

# Ecocardiografía

Por el Dr. BERNARD L. SEGAL \*

Keidel (1) en 1950 fue el primer autor que empleó el ultrasonido en cardiología, cuando intentó medir los cambios de volumen del corazón durante el ciclo cardíaco, dirigiendo un haz de ultrasonido a través del tórax para detectar las variaciones de intensidad del haz ultrasónico que llegaba al receptor ubicado en la pared opuesta del tórax. Posteriormente Edler y sus colaboradores (2-4), emplearon la técnica del ultrasonido reflejado para registrar los ecos ultrasónicos producidos por la válvula mitral y detectar enfermedades de la misma. Ellos describieron una morfología ecocardiográfica mitral en sujetos normales y alteraciones características de ese patrón en pacientes con estenosis mitral. Sus conclusiones fueron subsiguientemente confirmadas por otros investigadores (5-9).

Actualmente se sabe que la técnica del ultrasonido reflejado es útil en la valoración clínica de pacientes con enfermedad mitral combinada (2, 4, 6-10), insuficiencia mitral (2, 6-11), estenosis tricuspídea (12), derrames pericárdicos (13-15), derrame pleural (16), estenosis muscular subaórtica (17), embolia de pulmón (18), tumores auriculares y trombos (3, 8, 19-21), enfermedad cardíaca congénita (22) y aneurisma de la aorta abdominal (23, 24). La técnica también ha sido empleada en estudios de válvulas artificiales (25) y para medir las dimensiones de la aurícula izquierda (26), el volumen expulsivo del ventrículo izquierdo (27) y el espesor de la pared ventricular izquierda (28).

\* Profesor asociado de Medicina del Hahnemann Medical College. Philadelphia, Estados Unidos.

Presentado en el VIII Congreso Argentino de Cardiología en la ciudad de Córdoba del 6 al 12 de julio de 1969.

## PRINCIPIOS

El registro gráfico de ecos ultrasónicos se usa en numerosos campos, incluyendo la valoración de la homogeneidad de metales, estudiando el lecho de los océanos y la función cardiovascular. Los principios empleados son relativamente simples. Cuando una corriente alternante pasa a través de un cristal piezoeléctrico, éste genera ondas de vibración de frecuencia similar a la de la corriente eléctrica. En consecuencia, si se usa una corriente alternante de elevada frecuencia, la frecuencia de las vibraciones producidas es también elevada, pudiendo superar ampliamente el límite superior del sonido audible por el oído humano. Este tipo de sonido se conoce con el nombre de ultrasonido. Cuando un haz de vibraciones ultrasónicas atraviesa los límites entre estructuras o tejidos de diferente densidad acústica, parte de la energía vibracional será reflejada hacia la fuente de origen de las mismas. El retorno de los ecos es detectado por el mismo cristal, que también actúa como receptor en los períodos de reposo ubicados entre sus breves emisiones ultrasónicas. El haz ultrasónico debe ser dirigido perpendicularmente con respecto a los límites entre tejidos de diferente estructura que se estudian, si se pretende que parte de esa energía retorne al cristal emisor en forma de ecos. La amplitud del eco depende, entre otros factores, de la diferencia en resistencia acústica existente entre los tejidos cuyos límites han sido identificados por el método ultrasónico.

## TECNICA

El paciente debe estar en decúbito supino, con el transductor aplicado a la pared del tórax, a nivel del 3º ó 4º

espacio intercostal izquierdo, a una distancia oscilante entre 1 y 5 cm del borde esternal y dirigido adecuadamente para encontrar las estructuras que se desean identificar, por ejemplo la valva mitral anterior o la pared posterior del corazón.

Se debe emplear una sustancia hidrosoluble entre la pared del tórax y el transductor a fin de asegurar un contacto adecuado. El aparato comercial que nosotros empleamos transmite pulsos de ultrasonido de 2,25 megaciclos de frecuencia y 1 microsegundo de duración. El aparato envía mil emisiones por segundo. Entre estos breves períodos de actividad el cristal permanece en reposo y es justamente en estos momentos que actúa como receptor detectando los ecos que se producen en los límites de los tejidos en estudio.

