

## Cambios inducidos por la cirugía de revascularización coronaria. Evaluación clínica, ergométrica y radioisotópica. Correlación con la patente angiográfica

DANIEL ALBERTO SINIAWSKI, JOSE LUIS NAVARRO ESTRADA

División Cardiología, Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Italiano de Buenos Aires

Trabajo recibido para su publicación: 11/1983. Aceptado: 7/1984.

Dirección para separatas: Hospital Italiano de Buenos Aires, División Cardiología, Servicio de Medicina Nuclear, Gascón 450, (1181) Buenos Aires, Argentina

La cirugía de revascularización coronaria (CRC) puede aliviar los síntomas y revertir los cambios electrocardiográficos de origen isquémico y ocasionalmente mejorar las alteraciones de la función ventricular izquierda (FVI) producidas por la insuficiencia coronaria. Con el propósito de evaluar las modificaciones que la CRC induce sobre los síntomas, respuesta ergométrica y FVI se incluyeron 28 pacientes consecutivos. Para conocer la posibilidad de predecir estos cambios de acuerdo con la factibilidad prequirúrgica de efectuar una revascularización (R) eficaz los pacientes fueron clasificados en tres grupos según la extensión de la enfermedad coronaria. Grupo I: pasibles de R completa (RC); grupo II: de R inadecuada (RID) y grupo III: de R incompleta (RIC). La CRC mejoró significativamente la clase funcional (CF) y los parámetros ergométricos. Los valores de la fracción de eyección de reposo (FER), fracción de eyección de esfuerzo (FEE) y score de motilidad regional durante el esfuerzo (SMRE) antes y después de CRC fueron similares. En 8 de 28 pacientes (28,5%) se diagnosticó infarto perioperatorio (IPO). El grupo I (RC) incluyó 8 pacientes, todos asintomáticos después de la CRC. La ergometría (PEG) postoperatoria no mostró isquemia en 5 pacientes. El tiempo de ejercicio (TE) aumentó de  $10,8 \pm 3,6$  min a  $14,6 \pm 4,3$  min ( $p=0,05$ ) y el doble producto máximo desarrollado (DMPD) de  $19.500 \pm 2.000$  a  $23.934 \pm 5.300$  ( $p < 0,05$ ). La FER prequirúrgica fue  $56 \pm 10\%$  y la postquirúrgica  $60 \pm 14\%$  ( $p=ns$ ). La FEE se incrementó con la CRC de  $47 \pm 9\%$  a  $61 \pm 12\%$  ( $p=0,01$ ). No se observaron variaciones en la motilidad regional ni hubo IPO. El grupo II (RID) incluyó 9 pacientes. Siete estaban en CF I-II en el postoperatorio pero 5 (55%) tenían PEG anormal por isquemia. El TE aumentó de  $5,5 \pm 1,8$  min a  $8,2 \pm 1,3$  min ( $p < 0,005$ )

y la carga de trabajo (CT) de  $38 \pm 12$  W a  $56 \pm 19$  W ( $p=0,005$ ). La FRE, FEE y el SMRE no se modificaron en forma significativa. El score de motilidad regional de reposo (SMRR) disminuyó de  $7,3 \pm 1,6$  a  $5,1 \pm 2$  ( $p < 0,025$ ). La incidencia de IPO fue 33%. El grupo III (RIC) incluyó 11 pacientes. Tres (27%) continuaban con síntomas invalidantes y 6 (55%) con PEG anormal. Ni el TE ni la CT variaron en forma significativa. La FER disminuyó ligeramente, mientras que la FEE ( $47 \pm 13\%$  a  $38 \pm 10\%$ ), el SMRR ( $5,4 \pm 2$  a  $3,9 \pm 1,4$ ) y el SMRE ( $5,4 \pm 2$  a  $3,9 \pm 1,4$ ) disminuyeron de manera ostensible. La incidencia de IPO fue 45%. En los pacientes con RC la CRC mejoró el cuadro clínico, la respuesta ergométrica y la FVI durante el esfuerzo, sin modificar la motilidad en reposo. La RID se acompañó de alivio sintomático pero con deterioro de la motilidad segmentaria en reposo e isquemia residual con el esfuerzo. Cuando se efectúa RIC la mejoría sintomática es parcial y la FVI en reposo y esfuerzo puede empeorar. La coronariografía permite identificar el tipo de R que podrá realizarse y por ello es de gran valor para predecir los resultados de la CRC y efectuar de esta manera un adecuado balance costo/beneficio prequirúrgico.

La caída crítica del flujo a través de una estenosis coronaria genera desbalance entre el aporte y la demanda de oxígeno miocárdico, provocando isquemia. Este fenómeno suele manifestarse por angina de pecho y alteraciones en el segmento ST del electrocardiograma.

Tennant y Wiggers<sup>1</sup> demostraron que la oclusión coronaria transitoria produce severas alteraciones en la contractilidad ventricular.

La angiografía radioisotópica ha permitido demostrar que la isquemia provocada por el ejercicio

produce alteraciones globales y regionales de la contracción a un umbral menor que el necesario para ocasionar síntomas y cambios eléctricos.<sup>2,3</sup>

Se ha postulado, además, que existen alteraciones de la función ventricular de origen isquémico en reposo.

Es conocido que la cirugía de revascularización coronaria (CRC) mejora la sintomatología y la capacidad funcional. La prueba ergométrica convencional permitió objetivar estos hallazgos, pero su utilidad para evaluar la eficacia de la revascularización es aún controvertida.

Ha sido publicado que la CRC no produce cambios significativos en la función global de reposo, aunque es capaz de modificar favorablemente la contracción segmentaria. Estos cambios pueden ser predecidos en la evaluación prequirúrgica mediante diferentes intervenciones (nitroglicerina, potenciación postextrasistólica, postesfuerzo inmediato).<sup>4-6</sup>

En 1978, Kent y colaboradores hallaron buena correlación entre la permeabilidad de los puentes aortocoronarios y la corrección de las alteraciones de la contractilidad provocadas por el esfuerzo.<sup>7</sup> Si bien estos hallazgos fueron confirmados posteriormente, en todas las series existe un número variable de pacientes que no mejoran la respuesta ventriculográfica luego de la cirugía.<sup>8-10</sup>

La finalidad de este trabajo es evaluar de qué manera la cirugía de revascularización coronaria modifica los síntomas, la respuesta ergométrica y la función ventricular izquierda tanto en reposo como durante el esfuerzo y cómo estos cambios pueden ser predecidos a través del análisis prequirúrgico de la respuesta a drogas y de la evaluación de la extensión de la enfermedad aterosclerótica a través de la patente angiográfica.

## MATERIAL Y METODO

### *Población*

Se incluyeron 28 pacientes consecutivos sometidos a CRC. Veintiséis eran hombres y dos mujeres, con edades comprendidas entre 41 y 71 años ( $54 \pm 8$  años).

Trece pacientes tenían angina crónica estable; 14 angina inestable (6 con angina postinfarto) y uno insuficiencia cardíaca izquierda aguda isquémica (Tabla 1). Veinticuatro se encontraban en clase funcional III-IV y 4 en clase funcional I-II (según criterios de la NYHA).

Los pacientes fueron operados por persistencia de síntomas a pesar del tratamiento farmacológico (bloqueantes beta en 22 casos; bloqueantes cálcicos en 18) o por presentar lesión del tronco de la coronaria izquierda.

Diecinueve tenían infarto de miocardio previo.

Se consideró lesión angiográfica significativa a la obstrucción de por lo menos 70% del diámetro luminal de un vaso mayor o 50% del diámetro del tronco principal de la coronaria izquierda (Tabla 2).

Veinte pacientes (71%) tenían lesión de tres vasos, 7 (25%) lesión de dos vasos y 1 (4%) lesión de un vaso. Cuatro pacientes (14%) tenían, además, lesión de tronco de la coronaria izquierda.

### *Estudio radioisotópico prequirúrgico*

Dentro de las 72 horas previas a la cirugía todos los pacientes fueron evaluados con ventriculograma radioisotópico en condiciones basales, durante ejercicio y después de la administración de nitritos de acción rápida.

a) *Ventriculograma basal.* Los glóbulos rojos del paciente fueron marcados mediante inyección intravenosa de pirofosfato estañoso. Veinte minutos más tarde se administraron 25 mCi de Tc 99m por la misma vía. Este procedimiento determina la marcación *in vivo* de los glóbulos rojos del paciente. Luego de 5 minutos, una vez alcanzado el "equilibrio" (igual actividad por ml de sangre en todo el organismo sin extravasación significativa de radioisótopo), se colocó al paciente en posición semisupina en un cicloergómetro de medicina nuclear. Se ubicó el detector monocristal sobre el tórax en posición oblicua anterior izquierda a 45°, teniendo especial cuidado en lograr la mejor separación entre ambos ventrículos. Se usó una cámara gamma marca Elscint modelo Apex con adquisición digital.

Se realizó adquisición de tipo "multigatillado". El procedimiento implica que el conmutador toma como señal la onda R del electrocardiograma del paciente. El espacio RR es separado en 24 cuadros que corresponden a segmentos temporales en los que se divide el ciclo cardíaco. De este modo, a cada segmento temporal corresponde un sector de la memoria del computador que se organiza espacialmente como una imagen. Cada imagen es un momento diferente y consecutivo en el ciclo cardíaco. La integración final corresponderá a la suma de varios centenares de latidos cardíacos, que dará un latido "promedio". El número total de cuentas adquiridas oscila entre 8 y 10 millones, o sea entre 300 y 400 mil por imagen.

El borde ventricular izquierdo se determinó en forma semiautomática a partir de un área de interés circular elegida visualmente por el observador. El algoritmo para la definición del borde se basó en el método de la segunda derivada.

Después de aplicar un mecanismo para uniformar la imagen y sustraer la actividad del fondo se obtuvo una curva tiempo-actividad. Con los

Tabla 1  
Datos preoperatorios

Nº	Edad	Sexo	CF	Infarto previo	Cuadro clínico	PEG	Medicación
1	58	F	IV	—	AI	ST+AP	P 100 N 40
2	50	M	III	—	ACE	ST+AP	P 120
3	59	M	IV	I	IC	ST >	P 80
4	54	M	IV	AS	AI	N	P 120 N 80
5	53	M	III	—	ACE	ST+AP	P 240
6	42	M	IV	—	ACE	ST+AP	P 120 N 30
7	67	M	IV	SE	API	ST+AP	TIM 30
8	55	M	IV	p	API	ST+AP	P 80
9	71	M	IV	—	ACE	ST >	P 120 N 80
10	52	M	IV	p	ACE	N	N 120
11	47	M	IV	—	AI	ST+AP	AT 200 N 80
12	56	M	II	AS	AI	N	—
13	66	M	III	AS	API	ST <	AT 100
14	46	M	IV	I	AI	ST+AP	N 40
15	65	M	IV	p	ACE	ST+AP	P 80 N 80
16	55	M	III	—	ACE	ST+AP	N 40
17	44	M	II	—	ACE	ST+AP	—
18	60	M	IV	p	ACE	ST+AP	P 160 N 40
19	42	M	IV	AS	API	ST <	P 120 N 80
20	59	M	IV	AS	AI	ST <	P 160 N 80
21	41	M	III	AS	API	ST >	AT 200 N 40
22	52	M	II	I	API	N	N 80
23	43	M	IV	AL	API	N	P 40 N 40
24	62	M	IV	AS	API	N	AT 50 N 120
25	60	M	IV	p	ACE	ST+AP	P 80 N 60
26	62	M	IV	p	ACE	ST+AP	MET 100
27	48	M	II	—	ACE	ST <	P 80
28	52	M	IV	p	ACE	ST+AP	P 160 N 40

CF: clase funcional; PEG: prueba ergométrica; ST+AP: anormal por infradesnivel del segmento ST y angina de pecho; ST: anormal por infradesnivel menor del segmento ST; ST: anormal por infradesnivel mayor del segmento ST; N: sin respuesta isquémica; I: inferior; AS: anteroseptal; SE: subendocárdico; p: punta; AL: anterolateral; AI: angina inestable; ACE: angina crónica estable; IC: insuficiencia cardíaca; API: angina postinfarto; P: propranolol; N: nifedipina; TIM: timolol; AT: atenolol; MET: metoprolol. Las dosis de los fármacos están expresadas en miligramos.

Tabla 2  
Datos postoperatorios

No	Lesiones (1)	Puentes	Revascularización	CF postquir.	PEG	Medicación
1	DA, OM, CD	DA, OM, CD	Completa	II	N	P 100
2	DA, CD	DA, CD	Completa	I	ST <	—
3	DA, OM	DA, OM, CD	Incompleta	II	N	P 80 N 40
4	DA, OM, CD*	DA, OM, CD	Inadecuada	I	N	P 120
5	DA, OM, CD	DA, OM, CD	Completa	II	ST <	P 40
6	DA	DA	Completa	II	N	AT 100 N 40
7	DA*, OM, 1ª D	DA, OM, 1ª D	Inadecuada	II	ST <	P 60
8	LT, DA*, Cx*, OM, DP	DA, Cx, DP	Inadecuada	III	ST+AP	P 160
9	DA*, Cx*, CD*	DA, Cx	Incompleta	IV	ST+AP	—
10	DA, OM*, 1ª D	DA, 1ª D	Incompleta	II	N	—
11	DA*, CD*, LA, OM	DA, LA, OM	Incompleta	III	ST+AP	—
12	DA, OM, CD*	DA, OM, CD	Inadecuada	I	N	P 80
13	DA	DA	Completa	II	N	P 80
14	DA, 1ª D, Cx	DA, 1ª D	Incompleta	I	ST <	—
15	DA*, OM*, PV, CD*	DA, OM, Pv	Incompleta	II	ST+AP	D
16	DA*, OM	DA, OM	Inadecuada	I	ST <	—
17	DA, OM	DA, OM	Completa	I	N	—
18	LT, DA, OM	DA, OM	Completa	I	N	—
19	DA, Cx, LA	DA, Cx, LA	Completa	I	ST >	P 120
20	DA*, 1ª D, OM, CD	DA, 1ª D, OM, CD	Inadecuada	I	N	N 30
21	DA*, 1ª D, OM*, DP	DA, 1ª D, DP	Incompleta	I	ST <	AT 100
22	LT, DA*, OM*, LA	DA, LA	Incompleta	I	N	—
23	DA, 1ª D, Cx*	DA, 1ª D	Incompleta	I	N	—
24	DA*, OM, LA, CD*	DA, OM, LA, CD	Inadecuada	IV	—	D, DIUR, V
25	DA*, OM, CD*	DA, OM	Incompleta	II	ST <	NAD 40 N 40
26	DA*, OM	DA, OM	Inadecuada	I	ST <	—
27	LT, DA*, 1ª D, LA	DA, 1ª D, LA	Inadecuada	I	ST >	P 80
28	DA*, 1ª D, OM, Cx*	DA, 1ª D, OM	Incompleta	III	N	P 120

CF: clase funcional; PEG: prueba ergométrica; N: sin respuesta isquémica; ST: anormal por infradesnivel menor del segmento ST; ST+AP: anormal por infradesnivel mayor del segmento ST; LT: lesión de tronco de la coronaria izquierda; DA: descendente anterior; OM: obtusa marginal; CD: coronaria derecha; 1ª D: primera diagonal; LA: lateral alta; PV: posterioventricular; Cx: circunfleja; P: propranolol; N: nifedipina; AT: atenolol; D: digital; DIUR: diuréticos; V: vasodilatadores; NAD: nadolol. — Las dosis de los fármacos están expresadas en miligramos. — (1) Se excluyeron los territorios con necrosis preoperatoria. \* Arterias con lechos distales de mala calidad.

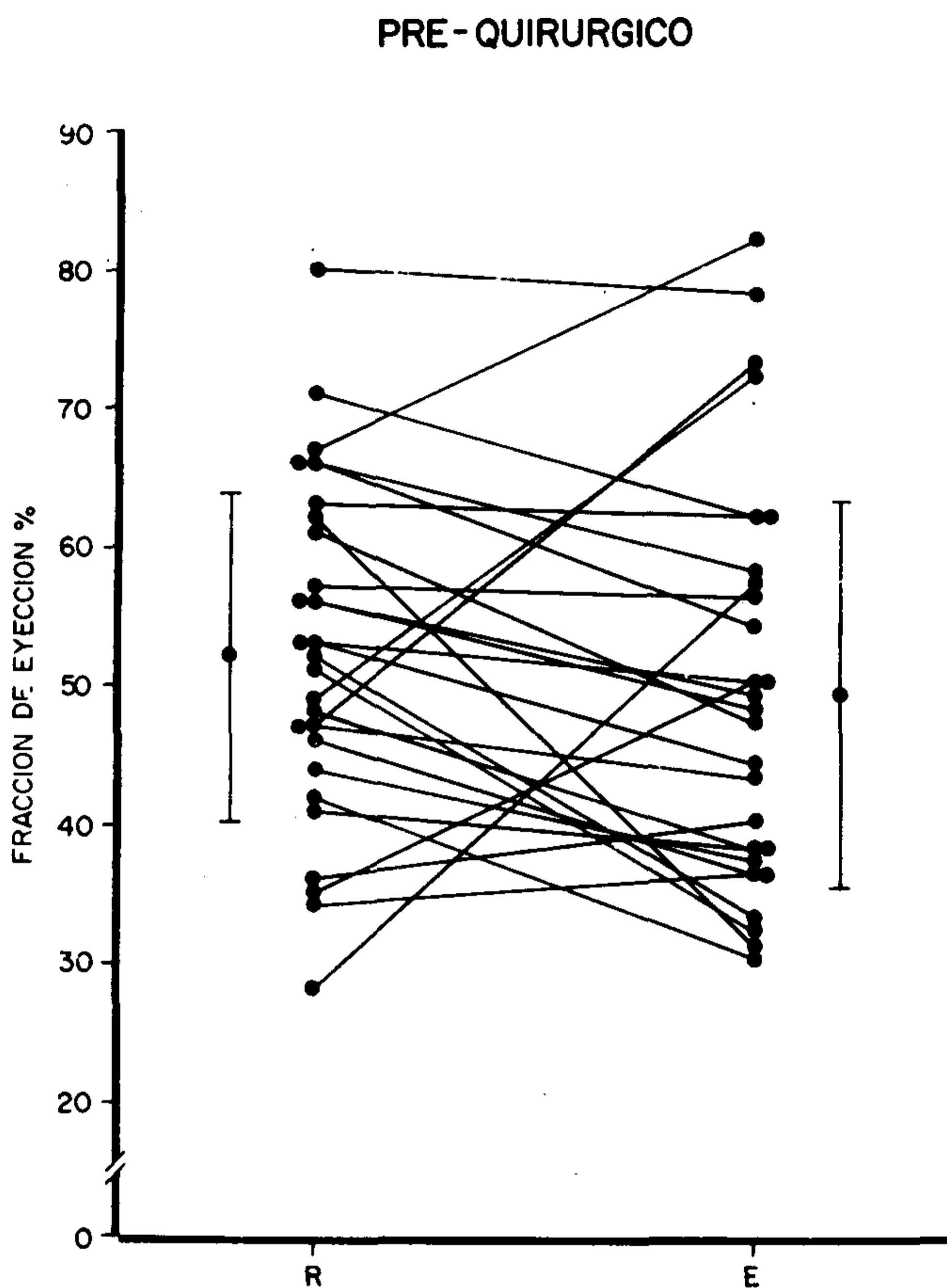


Fig. 1. Fracción de eyección en reposo (R) y durante el máximo esfuerzo (E) en el grupo total, previo a la CRC. Se excluyó el paciente N° 24, que desarrolló taquicardia ventricular en ejercicio que impidió la adquisición.

valores de la curva se calculó automáticamente el valor de la fracción de eyección según la siguiente fórmula:

$$FE = \frac{CFD - CFS}{CFD}$$

donde: CFD=cuentas de fin de diástole, CFS=cuentas de fin de sístole y FE=fracción de eyección.

Las imágenes fueron analizadas cualitativamente mediante la proyección de las mismas en modo de cine continuo.

El borde ventricular izquierdo fue dividido en cinco partes y la motilidad regional fue evaluada en cinco segmentos: septal proximal, septal distal, inferoapical, posterolateral distal y posterolateral proximal.

