

# Factores de error en fonocardiografía

## II. - Debidos al uso de filtros electrónicos

Por los Dres. GUILLERMO J. RICCI, MANUEL A. CUESTA SILVA,  
Sr. OSVALDO RAIMONDO y Prof. Dr. ALBINO M. PEROSIO \*\*

Hace algún tiempo hemos publicado (3) las variaciones de orden morfológico y cronológico que se producen en el registro del cardiograma apneico utilizando diferentes tipos de captadores y sistemas de amplificación.

En esa oportunidad concluimos que cuando se emplean sistemas de captador-amplificador con constantes de tiempo pequeñas, se obtiene una respuesta que depende de la frecuencia del fenómeno registrado: para altas frecuencias, respuesta lineal; para muy bajas frecuencias, el sistema actúa como un diferenciador; y para frecuencias intermedias, una mezcla de ambas.

En cambio, los sistemas con constante de tiempo altas, dan una respuesta lineal aun en frecuencias tan bajas como 0 Hz (impulsos sostenidos).

Recientemente Kestelott y col. (2) han extendido estos conceptos a todas las ondas de pulso y aportan además, un interesante acopio de datos electrónicos probatorios del fenómeno.

Sin embargo, hasta el presente, no hemos tenido oportunidad de ver en la literatura a nuestro alcance que se haya estudiado la repercusión del uso de sistemas captador-amplificador con distintas constantes de tiempo (filtros) sobre un mismo fenómeno acústico (ruidos cardíacos).

Es el objeto del presente trabajo tratar de probar si existe un sincronismo en la inscripción de un mismo ruido cardíaco cuando se hace pasar la señal de un micrófono por circuitos de distintas constantes de tiempo, y

si no lo hay, tratar de explicar sus posibles causas.

Para ello hemos tomado al azar pacientes con distintas cardiopatías y aun sujetos normales y hemos practicado registros a velocidad de papel de 150 mm/seg en un registrador de ocho canales e inscripción fotográfica \* Simultáneamente con el ECG de D2 y el pulso carotídeo, hemos captado los fenómenos auscultatorios con un micrófono de la misma marca modelo PS-2 y su señal fue amplificada y filtrada selectivamente por medio de un amplificador TPD-5 que pertenece al registrador. Este equipo permite amplificar y registrar simultáneamente la señal acústica de un micrófono en hasta cuatro canales, cada uno de los cuales puede ser filtrado en forma diferente.

En la fig. 1 vemos el registro obtenido en un portador de una comunicación interauricular y observamos de arriba hacia abajo el fonocardiograma (FCG) captado en el tercer espacio intercostal izquierdo a 2 cm de la línea media (312) con un filtro de 120/500 Hz; luego con otro micrófono colocado en el cuarto espacio intercostal izquierdo a 3 cm de la línea media se obtuvieron tres registros con filtros logarítmico, 50/100 y 100/200 Hz respectivamente. El resto de las curvas son el pulso carotídeo, el neumotocograma (apnea) y ECG en D2.

Con el único objeto de simplificar vamos a referirnos exclusivamente al 2º ruido de la misma figura, destacando que hay dos hechos que conviene poner de relieve: a) en primer lugar, el comienzo del 2º ruido aórtico del filtro 50/100 Hz comienza 10 m. seg. después que el del filtro logarítmico y 20 m. seg. después si se toma en cuenta el otro micrófono co-

\* Electronics for Medicine.

\*\* Hospital Escuela "José de San Martín". Sección Cardiología.

