

# La densitografía, método incruento para evaluar el rendimiento cardíaco en reposo y durante el ejercicio

Por los Doctores RAUL CHIRIFE \* y DAVID H. SPÖDIEK \*\*

~~SPÖDIEK~~  
SPÖDIEK

## SUMARIO

En 26 sujetos (9 de los cuales estaban libres de enfermedades cardiovasculares) y en dos personas sanas durante el ejercicio, se tomaron trazados del pulso arterial que reflejan las variaciones cíclicas de la translucidez de los tejidos del pabellón de la oreja (densitometría), por medio de un equipo fotoeléctrico.

Se calculó el tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo a partir de las curvas densitográficas, por medio de la técnica de extrapolación descrita anteriormente (16), y se lo comparó estadísticamente con los valores derivados de trazados del pulso carotídeo obtenidos simultáneamente. El índice de correlación entre ambos métodos (densitograma y carotidograma) fue de 0,97, sin diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las categorías de sujetos estudiados.

24 de los 26 sujetos estudiados tenían ritmo sinusal; en ellos el coeficiente de correlación fue máximo ( $r = 0,99$ ). En los dos restantes, sometidos a ejercicio, la correlación fue algo menor ( $r = 0,82$ ), lo que se explica por la mayor dispersión de los valores hallados para el período expulsivo cuando se los mide en carotidogramas, a causa de los artefactos originados por el movimiento en la prueba de esfuerzo.

En dos pacientes con fibrilación auricular se compararon las amplitudes relativas de la curva densitográfica, latido por latido, con los períodos expulsivos deducidos de los mismos. En ambos casos hubo muy buena correlación ( $r = 0,96$  y  $r = 0,84$ ).

Concluimos que el densitograma es un sustituto excelente del carotidograma para medir intervalos del ciclo cardíaco, y es la curva de elección, dentro de los métodos incruentos, para determinarlos durante el ejercicio. En el mismo individuo, se pueden deducir, recíprocamente, la amplitud del densitograma y el tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo.

(\*) "Fellow" de Cardiología en el Lemuel Shattuck Hospital; Ayudante de Cátedra de la Tufts University School of Medicina.

(\*\*) Jefe de la División de Cardiología del Lemuel Shattuck Hospital; Profesor Asociado de la Tufts University School of Medicine.

Dirección para apartados: Dr. D. H. Spodick. Lemuel Shattuck Hospital. 170 Morton Street, Boston, Massachusetts, 02130. U.S.A.

## DESINTOMETRIA AURICULAR

La medición de las fases del ciclo cardíaco por medio de técnicas incruentas proporciona información importante acerca del rendimiento ventricular izquierdo (1-13). Los intervalos de la sístole ventricular más frecuentemente medidos son: el período pre-expulsivo, el período isovolumétrico sistólico, la sístole electromecánica, el período expulsivo y el tiempo de transmisión de la onda pulsátil.

Para determinar el comienzo y el final de la expulsión ventricular izquierda se han utilizado el cardiograma apexiano, el kinetocardiograma, diferentes pulsos arteriales y la pletismografía (14-18). Entre estos métodos, el basado en el carotidograma parece ser el mejor, ya que es fácilmente practicable, y sus accidentes que indican el comienzo y el fin de la expulsión ventricular se corresponden muy bien con los obtenidos de la aorta central (14, 17); puede, por lo tanto, ser utilizado como patrón de comparación con otras curvas.

**Dificultades en la obtención de una curva de pulso.** Existen situaciones en las que es imposible obtener carotidogramas o cardiogramas apexianos para la medición de los intervalos sistólicos, a causa de factores anatómicos (obesidad, traqueostomía, enfisema, etc.), o por falta de cooperación del paciente; se ha demostrado (16) que en estas condiciones la pletismografía digital reemplaza eficientemente a la curva del pulso carotídeo. No obstante, existen otras situaciones en que ninguna de las técnicas mencionadas es aplicable, especialmente durante estudios circulatorios de esfuerzo o posturales, donde la actividad del sujeto produce rápidos desplazamientos de la línea de base de la curva registrada y otros artefactos, todo lo cual vuelve difi-

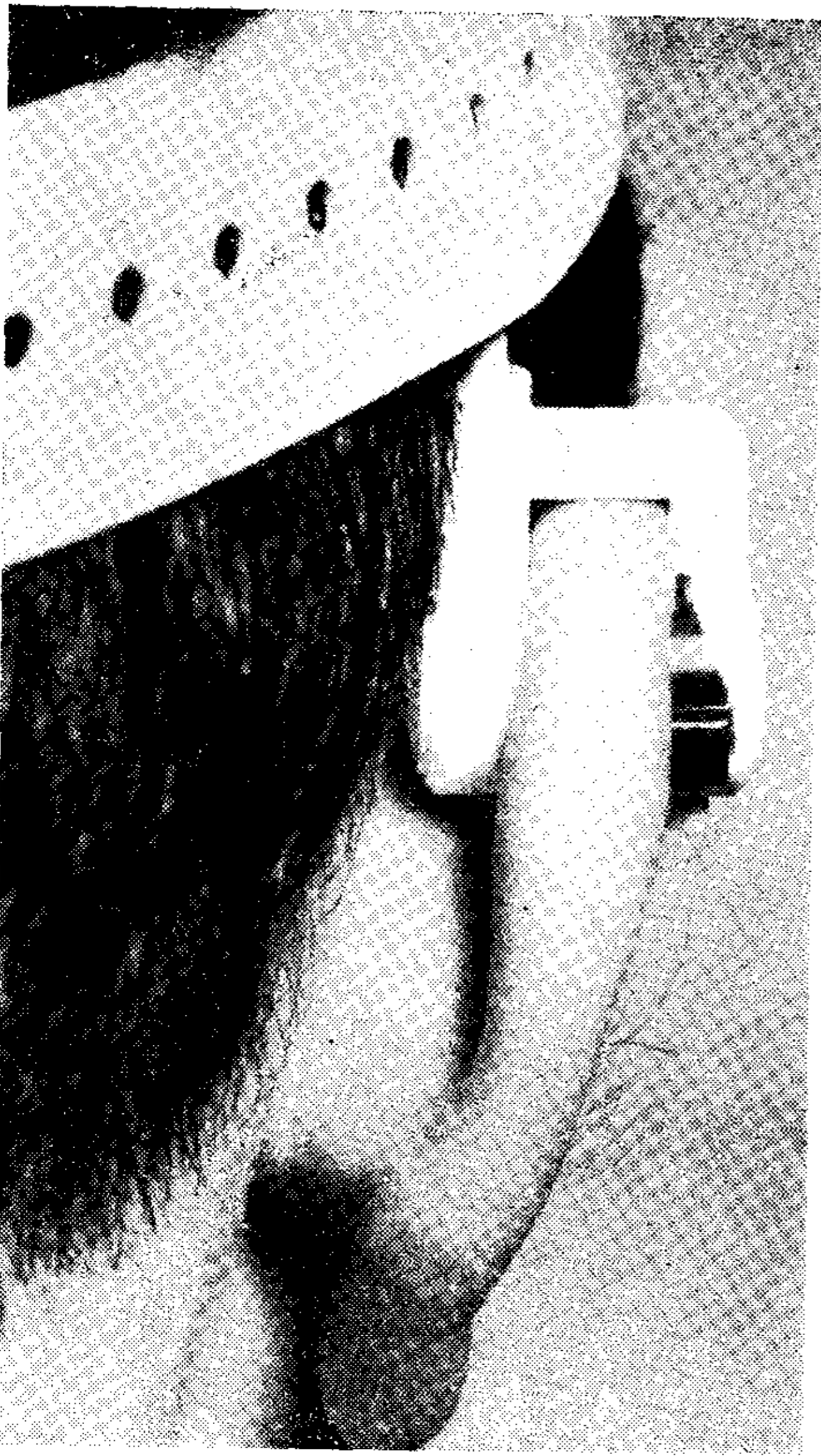


Fig. 1. — Pieza auricular del densitógrafo aplicada al pabellón de la oreja y fijada a la cabeza por medio de una banda de goma.

cultosa, si no imposible, la medición de los intervalos.

**Pletismografía y densitometría.** El flujo pulsátil a través de las arteriolas y capilares en los tejidos, produce cambios cíclicos de volumen y de opacidad que pueden ser detectados por dos técnicas diferentes pero estrechamente relacionadas. Si se introduce un segmento de extremidad o un órgano en un envase de cierre hermético conectado a un transductor apropiado, la curva obtenida es un **pletismograma**. Si los cambios de volumen relacionados con la presión sanguínea y el flujo se deducen de las variaciones de la densidad óptica de los tejidos involucrados, registradas por un equipo foto-sensible, la curva es un **densitograma**. Ambos tipos de curva son cualitativamente similares en su configuración; sin embargo, la técnica fotoeléctrica ofrece trazados que no se correlacionan bien con las variaciones absolutas de volumen del área estudiada (20).