El ecocardiograma puede demostrarse en varias formas. Una de ellas, conocida con el nombre de modalidad "A", demuestra profundidad de las estructuras en estudio en la distancia representada en el eje horizontal de la pantalla osciloscópica. La profundidad en realidad se determina electrónicamente, al conocerse el tiempo empleado por el ultrasonido desde el momento de su emisión hasta el momento de su retorno al transductor en forma de eco. El eje vertical de la pantalla osciloscópica representa la amplitud de los ecos producidos por tejidos ubicados a distintas profundidades. Es más común, sin embargo, que el ecocardiograma se demuestre empleando una técnica más completa que permite un estudio dinámico de las distintas estructuras en observación durante el ciclo cardíaco. Esta técnica se conoce con el nombre de modalidad "B" y se caracteriza por permitir el registro continuo de los ecos durante varios ciclos cardíacos. Los ecos que retornen de las estructuras en estudio aparecen representados en forma de ondas en la pantalla osciloscópica. Ambas modalidades de representación, es decir, la modalidad "A" y la "B" pueden ser fotografiadas en la pantalla osciloscópica en forma intermitente o continua. También es posible seleccionar una de las estructuras que producen ecos y registrar el movimiento de la misma simultáneamente con algún otro parámetro de reparo como el electrocardio-

grama o el fonocardiograma. (Presentación "directa".)

Aunque la mayoría de los equipos comerciales empleados en ecocardiografía son básicamente similares, cada médico que practica esta técnica debe estar completamente familiarizado con su aparato, sus características de diseño y operacionales tales como frecuencia, duración de los pulsos ultrasónicos y tamaño del transductor. Se deben realizar pruebas cuidadosas con el ecocardiógrafo a fin de obtener una calibración apropiada del mismo. El conocimiento exacto de los límites de sensibilidad de estos aparatos no solamente incrementa la certeza de los resultados obtenidos con los mismos sino que también hace posible una correlación más adecuada de los resultados obtenidos por diversos grupos de investigadores.

Aunque el costo inicial del equipo es relativamente elevado, éste es compacto y ocupa poco espacio. Se necesita un médico que aplica un transductor a la pared del tórax y un técnico entrenado, capaz de obtener el registro de las ondas. El médico debe estar adecuadamente entrenado para eliminar los artefactos, reconocer la falta de retorno de algunos ecos, y medir la velocidad del movimiento de la válvula mitral analizando el registro ecocardiográfico. Una vez que se haya reunido estas condiciones de eficiencia, se puede realizar un examen satisfactorio, ya sea en búsqueda de derrame pericárdico o de anomalías del movimiento de la valva mitral anterior en un período no mayor de 15 a 20 minutos y al lado de la cama del enfermo.

#### DIFICULTADES TECNICAS

Si el paciente es obeso, existe desplazamiento cardíaco o procedimientos quirúrgicos previos o enfisema, el ecocardiograma puede ser difícil de obtener. La morfología de las curvas obtenidas al estudiar la valva mitral anterior pueden variar considerablemente de ciclo en ciclo y pequeños cambios de la angulación del transductor sobre el tórax, pueden producir modificaciones significativas de las ondas registradas. El movimiento del tabique interventricular, de los músculos papilares, de las cuerdas tendinosas o aún del anillo mitral



puede a veces confundirse con el de la válvula mitral anterior. El fenómeno de "Dropout" consiste en la falta de retorno de algunos ecos originados en diversas estructuras; es un hecho común en el uso de estas técnicas. Estas dificultades hacen que se requiera considerable experiencia a fin de realizar la apropiada selección y análisis en los ecocardiogramas obtenidos.

