

## BALISTOCARDIOGRAFIA NORMAL (\*)

Por ARMANDO SILICANI

### INTRODUCCION

Hace muchos años, exactamente desde 1877, en un caso de Mal de Bright, Gordon pudo registrar los movimientos corporales debidos a los impactos de la contracción cardíaca, de la circulación sanguínea y de su propagación. Así, este fenómeno entró en el ambiente del conocimiento científico.

A partir de esta constatación Henderson (1905), Douglas (1911), Head y Toker's (1922), Angasherter y Lave (1928), Abranson (1933) y Star (1933), se ocuparon del mismo tema e idearon distintos aparatos mecánicos registradores que inscribían los movimientos producidos bajo la forma de ondas que merecieron distintas interpretaciones.

Fué posteriormente Star, hecho en el que concuerdan todos los autores consultados, que en 1939 perfeccionó el aparato registrador y reemplazó el sistema mecánico por otro óptico, lo que permitió trabajar eliminando la influencia de los movimientos respiratorios. El mismo Starr (1939) creó la palabra balistocardiografía, derivada del griego: ballen-empujar; kardiak-corazón; grama-descripción. Esta es el registro de los movimientos del cuerpo producidos por la contracción cardíaca.

---

(\*) Nuestro agradecimiento a los Profesores Carlos Monge M. — Miguel Cervelli — Carlos Monge C. — Ramón Bocanegra — Ricardo Sáenz y Enrique Arnaez.

Es interesante anotar a título informativo, que Douglas, Haldane, Henderson y Schneider en 1911, con el objeto de estudiar la función cardíaca en la altitud (Pekés Peak expedition) hicieron uso de este método.

En el año 1940 Starr (1) hizo una exposición detallada de los conocimientos balistocardiográficos que se tenían hasta esa fecha. A partir de ese momento, aparecen trabajos sucesivos sobre el particular.

En 1950, el mismo Starr, mediante experimentación en el cadáver, demostró que el origen de las fuerzas llamadas balísticas radica en el sistema cardiovascular. En el mismo año Dock, ideó un aparato de registro directo electromagnético, muy sencillo comparado con otros sistemas ya establecidos. Este aparato contribuyó decididamente al desarrollo de la balistocardiografía clínica.

Habiendo tenido la suerte de que el Profesor Dock, personalmente enseñara su aplicación en la clínica del Profesor Monge, a la que obsequió el balistocardiógrafo que lleva su nombre, tuvimos oportunidad de ensayar el método, aplicarlo y hacer el presente trabajo sobre balistocardiografía, en el hombre normal.

---

Para explicar la relación que se suponía existente entre las fuerzas balísticas y el funcionamiento cardíaco, surgieron muchas hipótesis, entre ellas sobresale la de Starr (teoría balística, 1941) en la que se establece una analogía de orden mecánico: La circulación, a nivel de la arteria aorta o pulmonar, es comparable a la de un tren situado en una curva, el cual avanza y se detiene a cada instante. El movimiento de la locomotora representa el impulso sistólico y los carros, los diferentes segmentos aórticos, determinados por la progresión del impulso referido. Al arrancar la locomotora, su movimiento se transmite de un carro a otro, en tal forma que el último se mueve después que el primero. La curva de los rieles determina que los carros se muevan en distintas direcciones; el movimiento de cada carro produce un determinado impacto en los rieles. El conjunto de los impactos constituye el impacto del tren. En cualquiera de las dos circulaciones, aorta o pulmonar, sucede algo semejante. Consideremos la primera: imaginemos la aorta dividida en segmentos, cada uno de ellos, a partir de las colaterales aórticas, tiene una capacidad y un volumen sanguíneo menor que el anterior. Al producirse la sístole ventricular se desplazan de un segmento al siguiente los volúmenes sanguíneos, determinando sobre la pared aórtica impactos de desigual magnitud y dirección. Si se inscriben mediante un procedimiento adecuado el conjunto de ellos, se obtiene una curva formada por va-

rias ondas que representan las fuerzas mecánicas producidas. Si consideramos una curva semejante para la arteria pulmonar y si aceptamos que ambas pueden combinarse, la curva resultante sería la expresión de los movimientos del cuerpo, traducidos en ondas balistocardiográficas. Starr (1).