Cada segmento fue calificado según el siguiente score: 2=normal, 1=hipoquinesia, 0=aquinesia y -1=distquinesia.

La suma de los valores asignados determinó el score de motilidad regional.

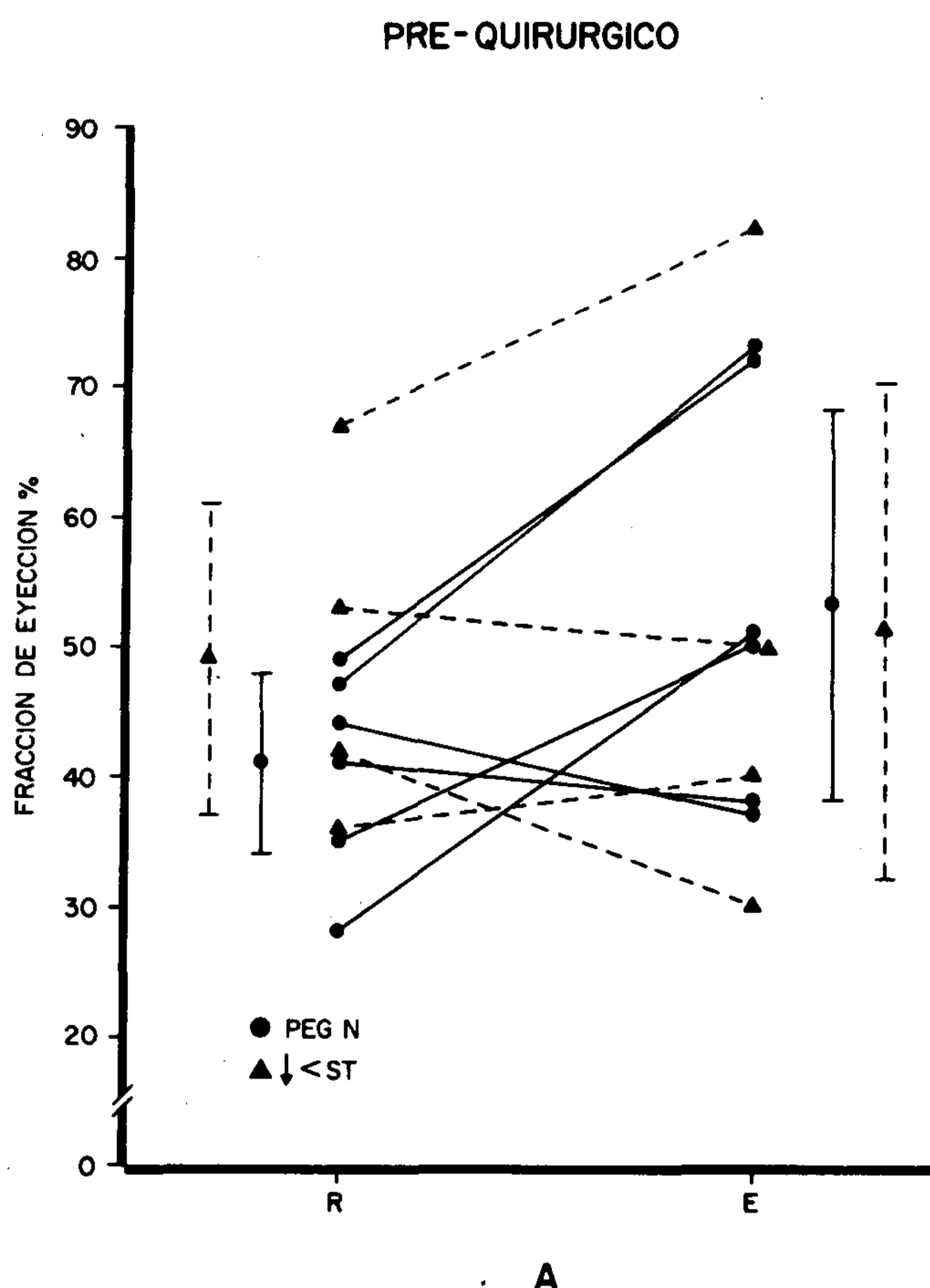


Fig. 2A. Fracción de eyección en reposo (R) y durante el máximo esfuerzo (E) en la evaluación prequirúrgica, en pacientes sin respuesta isquémica o con infradesnivel menor del segmento ST.

Cada estudio fue analizado por dos observadores independientes que desconocían los resultados angiográficos.

b) *Protocolo de esfuerzo.* Después de obtener la imagen radioisotópica basal y con el detector en la misma posición se efectuaron cargas crecientes de 25 Watts y 3 minutos de duración. Al final de cada etapa se registraron tensión arterial y electrocardiograma basal (desviación torácica monopolar CM5).

El ejercicio fue detenido por respuesta isquémica, fatiga muscular extrema o por alcanzar el 85% de la frecuencia cardíaca máxima prevista.

Se denominó respuesta isquémica a la aparición de angina de pecho típica y/o infradesnivel del segmento ST (infradesnivel "mayor"  $\geq 2$  mm o infradesnivel "menor"  $< 2$  mm).

c) *Ventriculograma de esfuerzo.* Durante los dos minutos finales de la última etapa se adquirió otra secuencia multigatillada (ventriculograma de esfuerzo) con idéntica técnica.

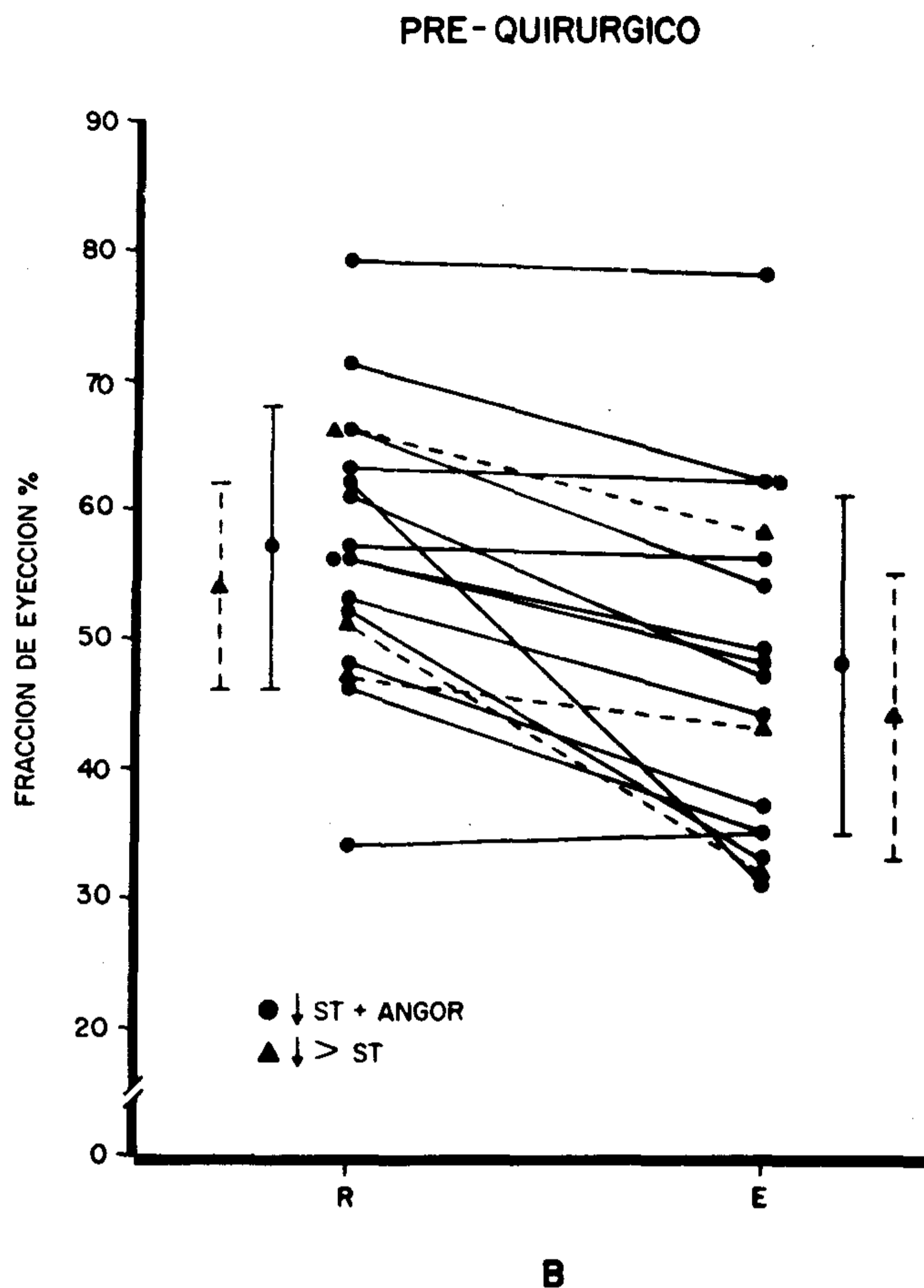


Fig. 2B. Fracción de eyección en reposo (R) y durante el máximo esfuerzo (E) en la evaluación prequirúrgica, en pacientes con angina de pecho e infradesnivel del segmento ST o con infradesnivel mayor del segmento ST. El 100% tuvo respuesta anormal de la FE con el esfuerzo.

El número de cuentas por imagen no fue inferior a 200.000, a pesar del menor tiempo promedio de adquisición de datos.

El análisis cuantitativo (fracción de eyección) y cualitativo (motilidad regional) fue efectuado del mismo modo que para el ventriculograma basal.

Se consideró respuesta normal al aumento de por lo menos 5 unidades de fracción de eyección sin nueva alteración segmentaria de la contracción. La respuesta anormal se subclasificó como anormal "plana" cuando la variación de la fracción de eyección se mantuvo en un rango de  $\pm 5$  unidades con respecto al basal, y como anormal "significativa" cuando hubo una disminución de por lo menos 5 unidades de fracción de eyección.

d) *Ventriculograma con nitritos.* Una vez finalizado el ejercicio se esperó para que la frecuencia cardíaca y la tensión arterial retornaran a los valores basales y para que los cambios electrocardiográficos retrogradaran. En ese momento se ad-

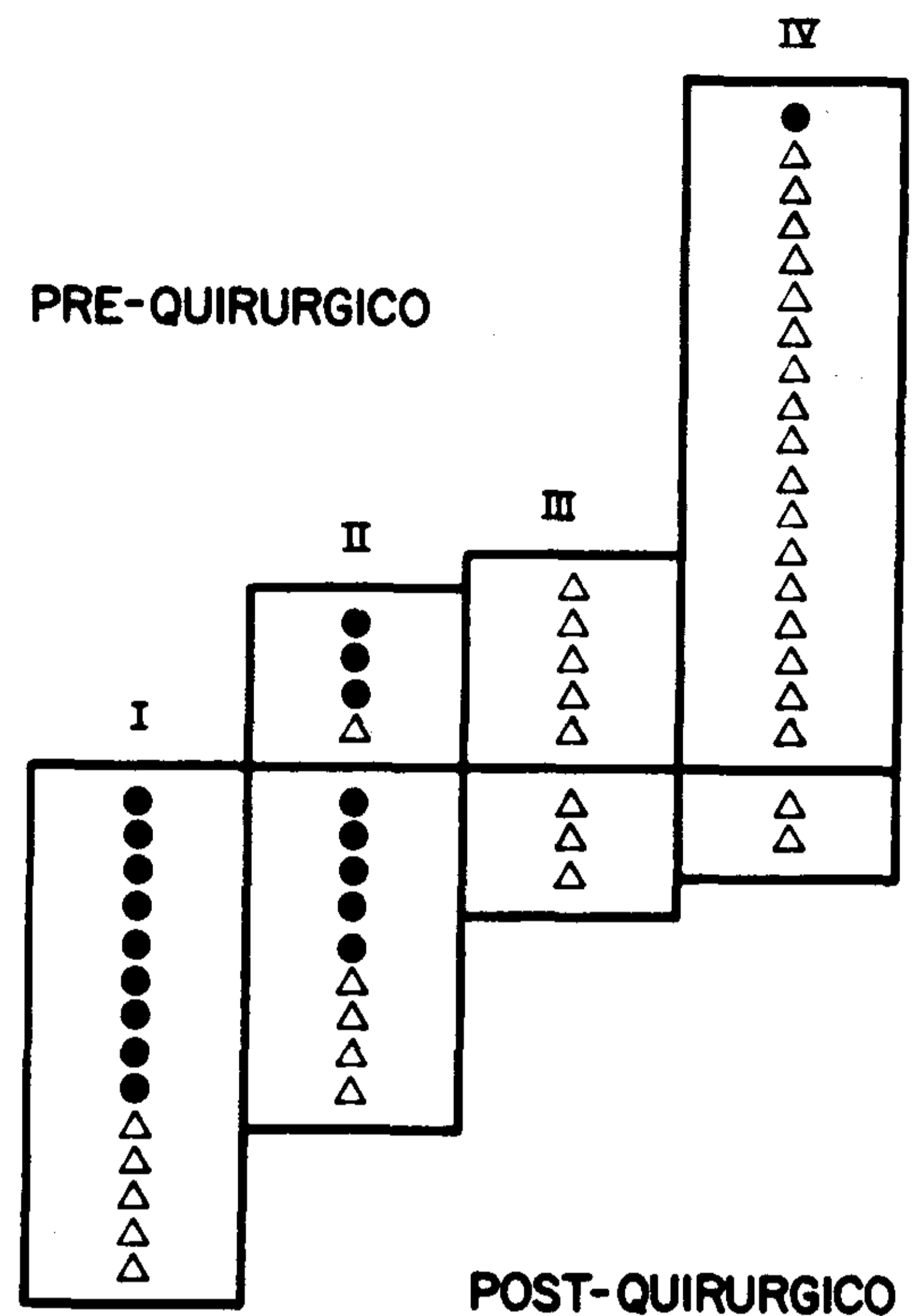


Fig. 3. Comparación de la clase funcional prequirúrgica con la postquirúrgica. Los círculos corresponden a pacientes que mejoraron o normalizaron la respuesta de función ventricular durante el esfuerzo. Los triángulos representan los pacientes que continuaron con respuesta anormal de la FE. La clase funcional I-II comprendía el 14% del grupo total antes de la cirugía y el 82% luego de la misma. El 39% de los pacientes que mejoraron su clase funcional mantuvieron respuesta ventriculográfica anormal.

ministraron 5 mg de dinitrato de isosorbide por vía sublingual. Cuando la frecuencia cardíaca aumentó 10% o más y/o hubo una caída de la presión arterial sistólica de por lo menos 10 mmHg se realizó la tercera adquisición multigatillada de manera similar a las descriptas.

#### *Cirugía de revascularización*

Fue realizada con bomba de circulación extracorpórea bajo moderada hipotermia. La protección miocárdica se realizó con solución cardiopléjica.

Se colocaron puentes venosos de safena invertida (autoinjertos) con clampeo de la aorta distal a la anastomosis.

#### *Tipo de revascularización*

Se intentó predecir el resultado de la revascularización coronaria considerando tres sectores de miocardio (lateral, anterior e inferior) y excluyendo las regiones con necrosis previa.

Por otra parte, se analizaron los lechos coronarios en el estudio angiográfico, la observación ma-

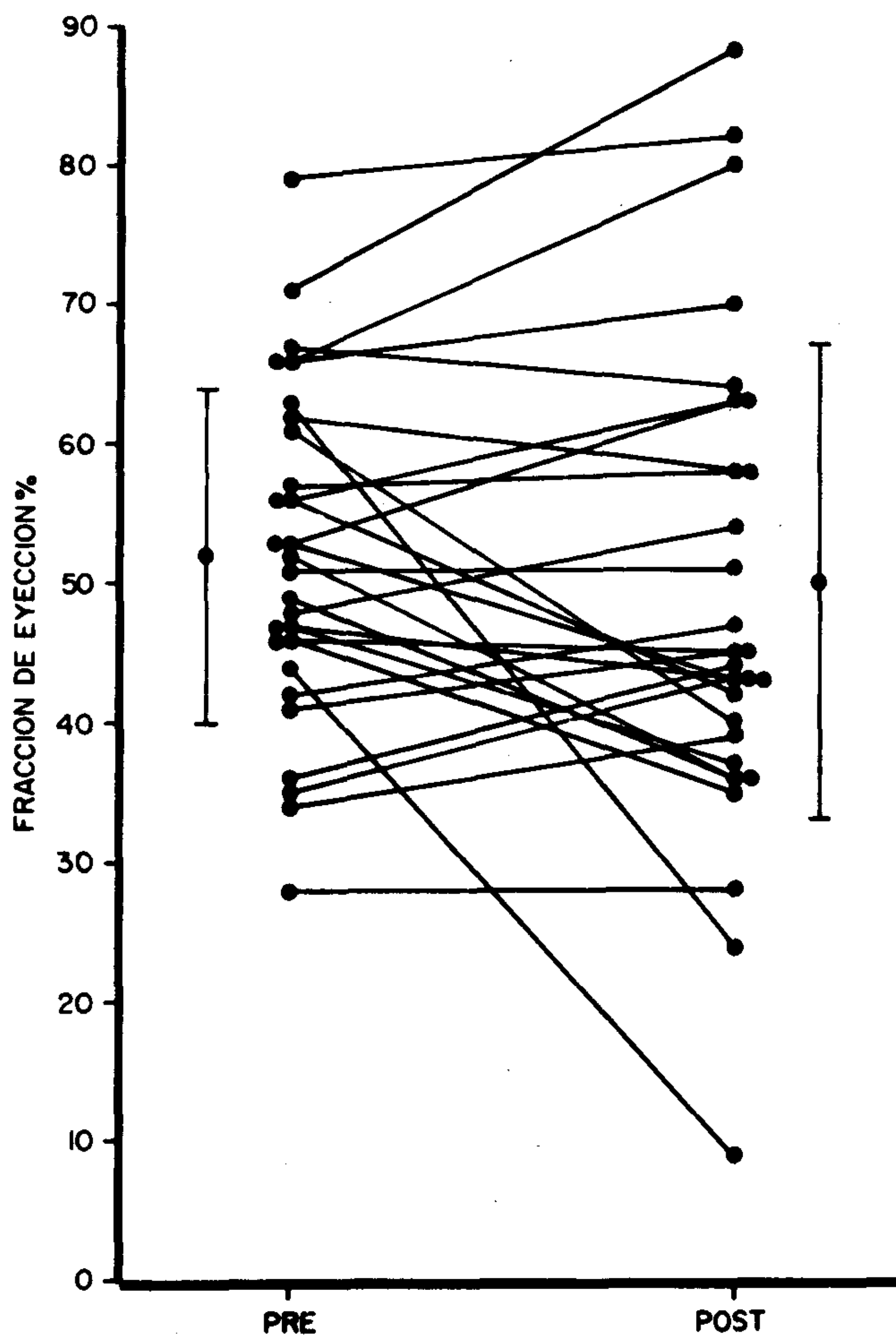


Fig. 4. Fracción de eyección en reposo en la totalidad de los pacientes. Comparación entre los resultados pre y postquirúrgicos (p = ns).