ECOCARDIOGRAMA MITRAL NORMAL

El típico ecocardiograma mitral normal en presentación "B", tiene dos picos de movimiento anterior (convencionalmente aparecen como desplazamientos hacia arriba en el registro gráfico), las ondas "A" y "B", también designadas como picos 1 y 4 (fig. 1). La onda "A" (Pico 1) ocurre inmediatamente después de la onda P del E.C.G. y desaparece en caso de fibrilación auricular. Ella se produce por el movimiento anterior final de la valva mitral anterior producida por la sístole auricular. Ocurre sincrónicamente con los soplos presistólicos y con el galope auricular. La amplitud de la onda "A" aumenta cuando el intervalo PQ es muy corto o cuando hay ritmo nodal; por el contrario su amplitud decrece en pacientes con estenosis mitral severa. Luego de la onda "A", durante el período

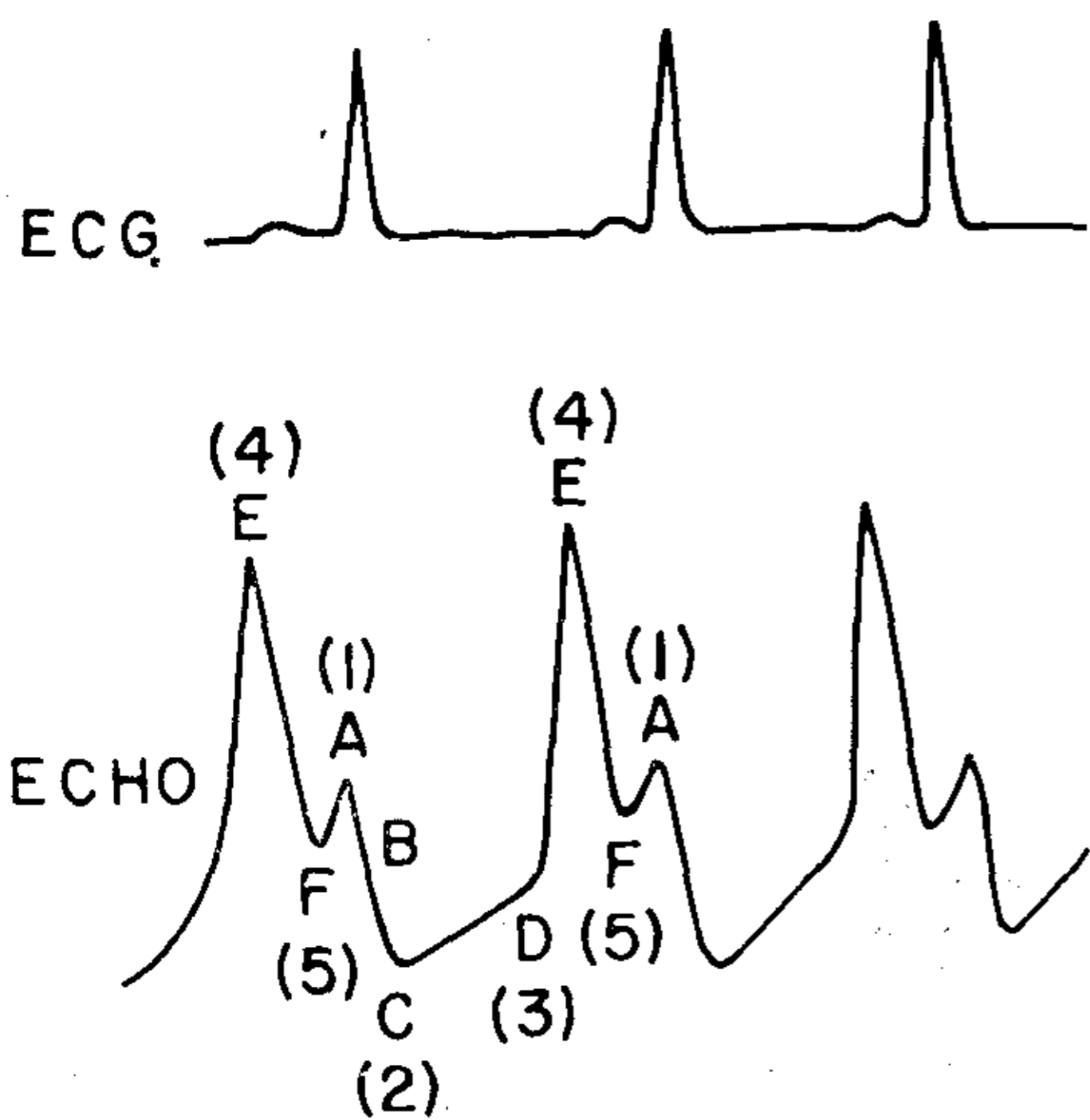


Fig. 1.—Ecocardiograma mitral normal con electrocardiograma simultáneo. El desplazamiento hacia arriba en la figura corresponde a movimiento hacia adelante de la valva mitral anterior. Las ondas del ecocardiograma aparecen indicadas con letras y números (ver el texto).