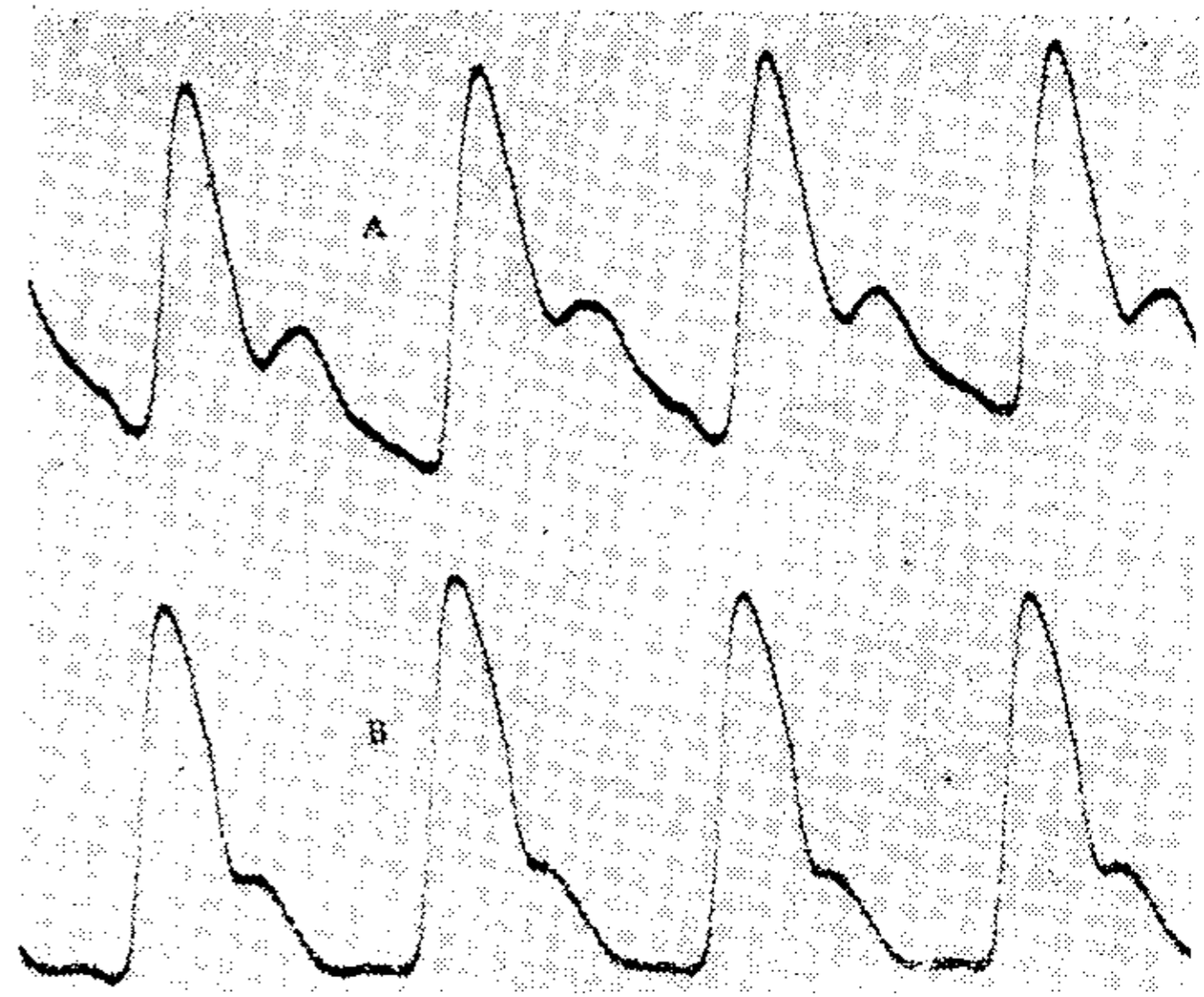


Figura 2

Registro simultáneo sobre papel a la velocidad de 50 mm/seg, de un pletismograma digital (A) que es más retrasado y muestra una onda dicrota más amplia que el densitograma (B). Ambas curvas son, por lo demás, muy semejantes.

El **densitógrafo auricular** (también llamado **pletismógrafo fotoeléctrico** \* utilizado en este trabajo, es un implemento en forma de "U" que se aplica al pabellón de la oreja (pinna) (Fig. 1). De un lado del pabellón hay un foco luminoso, y del otro lado, una célula foto-conductora que recibe la luz a través de la piel y del cartílago de la oreja. Las variaciones en la cantidad de sangre de los tejidos interpuestos producen cambios proporcionales en la luz que llega a la fotocélula, con la consiguiente variación de su resistencia.

**Curvas pulsátiles amortiguadas.** Cuanto más lejos del corazón se registra una onda pulsátil y cuanto menor es el calibre del vaso del cual se la obtiene, mayor será la distorsión de la curva. La viscosidad de la sangre, las fuerzas de inercia y la elasticidad de las paredes arteriales, juegan papel muy importante en la amortiguación de la onda del pulso, hasta tal punto que pueden perderse casi totalmente la deflexión inicial rápida y la incisura. Esto, juntamente con la menor velocidad de ascenso, se nota con frecuencia cuando se comparan con el pulso central tanto el trazado pletismográfico (16) como el densitográfico (figura 2).

**Extrapolación técnica para las curvas amortiguadas.** Se ha demostrado (16) que en las curvas pletismográficas, por extrapolación hasta la línea de base de las

(\*) Hewlett Packard, mod. 374.

porciones de ascenso rápido y de descenso que precede a la onda dicrota, se pueden obtener los puntos análogos del comienzo del ascenso y de la incisura del trazado carotídeo. La línea de extrapolación debe ser trazada tangencialmente a la parte inferior de la curva, y los puntos arriba mencionados serán ubicados exactamente en el sitio de separación con la línea trazada (figura 3).

En los casos en que la onda esté ausente (fig. 3 C), la línea de extrapolación debe ser trazada sobre la parte más rápida de la rama descendente de la curva. Esta técnica, según se ha demostrado empíricamente (16), proporciona un excelente parámetro para medir el período de expulsión del ventrículo izquierdo a partir de las curvas pletismográficas (16), y ha sido aplicado también en el presente estudio.

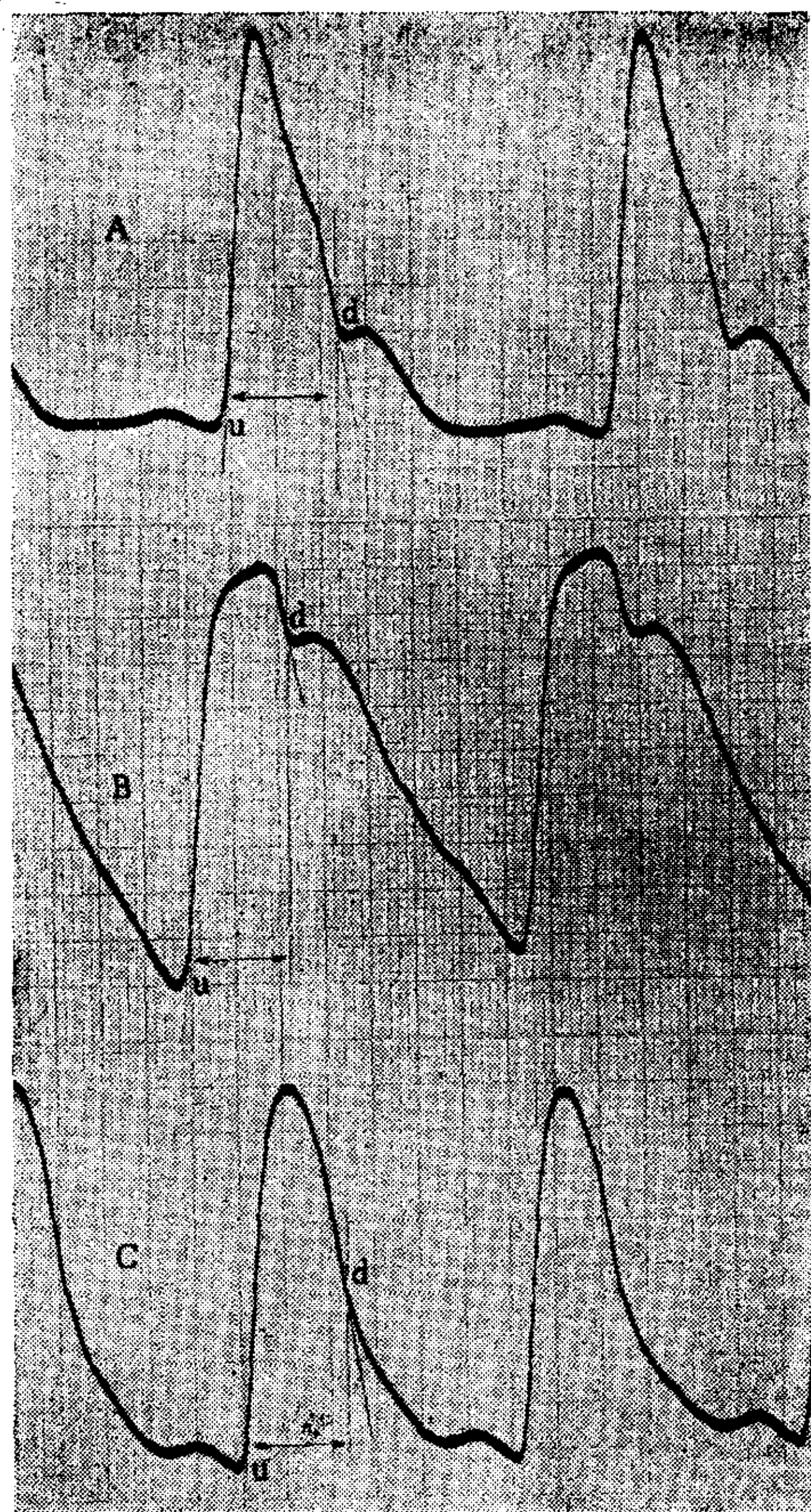
El pie de ascenso de la curva densitográfica se indica con la letra "u", y el punto análogo al de la incisura carotídea, con la letra "d".

El objeto de esta investigación es controlar la validez de la curva densitográfica para medir los intervalos sistólicos, cuando las curvas convencionales no se pueden obtener. Esta técnica permite practicar estudios fisiológicos incruentos durante la actividad física, en las pruebas de esfuerzo, en condiciones de vuelo y probablemente en la supervisión prolongada de enfermos en estado crítico, en los que la medición constante del período de expulsión, de la frecuencia cardíaca y de los cambios relativos de la circulación periférica, son de gran importancia.

## METODO

En este estudio se incluyeron 28 personas; sus edades oscilaban entre los 19 y los 81 años (media = 49). Once de ellas se consideraron libres de enfermedades cardiovasculares de acuerdo con criterios clínicos, radiológicos y electrocardiográficos. Los diagnósticos de los restantes se muestran en las Tablas I y II.

Veinteséis sujetos se estudiaron en posición acostada; sin avisarles previamente, se registró en forma simultánea y bajo respiración tranquila, el pulso carotídeo, el densitograma auricular, el electrocardiograma (derivación D<sub>2</sub>) y el fonocardiograma. Dos pacientes de este grupo padecían fibrilación auricular sin sig-



**Fig. 3.** — Técnica de la extrapolación: Los trazados A y B fueron obtenidos en el mismo sujeto en momentos diferentes y usando diferentes interruptores de baja frecuencia nominal. La curva A tiene una onda dicrota más baja, por la mayor atenuación de los componentes de baja frecuencia durante su registro. (Constantes de tiempo: en A, 0,17 seg.; en B, 0,13 seg.). Se trazan dos líneas de extrapolación: la primera prolongando hacia abajo la vertiente de ascenso rápido; se marca así el punto "u". La segunda, prolongando también hacia abajo la línea de descenso rápido; se marca así el punto "d", que precede inmediatamente a la onda dicrota y que corresponde a la incisura del trazado carotídeo. El trazado C fue obtenido de un paciente anciano con calcificaciones del cartilago de la oreja, y muestra severa atenuación de la curva con desaparición de la onda dicrota. En este caso la línea de extrapolación se traza también hacia abajo desde la terminación de la vertiente de descenso rápido. En cualquiera de los casos, el período de expulsión del ventrículo izquierdo es el lapso entre "u" y "d" (indicado por flechas).

nos de insuficiencia cardíaca congestiva; en ellos, se registraron gran número de latidos, con amplias variaciones en el período expulsivo y en la amplitud del pulso.

