

REVISTA ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

ORGANO DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

Miembro Fundador de la Cámara Argentina de Revistas Médicas

Tomo XXXI

Marzo de 1964

Nº 1

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: LAVALLE 1334 - P.B. -- T. E. 40-2186-2033 y 45-9156

EDITORES: RAM PUBLICITARIA S. R. L.

Registro de la Propiedad Intelectual Nº 780.807

LOS RUIDOS CARDIACOS Y LA ACELERACION DEL FLUJO SANGUINEO

Por el Dr. LOUIS DEXTER *

Es un gran placer para mí estar esta noche con ustedes y les agradezco el hecho de que me hayan invitado a dar esta conferencia. Es quizá presuntuoso para mí que les hable a ustedes sobre el tema de los ruidos cardíacos; el cual es, en mucho, un tema argentino.

Me refiero por supuesto, al trabajo de Oscar Orias y Eduardo Braun Menéndez¹ a los cuales conocí personalmente y reverencié, especialmente al doctor Braun Menéndez con el que mantuve una cercana amistad por más de veinte años hasta su muerte desafortunada.

A pesar de que la descripción de los ruidos normales y la correlación de los ruidos anormales con la enfermedad fue esencialmente completada en la primera parte de esta centuria, de ellos fue el primer enfoque científico y amplio del problema de los ruidos cardíacos.

Desearía que ellos estuviesen esta noche con nosotros.

Una enorme cantidad de trabajos se han realizado en los últimos cien años sobre ruidos cardíacos; no voy a intentar una revisión de tan vasta literatura.

La historia de la auscultación cardíaca; como arte y ciencia fue recientemente revisada por Mc Kusick².

El advenimiento de nuevos instrumentos nos estimuló a retomar este estudio, el cual fue hecho principalmente por el Dr. Thomas Piemme, el Dr. Octo Barnett^{3,4} en mi laboratorio.

Métodos

Cuatro instrumentos fueron usados en este estudio: el primero un electrocardiógrafo; el segundo fue un micromanómetro Dallonstelco montado en la punta de un catéter cardíaco; tiene una respuesta de frecuencia constante; según se ha demostrado en nuestro laboratorio; a entradas de frecuencia, bien sobre quinientos ciclos por segundo.

Con este instrumento presión y sonidos pueden ser registrados simultáneamente con filtración adecuada de las frecuencias en el amplificador.

El tercer instrumento fue un medidor de flujo electromagnético medikon-dosmil con circuitos de filtro en el amplificador, el cual discrimina contra frecuencias por sobre cien ciclos por segundo.

El cuarto instrumento fue un Philbrick P-dos amplificador operativo diferencial con un error menor del cinco por ciento en todas las frecuencias hasta ciento cincuenta ciclos por segundo.

Este instrumento fue usado para medir la primera derivada de presión y flujo; el tiempo de demora en todos los registros fue reducida a microsegundos.

Con esta instrumentación, registros válidos e instantáneos del flujo y presión aórtica y en varias cámaras cardíacas y sus derivadas de tiempo fueron obtenidas.

Esta metodología nos permite gran precisión en el trazado y en el tiempo de fenómenos intracardíacos no obtenibles hasta muy recientemente.

Por muchos años *dos escuelas de pensamiento* han existido atribuyendo el pri-

* Conferencia pronunciada en la Sociedad Argentina de Cardiología, el 8 de agosto de 1963.

mer ruido cardíaco: una, a la contracción muscular de los ventrículos y al cierre de las válvulas auriculoventriculares. Una contribución muscular significativa fue firmemente excluida por Dock ⁵ en 1933. Por muchos años se ha propuesto que el *primer componente del primer ruido cardíaco* era debido a la contracción auricular ^{1, 6, 7, 20} a pesar de que ciertos antiguos investigadores ⁸ y varios otros, más recientemente ^{9, 10, 11} han demostrado de que ocurría en el tiempo de contracción isométrica; por consiguiente hay ahora acuerdo general de que el primer mayor componente del *primer ruido cardíaco* es como resultado de fuerzas puestas en movimiento durante la contracción ventricular isométrica.

Resultados

La figura 1 muestra *arriba* las presiones aórticas; los sonidos cardíacos en el *me-*