inicial de la contracción isovolumétrica ventricular izquierda, las valvas se mueven rápidamente hacia su posición más posterior (punto "C" o punto 2). Durante la eyección ventricular y la relajación isovolumétrica ocurre un movimiento gradual hacia adelante desde el punto "C" (2) hasta el punto D (3), el que ocurre cuando la válvula mitral se abre. Después del punto D (3) la válvula mitral anterior se mueve rápidamente hacia adelante hasta alcanzar el pico E (4) que revela la posición más anterior de la valva y que coincide en el chasquido de apertura si éste estuviese presente. La onda E (4) de sujetos normales tiene una amplitud variable entre 24 y 30 mm y es de baja intensidad (trazada de líneas delgadas) a causa de la delgadez de la valva mitral anterior normal. Durante la fase de llenado ventricular rápido, la valva anterior se mueve bruscamente hacia atrás desde el pico E (4) hasta el punto F (5). En sujetos normales la velocidad del movimiento posterior o declinación de la valva mitral desde el punto E (4) hasta el punto F (5) oscila entre 70 y 150 mm/seg.

ENFERMEDAD VALVULAR MITRAL

La aplicación clínica de la técnica del ultrasonido reflejado en la valoración de la estenosis mitral solitaria (fig. 2) ha sido perfectamente establecida. La onda A (1) se encuentra ausente en pacientes con fibrilación auricular. En pacientes con estenosis mitral severa la onda A está ausente o su amplitud está notablemente reducida aún cuando exista ritmo sinusal. Una de las características más importantes del ecocardiograma en la estenosis mitral, es la disminución

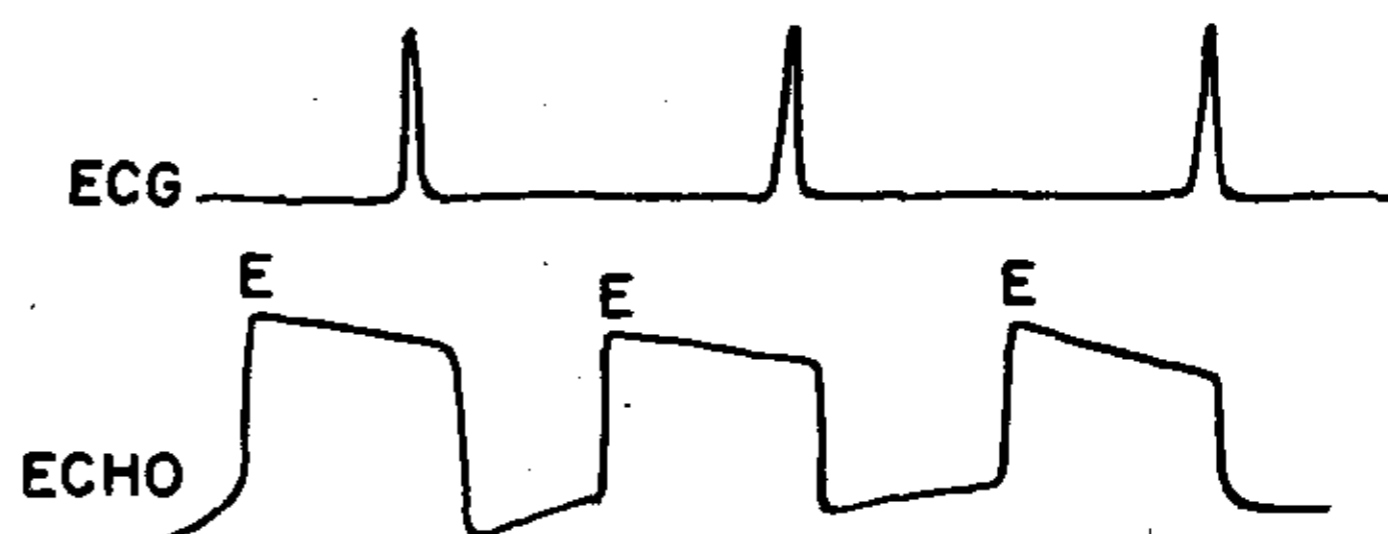


Fig. 2.—Ecocardiograma de la valva mitral anterior en un caso de estenosis mitral. La onda A ha desaparecido porque el ritmo dominante es fibrilación auricular. El desplazamiento posterior de la valva en diástole está notablemente reducido (ver el texto).

