 1978.
9. Lloyd Thomas, H. G.: The effect of exercise on the ECG in healthy subjects. *Brit. Heart J.*, 23: 260, 1961.
10. Lloyd Thomas, H. G.: The exercise ECG in patients with cardiac pain. *Brit. Heart J.*, 23, 561, 1961.
11. Bellet, S.; Eliakim, M.; Dellylannis, S. y col.: Radioelectrocardiographic changes during strenuous exercise in normal subjects. *Circulation*, 25: 686, 1962.
12. Bruce, R. A.; Mazzei, J. A.; Jordan, J. W. y col.: Quantitation of QRS and ST-segment responses to exercise. *Am. Heart J.*, 71: 465, 1966.
13. Lepschkin, E.: Physiological factors influencing the electrographic response to exercise. In: *Measurements in exercise electrocardiography* (Blackburn, H., ed.) C. C. Thomas, Springfield, Ill., 11: 1969, p. 363.
14. Kentala, E.; Hiekkilä, J. y Pyörälä, K.: Variations of QRS amplitude in exercise ECG as an index predicting result of physical training in patients with coronary heart disease. *Acta Med. Scand.*, 194: 81, 1973.
15. Kentala, E. y Laurila, O.: Responses of R wave amplitude to postural changes and to exercise. A study of healthy subjects and patients surviving acute myocardial infarction. *Ann. Clin. Res.*, 7: 258, 1975.
16. Simoons, M. L. y Hugenholtz, P. G.: Gradual changes of ECG waveforms during and after exercise in normal subjects. *Circulation*, 52: 570, 1975.
17. Hegge, F. N.; Tuna, N. y Burchell, H. B.: Coronary arteriographic findings in patients with axis shifts or ST elevations on exercise stress-testing. *Am. Heart J.*, 86: 603, 1973.
18. Bonoris, P. E.; Greenberg, P. S.; Castellonet, M. J. y Ellestad, M. H.: Predictive value of R-wave amplitude changes in treadmill stress-testing (abstr.) *Circulation*, 56, suppl. III: 197, 1977.
19. Christison, G. W.; Bonoris, P. E.; Greenberg, P. S.; Castellonet, M. J. y Ellestad, M. H.: Comparison of changes in R-wave amplitude and ST-segment in treadmill stress-testing as a predictor of coronary artery disease (abstr.) *Am. J. Cardiol.*, 41: 376, 1978.
20. Bonoris, P. E.; Greenberg, P. S.; Christison, G. W.; Castellonet, M. J. y Ellestad, M. H.: Ability of R-wave amplitude changes to reduce false negative and false positive responses by ST-depression in treadmill stress-testing (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 378, 1978.
21. Mindlin de Aptekar, F. R.; Canossa, M. A.; Arenoso, H.; Otero y Garzón, C. A. y Aptekar, M.: Correlación clínica, electrocardiográfica y ergométrica en 2000 pacientes. *Rev. Arg. Cardiol.*, 45: 379, 1977.
22. Aptekar, M.; Grinfeld de Roncoroni, L.; Otero y Garzón, C. A. y Mindlin de Aptekar, F. R.: Estudio de los factores determinantes de las respuestas ergométricas positivas en los hipertensos basales. *Rev. Arg. Cardiol.*, 46: 91, 1978.
23. Bonoris, P. E.; Greenberg, P. S.; Christison, G. W.; Castellonet, M. J. y Ellestad, M. H.: Evaluation of R-wave amplitude changes versus ST-segment depression in stress-testing. *Circulation*, 57: 904, 1978.
24. Sokolow, M. y Lyon, T.: The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar, precordial and limb-leads. *Am. Heart J.*, 37: 161, 1949.
25. Romhilt, D. W.; Bove, K. E.; Norris, R. J. et al.: A critical appraisal of the electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Circulation*, 40: 185, 1969.
26. Hugenholtz, P. G.; Ellison, R. C. y Miettinen, O.: Spatial voltages in the assessment of left ventricular hypertrophy (Frank system). *J. Electrocardiology*, 1: 77, 1968.
27. Pipberger, H. V.; Goldman, M. J.; Littman, D.; Murphy, G. R.; Cosura, J. y Snyder, J. R.: Correlation of the orthogonal electrocardiogram with constitutional variables in 518 normal men. *Circulation* 35: 536, 1967.
28. Vine, D. L.; Fincham, R. N.; Dodge, H. T.; Boncroft, W. H. jr. y Hurst, D. C.: Comparison of the vectorcardiogram with the electrocardiogram in the prediction of left ventricular size. *Circulation* 43: 547, 1971.
29. Talbot, S.: Electrical axis and voltage criteria of left ventricular hypertrophy. *Am. Heart J.*, 90: 420, 1975.
30. Talbot, S.; Dreifus, L. S.; Watanabe, Y.; Chiang, R.; Morris, K. y Reich, M.: Diagnostic criteria for computer-aided electrocardiographic 15-lead system (evaluation using 12 leads and Frank orthogonal leads with vector display). *Brit. Heart J.*, 38: 1947, 1976.
31. Talbot, S.; Kilpatrick, D.; Jonathan, A. y Raphael M. J.: QRS voltaje of the electrocardiogram and Frank vectorcardiogram in relation to ventricular volume. *Brit. Heart J.*, 39: 1109, 1977.
