

Ejercicio isométrico sostenido (Hand Grip) en sujetos normales y en pacientes con enfermedad coronaria

Dres. A. CIRIO, A. DESIMONE, F. OTERO, N. PEREZ BALIÑO y E. A. OTERO

RESUMEN

Se estudiaron 25 normales y 25 pacientes con enfermedad coronaria. La prueba se efectuó durante 3 minutos al 30% de la Contracción Máxima Voluntaria (CMV).

Se midió frecuencia cardíaca (F. C.), tensión arterial media (T. A. M.), Índice cardíaco (I. C.), Índice sistólico (I. S.) y resistencia periférica total (RP).

El IC, IS, y la RPT se calcularon a partir del Radiocardiograma, obtenido por inyección venosa central de I^{131} (RISHA).

Resultados:

Normales:

F. C. de 85 a 104 lat./min.; T.A.M. de 97 a 122 mm de Hg.; I. C. de 3.730 a 5.599 ml/m²; I. S. de 45 a 56 ml/m²; y la R. P. T. de 1.216 a 1.024 dinas/seg/cm⁻⁵.

Coronarios:

F. C. de 78 a 99 lat./min.; T. A. M. de 103 a 138 mm. de Hg.; I. C. de 3.433 a 3.663 ml/m²; I. S. de 43 a 38 ml/m²; y la R. P. T. de 1.388 a 1.818 dinas/seg./cm⁻⁵.

Las modificaciones de la FC y de la TAM no permitieron diferenciar el grupo Normal (GI) del Coronario (GII), mientras que sí lo hicieron los restantes parámetros hemodinámicos estudiados = IC, IS y RPT.

No se encontró correlación entre el aumento del IC y de la FC, pero sí entre las varia-

ciones del IS y del IC. Es decir que en nuestros casos el IC fue fundamentalmente manejado por el IS.

También se encontró correlación entre las modificaciones del IC (o IS) y de la R.P.T.

En el Grupo I, los aumentos del IC fueron acompañados de caídas de la RPT. Por el contrario, los coronarios (grupo II), incapaces de aumentar el IC, consiguen el efecto Hipertensor, elevando la RPT.

Estos hallazgos nos indicarían que en el grupo coronario, existiría un deterioro de la Función Ventricular Izquierda, que si bien puede no manifestarse en condiciones basales, la pone de manifiesto en el GII.

Desde hace tiempo, diferentes autores se han dedicado a investigar las modificaciones que induce el ejercicio en el sistema cardiovascular. Así a grandes rasgos, se diferencian dos tipos de ejercicio: isotónico y el isométrico.

Ultimamente se ha dedicado especial atención al ejercicio isométrico, investigando sus posibilidades en la ayuda diagnóstica así como en la evolución del estado hemodinámico de diferentes grupos patológicos, en un intento de conocer más de cerca la fisiopatología de las afecciones estudiadas.

En la segunda década de este siglo, Linhard (1) publica las primeras conclu-

siones, posteriormente, Assmusen y Hansen en 1928 (2) continúan con el tema. Varias son las comunicaciones que desde esa época se han dedicado a la respuesta hemodinámica al ejercicio isométrico.

Nosotros hemos estudiado la respuesta a esta prueba de sobrecarga usando la puñotensión en un grupo de sujetos normales y en otro de pacientes portadores de cardiopatía isquémica.

Hemos encontrado que los mecanismos por los cuales se consigue la hipertensión arterial difieren claramente en ambos grupos.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 25 sujetos sin evidencia de cardiopatía —Grupo I— (GI), cuyas edades oscilaban entre 15 y 61 años (promedio: 32) y 25 afectados de insuficiencia coronaria —Grupo II— (GII), con edades entre 40 y 63 años (promedio: 52).

Los elementos utilizados como criterios de no cardiopatía, fueron los siguientes: individuos asintomáticos, electrocardiograma y radiología dentro de límites normales y examen clínico cardiovascular negativo. En los 5 casos en los que se detectó dolor precordial atípico se realizó prueba ergométrica, la cual resultó negativa. De los 25 sujetos normales 14 eran hombres y 11 mujeres.

Para catalogar la insuficiencia coronaria se utilizaron uno o más de los siguientes criterios: 1) Infarto de miocardio previo (10 casos); 2) angor típico con electrocardiograma patológica; 3) Angor típico con electrocardiograma normal pero con prueba ergométrica positiva (5 casos); 3 de éstos con comprobación coronariográfica. 20 pacientes eran hombres y 5 mujeres.

En ningún caso se estudió un infarto de miocardio con menos de 3 meses de evolución ni insuficiencias coronarias inestables.

Los 50 individuos fueron estudiados en condiciones basales, en posición supina y luego de por lo menos 4 horas de ayuno alimenticio.

En cada sujeto se midió frecuencia cardíaca (FC) por registro electrocardiográfico continuo, tensión arterial sistólica y diastólica (TAS y TAD) por el método esfigmomanométrico y volumen minuto (VM) mediante el método radiocardiográ-

fico, usando como indicador albúmina humana marcada con 131 . Con estos datos se calculó tensión arterial media (TAM), índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS) y resistencia periférica total (RPT) la cual se expresó en dinas/seg/cm⁵. La inyección de radioalbúmina se efectuó indistintamente por punción venosa periférica o bien a través de un catéter PR 75 colocado en sector venoso central por punción con aguja N° 20/50. La volemia se determinó en forma teórica utilizando la fórmula de Lorenz.