de la velocidad del movimiento posterior de la valva mitral anterior durante el período de llenado ventricular rápido, desde la onda E (4) hasta la onda F (5). En pacientes con un área valvular mitral menor de 1 cm<sup>2</sup>, la velocidad del desplazamiento posterior de la valva, generalmente es menor de 20 mm/seg. (1-10). En pacientes con formas más moderadas de estenosis y áreas valvulares oscilantes entre 1 y 2 1/2 cm<sup>2</sup>, la velocidad del desplazamiento valvar es variable entre 20 y 45 mm./seg. En estenosis mitral severa, el desplazamiento total de la valva mitral anterior suele estar reducido a valores inferiores a los 20 mm.; los casos con calcificación severa, o fibrosis en la valva pueden detectarse por un aumento de la intensidad del eco de la valva. Luego de una valvulotomía mitral exitosa la velocidad del movimiento desde E hasta F aumenta pero, generalmente, permanece siendo inferior a la normal. Un estudio seriado del ecocardiograma mitral luego de la cirugía, indudablemente favorecerá un mejor entendimiento del problema de la reestenosis.

La ecocardiografía puede ser de utilidad en el diagnóstico diferencial entre un chasquido de apertura de estenosis mitral y un segundo ruido ampliamente desdoblado y relativamente fijo, como ocurre en la comunicación interauricular. En pacientes con estenosis mitral, el desplazamiento posterior en la onda ecocardiográfica desde el punto E hasta el punto F durante la diástole es lento, mientras que este movimiento se realiza a velocidad normal en casos de insuficiencia aórtica con soplo de Austin Flin en el área apical. Una determinación adecuada de la velocidad del desplazamiento posterior de la valva mitral anterior durante el período inicial de la diástole también es útil en la diferenciación entre un soplo pansistólico apical de insuficiencia mitral y un soplo pansistólico producido por regurgitación tricuspídea secundaria a estenosis mitral.

ENFERMEDAD VALVULAR TRICUSPIDEA

Aunque el ecocardiograma de la válvula tricúspide no se obtiene fácilmente en sujetos normales, un ecocardiograma satisfactorio puede ge-

neralmente registrarse en pacientes que tengan estenosis mitral, dirigiendo el haz ultrasónico en sentido ligeramente anterior y medial con respecto a la válvula mitral. El patrón ecocardiográfico de la válvula tricúspide en pacientes con estenosis de esa válvula, tiene una velocidad y amplitud de movimientos reducidas (12). La técnica es particularmente útil para eliminar o establecer el diagnóstico de estenosis tricuspídea asociada, en pacientes portadores de estenosis mitral.

DERRAME PERICARDICO

La técnica del ultrasonido reflejado es frecuentemente de gran ayuda en la detección de derrame pericárdico y en el diagnóstico diferencial entre derrame pericárdico y cardiomegalia. En el sujeto normal solamente un eco retorna de la pared posterior del corazón mientras que, en pacientes con derrame pericárdico, se producen: a) un eco de la pared posterior del ventrículo izquierdo (pw) que se encuentra separada del b) eco producido por el saco pericárdico (P) (13-15). (Fig. 3). Los resultados falsamente positivos o negativos son relativamente raros. Esta técnica simple e incruenta puede aplicarse al lado de la cama del enfermo y puede también complementar la pericardiosentesis. (A veces puede revelar la presencia de un volumen significativo de líquido en el pericardio aún cuan-

