

11 de Octubre de 1961

Mesa Redonda

ULTIMAS ADQUISICIONES EN BALISTOCARDIOGRAFIA

Presidente: Dr. León de Soldati

SR. PRESIDENTE (*Dr. de Soldati*). — Pasaré a contestar personalmente la primera pregunta: Verificaciones experimentales que dan base a la balistocardiografía actual.

Las verificaciones experimentales de la balistocardiografía vienen de tiempo atrás. Ya en 1939 Starr, Rawson y colaboradores hicieron ensayos en perros a quienes sometieron a la asfixia, observando modificaciones en el balistocardiograma, la duplicación de la onda I, la existencia de balistocardiogramas más amplios en determinados momentos en que se producía hipertensión en el perro a causa de la asfixia y luego, la caída del animal en insuficiencia cardíaca con reducción de la amplitud del balistocardiograma.

Starr y colaboradores practicaron amplias cauterizaciones del ventrículo derecho, apreciando modificaciones del balistocardiograma que daban el llamado contorno en M precoz, es decir, le quitaba la participación del ventrículo derecho al balistocardiograma, que se hacía fundamentalmente izquierdo con características similares a los observados en algunos estados patológicos.

Voy a ocuparme de dos estudios experimentales, uno que ha abarcado 10 años desde el primer trabajo publicado en 1950 hasta el último en 1959 por Starr y su escuela en las llamadas sístoles simuladas del cadáver.

Starr y colaboradores, utilizando cadáveres frescos, colocaron cánulas en la raíz de la aorta y la pulmonar, ambas unidas a sendas jeringas con émbolos que se desplazan a voluntad más o menos rápidamente. Un manómetro colocado en la raíz de la aorta y una botella de perfusión en la arteria femoral para dar una presión diastólica adecuada, constituyen el equipo que el cadáver fresco permite recoger un trazado balistocardiográfico.

Cuando los émbolos de esas jeringas son golpeados más o menos fuertemente, es posible registrar balistocardiogramas de distinta amplitud. La fuerza de choque sobre el émbolo hace que el balistocardiograma se haga más amplio. Si además de esto se introduce una amortiguación, sea en la masa que golpea las jeringas que producen la sístole simulada o en el extremo de la jeringa, la amplitud del balisto disminuye a

medida que se extiende la fuerza en el tiempo. Vale decir, que la amplitud del balisto se relaciona con la fuerza cardíaca en la unidad de tiempo.

Starr y su escuela de Filadelfia recogen los siguientes trazados simultáneos, lo que significa el volumen sistólico que es la expulsión de la jeringa, el balistocardiograma sin onda H que registra con su mesa de alta frecuencia, la curva de presión aórtica y la curva de la fémoral. A nivel de la desviación HI —muestra el balisto— se advierte el mayor paralelismo con la curva de expulsión sistólica y con la curva de presión aórtica. Están ellos en condiciones de modificar los momentos físicos del aparato. Puede así impulsar sangre solamente en la aorta o en la pulmonar obteniendo trazados que son más o menos amplios según la arteria que actúe. Es posible que la impulsión de la sangre sobre el lado izquierdo preceda a la que se hace sobre el lado derecho y produzca una bifidez de la onda J o bien, puede ocurrir que ambas actúen conjuntamente.

Según trabajos recientes, no es indiferente la velocidad de la onda de pulso sobre la configuración balistocardiográfica. A medida que aumenta la velocidad de la onda de pulso, la onda I se acorta y se torna más angosta.

Tiene carácter experimental este registro —lo proyecta— que hicimos en el hombre en 1956. Se obtuvo el balistocardiograma y la curva de presión en la arteria pulmonar, utilizando la sonda balonada de Hanson para obstruir la rama derecha de la pulmonar. Si previamente a la oclusión experimental de la rama derecha, obtenemos el balistocardiograma, el registro es normal y coincide con la onda de presión de la arteria pulmonar. Si se hace la oclusión y se comprueba el aumento del volumen sistólico el balistocardiograma aumenta simultáneamente con la presión en la pulmonar. Es una comprobación experimental realizada en el hombre vivo.

El perro ha sido objeto de numerosas tentativas para obtener balistocardiogramas

(Scarborough y su escuela de Baltimore). Se puede observar que entre el hombre y el perro, en lo que respecta al balistocardiograma, existe una similitud pero también hay algunas diferencias, puesto que la onda K en el hombre es mucho más corta que la onda K en el perro.