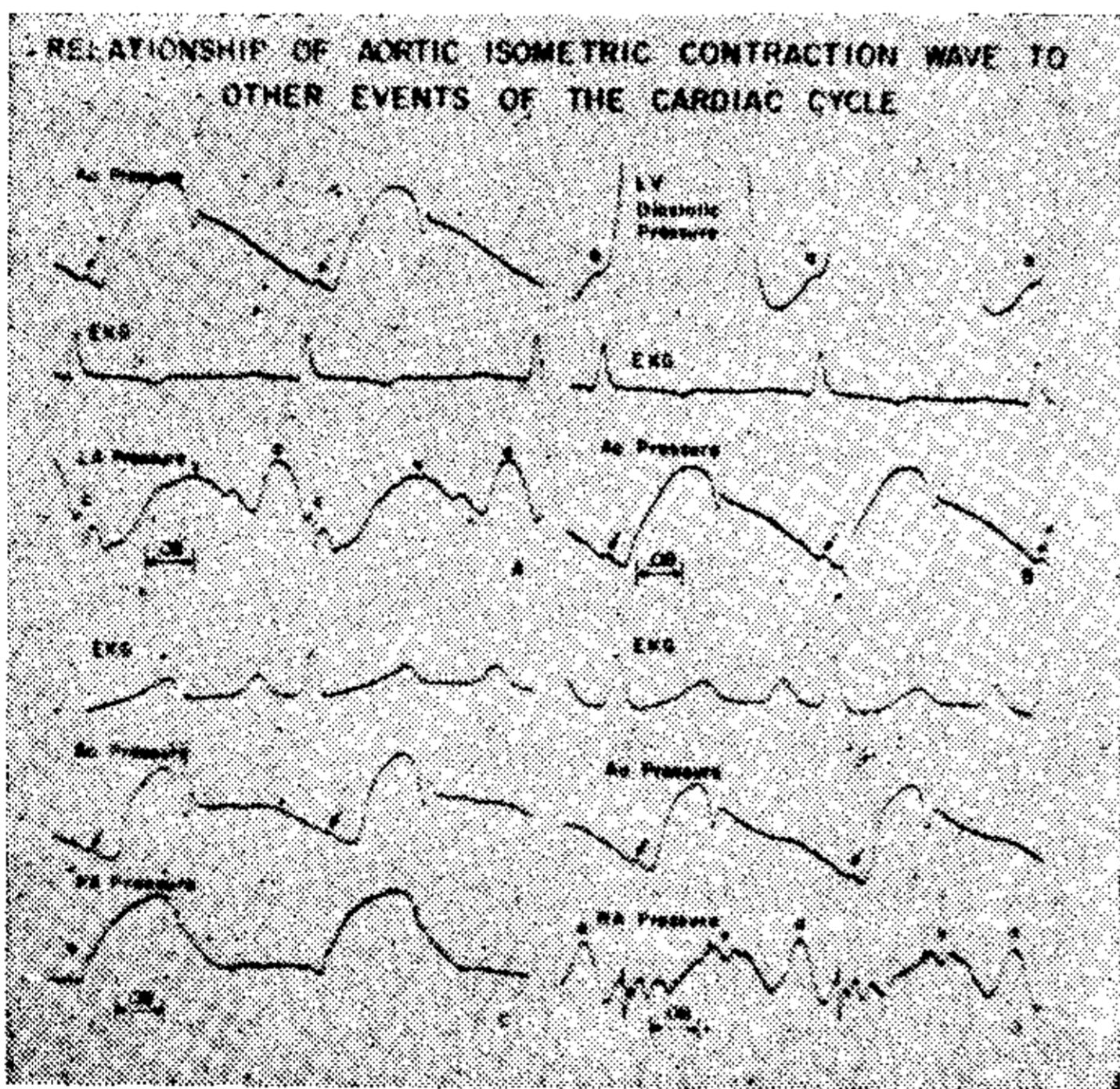


FIGURA 1

dio, y las presiones auriculares *debajo*. Debe notarse que el primer componente del primer ruido cardíaco ocurre en el tiempo de contracción isométrica; en la aurícula izquierda, denotada por la letra "C", y que la onda "A", denotando sístole auricular precede el comienzo del primer ruido cardíaco. Nótese también la pequeña onda de presión en la aorta en el momento del primer ruido cardíaco y de la contracción isométrica. En el momento del primer componente, del primer ruido cardíaco y de la contracción isométrica pueden ser

vistos fenómenos de baja frecuencia en la forma de presiones en todas las cámaras cardíacas y los grandes vasos.