Dos adultos jóvenes normales fueron estudiados durante el ejercicio y en el

**TABLA I**

Grupo	Nº de latidos	Tiempo medio de expulsión del ventrículo izquierdo ± DS		Coefc. de correl. (r)
		Carótidograma	Densitograma	
Ritmo sinusal	120	265 ± 40	262 ± 41	0,99
Fibrilación auricular	69	188 ± 33	190 ± 36	0,98
Ejercicio	99	224 ± 39	223 ± 26	0,82
Toda la serie	278	232 ± 49	232 ± 45	0,95

**TABLA II**

GRUPO I

Edad	Sexo	Diagnóstico	Frec. cardíaca	Tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo (seg./1000)	
				Carótidograma	Densitograma
81	F	Sin enfermedad cardiovasc.	81	281	281
29	M	Sin enfermedad cardiovasc.	64	277	273
19	F	Sin enfermedad cardiovasc.	68	290	284
47	F	Sin enfermedad cardiovasc.	73	298	295
38	M	Sin enfermedad cardiovasc.	74	262	259
26	M	Sin enfermedad cardiovasc.	72	278	277
29	M	Sin enfermedad cardiovasc.	52	308	306
21	M	Sin enfermedad cardiovasc.	73	268	264
56	M	Sin enfermedad cardiovasc.	80	276	<b>273</b>
65	M	Cardiop, arteriosclerosa	88	287	280
40	M	Cardiop, arteriosclerosa	75	277	278
57	F	Cardiop. reumática	82	300	304
35	M	Cardiop. congénita	71	259	260
66	F	Pericarditis	102	232	224
68	F	Cardiop. arter. (digit.)	100	223	222
78	M	Alcohólico crónico	92	211	208
73	F	Cardiop. arter. (digit.)	101	235	233
66	F	Cardiop. arter.	45	345	342
40	M	Alcohólico crónico	92	264	264
42	M	Pericard. urém.	91	246	236
77	M	Cardiop. arter.	62	232	232
27	M	Cardiop. hipertens.	113	183	183
44	M	Arritmia sinus.	96	218	212
45	M	Cardiop. arter.	85	203	204

período de descanso subsiguiente. El ejercicio se practicó sentado en una bicicleta ergométrica con control de la frecuencia cardíaca.\* En ambos se obtuvo simultáneamente el carotidograma y el densitograma auricular. Se hizo un registro inicial cuando el sujeto se sentó en la

bicicleta; luego de comenzado el pedaleo, se tomaron curvas cada 30 segundos durante el período de carga (a una frecuencia cardíaca preelegida de 150 por minuto), y durante la mayor parte del período de recuperación.

**Instrumentos:** La mayoría de los trazados fueron tomados con un registrador

(\*) Warren E. Collins, Inc. Braintree, Mass.

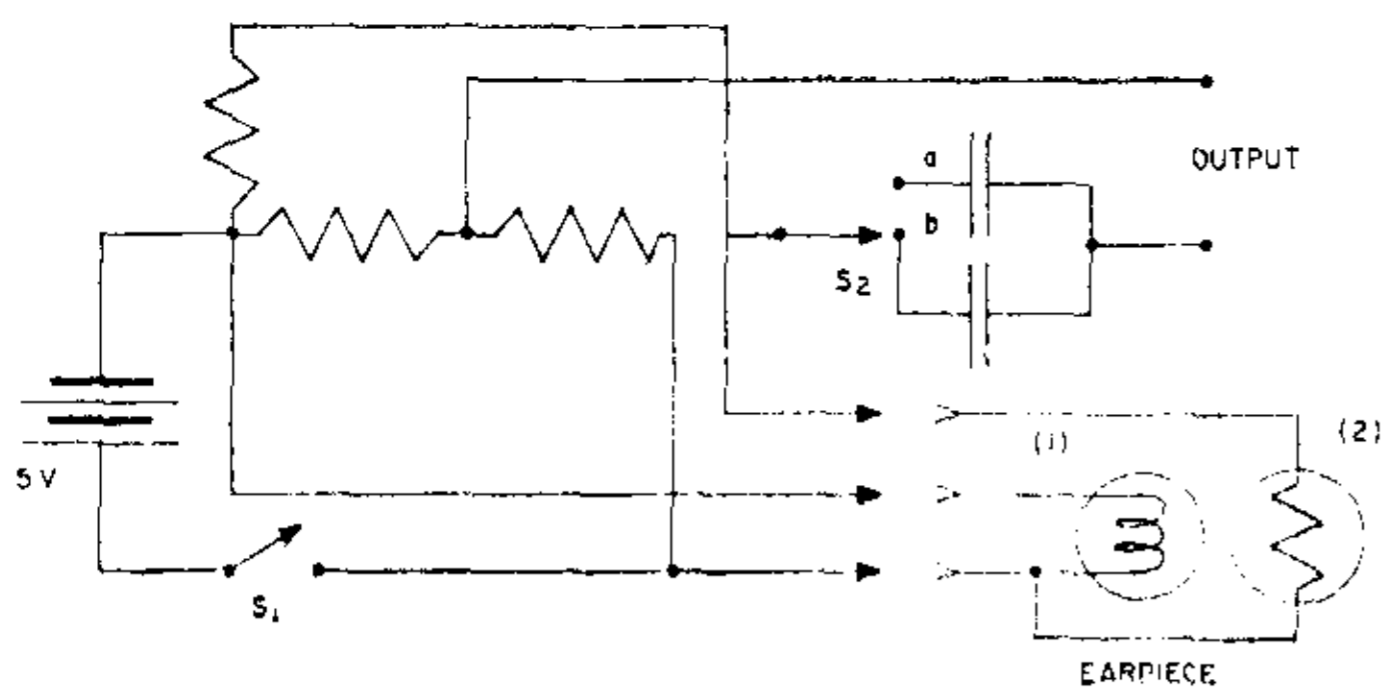


Figura 4

Diagrama esquemático del sistema densitográfico. una batería de 5 volts (5 V) alimenta el puente de Wheatstone y el foco luminoso (1), al cual se opone la fotocélula (2) de la pieza auricular. El conmutador  $S_2$  cambia la constante de tiempo del sistema entre 0,17 seg. y 1,3 seg. (Ver fig. 5).

fotográfico de 8 canales,\* a la velocidad de corrida del papel de 75 mm/seg. Uno de los registros durante el ejercicio, se obtuvo con un aparato de dos canales de inscripción directa\*\* a una velocidad de papel de 50 mm/seg. Para el pulso carotídeo, se empleó un transductor a cristal\*\*\* cuyo embudo de aluminio tenía una boca de 25 mm de diámetro y con un tubo de goma de 40 cm de longitud. La constante de tiempo del transductor era de 1,5 seg aproximadamente.

El densitograma auricular se obtuvo con un dispositivo fotoeléctrico\*\*\*\* (figura 1), provisto de un foco luminoso y un elemento fotoconductor (selenato de cadmio), ambos activados por la fuente de energía esquematizada en la figura 4. La fotocélula constituye una de las ramas de un puente de Wheatstone conectado con un pre-amplificador de pulso convencional.\*\*\*\*\* Este dispositivo mostró suficiente sensibilidad para obtener buenos trazados en individuos longevos con arterias carótidas anormales o con calcificación de los cartílagos de la oreja. La constante de tiempo del sistema podía ser variada de 0,17 a 1,3 seg., por medio de una llave (fig. 5). Una constante de tiempo corto proporciona una línea de base más estable durante el ejercicio, eliminando los artefactos por movimientos, sin detrimento en la medición de los intervalos.

La amplitud del densitograma es mayor en la fase inicial del registro. La estabilización se logra en los primeros cinco