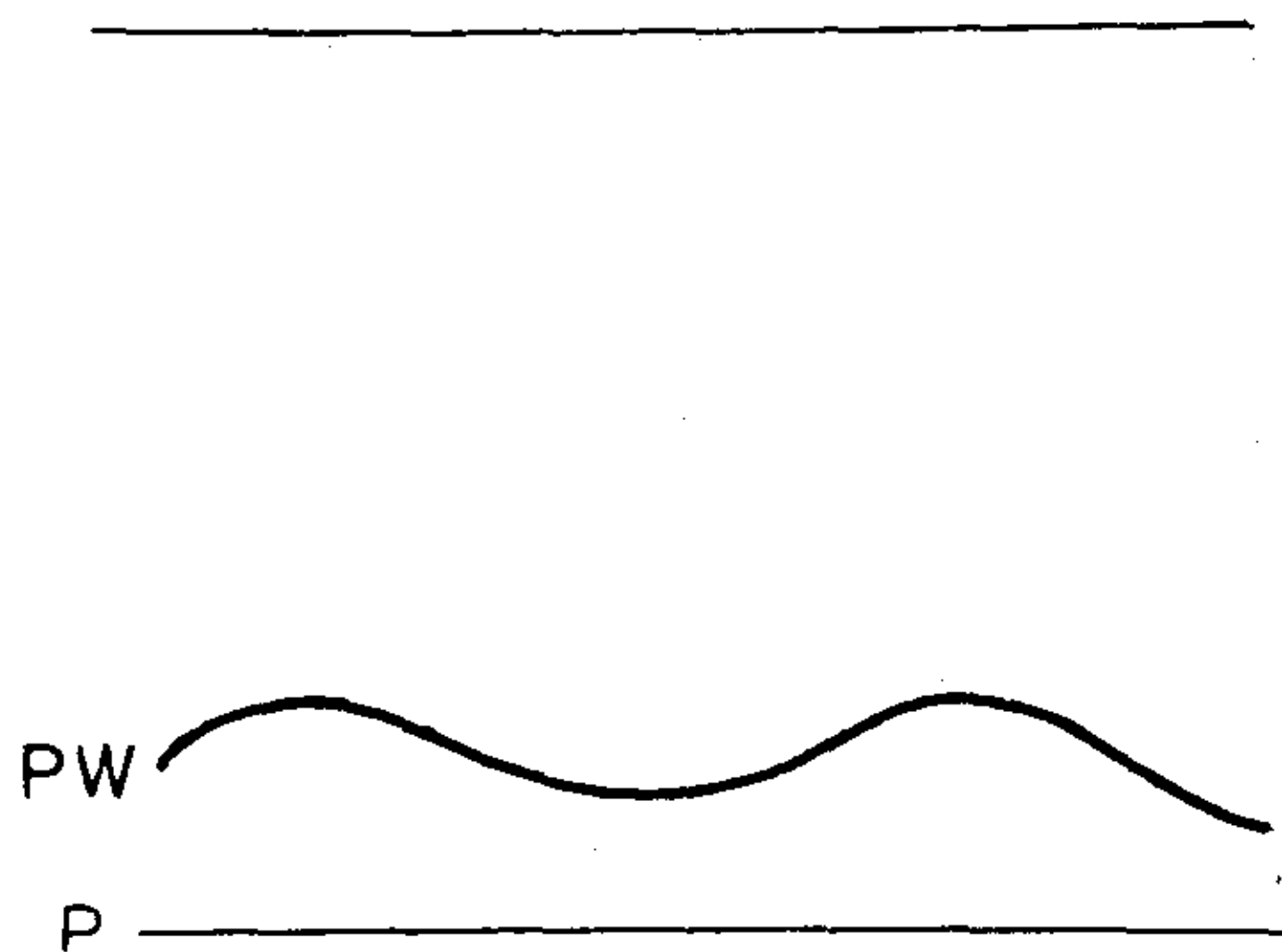


Fig. 3. — Ecocardiograma anormal de la pared posterior del ventrículo izquierdo, demostrativo de derrame pericárdico. La separación entre el eco de la pared posterior (pw) y el del saco pericárdico (P) se debe a la presencia de líquido. En casos normales ambos ecos están fusionados (Ver el texto).



do resulte difícil seguir aspirando líquido durante la punción pericárdica.)