Posteriormente, el mismo Starr (8) provocó en cadáveres efectos similares a los del sístole ventricular, inyectando determinado volumen de líquido (agua o suero fisiológico) a través de los grandes vasos y sistemáticamente registró balistocardiogramas, encontrando que la morfología de la curva de éstos se semejaba a la de un individuo normal. Las características de las curvas obtenidas variaban tanto como el volumen y la velocidad de los líquidos inyectados.

Dow y Hamilton (1941) construyeron un sistema corazón-aorta (16) en el que simularon expulsiones cardíacas, las que se registraron con un balistocardiógrafo vertical. El corazón estuvo representado por una botella llena de agua, en cuyo interior una vejiga conectada a un insuflador, era distendida por el funcionamiento de éste, produciéndose la expulsión de un determinado volumen de líquido dentro de un tubo de goma que representaba la arteria aorta. La amplitud de las primeras ondas balistocardiográficas las encontraron íntimamente relacionadas al volumen y a la velocidad del líquido expelido.

Con los experimentos de Dow y Hamilton (16) la teoría balística, referida a la curva de expulsión cardíaca, adquirió base experimental. Con las experiencias de Starr (8) se demostró evidentemente que las fuerzas balísticas tenían origen a nivel cardiovascular. Así, la balistocardiografía adquirió un fundamento de indiscutible valor.

---

Los aparatos de inscripción son de registro directo e indirecto; de registro directo cuando inscriben las fuerzas balísticas sin intervenir la superficie sobre la cual reposa el sujeto en experiencia; de registro indirecto cuando hay una superficie de apoyo corporal que transmite el movimiento al aparato registrador. Estos últimos pueden dividirse en móviles y fijos; llamándose móviles a aquellos cuya superficie de recepción corporal se mueve en todo sentido, y fijos a aquellos cuya superficie de recepción corporal se mueve en sentido longitudinal.

No entramos en la descripción de dichos aparatos que siempre sería defectuosa, remitiéndose a las publicaciones sobre el particular (11 y 12). Insistiremos de otro lado, con cierta extensión, en el aparato de Dock que ha servido de base para el presente trabajo. Adelantando di-

remos que es un aparato de registro directo, de poco peso y estructura sencilla. Por ser de registro directo es más exacto que sus predecesores, y por ser de poco peso y estructura sencilla su utilización en la clínica cardiológica ha permitido facilitar la investigación balistocardiográfica.

---

## MATERIAL Y METODO

Hemos estudiado en Lima cincuenta sujetos normales, de sexo masculino, cuya edad oscilaba entre 30 y 20 años; la mayoría naturales de la costa y los demás con una permanencia por lo menos de 4 años. En su mayor parte estudiantes de medicina, de peso y talla normal, de actividad física moderada y tipo constitucional normosómico. El criterio de normalidad se basó en el estudio de la anamnesis, examen clínico, exámenes de laboratorio; insistiéndose en el examen electrocardiográfico y la telerradiografía o radioscopía cardiovascular.

APARATO.-- Se utilizó el balistocardiógrafo de William Dock (3). Este aparato está constituido por las siguientes partes fundamentales:

- a) Bobina  $\alpha$  y  $\alpha'$  (Fig. 1).
- b) Conductor imantado  $b$  (Fig. 1).

a) *Bobinas*.— Las bobinas, de pequeñas dimensiones, son dos; constituida cada una por un alambre de cobre Nº 40, enrollado en espiral de 8.000 vueltas. Están incluidas en un dispositivo de madera A (fig. 1) en tal forma que permiten que el conductor o placa imantada pueda colocarse en el medio del campo electromagnético generado por ellas. Las bobinas interiormente se conectan entre sí por uno de sus extremos; los otros recorren independientemente un trayecto en el interior del dispositivo A (fig. 1) emergiendo por uno de los extremos del mismo, donde se hace las respectivas conexiones.