Luego de efectuar las determinaciones en reposo, se somete a los sujetos a ejercicio isométrico sostenido (hand-grip) mediante un sistema que consta de una pera de goma de 8 cm. de diámetro que al ser comprimido transmite a través de una columna de agua, desplazando el mercurio, contenido en un tubo en U, sobre una escalada graduada de 0 a 100 (fig. 1). La prueba se realizó durante 3

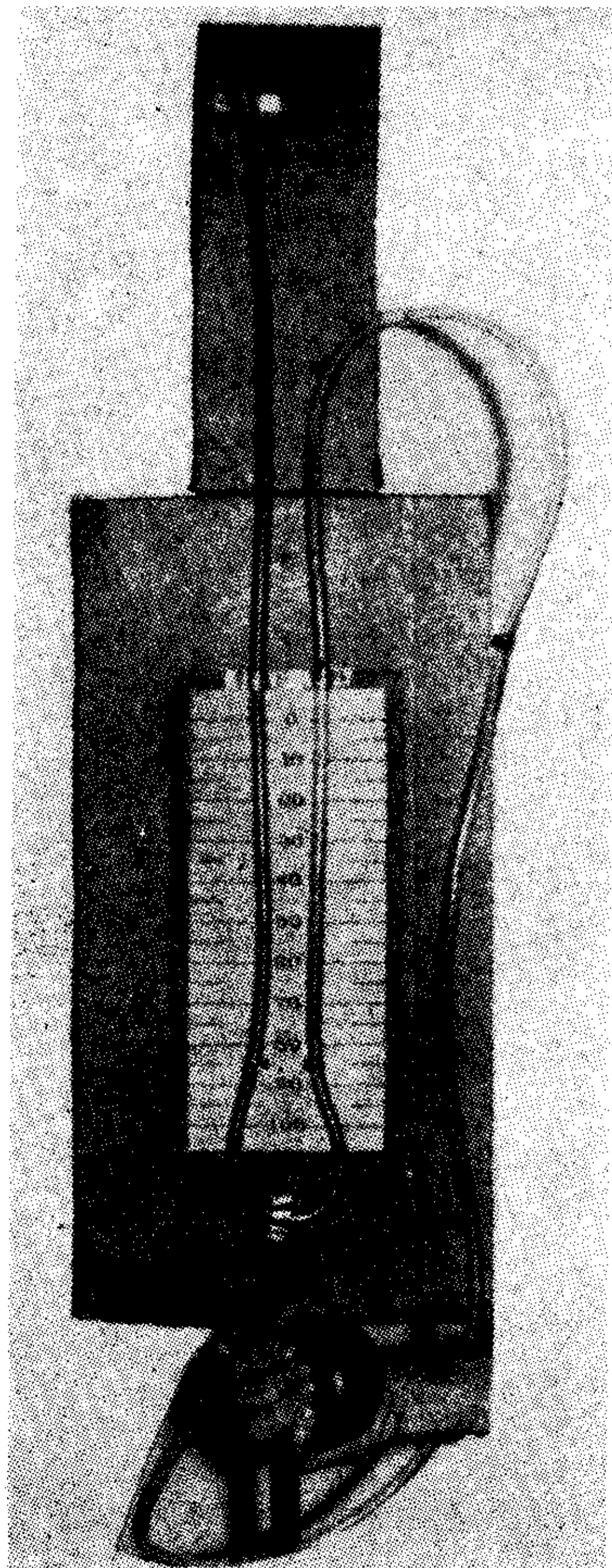


Fig. 1. — Equipo utilizado para efectuar el Ejercicio Isométrico Sostenido. Descripción en el texto.

minutos al 30 % de la contracción máxima voluntaria, buscada previamente en cada sujeto. La FC y la TA fueron medidas al 1º, 2º y 3º minuto. A los 3 minutos y mientras aún se realizaba el ejercicio se practicó determinación del VM. Se adiestró al sujeto y se lo controló cuidadosamente para que no hiciera maniobra de Valsalva durante la prueba, cuando esto ocurrió, la experiencia fue

interrumpida. En ningún caso se presentó dolor precordial, ni arritmias importantes.

RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Tabla 1 y 2.

TABLA I

Nº	EDAD	SEXO	F.C.	T.A.M.	I.C.	I.S.	R.P.T.
			C - E	C - E	C - E	C - E	C - E
1	35	fem.	83-101	97-115	3627-5697	43-56	1345-1014
2	19	fem.	95-130	93-123	4550-6510	47-56	1120-1044
3	48	masc.	83-97	106-128	2955-4500	35-46	1470-1167
4	24	masc.	79-107	110-153	3654-6300	46-58	1332-1073
5	32	fem.	81-92	93-128	4572-5534	56-60	872-990
6	38	fem.	66-93	93-118	3450-5390	51-58	1290-1048
7a	44	fem.	86-111	103-148	4662-7958	54-71	1072-943
8	20	masc.	84-115	93-103	3730-5750	44-50	1096-750
9	32	masc.	94-103	120-167	4970-6069	53-59	945-1080
10	25	masc.	84-94	90-113	2409-3765	28-40	1656-1344
11	30	masc.	97-117	108-133	3862-4543	39-39	1160-1152
12	17	masc.	88-110	73-107	4412-5640	50-53	830-950
13	24	masc.	87-110	87-114	3025-5380	34-49	1220-900
14	24	masc.	73-85	97-112	3376-4916	46-58	1290-1022
15	25	masc.	94-107	85-105	4771-7714	51-72	843-660
16	34	fem.	87-105	103-123	3117-5797	36-55	1400-900
17	15	fem.	97-107	73-90	2172-4018	22-36	1938-1328
18	25	masc.	96-105	93-113	3061-5726	31-53	1332-977
19	40	fem.	86-115	82-103	3400-5400	40-52	1285-1016
20	35	fem.	79-105	110-140	3258-5348	41-50	1344-1042
21	37	fem.	94-115	85-90	5116-5814	55-67	700-730
22	40	masc.	83-99	105-129	3000-4510	36-46	1470-1150
23	36	masc.	66-89	93-120	3450-5400	52-60	1300-1050
24	46	fem.	100-114	110-136	6480-6984	64-61	837-958
25	52	masc.	74-88	120-157	4714-5314	64-61	1267-1320
PROMEDIO:	35 años		85-104	97-122	3730-5599	45-56	1216-1024
Δ	(%)		22 ± 1.8	27 ± 1.8	52 ± 6.0	25 ± 6.2	14 ± 2.4

Tabla Nº 1. — Grupo I, modificaciones inducidas por el Ejercicio Isométrico Sostenido - abreviaturas: C: Control; E: Ejercicio Isométrico Sostenido; F.C.: Frecuencia Cardíaca; T.A.M.: Tensión Arterial Media; I.C.: Índice Cardíaco; I.S.: Índice Sistólico; R.P.T.: Resistencia Periférica Total. Δ %: porcentaje de variación con respecto al control.

