

# Estudio de los períodos sistólicos durante el ejercicio isotónicos en normales.

## Metodología y hallazgos

Dres.: CAIAFA, P.; AGINSKY, R.; PELLEGRINO, D.; LORENZ, B.; DE CABO, A.; PEREZ BALIÑO, N.; OTERO, E.

### RESUMEN

Se estudiaron 25 individuos normales, durante el ejercicio isotónico en cicloergómetro, sometidos a cargas progresivas e ininterrumpidamente hasta finalizar la prueba. Durante la misma, se obtuvieron los registros de electrocardiograma, ruidos cardíacos y pulso carotídeo, realizándose la medición de la sístole electromecánica total (Q-Ao), período eyectivo (PE), período de preeyección (PPE) y cociente sistólico de Blimberger (CS).

La sístole total (Q-Ao) muestra variaciones dentro de los valores normales teóricos durante toda la prueba. Se observó que el PE y el CS se alargó en forma inmediata y significativa. El PPE se acortó progresivamente desde el comienzo de la prueba.

El comportamiento uniforme de los parámetros estudiados, así como la simplicidad del método y su fácil repetibilidad, hacen aconsejable su utilización rutinaria en la valoración de la capacidad funcional cardíaca en las distintas cardiopatías.

### INTRODUCCION

Ante la necesidad del desarrollo de nuevas técnicas incruentas de valoración del estado funcional cardiovascular se han incrementado, en los últimos años, los conocimientos sobre los intervalos sistólicos. Este método, por lo fácilmente realizable y repetible, permite el examen del enfermo en las distintas situaciones fisiopatológicas. Para determinar los intervalos se requiere el registro simultáneo de una derivación electrocardiográfica, de los ruidos cardíacos y del carotidograma. Se los denomina sístole electrodinámica total (QAo), sístole mecánica (1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>), período de eyección (PEy) y período de preeyección (PPy); en este último se reconocen la fase de latencia electropresora (Q-1<sup>o</sup>)

y fase isovolumétrica sistólica (1<sup>o</sup>-E). A través de las correlaciones halladas con los distintos parámetros clínicos y hemodinámicos, y bajo variadas condiciones de investigación, se ha llegado a establecer la importancia de cada uno de ellos en relación con las distintas modificaciones de la función cardíaca.

Normalmente, los períodos sistólicos se modifican por variación de la frecuencia cardíaca; QAo, PEy y PPEy, se acortan cuando la frecuencia aumenta; el PPEy tendría dependencia con el estado vagal, pues bajo efecto de atropina 1) o marcapasos auricular, no se acorta con el incremento de la frecuencia cardíaca. El Q1<sup>o</sup> ruido, no sufre modificaciones, salvo cuando aparecen trastornos de conducción de rama derecha, o, como hemos observado, (2) bajo acción de inotrópicos taquicardizantes (Isoproterenol), en que dicho período se acorta cuando se alcanzan altas frecuencias. También debe tenerse en cuenta el factor error de medición, pues al aumentar el inotropismo, ciertas vibraciones de baja frecuencia que preceden al primer ruido adquieren importancia introduciendo un error de estimación. Con respecto al 1<sup>o</sup>E), dada su escasa duración y la dificultad de determinar el comienzo real del 1<sup>o</sup>ruido, es conveniente realizar la medición del (PPEy), a través del cual estaremos valorando la fase isovolumétrica sistólica.

Se han establecido ecuaciones de corrección a la frecuencia cardíaca para PEy y QAo (3); (tabla I); algunos autores (1) también lo han hecho pa-

Pabellón de Cardiología "Leonardo Alonso". Hospital Base "Pedro Fiorito", Belgrano 650, Avellaneda, Pcia. de Bs. As.

Presentado en la Sociedad de Cardiología Argentina el 24 de octubre de 1974.

ra el PPEy; si bien éste muestra una relación inversa con la frecuencia cardíaca "individualmente", desde el punto de vista estadístico es inaceptable dicha corrección, por presentar

sistólico (VS), sin modificación del QAO. En el infarto de miocardio, sucede lo inverso, fundamentalmente por disminución de la velocidad de acortamiento ventricular además de

TABLA I

PEy	Acostados:	$y = 423,69 + (-1,79) \cdot X$	$r = -0,94$
	Sentados:	$y = 387,99 + (-1,58) \cdot X$	$r = -0,76$
QAc	Acostados:	$y = 524,7 + (-1,87) \cdot X$	$r = -0,91$
	Sentados:	$y = 500,9 + (-1,6) \cdot X$	$r = -0,73$

una correlación muy baja y un desvío standard típico de los valores normales también amplio. Por estas razones, se debe estudiar dicho período, midiendo las variaciones absolutas con respecto al valor control.

El (1º-2º) ruido no es conveniente determinarlo, por las mismas razones expuestas anteriormente, con respecto al 1º ruido.

El aumento del llenado ventricular izquierdo, provoca (en normales) un acortamiento del PPEy y alargamiento del PEy por aumento del volumen

la disminución del VS. (3). En enfermos cardiovertidos por fibrilación auricular, hemos observado la importancia de la bomba auricular al aumentar el llenado ventricular izquierdo (VI) y presión de fin de diástole VI, con consecuente aumento progresivo del PEy por aumento del VS y acortamiento de PPEy (4).