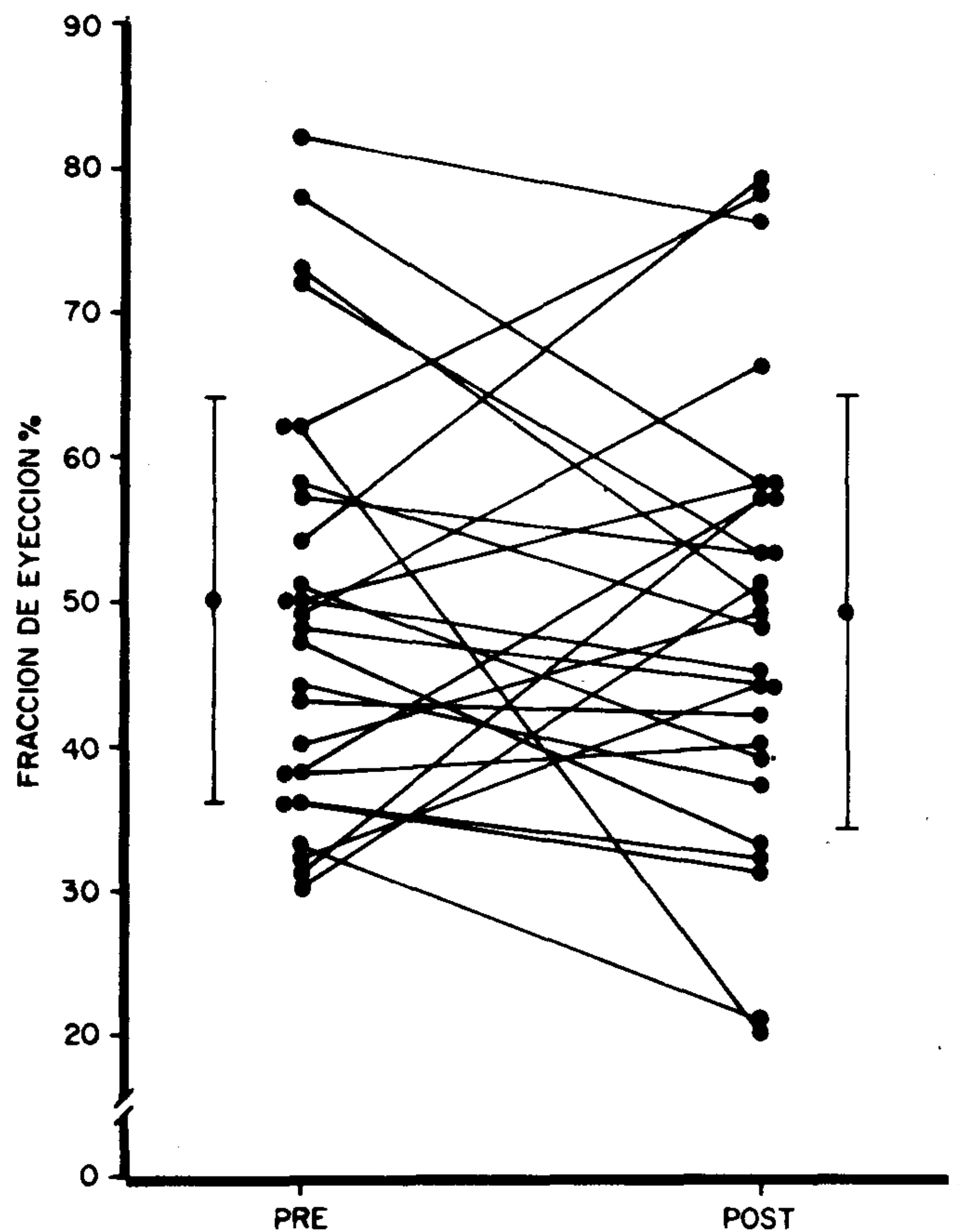


Fig. 5. Fracción de eyección durante el máxima esfuerzo en los 28 pacientes. Se comparan los resultados prequirúrgicos con los postoperatorios (p = ns).

croscópica de las arterias y la factibilidad de realizar la anastomosis en el acto quirúrgico.

De acuerdo con estas consideraciones, los pacientes fueron clasificados en tres grupos (Tabla 2).

**Grupo I (revascularización completa).** Todas las regiones irrigadas por arterias con estenosis significativa fueron revascularizadas. Los lechos eran adecuados.

**Grupo II (revascularización inadecuada).** Todas las regiones irrigadas por arterias con estenosis significativa fueron revascularizadas, pero uno o más lechos eran inadecuados.

**Grupo III (revascularización incompleta).** Por lo menos una de las regiones irrigadas por arterias con estenosis significativa no fue revascularizada.

**Diagnóstico de infarto perioperatorio**

Se consideró infarto perioperatorio al que se produjo dentro de los 7 días de la cirugía. Su diagnóstico se basó sobre tres métodos:

1. **Enzimático.** La creatinofosfoquinasa (CPK)

total y la fracción MB de la creatinofosfoquinasa (CPK) fueron dosadas a las 24, 48, 72 y 96 horas de la intervención. Los siguientes valores fueron considerados como normales: CPK  $\leq$  80 mU/l, porcentaje de CPK MB  $\leq$  4,5% y CPK MB  $\leq$  6,5 mU/l.

El criterio adoptado para el diagnóstico de infarto perioperatorio por este método fue el aumento persistente del porcentaje de CPK MB a las 24, 48 y 72 horas.

2. **Electrocardiográfico.** Se efectuó un electrocardiograma convencional cada 12 horas a partir de la intervención. Como criterio para el diagnóstico de infarto utilizamos únicamente la aparición de nuevas ondas Q patológicas.

3. **Radioisotópico.** Aparición de nueva aquinesia regional en el análisis del ventriculograma basal postquirúrgico no modificable con nitritos.

El diagnóstico de infarto perioperatorio se efectuó asociando el criterio radioisotópico con uno de los otros dos.

**Estudio radioisotópico postquirúrgico**

Entre los 90 y 160 días de la cirugía ( $123 \pm 40$ )

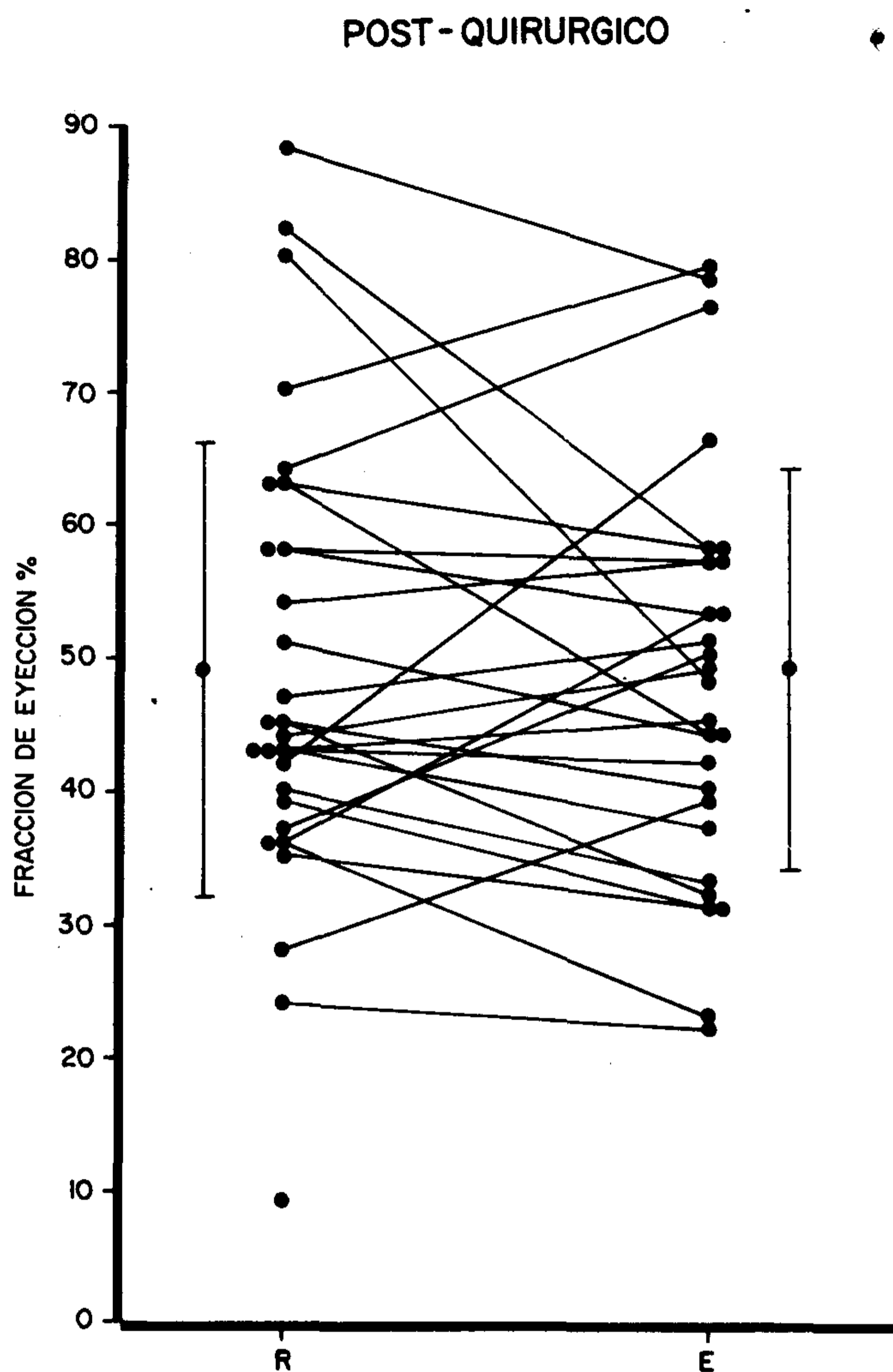


Fig. 6. Fracción de eyección basal (R) y durante el máximo esfuerzo (E) en la totalidad de los pacientes. Evaluación postoperatoria. El paciente Nº 24 no realizó esfuerzo por la severidad de sus síntomas.

días) se realizó ventriculograma radioisotópico en condiciones basales, durante ejercicio y después de la administración de nitritos de acción rápida, siguiendo un protocolo idéntico al descrito para el estudio prequirúrgico.

#### Análisis estadístico

Los datos fueron expresados como media  $\pm$  desvío standard.

Los resultados obtenidos en reposo y esfuerzo y los valores pre y postquirúrgicos fueron comparados con la prueba T de Student para datos apareados.

Para comparar la incidencia de infarto perioperatorio en los subgrupos de pacientes se utilizó la prueba de significación de proporciones, mientras que para relacionar los hallazgos ergométricos y los radioisotópicos pre y postquirúrgicos se empleó el

análisis de utilidad.

Definimos sensibilidad por la ecuación  $\frac{VP}{VP + FP}$ ; especificidad por  $\frac{VN}{VN + FP}$ ; valor predictivo positivo por  $\frac{VP}{VP + FP}$ ; y valor predictivo negativo por  $\frac{VN}{VN + FN}$ . Donde: VP=verdaderos positivos; VN=verdaderos negativos; FP=falsos positivos y FN=falsos negativos.

El límite de confianza para la significación estadística fue de un desvío standard con  $p \leq 0,05$ .

#### RESULTADOS

##### a) Resultados prequirúrgicos

*Análisis de la respuesta clínica y electrocardiográfica al ejercicio.* Veintidós de 28 pacientes (79%) desarrollaron respuesta isquémica; 6 pacientes (21%) terminaron el ejercicio por fatiga muscular sin alcanzar la frecuencia submáxima prevista.

De los 22 pacientes con respuesta isquémica (Tabla 1), 15 (68%) presentaron angina de pecho y desnivel inferior del segmento ST, 3 (14%) infradesnivel mayor del ST sin angina y 4 pacientes (18%) infradesnivel menor del segmento ST sin angina.

El tiempo de ejercicio fue de  $8,5 \pm 3,8$  minutos, la carga de trabajo alcanzada  $59 \pm 33$  W ( $3,8 \pm 1,5$  Mets), y el doble producto (presión arterial sistólica por frecuencia cardíaca en máximo esfuerzo)  $18.168 \pm 3.500$ .

*Análisis de la función ventricular en reposo y esfuerzo.* La fracción de eyección basal fue superior al 51% en 15 pacientes, 36% a 50% en 10 e inferior a 35% en 3.

Para el grupo total la fracción de eyección basal fue  $52 \pm 12\%$  y en esfuerzo disminuyó a  $50 \pm 14\%$  ( $p = ns$ ) (Fig. 1).

El score de motilidad regional en condiciones basales fue  $7 \pm 1,5$  y disminuyó con el esfuerzo a  $5,7 \pm 2$  ( $p < 0,05$ ).

El 82% de los pacientes presentó respuesta anormal de la función ventricular frente al esfuerzo a pesar de la medicación.

Discriminando los grupos de diferente respuesta clínica y electrocardiográfica se encontró que el grupo con angina y desnivel del ST mostró un marcado deterioro de la función ventricular global y regional. La fracción de eyección basal fue  $57 \pm 11\%$  y disminuyó durante el esfuerzo a  $48 \pm 13\%$  ( $p < 0,05$ ) (Fig. 2B). El score de motilidad regional fue  $7,5 \pm 1,4$  en condiciones basales y cayó a  $5,1 \pm 1,7$  ( $p < 0,0005$ ) durante el esfuerzo.

En el grupo con desnivel mayor del segmento



ST la fracción de eyección cayó de  $54 \pm 8\%$  a  $44 \pm 11\%$ , y el score de motilidad regional de  $7,6 \pm 1$  a  $5,3 \pm 1$  (Fig. 2B).

Los pacientes del grupo con desnivel menor del segmento ST tendieron a mostrar una respuesta plana. La fracción de eyección fue  $49 \pm 12\%$  en condiciones basales y  $51 \pm 19\%$  durante el esfuerzo ( $p = ns$ ) (Fig. 2A). El score de motilidad regional no experimentó variaciones:  $6,7 \pm 1,5$  en situación basal, y  $6,7 \pm 2,2$  durante el esfuerzo. En el grupo sin respuesta isquémica (Fig. 2A) la fracción de eyección basal fue  $41 \pm 7\%$  y la fracción de eyección durante el esfuerzo  $5,3 \pm 15\%$ .

Obsérvese que la fracción de eyección basal fue menor en el grupo sin respuesta isquémica, integrado por 6 pacientes con infarto previo (100%). En cambio, entre los pacientes con angina y desnivel del segmento ST figuraban 6 de los 9 pacientes sin infarto previo.

*Comparación entre respuesta ergométrica y radioisotópica.* De los 6 pacientes sin respuesta isquémica en la ergometría, 4 tuvieron respuesta ventriculográfica normal y 2 anormal (33%) (Fig. 2A).

De los 4 pacientes con desnivel menor del segmento ST uno mostró respuesta anormal significativa en el ventriculograma, dos tuvieron respuesta anormal plana, y un paciente mostró respuesta normal (Fig. 2A).

El análisis de utilidad de la prueba ergométrica convencional para predecir una respuesta anormal de la fracción de eyección durante el esfuerzo en pacientes con infradesnivel del ST  $\geq 2$  mm, o de angina con infradesnivel del segmento ST, mostró sensibilidad de 77%, especificidad de 100%, valor predictivo positivo de 100% y valor predictivo negativo de 50%.

*Evaluación de la función ventricular izquierda durante el efecto de nitritos.* Veinticuatro de los 28 pacientes recibieron nitritos. Estos aumentaron la fracción de eyección de  $52 \pm 12\%$  a  $60 \pm 16\%$  ( $p < 0,05$ ).

La fracción de eyección aumentó por lo menos 5 unidades en 17 pacientes.

El score de motilidad regional también aumentó después de la administración de nitritos, de  $7,2 \pm 1,4$  a  $8,5 \pm 1,3$  ( $p < 0,0025$ ); 31 de 52 segmentos anormales también mejoraron.

#### b) Resultados postquirúrgicos (comparación con datos prequirúrgicos)

Se realizó CRC con un promedio de 2,5 puentes por paciente.

El grupo I (revascularización completa) estuvo integrado por 8 pacientes, el grupo II (revasculari-

zación inadecuada) por 9, y el grupo III (revascularización incompleta) por 11. La relación puentes/paciente fue 2,1, 3,0 y 2,3, respectivamente.

Se efectuó la evaluación postquirúrgica a los  $123 \pm 40$  días.

*Síntomas.* Antes de la cirugía sólo 4 de 28 pacientes (14%) se encontraban en clase funcional I-II, mientras que en la evaluación postquirúrgica 23 (82%) pertenecían a esa clase funcional ( $p < 0,0005$ ) (Fig. 3) (Tabla 3).

*Respuesta clínica y electrocardiográfica al ejercicio.* Catorce de 27 pacientes (52%) desarrollaron respuesta isquémica ergométrica (uno no realizó esfuerzo por la severidad de sus síntomas). Sólo 4 pacientes tuvieron angina de pecho con infradesnivel del segmento ST (15%) postquirúrgica, porcentaje significativamente menor que en la evaluación prequirúrgica (54%) ( $p < 0,01$ ) (Tabla 3).

Diez pacientes (39%) presentaron infradesniveles del segmento ST sin angina y 13 (48%) no desarrollaron respuesta isquémica, porcentaje menor al de la evaluación prequirúrgica (21%) ( $p = 0,05$ ) (Tabla 3).

El tiempo de ejercicio aumentó de  $8,5 \pm 3,8$  minutos a  $11 \pm 4,5$  minutos ( $p < 0,025$ ), y la carga de trabajo de  $59 \pm 33$  Watts a  $79 \pm 41$  Watts ( $p < 0,05$ ) y de  $3,8 \pm 1,5$  mets a  $4,9 \pm 2$  mets ( $p < 0,05$ ) (Fig. 8) (Tabla 4).

*Función ventricular en reposo y esfuerzo.* La fracción de eyección basal fue similar antes y después de la CRC en el estudio prequirúrgico ( $50 \pm 17\%$  vs  $52 \pm 12\%$ ) (Fig. 4).

La disminución provocada por el esfuerzo ( $49 \pm 15\%$ ) tampoco mostró diferencias estadísticas significativas ( $50 \pm 14\%$ ) (Fig. 5).

El score de motilidad regional basal prequirúrgico fue  $7 \pm 1,5$  y el postquirúrgico  $5,5 \pm 2$  ( $p < 0,0025$ ).

El score de motilidad regional durante el esfuerzo fue  $5,7 \pm 2$  antes de la cirugía y  $5,5 \pm 2$  en la evaluación postquirúrgica.

La evaluación postquirúrgica no mostró cambios significativos del score de motilidad regional basal y durante el esfuerzo ( $5,5 \pm 2$  vs  $5,5 \pm 2$ ).

El 27% de los pacientes presentó respuesta normal en el ventriculograma de esfuerzo y otro 27% respuesta anormal "plana". El 46% restante tuvo respuesta anormal "significativa" (Fig. 6).

Cuando se separaron los grupos de acuerdo con la respuesta clínica y electrocardiográfica se observó que los 4 pacientes con angina e infradesnivel del ST mostraron deterioro de la función ventricular global y regional durante el esfuerzo. La fracción de eyección varió de  $51 \pm 21\%$  a  $40 \pm 12\%$ , y

**Tabla 3**  
Hallazgos clínicos y ergométricos. Comparación de resultados pre y postquirúrgicos

Tipo de revasc.	Nº	Momento de la evaluación	CF I-II	CF IV-V	PEG ↓ ST + AP	PEG ↓ ST	PEG N	IAM
Revascularización completa I	8	Pre	1 ( 12,5%)	7 (87,5%)	6 (75 %)	2	0 ( 0 %)	3 (37,5%)
		Post	8 (100 %)	0 ( 0 %)	0 ( 0 %)	3	5 (62,5%)	0 ( 0 %)
Revascularización inadecuada II	9	Pre	2 ( 22 %)	7 (78 %)	4 (44 %)	2	3	7 (78 %)
		Post	7 ( 78 %)	2 (22 %)	1 (12,5%)	4	3	3 (33 %)
Revascularización incompleta III	11	Pre	1 ( 9 %)	10 (91 %)	5 (45 %)	3	3	9 (82 %)
		Post	8 ( 73 %)	3 (27 %)	3 (27 %)	3	5	5 (45 %)
Grupo Total	28	Pre	4 ( 14 %)	24	15 (54 %)	7 (25%)	6 (21 %)	19 (68 %)
		Post	23 ( 82 %)	5	4 (15 %)	10 (37%)	13 (48 %)	8 (28,5%)

CF: clase funcional; PEG: prueba ergométrica; ST+AP: anormal por infradesnivel del segmento ST y angina de pecho; ST: anormal por infradesnivel del segmento ST; N: sin respuesta isquémica; IAM: infarto de miocardio. Pre: prequirúrgico; Post: postquirúrgico.

el score de motilidad regional, de  $5,7 \pm 3$  a  $3,5 \pm 1$  (Fig. 7B).

En los 10 pacientes con infradesnivel del ST sin angina la fracción de eyección cayó de  $56 \pm 18\%$  a  $48 \pm 18\%$  y el score de motilidad regional de  $6,2 \pm 1,8$  a  $5,4 \pm 2,1$  (Fig. 7B).