T A B L A II

Nº	EDAD	SEXO	F.C.	T.A.M.	I.C.	I.S.	R.P.T.
			C - E	C - E	C - E	C - E	C - E
1	41	fem.	80-117	97-167	5623-5662	65-51	1008-1600
2	50	masc.	67-93	80-167	2682-3489	32-37	1240-1352
3	47	masc.	80-108	110-167	2528-4114	32-38	1902-1772
4	45	fem.	60-71	80-98	3163-3706	52-52	1776-1425
5	48	masc.	90-100	110-130	2117-1588	23-16	2420-3850
6	54	masc.	107-111	106-143	5090-5748	38-42	1000-1200
7	48	masc.	73-91	93-105	3020-3500	42-38	1320-1250
8	44	masc.	83-97	110-130	3314-4408	32-36	1154-710
9	51	fem.	73-87	126-147	4434-5952	61-68	1320-1120
10	54	masc.	70-94	100-145	2900-2830	42-30	1430-2120
11	54	masc.	83-100	110-142	3090-2500	37-25	1595-2510
12	62	masc.	77-91	100-130	3864-3753	50-38	1180-1580
13	41	masc.	88-111	157-187	3651-2443	41-22	1634-2934
14	49	masc.	97-107	115-138	3878-3951	40-37	1367-1612
15	48	masc.	91-107	113-142	4550-3180	50-80	960-1720
16	57	masc.	91-111	113-157	4286-4896	47-44	1100-1137
17	50	masc.	62-86	97-133	3170-3420	51-40	1305-1656
18	51	masc.	70-98	110-137	2720-2166	38-21	1810-2807
19	52	masc.	115-136	95-142	4448-3900	38-28	960-1673
20	55	masc.	61-150	88-140	1948-1800	31-12	1860-3200
21	46	maso.	91-100	100-120	3606-4036	39-40	1148-1229
22	57	masc.	47-86	120-157	2227-4318	47-50	1950-1580
23	38	fem.	76-85	58-95	3854-4239	52-50	715-1904
24	46	masc.	59-70	107-127	2600-2800	44-40	1520-1650
25	65	fem.	52-71	77-108	3075-3175	54-45	1010-1352
PROMEDIO: 52			78-99	103-138	3433-3663	43-38	1388-1818
(%)			20 ± 7.6	32 ± 3.8	7.5	12.3 ± 3.4	31 ± 7.8

Tabla Nº 2. — Grupo II, modificaciones inducidas por el Ejercicio Isométrico Sostenido.
Abreviaturas: ver las mismas en la Tabla Nº 1.

Frecuencia cardíaca:

78 y 79 latidos por minuto; aumento promedio: $20 \pm 7.6 \%$.

Aumentó en todos los pacientes, tanto normales como patológicos.

Tensión arterial media:

Los valores promedio en reposo y durante la prueba para el grupo I fueron de 85 y 104 latidos por minuto, lo que significa un aumento promedio de $22 \pm 1.8 \%$. Para el grupo de enfermos coronarios los valores promedios fueron

La TAM también aumentó en todos los sujetos estudiados. Los valores basales medios fueron de 97 y 103 mmHg. para los normales y los coronarios, respectivamente; al 3' de la prueba de 122 y

138 mmHg. El aumento promedio fue de 27 ± 1.8 para el GI y de 32 ± 3.8 % para el GII.

Indice sistólico:

Aumentó en 21 de los 25 sujetos normales, no se modificó en 2 y disminuyó en otros 2. El valor basal medio fue de 45 ml/m^2 y al 3' de la prueba de 56 ml/m^2 resultando un incremento del 25 ± 6.2 %.

De los 25 enfermos coronarios, sólo aumentó en 6, no se modificó en 3 y cayó en los restantes 16 sujetos. Partiendo de un valor basal medio de 42 ml/m^2 , cayó a 35 ml/m^2 resultando un descenso promedio de 12.3 ± 3.4 %.

Indice cardíaco:

El índice cardíaco aumentó en todos los sujetos normales. El valor medio en

reposo fue de 3.730 ml/m^2 y con el ejercicio de 5.599 ml/m^2 . Lo cual significó un aumento promedio del 52 ± 6 %.

En el grupo de coronarios aumentó en 13, no se modificó en 4 y cayó en 8 sujetos, siendo los valores antes y durante la prueba de 3.433 ml/m^2 y 3.663 ml/m^2 respectivamente. El aumento promedio fue del 7,5 %.

Resistencia periférica total:

La resistencia periférica total aumentó en sólo 4 sujetos de los 25 normales, no se modificó en 1 y disminuyó en los restantes.

Partiendo de un valor promedio en reposo de $1.216 \text{ dinas/seg/cm}^5$, con un promedio de descenso de 14 ± 2.4 %.

En 3 sujetos en los cuales la RPT aumentó, partieron de valores basales inferiores a 1.000 dinas.