Los mismos autores han efectuado la oclusión de la vena cava, observando franca disminución del trazado balistocardiográfico después que el corazón ha sido dejado sin sangre.

A las implicaciones que estos experimentos tienen sobre la génesis del balistocardiograma y su expresión fisiológica se referirá el doctor Mejía, contestando a una de las preguntas que se refieren a los fenómenos fisiológicos que pueden estudiarse a través del balistocardiograma.

Dr. Mejía. — Respecto de los fenómenos fisiológicos que pueden estudiarse con el balistocardiograma, existen dos datos de real interés.

En primer término, vemos en este diapositivo —se proyecta— el análisis técnico de las experiencias realizadas por Starr en el cadáver. La aceleración sistólica provoca diferentes imágenes balistocardiográficas. El asincronismo origina curvas balistocardiográficas diferentes.

El resumen de los trabajos de Starr puede expresarse así: la amplitud del balistocardiograma está en relación con la fuerza cardíaca, su forma, con aquella de la curva de expulsión sistólica.

Otro detalle analizado por Starr es la determinación del volumen sistólico con la balistocardiografía, con bastante precisión en sujetos normales jóvenes. Esa precisión se pierde a medida que avanza la edad del sujeto o que presenta cuadros patológicos determinados, y puede ofrecer un margen de errores muy acentuado, a partir de los 30 años de edad en sujetos sanos y en sujetos enfermos, en cualquier edad.

El balistocardiograma puede ser de utilidad en reemplazo del fonocardiograma para la determinación del tiempo

po que dura la sístole, es decir, midiéndolo desde el comienzo del pico de la onda H hasta el pico de la onda K.

Otro detalle es el sincronismo en las cavidades ventriculares. Este es el balistocardiograma de un paciente —se proyecta— con bloqueo aurículoventricular completo y esta es la segunda derivación del electrocardiograma. Con cada complejo ventricular se observan dos nítidos complejos balistocardiográficos separados, los que corresponden a la contracción de uno y otro ventrículo (Soldati y Mejía).

Este mismo fenómeno de detección del asincronismo, lo tenemos en el paciente con taquicardia ventricular con bifidez de la onda j que desaparece al reinstegrarse al ritmo simple (Soldati y col.). En los exteriores unilaterales no prohíbe comprobar la presencia de una doble onda H correspondiente al asincronismo de ambas aurículas.

SR. PRESIDENTE (Dr. Soldati).— El doctor Robiolo se referirá a cuál es el sistema balistocardiográfico en la actualidad que mejor registra la fuerza cardíaca.

Dr. Robiolo.— Gran parte de la confusión que existe en balistocardiografía, proviene de los distintos sistemas de registro empleados. Hay estudios extensos y muy importantes sobre la vía física de la balistocardiografía. Todos coinciden en la actualidad y han llegado a una misma conclusión: el mejor sistema de registro consiste en facilitar el acoplamiento entre el cuerpo humano y la tabla que se utiliza como registro y en separar, disminuir o eliminar el acoplamiento de dicha tabla con la tierra. Está probado que la mejor forma de conseguir ese registro es mediante un sistema pendular.

El sistema pendular puede conseguirse con una tabla que se cuelga del techo mediante unos a'ambres de suficiente longitud (de 2,80 a 3 ms.). Esta tabla, con el cuerpo humano apoyado sobre ella tendrá movimientos y no pro-

ducirá ninguna clase de flexión con respecto al acoplamiento con la tierra. Este sistema se denomina de ultra baja frecuencia, porque la frecuencia natural con que vibra este tipo de tabla es de medio ciclo por segundo.

Ultimamente se ha mejorado el sistema, eliminándose los alambres de esta cama, habiéndose confeccionado unas piernas llamadas péndulos diferenciales que facilitan la construcción de las camas de ultra baja frecuencia.

La ultra baja frecuencia es el sistema de registro que está llamado a configurar una etapa de gran porvenir dentro de la balistocardiografía. Con esto no queremos expresar que no hayan constituido un avance en la balistocardiografía los sistemas empleados hasta la fecha, como han sido los de alta frecuencia, la mesa de Starr, el sistema de baja frecuencia de Nickerson y el sistema directo del cuerpo.

La mesa de Starr es un sistema de alta frecuencia. En cambio, la de Nickerson es de baja frecuencia. Los sistemas directos del cuerpo son los electromagnéticos, y son de alta frecuencia.