La figura 2 muestra una pequeña onda de presión en la aorta, así como también

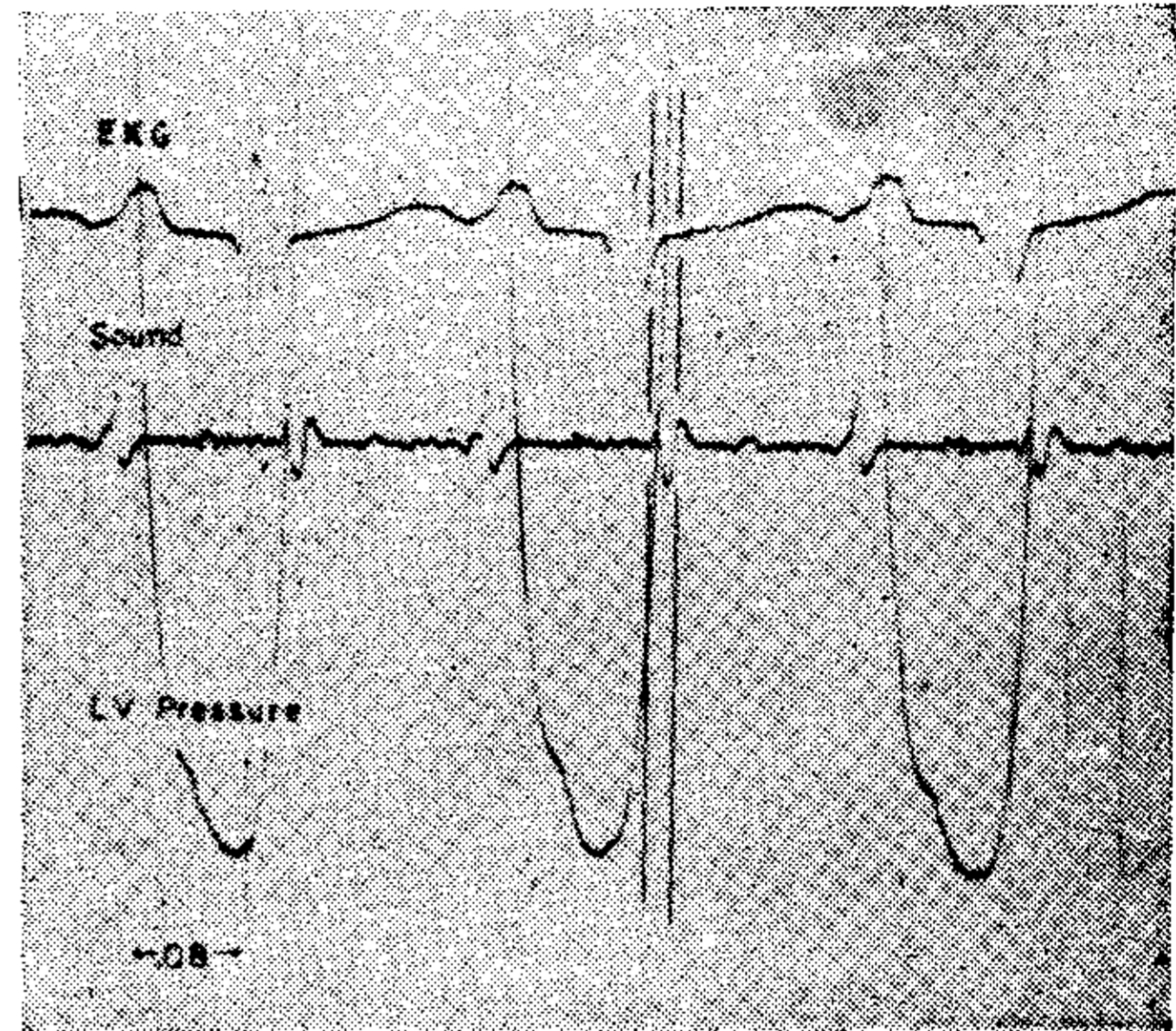


FIGURA 2

en la arteria pulmonar en el momento del primer componente del primer ruido cardíaco.

La figura 3 muestra una pequeña onda de presión en la aorta (arriba, izquierda);