El incremento de la post-carga, por aumento de la tensión arterial, provoca un alargamiento del PPEy, PEy y QAO; dicho efecto sobre el PPEy es impedido por bloqueo vagal, lo

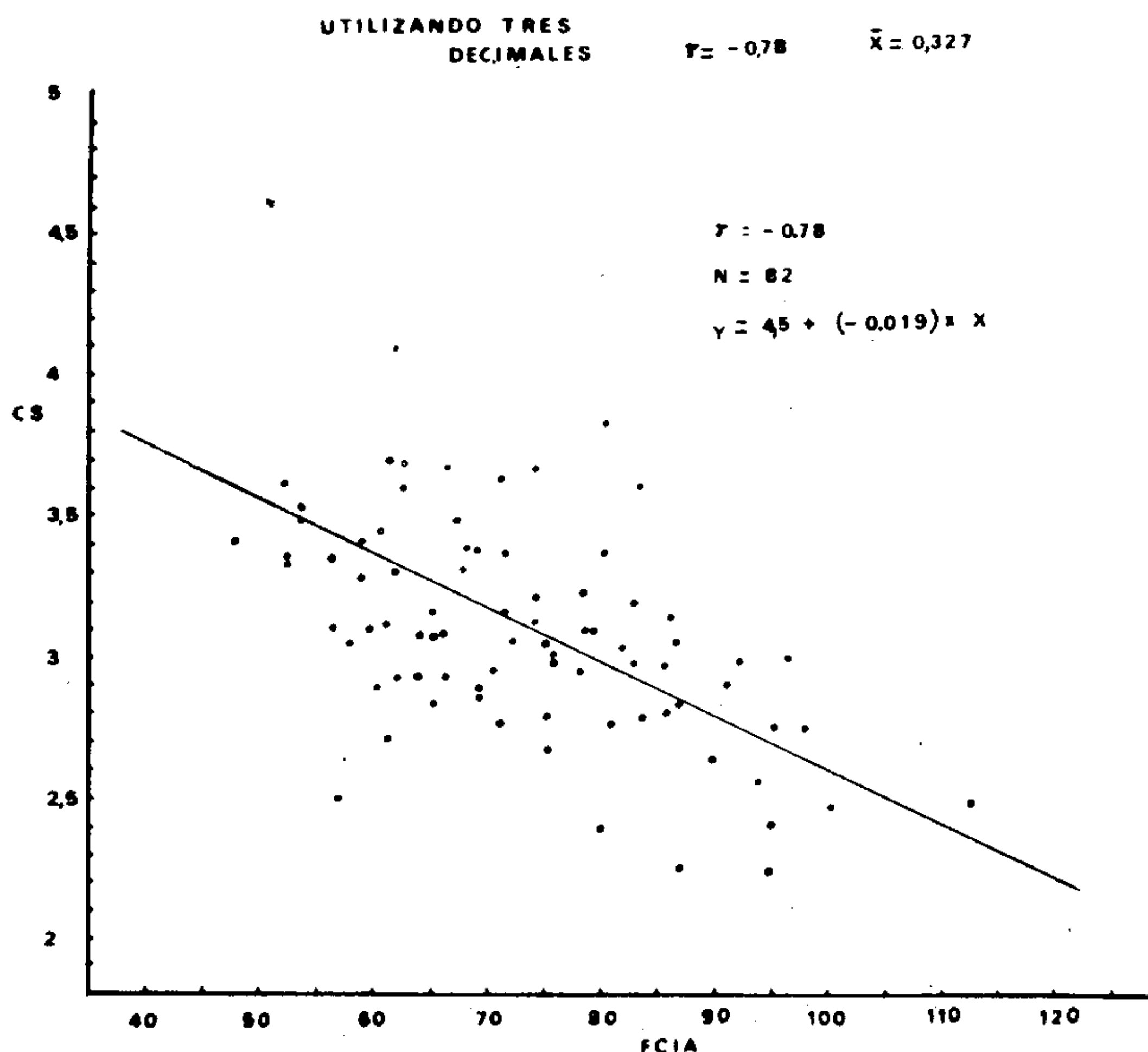


FIG. Nº 1

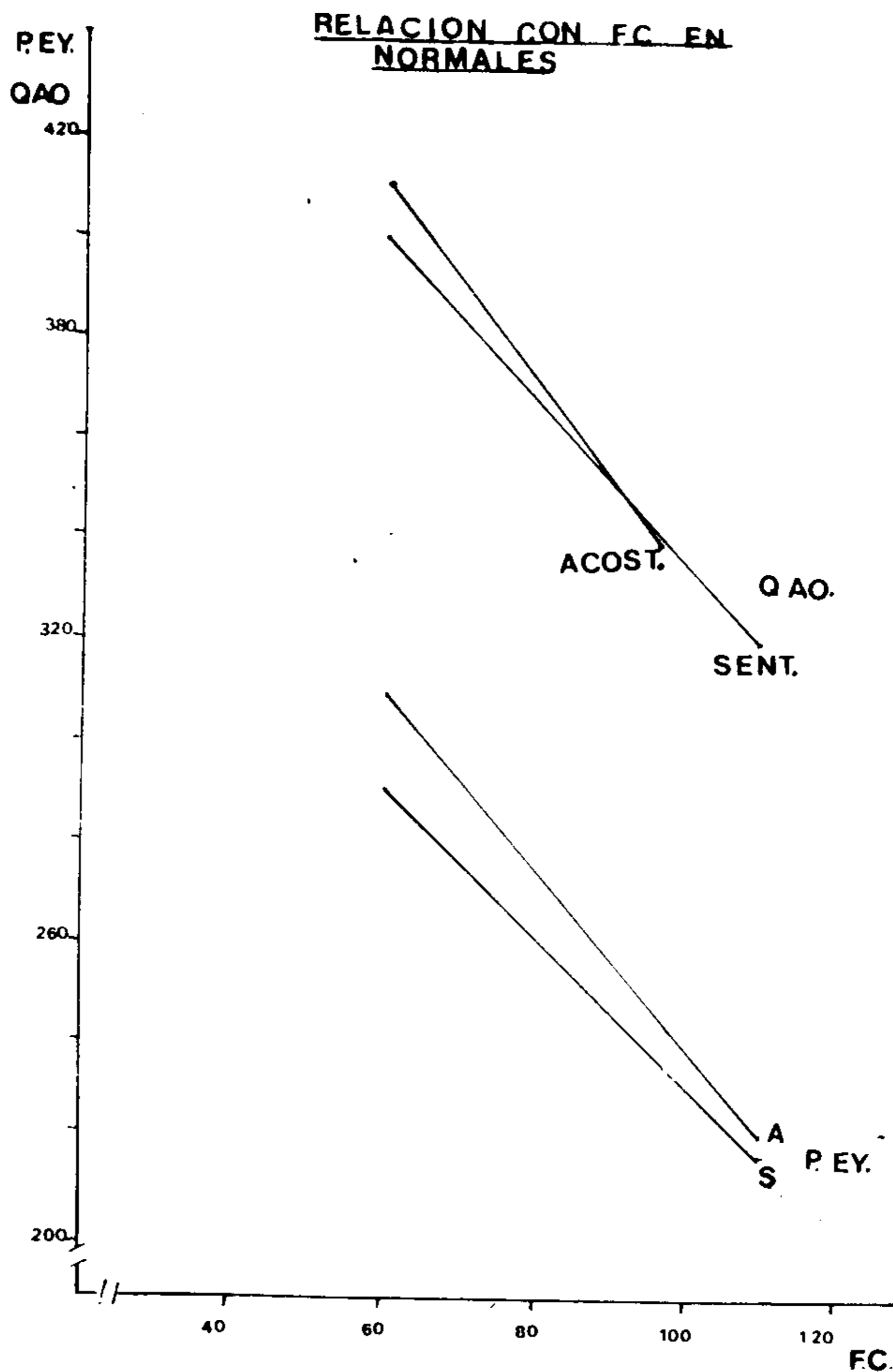


FIG. Nº 2

que explica la importancia de la estimulación vagal a través de los barorreceptores (1).

La contractibilidad es aumentada por Digital, Isoproterenol, etc., que acortan el PEy, PPEy y QAo. Hemos observado en algunos normales bajo Isoproterenol (2), a dosis altas, que un incremento de la tensión arterial media provocaba un acortamiento del PPEy con alargamiento del PEy. Los bloqueantes beta-adrenérgicos tienen acción opuesta.

El Cociente Sistólico de Blumberger ( $CS = PEy/PPEy$ ), ha sido utilizado como índice de suficiencia miocárdica: su aumento indica mejoría, y su disminución lo inverso. Nuestros valores normales sentados varían de 1.8 a 3.53 con valor medio  $X = 2.4$ ;  $ES = 0.06$ . Dicho CS tiene buena rela-

ción con la fracción de eyección (5). En general se acepta su independencia de la frecuencia cardíaca; nuestros estudios en normales indican lo opuesto (Fig. 1), siendo lógico suponerlo, pues tanto el PPEy como el PEy se modifican con la frecuencia cardíaca, excepto con bloqueo