En los 13 pacientes sin respuesta isquémica ergométrica (Fig. 7A) la fracción de eyección basal fue de  $46 \pm 10\%$  y se incrementó con el esfuerzo a  $51 \pm 12\%$ , mientras que el score de motilidad regional varió de  $5,4 \pm 1,3$  a  $6,2 \pm 1,6$ .

Al igual que antes de la cirugía, la fracción de eyección basal fue menor en el grupo sin respuesta isquémica que en los grupos con isquemia. De los 7 pacientes con IAM perioperatorio que realizaron estudio con esfuerzo, 4 integraron este grupo (31%).

**Incidencia de infarto perioperatorio.** Ocho de los 28 pacientes (28,5%) cumplieron los criterios para el diagnóstico de IAM perioperatorio. Seis de estos 8 (21%) tuvieron disminución de por lo menos 10 unidades de fracción de eyección, mientras que dos no modificaron la fracción de eyección.

En 5 de los 8 pacientes el diagnóstico se basó sobre los tres criterios (18% de la población total) y en los 3 restantes, sobre cambios de CPK MB y ventriculograma radioisotópico.

**Comparación entre respuesta ergométrica y radioisotópica postquirúrgica.** De los 13 pacientes que no presentaron respuesta isquémica en la ergometría, 6 (46%) tuvieron respuesta ventriculográfica normal durante el esfuerzo, 5 (39%) mostraron

respuesta plana, y 2 (15%) respuesta anormal significativa (Fig. 7A).

La respuesta de la fracción de eyección fue anormal en 9 de los 10 pacientes con infradesnivel del segmento ST sin angina de pecho (significativa en 8; plana en 1) y normal en uno (Fig. 7B).

En los 4 pacientes con infradesnivel del segmento ST y angina de pecho hubo caída de la fracción de eyección durante el esfuerzo y nueva alteración regional de la contracción (Fig. 7B).

El análisis de utilidad de una prueba de esfuerzo anormal (infradesnivel del ST con o sin angina) para predecir una respuesta anormal de la fracción de eyección mostró una sensibilidad de 65%, especificidad de 86%, valor predictivo positivo de 93% y valor predictivo negativo de 46%.

#### Resultados en los grupos con diferente revascularización

**Grupo I (revascularización completa).** Este gru-

**Tabla 4**  
Hallazgos ergométricos pre y postquirúrgicos

	Prequirúrgico	Postquirúrgico	P
Tiempo de ejercicio	$8,5 \pm 3,8$ min	$11 \pm 4,5$ min	$p < 0,025$
Carga de trabajo	$59 \pm 33$ Watts $3,8 \pm 1,5$ Mets	$79 \pm 41$ Watts $4,9 \pm 2$ Mets	$p < 0,05$
Doble producto	$18.168 \pm 3.500$	$21.586 \pm 5.800$	$p < 0,05$

**Tabla 5**  
Hallazgos radioisotópicos. Comparación de resultados pre y postquirúrgicos

Tipos de revasc.	Nº	EVAL.	$\Delta$ FE REP-ESF			FEE PREQ. vs. FEE POSTQ.		
			$\downarrow > 5\%$	RESP. PLANA	$\downarrow > 5\%$	$\downarrow > 5\%$	RESP. PLANA	$\uparrow > 5\%$
Revascularización completa I	8	Pre	6 (75%)	2	— (0%)	—	1 (12,5%)	7 (87,5%)
		Post	2 (25%)	3	3 (37,5%)			
Revascularización inadecuada II	9	Pre	2 (22%)	3	3	3 (37,5%)	4 (50%)	1
		Post	4	2	2			
Revascularización incompleta III	11	Pre	5	3	2	6 (54,5%)	3	1
		Post	6	3	2			
Grupo total	28	Pre	13	8	5	9	8	9
		Post	12	7	7			

FE REP-ESF: variación de la fracción de eyección de reposo con el esfuerzo; FEE PREQ.: fracción de eyección de esfuerzo prequirúrgica; FEE POST.: fracción de eyección de esfuerzo postquirúrgica; EVAL.: momento de la evaluación;  $\downarrow > 5\%$ : disminución mayor del 5%; RESP. PLANA: variación en un rango de  $\pm 5\%$ ;  $\uparrow > 5\%$ : aumento mayor del 5%; Pre: prequirúrgico; Post: postquirúrgico.

po estuvo integrado por 8 pacientes, 7 de los cuales se encontraban en clase funcional III-IV. Los 8 tuvieron respuesta isquémica ergométrica (6 con angina e infradesnivel del ST). En la evaluación postquirúrgica todos los pacientes fueron totalmente asintomáticos; la ergometría fue negativa en 5 y los otros tres tuvieron desnivel menor del segmento ST sin angina.

La carga de trabajo aumentó de  $72 \pm 36$  Watts a  $103 \pm 49$  Watts ( $4,6 \pm 1,7$  mets a  $6,4 \pm 2,5$  mets) (Fig. 8A). El tiempo de ejercicio se incrementó de  $10,8 \pm 3,6$  minutos a  $14,6 \pm 4,3$  minutos ( $p = 0,05$ ) (Fig. 8B).

El doble producto desarrollado aumentó de  $19.580 \pm 2.000$  a  $23.934 \pm 5.300$  ( $p < 0,05$ ) (Fig. 8C).

La fracción de eyección basal prequirúrgica fue  $56 \pm 10\%$  y la postquirúrgica  $60 \pm 14\%$  (Fig. 9A). La fracción de eyección durante el esfuerzo aumentó de  $47 \pm 9\%$  a  $61 \pm 12\%$  ( $p = 0,01$ ) (Fig. 10A).

El score de motilidad regional basal prequirúrgico fue  $7,4 \pm 1,6$  y el postquirúrgico  $6,6 \pm 1,6$  ( $p = ns$ ) (Fig. 11A).

El score de motilidad regional de esfuerzo aumentó de  $5,6 \pm 1,1$  a  $7,2 \pm 1,2$  ( $p < 0,01$ ) (Fig. 12A).

Ningún paciente de este grupo tuvo infarto de miocardio perioperatorio.

**Grupo II (revascularización inadecuada).** Comprendió 9 pacientes, 7 de los cuales se hallaban en clase funcional III-IV y 6 tuvieron respuesta isquémica durante la ergometría (4 con angor y desnivel del ST). Después de la CRC 7 pacientes es-

tuvieron en clase funcional I-II y 2 persistieron con síntomas invalidantes. La ergometría postquirúrgica fue negativa en 3 y anormal en 5 (4 con infradesnivel del segmento ST y uno con angina y desnivel del segmento ST) (Tabla 3).

La carga de trabajo aumentó de  $38 \pm 12$  Watts a  $56 \pm 11$  W ( $p = 0,005$ ) y de  $3,1 \pm 0,8$  mets a  $3,9 \pm 0,6$  mets ( $p = 0,05$ ) (Fig. 8A).

El tiempo de ejercicio, que antes de la CRC fue  $5,5 \pm 1,8$  minutos, aumentó a  $8,2 \pm 1,3$  minutos en la evaluación postquirúrgica ( $p < 0,005$ ) (Fig. 8B).

El doble producto aumentó de  $17.442 \pm 5.000$  a  $19.957 \pm 6.000$  ( $p = ns$ ) (Fig. 8C).

La fracción de eyección basal fue  $52 \pm 14\%$  antes de la CRC y  $47 \pm 19\%$  después de la misma (Fig. 9B). La fracción de eyección durante el esfuerzo disminuyó de  $57 \pm 18\%$  a  $50 \pm 13\%$  (Fig. 10B).

El score de motilidad regional en reposo varió de  $7,3 \pm 1,6$  a  $5,1 \pm 2$  ( $p < 0,025$ ) (Fig. 11B); el score de motilidad regional en esfuerzo cayó de  $6,4 \pm 2,5$  a  $5,6 \pm 1,6$  (Fig. 12B).

Tres pacientes (33%) de este grupo presentaron evidencias de infarto perioperatorio.

**Grupo III (revascularización incompleta).** Integrado por 11 pacientes, de los cuales 10 se hallaban en clase funcional III-IV y 8 desarrollaron respuesta isquémica durante la ergometría prequirúrgica (5 con angina e infradesnivel del segmento ST y 3 con infradesnivel aislado). En la evaluación postquirúrgica, 8 fueron asintomáticos, y 3 se ubicaron en clase funcional III-IV. Seis pacientes volvieron a mostrar espuesta isquémica en la prueba ergomé-

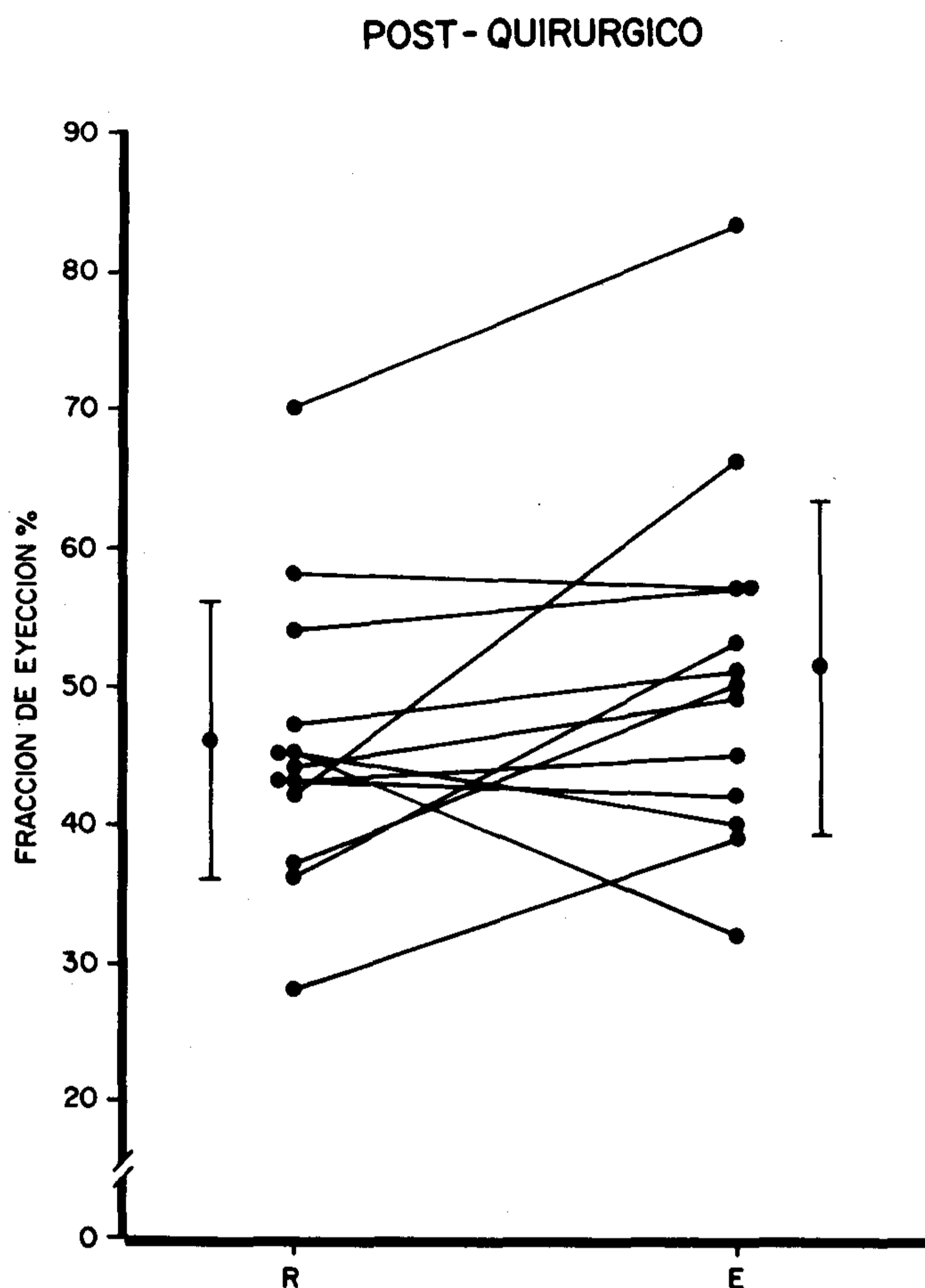


Fig. 7A. Fracción de eyección en reposo (R) y durante el máximo esfuerzo (E) en la evaluación postquirúrgica, en pacientes sin respuesta isquémica electrocardiográfica. Sólo 2 de 13 pacientes (15%) tuvieron deterioro significativo ( $> 5\%$ ) de la FE durante el esfuerzo.

trica (3 con infradesnivel del segmento ST y angina y 3 con infradesnivel aislado del segmento ST) (Tabla 3).

La carga de trabajo varió de  $70 \pm 30$  Watts a  $75 \pm 38$  Watts luego de la cirugía ( $p = ns$ ) ( $3,9 \pm 1,4$  mets a  $4,6 \pm 2,1$ ) ( $p = ns$ ) (Fig. 8A).

El tiempo de ejercicio fue  $9 \pm 4$  minutos antes de la cirugía y  $10,4 \pm 4$  minutos después de la misma ( $p = ns$ ) (Fig. 8B).

La fracción de eyección basal disminuyó de  $49 \pm 10\%$  a  $42 \pm 14\%$  (Fig. 9B), y la fracción de eyección durante el esfuerzo cayó de  $47 \pm 13\%$  a  $38 \pm 10\%$  luego de la cirugía ( $p < 0,01$ ) (Fig. 11B), mientras que el score de motilidad regional de esfuerzo cayó de  $5,4 \pm 2$  a  $3,9 \pm 1,4$  ( $p < 0,05$ ) (Fig. 12B).

Cinco pacientes de este grupo (45%) tuvieron infarto de miocardio perioperatorio.

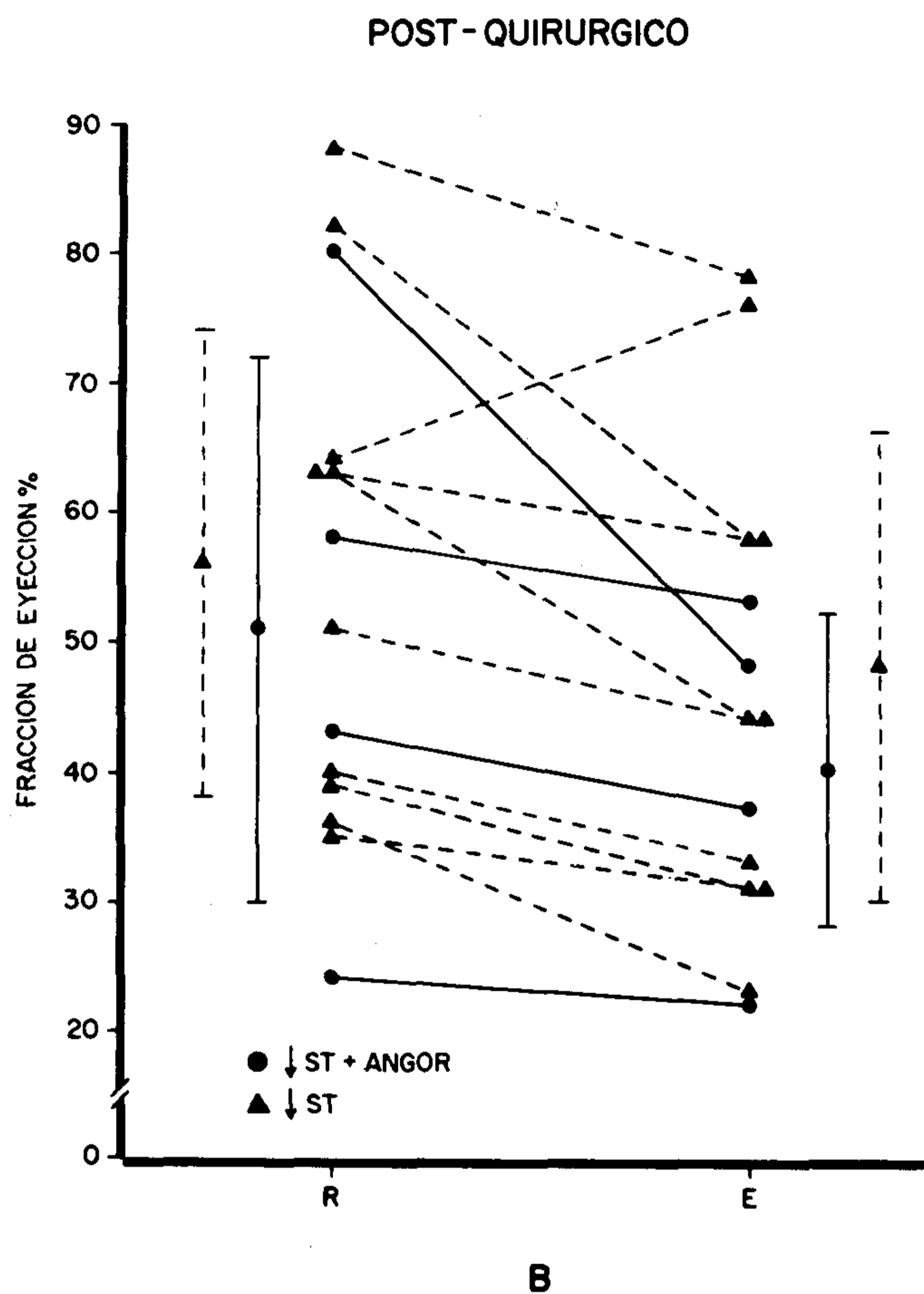


Fig. 7B. Fracción de eyección en reposo (R) y durante el máximo esfuerzo en la evaluación postquirúrgica, en pacientes con angina de pecho e infradesnivel del segmento ST o con infradesnivel del segmento ST sin angina. Sólo uno tuvo respuesta normal de la FE durante el esfuerzo.