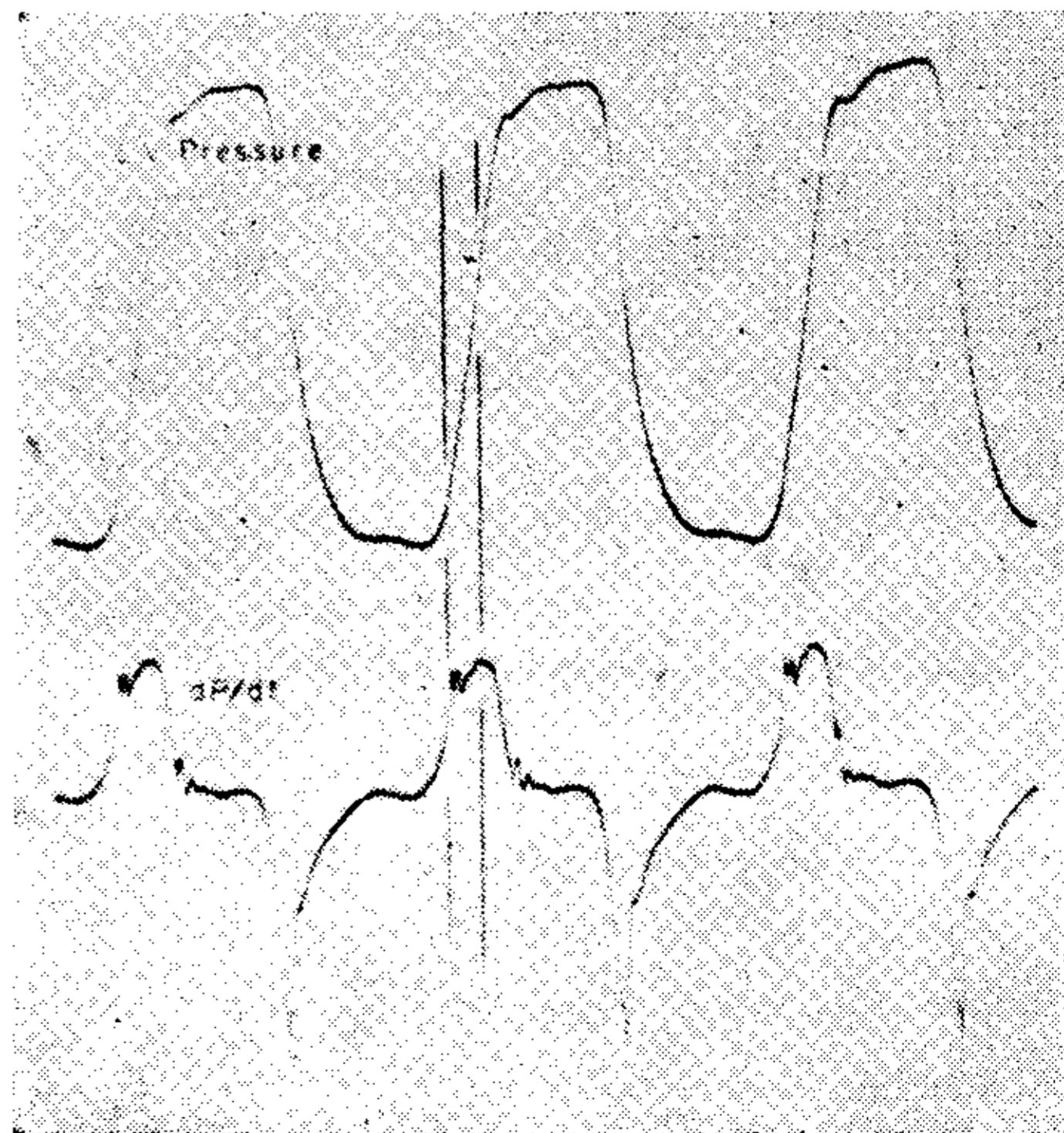


FIGURA 3

no hay onda discernible en el ventrículo izquierdo (arriba, derecha) hay una pequeña onda de presión en esta instancia en la porción ascendente del trazado arterial pulmonar (izquierda, abajo) y una onda "C" complicada en la aurícula derecha (derecha, abajo).

La figura 4 muestra el primer ruido cardíaco en relación a la presión ventricular izquierda grandemente amplificada; el tope de la cual ha sido cortado, se ve pues, que

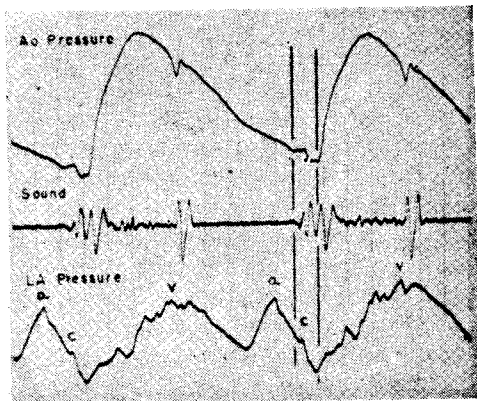


FIGURA 4

el comienzo del primer ruido cardíaco ocurre en el momento de la contracción isométrica; en este momento no hay ninguna evidencia de irregularidad en el trazado de la presión ventricular izquierda.

Sin embargo como se demuestra en la figura 5, la primera derivada de la pre-

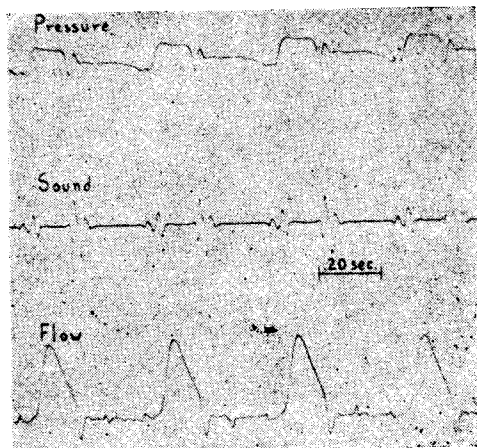


FIGURA 5

sión ventricular izquierda, se ve claramente que el tiempo de mayor índice de desarrollo de presión en la sístole, ocurre temprano en la fase de contracción isométrica de estas observaciones, se nota, que la contracción ventricular isométrica provee una fuente de energía, la cual está asociada con el abombamiento de las válvulas hacia las aurículas y con vibraciones de alta frecuencia y baja amplitud detectadas

como sonido y con una onda de baja frecuencia y baja amplitud registrada como un fenómeno de presión en todas las cámaras cardíacas y grandes vasos.

