

La Pletismografía Digital en la Medición del tiempo de Eyección Ventricular Durante las Pruebas de Esfuerzo

Dres.: ALFREDO PALACIO G., EFREN SANTOS, ANTONIO FERNANDEZ, RAUL INTRIAGO, RAFAEL ENDERICA y Sta. AZUCENA BROWN.

RESUMEN

La determinación del tiempo de eyección ventricular tiene una importancia considerable durante los estudios ergométricos. La evaluación indirecta del consumo de oxígeno miocárdico (MVO₂) ha sido utilizada como un parámetro objetivo en la determinación de la capacidad funcional cardíaca durante las mencionadas pruebas de esfuerzo. Uno de los índices indirectos más importantes en la obtención del MVO₂ es el triple producto (frecuencia cardíaca \times presión arterial \times tiempo de eyección ventricular izquierda); el último factor de este índice se obtiene comúnmente mediante el carotidograma. Sin embargo, el registro de esta curva durante una prueba ergométrica es difícil y la medición es errática. El uso del densitograma del pabellón auricular ha sido propuesto en reemplazo de esta curva. En el presente trabajo hemos tratado de establecer el uso de la Pletismografía Fotoeléctrica Digital (PFD) en reemplazo del Carotidograma (CAR) cuando se realiza un estudio ergométrico. Encontramos una alta correlación entre ambas curvas tanto al reposo como al esfuerzo.

MVO₂ = Consumo de Oxígeno Miocárdico
CAR = Carotidograma
PFD = Pletismografía Fotoeléctrica Digital

Las pruebas de esfuerzo se utilizan sistemáticamente no sólo en el diagnóstico de la enfermedad de las arterias coronarias sino también en la cuantificación del déficit funcional de la dinámica circulatoria coronaria, en la investigación de los mecanismos de la angina y en la clarificación de la intervención terapéutica. En esta evaluación ha resultado altamente útil la determinación del consumo de oxígeno miocárdico (MVO₂) lo cual puede ser obtenido indirectamente mediante la aplicación de ciertos índices como el Índice Tensión Tiempo (Frecuencia Cardíaca \times Integración de Presión Ventricular

Sistólica) (1), el doble producto (Frecuencia Cardíaca \times Presión Arterial Sistólica) (2) o el triple producto (Frecuencia Cardíaca \times Presión Arterial Sistólica \times Tiempo de Eyección Ventricular Izquierda) (3). En la obtención de este último índice se ha utilizado la curva del carotidograma cuya mensuración correlaciona adecuadamente con el tiempo de eyección ventricular izquierdo (4). Sin embargo resulta técnicamente difícil obtener trazados adecuados de la curva durante el esfuerzo muscular. La densitografía auricular ha sido descrita como un método alternativo para la evaluación de la función ventricular durante el ejercicio (5). Previamente, la pletismografía digital de cámara hermética había resultado útil en esta evaluación cuando se obtenían trazados al reposo (6). Sin embargo los cambios volumétricos que deben ser captados en cámara hermética se tornan inestables durante el esfuerzo físico. En el presente estudio analizamos el comportamiento al reposo y al ejercicio, de la curva obtenida mediante la Pletismografía Fotoeléctrica Digital (PFD). Un dispositivo fotosensible capta el cambio de opacidad producido por el cambio volumétrico en el área estudiada en una forma más estable. Aunque en comunicaciones de hace un década (7) se anunciaba la ausencia de una óptima correlación entre la técnica fotoeléctrica y las variaciones de volumen absoluto, nuevos trabajos en desintografía, el perfeccionamiento técnico reciente (5) y la necesidad de aplicar un método adecuado para calcular el MVO₂ y función ventricular durante las pruebas de esfuerzo en nuestro laboratorio nos llevó a realizar un estudio de la Pletis-

Dirección Postal: División Cardio-Respiratoria. Centro de Diagnóstico Médico. P. O. Box 658, Guayaquil, Ecuador.

mografía Fotoeléctrica Digital (PFD) en reposo y al ejercicio, y su correlación con el carotidograma (CAR) simultáneamente obtenidos.