vagal o aurículoventricular. La correlación con la frecuencia cardíaca es  $r = -0.78$ , tanto para el CS como para su inversa (índice sistólico de la mayoría de los autores =  $PPEy/PEy$ ) "siempre que se determine con tres decimales".  $X CS = 3.10$ ;  $Ind. S = 0.327$  (acostados). Como existe un desvío standard importante, es difícil determinar si un valor aislado cualquiera se encuentra alargada o no, salvo que tenga valores extremos.

Todo lo expresado anteriormente, nos alienta en la investigación de los

períodos sistólicos bajo tests ergométricos en cicloergómetros, a fin de establecer los parámetros normales que nos permitan interpretar posteriormente los hallazgos en las distintas cardiopatías.

Varios autores han estudiado los períodos sistólicos en tests ergométricos dinámicos (5, 6, 7, 9), pero fueron realizados en bandas deslizantes unos, en cicloergómetros otros, realizándose las mediciones en la mayoría de ellos en el post-esfuerzo inmediato, y a veces cambiando el decúbito, lo que los hace no comparables entre sí. Spodick (6) manifiesta no hallar diferencias entre el test de normales sentados y acostados, en lo que se refiere al VS, a pesar de existir un mayor incremento de la frecuencia cardíaca en la posición de sentados. El PPEy se acorta más sentado.