Dentro del dispositivo A (fig. 1) está colocado un instrumento destinado a eliminar la influencia de los movimientos respiratorios.

b) *Conductor imantado*.— Es una pequeña placa metálica magnética B (fig. 1) la cual puede desplazarse libremente a lo largo de un soporte metálico  $e$  (fig. 1).

Con el objeto de permitir una mejor recepción de las fuerzas balísticas, se elevan los miembros inferiores y se soportan a nivel de los tendones de Aquiles sobre un block de madera, que tiene aproximadamente 10 pulgadas de largo por 3 de alto  $\alpha$  (fig. 2).

El dispositivo de madera, portador del campo electro-magnético colocado sobre las espigas de las tibias, se mueve en íntima relación a la dirección y magnitud de las fuerzas balistocardiográficas, como consecuencia de este movimiento se desplaza el campo electromagnético muy cerca del conductor inmantado (que está fijo) generándose así corrientes eléctricas. La dirección y la magnitud de dichas corrientes corresponden estrechamente a la dirección y a la magnitud de los movimientos del campo electromagnético producidos por las fuerzas balísticas. Es así como el balistocardiógrafo permite la transformación de las fuerzas mecánicas en eléctricas, las que a nivel del electrocardiógrafo se transforman a su vez en fuerzas mecánicas, registradas en el papel del electrocardiógrafo bajo la forma de ondas.

---

### TECNICA

*Condiciones del sujeto.*— Los registros fueron tomados en todos los sujetos en condiciones no básicas, 2 ó 4 horas después del almuerzo, habiéndoles hecho reposar antes de tomar los trazados por lo menos 15 minutos. El procedimiento es como sigue:

a) Al sujeto se le invita a recostarse sobre una mesa resistente, como la de rayos X, en la posición de decúbito dorsal, con los miembros superiores e inferiores en extensión.

b) En esta posición, se colocan en la pierna izquierda y en el brazo derecho los respectivos electrodos.

c) Se elevan los miembros inferiores por intermedio del block de madera que se coloca debajo de los tendones de Aquiles.

d) Se coloca el dispositivo portador de las bobinas sobre el 1/3 inferior de las crestas de las tibias y se hacen las conexiones respectivas.

e) Se coloca la placa inmantada en medio del campo electromagnético.

f) Se standariza el galvanómetro del electrocardiógrafo a 1/2 milivoltio, de tal manera que la aguja del galvanómetro se desplace 1/2 centímetro. Si la standarización se realiza a mayor milivoltaje, las ondas son más amplias, saliéndose muchas veces del papel. El electrocardiógrafo usado fué General Electric.

g) Se coloca el selector de derivaciones del electro cardiógrafo en 2a derivación.

h) El sujeto debe permanecer inmóvil y con los músculos relajados.

A cada sujeto se le tomó un trazado respirando normalmente; uno

en inspiración profunda sostenida; uno en expiración profunda sostenida y uno después de la prueba de esfuerzo. Cada trazado estaba constituido por 8 ó 10 complejos, de los cuales se eligieron cinco para ser estudiados aquellos que presentaban aparentemente mayores diferencias dentro de la normalidad).

Para standarizar la prueba de esfuerzo se utilizó el método de Master (13). A cada sujeto se le hizo practicar un número de viajes cortos correspondientes a los 2/3 de número señalado por la tabla (relación de sexo, edad y peso). La frecuencia de los viajes cortos fué de 9 a 12 con 3/4 de minuto. Inmediatamente después de terminada la prueba (demorándose máximo 30 segundos) se tomaban los trazados balistocardiográficos.