MATERIALES Y METODOS

Un total de 32 individuos de ambos sexos, entre los 18 a 52 años de edad, sin enfermedad cardiovascular, fueron incluidos en el presente estudio. El CAR fue obtenido mediante un traductor de cuerda semiconductor T-F111S Marca Nihon Kodon. La PFD se obtuvo mediante un pletismógrafo Fotoeléctrico MPP-3 Marca Nihon Kodon con un dispositivo fotosensible tipo reflexión. Los trazados se obtuvieron en un registrador de aguja con papel termosensible de 3 canales marca Nihon Kodon. El monitoreo durante las pruebas de esfuerzo se realizó en un visoscopio Hewlett Packard modelo 78038. Las pruebas de esfuerzo se llevaron a cabo en una bicicleta de frenado eléctrico marca Schwinn.

El método de ergometría utilizado fue previamente descrito por nosotros (8) y consistente en una prueba graduada y continua hasta alcanzar el MVO_2 máximo, fueron obtenidos trazados simultáneos de ECG en D₁, PFD en el pulgar de la mano izquierda y el CAR derecho, con la velocidad del papel a 50 mm/seg., los trazados se repitieron de acuerdo a la técnica mencionada, al reposo,

cada minuto durante el ejercicio y el post-ejercicio inmediato.

La lectura fue realizada por un observador, aunque todos los autores la repitieron independientemente. En la curva del CAR el tiempo de eyección ventricular fue medido desde el punto u (upstroke) ubicado en el punto en el cual la curva de ascenso inicial cambia de velocidad y la línea se adelgaza (9) hasta la incisura (punto i). El tiempo de eyección sistólica fue medido en la curva de la PFD siguiendo la técnica de extrapolación previamente descrita (6) para evitar el efecto de amortiguamiento de los puntos de referencia (u y sobre todo i) correspondiente al carotidograma. (Fig. 1)

Después de señalar los puntos mencionados en todos los trazados se procedió a la mensuración haciéndolo en primer lugar en todas las curvas PFD, procurando obtener un estudio ciego. Las curvas del CAR y del PFD fueron correlacionadas tanto al reposo como al ejercicio. Esta última medición se realizó en el trazado en el que la frecuencia cardíaca se acercara más a la máxima esperada (10) pero conservando la configuración del CAR permitiéndonos una medición fiel y una correlación adecuada con el PFD de mayor estabilidad. (Fig. 2)

El estudio estadístico se realizó mediante cálculos de valores promedios, desviación normal, error standard y pruebas de correlación y T de Student.