La Dra. Carzuela y col. (8) mide el PPEy y el consumo de O<sub>2</sub> en ciclistas entrenados, durante el esfuerzo y en cicloergómetro. Interpreta la modificación del PPEy como variación del VS en igual sentido y sostiene que hasta los 124 latidos por minuto el aumento del gasto cardíaco se haría por aumento del VS y frecuencia cardíaca. De allí en más el aumento sería sólo a base de esta última.

Winters (9) resalta la diferencia de respuesta al test en individuos con distintos grados de entrenamiento, factor a tener en cuenta en la valoración funcional.

#### METODOLOGIA

##### a) Del test Ergométrico:

Se estudiaron 25 individuos normales, de acuerdo a los antecedentes, examen clínico, Rx y ECG, con

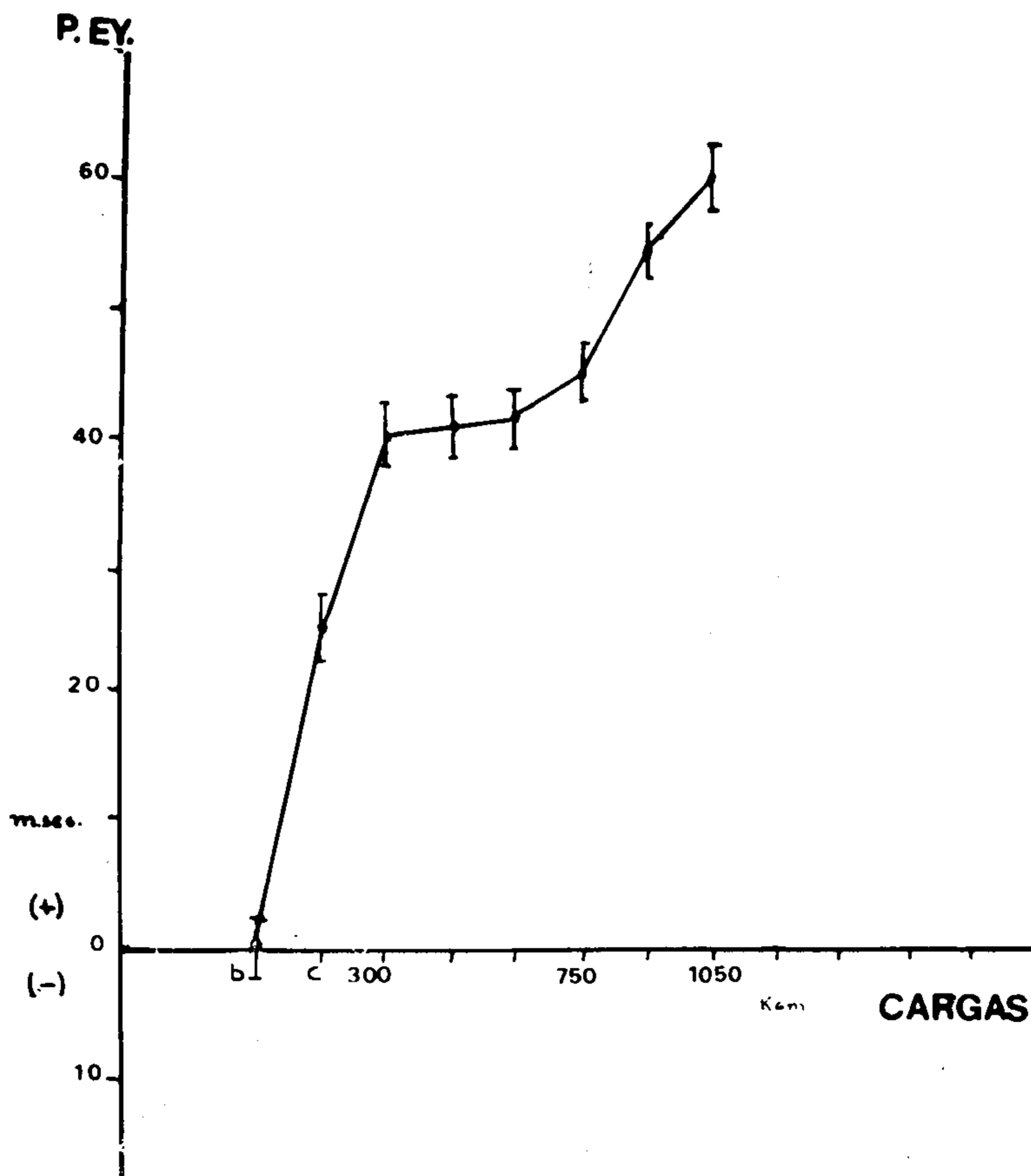


FIG. Nº 3



## NORMALES PPE

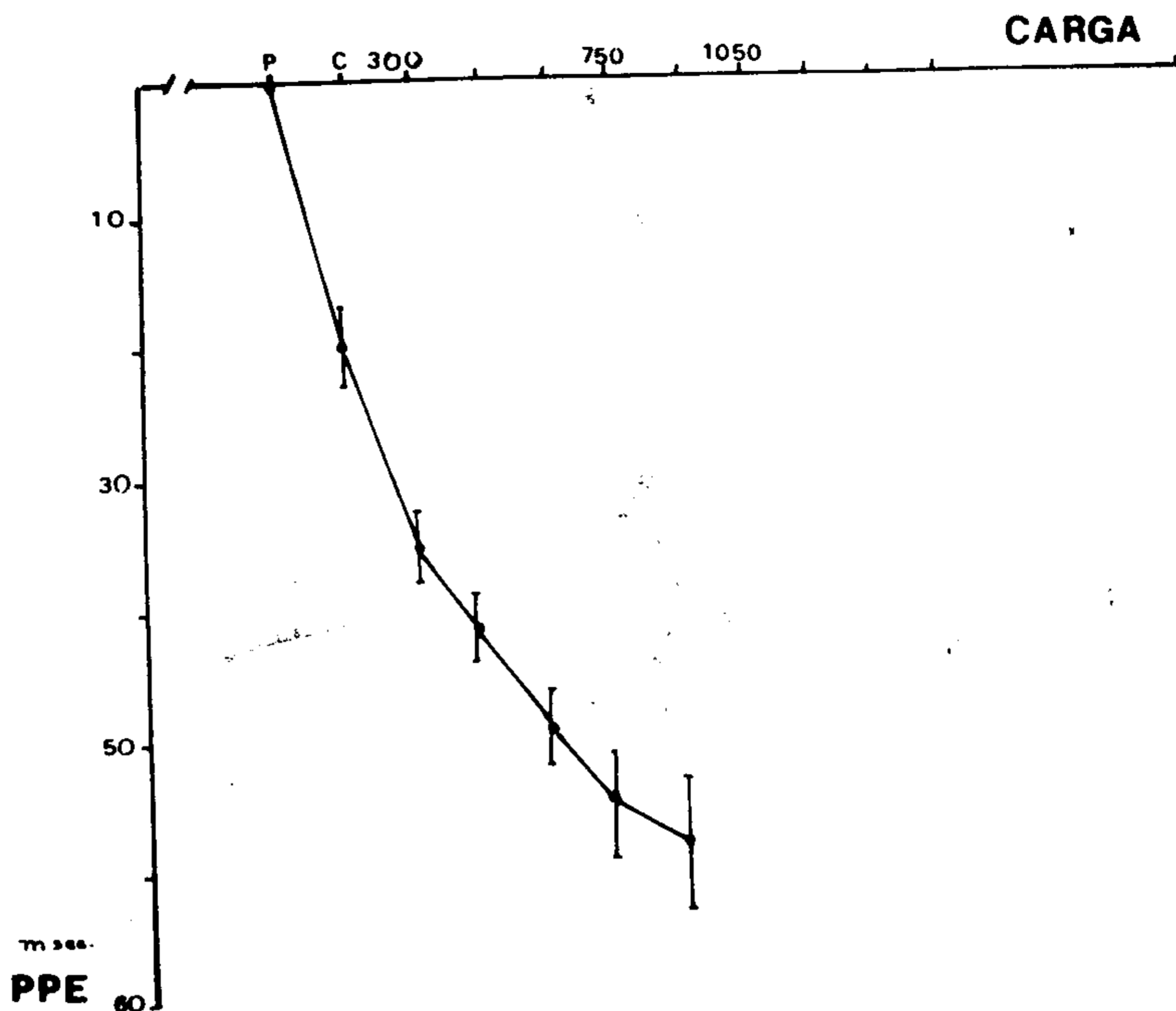


FIG. Nº 4

años ( $x=40.3$ ). Todos presentaban hábitos físicos intermedios, no existiendo entre ellos ningún entrenado o sedentario. Los estudios fueron realizados entre las 9 y 12 horas sin comidas copiosas ni medicación. Fueron sometidos a tests ergométricos graduados y continuos, en cicloergómetro electromecánico Tecno Medical, con cargas sucesivas de 150 Kgm, partiendo de 0 Kgm y 300 Kgm. Cada etapa se la consideró concluida al alcanzar la fase estable (diferencia