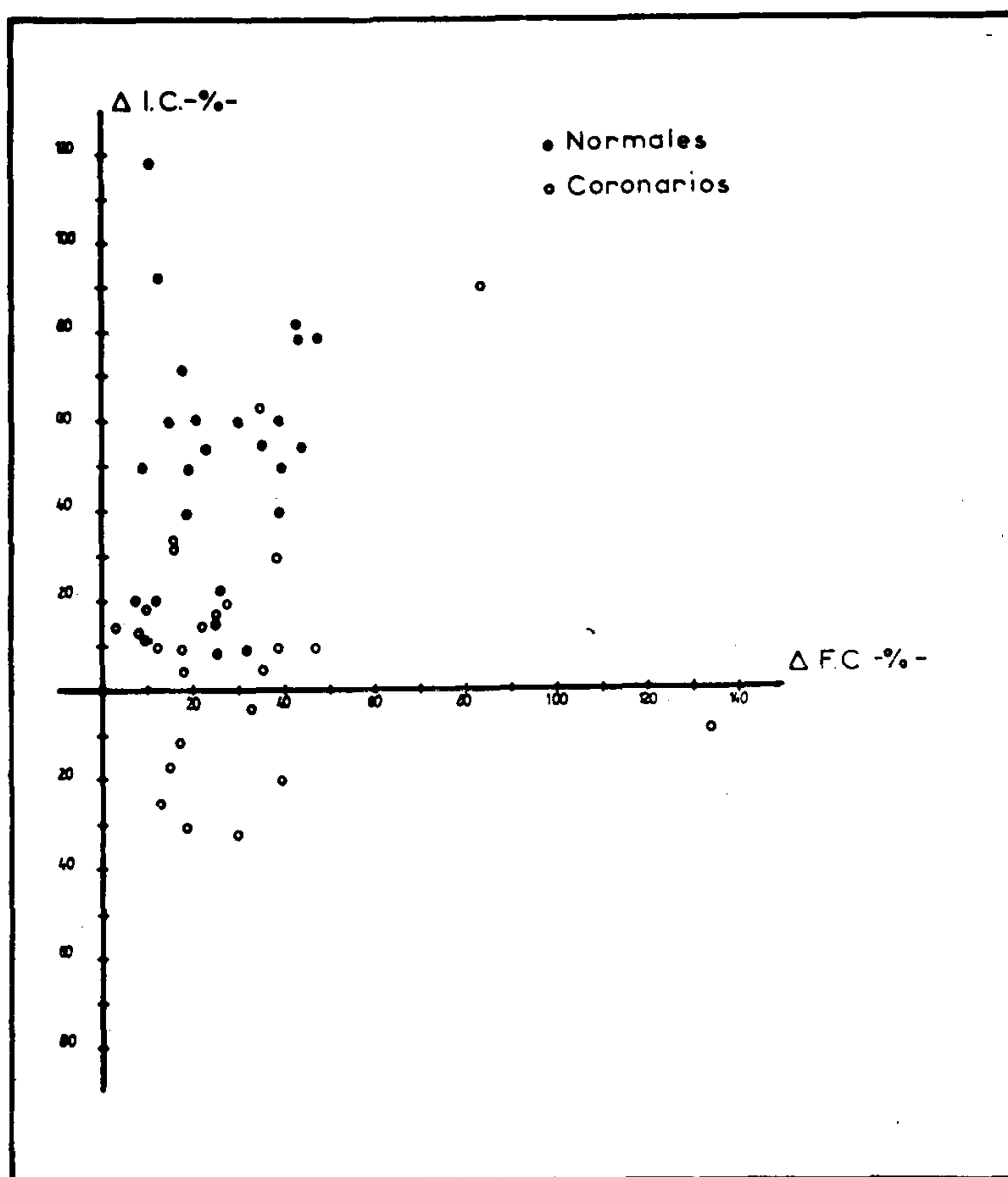


Fig. 2. — Correlación de las variaciones - porcentuales - en ambos Grupos I y II, entre I.C. y F.C. No se encuentra correlación. Discusión en el texto.

En los pacientes GII, la R.P.T., aumentó en 16, cayó en 6. y no sufrió cambios en 3. El valor basal de este grupo fue de 1.288 dinas/seg/cm⁻⁵ y llegó durante la prueba a 1.818 dinas/seg/cm⁻⁵.

El aumento promedio fue del $21 \pm 7.8\%$.

Indice cardíaco vs. Frecuencia cardíaca:

No se encontró correlación entre las variaciones del I.C. y de la F.C. en ambos grupos. (Fig. N° 2).

Indice sistólico vs. Indice cardíaco:

Existió una correlación positiva entre las modificaciones del I.S. e I.C. con una $r = 0.87$ y una $p < 0.05$ para el grupo

de normales y $r = 0.586$ y $p = < 0.05$ para el coronario. (Fig. N° 3).

Indice sistólico vs. Resistencia Periférica total:

Se encontró buena correlación negativa entre variaciones del I.S. y de la R.P.T. en ambos grupos. $r = -0.676$ y $p < 0.05$ para los normales y $r = -0.822$ y $p = < 0.05$ para los coronarios. (Fig. N° 4).

Comparación entre normales y coronarios:

Comparando distintos ítems para ambos grupos no se observaron diferencias significativas en sus respuestas durante