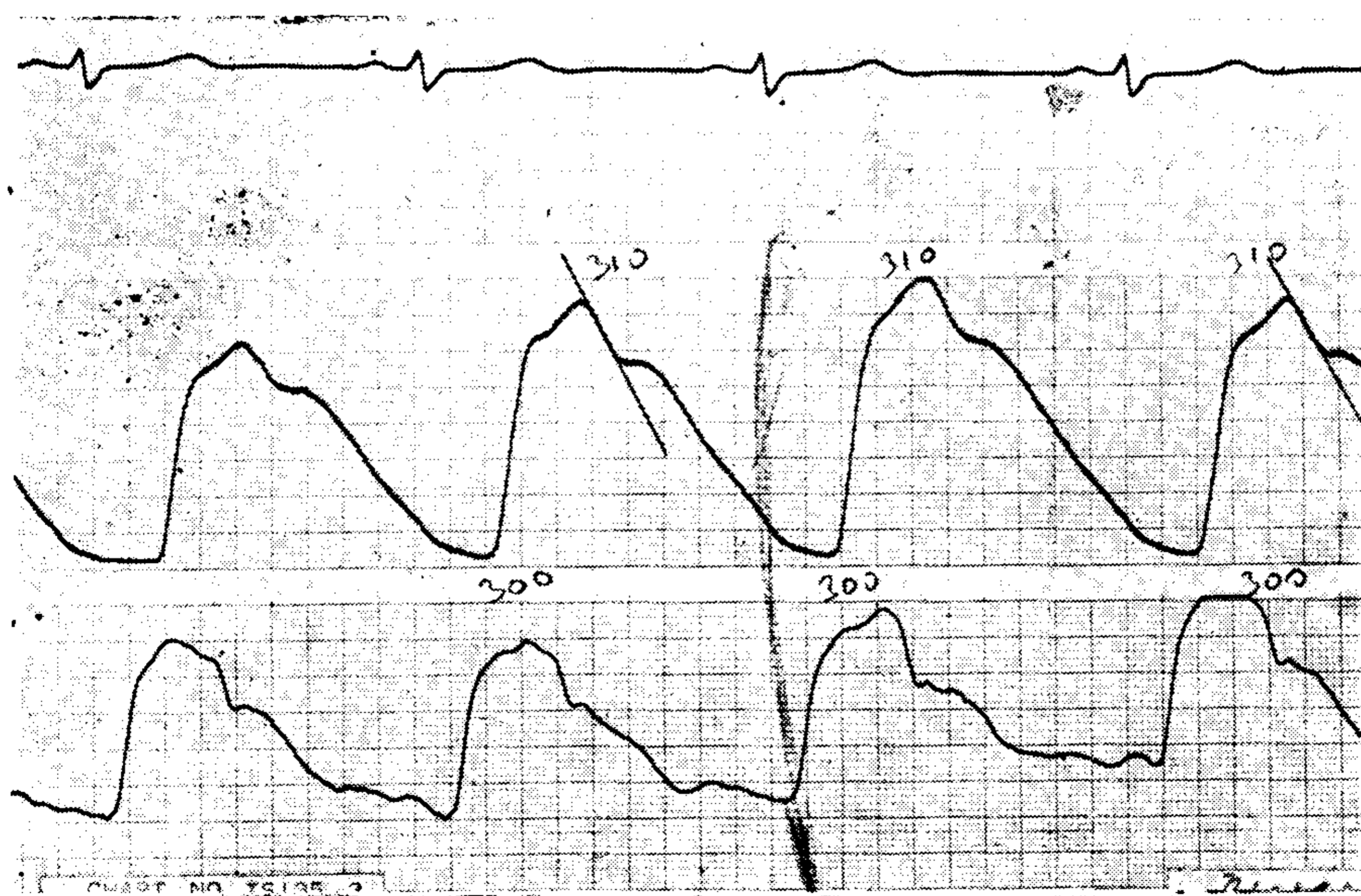


Figura 1: ECG, Carotidograma (CAR) y Pletismografía Fotoeléctrica Digital (PFD) obtenidos al reposo. Para la metodología de la medición y datos estadísticos ver textos