#### Evaluación de isquemia residual luego de la cirugía (Tablas 3 a 5)

a) *Clínica*. En el grupo I (revascularización completa) todos los pacientes quedaron asintomáticos y con buena capacidad funcional, mientras que en los grupos II y III (revascularización incompleta e inadecuada) hubo 22% y 27%, respectivamente, de pacientes sintomáticos (clase funcional III-IV). Tres pacientes mostraron limitación de su capacidad funcional por angor, 1 por angor e insuficiencia cardíaca y 1 por insuficiencia cardíaca clase funcional IV, que impidió realizar el esfuerzo.

b) *Ergometría* (Tabla 3). Cinco pacientes del grupo I (revascularización completa) no desarrollaron respuesta isquémica durante la ergometría postquirúrgica y 3 mostraron infradesnivel menor del segmento ST. No hubo ningún caso de angina o desnivel mayor del segmento ST. En el grupo II, 5 pacientes (62,5%) y en el grupo III 6 pacientes (55%) tuvieron respuesta isquémica. Cuatro de

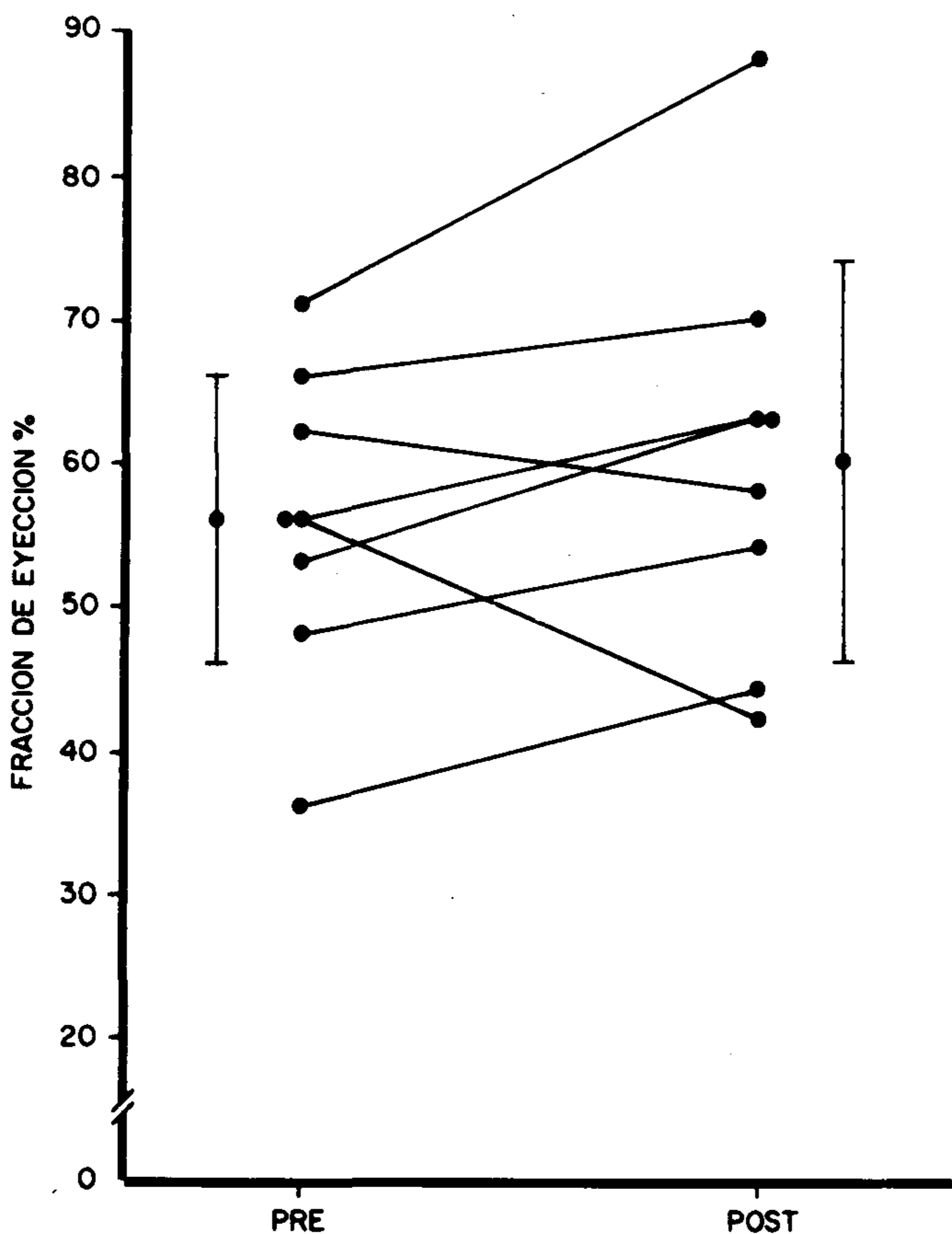
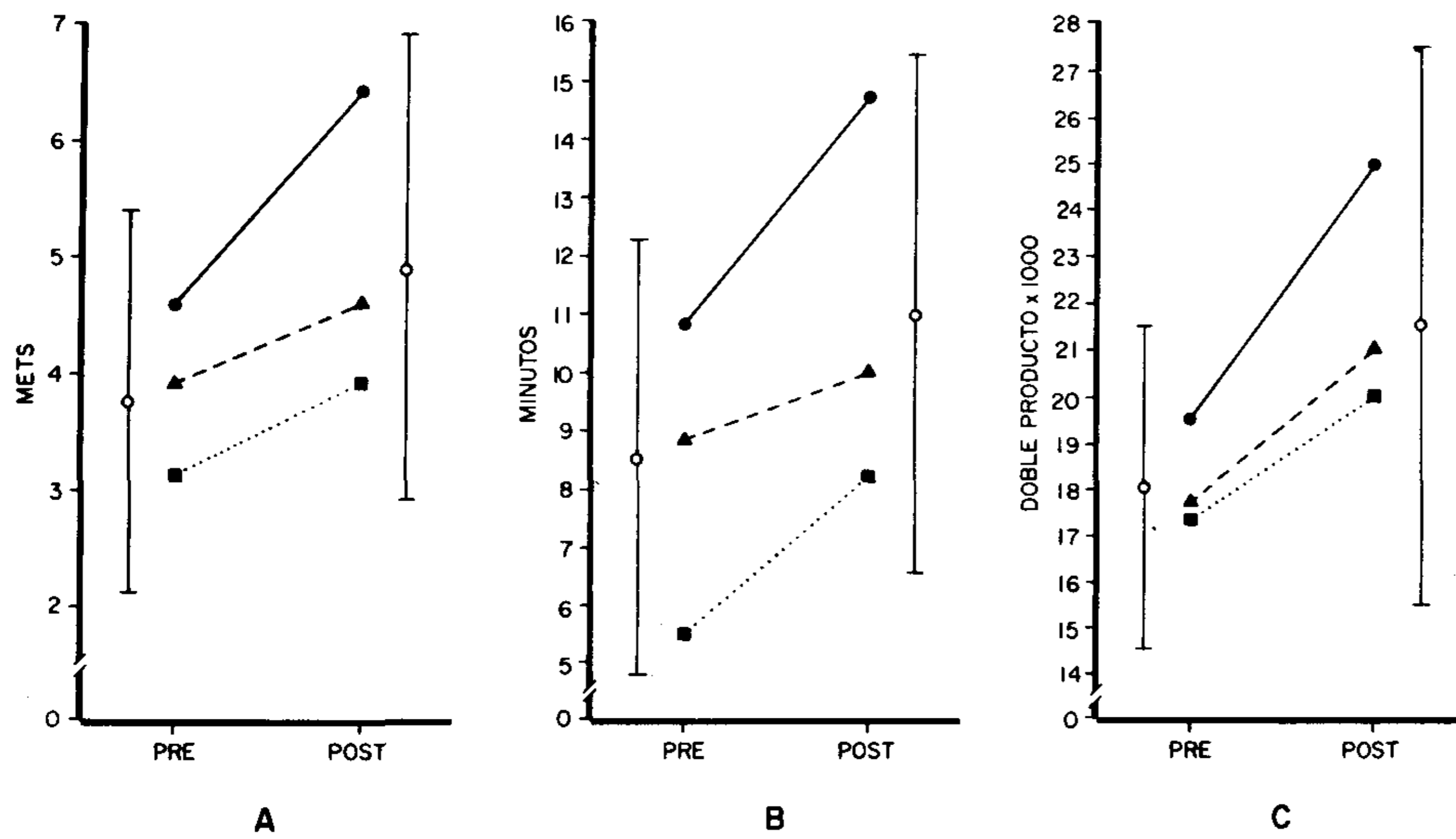


Fig. 9A. Fracción de eyección basal. Comparación de los resultados pre y postquirúrgicos, en pacientes con revascularización completa.

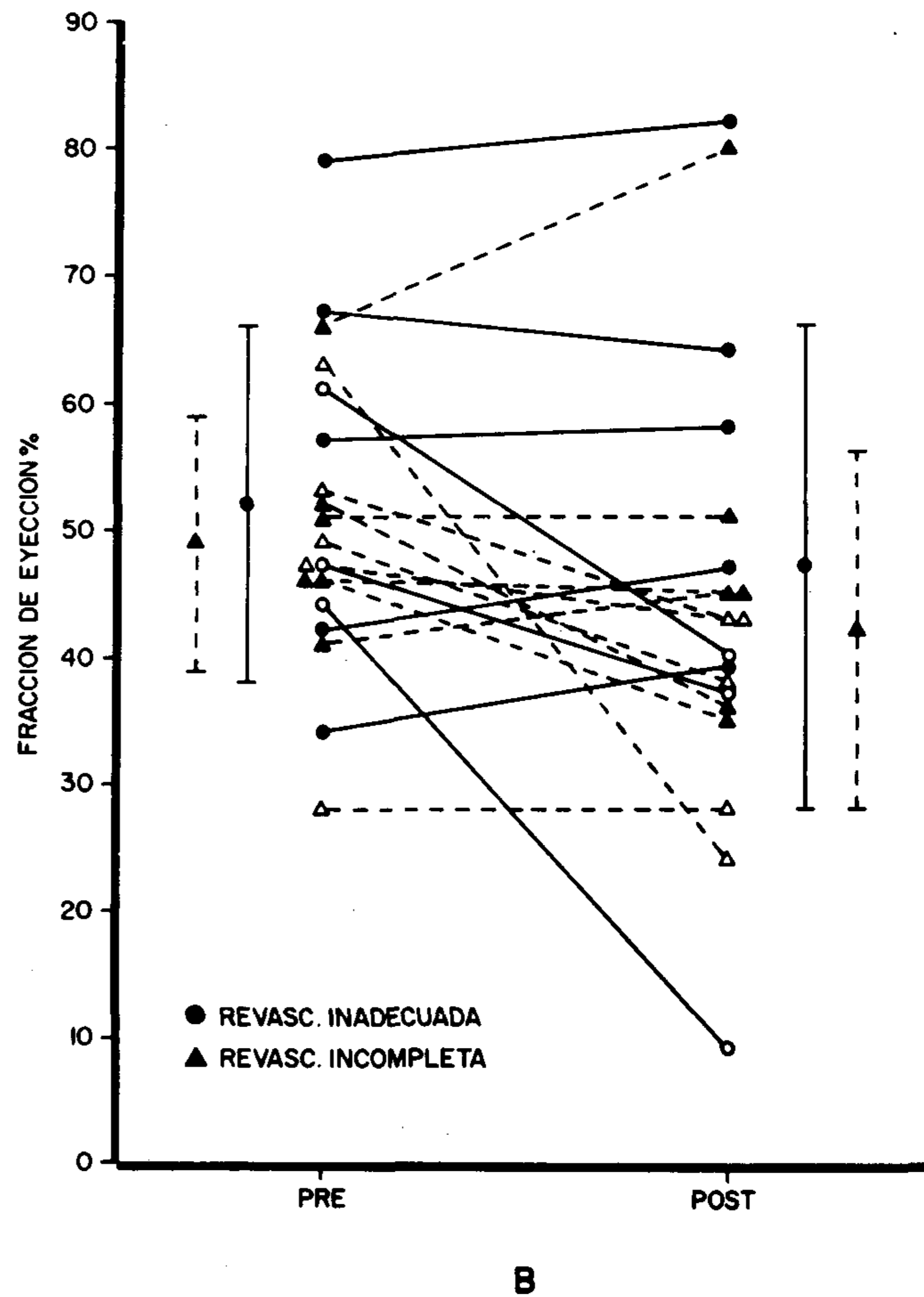


Fig. 9B. Fracción de eyección basal. Comparación de los resultados pre y postquirúrgicos, en pacientes con revascularización inadecuada e incompleta. Los círculos y triángulos abiertos corresponden a pacientes con infarto perioperatorio.

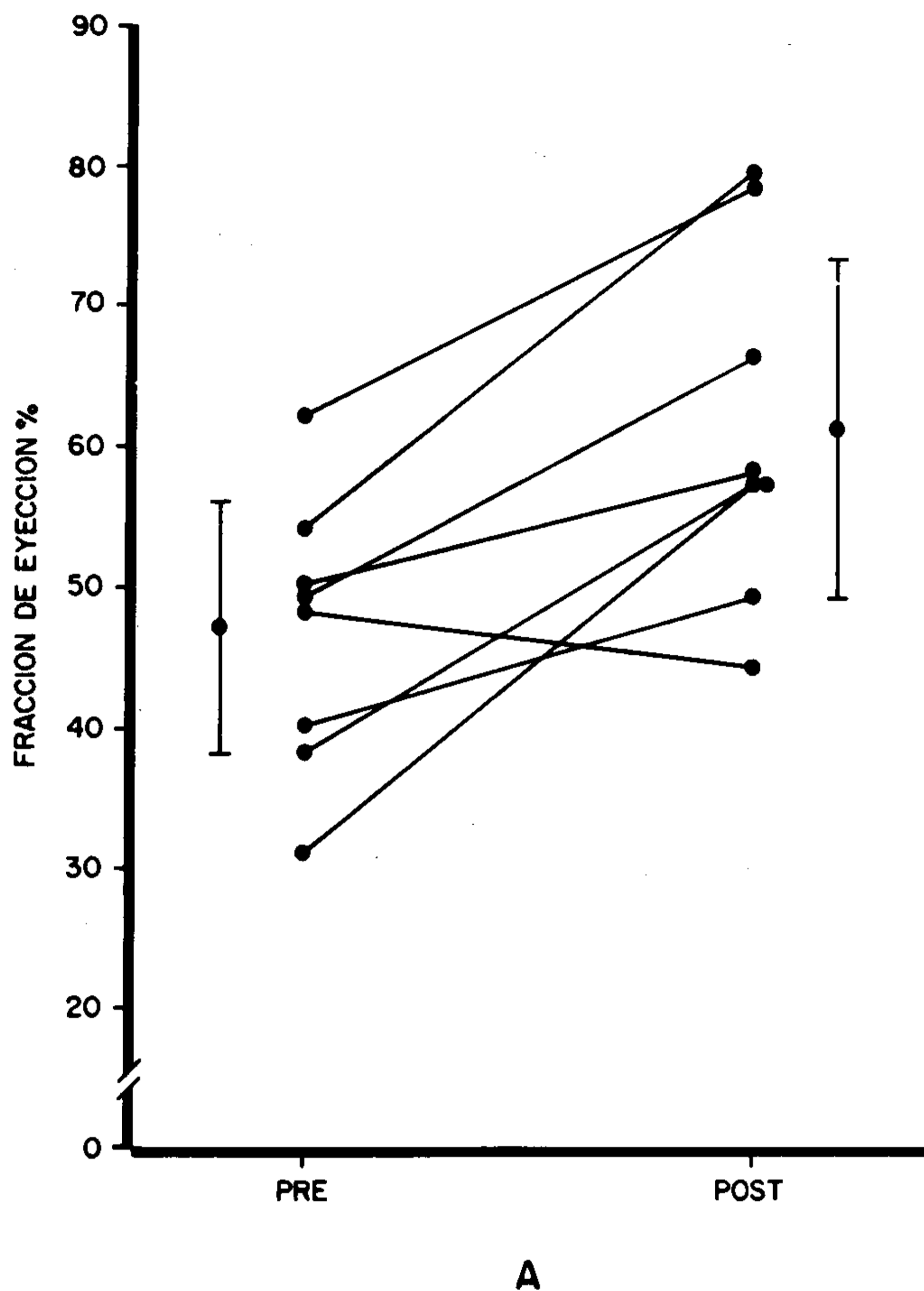


Fig. 10A. Fracción de eyección durante el máximo esfuerzo. Comparación de los resultados pre y postquirúrgicos en pacientes con revascularización completa ( $p=0,01$ ).

estos 11 pacientes tuvieron angina e infradesnivel del segmento ST y 7 infradesnivel aislado del segmento ST.

c) *Función ventricular* (Tabla 5). La incidencia de infarto de miocardio perioperatorio fue 0% en el grupo I, 33% en el grupo II y 45% en el grupo III.

En el grupo I la fracción de eyección basal no mostró variaciones significativas después de la CRC (Fig. 9A). En el grupo II se observó deterioro de la motilidad regional basal en la evaluación postquirúrgica (Fig. 11B), mientras que la fracción de eyección varió poco (Fig. 9B). En el grupo III (con mayor incidencia de infarto de miocardio perioperatorio) se observó caída de la fracción de eyección durante el esfuerzo después de la CRC (Fig. 10B) y deterioro de la motilidad regional postquirúrgica tanto basal como durante el esfuerzo (Figs. 11B y 12B).

El análisis de la variación de la fracción de eyección durante el esfuerzo para evaluar isquemia

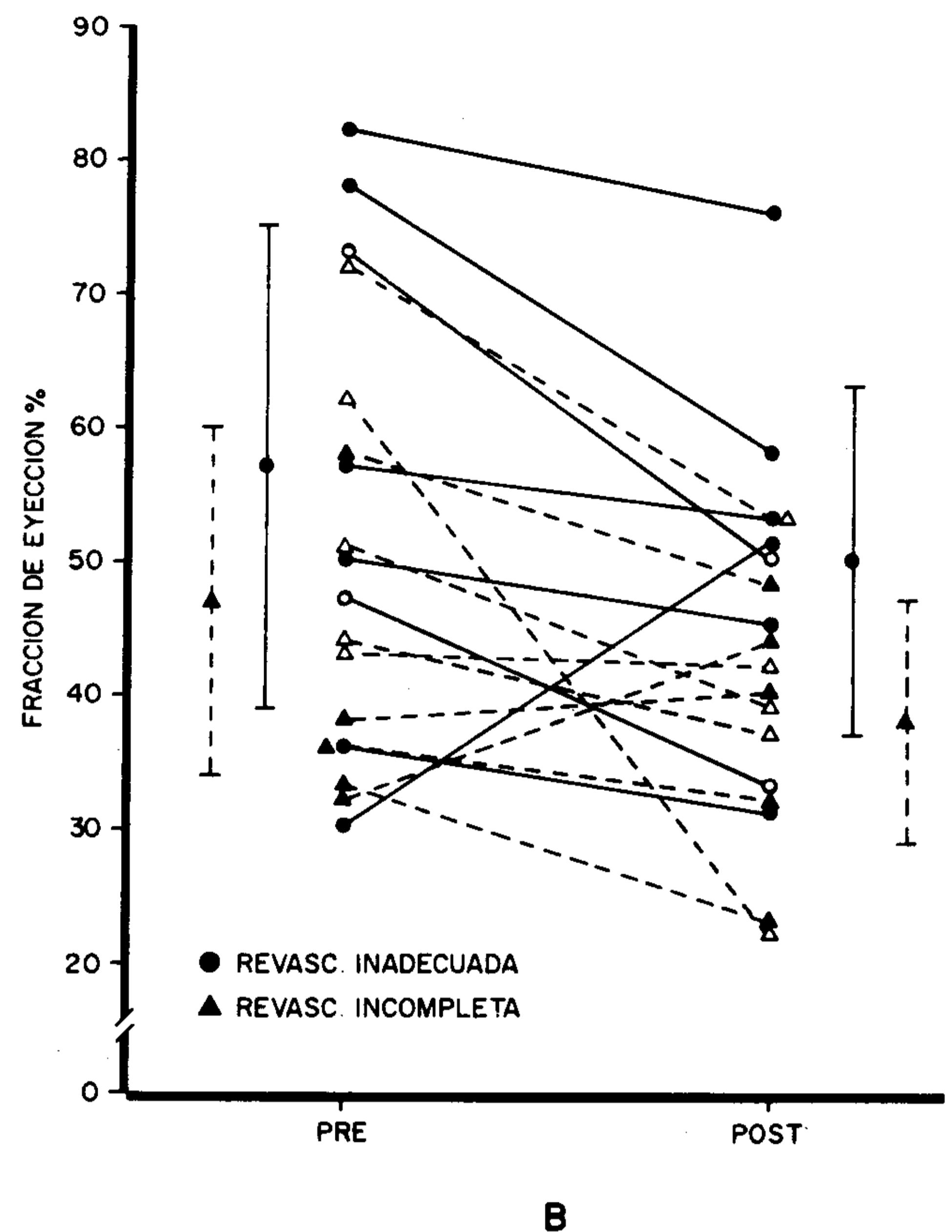


Fig. 10B. Fracción de eyección durante el máximo esfuerzo. Comparación de los resultados pre y postquirúrgicos en pacientes con revascularización inadecuada ( $p=ns$ ) e incompleta ( $p=0,05$ ). Los triángulos y círculos abiertos corresponden a pacientes con necrosis perioperatoria.

residual en el postquirúrgico mostró los siguientes resultados. En el grupo I, 3 pacientes tuvieron respuesta normal, 3 respuesta plana, y 2 respuesta anormal significativa (Tabla 5).

En el grupo II, 2 pacientes tuvieron respuesta normal, 2 respuesta plana, y 4 respuesta anormal significativa.

En el grupo III hubo 2 pacientes con respuesta normal, 3 con respuesta plana y 6 con respuesta anormal significativa. Finalmente, la fracción de eyección durante el esfuerzo mejoró en 7 pacientes del grupo I (87,5%) (Fig. 10A) y empeoró en 3 (38,5%) del grupo II y en 6 (55%) del grupo III (Fig. 10B).

#### *Capacidad de los nitritos para predecir cambios en la función ventricular luego de la cirugía*

En la Fig. 13 se comparan los cambios en la fracción de eyección inducidos por los nitritos en el prequirúrgico con los valores basales de la fracción de eyección después de la CRC.