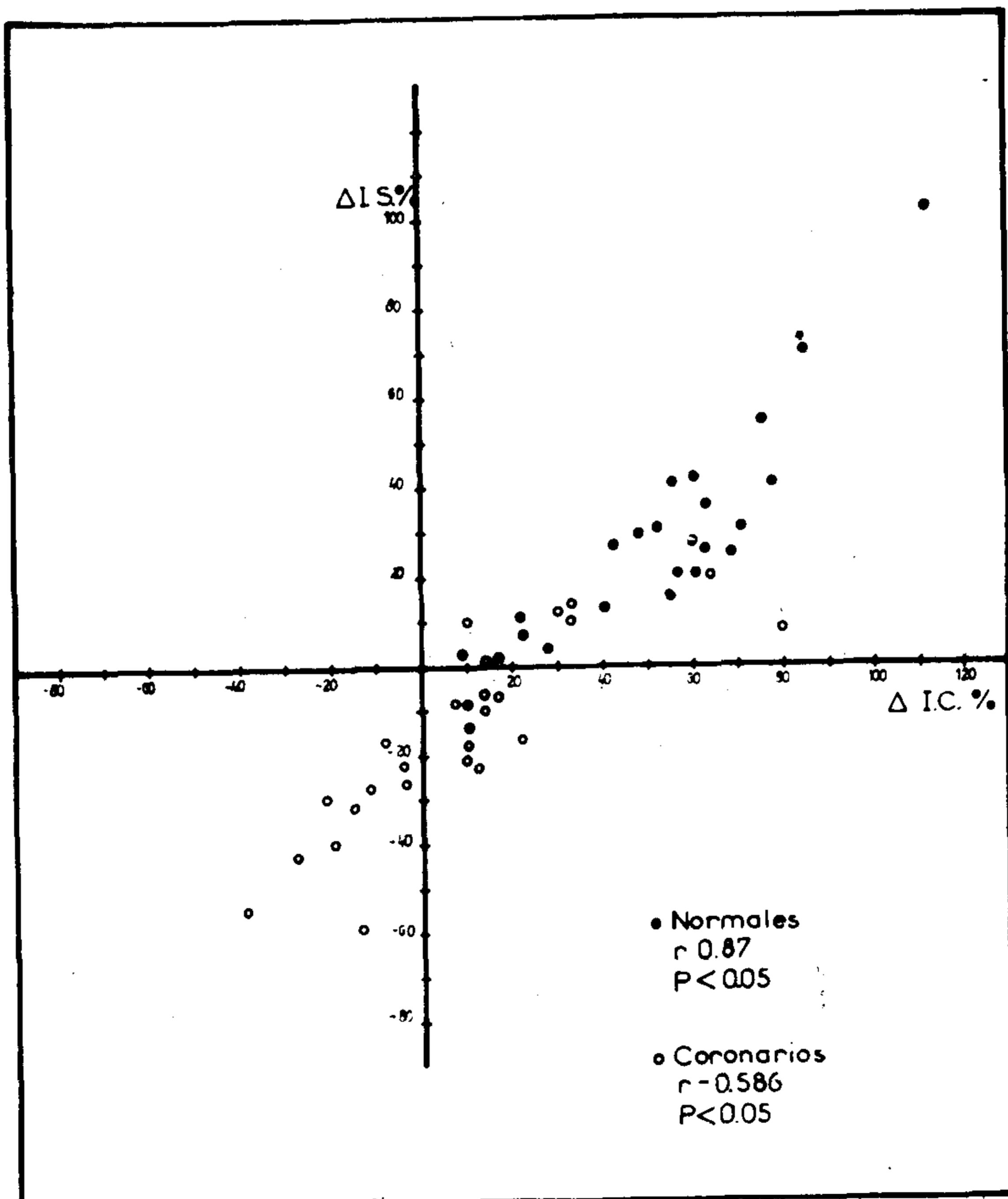


Fig. 3. — Correlación de las variaciones porcentuales, entre I.S. e I.C. en ambos Grupos I y II. Para ambos casos existió una correlación positiva y significativa. Discusión en el texto.