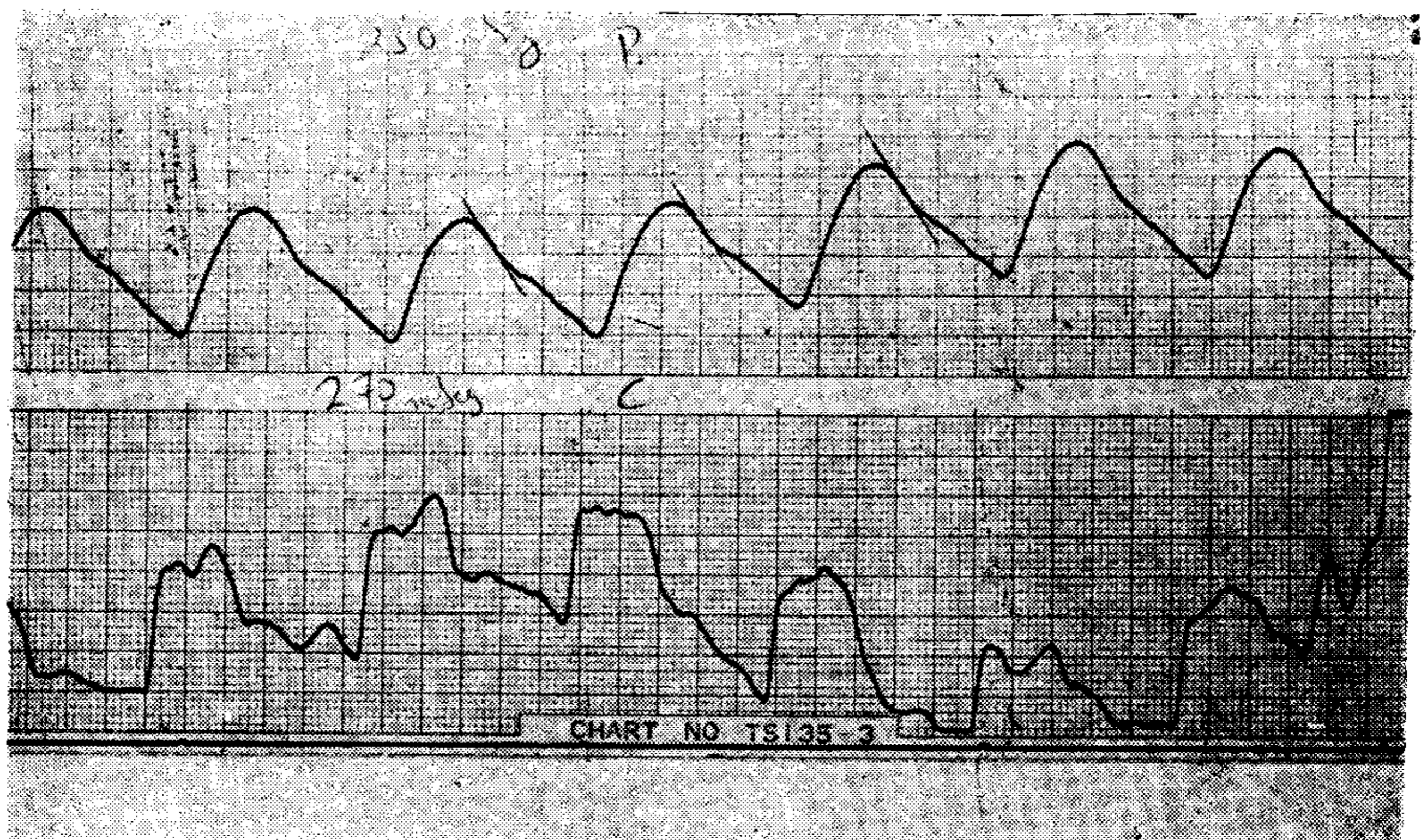


Figura 2: Carotidograma (CAR) y Pletismografía Fotoeléctrica Digital (PFD) durante el estudio ergométrico. Obsérvese la falta de estabilidad del CAR

RESULTADOS

En la Tabla 1 se exhiben los valores numéricos calculados en términos de valor promedio y desviación normal del tiempo de eyección sistólica durante el reposo y el esfuerzo en los 32 individuos estudiados con el CAR y el PFD.

La figura 3 muestra el alto coeficiente de correlación de ambos métodos tomados durante el reposo, sentados en la bicicleta.

Al medir el tiempo de eyección ventricular durante el ejercicio en la bicicleta ergométrica la correlación se mantiene excelente. (Fig. 4)

Concordante con otras publicaciones (5) encontramos que la curva del CAR, aunque es posible obtenerla durante el ejercicio, se halla bajo la influencia de cambios res-

piratorios, posturales y de tono muscular y por lo tanto no guarda una estabilidad adecuada proporcionando resultados muy variados y a veces ilegibles. La desviación normal similar del CAR y la PFD (Tabla 1) obedece a que las mediciones al esfuerzo se realizaron escogiendo grupos de latidos en los que la curva del CAR no había sido totalmente distorsionada. Por el contrario la curva del PFD se mantiene muy estable aún en frecuencias cardíacas máximas, observándose únicamente un amortiguamiento de la onda dicrota que puede obviarse realizando la medición mediante la técnica de extrapolación ya descrita. (Fig. 2) En definitiva, los resultados son de una óptima correlación con valores estadísticamente significativos (Tabla 2) y la curva del PFD es muy estable y reproducible.