Hay una amplia diseminación a través del corazón de fenómenos de alta y baja frecuencia, los cuales ocurren en el momento de mayor índice de cambios de presión.

Mucho menor acuerdo existe concierne, al segundo mayor componente del primer ruido cardíaco. Previos métodos de registro no han asentado claramente, de que sí, el segundo mayor componente ocurre antes, durante o después de la apertura de la válvula aórtica. Geigel¹² pensó que era debido a la eyección sistólica; Einthoven y Geluk¹³ lo atribuyeron a la apertura, en sí misma, de las válvulas auriculoventriculares^{14, 19}.

La figura 6 muestra que el segundo mayor componente del primer ruido car-

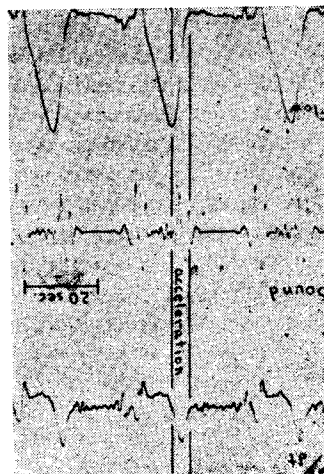


FIGURA 6

díaco empieza concomitantemente con la elevación de la presión aórtica como se ve *arriba* y el comienzo del flujo sanguíneo aórtico, como se ve *abajo*.

Esto es visto más claramente en la figura 7. Aquí, abajo, se nota el flujo sanguíneo aórtico instantáneo, sonidos cardíacos en el *medio*, y arriba la primera derivada o aceleración del flujo sanguíneo aórtico.

Se puede ver que la más grande amplitud del segundo componente del primer ruido; ocurre en el momento de aceleración máxima del flujo sanguíneo en la