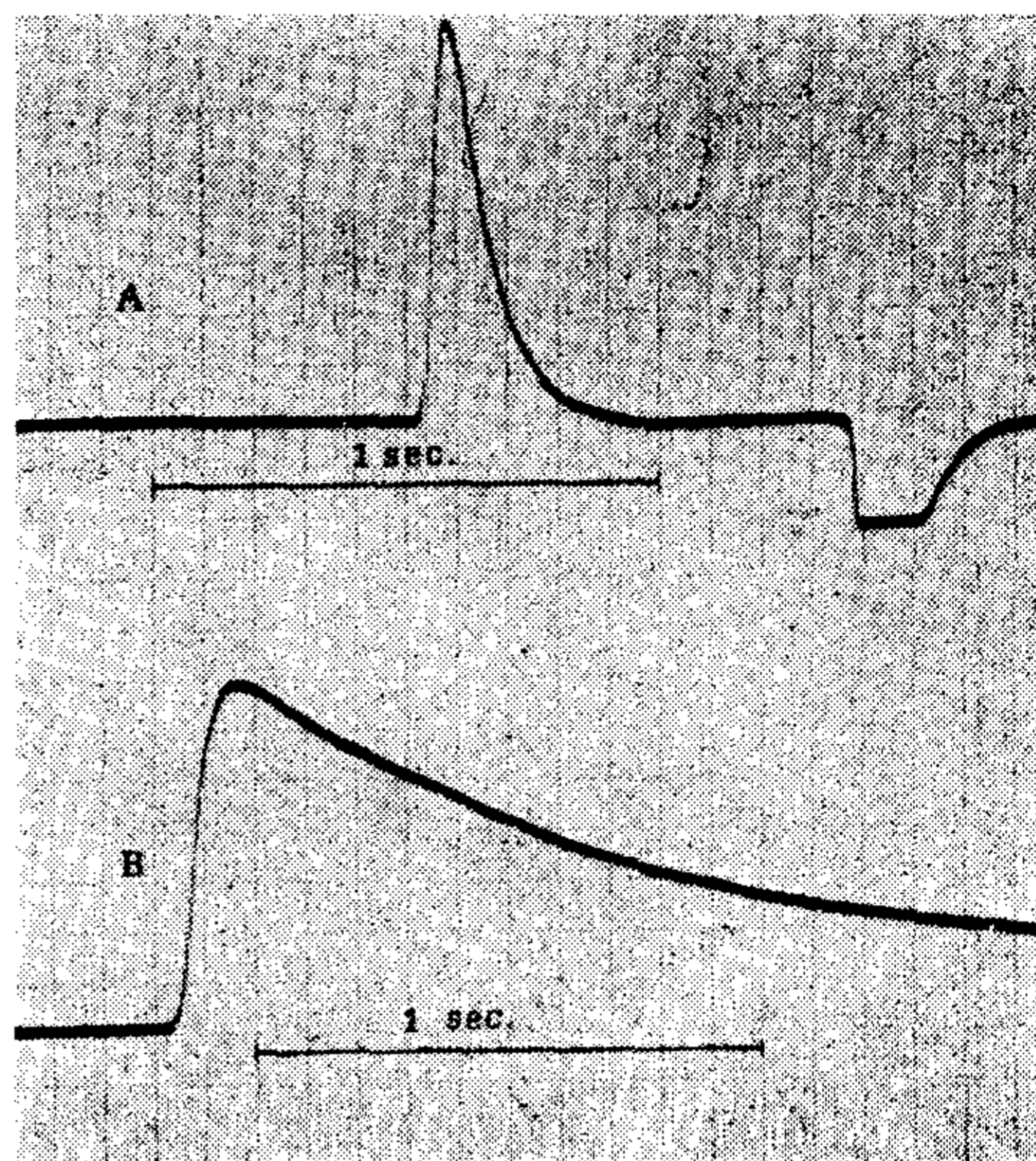


Fig .5. — Determinación de la constante de tiempo: Se mide desde el comienzo de la curva de calibración hasta que su altura alcanza la tercera parte del valor inicial. En A: 0,17 seg. En B: 1,3 seg.

minutos (fig. 6). Probablemente, esto está relacionado con la dilatación de los vasos de la oreja que produce el calor generado por el foco luminoso de la pieza auricular. Es necesario superar este período de ajuste cuando se practican mediciones de amplitud variable, como se hizo en los dos pacientes fibrilados (fig. 7) y durante la práctica de la prueba de Valsalva (fig. 8).

**Método de lectura.** Todos los trazados, excepto uno, fueron leídos por un observador. Para realizar el trabajo "a ciegas" se midió el período expulsivo en los densitogramas después de haber marcado todos los puntos "u" y "d" para cada pa-

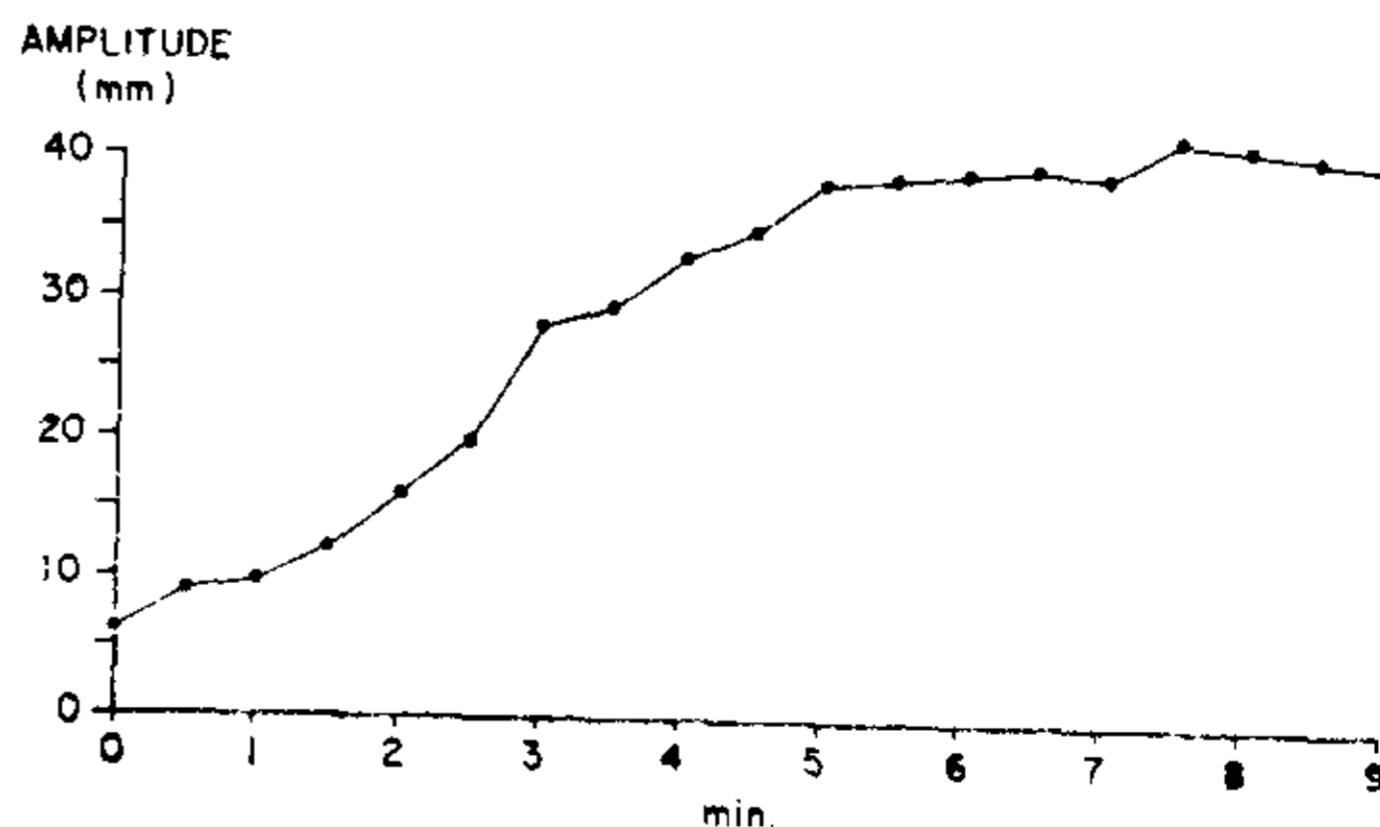
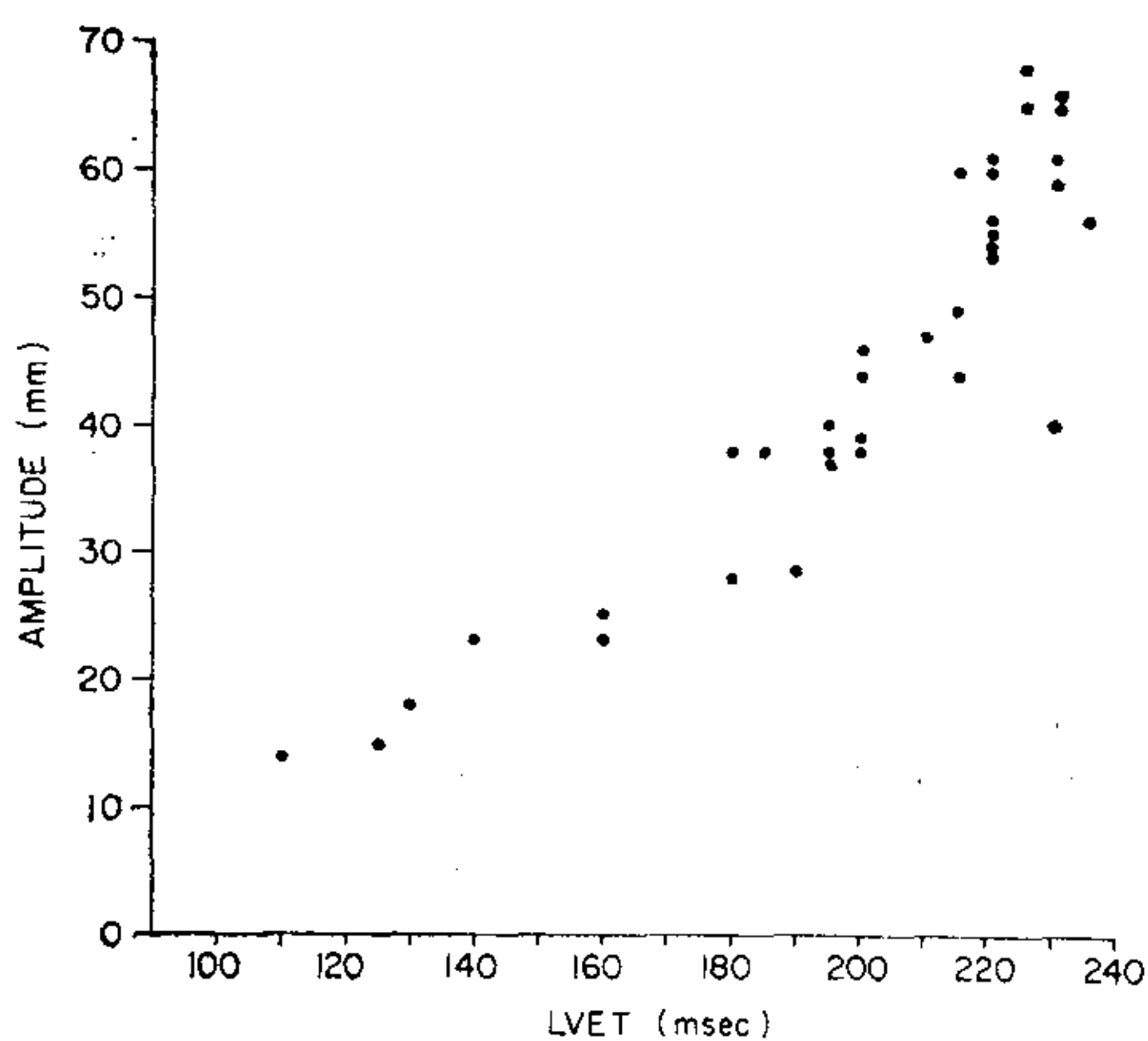


Figura 6

Período de estabilización de la curva densitográfica. La amplitud relativa de la curva aumenta desde el momento en que el foco luminoso de la pieza auricular se enciende, hasta más o menos 5 minutos después. Se requiere sobrepasar este período de calentamiento cuando deben ser medidas las variaciones de amplitud de la curva densitográfica.