TABLA 1

MEDIDAS DE RESUMEN	REPOSO		EJERCICIO	
	PFD	CAR	PFD	CAR
X	309,1	299,1	274,7	265,3
D. S.	21,0	21,0	20,8	21,1
E. E.	3.71	3.71	3.67	3.73

Tiempo de eyección ventricular en mSeg.

X (Valor promedio); D. S. (Desviación normal); E. E. (Error Standard)

PFD = Pletismografía Fotoeléctrica Digital.

CAR = Carotidograma.

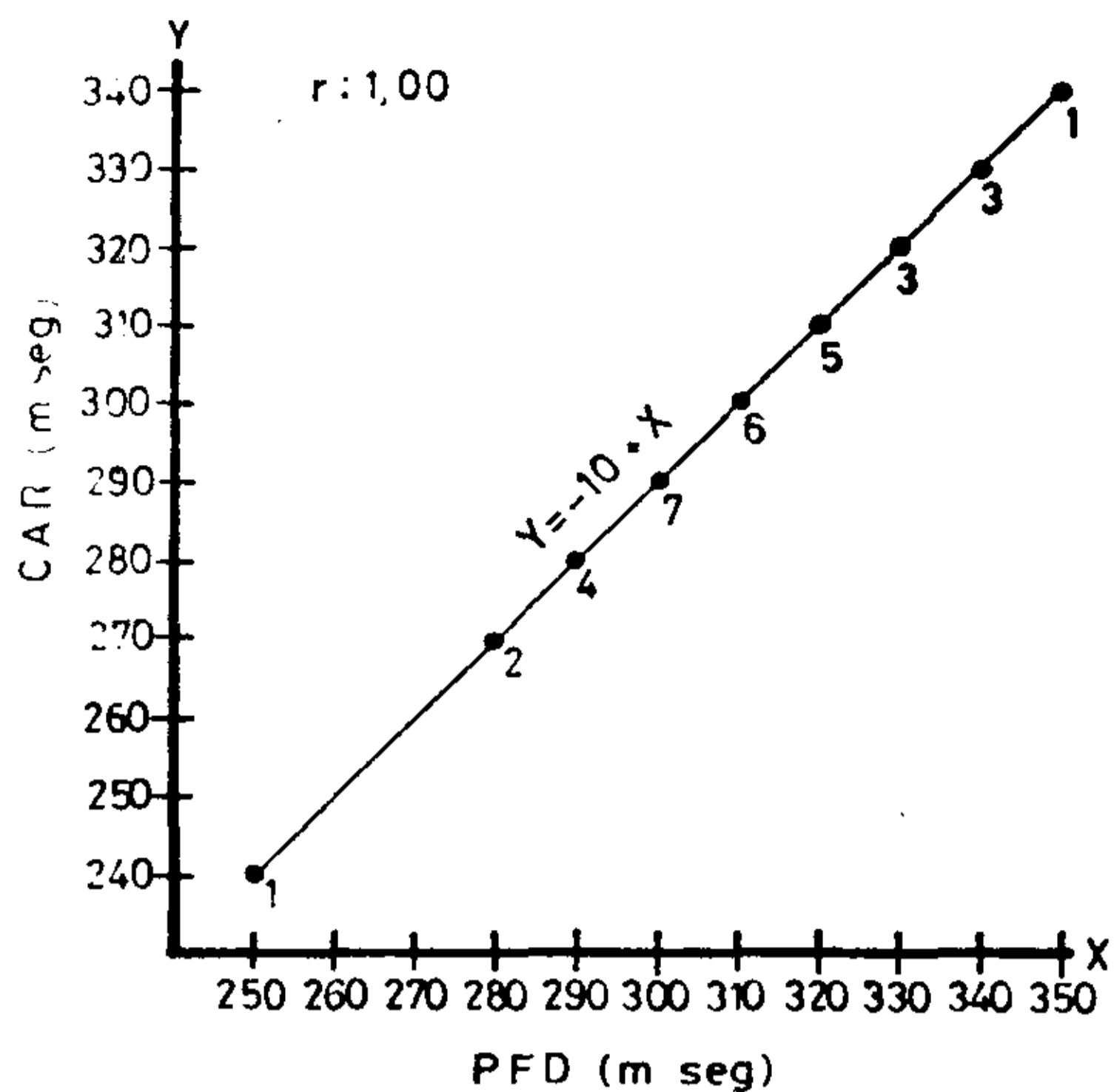


Figura 3: Correlación del Tiempo de Eyección Ventricular obtenido mediante el Carotidograma (CAR) y la Pletismografía Fotoeléctrica Digital (PFD) durante el reposo

NOTA: Los números a lo largo de la línea de correlación indican el número de pacientes que coinciden en el mismo punto.