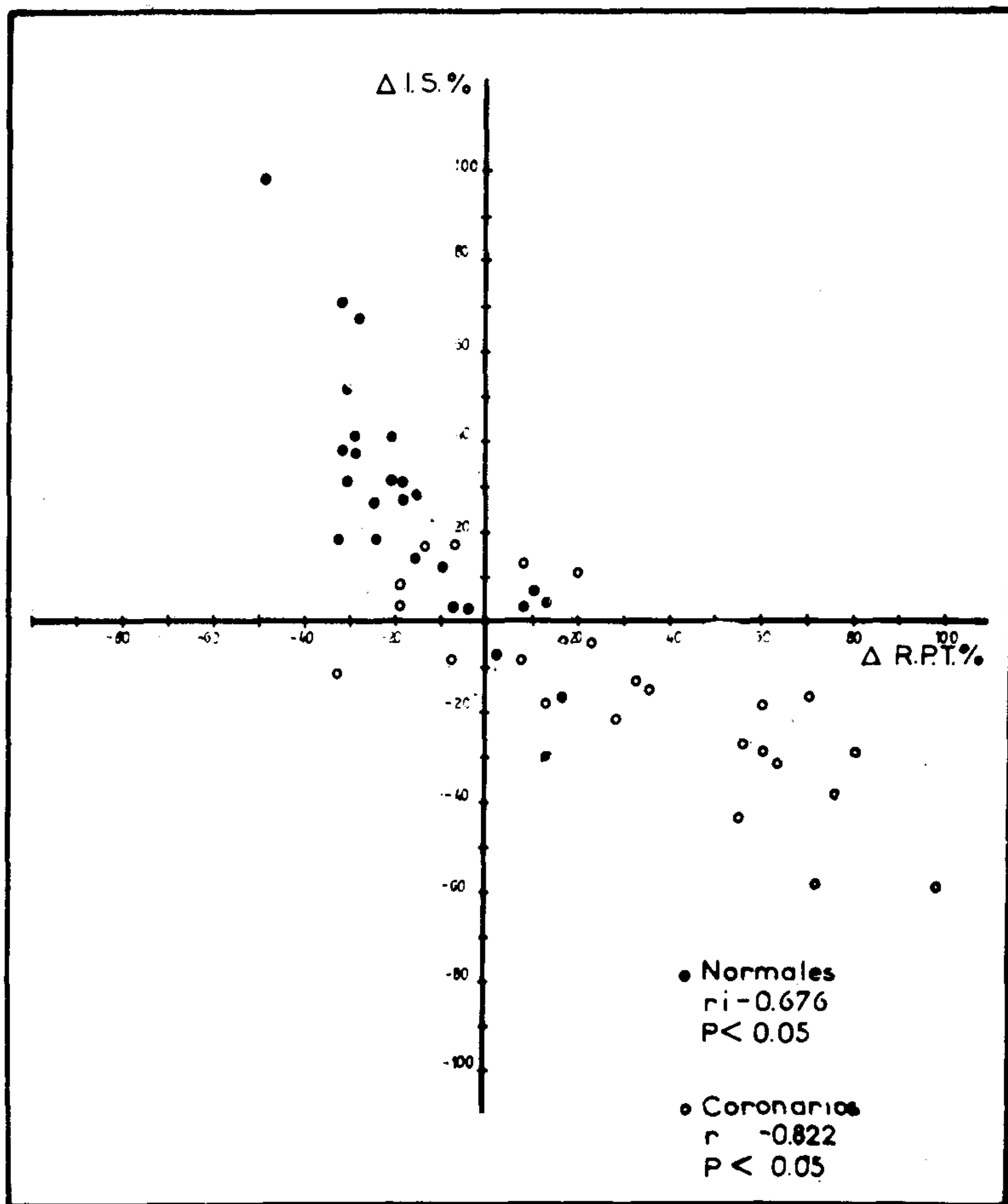


Fig. 4. — Correlación de las variaciones porcentuales entre el I.S. y R.P.T. en ambos Grupos I y II. Para ambos casos la correlación fue significativa. Discusión en el texto.

el test en la F.C. y la T.A.M. (fig. N° 5). $p > 0.05$. Por el contrario se encontró diferencia significativa en las disminuciones del I.C.; I.S.; y R.T.P. ($p < 0.01$). (Fig. N° 6.

DISCUSION

En la literatura existe acuerdo acerca del comportamiento de la T.A. y de la F.C. durante el ejercicio isométrico sostenido (1-13). Estas se elevan en forma semejante para el grupo I y el II. Lo mismo ocurre con el I.C. para el GI, el cual aumenta en forma significativa durante la prueba. Por el contrario, diferentes grupos de trabajo han comunicado distintos comportamiento del I.S. en

el GI. Así, Nutter y col. (6), Helfant y col. (8), Mac Donall y col. (11), Lind y col. (9), Stefadouras y col. (12), y Quinones y col. (13) informan sobre modificaciones variables de éste, lo cual lleva a que sus promedios no muestren diferencias significativas. Lo mismo encuentran Amende y Krayenbuhl (3), aunque en este caso debemos señalar que incluyen en el grupo considerado como normal o función ventricular normal a sujetos con diferentes cardiopatías. Por su parte Saltz, Grossman y col. (5) comunican en el grupo normal un aumento del I.S., tal cual lo hemos encontrado nosotros.

Más acuerdo existen en el comportamiento del I.S. en los pacientes portadores de cardiopatía coronaria. Así se