no mayor de 3, 4 latidos por minuto, sin variaciones de la tensión arterial); en ningún caso fue menor de tres minutos por etapa. La prueba se prolongó hasta llegar al agotamiento, alcanzando en todos los casos una frecuencia superior al 85 % del valor máximo teórico, según las tablas de Robinson. Se registraron derivaciones bipolares, investigando cara anterior, anterolateral y diafragmática.

b) Del estudio fonomecanocardiográfico:

Se realizaron registros simultáneos de: electrocardiograma, utilizando la misma derivación del test ergométrico; ruidos cardíacos a 100 cps, Hewlet Packard, fijado por banda elástica en 4° ó 5° espacio intercostal, colocando micrófono de contacto entre la línea hemiclavicular izquierda y borde esternal izquierdo; carotidograma con un amplificador de pulso y fono Medelec FCG-300. La campana fue sostenida en la mano en la ubicación habitual, y en la mayoría de los casos durante toda la prueba, a fin de mantener un registro permanente y sin artefactos.

Los registros se obtuvieron en aparato Poly Beam Sanborn 569-A a una velocidad de papel de 100 mm/seg, tratando de registrar un mínimo de 5 latidos por etapa. Todos los parámetros referidos fueron obtenidos simultáneamente, sin interrumpir la prueba ni las respiraciones de los individuos en estudio.