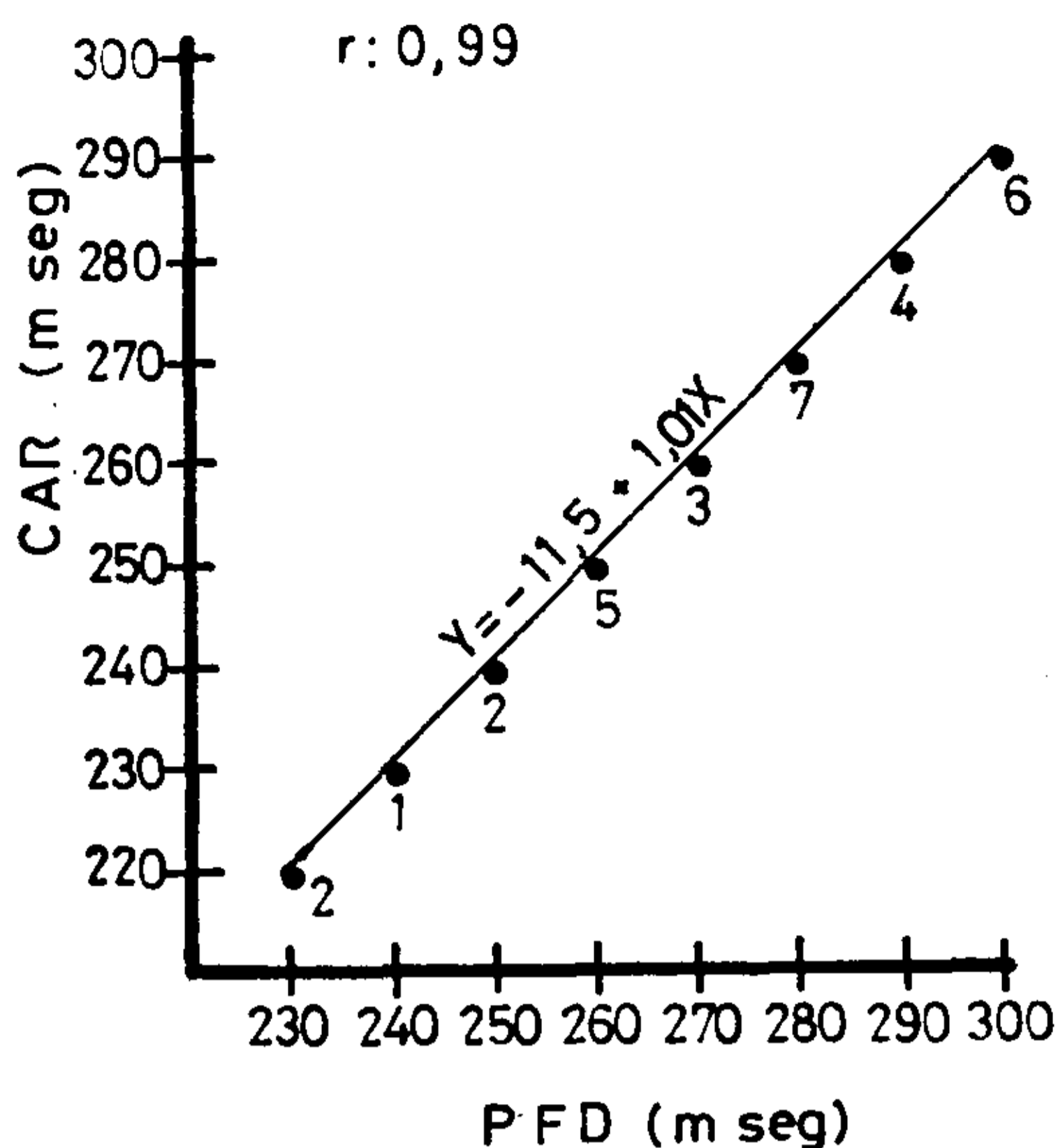


Figura 4: Correlación del Tiempo de Eyección Ventricular obtenido mediante el CAR y la PFD durante el ejercicio. Nomenclatura de acuerdo a Figura interior

TABLA 2

CONDICION DE LA MEDICION	r		f
Reposo CAR-PFD	1,00 P	.01	P .05
Ejercicio CAR-PFD	0,99 P	.01	P .05
Reposo P y Post Ejercicio P	0,85 P	.01	P .05
Reposo C y Post Ejercicio C	0,86	.01	P .05

Significado estadístico de las pruebas de correlación y de t, en los resultados obtenidos.

DISCUSION

El alto índice de correlación obtenido tanto al reposo como al esfuerzo de tiempo de eyección ventricular izquierdo obtenidos del CAR y de la PFD demuestran que ambos métodos son reproducibles. Sin embargo, el hecho de que el CAR se manifiesta tan persistentemente inestable durante ejercicios máximos, lo convierte en una técnica de difícil aplicación en los laboratorios cardiovasculares preocupados en desarrollar métodos no invasivos de evaluación ventricular durante las pruebas ergométricas.

Si la PFD reproduce el tiempo de eyección ventricular y ofrece una curva tan estable durante el esfuerzo se convierte al igual que la densitografía del oído en un método aceptable para (5) este tipo de evaluación. Al presente lo hemos encontrado extrema-