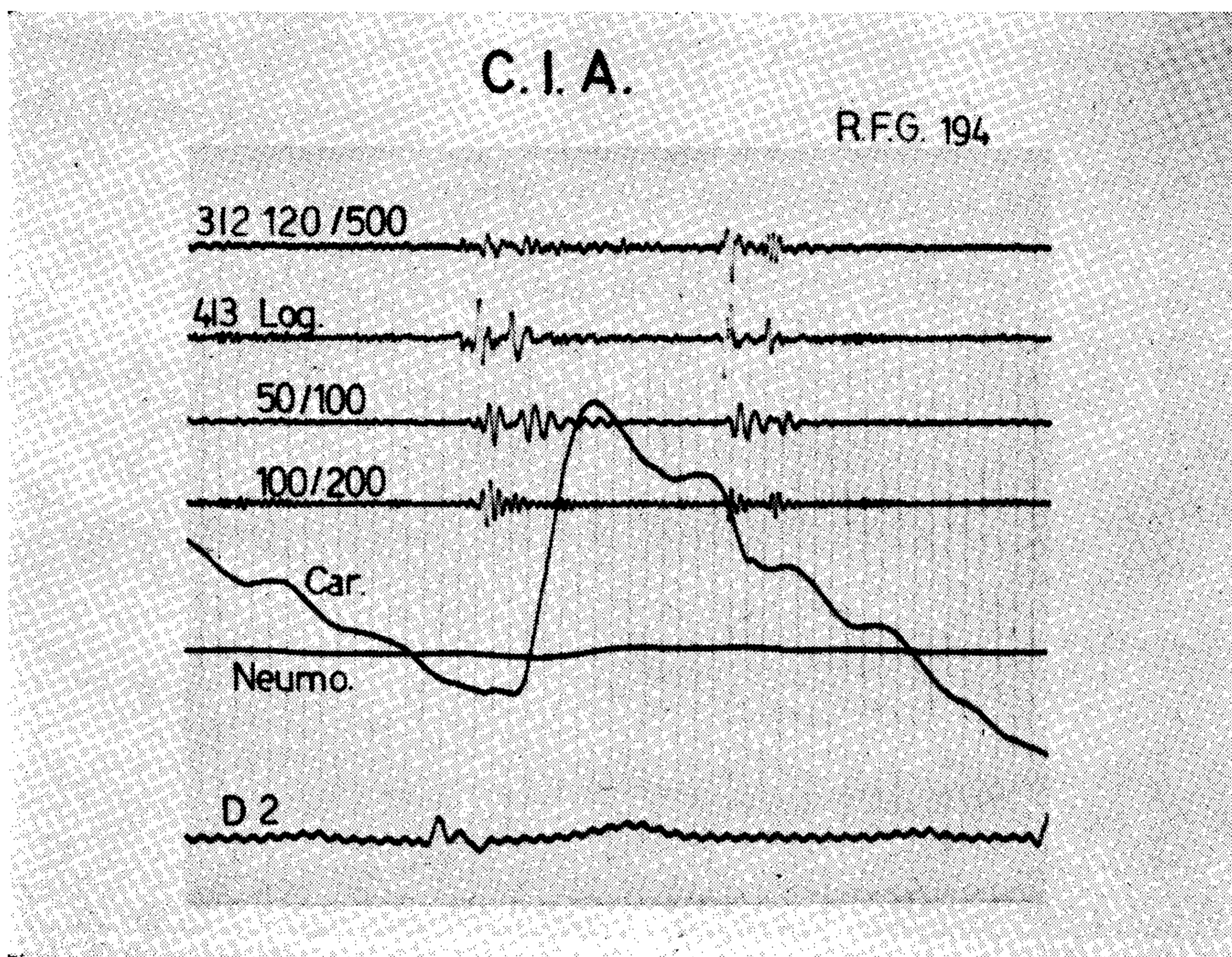


Fig. 1. — Paciente portador de una Comunicación Inter-auricular. Observese el comportamiento del 2º ruido en los distintos filtros.

locado a un espacio intercostal más arriba con filtro 120/500 Hz; y b) en segundo lugar, si tratamos de unir con una línea los vientres máximos del 2º ruido aórtico, nos encontraremos con que esa línea no es una recta.