En los pacientes sin necrosis, tanto los nitritos

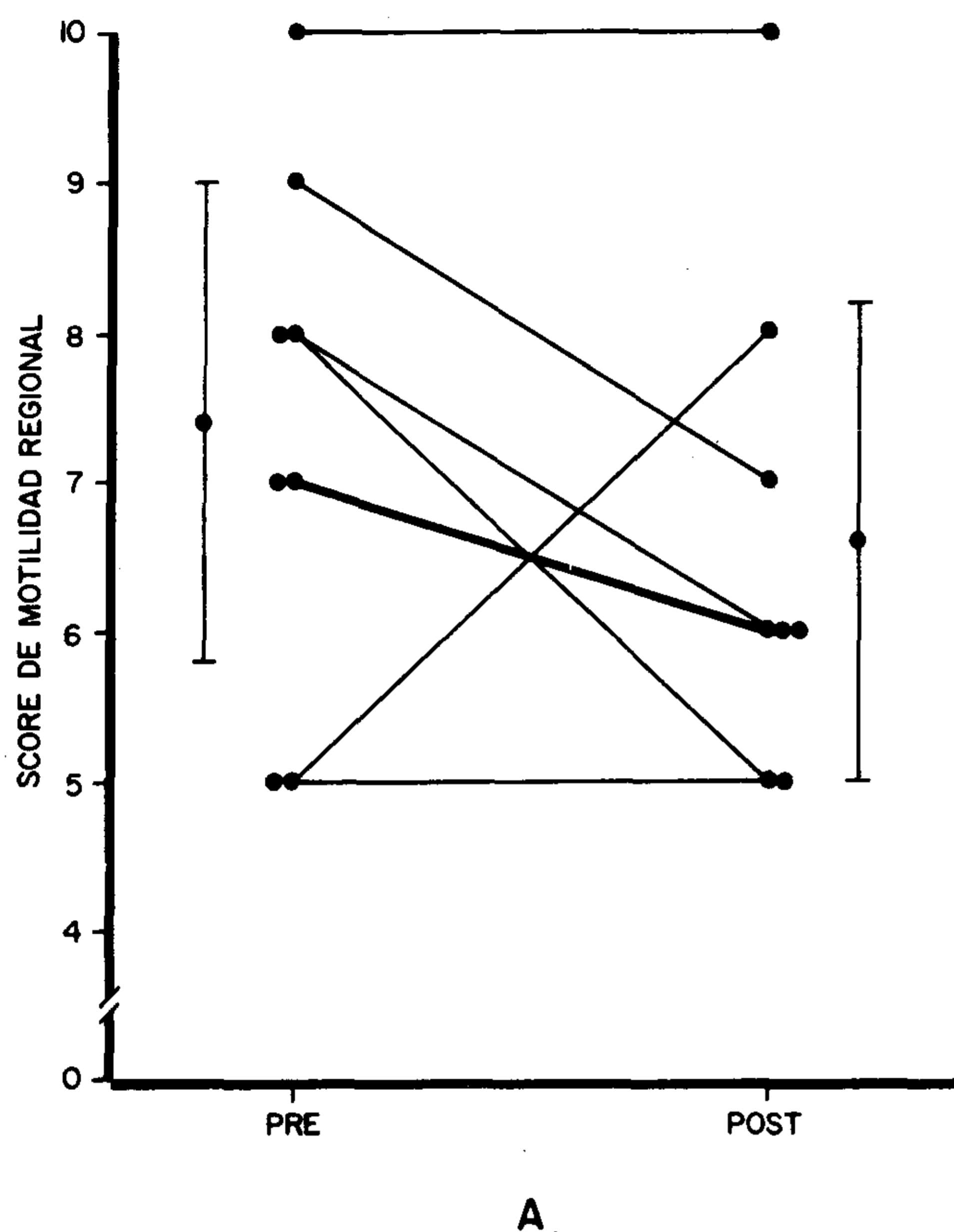


Fig. 11A. Comparación de la motilidad regional pre y postquirúrgica en pacientes con revascularización completa ( $p = ns$ ).

como la CRC produjeron aumentos parecidos de la fracción de eyección. Sin embargo, las diferencias no tuvieron significación estadística. En los pacientes con necrosis perioperatoria los nitritos produjeron un aumento similar de la fracción de eyección ( $49 \pm 10\%$  a  $57 \pm 12\%$ ), mientras que en el ventriculograma postquirúrgico en reposo se observó una caída significativa de la fracción de eyección ( $49 \pm 10\%$  a  $36 \pm 6\%$  ( $p < 0,01$ )).

Cuando se excluyeron los pacientes con infarto perioperatorio hubo buena correlación entre la respuesta de la fracción de eyección a los nitritos en el preoperatorio y la fracción de eyección de reposo en el postoperatorio ( $r = 0,77$ ) (Fig. 14).

De los 31 segmentos que mejoraron su motilidad con nitritos en el postoperatorio sólo 9 mejoraron con la cirugía (3 de 16 septales y 6 de 15 no septales).

El análisis de utilidad de la respuesta a los nitritos para predecir los resultados postquirúrgicos de la motilidad regional mostró sensibilidad de 86%, especificidad de 44%, valor predictivo positivo de 40% y valor predictivo negativo de 87%.

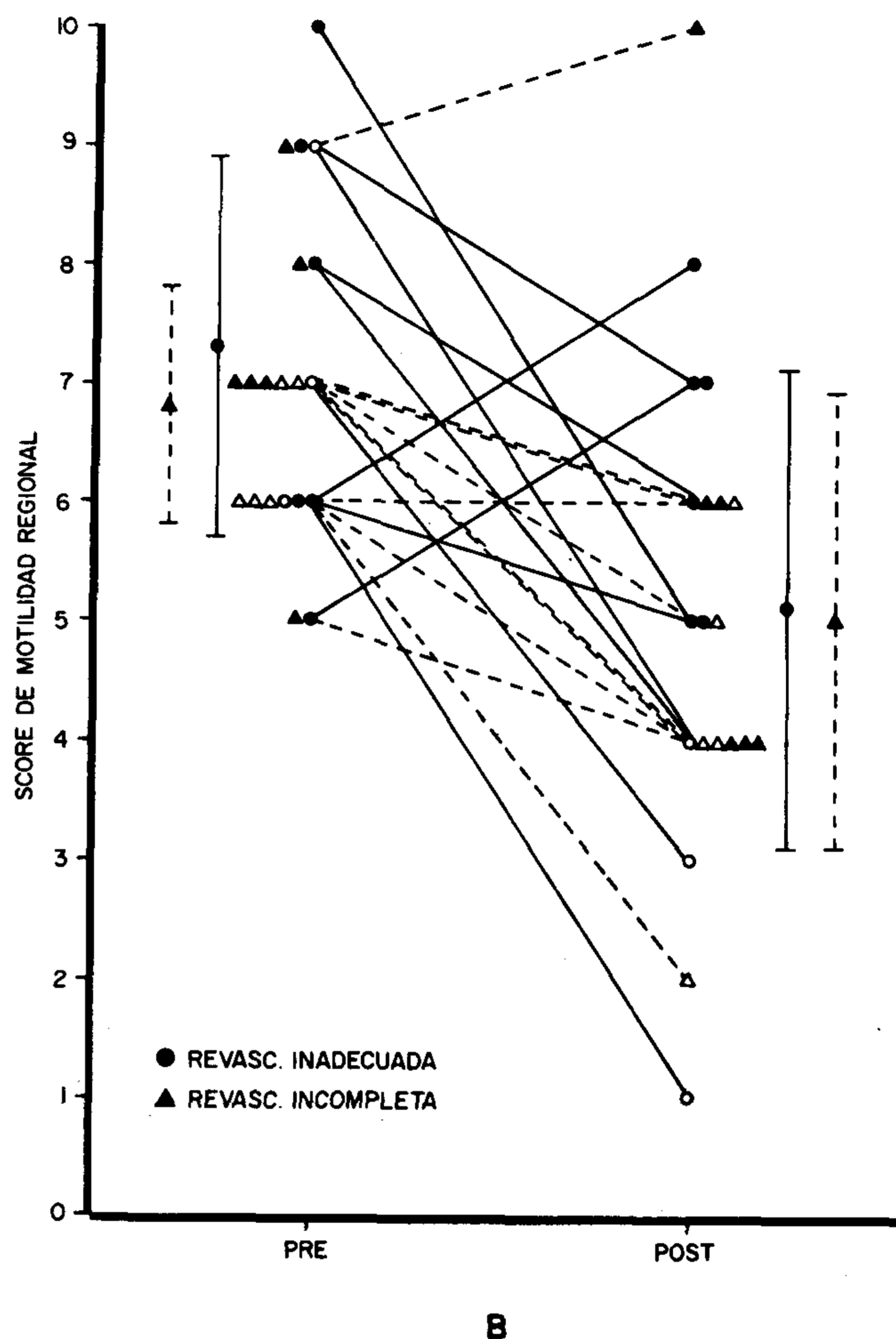


Fig. 11B. Comparación de la motilidad regional pre y postquirúrgica en pacientes con revascularización inadecuada ( $p < 0,025$ ) e incompleta ( $p < 0,01$ ). Los círculos y triángulos abiertos corresponden a pacientes con infarto de miocardio perioperatorio.

## DISCUSION

### Resultados prequirúrgicos

Es evidente que la población estudiada presentaba enfermedad coronaria en un estadio avanzado, ya que 18 de los 28 pacientes presentaron respuesta isquémica severa en la ergometría (angina y/o desnivel mayor del segmento ST con cargas bajas), aun durante tratamiento con drogas antianginosas.

Concordantemente, hallamos 82% de respuestas anormales de la función ventricular izquierda durante el esfuerzo, porcentaje superior a los publicados en pacientes medicados que no llegaron a la frecuencia máxima prevista.<sup>11, 12</sup>

Si se analiza el grupo en forma global, se advierte que hay una caída poco importante de la fracción de eyección durante el esfuerzo (Fig. 1), acompañada de una disminución significativa del score de motilidad regional. Estos hallazgos confirman la naturaleza segmentaria de la enfermedad cardíaca

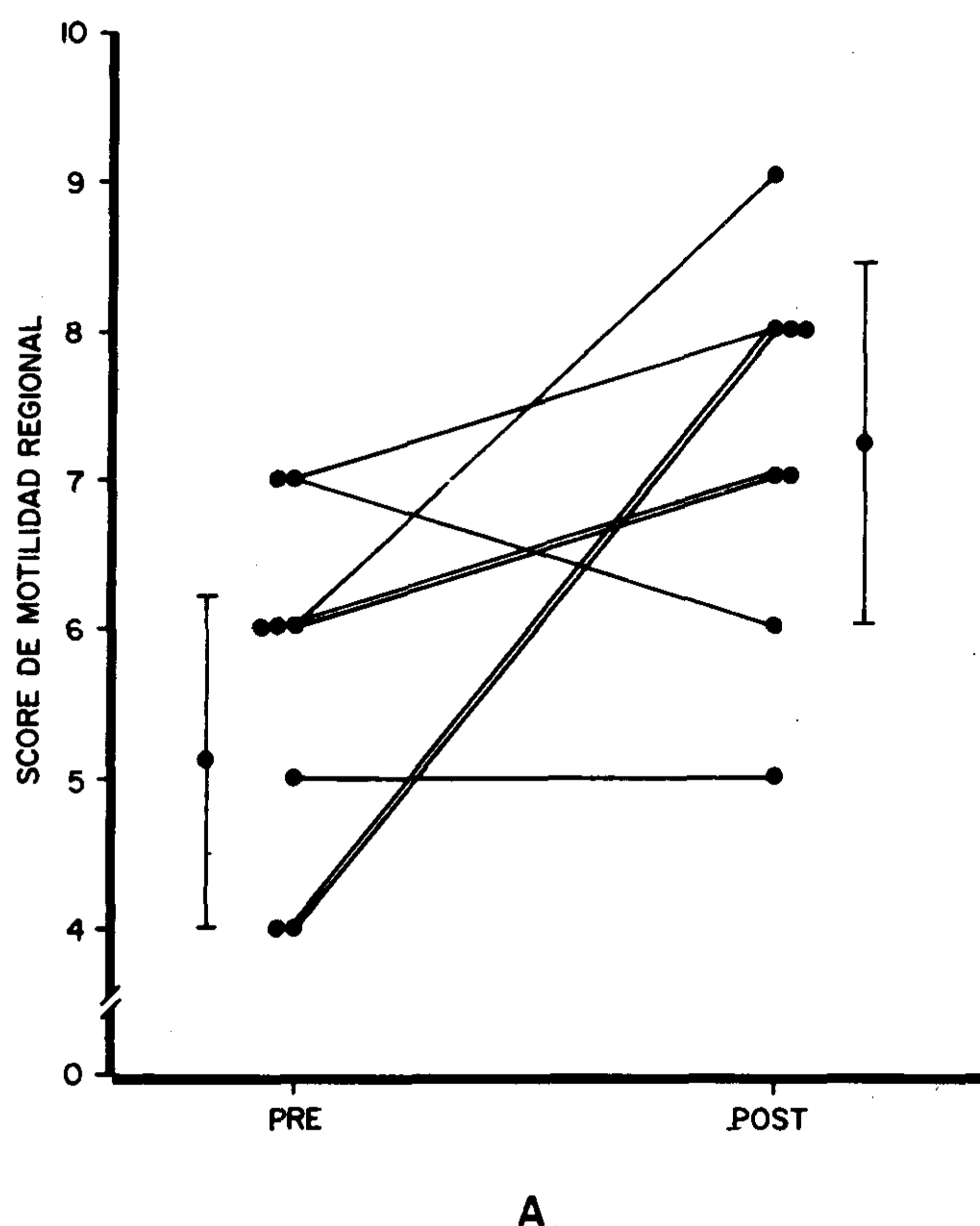


Fig. 12A. Comparación de la motilidad regional durante el máximo esfuerzo, pre y postquirúrgica, en pacientes con revascularización completa ( $p < 0,01$ ).

isquémica e indican, además, que la respuesta de la fracción de eyección es la resultante final de un complejo conjunto de variables en la mecánica de bomba (volumen, contractilidad compensadora en áreas no isquémicas) y en la carga ventricular externa. Sin embargo, la respuesta de la función ventricular al esfuerzo está probablemente condicionada, al menos en parte, por la magnitud del territorio isquémico. Los pacientes cuya respuesta ergométrica fue más severa presentaron las mayores alteraciones ventriculográficas, expresadas no sólo en la motilidad regional, sino también en la función global a través de la caída significativa de la fracción de eyección (Fig. 2B).

Como contrapartida, los pacientes con respuesta isquémica ergométrica menos marcada (desnivel menor del segmento ST) se correlacionaron con respuestas "menos isquémicas" de la función ventricular, a las que hemos llamado "respuestas planas" (Fig. 2A) y los pacientes con ergometría "no isquémica" respondieron con aumento de la función ventricular durante el ejercicio (Fig. 2A).

La incidencia de infarto previo parece guardar una relación inversa con la respuesta isquémica

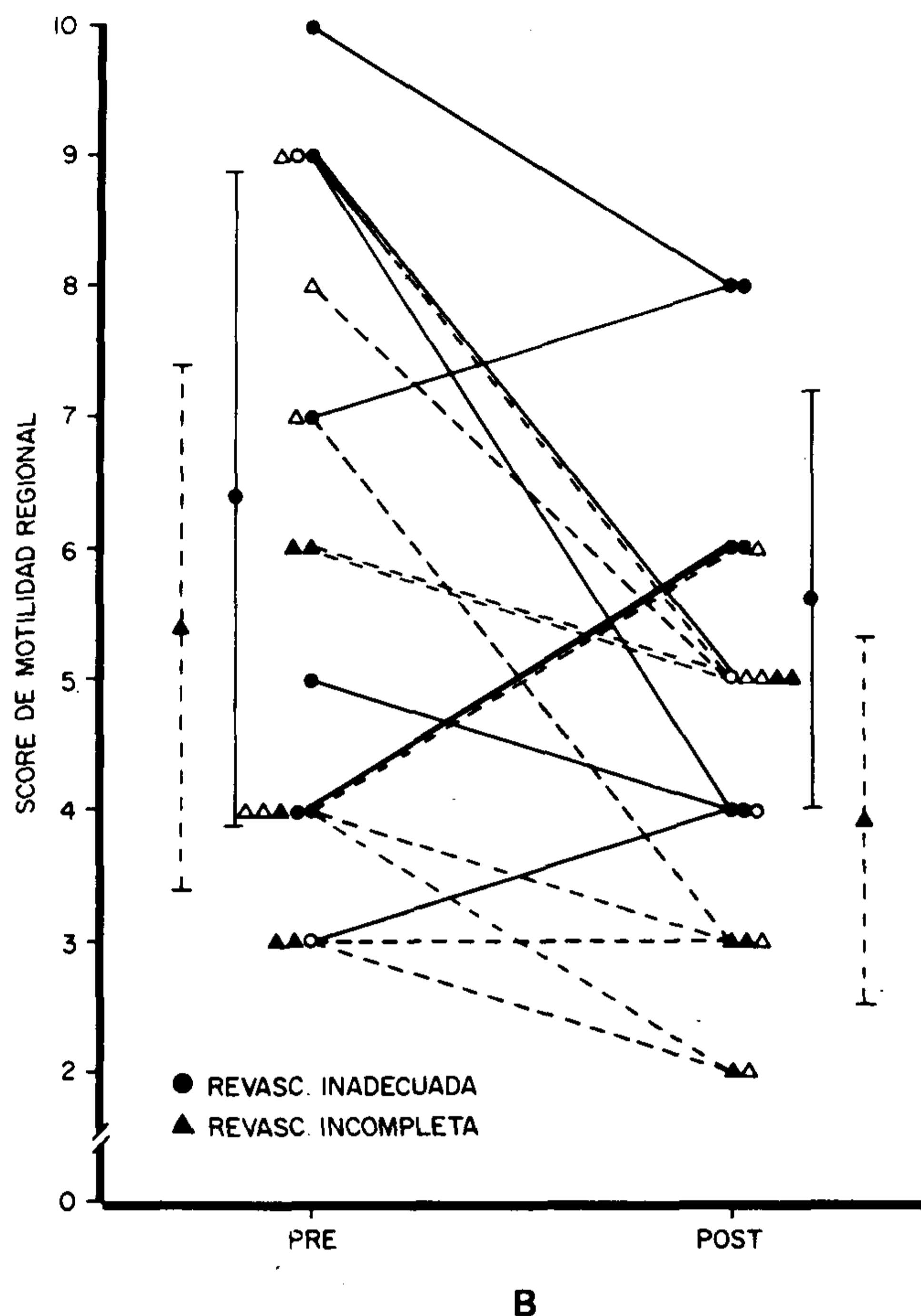


Fig. 12B. Comparación de la motilidad regional durante el máximo esfuerzo, pre y postquirúrgica, en paciente con revascularización inadecuada ( $p = ns$ ) e incompleta ( $p < 0,05$ ).

provocada por el esfuerzo.

Es posible que el grupo con más isquemia y mejor función basal esté en un estadio previo de la evolución natural de la enfermedad.

La comparación de la ergometría convencional y el estudio radioisotópico demostró que una ergometría con marcada respuesta isquémica (angina y/o desnivel mayor del segmento ST) predice con gran seguridad una respuesta anormal de función ventricular. Ello podría estar relacionado con la magnitud del área miocárdica comprometida por la isquemia.