Medición de los períodos sistólicos:

NORMALES  $\Delta$ /S

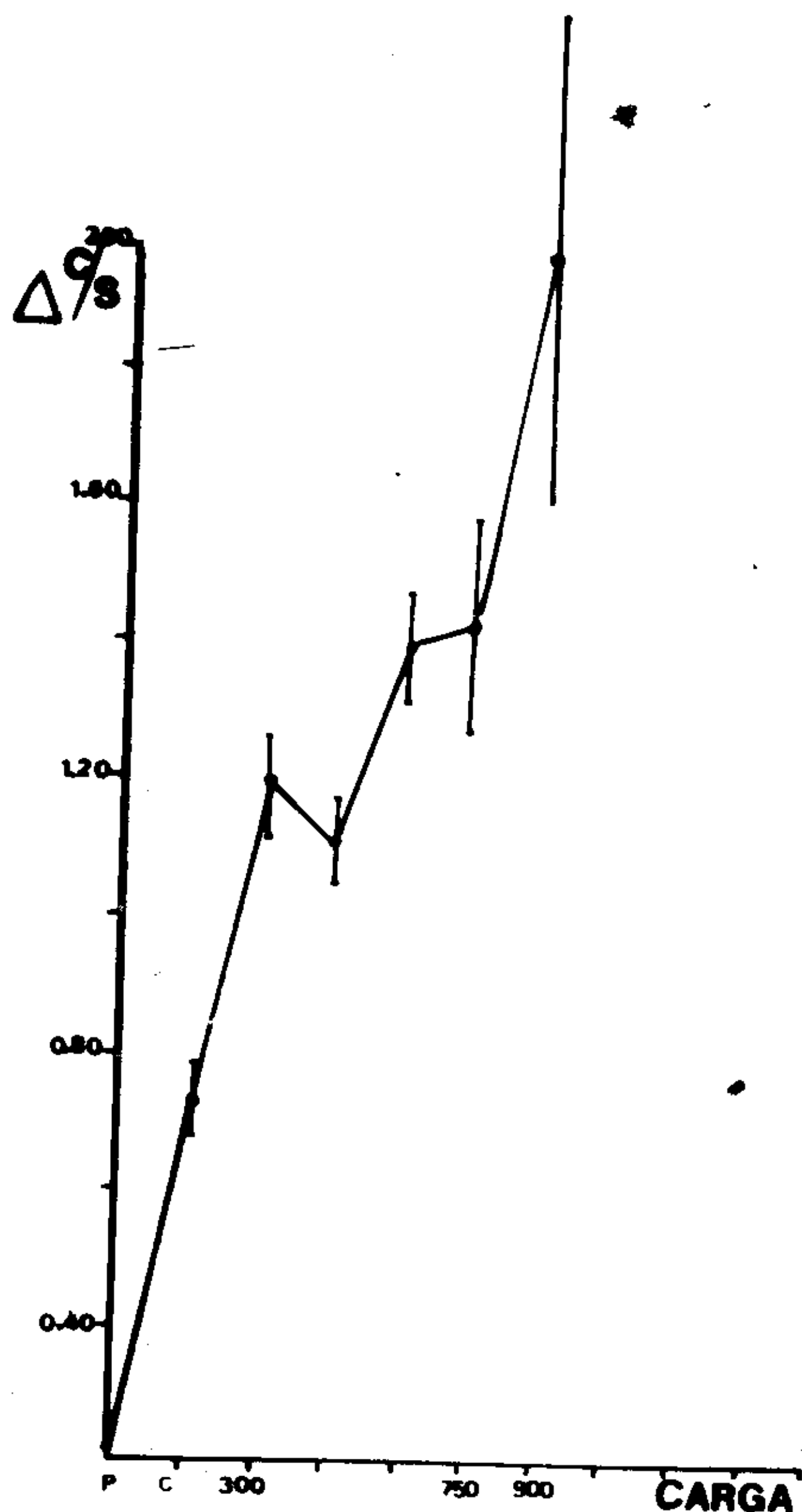


FIG. Nº 5

Se determinaron el PEy, QAo y PPEy, según técnica acostumbrada (3). Se midieron las desviaciones del QAo y PEy de acuerdo a las ecuaciones de corrección a la frecuencia cardíaca de nuestros normales en posición de sentados (tabla I). Observamos una evidente diferencia entre los períodos medidos en los mismos sujetos en posición sentados y decúbito dorsal (Fig. 2). Para QAo, la diferencia no es significativa, pero el PEy sí muestra diferencia significativa entre 60 a 80 latidos por minuto, confundándose a frecuencias mayores los valores de ambas posiciones. Es importante señalar que en el individuo en estado basal acostado, la correlación del PEy y frecuencia cardíaca es de  $r = -0.94$   $SX = 21$ , mientras que con el individuo en "estado basal"

sentado, muestra una correlación  $-0.76$   $SX = 11.22$ .

El PPEy lo manifestamos en desvío absoluto con respecto al valor previo.

El CS, también lo expresamos en cifras absolutas, aunque la correlación con la frecuencia cardíaca es de  $r = -0.78$  (Fig. 1).

La tensión arterial es obtenida por esfigmomanometría, y se analizó el desvío con respecto al valor previo, en cifras absolutas, de la tensión arterial sistólica, media y diastólica.