#### ESTENOSIS MUSCULAR SUBAORTICA

Pacientes con estenosis muscular subaórtica presentan marcada hipertrofia asimétrica del ventrículo izquierdo y de la parte cefálica del tabique interventricular. Generalmente un haz ultrasónico dirigido hacia la valva anterior atraviesa sucesivamente la pared torácica, la pared anterior del ventrículo derecho y el tabique interventricular antes de alcanzar la valva mitral anterior. Pacientes con estenosis muscular subaórtica suelen mostrar un grupo de ecos originados en el tabique por delante de los ecos de valva mitral anterior. A menudo están tan cerca unos de otros que se torna imposible la identificación de un punto E claramente como ocurre en sujetos normales (17). Estos hallazgos sugieren que existe una colisión diastólica temprana entre la valva mitral anterior y el tabique interventricular hipertrofiado. Además de estos hallazgos puede haber un movimiento hacia adelante de la valva mitral durante la sístole lo que es compatible con la presencia de insuficiencia mitral asociada.

#### EMBOLISMO PULMONAR

La diferente resistencia acústica de los tejidos que constituyen el cuerpo humano y el aire es grande y la absorción del ultrasonido por el aire es relativamente alto comparado con otras estructuras sólidas o líquidas. La mayoría de la energía ultrasónica dirigida a través de los pulmones se absorbe en la periferia pulmonar sin que se consiga mayor penetración y la mayoría de los ecos que retornan provienen de áreas pulmonares superficiales. Normalmente los ecos producidos en el pulmón provienen de estructuras que están a no más de 3 ó 4 cm. de la superficie del tórax. En pacientes con embolismo pulmonar se encuentra una zona de resistencia acústica aumentada, que puede detectarse por medio del ultrasonido reflejado, como un grupo de ecos prominentes (18). Ecogramas pulmonares seriados pueden demostrar resolución de la consolidación y el retorno a un patrón normal. Debe aclararse que

una consolidación subpleural producida por neumonía, carcinoma, atelectasia o cualquier otra causa puede producir un patrón ecocardiográfico similar al de la embolia pulmonar.

#### ENFERMEDAD CARDIACA CONGENITA

Pacientes con cardiopatías congénitas con cortocircuito de izquierda a derecha y aumento de flujo a través de la válvula mitral, por ejemplo casos de ductus arteriosos permeables o defectos interventriculares, presentan ecocardiogramas caracterizados por un desplazamiento posterior de la valva mitral anterior, desde el punto E hasta el F, más rápido que el normal (22). En forma similar, pacientes con lesiones que aumentan el flujo a través de la válvula tricúspide, tal como ocurre en defectos interauriculares, muestran un aumento de la velocidad de desplazamiento posterior de la valva tricuspídea anterior durante la diástole inicial.

#### ANEURISMA AORTICO

La medición ultrasónica del diámetro de la aorta abdominal puede obtenerse en forma simple y segura. Hay una excelente correlación entre las determinaciones ultrasónicas y las medidas obtenidas por aortografía o por directa medición con un compás (23,24). La ecoaortografía es un método potencialmente muy útil para el estudio diagnóstico de aortas presuntamente dilatadas y para el estudio seriado de los mismos.

#### RESUMEN

La ecocardiografía provee un método atraumático relativamente rápido que puede practicarse al lado de la cama del enfermo para el estudio de la función cardíaca y el diagnóstico de varias enfermedades cardiovasculares.

En el futuro se puede esperar una aplicación aún más amplia de la técnica del ultrasonido reflejado en cardiología clínica y en investigación cardiológica.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Von Keidel, W. D.: Über eine neue Methode zur Registrierung der Volumände-

rungen des Herzens am Menschen. *Z. Kreislaufforsch.* 39: 257, 1950.

2. Edler, L. And Hertz, C. H.: Use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of movements of heart walls. *K Fysiogr sällsk Lund Förhandl.* 24: 5, 1954.

3. Edler, I.; Gustafson, A.; Karlefors, T., and Christensson, B.: *Ultrasoundcardiography.* *Acta Med. Scand.* 170 (suppl. 370): 1961.

4. Edler, I.: *Ultrasoundcardiography in mitral valve stenosis.* *Amer. J. Cardiol.* 19: 18, 1967.

5. Con Effert, S.; Erkens, H., and Grosse-Brockhoff, F.: *Über die Anwendung des Ultraschall-Echoverfahrens in der Herzdiagnostik.* *Deutsch. Med. Wschr.* 82: 1253, 1957.