(\*) Sanborn, mod. 568 - 100 A.  
 (\*\*) Hewlett Packard, mod. 7712.  
 (\*\*\*) Sanborn, mod. 374.  
 (\*\*\*\*) Hewlett Packard, mod. 780-16.  
 (\*\*\*\*\*) Hewlett Packard, mod. 350-2700 C.



**Figura 7**

**Correlación, latido por latido, entre la amplitud de la curva densitográfica y el período de expulsión, en un paciente con fibrilación auricular ( $r = 0,84$ ). En el otro paciente con la misma arritmia, el coeficiente de correlación fue de 0,96.**

ciente. La determinación del período expulsivo a partir del carotidograma fue hecha ignorando los valores hallados con la densitografía. En cada sujeto se midieron cinco latidos cuando el ritmo era sinusal, y 34 y 35 latidos en cada uno de los dos pacientes con fibrilación auricular. En los trazados de esfuerzo, se midieron y promediaron los valores de cinco latidos cada 30 segundos.

Uno de los trazados de esfuerzo (figura 9 A) fue dividido longitudinalmente en dos partes: una que contenía el carotidograma y la otra el densitograma; cada parte fue medida por un observador di-

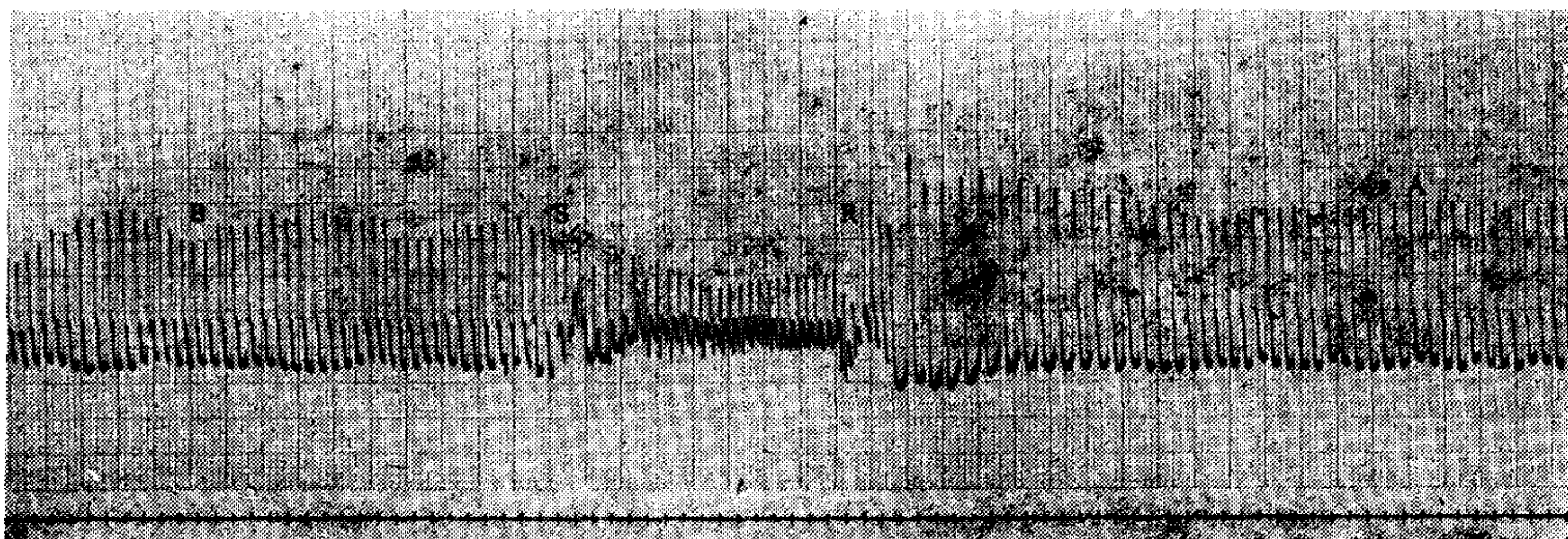
ferente. La diferencia entre los valores hallados entre múltiples observadores de un mismo trazado, es despreciable, tal como se demostró en estudios previos (16, 25).

La amplitud de la curva densitográfica fue determinada en los dos pacientes con fibrilación auricular, en los mismos latidos en que se midió el período expulsivo.

## RESULTADOS

La Tabla I enseña los resultados numéricos. La Tabla II muestra los valores medios del período expulsivo medidos a partir del pulso carotídeo y de las curvas densitográficas en un grupo de 24 sujetos estudiados en decúbito supino. La figura 10 muestra los valores de correlación ( $r = 0,99$ ) de 120 latidos.

**Ejercicio.** Cuando el período expulsivo se mide durante el ejercicio se observa buena correlación ( $r = 0,82$ ) entre los valores derivados del carotidograma y aquellos obtenidos a partir del densitograma. Las figuras 9 A y 9 B muestran las curvas después de promediar cinco latidos cada 30 segundos, durante el ejercicio sentado en la bicicleta ergométrica. La fig. 11 muestra la correlación de los períodos expulsivos. La curva densitográfica tiene una línea de base más estable, trazos menos distorsionados (fig 12) y da valores menos dispersos. La mayor variabilidad del trazado del pulso carotídeo se manifestó por una mayor



**Figura 8**

**Densitograma durante la maniobra de Valsalva. Paciente de 29 años, en posición sentada. La primera parte del trazado (B) corresponde a la inspiración. El punto S corresponde al comienzo de un esfuerzo de 40 mm Hg. durante 15 segundos. Al comienzo había bradicardia, que se sigue de taquicardia y disminución de la amplitud durante el esfuerzo. R señala la retoma de la respiración libre que determina aumento de la amplitud y disminución de la frecuencia de las ondas. Al fin del trazado hay un período de apnea (A) durante el cual no hay variación de la amplitud de las ondas. (Las marcas en la parte inferior del trazado corresponden a intervalos de un segundo.)**