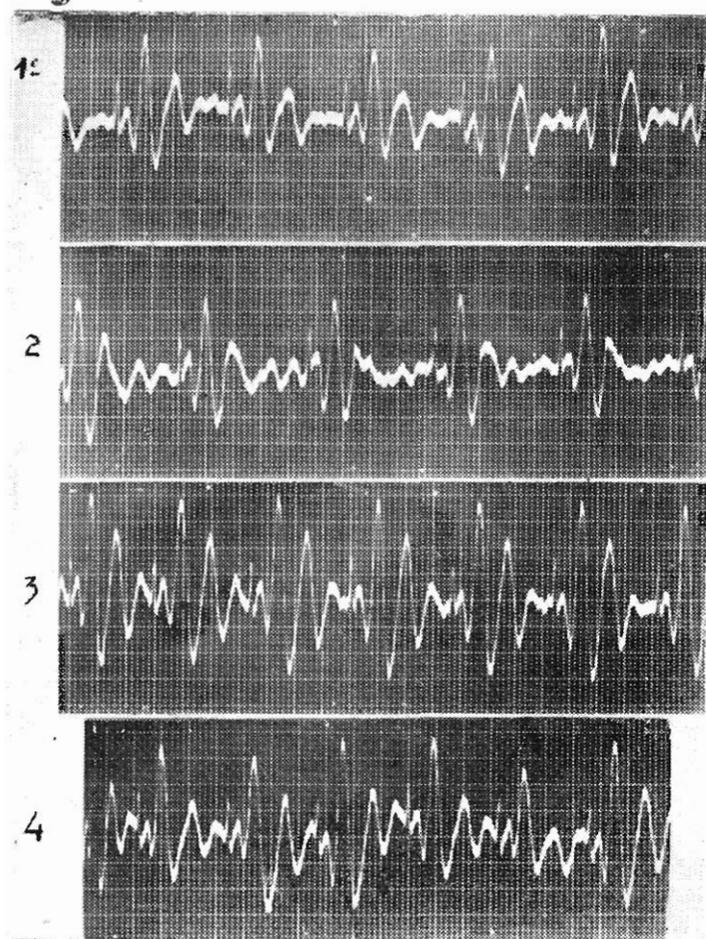
*Efectos de la respiración anormal.*— Si los movimientos respiratorios son muy vigorosos, las fuerzas mecánicas determinadas por ellos, son mayores o iguales que las balísticas; en consecuencia, su representación gráfica será igual o menor, dificultando o imposibilitando la identificación de las ondas en los complejos. En este tipo de respiración recomienda Starr (1), tomar los trazados en apnea, explicando que durante el apnea inspiratoria, por el hecho de estar el diafragma en una posición baja, los complejos serán más amplios que en apnea expiratoria; en esta última condición, los complejos balistocardiográficos serán más pequeños porque el diafragma está en posición alta.

*Limitaciones del método.*— El temblor, sea cual fuere su etiología, (enfermedad de Parkinson, hipertiroidismo, alcoholismo, nerviosidad posición incómoda, etc.), la disnea, la respiración vigorosa, inutilizan totalmente los registros (1). En algunos casos (normales) se puede reconocer este tipo de trazado porque, no obstante la existencia de una caprichosa irregularidad, se presentan la mayoría de los complejos amplios y los trazados inconstantemente mellados (fig. 3).

## ONDAS BALISTOCARDIOGRAFICAS

Las ondas balistocardiográficas constituyen la representación gráfica de las fuerzas balísticas, algunas representan la resultante de combinaciones de fuerza de desigual magnitud y dirección.

La fuerza balística puede definirse, como la energía mecánica que se produce a nivel del corazón o de los grandes vasos durante cada ciclo cardíaco. Las fuerzas balísticas son muchas y cada una se origina en diferentes lugares del aparato cardiovascular.