6. Joyner, C. R. Jr.; Reid, J. M., and Bond, J. P.: *Reflected ultrasound in the assessment of mitral valve disease.* *Circulation.* 27: 503, 1963.

7. Joyner, C. R. Jr., and Reid, J. M.: *Applications of ultrasound in cardiology and cardiovascular physiology.* *Progr. Cardiovasc. Dis.* 5: 482, 1963.

8. Gustafson, A.: *Ultrasoundcardiography in mitral stenosis with particular reference to the relationship to hemodynamic and surgical findings.* *Acta Med. Scand.* (suppl. 461): 1966.

9. Segal, B. L.: *Echocardiography.* *Cardiología.* 50: 160, 1967.

10. Segal, B. L.; Likoff, W., and Kingsley, B.: *Echocardiography: Clinical application in combined mitral stenosis and mitral regurgitation.* *Amer. J. Cardiol.* 19: 42, 1967.

12. Joyner, C. R. Jr.; Hey, E. B. Jr.; Johnson, J., and L. P.: *Ultrasound diagnosis of pericardial effusion.* *J.A.M.A.* 191: 711, 1965.

14. Klein, J. J., and Segal, B. L.: *Pericardial effusion diagnosed by reflected ultrasound.* *Amer. J. Cardiol.* 22: 57, 1968.

16. Joyner, C. R. Jr.; Herman, R. J., and Reid, J. M.: *Reflected ultrasound in the de-*

*tection and localization of pleural effusion.* *J.A.M.A.* 200: 399, 1967.

17. Moreyra, E.; Klein, J. J.; Shimada, H., and Segal, B. L.: *Idiopathic hypertrophic subaortic stenosis diagnosed by reflected ultrasound.* *Amer. J. Cardiol.* 23: 32, 1969.

18. Miller, L. D.; Joyner, C. R. Jr.; Durdick, S. J., and Eskin, D. J.: *Clinical use of ultrasound in the early diagnosis of pulmonary embolism.* *Ann Surg.* 166: 381, 1967.

19. Von Effert, S., and Domanig, E.: *Diagnostik intraaurikalarer Tumoren und grosser Thromben mit dem Ultraschall-Echoverfahren.* *Deutsch. Med. Wschr.* 84: 6, 1959.

20. Schattenberg, T. T.: *Echocardiographic diagnosis of left atrial myxoma.* *Mayo Clin. Proc.* 43: 620, 1968.

21. Wolfe, S. B.; Popp, R. L., and Feigenbaum, H.: *Diagnosis of atrial tumors by ultrasound.* *Circulation.* 39: 615, 1969.

22. Ultan, L. B.; Segal, B. L., and Likoff, W.: *Echocardiography in congenital heart* Kingsley, B.: *Echoaortography.* *Amer. J. Cardiol.* 19: 74, 1967.

23. Goldberg, B. B.; Ostrum, B. J., and Isard, H. J.: *Ultrasonic aortography.* *JAMA* 198: 353, 1966.

24. Evans, G. C.; Lehman, J. S. Sr.; Segal, B. L.; Likoff, W.; Ziskin, M., and Kingsley, B.: *Echoaortography.* *Amer. J. Cardiol.* 19: 91, 1967.

25. Winters, W. L. Jr.; Gimenez, J., and Soloff, L. A.: *Clinical application of ultrasound in the analysis of prosthetic ball valve function.* *Amer. J. Cardiol.* 19: 97, 1967.

26. Hirata, T.; Wolfe, S. B.; Popp, R. L.; Helmen, C. H., and Feigenbaum, H.: *Estimation of left atrial size using ultrasound.* *Amer. Heart. J.* 78: 43, 1969.

27. Feigenbaum, H.; Zaky, A., and Nasser, W. K.: *Use of ultrasound to measure left ventricular stroke volume.* *Circulation.* 35: 1092, 1967.

28. Feigenbaum, H.; Popp, R. L.; Chip, J. N., and Haine, C. L.: *Left ventricular wall thickness measured by ultrasound.* *Arch. Intern. Med.* 121: 391, 1968.