En la cama de ultra baja frecuencia, apoyado el cuerpo en la misma, todo movimiento que se produzca será debido a un movimiento de masa interno producido en el organismo y será equivalente a movimientos que dependen de la actividad cardiovascular. La mesa se moverá junto con el cuerpo. El centro de gravedad se ha alterado y existe un movimiento pendular para volver a retomar el centro de gravedad perdido. Como no existe ninguna clase de alteraciones en este movimiento pendular, los registros oponible son extremadamente constantes. Esa es su gran ventaja.

La curva de alta frecuencia tiene la ventaja de que es muy constante en su reproducción.

En resumen, creemos que en la actualidad se puede asegurar que el sistema pendular de ultra baja frecuencia es el registro más fiel para la balistocardiografía.

SR. PRESIDENTE (*Dr. Soldati*). — El doctor Roberto Galicer que se ha ocupado del estudio de este tema hará un comentario adicional.

Dr. Galicer. — Agradezco el enorme honor que se me ha dispensado al invitarme a participar en esta mesa redonda.

El cuerpo humano está constituido por una serie de masas, la cabeza, el tronco, las extremidades y una serie de masas internas formadas por las vísceras. Ese grupo de vísceras actúan como un sistema vibratorio que se puede mover libremente en distintas direcciones, pero en conjunto el cuerpo humano tiende a actuar como un sistema vibratorio con un solo grado de libertad. Este problema hace que se genere una serie de distorsiones en los registros de muchos de los procedimientos empleados en balistocardiografía.

Otra cuestión es que el cuerpo actúa como un oscilador en sus propios tejidos blandos, que conectan al cuerpo con la superficie, sobre la que se apoya. Cuando una fuerza se dirige sobre un sistema cuya fuerza de vibración es la misma, se produce el fenómeno de la resonancia. La frecuencia de vibración del cuerpo humano está alrededor de 4 ó 5 ciclos por segundo. Las ondas que están dentro de los 4 ó 5 ciclos por segundo se exageran en amplitud, mientras que algunas ondas que están a una frecuencia mayor son atenuadas o desaparecen. Eso genera un problema de resonancia en los fenómenos de alta frecuencia que hace que el complejo alistocardiográfico tenga una frecuencia de tipo sinusoidal.

Nosotros hemos pasado por las dos etapas. Inicialmente, trabajamos en alta frecuencia y luego, diseñamos una mesa balistocardiográfica de ultra baja frecuencia, para tratar de resolver algunos de estos problemas y nos inspiramos para ello, en la mesa de Werger, que analiza los dos aspectos que he querido tocar en esta introducción.

El primero está dado, como señaló el profesor Robiolo, en relación al apoyo

del cuerpo en la superficie sobre la que se apoya, es decir, trata de crear una masa completa de todo este sistema vibratorio. Hemos diseñado una mesa en la cual la superficie no es rígida sino blanda. Simula como un *coy*, con una loca, en la cual está colocado un marco cuadrangular o rectangular y suspendido a una altura de 1,80 m.; para disminuir la frecuencia de la mesa hemos bajado los alambres unos 15 cms. por medio de unos rulemanes, para tener una frecuencia de 0,36 ciclos por segundo.

Un sistema pendular se mueve en forma permanente. Hemos introducido dentro del sistema una amortiguación de tipo hidráulico y colocamos debajo de la mesa, cerca del centro de gravedad, unas aletas que están sumergidas en un recipiente que tiene aceite de gran densidad. Lo ideal sería usar parafina y calibrar la paleta y la cantidad de aceite, de manera que la amortiguación sea crítica. Una vez que se imprime a la mesa un movimiento de tipo longitudinal, cuando pasa la fuerza que la ha impulsado vuelve al lugar crítico o al cero.

No queremos decir que este procedimiento sea mejor o peor. En este momento se trabaja en ultra baja frecuencia y hacemos nuestra experiencia.

Diré cuáles son las ventajas del sistema. Tiene el gran beneficio en el análisis de los registros, que las curvas pueden analizarse perfectamente. En su valoración no seguimos la clasificación de Brown, sino que hemos analizado la modificación que impone la patología a la naturaleza propia de las curvas. La apariencia de los trazados es menos sinusoidal que la que se obtiene con los registros de alta frecuencia. La onda K, en los registros de velocidad, es más pequeña o está ausente y en los registros de aceleración está bastante más disminuida. Starr, inicialmente había atribuido la amplitud de la onda K a un fenómeno de resonancia. Los complejos son reproducibles, a veces existen ondas extras que no se observan en los registros de alta fidelidad.