El mismo tipo de comentarios pueden hacerse para cualquiera de los otros ruidos anotados en la figura.

En este fenómeno que acabamos de destacar intervienen, a nuestro entender, dos factores que, sumados, contribuyen a su producción. Ambos están relacionados con la introducción de filtros electrónicos en el circuito.

Analicemos cada uno de ellos:

A) Desde el punto de vista que nos ocupa, intercalar un filtro pasa-banda en un circuito electrónico es sinónimo de un cambio en la constante de tiempo de ese circuito.

Ahora bien; es sabido que todo fenómeno vibratorio (pulsos y también ruidos) captado y registrado por medios electrónicos, sufren un desfase de onda, anticipándose o retrasándose, en función de la constante de tiempo de todo el sistema captador amplificador. (2)

Si a un mismo ruido lo hacemos pasar con diferentes circuitos (filtros) con distintas constantes de tiempo, obligatoriamente se producirá el fenómeno antes mencionado de desfase de ondas. El resultado práctico es que el comienzo de ese ruido estará anticipado o retrasado según la curva que se tenga en cuenta.

Este factor, que es perfectamente conocido por los ingenieros electrónicos que diseñan los instrumentos que utilizamos, no es tenido en cuenta cuando se trabaja en fonocardiografía de alta fidelidad.

Pero las cosas son aún más complejas, ya que además el desfase de onda para un determinado circuito con una constante de tiempo fija estará a su vez en función de la frecuencia del fenómeno vibratorio. De tal modo que el comienzo de un ruido estará alterado cronológicamente en función de las características del circuito por donde pasa la señal (constante de tiempo) y también por la propia frecuencia de ese ruido.

B) El otro factor en juego está ligado a la naturaleza misma de los

ruidos cardíacos. Estos son ondas compuestas por una fundamental y armónicas que, al sumarse en determinada forma dan lugar a las características de intensidad, tono y timbre que les son propias.

Tomemos como ejemplo la descripción clásica del primer ruido cardíaco, con sus primeras vibraciones de baja frecuencia, sus dos trenes de ondas intermedias de mayor intensidad y frecuencia y las últimas semejantes a las primeras. Si por medios electrónicos podemos atenuar o anular algunos de esos componentes obtendremos una imagen del ruido que nos ocupa muy distinta de la arriba mencionada.

Así con un filtro de frecuencia que trabaje con una frecuencia de corte por encima de los 100 Hz. seguramente se anularán las primeras y últimas vibraciones antes descritas, haciendo creer a quien lea el trazado que el primer ruido se encuentra retardado respecto del electrocardiograma registrado simultáneamente, cuando en rigor de verdad se está frente a un primer ruido "artificialmente" retardado.

Lo mismo se hace extensivo para cualquier otro fenómeno acústico: ruidos, chasquidos, clics, ruidos pericárdicos, etcétera.

Asimismo, el filtrado selectivo de ciertas frecuencias de un ruido puede poner de manifiesto otras que no constituyen un aporte acústico importante en su génesis. Este mecanismo es el que también juega para explicar el asincronismo de las máximas amplitudes de los ruidos; en realidad las máximas amplitudes lo son pero de ruidos diferentes, como acabamos de explicar.

#### COMENTARIOS

El uso de filtros electrónicos en fonocardiografía es prácticamente de regla en todo estudio concientemente realizado. Sin embargo se presta, en general, muy poca atención a los inconvenientes que puede acarrear su empleo si el operador no está previamente advertido de los mismos.

Hacemos hincapié en este punto porque el error involuntario que se puede cometer al desconocerlo será, en algunos casos, de gran magnitud.

Como ejemplo práctico se plantea la medición del intervalo Q-1er Ruido, no sólo de utilidad para establecer el diagnóstico y severidad de una estenosis mitral, sino también en ciertas cardiopatías congénitas como la comunicación interauricular o interventricular y en los pacientes portadores de una insuficiencia coronaria.