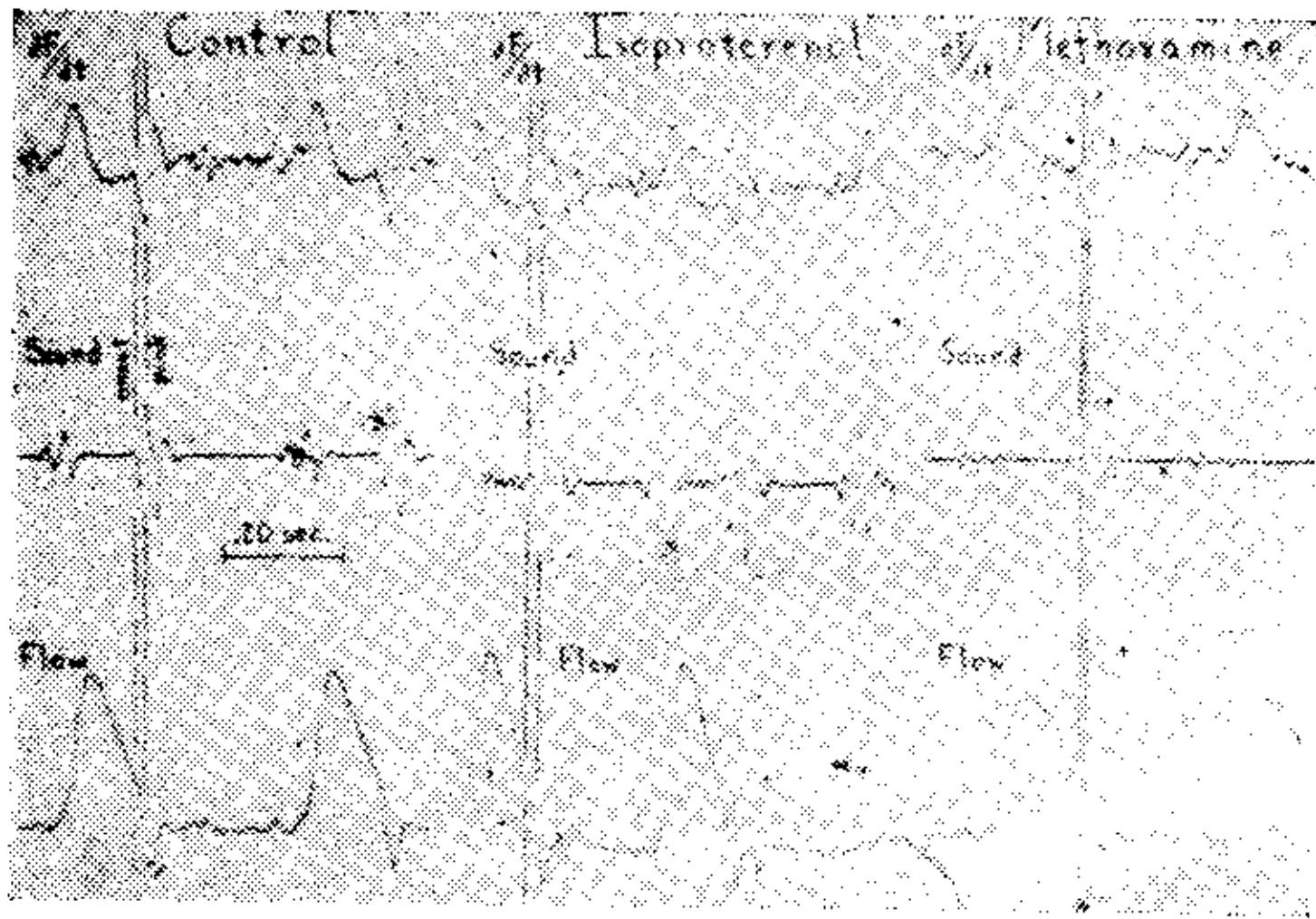


FIGURA 7

aorta, dos centímetros más allá de las válvulas aórticas; *esto ocurre demasiado tarde para ser explicado* por el cierre de la válvula tricúspide desde que la eyección pulmonar actualmente precede la eyección aórtica.

Ha habido acuerdo general de que el segundo ruido cardíaco es debido al cierre de las válvulas pulmonar y aórtica. El primer componente, siendo debido al cierre de la válvula aórtica y el segundo, al cierre de las válvulas pulmonares.

De acuerdo con Rushmer²⁰ y Mc Kusick² el mecanismo preciso de la ocurrencia del segundo ruido, pensaron era debido a la impedancia del flujo hacia atrás (*Backflow*) cuando las hojuelas de las válvulas semilunares *coaptaban abruptamente*.

La figura 8 muestra tres tipos de observaciones, *abajo* está el flujo aórtico ins-