Este tipo de mesa conectado a un pick-up electromagnético nos proporciona cierta aceleración. Existe una serie de sistemas para obtener aceleración. En algunos casos, se utiliza un acelerómetro. La curva de velocidad podemos derivarla con un punto en T. La primera derivada de la velocidad es la aceleración, de modo que si puede obtenerse un desplazamiento de 90° tenemos la curva de aceleración.

Como plan de trabajo, entiendo que tendríamos que utilizar derivadas iguales desde el punto de vista comparativo. Si trabajamos con aceleración, tendremos que buscar un registro de aceleración para comparar los efectos. Puede recurrirse a un registro mecánico como es el pulso carotídeo.

SR. PRESIDENTE (*Dr. Soldati*). — Hay una pregunta que dice: ¿qué modificaciones ocasiona la pericarditis espontánea o experimental en la balistocardiografía?

En lo que se refiere a la pericarditis, el balistocardiograma puede darnos dos cosas: una, que hemos observado personalmente, el acortamiento de la onda J con el crecimiento de las ondas diastólicas. Esto suele observarse en pericarditis con derrame.

En la pericarditis constrictiva, el balistocardiograma se achica y se agranda, después de la intervención quirúrgica exitosa.

Pero hay un problema que se relaciona con éste y del que se ha de ocupar el doctor Duomarco. Trátase de las presiones zonales del pericardio y la obtención de balistocardiogramas cardíacos.

Dr. Duomarco. — Agradezco la amabilidad que ha tenido la comisión organizadora de este Congreso al invitarme a formar parte de esta mesa redonda, sobre todo que mi conexión con la balistocardiografía —aun cuando la considero como un medio de gran porvenir y extraordinariamente simpática— es un tanto indirecta, por cuanto todo comenzó con una serie de determinaciones

de la presión intrapericárdica en que encontramos un fenómeno paradójal. Se comprobó así que la presión dentro del pericardio, cuando se toma la cavidad no distendida, presenta ondas que son paralelas y contemporáneas de la cavidad cardíaca sobre la cual se toma dicha presión. —*Proyecta diapositivos con dibujos de aparatos*—

SR. PRESIDENTE (*Dr. Soldati*). — El doctor Stritzler contestará la pregunta: Valor de la balistocardiografía en el diagnóstico y pronóstico de los enfermos coronarios.

Dr. Stritzler. — Desde el año 1940 hasta la fecha se han realizado numerosos estudios para tratar de determinar el valor de la balistocardiografía en la detección del enfermo coronario.

Hoy podemos afirmar que el balistocardiograma, sin lugar a dudas, es un elemento complementario útil para objetivar la enfermedad coronaria y aún para su control evolutivo.

En 1940, Starr observó que el balistocardiograma de enfermos coronarios presentaba el complejo que él llamó de M precoz y M tardía, llegando a la conclusión de que el balistocardiograma es de utilidad en un gran porcentaje de casos para la detección del enfermo coronario.

Posteriormente, Brown, Hofman y De Lalla realizaron un estudio en 50 coronarios y ello dio origen a la conocida clasificación de Brown, de acuerdo a la gravedad del padecimiento coronario.

El porcentaje de alteraciones encontrado por los autores, al principio no era muy grande. Starr y Wood hallaron 18 % en el infarto de miocardio. Brown, Hofman y De Lalla, encontraron el 100 % de alteraciones; Dock, el 93% y de Soldati y colaboradores, en la Argentina, el 96 %.

Las alteraciones en el enfermo coronario oscilaban entre el 95 y 97 %; en el infarto de miocardio se señala el 100 % y estudios posteriores demostraron 98 %.

—Se proyecta un diapositivo: electrocardiograma prácticamente normal, solamente presenta una onda T positiva en V1, con un balistocardiograma patológico de grado III o IV. Es un sujeto con dolor anginoso, tensión 150/95. El electro de esfuerzo y el examen radiológico son normales, pero con el balistocardiograma se detecta el padecimiento coronario.

El balistocardiograma es también útil para seguir la evolución de la enfermedad coronaria. En los estudios practicados en el servicio de cardiología de Hospital Alvear, se ha visto una correlación entre la faz clínica y la balistocardiografía, es decir, que los períodos de actividad coronaria detectados clínicamente se relacionan con la evolución balistocardiográfica.