## RESULTADOS

QAo: mostró durante todas las etapas, modificaciones dentro de los valores teóricos normales. De todas maneras, se debe tener en cuenta que dicho período es el resultado de las modificaciones individuales del PEy y PPEy.

PEy: muestra una prolongación inmediata y persistente hasta la última carga, con los valores expresados en la tabla II (Fig. 3).

PPEy: se comporta acortándose hasta la última etapa. El valor promedio previo es de  $x = 111.2$  (75 a 135)  $ES = 2.90$ ; tabla II. (Fig. 4).

CS: muestra un alargamiento a través de toda la prueba, con un valor previo promedio  $x = 2.40$  (1.8 a 3.53)  $ES = 0.06$ . Tabla II. (Fig. 5).

Tensión arterial: la tensión arterial sistólica se incrementa a través de toda la prueba, mientras que la diastólica aumenta escasamente al comienzo, estabilizándose luego hasta finalizar la prueba.

En la Fig. 6 mostramos las variaciones de los períodos sistólicos y CS, de un caso aislado.

## DISCUSION

A través de los hallazgos relatados, advertimos el comportamiento uniforme de los períodos sistólicos, fundamentalmente del PEy y PPEy. En las últimas cargas existe un mayor desvío standard de los valores me-

TABLA II

		Previo	Calent.	300	450	600	750	900	1050
PEy	X	0	26	40	41	42	45	58	60
	ES	3,5	4	4	4	5	3,5	3	6
PPEy	X	111,2	-22	-39	-43	-52	-56	-59	
	ES		3	3	2,8	2,9	4,3	8	
CS	X	2,40	0,67	1,21	1,08	1,44	1,46	2,16	
	ES		0,1	0,14	0,13	0,14	0,32	0,73	

dios debido a ligeras diferencias individuales (algunos se alargan permanentemente mientras que otros se estabilizan en las últimas cargas, sin acortarse; lo opuesto ocurre con el PPEy).

Es sabido que durante el ejercicio existe un aumento del inotropismo cardíaco y de las catecolaminas circulantes, que contribuyen aún más

al aumento de la contractilidad, que se manifiesta a través del acortamiento del PPEy. El aumento del retorno venoso, permite el incremento del VS, y por ende el alargamiento del PEy e incremento de la tensión arterial sistólica. La tensión arterial diastólica prácticamente no se modifica, lo que contribuye a reforzar la opinión de la escasa influencia de la misma sobre las modificaciones del