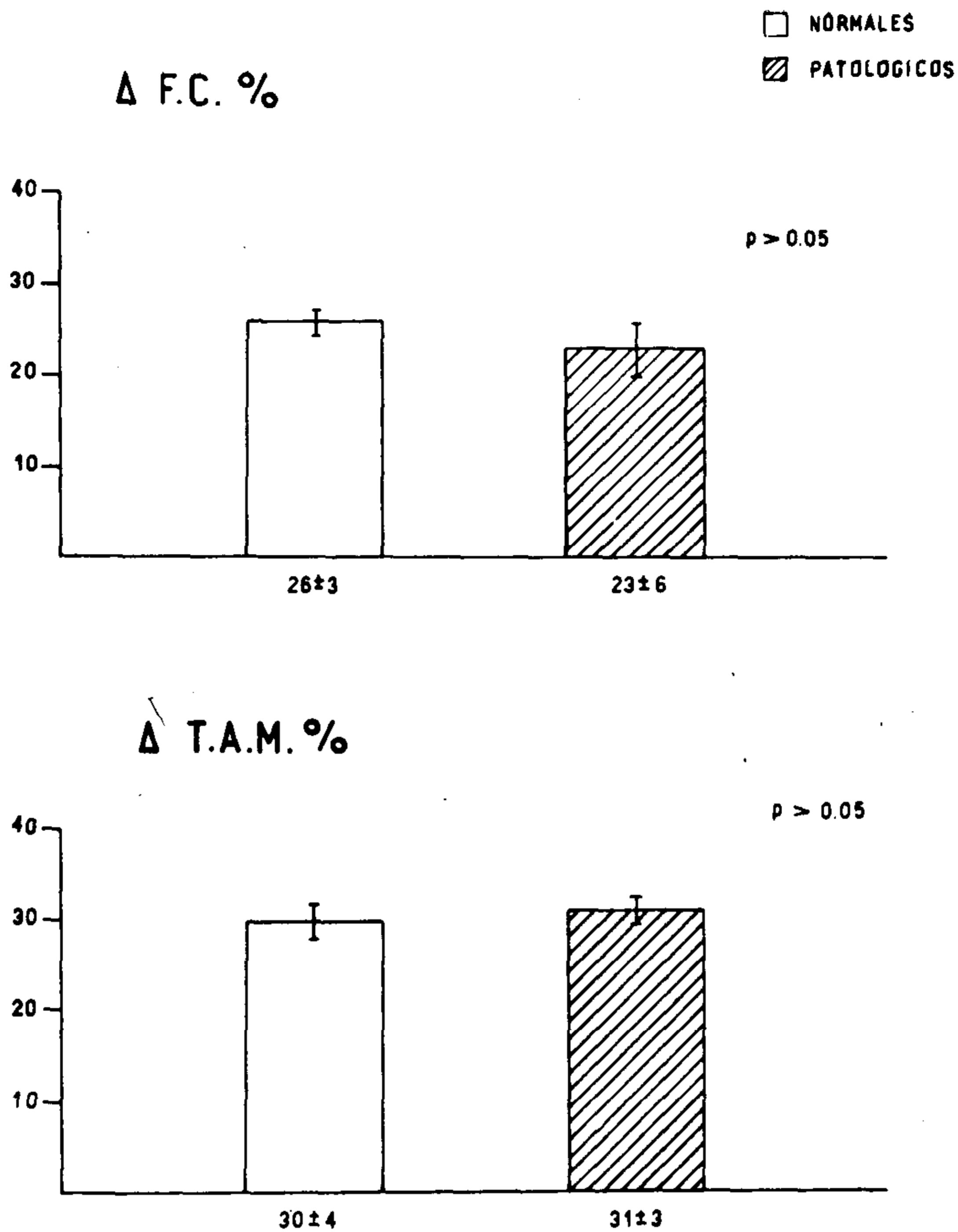


Fig. 5. — Comparación entre el Grupo I y II, de las variaciones porcentuales de la F.C. y de la T.A.M. No existen diferencias significativas en el comportamiento de ambos grupos. Discusión en el texto.

describe una caída de éste, durante la puñotensión la cual en nuestro grupo —GII— fue de $-12.3 \pm 3.4\%$. Este diferente comportamiento del I.S., explica la respuesta del I.C., el cual aumentó en nuestros casos en un $52 \pm 6.0\%$ en el GI, mientras que apenas se modifica en el GII en un $7,5\%$.

Tratando de determinar algo mejor esta respuesta hemodinámica producida por el E.I.S. relacionamos —en forma porcentual— las modificaciones del I.C. y de la F.C. no encontrándose relación aceptable (fig. N° 2). Por el contrario relacionando aumento del I.C. y del I.S. se obtiene una buena correlación. (Fig. N° 3). Estos resultados indican que en los normales, por nosotros estudiados, tanto para el GI y GII, las modificacio-

nes del I.C. fueron manejados principalmente por el comportamiento del I.S.

Como ya se ha señalado la TAM se eleva en forma semejante en ambos grupos aunque difiere el mecanismo por el cual lo hacen. En esta elevación tensional, como ya lo señalara Fisher y col. (4), juegan en forma variable las modificaciones del I.C. y de las RPT. El grupo normal lo consigue por un incremento del IC, mientras que la RPT tiende a disminuir (10). Por el contrario, en el grupo coronario la elevación tensional de la TAM se efectúa a través de un significativo aumento de la RPT. El sistema cardiovascular responde al EIS buscando un ascenso de la TAM, cuando puede lo hace aumentando el IC, aumento éste que neutraliza el descenso

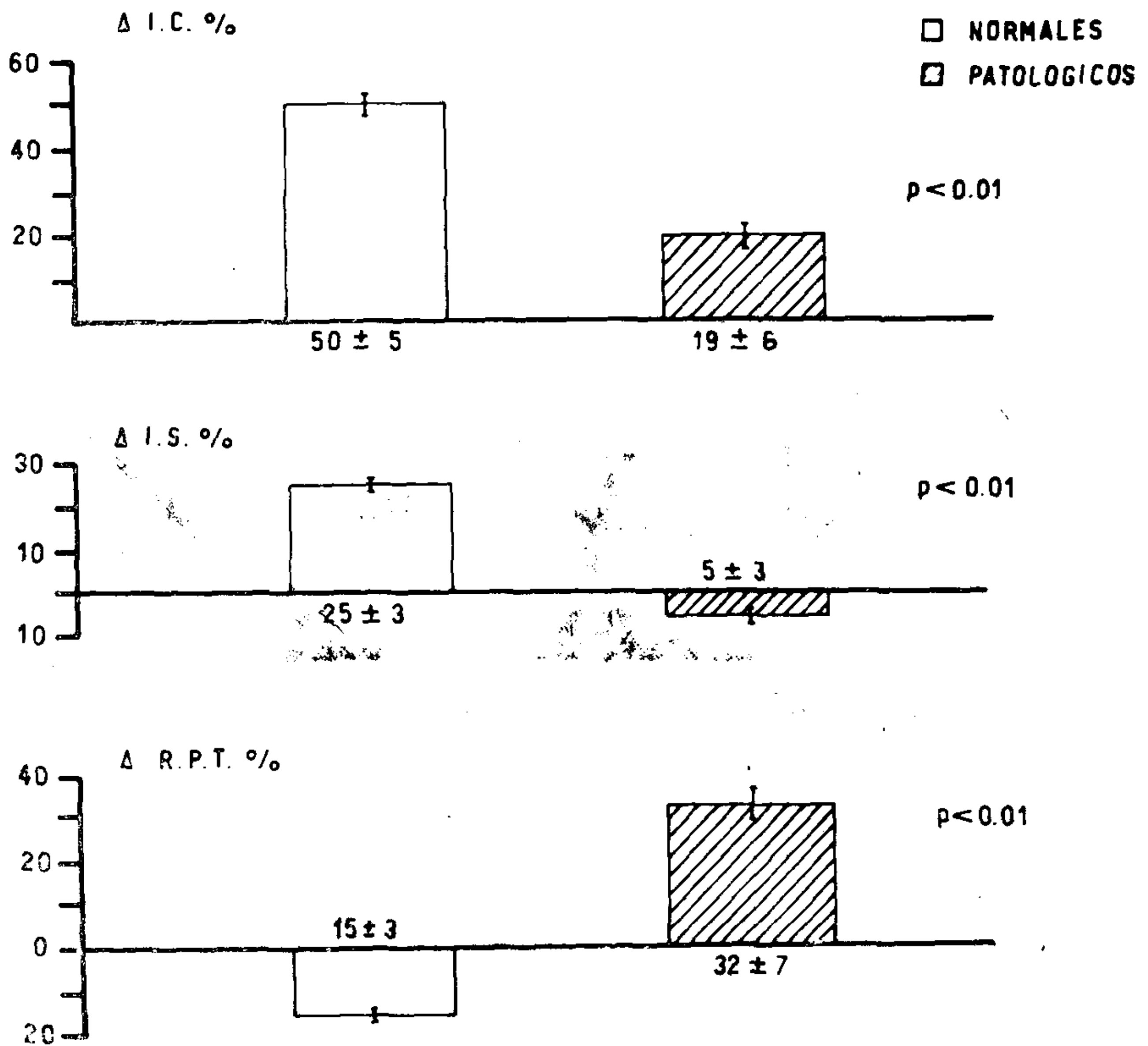


Fig. 6. — Comparación entre Grupo I y II, de las variaciones porcentuales del I.C., I.S. y la R.P.T. Se encontró diferencias significativas en el comportamiento de las 3 variables citadas. Discusión en el texto.