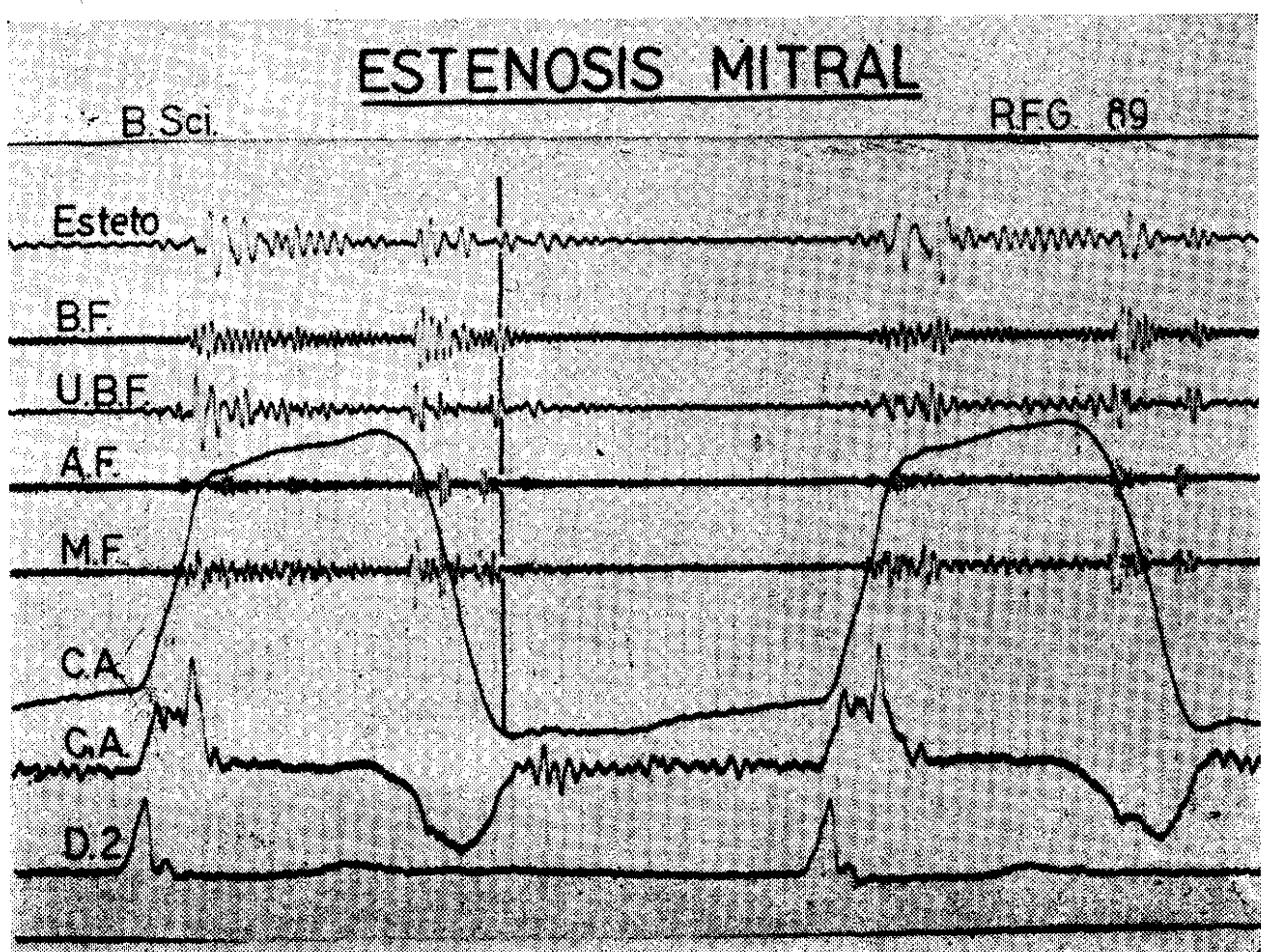


Fig. 2. — Paciente portador de una estenosis mitral. Obsérvese el comportamiento del chasquido de apertura con los distintos filtros.