Por el contrario, un tercio de los pacientes en quienes la ergometría no mostró anomalías, presentó alteraciones ventriculográficas durante el esfuerzo. Por lo tanto, una ergometría negativa tiene reducido valor predictivo.<sup>37</sup>

En este trabajo no intentamos analizar el valor diagnóstico del ventriculograma radioisotópico en la enfermedad coronaria, ya que la población estudiada implica un fuerte sesgo estadístico.<sup>13</sup>



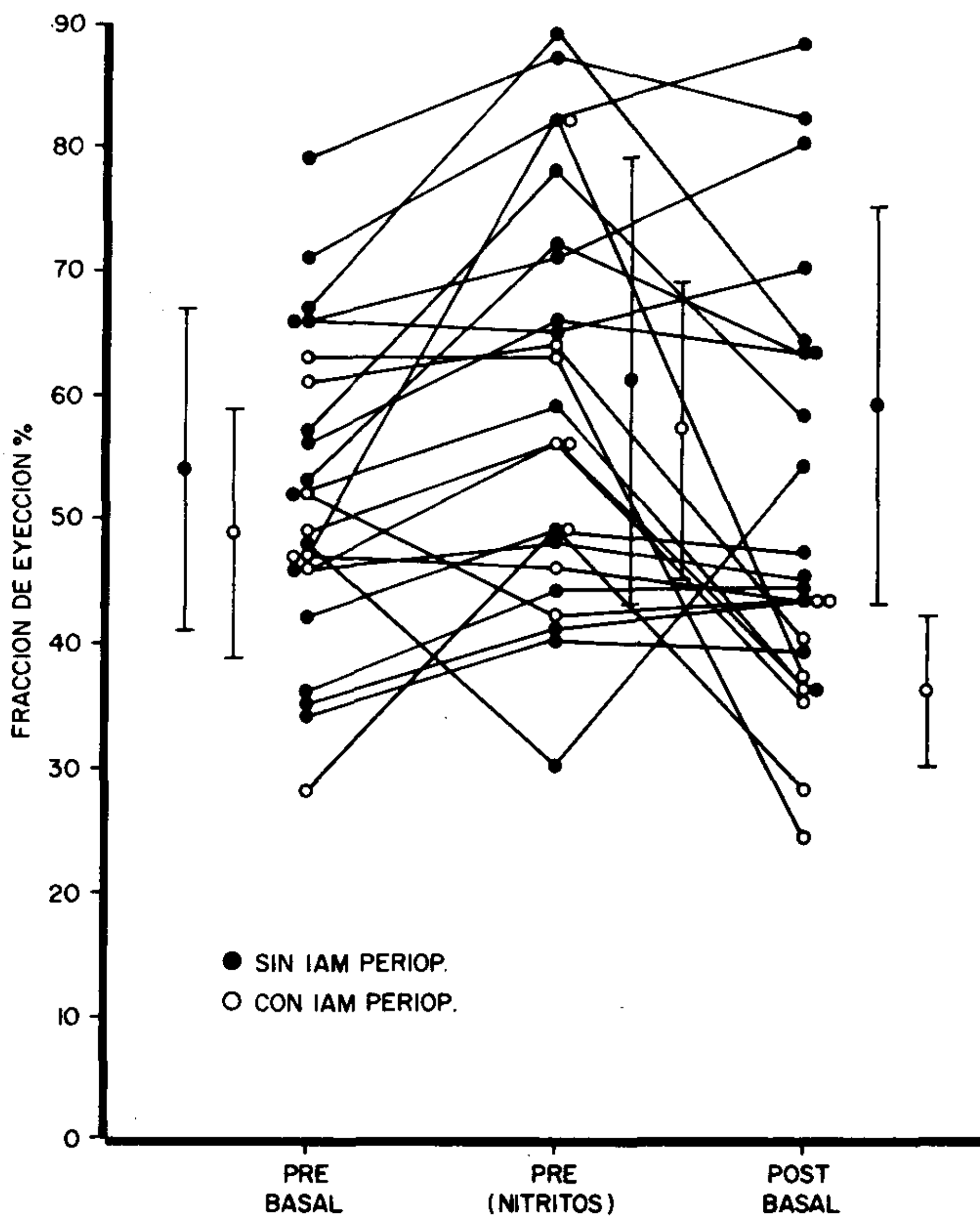


Fig. 13. Fracción de eyección prequirúrgica basal, prequirúrgica con nitritos y postquirúrgica basal. Comparación de los resultados en pacientes con necrosis (círculos abiertos) y sin necrosis perioperatoria (círculos llenos).

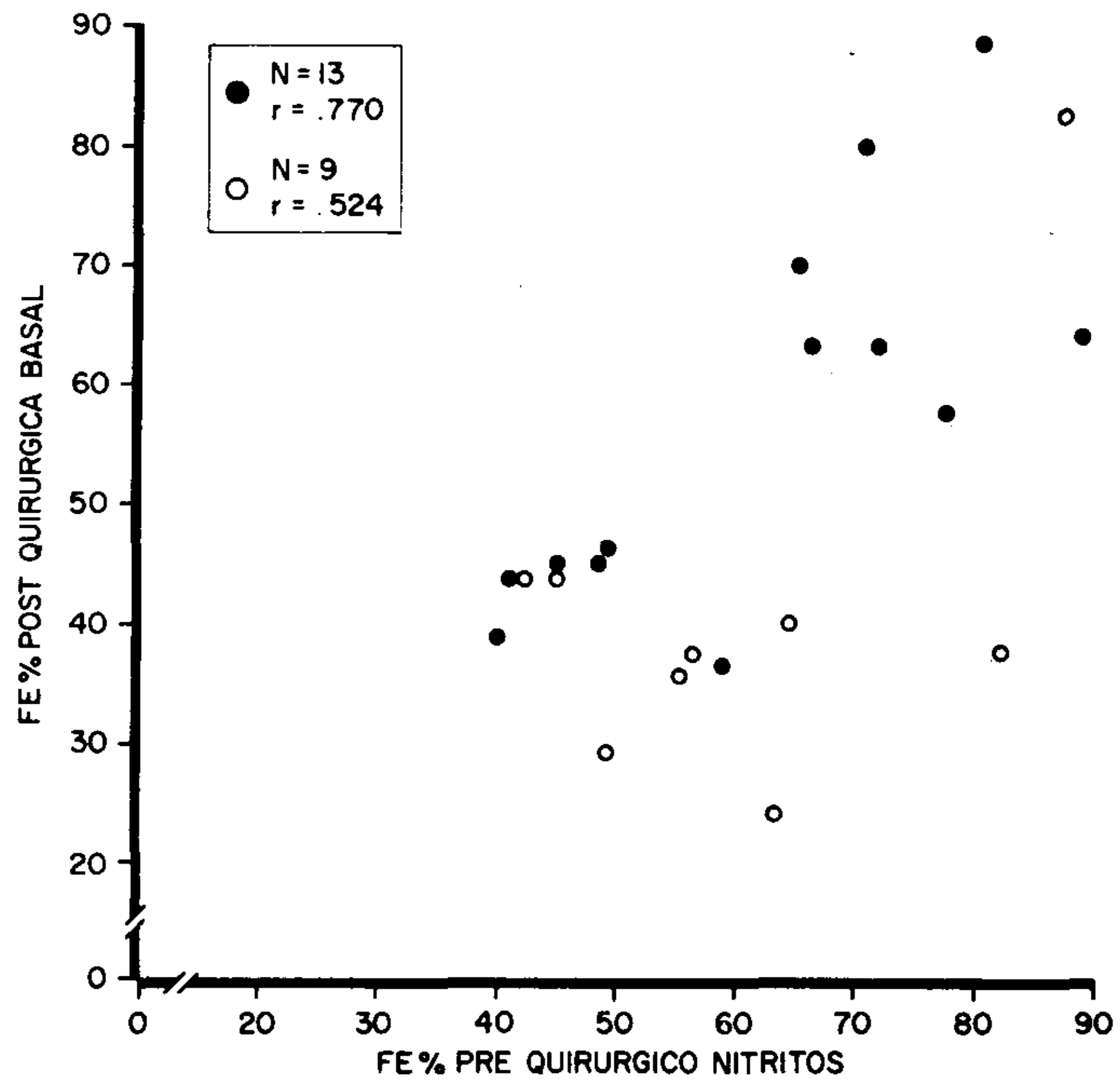


Fig. 14. Relación entre la fracción de eyección prequirúrgica con nitritos y la fracción de eyección postquirúrgica basal. En 13 pacientes sin infarto perioperatorio se halló una correlación de  $r = .770$ .

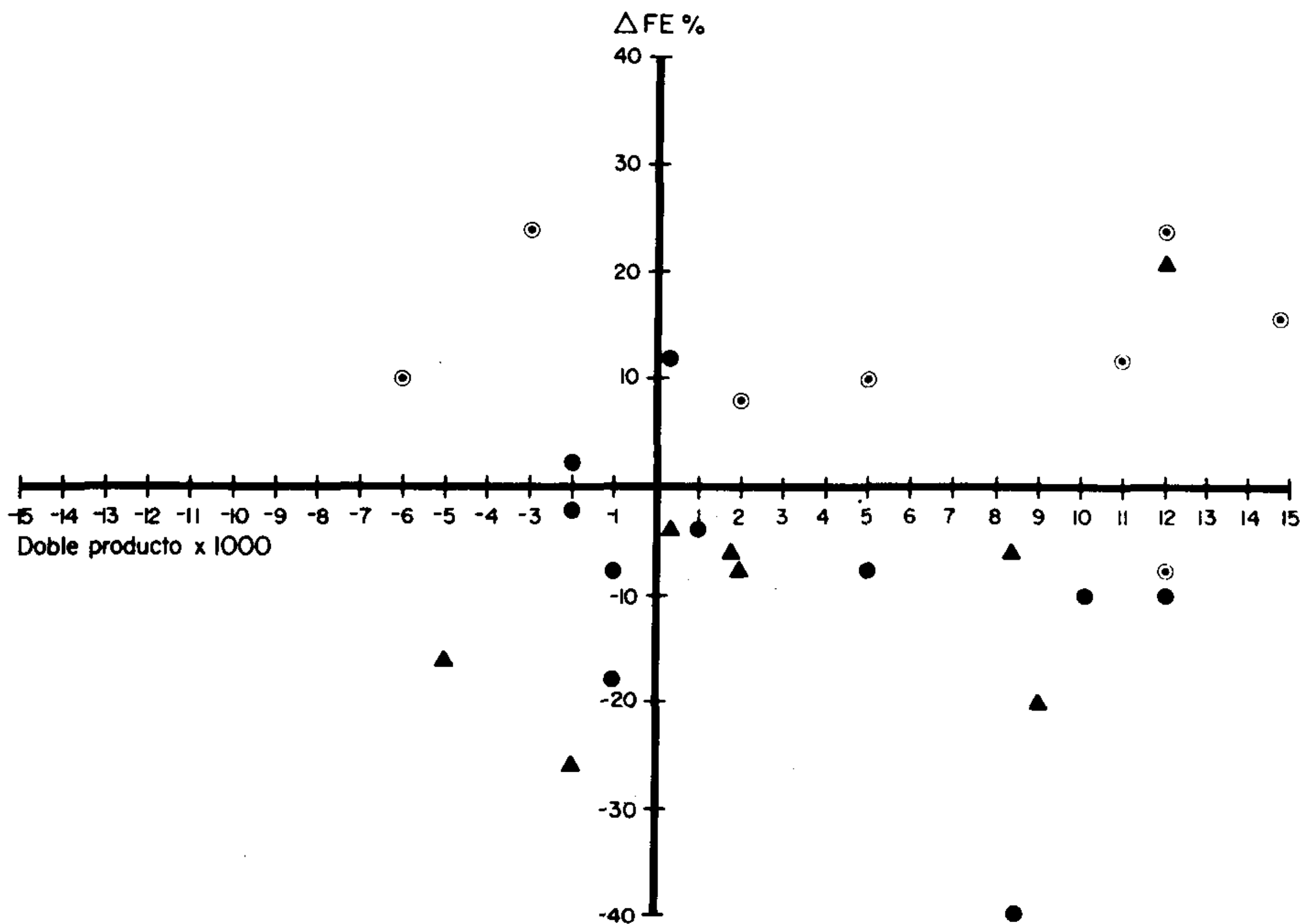


Fig. 15. Modificaciones que indujo la CRC en la relación entre variación de fracción de eyección durante el máximo esfuerzo y de doble producto desarrollado. En el cuadrante superior derecho (aumento de fracción de eyección en esfuerzo y de doble producto) se encontraron 5 de los 8 pacientes con revascularización completa, 1 de 8 con revascularización inadecuada y 1 de 10 con revascularización incompleta. Círculo y punto: revascularización completa. Círculo lleno: revascularización incompleta. Triángulo: revascularización inadecuada.

### *Indicaciones de la cirugía de revascularización coronaria (CRC)*

Los criterios actuales para indicar CRC son: a) isquemia refractaria al tratamiento médico (demostrada por clínica, ergometría o estudio radioisotópico) y b) angiográfico (lesión del tronco de la coronaria izquierda o en algunos centros, lesión de tres vasos).<sup>14</sup>

Con el tiempo ha adquirido jerarquía el concepto de revascularización completa, que se considera altamente conveniente.<sup>15-17</sup> De todas maneras, existe una limitación insalvable para cumplir con ese objetivo: la severidad de la enfermedad coronaria, en especial en los territorios arteriales distales.

En nuestra población la mayoría de los pacientes presentaba sintomatología invalidante a pesar del tratamiento médico. Por ese motivo, hubo 71% de enfermos con patología coronaria difusa, que aunque no eran candidatos ideales para CRC, debieron ser operados.

### *Evaluación angiográfica prequirúrgica*

Es conocida la diferente evolución que tienen los pacientes según sea la revascularización completa o incompleta.<sup>39</sup> Este hecho influye sobre el grado de mejoría sintomática,<sup>18, 19</sup> la incidencia de infarto perioperatorio,<sup>22</sup> la desaparición de las alteraciones isquémicas en la prueba ergométrica postquirúrgica<sup>20</sup> y el pronóstico a largo plazo del enfermo coronario operado.<sup>39</sup>

Además, la inserción de puentes aortocoronarios en arterias distalmente comprometidas (revascularización inadecuada) se acompañó de elevada incidencia de injertos trombosados con reaparición de fenómenos isquémicos y necrosis en el período postoperatorio.<sup>21, 24</sup>

De acuerdo con estos conceptos hemos analizado los cambios inducidos por la CRC (en especial sobre la función ventricular en reposo y esfuerzo), dividiendo la población en grupos según la evaluación de la angiografía prequirúrgica. De esta manera definimos un grupo pasible de revascularización completa (I), uno de revascularización incompleta (III) y otro de revascularización inadecuada (II), en el que todos los territorios recibieron un puente pero la coronariografía mostró por lo menos un lecho distal de mala calidad. Consideramos que esta clasificación que utiliza la angiografía prequirúrgica tiene valor prospectivo y, por lo tanto, es de interés práctico.

### *Cambios producidos por la CRC sobre los síntomas*

Hay total concordancia en la bibliografía sobre

el alivio de la sintomatología obtenido después de la CRC. La desaparición de la angina o la mejoría de la clase funcional ocurre en 60% a 80% de los pacientes.<sup>19, 23</sup>

El 76% de nuestros enfermos, que se encontraban en clase funcional III-IV en el preoperatorio, mejoraron significativamente su capacidad de trabajo. Sin embargo, los 5 pacientes que continuaron severamente sintomáticos pertenecían a los grupos de revascularización inadecuada e incompleta, mientras la totalidad de los pacientes completamente revascularizados permanecieron asintomáticos.

### *Modificaciones ergométricas producidas por la CRC*

Es aceptado el criterio de que la ergometría permite evidenciar los cambios favorables producidos por la CRC.<sup>19-21, 23</sup>

Nuestros pacientes mejoraron su capacidad funcional expresada en mets y aumentaron el tiempo de ejercicio con un doble producto mayor. Sin embargo, el análisis del grupo III en particular (revascularización incompleta) mostró falta de incremento de los dos primeros parámetros, lo que se podría explicar por la elevada incidencia del infarto de miocardio perioperatorio y de isquemia residual (27% de los pacientes de ese grupo presentaban infradesnivel del segmento ST y angina en la ergometría postquirúrgica).

El valor de la respuesta ergométrica para determinar la eficacia de la revascularización es controvertido. Se ha señalado que existe una relación estrecha entre la persistencia de una ergometría anormal postquirúrgica y la imposibilidad de efectuar una revascularización completa (con baja incidencia de falsos positivos).<sup>19, 20</sup> Sin embargo, en todos los estudios publicados los falsos negativos (pacientes con revascularización incompleta y ergometría sin alteraciones isquémicas) oscilaron entre 55% y 73%. Este hecho fue más evidente cuando sólo un territorio no fue revascularizado.<sup>19</sup>

En este trabajo obtuvimos resultados similares, ya que observamos (Tabla 3) que hubo sólo 3 falsos positivos (21%), mientras que de 13 pruebas negativas 8 pertenecieron a los grupos II y III (falsos negativos: 62%).

Cuando comparamos los resultados de la ergometría postquirúrgica con el ventriculograma radioisotópico durante el esfuerzo, advertimos que una prueba ergométrica positiva resultaba un excelente predictor de una respuesta anormal de la fracción de eyección.<sup>38</sup>

La ausencia de isquemia electrocardiográfica predice con un 85% de seguridad una respuesta normal

o levemente anormal (plana) de la fracción de eyección durante el esfuerzo. Por lo tanto, al correlacionar la prueba ergométrica con otra prueba funcional, notamos una menor incidencia de falsos negativos que al compararla con la coronariografía. Esta diferencia es lógica porque el ventriculograma radioisotópico evalúa isquemia, mientras que la arteriografía describe detalles anatómicos.

La ausencia de isquemia ergométrica y ventriculográfica en los pacientes con revascularización incompleta o inadecuada podría indicar perfusión del territorio que estaba comprometido o desarrollo de infarto perioperatorio.<sup>21</sup>

#### *Cambios producidos por la CRC en la función ventricular en reposo*

Chatterjee<sup>26</sup> demostró en 1973 la posibilidad de mejorar la contracción de segmentos con miocardio viable a través de la CRC. Este hallazgo fue confirmado en un estudio posterior.<sup>28</sup>

Sin embargo, otros autores, utilizando angiografía de contraste o ventriculograma radioisotópico encontraron que la CRC no modifica la función ventricular, expresada como fracción de eyección, en condiciones basales.<sup>7, 8</sup>

Nuestros resultados confirman estas observaciones si se toman los pacientes en forma global, pero no cuando se analizan algunas variables de manera individual.

Los pacientes sin necrosis perioperatoria tuvieron una fracción de eyección postquirúrgica algo más elevada que la prequirúrgica y significativamente mayor que la del grupo con infarto postoperatorio (Fig. 13).

En la Fig. 9A se observa que los pacientes con revascularización completa tienden a incrementar la fracción de eyección en reposo, aunque no existen variaciones de la motilidad regional (Fig. 11A). Los pacientes con revascularización inadecuada o incompleta (Fig. 9B) presentan una caída no significativa de la fracción de eyección con un deterioro marcado de la motilidad segmentaria (Fig. 11B). Esto último se explica por la alteración de la motilidad septal, típica de la CRC,<sup>29</sup> y por la elevada incidencia, en estos grupos, de necrosis postquirúrgica que genera nuevas áreas hipo o aquinéticas.

Por lo tanto, la clasificación angiográfica prequirúrgica es de valor para determinar la posibilidad de conservar o mejorar la función ventricular con la CRC.

#### *Incidencia y etiología del infarto perioperatorio*

La incidencia de necrosis perioperatoria es sumamente variable (entre 5% y 40%).<sup>24, 30-32</sup> Los

distintos métodos de diagnóstico empleados y la diferente severidad de la patología coronaria de los pacientes estudiados podrían explicar el amplio rango de variación.

Es conocido que el electrocardiograma subdiagnostica el infarto perioperatorio<sup>31</sup> y que la CPK MB y la imagen miocárdica con pirofosfato de tecnecio tienden a sobrediagnosticarlo.<sup>30-33</sup> Este fenómeno se debe a la existencia de daño ventricular intraquirúrgico que no constituye necrosis y a que aproximadamente 30% de los pacientes tienen una imagen con pirofosfato de tecnecio anormal en el prequirúrgico<sup>32</sup> condicionando falsos positivos en la evaluación postoperatoria.

El estudio angiográfico postquirúrgico permite conocer la permeabilidad de los puentes aortocoronarios, los cambios en la circulación nativa y correlacionarlos con la aparición de nuevos segmentos hipo o aquinéticos, de modo que podría ser el método ideal para el diagnóstico y valoración del infarto perioperatorio. Debido a la imposibilidad práctica de realizar un estudio hemodinámico de rutina en todos los pacientes, utilizamos como criterio diagnóstico la asociación de electrocardiograma CPK MB o pirofosfato de tecnecio junto con el hallazgo de una nueva alteración segmentaria de la contracción en el ventriculograma radioisotópico postquirúrgico. Así, la incidencia en nuestra serie fue de 28%, pero sólo en el 21% hubo caída significativa de la fracción de eyección en reposo.