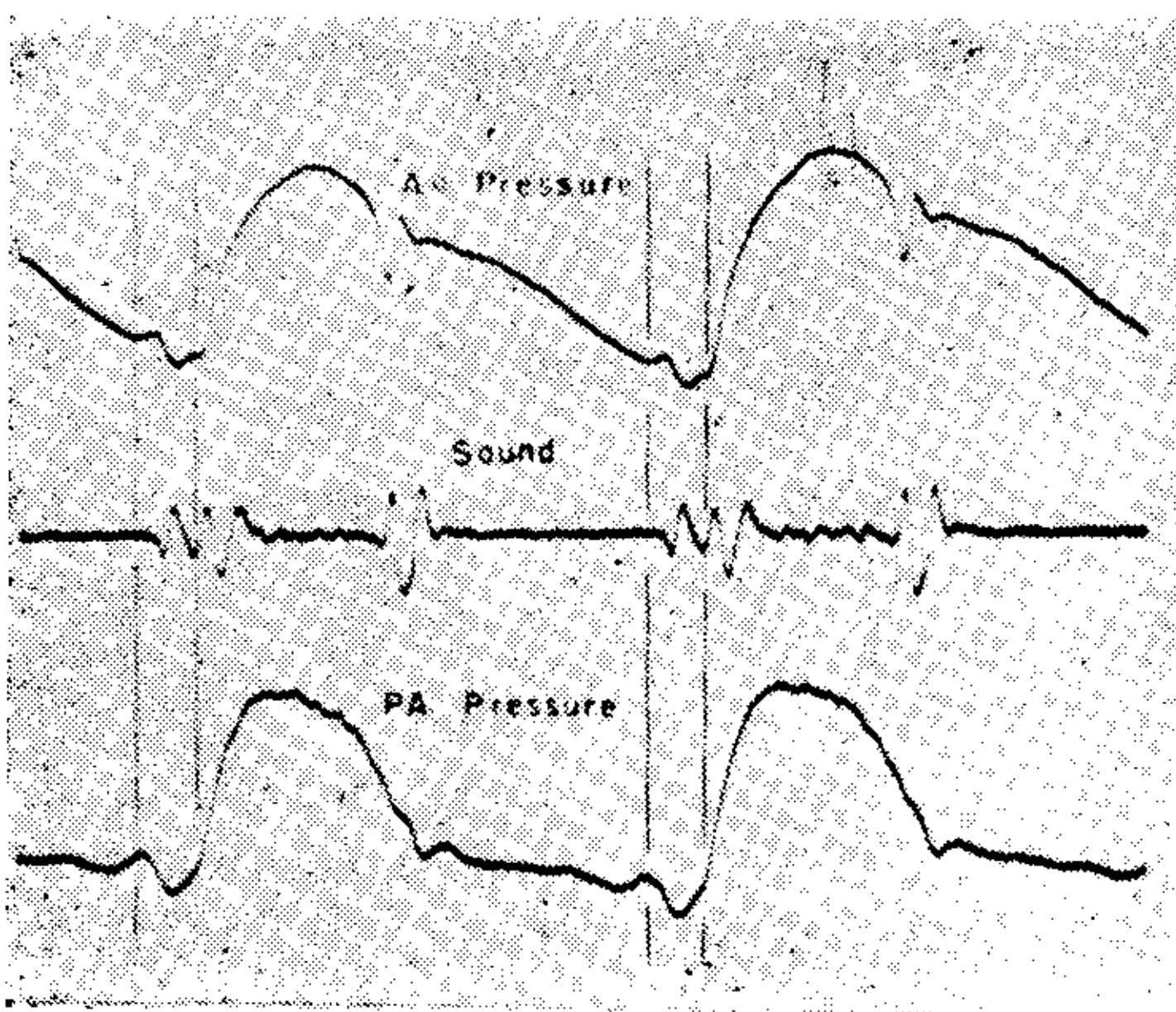


FIGURA 8

tantáneo, en el *medio* los ruidos cardíacos, y arriba la aceleración del flujo sanguíneo en la aorta; a la izquierda están las observaciones de control. El segundo sonido

cardíaco comienza en aquel momento de la sístole en que el flujo, el cual ha ido declinando paulatinamente, bruscamente comienza un rápido descenso por debajo de la línea de base. Es por ello que comienza con el principio de la desaceleración brusca, mientras el flujo hacia adelante persiste aun, y las válvulas aórticas deben estar aun abiertas.

La parte *media* de este diapositivo muestra el efecto de un flujo alto como resultado de la infusión de *isoproterenol* y a vuestra *derecha* el efecto de un flujo disminuido y alta presión sanguínea arterial, ocasionada por la infusión de *methoxamina*; en cada caso el segundo ruido cardíaco empezó con el comienzo de la desaceleración rápida del flujo sanguíneo, y fue máximo en el instante de máxima desaceleración.

Discusión

Estos hallazgos deben ser interpretados a la luz de los principios físicos de este sistema de observación.

El sonido tal como lo percibimos es el resultado de compresión alternada y *rarefacción* de una columna área contra la membrana timpánica. La columna área del estetoscopio es puesta en movimiento por un diafragma; similarmente el registro fonocardiográfico de sonidos es el resultado de las oscilaciones de un diafragma del *transducer*. Es innegable que la pared torácica está vibrando y que algo la ha puesto en movimiento: si el corazón ha originado estas vibraciones es entonces el corazón mismo que está en movimiento. Rushmer²⁰ lo ha dicho bien: "Desde que las cámaras del corazón están llenas de sangre ninguna estructura puede vibrar independientemente sin producir movimientos de la sangre; similarmente las vibraciones de la sangre, deben ser transmitidas a las estructuras que la rodean; si el sonido puede ser obtenido desde la superficie externa del cuerpo, todas las estructuras entre el corazón y la pared torácica, deben estar vibrando. Es fútil considerar las vibraciones de las paredes cardíacas, válvulas y paredes arteriales y la sangre individualmente; cuando es un hecho de que constituyen un sistema interdependiente y todo vibra al mismo tiempo.

Un enfoque más realista al problema

resulta de la consideración de aquellas condiciones que llevan a las vibraciones del sistema *cardiohémico* compuesto por sangre, paredes cardíacas y válvulas.

El corazón es análogo a un sistema conteniendo una masa distribuida, con elasticidad y fricción viscosa para explicar la presencia de claras ondas diastólicas que aparecen en la aorta central en el momento de la contracción ventricular isométrica. El corazón representa una masa de músculo, llena de líquido más bien flojamente suspendido de los grandes vasos, dentro de la cavidad pericárdica; es por ello, que los elementos de inercia, elasticidad y resistencia están presentes. El sistema es por consiguiente, capaz de demostrar el fenómeno de *resonancia* a frecuencias múltiples. *No es* un sistema *simple* de segundo orden, desde que está constantemente cambiando, tal como la elasticidad y resistencia del flujo sanguíneo entrando y saliendo de las cavidades cardíacas. Si alguna parte de este sistema fuese poco amortiguado, al aplicársele una fuerza ocurrirán oscilaciones.

La frecuencia y amplitud de estas oscilaciones será función de la masa, en el instante del desplazamiento; el resorte de suspensión y las resistencias ofrecidas por el miocardio, pericardio y estructuras vecinas del mediastino. El desplazamiento del sistema resultará en contrafuerzas, de presión inducida, dentro del sistema mismo. Estas pueden ser registradas por aparatos suficientemente sensitivos para la medición de presiones. Es de esperarse que estos rápidos cambios de presión sean ondas complejas con un *espectro moderado* de amplias frecuencias. Las frecuencias bajas, pueden ser registradas en los trazados de presión convencionales como eventos de baja amplitud, superimpuestos sobre una curva suave de presión intracardiaca.