Vemos aquí un balistocardiograma —se proyecta— de un paciente que por tener frecuentes crisis es sometido a tratamiento. No presenta dolor. El balistocardiograma ha llegado al grado 0 de la clasificación de Brown, posteriormente, aparece dolor, el balistocardiograma se altera y el último registrado, cuando el paciente ya no tiene dolor, vuelve a la normalidad.

Esta evolución del balisto nos da una idea de su valor en el pronóstico y evolución de los anginosos.

Este balistocardiograma —se proyecta— es de un infarto de miocardio con evolución favorable. Se aprecian alteraciones cualitativas de las ondas H y J altas, con balistocardiograma de grado III. Posteriormente, se alteran más durante la evolución del infarto de miocardio; pero la enfermedad sigue una evolución favorable y el enfermo se recupera bien.

En los coronarios hemos encontrado las siguientes alteraciones: en la angina de pecho, onda J corta, HJ fusionada, los complejos en M precoz y las alteraciones de los grados de Brown, alteraciones en los complejos sístolicos con disminución de la fuerza de eyección ventricular. En el infarto de miocardio se ha observado acortamiento de la deflexión IJ, L alta, y otras anomalías.

SR. PRESIDENTE (*Dr. Soldati*). — ¿Qué utilidad tiene el balistocardiograma en el diagnóstico de las anomalías congénitas cardiovasculares?

Dr. Bullrich. — Para contestar a esta pregunta tendremos que referirnos a nuestra experiencia sobre la valoración clínica que le hemos dado al balistocardiograma en las cardiopatías congénitas.

Hemos estudiado una serie de cien enfermos. La primera observación que hemos realizado es el aumento del empleo de los balistocardiogramas en las cardiopatías congénitas. Solamente en 3 casos se encontraron por encima del límite de la normalidad.

Con el balistocardiograma pudimos estudiar las diversas cardiopatías con predominio del volumen-minuto. En las cardiopatías con aumento del volumen-minuto, existe un aumento de amplitud de todas sus derivaciones, especialmente a expensas de la onda JK. Ese aumento de amplitud se debe a la sobrecarga de sangre en el circuito pulmonar, que trae aumento de la presión diferencial que hace que la curva de eyección del ventrículo sea menor por aumento de la presión diferencial, lo cual lo podemos corroborar por que luego de ser sometidos a la intervención quirúrgica estos pacientes se observan una disminución notable de la amplitud del trazado.

Otro de los balistocardiogramas es el que se encuentra en los que presentan una obstrucción en la circulación de los vasos arteriales periféricos, especialmente aorta, ya sea en su porción vascular o a la salida del ventrículo izquierdo, la estenosis aórtica congénita o subaórtica. Se aprecian trazados de amplitud aumentada como algunos balistocardiogramas de cardiopatías congénitas, pero se observa una amputación de la onda K. Esto está en favor de la génesis periférica de la onda K.

Refiriéndome a la persistencia del conducto arterial, en la hipertensión pulmonar se observa una onda L gigan-

te, que puede atribuirse al reflujo de sangre y cuando aumenta la presión en la arteria pulmonar, se refuerza la presión en la aorta.

Luego, tenemos las cardiopatías con "shunt" de izquierda a derecha y la estenosis pulmonar, en la que hemos observado un aumento de la amplitud de todo el trazado balistocardiográfico, pero observándose en este trazado una disminución de la onda K. Lo mismo hemos observado en el 75 % de las estenosis pulmonares.

Consideramos que el balistocardiograma es de utilidad como método complementario, porque, ante un balisto de gran magnitud, podemos sospechar la presencia de cardiopatías congénitas y de acuerdo a la morfología de las dis-

tintas ondas, podemos tener una idea del volumen-minuto de ambos ventrículos.

SR. PRESIDENTE (*Dr. de Soldati*).— Como síntesis de esta reunión, diremos que el balistocardiograma tiene fundamentos físicos y fisiopatológicos definidos, es un recurso importante desde el punto de vista de la investigación y aplicable en muchos aspectos de la clínica. Su uso habrá de extenderse cuando llegemos a obtener el aparato más fiel y cuando los cardiólogos se habitúen a explorar algunas de las funciones fisiológicas del corazón, sobre las cuales el balistocardiograma puede informarnos.

— *Con lo que se dio por finalizada la Mesa Redonda.*