Assad Morell y colaboradores observaron un alto porcentaje de infartos en territorios no revascularizados.<sup>22</sup> Burton y colaboradores hallaron correlación entre infarto perioperatorio y enfermedad coronaria difusa con lesiones distales.<sup>24</sup> En este último trabajo la necrosis perioperatoria se asoció a dificultades técnicas en la anastomosis y a la necesidad de efectuar endarterectomía. Sólo en 5,5% de los pacientes se diagnosticó infarto en una zona no revascularizada.

Nuestros resultados coinciden con las dos series citadas. Los pacientes con revascularización completa y una relación puente/paciente de 2,1 no presentaron infarto perioperatorio.

El grupo de revascularización inadecuada tenía enfermedad coronaria más severa y difusa con una relación puente/paciente de 3 y una incidencia de infarto perioperatorio de 33%.

En el grupo con revascularización incompleta, con una relación puente/paciente de 2,3, sólo se pudo revascularizar el 54% de los territorios amenazados y se diagnosticó infarto perioperatorio en 45% de los casos.

### *Predicción de cambios de la función ventricular en reposo inducidos por la CRC*

Es conocida la utilidad de los nitritos y la potenciación extrasistólica para estudiar la viabilidad miocárdica en regiones con contracción alterada en condiciones basales.<sup>25, 27</sup>

En 1974, Helfant y colaboradores<sup>4</sup> demostraron que es posible predecir mejoría en la motilidad segmentaria luego de la cirugía a través de un ventriculograma prequirúrgico con nitroglicerina. Hallazgos similares se obtuvieron con la potenciación postextrasistólica<sup>5</sup> y recientemente, con la evaluación de la función ventricular en el postesfuerzo inmediato utilizando ventriculograma radioisotópico.<sup>6</sup>

Sin embargo, no hay coincidencia en cuanto a la capacidad de estas intervenciones para predecir cambios en la fracción de eyección basal postoperatoria.

En nuestro estudio, cuando se excluyeron los pacientes con necrosis perioperatoria, pudimos observar una aceptable correlación (Fig. 14) entre la fracción de eyección prequirúrgica con nitritos y la postquirúrgica basal. Aunque esto podría atribuirse a las menores dosis de betabloqueantes administrados en el postquirúrgico, existen evidencias de que esta medicación no modifica la función basal en pacientes con enfermedad coronaria.<sup>34, 35</sup>

La baja especificidad de la respuesta a los nitritos para predecir mejoría de la motilidad regional se debe al elevado índice de infarto perioperatorio en nuestro grupo de pacientes, lo que produjo muchos falsos positivos. En cambio, una respuesta negativa a la nitroglicerina fue gran valor para descartar una mejoría segmentaria de la contracción después de la CRC.

### *Cambios inducidos por la CRC en la respuesta ventricular al esfuerzo*

El estudio hemodinámico<sup>36</sup> y más aún el ventriculograma radioisotópico con tecnecio 99m,<sup>9</sup> han permitido la evaluación de la función ventricular del enfermo sometido a cirugía coronaria en condiciones basales y durante el esfuerzo.

El ejercicio en el paciente con enfermedad coronaria puede producir un desbalance entre el aporte y la demanda de O<sub>2</sub> que genera isquemia miocárdica. Esta última se manifiesta generalmente por una disminución de la fracción de eyección con respecto a los valores de reposo.

Ha sido demostrado que la CRC es capaz de revertir esta alteración debido a la mejoría de la perfusión miocárdica durante el esfuerzo.<sup>7-10</sup>

En nuestro estudio, la evaluación del grupo total no arrojó cambios significativos. El 68% de los pa-

cientes persistió con respuesta anormal al esfuerzo (43% con caída significativa de la fracción de eyección). La comparación de la fracción de eyección durante el esfuerzo pre y postquirúrgico no mostró diferencias (Tabla 5) (Fig. 5).

Aunque en otros estudios se describieron resultados más favorables, también se señala un grupo considerable de pacientes con respuesta anormal de la fracción de eyección después de la CRC. Lim y colaboradores<sup>8</sup> encontraron 60% de respuestas patológicas postoperatorias (25% con caída significativa, todos con puentes trombosados), mientras que Kent y colaboradores<sup>7</sup> observaron 26% con caída significativa de la fracción de eyección (1 paciente con un puente ocluido y 5 con enfermedad coronaria residual), y Hellman y colaboradores<sup>10</sup> encontraron 22% de respuestas anormales. La disparidad de estos resultados puede deberse a la diferente severidad de enfermedad coronaria y, por lo tanto, a la eficacia variable en la revascularización efectuada.

Nuestro trabajo muestra que 7 de los 8 pacientes con revascularización completa aumentaron más de 5% la fracción de eyección en esfuerzo (Fig. 10A). En cambio, sólo uno de los pacientes con revascularización inadecuada y uno con revascularización incompleta mejoraron significativamente luego de la CRC (Fig. 10B).

Todos los pacientes que con la CRC mejoraron la función ventricular durante el esfuerzo también incrementaron su clase funcional. Sin embargo, varios presentaron alivio sintomático sin diferencias en la respuesta al ejercicio, o con deterioro de la misma (Fig. 3). Esto se debe a que el aumento del flujo coronario no es el único mecanismo por el cual la CRC elimina o atenúa los síntomas. También jugarían roles de diferente jerarquía, de acuerdo al grupo de pacientes analizado, el efecto placebo,<sup>40</sup> la denervación periaórtica y la necrosis perioperatoria.<sup>21</sup>

Cuando la revascularización es completa, la desaparición de la sintomatología coincide con una disminución significativa de las manifestaciones eléctricas de isquemia, conservación de la función ventricular de reposo sin infarto perioperatorio y mejoría de la respuesta ventricular al esfuerzo. Lo descrito es expresión de una adecuada perfusión coronaria.

En los pacientes con revascularización inadecuada e incompleta hay alta incidencia de necrosis perioperatoria, siendo probablemente éste el mecanismo predominante.

La Fig. 15 relaciona la variación de la fracción de eyección durante el esfuerzo con la variación del doble producto antes y después de la cirugía.

Cinco de los 7 pacientes que mejoraron la respuesta al ejercicio con un doble producto mayor, pertenecían al grupo de revascularización completa, mientras que en el cuadrante con caída de la fracción de eyección y doble producto menor no se ubicó ningún paciente de ese grupo.

## CONCLUSIONES

En los pacientes pasibles de revascularización completa la CRC mejoró la clase funcional e incrementó la capacidad de trabajo con una significativa mejoría de la respuesta ventricular izquierda al esfuerzo y sin que se comprometiera la función ventricular basal.

Cuando la revascularización fue inadecuada la disminución de los síntomas se acompañó de una elevada incidencia de necrosis perioperatoria con deterioro de la motilidad segmentaria en reposo y de isquemia residual durante el esfuerzo.

La revascularización incompleta no mejora el cuadro clínico en una apreciable cantidad de pacientes pudiendo, además, empeorar la función ventricular en reposo y durante el esfuerzo.

### *Implicaciones clínicas*

La indicación de la CRC debe efectuarse en cada paciente en forma individual y después de una evaluación completa.

La valoración clínica, ergométrica y radioisotópica permitirá conocer la función ventricular basal, viabilidad miocárdica y severidad de la isquemia.

La coronariografía indicará el tipo de revascularización factible, convirtiéndose en un método de gran valor para predecir resultados de la CRC.

Del análisis de estos factores se puede obtener un balance costo/beneficio. Hay pacientes con bajo riesgo y elevado beneficio (los que pueden ser revascularizados en forma completa); en cambio, hay otros con enfermedad coronaria difusa en los que la revascularización será probablemente ineficaz. En ellos, la elevada incidencia de necrosis perioperatoria y de isquemia detectada por las pruebas funcionales limita la utilidad de la cirugía a la mejoría del cuadro clínico.

## SUMMARY

*Coronary artery by pass grafting (CABG) can relieve symptoms and reverse electrocardiographic changes of ischemic origin and sometimes improve the effects of coronary insufficiency on left ventricular function (LVF). 28 consecutive patients were studied in order to evaluate changes in clinical status, stress testing and LVG. To determine the predictability of these changes on the basis of the*

*possibility of an effective revascularization (R), the patients were classified into 3 groups according to the extension of the coronary disease: group I: suitable for complete revascularization (CR); group II: inadequate revascularization (IDR); and group III: incomplete revascularization (ICR). CABG significantly improved the functional class (FC) and the results of stress test. Resting ejection fraction (REF), ejection fraction during exercise (EFE) and regional wall motion score during exercise (RWMS) did not differ from preoperative results. 8 of the 28 patients were diagnosed as perioperative infarction (POI). Group I (CR) consisted of 8 patients all of whom were asymptomatic after CRS. Postoperative stress tests (PST) did not show ischemia in 5 patients. Exercise time (ET) increased from  $10.8 \pm 3.5$  min to  $14.6 \pm 4.3$  min ( $p=0.05$ ) and maximum double product developed (MDPD) was from  $19,500 \pm 2,000$  to  $23,934 \pm 5,300$  ( $p < 0.05$ ). REF was  $56 \pm 10\%$  before surgery and  $60 \pm 14\%$  after surgery ( $p=ns$ ). CRS increased EFE from  $47 \pm 9\%$  to  $61 \pm 2\%$  ( $p=0.01$ ). No changes were observed in regional motion and there were no POI. Group II (IDR) consisted of 9 patients. 7 were in FC I-II after surgery by 5 (55%) had an abnormal PST due to ischemia. Et was improved from  $5.5 \pm 1.8$  min to  $8.2 \pm 1.3$  min ( $p < 0.005$ ) and the work load (WL) was increased from  $38 \pm 12$  W to  $56 \pm 19$  W ( $p=0.005$ ). REF, EFE and RWMS did not change significantly. Resting regional wall motion score (RRQMS) decreased from  $7.31 \pm 1.6$  to  $5.1 \pm 2$  ( $p < 0.025$ ). The incidence of POI was 33%. Group III (ICR) consisted of 11 patients. Invalidating symptoms persisted in 3 (27%) and 6 (55%) had a normal PST. No differences were observed in ET and WL. There was a slight drop in REF and a significant one in EF ( $47 \pm 13\%$  to  $38 \pm 10\%$ ), RRWMS ( $5.4 \pm 1.4$  to  $3.9 \pm 1.4$ ). The incidence of POI was 45%. Without with CR, CRS improved the clinical picture and the response to exercise, without changing left ventricular function at rest. IDR alleviated symptoms but deteriorated segmentary motion at rest and residual ischemia during exercise was present. With ICR, symptoms improved only partially and resting and exercise LVF sometimes deteriorated. Coronary angiography, indicating the type of R possible, is a very useful tool to predict the results of CRS and to make an adequate preoperative cost-benefit balance.*

## AGRADECIMIENTO

*Se agradece la colaboración de la Srta. Perla Rafinet, secretaria académica del Servicio de Cardiología, por la confección de este manuscrito.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Tennant R, Wiggers GI: The effect of coronary occlusion on myocardial contraction. *Am J Physiol* 112: 351, 1935.
2. Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, Green MV, Rosing DR, Seides SF, Epstein SE, Hohnston GS: Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease. Comparison with exercise electrocardiography. *Circulation* 60: 572, 1979.
3. Okada RD, Boucher ChA, Strauss HW, Pohost GM: Exercise radionuclide imaging approaches to coronary artery disease. *Am J Cardiol* 46: 1188, 1980.
4. Helfant RH, Pine R, Meister SG, Feldman MS, Trout RG, Banka VS: Nitroglycerin to unmask reversible synergy. Correlation with postcoronary by pass ventriculography. *Circulation* 50: 108, 1974.
5. Popio KA, Gorlin R, Betchel D et al: Postextrasystolic potentiation as a predictor of potential myocardial viability: preoperative analysis compared with studies after coronary by pass surgery. *Am J Cardiol* 39: 944, 1977.
6. Rozanski A, Berman D, Gray R, Diamond G, Raymond M, Prasse J, Maddahi J, Swan HJC, Matloff J: Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by postexercise radionuclide ventriculography. *N Engl J Med* 301: 61, 1979.
7. Kent KM, Borer JS, Green M, Baharach SL, Mc Intosh CL, Conkle DM, Epstein SE: Effects of coronary artery by pass on global and regional left ventricular function during exercise. *N Engl J Med* 298: 1434, 1978.
8. Lim YL, Kalff V, Kelly MJ, Mason PJ, Currie PJ, Harper RW, Anderson ST, Federman J, Stirling GR, Pitt A: Radionuclide angiographic assessment of global and segmental left ventricular function at rest and during exercise after coronary by pass graft surgery. *Circulation* 66: 972, 1982.
9. Newman FE, Rerych ST, Jones RH, Sabiston DC: Noninvasive assessment of the effects of aorta-coronary by pass grafting on ventricular function during rest and exercise. *J Thorac Cardiovasc Surg* 79: 617, 1980.
10. Hellmna CHK, Kamath LM, Schmidt DH, Anholm J, Balu F, Johnson WD: Improvement in left ventricular function after myocardial revascularization. Assessment by first-pass rest and exercise nuclear angiography. *J Thorac Cardiovasc Surg* 79: 645, 1980.
11. Austin EH, Cobb FR, Coleman E, Jones R: Prospective evaluation of radionuclide angiocardigraphy for the diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 50: 1212, 1982.
12. Jones RH, Mc Ewan P, Newman GE, Port S, Rerych SK, Scholz PM, Upton MT, Peter CA, Austin EH, Leong K, Gibbons R, Cobb FR, Coleman RE, Sabiston DC Jr: Accuracy of diagnosis of coronary artery disease by radionuclide measurement of left ventricular function during rest and exercise. *Circulation* 64: 586, 1981.
13. Rozansky A, Diamond GA, Berman D, Forrester JS, Morris D, Swan HJC: The declining specificity of exercise radionuclide ventriculography. *N Engl J Med* 309: 518, 1983.
14. Rahimtoola SH: Controversies in coronary artery disease, pp 339-340. FA Davis Co, Philadelphia, 1983.
15. Loop FD, Cosgrove DM, Lytle BS et al: An 11 year evolution of coronary arterial surgery (1967-1978). *Ann Surg* 190: 444, 1979.
16. Kouchoukos SH, Oberman A, Kirklin JW et al: Coronary by pass surgery: analysis of factor affecting hospital mortality. *Circulation* 62: 1-84, 1980.
17. Rahimtoola SH, Chunkemeier G, Tepley J et al: Changes in coronary by pass surgery leading to improved survival. *JAMA* 246: 1912, 1981.
18. Heikki Frick M, Harjola PT, Valle M: Persistent improvement after coronary by pass surgery: argometric and angiographic correlations at 5 years. *Circulation* 67: 491, 1983.
19. Assad-Morell JL, Frye RL, Connolly DC, Davis GD, Pluth JR, Wallace RB, Bornhorst DA, Elbeback LR, Danielson GK: Aorta-coronary artery saphenous vein by pass surgery. Clinical and angiographic results. *Mayo Clinic Proc* 50: 379, 1975.
20. Mc Conahay DR, Valdes M, Mc Callister BD, Crockett JE, Conn RD, Reed WA, Killen DA: Accuracy of treadmill testing in assessment of direct myocardial revascularisation. *Circulation* 56: 548, 1977.
21. Block TA, Murray JA, English MT: Improvement in exercise performance after unsuccessful myocardial revascularization. *Am J Cardiol* 40: 673, 1977.
22. Assad-Morell JL, Frye RL, Connolly DC, Grau GT, Pluth JR, Barnhorst DA, Wallace RB, Davis GD, Elbeback LR, Danielson GK: relation of intraoperative or early postoperative transmural myocardial infarction to patency of aortocoronary by pass grafts and to diseased ungrafted coronary arteries. *Am J Cardiol* 35: 767, 1975.
23. Lawrie GM, Morris GC, Howwell JF, Ogura JW, Spencer III WH, Cashion WR, Winters WL, Beazley HL, Chapman DW, Peterson PK, Lie JT: Results of coronary by pass more than 5 years after operation in 434 patients. Clinical, treadmill exercise and angiographic correlations. *Am J Cardiol* 40: 665, 1977.
24. Burton JR, Fitz Gibbon GM, LRCP & S, Keon WJ, Leach AJ: Perioperative myocardial infarction complicating coronary by pass. Clinical and angiographic correlations and prognosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82: 758, 1981.
25. Banka VS, Bodenheimer MM, Shah R, Helfant RH: Intervention ventriculography. Comparative value of nitroglycerin, postextrasystolic potentiation and nitroglycerin plus postextrasystolic potentiation. *Circulation* 53: 632, 1975.
26. Chatterjee K, Swan HJC, Parmley WW et al: Influence of direct myocardial revascularization left ventricular asynergy and function in patients with coronary heart disease. *Circulation* 47: 276, 1973.
27. Salel AF, Berman DS, DE Nardo GL, Mason DT: Radionuclide assessment of nitroglycerin influence on abnormal left ventricular segmental contraction in patients with coronary heart disease. *Circulation* 53: 975, 1976.
28. Wolf NM, Kreulen TH, Bove AA, Mc Donough MT, Kessler KM, Strong M, Le Mole G, Spann JF: Left ventricular function following coronary by pass surgery. *Circulation* 58: 63, 1977.
29. Righetti A, Crawford MH, O'Rourke RA, Schelbert H, Daily PO, Ross J Jr: Intraventricular septal motion and left ventricular function after coronary by pass surgery: evaluation with echocardiography and radionuclide angiography. *Am J Cardiol* 39: 372, 1977.
30. Dixon SH, Limbierd LE, Roe CHR, Wagner GS, Oldham HN, Sabiston DC: Recognition of postoperative acute myocardial infarction. Application of isoenzyme techniques. *Circulation* 47-48 (Suppl III): 137, 1973.
31. Righetti A, Crawford MH, O'Rourke RA, Hardarson T, Schelbert H, Daily PO, De Luca M, Ashburn W, Ross J Jr: Detection of perioperative myocardial damage after coronary artery by pass graft surgery. *Circulation* 55: 173, 1976.
32. Hung J, Kelly DT, Mc Laughlin AF, Uren RF, Baird DK: Preoperative and postoperative technetium-99m pyrophosphate myocardial scintigraphy in the assessment of operative infarction in coronary artery surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 78: 68, 1979.
33. Coleman RE, Klein MS, Roberts R, Sobel BF: Improved detection of myocardial infarction with technetium-99m stannous pyrophosphate and serum MB creatinine phosphokinase. *Am J Cardiol* 37: 732, 1978.
34. Marshall RC, Berger HJ, Reduto LA, Cohen LS, Gottschalk A, Zaret BL: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiocardigraphy. Effects of oral propranolol on global and regional left ventricular function in coronary artery disease. *Circulation* 58: 808, 1978.
35. Reduto LA, Berger HJ, Geha A, Hammond G, Cohen LS, Gottschalk A, Zaret BL: Radionuclide assessment of ventricular performance during propranolol with drawal prior to aorto-coronary bypass surgery. *Am Heart J* 96: 714, 1978.
36. Barry WH, Pfeifer JF, Lipton MJ, Tilkian AG, Hultgren HN: Effects of coronary artery by pass grafting of resting and exercise hemodynamics in patients with stable angina pectoris: a prospective, randomized study. *Am J Cardiol* 37: 823, 1976.

37. Navarro Estrada JL, Siniawski DA, Baglivo H, Parisow O, Conde S: Valor de la ergometría para predecir cambios de la función ventricular inducidos por el ejercicio en pacientes con enfermedad coronaria. Sociedad Argentina de Cardiología, V Reunión Científica, 1983.
38. Siniawski DA, Navarro Estrada JL, Baglivo H, Parisow O, Conde S: Valor de la ergometría para predecir cambios en la función ventricular inducidos por el ejercicio en pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria. Sociedad Argentina de Cardiología, V reunión Científica, 1983.
39. Jones EL, Carver JM, Guyton RP, Bone DK, Hatcher CHR, Riechwald N: Importance of complete revascularization in performance of the coronary bypass operation. *Am J Cardiol* 51: 7, 1983.
40. Soloff LA: Effects of coronary bypass procedure. *N Engl J Med* 288: 1302, 1973.