32. Brody, A.: A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart - lead relationship. *Cir. Res.*, 4: 731, 1956.
33. Gottwick, M. G.; Parisi, H. F.; Askenazi, J. y McCaughan, D.: Computerized orthogonal electrocardiogram: relation of QRS forces to left ventricular ejection fraction. *Am. J. Cardiol.*, 41: 9, 1978.
34. Askenazi, J.; Freedman, W. B.; Cohn, P. F. y col.: The predictive value of the QRS complex in assessment of left ventricular function (abstr.). *Circulation*, 54, suppl. II: 125, 1976.
35. Eddleman, E. E. y Pipberger, H. V.: Computer analysis of the orthogonal electrocardiogram and vectorcardiogram in 1002 patients with myocardial infarction. *Am. Heart J.*, 81: 608, 1971.
36. Kennedy, J. W.; Baxley, W. A.; Figley, M. N. y col.: Quantitative angiocardiology: the normal left ventricle in man. *Circulation*, 34: 272, 1966.
37. van der Werf, T.: Interdependence of left ventricular end-diastolic volume and heart rate. *Chest*, 73: 683, 1978.
38. Embanks, D. R.; Tsakiris, A. G.; Davis, G. D.; Wallace, R. B. y Frue, R. L.: Left ventricular volumes during exercise-induced angina in pa-

- ients with coronary artery disease (abstr.). *Circulation*, 52, suppl. III: 151, 1970.
39. Thadani, U. y Parker, J. O.: Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in normal subjects. *Am. J. Cardiol.*, 41: 52, 1978.
 40. Caldwell, J. H.; Stewart, D. K.; Frimer, M.; Kennedy, J. W. y Dodge, H. T.: Left ventricular volume during maximal supine exercise. *Circulation*, 51-52, suppl. 11: 37, 1975 (abstr.).
 41. Sharma, B.; Goodwin, J. F.; Raphael, M. J.; Steiner, R. E.; Rainbow, R. G. y Taylor, S. H.: Left ventricular angiography on exercise. A new method of assessing left ventricular function in ischemic heart disease. *Brit. Heart J.*, 38: 59, 1976.
 42. Sharma, B.; Hodges, M.; Asinger, R.; Johnson, R. y Goodwin, J. F.: Left ventricular pressure - volume changes during spontaneous angina pectoris (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 424, 1978.
 43. Frischknecht, J. K.; Steele, P. P.; Kirch, D. L. y Vogel, R. A.: Effects of exercise on left ventricular ejection fraction in patients with coronary disease (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 430, 1978.
 44. Mann, T.; Brodie, B. R.; Grossman, W. y Mc Laurin, L. P.: Effect of angina on the left ventricular diastolic pressure - volume relationship. *Circulation*, 55: 761, 1977.
 45. Flessas, P.; Connelly, G. P.; Handa, S. y col.: Effects of isometric exercise on end-diastolic pressure, volumes and function of the left ventricle in man. *Circulation*, 53: 839, 1976.
 46. McCans, J. L. y Parker, J. O.: Left ventricular pressure - volume relationships during myocardial ischemia in man. *Circulation*, 48: 775, 1973.
 47. Crawford, M. y Aman, W.: Echocardiographic evaluation of left ventricular performance during supine and upright bicycle exercise (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 405, 1978.
 48. Stein, R. A.; Michielli, D.; Fox, E. L. y Krasnow, N.: Continuous ventricular dimensions in man during supine exercise and recovery. An echocardiographic study. *Am. J. Cardiol.*, 41: 655, 1978.
 49. Strom, J.; Frisher, W.; Elkayam, U. y col.: Pre- and post-exercise echocardiography in evaluating ischemic ECG changes in patients without chest pain (abstr.). *Circulation*, 55-56, suppl. III: 198, 1977.
 50. Bonoris, P. E.; Greenberg, P. S.; Castellonet, M. J. y Ellestad, M. H.: Significance of changes in R-wave amplitude during treadmill stress-testing: angiographic correlation. *Am. J. Cardiol.*, 41: 846, 1978.
 51. Cumming, G. R.; Dufresne, C.; Kich, L. y Samin, J.: Exercise electrocardiogram pattern in normal women. *Brit. Heart J.*, 35: 1055, 1973.
 52. 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.
 53. Harris, O. N.; Aronow, W. S.; Parker, D. P. y Kaplan, M. A.: Treadmill stress test in left ventricular hypertrophy. *Chest*, 63: 353, 1973.
 54. Borer, J. S.; Bacharach, S. L.; Green, M. V. y col.: Obstructive versus non-obstructive asymmetric septal hypertrophy: differences in left ventricular function with exercise (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 379, 1978.
 55. McLaughlin, P.; Hackell, V.; Staniloff, H.; Buda, A.; Feiglin, D.; Wigle, D. y Morch, J.: Exercise induced chest pain, myocardial perfusion and stress electrocardiography in patients with mitral valve prolapse (abstr.). *Circulation*, 56, suppl. III: 216, 1977.
 56. Engel, P. J.; Albert, B. L.; Triebwasser, J. y Lancaster, M. C.: Exercise testing in mitral valve prolapse (abstr.). *Am. J. Cardiol.*, 41: 430, 1978.
 57. Sodi-Pallarés, D.; Ponce de León, J.; Bisteni, A. y Medrano, G. A.: Electrocardiografía poliparamétrica. *Progr. en las enf. cardio-vesc.*, 11: 106, 1971.
 59. Vincent, M.; Abildskov, J. A. y Burgess, M. J.: Mechanisms of ischemic ST-segment displacement. Evaluation by direct current recordings. *Circulation*, 56: 599, 1977.