En ese intervalo entran en juego tres factores que pueden hacer cometer un error de medida al observador desprevenido o poco cuidadoso:

a) Según analizamos ya en una publicación anterior (1) el comienzo de la despolarización ventricular puede hacerse en un sentido perpendicular, en el plano frontal, a D2. Si se toma esa única derivación electrocardiográfica como referencia, la primera parte del QRS no se inscribirá como deflexión alguna y cuando se mida el intervalo Q-1er. ruido se tendrá una medida inferior a la real.

b) El empleo de filtros pasa-banda producirá un desfase de onda que dependerá de la constante de tiempo del circuito y de la frecuencia del 1er. ruido dando lugar a su avance o retardo en el tiempo de forma no previsible en la práctica.

c) También los filtros, cuando anulan selectivamente las frecuencias vibratorias de los primeros componentes del 1er. ruido pueden dar lugar a errores en el resultado del intervalo Q-1er. ruido.

Otra medición de uso más o menos frecuente en la estenosis mitral es el intervalo 2º ruido-chasquido de apertura. El mismo, relacionado con el intervalo Q-1er. ruido, da lugar al llamado índice de Wells.

En la fig. 2 se pueden apreciar las distintas ubicaciones que toma el chasquido de apertura según que los filtros empleados sean de alta o baja frecuencia.

Asimismo creemos conveniente destacar que en algún canal fonocardiográfico de esa figura el chasquido de apertura concide exactamente con el valle protodiastólico del cardiograma apexiano, mientras que en otros está antes o inclusive algo después.

Nos preguntamos si no será que el uso de filtrado selectivo en fonocardiografía ha introducido la gran duda acerca del momento de producción del chasquido de apertura mitral en relación con las curvas de reparo (cardiograma apexiano; cruce de presiones de ventrículo izquierdo y aurícula

izquierda; pulso venoso; presión de aurícula izquierda; etc.).

Por último queremos destacar que este trabajo no está inspirado por un espíritu negativista; queremos hacer hincapié en un hecho real, a tener en cuenta en un futuro, para que en esa forma gente perteneciente a distintos centros de investigación podamos hablar un mismo lenguaje fonocardiográfico, en donde las diferencias de método o apreciación estén reducidas a su mínima expresión.

#### RESUMEN

Cuando una señal es introducida a través de circuitos electrónicos con diferentes constantes de tiempo (filtros) ocurre un desfase de onda que en la práctica se traduce por un retardo o anticipación de la inscripción de la misma. Este fenómeno está relacionado con la constante de tiempo del equipo captador-amplificador utilizado y para una misma constante de tiempo depende a su vez de la frecuencia del fenómeno analizado. Se presentan ejemplos probatorios.

#### SUMMARY

When a signal is introduced to an electronic circuit with different time constants it happens a phase displacement which in practice is traduced by a retardation or anticipation of its inscription. This phenomenon is connected with the time constant of the transducer-amplifier equipment used and for a same time constante depends also the frequency of the analysed phenomenon.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Cuesta Silva, M.; Ricci, G. y Perosio, A.: Factores de error en fonomecanocardiografía: 1) Derivados de falta de análisis del electrocardiograma. Rev. Arg. de Cardiol., 38: 241, 1970.
2. Kesteloot, H.; Willems, J. y Van Wellenhoven, E.: On the physical principles and methodology of mechanocardiography. Acta Cardiol., 24: 147, 1969.
3. Perosio, A.; Cuesta Silva, M.; Courtis, T. H.; Ricci, G. y Chami, P.: Cardiograma apexiano: 1) Morfología y cronología según el método empleado. Rev. Arg. Cardiol., 34: 233, 1967.