Las altas frecuencias son reflejadas como sonidos intracardiacos. Las fuerzas que imparten aceleración y desaceleración a la sangre cuando se mueve de cámara en cámara cardíaca son suficientes, para proveer un desplazamiento del sistema.

A pesar de que el concepto de la asociación de la desaceleración de la sangre y los sonidos cardíacos fue ocasionalmente avanzada o directamente implicada en el pasado; fue Rushmer²⁰ quien solidificó

estas ideas en 1955. Esta relación se hizo ampliamente aceptada cuando Mc Kusick² dijo en 1958: "es probablemente más exacto pensar de los ruidos tal como el primero y el segundo ruido y el chasquido de apertura mitral como transitorias presiones hidrostáticas producidas por la abrupta interrupción en el *momentum* del flujo local.

En otro lado he dicho de que aceleraciones bruscas, tal con la apertura valvular, pueden producir sonido, es menos convincentemente demostrado, pero la experiencia clínica sugeriría que sí se puede. Es por ello que Mc Kusick pensó que todos o casi todos los sonidos, eran el producto de cambios bruscos en el flujo sanguíneo local.

Estos resultados presentados esta noche están en completo acuerdo con este concepto de que los sonidos en el corazón ocurren en el momento de aceleración y desaceleración máxima del flujo sanguíneo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Orias, O. and E. Braun Menéndez: The Heart Sounds in Normal and Pathological Conditions. London, Oxford University Press, 1939, p. 51.
- 2) McKusick, V. A.: Cardiovascular Sound in Health and Disease. Baltimore, Williams and Wilkins Co., 1958, p. 123-130.
- 3) Piemme, T. E., Barnett, G. O., and Dexter, L.: The relationship of heart sounds to acceleration of blood flow. Submitted for publication, 1963.
- 4) Piemme, T. E., and Dexter, L.: Pressure transients occurring in diastole. Circulation Research. In press.
- 5) Dock, W.: Mode of production of the first heart sound. Arch. Int. Med., 1933, 51, 737.
- 6) Rappaport, M. B. and H. B. Sprague: The graphic registration of the normal heart sounds. A graphic analysis of the normal heart sounds. Am. Heart J., 1942, 23, 591.
- 7) Nazi, V., Ricco, G., and A. Meda: Considérations sur la dynamique du coeur. La systole ventriculaire étudiée au moyen de la méthode polygraphique. Cardiología, 1954, 24, 319.
- 8) Wiggers, C. J. and A. L. Dean, Jr.: The nature and time relations of the fundamental heart sounds. Am. J. Physiol., 1917, 42, 476.
- 9) Leonard, J. J., Weissler A. M. and Warren, J. V.: Observations on the mechanism of atrial gallop rhythm. Circulation, 1958, 17, 1007.
- 10) Kincaid-Smith, P. and Barlow, J.: The atrial sound in hypertension and ischemic heart disease. Brit. Heart J., 1959, 21, 479.
- 11) Goldblatt, A., Aygen, M. M. and Braun-

- world, E.: Hemodynamic phonocardiographic correlations of the fourth heart sound in aortic stenosis. *Circulation*, 1962, 26, 92.
- 12) Geigel, R.: Der erste Herzton. *Munch. Med. Wschr.*, 1906, 53, 817.
- 13) Einthoven, W. and M. A. J. Gekuk: Die Registrierung der Herztöne. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 1894, 57, 617.
- 14) Leathan, A.: Splitting of the first and second heart sounds. *Lancet*, 1954, 2, 607.
- 15) Wolferth, C. C. and A. Margolies: *Heart Sounds in Diagnosis and Treatment of Cardiovascular Disease*, W. D. Stroud, Ed., Philadelphia, F. A. Davis Co., 1945.
- 16) Katz, L. N.: The asynchronism of right and left ventricular contraction and the independent variations in their duration. *Am. J. Physiol.*, 1925, 72, 655.
- 17) Mednick H., J. B. Schwedl, and P. Sammet: Electrocardiographic studies of the normal cardiac cycle. *Circulation*, 1950, 2, 250.
- 18) Hamilton, W. F., Attyah, A. M., Powell, D. M., Remington, J. W., Wheeler, N. C., and A. C. Witham: Do the human ventricles eject simultaneously? *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1947, 65, 266.
- 19) Ellinger, G. F., Gillick, F. G., Boone, B. R., and W. E. Chamberlain: Electrocardiographic studies of asynchronism of ejection from the ventricles. *Am. Heart J.*, 1948, 35, 971.
- 20) Rushmer, R. F.: *Cardiac Diagnosis*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1955, p. 218-225.
- 21) Cossio, P. and M. Lascalea: Premier bruit du coeur et bruit auriculaire. *Arch. Mal. Coeur*, 1936, 29, 138.
-