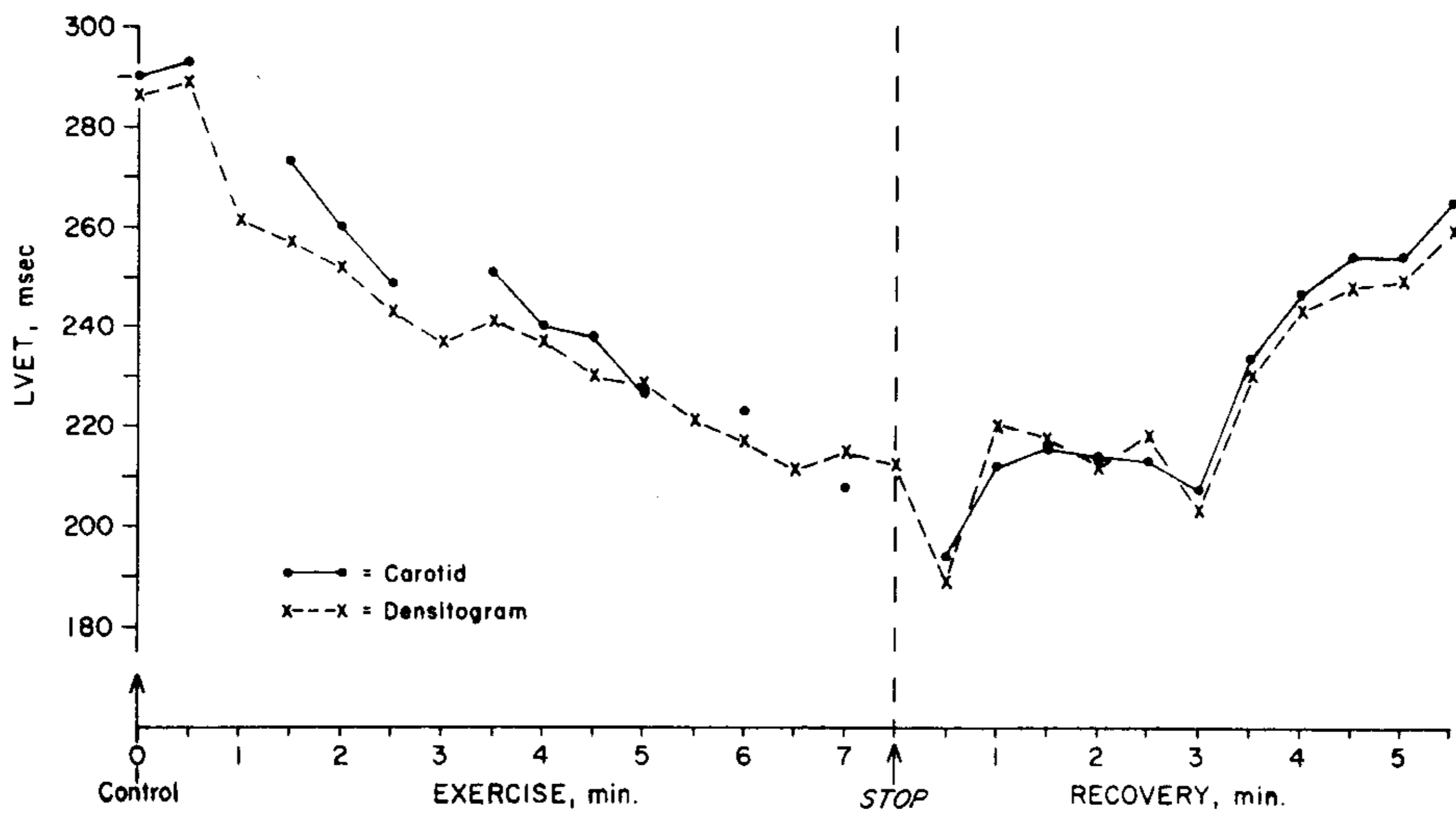


Figura 9 A

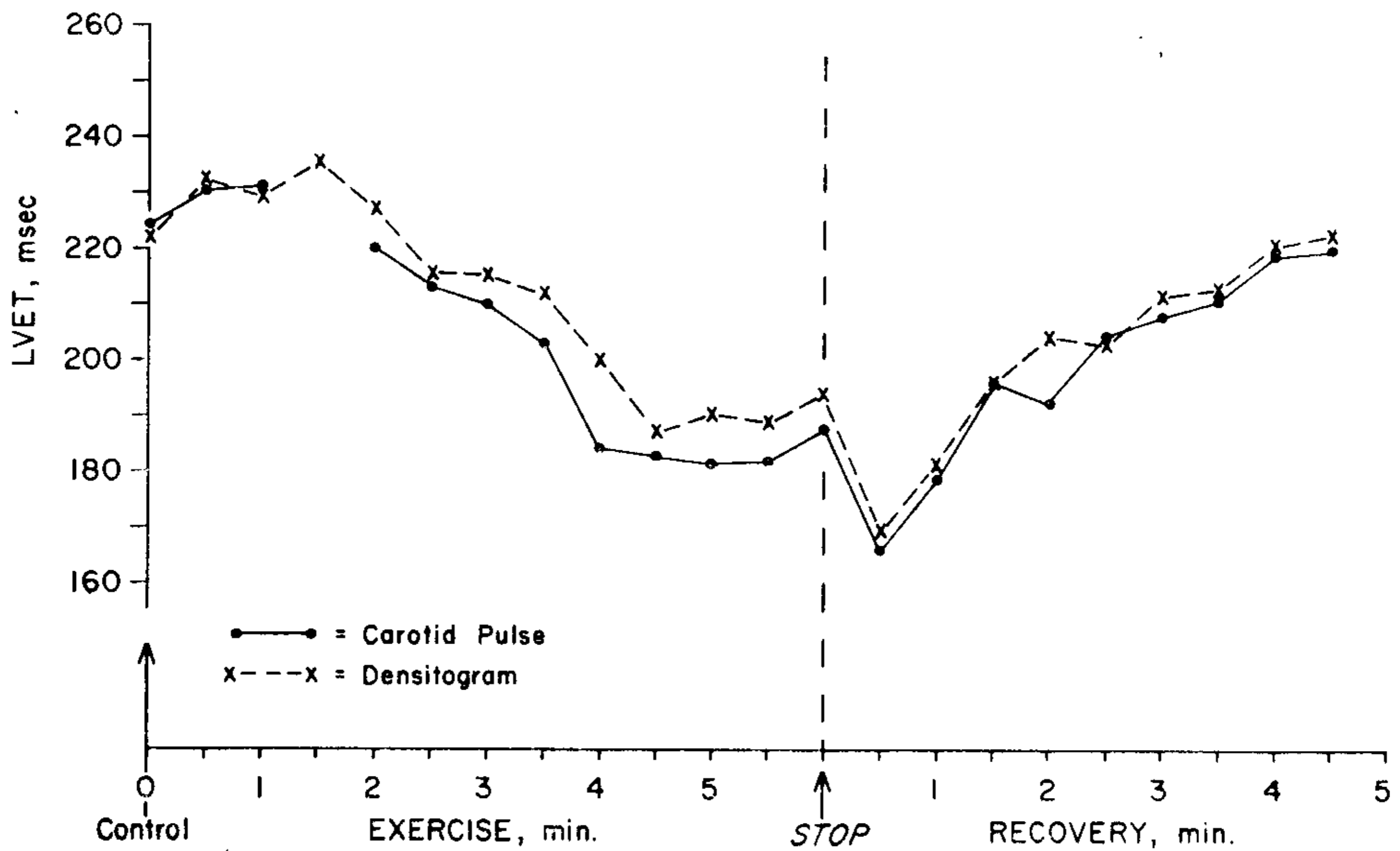


Figura 9 B

Densitografía auricular durante el ejercicio. Períodos de expulsión del ventrículo izquierdo medidos cada 30 segundos (promedio de 5 latidos), en dos sujetos normales, durante el esfuerzo y hasta cinco minutos después de su terminación. (LVET = tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo, en milisegundos.)

desviación standard (Tabla I) que fue significativamente diferente ( $P < 0,001$ ) de la de los trazados densitográficos, lo que probablemente refleje mayor error en las mediciones sobre el pulso carotídeo, que fueron a veces muy difíciles de precisar. (Fig. 12). Las figuras 9 A y 9 B muestran los cambios típicos del período de expulsión (no corregidos para la frecuencia cardíaca) que se ven durante el

ejercicio sentado y que fueron descriptos ya para el sujeto normal (19).

**Fibrilación auricular.** Se midieron 69 ciclos en dos pacientes con fibrilación auricular. La fig. 13 muestra la correlación de los períodos de expulsión medidos en los trazados carotídeo y densitográfico. ( $r = 0,98$ ). No se encontró diferencia estadísticamente significativa

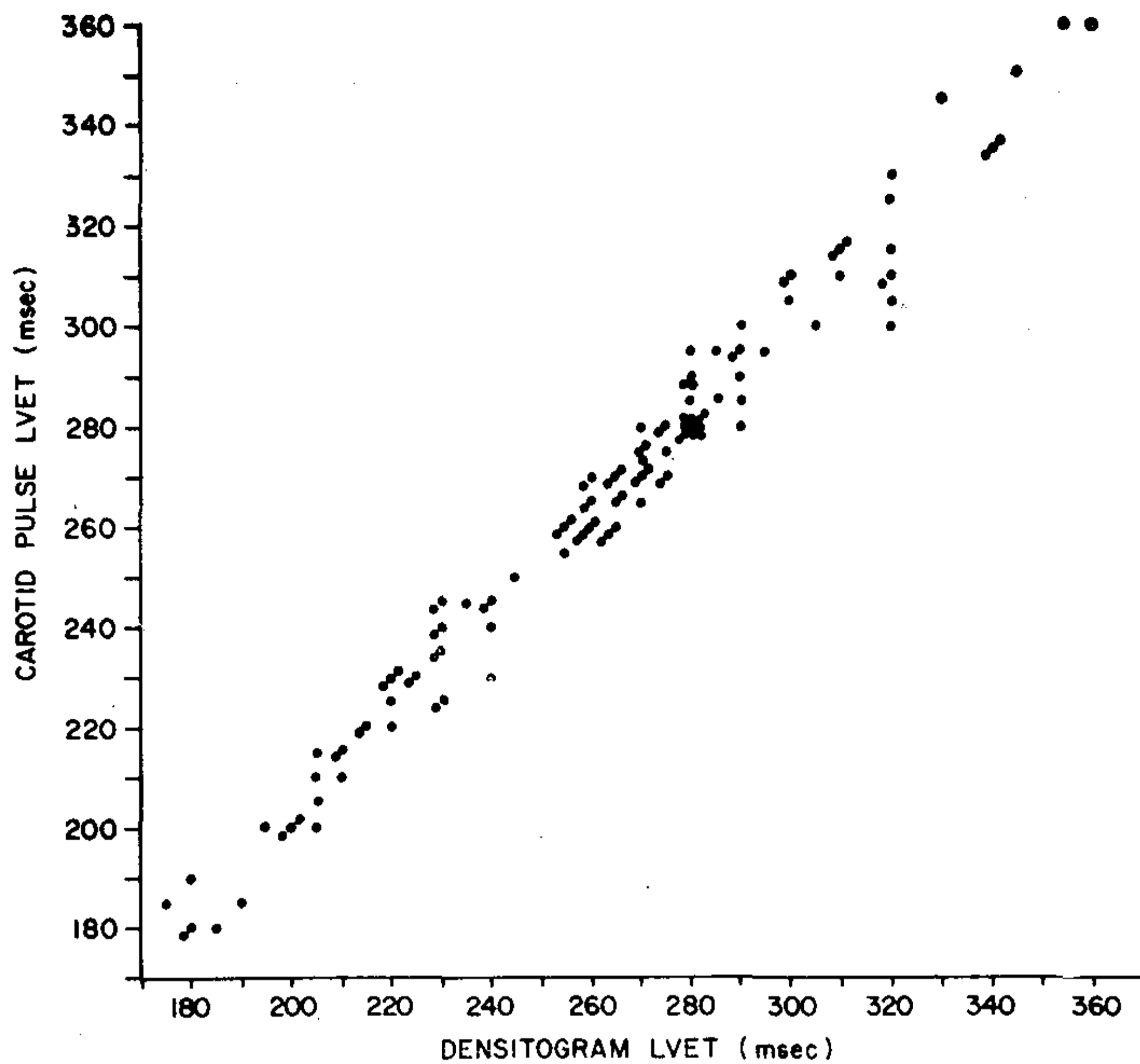


Figura 10

Correlación entre los valores del tiempo de expulsión del V.I. deducidos del pulso carotídeo (en abscisas) y del densitograma auricular (en ordenadas) en personas con ritmo sinusal. El coeficiente de correlación fue excelente ( $r = 0,99$ ) y no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos ( $P > 0,5$ ).

( $P > 0,5$ ) entre los períodos expulsivos medidos con ambos métodos, en ninguno de los grupos estudiados.

El análisis combinado de los tres grupos dio un coeficiente de correlación de 0,97.

**Amplitud vs. tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo.** En ambos pacientes fibrilados se correlacionó, latido a latido,

los correspondientes períodos de expulsión con la amplitud del trazado densitográfico, medido desde el punto de ascenso hasta el pico máximo; se encontraron buenos valores de  $r$  (0,84 y 0,96).