damente útil en el cálculo del MVO_2 durante las pruebas de esfuerzo. La determinación de este parámetro utilizando índices indirectos de doble producto (Frecuencia Cardíaca \times Presión Sistólica) (2) y el triple producto (3) están siendo ampliamente usadas durante pruebas ergométricas en la evaluación clínica o terapéutica de la angina de pecho (11, 12) y es además útil como método comparativo de los diferentes protocolos ergométricos (8). La dificultad inherente a la calidad de trazado carotídeo obtenido para la determinación del Triple Producto lo hemos obviado con la realización de la PFD. En este sentido utilizamos los siguientes factores: Frecuencia Cardíaca \times Presión Arterial Sistólica \times Pletismografía Fotoeléctrica Digital. (Tiempo de Eyección Ventricular).

Lo creemos igualmente útil en la determinación de los tiempos sistólicos durante el esfuerzo. Una vez conocido el tiempo de trasmisión del pulso al reposo, el cual no varía con el ejercicio registramos simultáneamente ECG y la PFD, durante el esfuerzo, y aplicando el método descrito por Spodick para obtener los tiempos sistólicos mediante CAR y ECG sin Fonocardiograma (14) cumplimos con una adecuada medición electromecanocardiográfica durante el ejercicio

Aparte de su utilidad en la determinación del MVO_2 y de la Función ventricular durante el esfuerzo es posible que PFD brinde aplicación en otras áreas del laboratorio no invasivo como la realización de maniobras (Valsalva, etc.) o como técnica durante cateterismo cardíaco o en la Unidad Coronaria.