## CASO No. 10

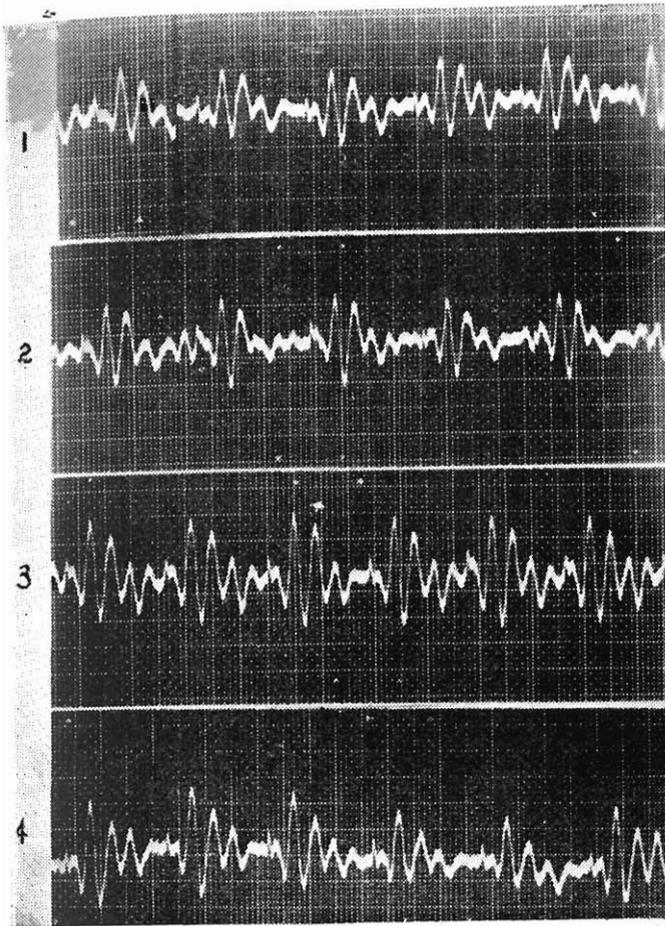
Nombre: C. S. 24 años.  
 Asténico. Talla: 1.79. Peso:  
 70 kilos. Presión Arterial:  
 Mx 125; Mn 80. Obsérvese:  
 a) Las Ondas H, I, J, K,  
 L, M y N en los 4 trazos;  
 b) la duración de R-II de  
 0.07 en el 3º trazo; c) la  
 onda J, como la más alta y  
 la k como la más prominente  
 de las negativas; d) la ex-  
 tremidad aguda de J; e) la  
 mayor amplitud de J e I en  
 el 3º Trazo.

Se ha convenido en designar a las ondas balistocardiográficas, con las letras siguientes: H, I, J, K, L, M, N y O, Starr (1) y Hamilton (10).

Starr (1) y Dock (3) han establecido que en el balistocardiograma normal, existen ondas que ocurren durante la sístole y ondas que ocurren durante la diástole; lo que pudo demostrarse por la observación hecha en trazados balistocardiográficos, electrocardiográficos o del pulso tomados simultáneamente (fig. 4).

Las ondas que ocurren durante la sístole son: H, I, J y K (fig. 4); las que ocurren durante la diástole son: L, M, y N (fig. 4).

Haciendo el estudio comparativo entre el trazado balistocardiográfico y el del pulso femoral, se vé claramente que la onda K se inscribe a nivel del vértice de la curva del pulso (al final de la sístole). La onda K y las anteriores son sistólicas, las que se observan después son diastólicas.



C ISO No. 12

Nombre : D. R. 29 años —  
 Normosómico — Talla : 1.60  
 mt. Peso : 60 k. P. 111. Mx  
 110 y Mn : 75 mm.

Nótese : La duración R-J  
 de 0.20 en el 1º trazo. b)  
 La mayor amplitud de las  
 ondas I, J, K y L en el 3º  
 trazo. c) En la onda J, la  
 extremidad aguda y las ram-  
 as ablicuas simétricas. D)  
 La onda K más negativa que  
 $\frac{JK}{IJ}$   
 la I; el coeficiente — es  
 $\frac{JK}{IJ}$   
 de 1.21 mm. en el 1º trazo.

La onda H representa la resultante (dirigida hacia la cabeza) de dos fuerzas: la primera, la más importante dirigida hacia la cabeza, originada por la contracción isométrica ventricular; al segunda, dirigida hacia los pies, originada por la circulación sanguínea en la porción periférica de la parte más baja del cuerpo. Esta onda varía mucho de amplitud, aún de ciclo a ciclo cardíaco. Hamilton (10). Cuando existe un P-R electrocardiográfico largo puede inscribirse antes que la Q del electrocardiograma. Dock (3).

La onda I representa una fuerza dirigida hacia los pies. Se considera reflejo del rechazo cardíaco producido por la circulación de la sangre en la aorta ascendente y la arteria pulmonar, cuando se inicia la expulsión ventricular Starr (1), Hamilton (10), Dock (3).