No fue posible calibrar el instrumento en el sentido de obtener medidas absolutas de la densidad óptica del pabellón de la oreja con cada latido cardíaco para hacer comparaciones en el mismo sujeto;

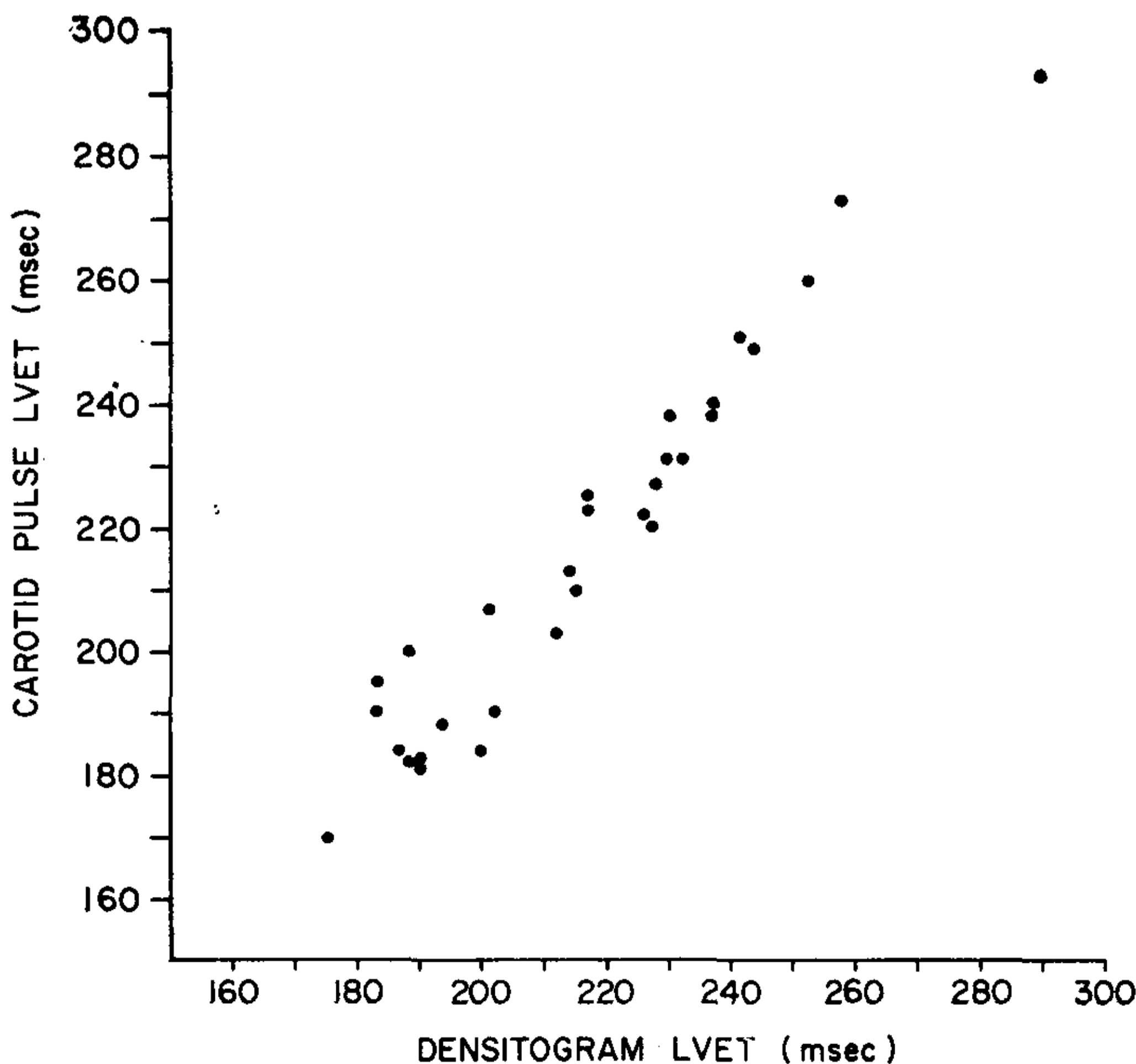


Figura 11

Correlación entre los períodos de expulsión obtenidos por trazados carotídeos y los derivados de curvas densitográficas, en dos personas durante el ejercicio en la bicicleta ergométrica. Los valores de control y los posteriores al ejercicio no fueron incluidos. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos, y el coeficiente de correlación fue de 0,82.



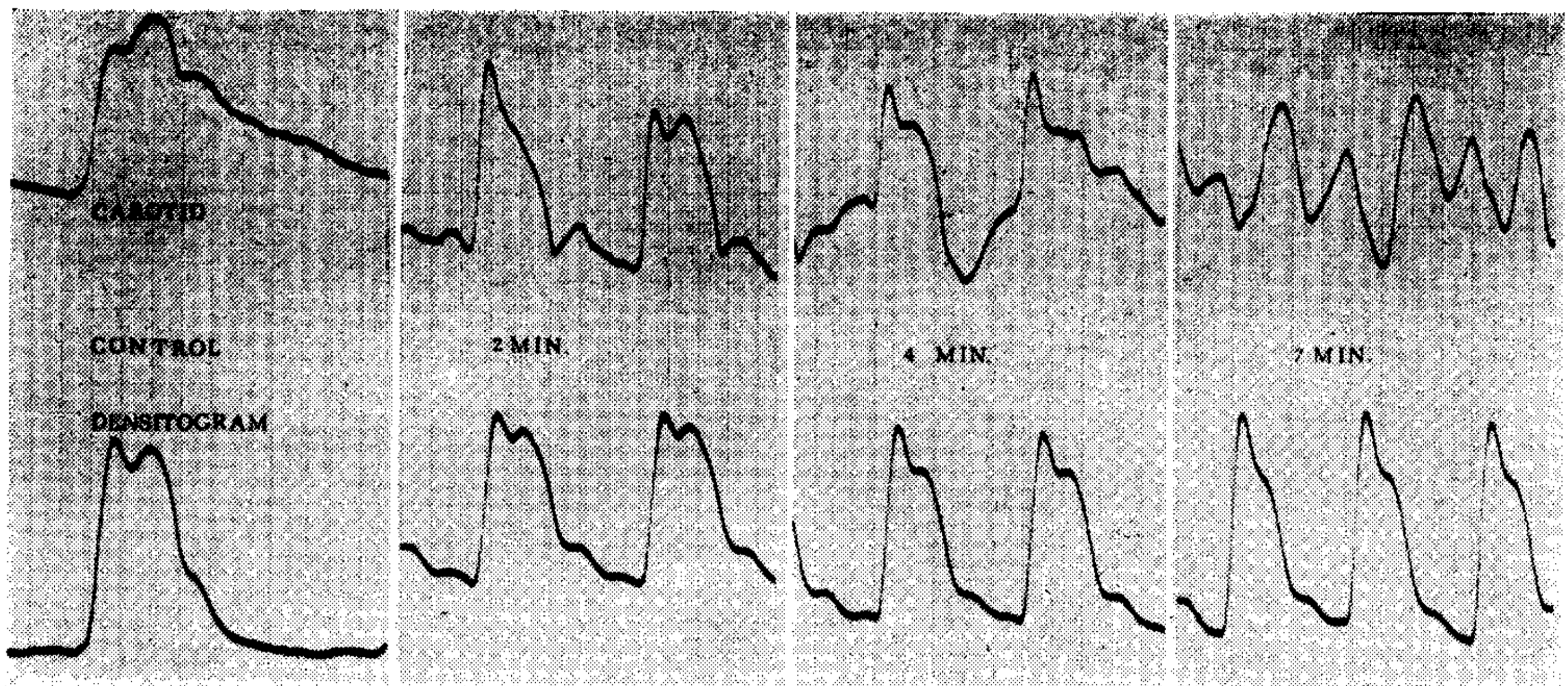


Fig. 12. — Curvas del pulso carotídeo y densitogramas auriculares obtenidos "durante el ejercicio", con un polígrafo de inscripción directa de dos canales, a la velocidad de 50 mm/seg. La distorsión de la curva en los trazados del pulso carotídeo se debe al movimiento del sujeto, y aumenta al final de la prueba (7 minutos) cuando los signos de fatiga eran claros. Durante el ejercicio el preamplificador del pulso carotídeo fue graduado a 1,5 Hz. con el interruptor de baja frecuencia para tratar de obtener mayor estabilización de la línea de base. Esto explica la amortiguación de las ondas dicrotas durante el ejercicio en la curva del pulso carotídeo. Los trazados densitográficos muestran una línea de base estable, y curvas no distorsionadas.

pero, tan pronto como la curva se estabilizaba (lo que ocurría después de alrededor de cinco minutos), la amplitud permanecía inalterable por períodos de tiempo relativamente largos en sujetos que habían alcanzado una situación de estabilidad en su sistema cardiovascular; esto permitió el empleo de la densitografía para estudiar el efecto de tests como el de Valsalva (fig. 8), durante el cual la modificación de la amplitud de

la curva corresponde a los cambios esperados en la duración de la expulsión ventricular (21).

## DISCUSION

El hecho de haber encontrado una buena correlación ( $r = 0,97$ ), con diferencias despreciables desde el punto de vista estadístico, entre los valores del pe-