SUMMARY

MEASUREMENT OF LEFT VENTRICULAR EJECTION TIME WITH DIGITAL PHOTOELECTRIC PLETISMOGRAPHY DURING STRESS TEST

The determination of left ventricular ejection time (LVET) has a considerable value during exercise tests. The indirect measurements of the myocardial oxygen consumption (MVO_2) has been used in the assessment of the functional aerobic capacity of the heart during stress testing in patients with coronary artery disease. One of the most important indirect index is the triple product (Heart Rate \times Systolic Blood Pressure \times Left Ventricular ejection time).

The last Factor is usually obtained by means of the carotid curve. However, its recording is very difficult and the measurement is erratic during the muscle activity. The Ear Densitogram has been proposed as an alternative method.

In the present paper we compared the curve obtained from the Digital Photoelectric Pletismography (DPP) with the carotid curve (CAR), in the assessment of LVET. We found

a high correlation of both curves at rest and during exercise.

BIBLIOGRAFIA

1. Sarnoff S. J., Braunwald E., Welch G. H., et al.: Hemodynamic Determinants of Oxygen Consumption of the Heart with Special Reference to the Tension Time Index. Am J. Physiol 192: 148-156, 1958.
2. Kitamura K., Jorgenson C. R., Gobel F., et al.: Hemodynamic Correlates of Myocardial Oxygen Consumption During Upright Exercise. J. Appl. Physiol 32: 516-522, 1972.
3. Robinson B. F.: Relation of the Rate and Systolic Blood Pressure to the Onset of Pain in Angina Pectoris. Circulation 35: 1073-1083, 1967.
4. Martin C. E., Shaver J. A., Thompson M. E., Leonard J. J.: Correlation of External and Internal Indices of Ventricular Function in man. Circulation 42 (Suppl. III): III-121, 1970.
5. Chirife R., Spodick D. H.: Densitography: A New Method for Evaluation of Cardiac Performance at Rest and During Exercise. Am Heart J. 83: 493-503, 1972.
6. Chirife R., Pigott V. M., Spodick D. H.: Measurement of the Left Ventricular Ejection Time by Digital Pletismography: Am Heart J. 82: 222-227, 1971.
7. Hocherman S., Palti Y.: Correlation between Blood Volume and Opacity Changes in Finger. J. Appl. Physiol 23: 157, 1967.
8. Palacio A., Jurado R., Santos E., et al.: Estudio Comparativo de la Banda y la Bicicleta Ergométrica en las Pruebas Graduadas de Esfuerzo. Rev. Argentina Cardiol. (Nº 2) Marzo-Abril 1977 - P. 106-116.
9. Spodick D. H., Kumr S.: Left Ventricular Ejection Period. Am Heart J. 76: 70, 1968.
10. Robinson S.: Experimental Study of Physical Fitness in Relation to Age. Arbeits Physiology 10: 251, 1938.
11. Amsterdam E. A., Hugher J. L., de Maria A. N., et al.: Indirect Assessment of Myocardial Oxygen Consumption in the Evaluation of Mechanisms and therapy of angina pectoris. Am J. Cardiol. 33: 737-743, 1974.
12. Clause L. P., Trap-Jensen J.: Heart Rate and Arterial Blood Pressure during Exercise in Patients with Angina Pectoris. Circulation 53: 436-442, 1976.
13. Jorgensen C. R., Wang K., Gobel F. L., et al.: Effect of Propranolol on Myocardial Oxygen Consumption, its hemodynamic Correlates during Upright Exercise. Circulation 48: 1173-1182, 1973.
14. Spodick D. H., Lance V. Q.: Non invasive Stress Testing Methodology for elimination of the Phonocardiogram: Circulation 53: 673-676, 1976.

Correo Argentino Central (B)	Tarifa Reducida Concesión Nº 2169
	Franqueo Pagado Concesión Nº 766

PLANTIÉ, Talleres Gráficos, S. A.