FIG. 6

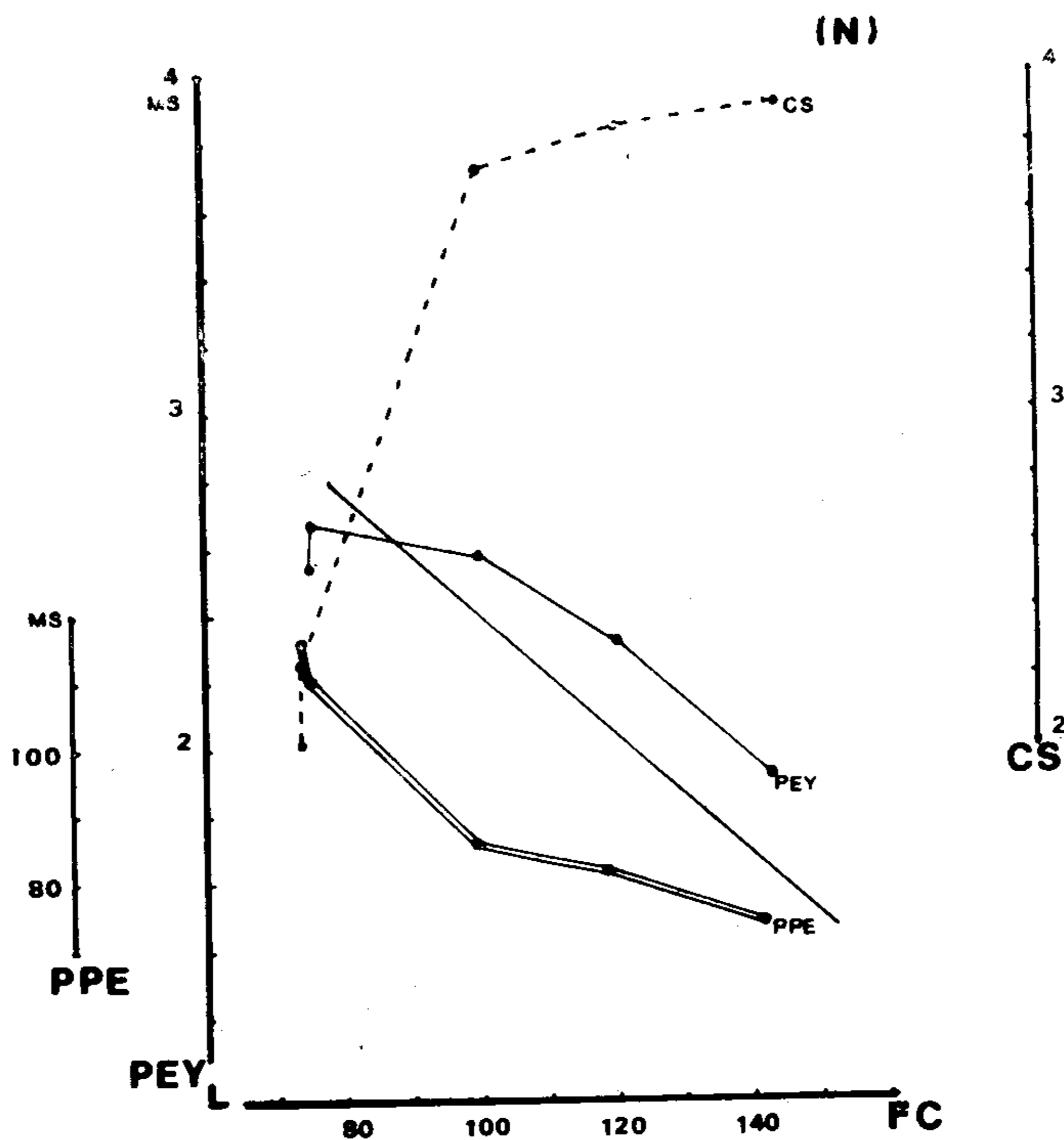


FIG. Nº 6

PPEy de los normales en este tipo de ejercicio.

Aronow (5) realiza determinaciones de la contractilidad por métodos angiográficos, hallando buena correlación entre CS y fracción de eyección. Por lo tanto, el estudio del CS nos permite suponer el incremento de la fracción de eyección ventricular izquierda.

Si bien existe una buena correlación entre el PEy y VS en distintas situaciones, debemos tener presente, que uno de los factores que acortan dicho período, es el incremento de la velocidad de contracción del miocardio, por lo que en algunos casos, un aumento importante de la velocidad de contracción, nos puede mostrar un PEy normal o disminuido con mayor VS y viceversa.

La facilidad del método de estudio (que no difiere mayormente de la técnica empleada con el enfermo en reposo), y la uniformidad en las respuestas de los períodos sistólicos en los normales, hace aconsejable su utilización en la evaluación funcional cardiovascular de las distintas cardiopatías.

#### SUMMARY

*25 normal subjects were studied during the isotonic drill by cycloergometry. They were subjected to progressive and non-interrupted loads up to the end of the test. The electrocardiographic record, cardiac bruit and carotid pulse were obtained during the test. The overall systolic measurement (Q-Ao), ejective period (PEy), preejection period (PPE) and systolic quotient were also performed.*

*The overall systolic shows some variations within the theoretical normal values all along the test. The immediate and significant lengthening of the PEy and CS was observed. The PPE was progressively shortened since the beginning of the test with a tendency to be stabilized with the last loads.*

*The uniformed behavior of the studied parameters as well as the simplicity of the method and its easiness to repeat it, makes this*

*method advisable for the everyday usage in the functional capacity evaluation of various cardiopathies.*

#### BIBLIOGRAFIA

1. WEISSLER, A. M.; LEWIS, R. P.; LEIGHTON, R. E.: "The systolic time intervals as a measure of left ventricular performance in man"; *Progress in Cardiology*; chapter 6, 155.
2. CAIAFA, P. M.; DESIMONE, A. C.; OTERO, E. A.: "Determinación de los períodos sistólicos en normales, con dosis progresivas de Isoproterenol"; *Revista Argentina de Cardiología*.
3. CAIAFA, P. M.; DESIMONE, A. C.; OTERO, E. A.: "Determinación de los períodos sistólicos en forma seriada en el infarto de miocardio: su relación con la clínica y el volumen sistólico"; *Revista Argentina de Cardiología*; 42: 255, 1974. Presentado en el 9º Congreso Arg. de Cardiología, Bs. As., 1971.
4. CAIAFA, P. M.; MIRAGAYA, A.; OTERO, E. A.: "Estudio seriado de los períodos sistólicos y volumen sistólico en los enfermos con fibrilación auricular, tratados con choque eléctrico: hallazgos en las primeras 48-72 horas"; *Revista Argentina de Cardiología*.
5. ARONOW, W. S.; BOWYER, A. F.; KAPLAN, M. A.: "External isovolumic contraction times and left ventricular ejection time/external isovolumic contraction time ratios at rest and after exercise in coronary heart disease"; *Circulation*, 43: 59, 1971.
6. SPODICK, D. H.; QUARRY-PIGOTT, V. M.: "Effects of posture on exercise performance"; *Circulation*, 48: 74, 1973.
7. POUGET, J. M.; HARRIS, W. S.; MAYRON, B. R.; NAUGHTON, J. P.: "Abnormal responses of the systolic time intervals to exercise in patients with angina pectoris"; *Circulation*, 43: 289, 1971.
8. CAYUELA, M. L.; DONOSO, A.; DONOSO, H.; CARRILLO, L.: "Determinación de los períodos sistólicos durante el ejercicio en sujetos entrenados"; VII Congreso Mundial de Cardiología, Bs. As., 1974.
9. WINTERS, W. G.; LEAMAN, D. M.; ANDERSON, R. A.: "The effect of exercise on intrinsic myocardial performance"; *Circulation*, 48: 50, 1973.

(\*) Agradecemos la inestimable colaboración de las técnicas Sras. E. Vázquez y N. Oreiro, que han posibilitado la realización del presente trabajo.