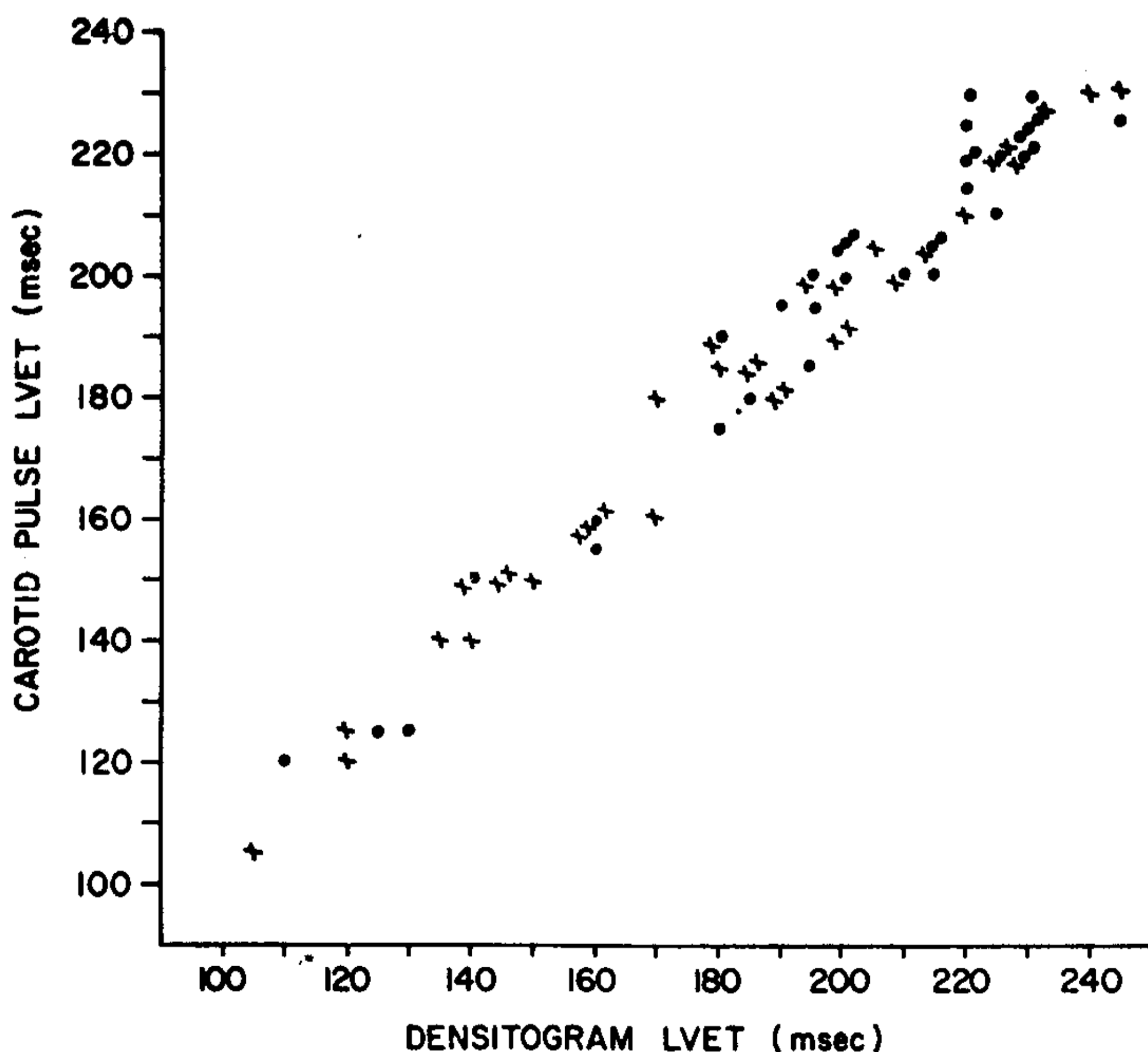


Figura 13

Correlación entre los valores del tiempo de expulsión derivados de trazados del pulso carotídeo, y los obtenidos por densitografía, en dos pacientes con fibrilación auricular. (Los puntos representan los valores de un paciente, y las cruces del otro.) No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos ( $P > 0,5$ ), y el coeficiente de correlación fue de 0,98.

(LVET = tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo.

río de expulsión del ventrículo izquierdo medidos a partir del pulso carotídeo y aquellos determinados sobre la curva densitográfica auricular, significa que ambos métodos pueden ser empleados indistintamente para obtener una onda del pulso arterial a partir de la cual se puedan medir intervalos de tiempo de la sístole ventricular izquierda.

Se encontraron valores de correlación menores en el grupo de sujetos estudiados durante el ejercicio, cuando se los comparó con los registrados en decúbito supino. Esto se debe, probablemente, al hecho de que, durante el ejercicio, el trazado del pulso carotídeo estaba a menudo marcadamente alterado por el movimiento (fig. 12), y por lo tanto no se lo podía comparar con el densitograma obtenido simultáneamente. Se encontró, en efecto, una desviación standard mayor entre los valores derivados de los carotidogramas, significativamente diferente ( $P < 0,001$ ) de la correspondiente a los valores derivados de los densitogramas.

Inmediatamente después del ejercicio (primeros 30 a 60 segundos) se notó una breve disminución del período expulsivo (fig. 9 A y 9 B), probablemente a causa de la rémora venosa en las extremidades, con la consecuente reducción del volumen sistólico. Debido al escaso número de individuos sometidos al ejercicio, no se intentó ninguna confirmación estadística sobre este particular.

La información bibliográfica es muy reducida en lo que respecta a la aplicación de técnicas incruentas durante el ejercicio, para evaluar la función ventricular izquierda (19, 22). Casi todos los trabajos con curvas de pulso han sido efectuados en el período post-esfuerzo, colocando frecuentemente al sujeto en una posición corporal distinta de la que adoptaba durante el ejercicio (23).

Parece que la técnica de extrapolación sobre curvas obtenidas por el método densitográfico, es la más apropiada para determinar el tiempo de expulsión del ventrículo izquierdo durante el ejercicio. La medición de otros intervalos (períodos preexpulsivo, fase isovolumétrica sistólica, tiempo de transmisión del pulso), puede ser efectuada fácilmente una vez que se ha establecido sobre la onda del pulso, el comienzo y el final de la expulsión, y se los relaciona con los puntos correspondientes de fonocardiogra-

mas y electrocardiogramas obtenidos simultáneamente.

El control continuo de estos intervalos de tiempo en los pacientes de unidades coronarias, puede aportar una importante ayuda para el monitoreo de la función ventricular izquierda y su respuesta al tratamiento. Además, la pieza auricular del dispositivo empleado, liviana y pequeña, puede dejarse largo tiempo en su sitio, sin molestias para el paciente.

## CONCLUSIONES

Las curvas densitográficas obtenidas en el pabellón de la oreja constituyen un sustituto excelente para medir intervalos del ciclo cardíaco cuando no se puede recurrir al trazado del pulso carotídeo y es, además, la curva de pulso periférico ideal para efectuar mediciones fisiológicas durante el esfuerzo ininterrumpido. La muy alta correlación encontrada entre la duración de la expulsión y la amplitud del densitograma, sugiere la posibilidad de que se puedan deducir cambios en el volumen sistólico (reflejados por el tiempo de expulsión) de la altura de la curva en un individuo dado.

La técnica de extrapolación para ubicar los puntos de comienzo y de fin de la expulsión ventricular en curvas amortiguadas del pulso periférico (como el densitograma o el pletismograma), constituye probablemente el único medio para determinar, en tales curvas, parámetros temporales de la función cardíaca.

## BIBLIOGRAFIA

1. Spodick, D. H. & Kumar, S.: Left Ventricular Ejection period. Amer. Heart J., 76: 70, 1968.
2. Weissler, A. M.; Peeler, R. G. & Roehl, W. H.: Relationships between left ventricular ejection time, stroke volume and heart rate in normal individuals and patients with cardiovascular disease. Amer. H. J., 62: 376, 1961.
3. Harrison, T.R.; Dixon, K.; Ruseell, Jr., R. O.; Bidwai, P. S. & Coleman, H. N.: The relation of age to the duration of contraction, ejection and relaxation of the normal human heart. Am. Heart J., 67: 189, 1964.
4. Meyer Heine, A.; Malarosse, M. & Goas, Ly.: Measures, analyse du sphygmogramme carotidien et parametres de la circulation systemique. Arch. des Mal. Coeur et des Vaiss., 60: 551, 1967.
5. Stafford, R. W.; Harris, W. S.; Weissler, A. M.: Left ventricular systolic time intervals as indices

- of postural circulatory stress in man. *Circ.*, 41: 485, 1970.
6. Luomanmaki, K. & Heikkila, J.: Duration of left ventricular mechanical systole in healthy men aged 45 to 64 years. *Ann. Clin. Res.*, 1: 156, 1969.
  7. Kumar, S. & Spodick, D. H.: Study of the mechanical events of the left ventricle by atraumatic techniques: Comparison of methods of measurement and their significance. *Am. Heart J.*, 80: 401, 1970.
  8. Gibney, J. P.; Sutton, G. G.; McEwen, E. G.: Time intervals of the cardiac cycle in several forms of organic heart disease other than mitral stenosis. *Am. J. Med. Sci.*, 241: 503, 1961.
  9. Agress, C. M.; Wegner, S.; Nakakura, S.; Lehman, E. H.; Chair, L.: Comparison of the ejection time in heart rate relationship in normal and ischemic subjects. *Jap. Heart J.*, 6: 498, 1965.
  10. Shaver, J. A.; Kroetz, F. W.; Leonard, J. J. & Paley, H. W.: The effect of steady state increases in systemic arterial pressure on the duration of left ventricular ejection time. *J. Clin. Invest.*, 47: 217, 1968.
  11. Penati, F. & Simeoni, O.: Il tempo di tensione e di espulsione della sistole cardiaca in funzione della frequenza nell'uomo ad apparato cardiovascolare normale. *Arch. Sci. Med.*, 77: 121-146, 1944.
  12. Wiggers, C. J.: Studies on the consecutive phases of the cardiac cycle and the criteria for their precise determination. *Am. J. Phys.*, 56: 415, 1921.
  13. Braunwald, E.; Moscovitz, H. L. et al.: Timing of electrical and mechanical events of the left side the human heart. *J. Appl. Phys.*, 8: 309, 1955.
  14. Rush, C. A.; Leighton, R. F.; Fontana, M. E. & Weissler, A. M.: Verification of systolic time intervals and the true isovolumic contraction time from the apexcardiogram by micromanometer catheterization of the left ventricle and aorta. *Circ. (Suppl. III)*, 42: 121, 1970.
  15. Cossio, P.; Cossio, P. M. & Cossio, P. R.: Kinetocardiovision y Kinetocardioestetoscopio. *Pren. Med. Argent.*, 54: 1216, 1967.
  16. Chirife, R.; Pigott, V. M. & Spodick, D. H.: Medición del tiempo de evacuación del ventrículo izquierdo por medio de la pletismografía digital. *Rev. Arg. Cardiol.*, 39 (Nº 4): 219, 1971.
  17. Martin, C. E.; Shaver, J. A.; Thompson, M. E. & Leonard, J. J.: Correlation of external and internal indices of ventricular function in man. *Circ. (Suppl. III)*, 42: 121, 1970.
  18. Robinson, B.: The carotid pulse. II: Relation of external recordings to carotid, aortic and brachial pulses. *Brit. Heart J.*, 25: 61, 1963.
  19. Pigott, V. M.; Spodick, D. H.; Rectra, E. H. & Khan, A.: Cardiocirculatory responses to exercise: Physiologic studies by noninvasive techniques. In Press. *Amer. Heart J.*
  20. Hocherman, S. & Palti, Y.: Correlation between blood volume and opacity changes in finger. *J. Appl. Physiol.*, 23: 157, 1967.
  21. Flessas, A. P.; Kumar, S. & Spodick, D. H.: Effects of the Valsalva maneuver on the cardiac systolic intervals: beat-to-beat versus timed analysis. *Am. Heart J.*, 80: 522, 1970.
  22. Bowen, W. P.: Changes in heart rate, blood pressure and duration of systole resulting from bicycling. *Am. J. Physiol.*, 11: 59, 1904.
  23. Nakakura, S.; Wegner, S. & Agress, C. M.: Influence of heart rate on the phases of left heart cycle in exercise. *Jap. Heart J.*, 6: 104, 1965.
  24. Spodick, D. H.; Kumar, S.; Flessas, A. P.; Sriratanaban, A. D.; Sosler, G.; Klints, R. V. and Muench, H.: Relationship of Paper Speed to Precision of Pulse Wave Measurements: A Multiple Observer Study of Left Ventricular Ejection Time. *Aerospace Medicine*, 40: 707, 1969.