de la RPT. En cambio cuando el sujeto en estudio, es incapaz de aumentar el IC busca la hipertensión elevando las cifras de RPT.

Como conclusión vemos que tal como ya lo señaláramos, la TAM y la FC fueron incapaces de separar el GI del GII, mientras que los restantes parámetros hemodinámicos estudiados, el IC, IS y la RPT sí lo hicieron.

Estos hallazgos nos indicarían que en el grupo coronario existirá un deterioro de la función ventricular izquierda, que si bien puede no manifestarse en condiciones basales, la prueba de sobrecarga hemodinámica que constituye la puñotensión, le pone en evidencia.

SUMMARY:

Sustained Isometric Exercise (Hand-grip) in Normal Subjects and patients with Coronary Heart Disease.

Twenty five normal subjects and 25 patients with coronary heart disease were studied. A three minute Hand-grip test was performed in every cases under 30 % performance of Maximal Voluntary Force. Heart rate, mean arterial pressure, cardiac index, stroke index and total peripheral resistance were measured. Measurement were done by means of Radiocardiography —the tracer (RISHA)— being injected into the superior venae cava or right atrium.

Results:

Normals:

Heart rate: from 85 to 104 beats/mn. Mean arterial pressure: from 97 to 122 mmHg; Cardiac Index: from 3.730 to 5.599 ml/m²; Stroke index: from 45 to 56 ml/m² and total peripheral resistance: from 1.216 to 1.024 dyn/sec/cm⁻⁵.

CORONARY PATIENTS:

Heart rate: from 78 to 99 beats/min.; Mean arterial pressure: from 103 to 138 mmHg. Cardiac index: from 3.433 to 3.663 ml/m²;

Stroke index: from 43 to 38 ml/m², and total peripheral resistance: from 1.388 to 1.818 dyn/sec/cm⁻⁵.

Heart rate and arterial pressure changes did not allow us to distinguish between normals and coronary patients; where as cardiac index; Stroke index and total peripheral resistance were able to separate both groups. We found moreover a relationship between cardiac index and total peripheral resistance changes.

In Normal Subjects increases of cardiac index went along with decreases of total peripheral resistance. On the other hand, Coronary Patients who were unable to increase cardiac index showed the hypertensive effect by increasing peripheral resistance.

This findings would mean that there is a dysfunction of left ventricular function, in the Coronary Group, wich, not always evident under control conditions, may be raised, by the hand-grip test, as a clear-cut distinction between that group and normal group individuals.

BIBLIOGRAFIA

1. Linhard, J.: Untersuchungen über statische muskularbeit. Skand. Arch Physiol. 40 - 41: 145; 1920.
2. Asmussen, E.; Hansen, E.: Über den Einfluss Statistischer Muskularbeit auf Atmung und Kreislauf. Skand. Arch. Physiol. 78: 283; 1938.
3. Amende, I.; Krayenhuehl, H. P.; Rutishauser, W. and Wirz, P.: Left ventricular dynamics during hand-grip. Brit. Heart Journal 34: 688; 1972.
4. Fischer, M.; Nutter, D.; Schant, R.: Hemodynamics evaluation of isometric exercise testing in cardiac patients. (Abstract. Circulation 43 y 44 (suppl. II): II - 50; 1971.
5. Saltz, S.; Grossman, W.; Segal, H.; Dalen, J.; Dexter, L.: Left ventricular function: Response to sustained isometric hand-grip (Abstract). Circulation 43 y 44 (suppl. II): II - 34; 1971.
6. Nutter, D.; Schlant, R.; Willis Hurst, J.: Ejercicio Isométrico y el Sistema Cardiovascular. Conceptos Modernos sobre Enfermedades Cardiovasculares. Vol. 41, marzo, 1972.
7. Lind, A.: Cardiovascular responses to Static Exercise (Isometrics, Anyone) - Editorial - Circulation 41: 173; 1970.
8. Helfant, R. H.; de Villa MA; Meister, SS. G.: Effect of sustained isometric hand-grip exercise en left ventricular performance. Circulation 44: 982; 1971.
9. Lind, A.; Mc Nicol, G. W.: Circulatory responses to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static. J. Physiol (London). 192: 595; 1967.
10. Kivowitz, C.; Parmley W. W.; Donoso, R.; Marcus, H.; Ganz, W.; Swan, H. J. C.: Effects of isometric exercise en cardiac performance: The Grip Test. Circulation 44: 994; 1971.
11. Mac Donald, H. R.; Sapru, R. P.; Taylor, S. H.; Donald, K. W.: Effect of intravenous propranolol (Inderal) en the systemic response to sustained hand-grip. Amer. J. Cardiol. 18: 333; 1966.
12. Stefadouras, M.; Grossman, M.; El Shahaway, M.; Withan, A.: The effect of Isometric Exercise on the Left Ventricular Volume in Normal Man. Circulation vol. 49: 1185; 1974.
13. Quinones, M.; Gaash, W.; Waiser, E.; Thiel H.; Alexander, J.: An analisis of the left ventricular response to isometric exercise. Amer. Heart Journal - vol. 88: 29; 1974.