La onda J representa una fuerza dirigida hacia la cabeza, que es a su vez resultante de tres: la primera es la consecuencia de la resistencia que el chorro sanguíneo sufre a nivel del corazón, aorta ascen-

dente y arteria pulmonar; la segunda, de orden principal, es originada por el impacto sanguíneo efectuado sobre el arco aórtico; la tercera es producida por la desaceleración de la sangre en la aorta ascendente. Starr y Hamilton (10). En el trazado normal la extremidad de la onda referida domina el registro. Starr (1).

Normalmente, la amplitud de las ondas J e I varían en relación a los tres siguientes factores:

1) *Momento respiratorio*.— La inspiración produce aumento en la amplitud y la espiración disminución. Starr (1), Dock (3) y Mandeebauen (4). Esta variación es evidente si la respiración no es detenida. Starr (1). La variación, según Starr, radica en la desigual magnitud del retorno venoso en las dos condiciones; durante la inspiración aumenta la presión negativa intratorácica, el retorno venoso y la oferta de sangre al corazón derecho, el cual la toma y expulsa un mayor volumen representado por la mayor amplitud de las ondas J e I, durante la espiración sucede lo contrario, porque el aumento de la presión intrapleurar disminuye el aporte sanguíneo al corazón derecho.

2) *Capacidad corporal de transmisión*.— Se puede precisar mediante la apreciación de la amplitud de determinada onda, producida por una estandarizada percusión aplicada sobre el hombro del sujeto (4 y 6).

3) *Edad*.— A medida que pasan los años disminuye la amplitud de las ondas J e I. Starr (17).

La onda K representa una fuerza dirigida hacia los pies, originada por la resistencia que determina la aorta descendente a la masa de sangre circulante, Hamilton (10), Dock (3).

Hamilton demostró que la onda K no era una postvibración de la onda J (opinión de Starr) por las siguientes razones: a) es generalmente de mayor amplitud que la J, si fuese una postvibración siempre sería menor; b) en la coartación de la aorta está ausente o presenta amplitud muy pequeña a pesar de observarse una J amplia; lo que evidencia que estas ondas no tienen el mismo origen e induce a pensar que la onda en estudio se origina en la aorta descendente (10).

La onda K tiene una amplitud variable. Starr (1). Puede ser corta (figura 5), menos negativa que la onda I, en algunos sujetos normales, con presión arterial máxima inferior a 110 mm. de Hg. Dock (3). Puede ser profunda (fig. 6) en algunos sujetos normales de hábito asténico (4) o en algunas mujeres en la última mitad del embarazo (3).

La interpretación de la onda K corta o profunda como normal, requiere como condición fundamental la normalidad clínica del sujeto, porque estas variaciones se pueden presentar en casos patológicos. Dock (3).

La onda L representa una fuerza dirigida hacia la cabeza, originada probablemente por la resistencia que la aorta ascendente determina sobre el flujo circulante al final de la sístole ventricular. Hamilton (10). Dock (3) opina que ocurre al comienzo del diástole. Para Starr es una postvibración.

La onda L, en la mayoría de los trazados normales, es de menor amplitud que la J, en algunos puede ser tan alta como ella (fig. 7). Dock (3).

La onda M representa una fuerza dirigida hacia los pies, que ocurre durante el diástole; podría estar en relación a la resistencia que la aorta descendente ofrece a la circulación sanguínea y al reflejo de la onda sanguínea producida a nivel de la aorta al cerrarse sus respectivas válvulas. Hamilton (10).

La onda N es considerada como una postvibración. (Hamilton y Starr). Ocurre en el presístole, puede estar fusionada con la onda H. Dock (3).

La onda O representa una fuerza dirigida hacia los pies, es sincrónica con la elevación diastólica del pulso femoral, lo que hizo pensar que se originara por la reflexión del impulso de la onda del pulso en las arteriolas de la parte más baja del cuerpo. Hamilton (10).

#### *Deflexiones o segmentos balistocardiográficos.*

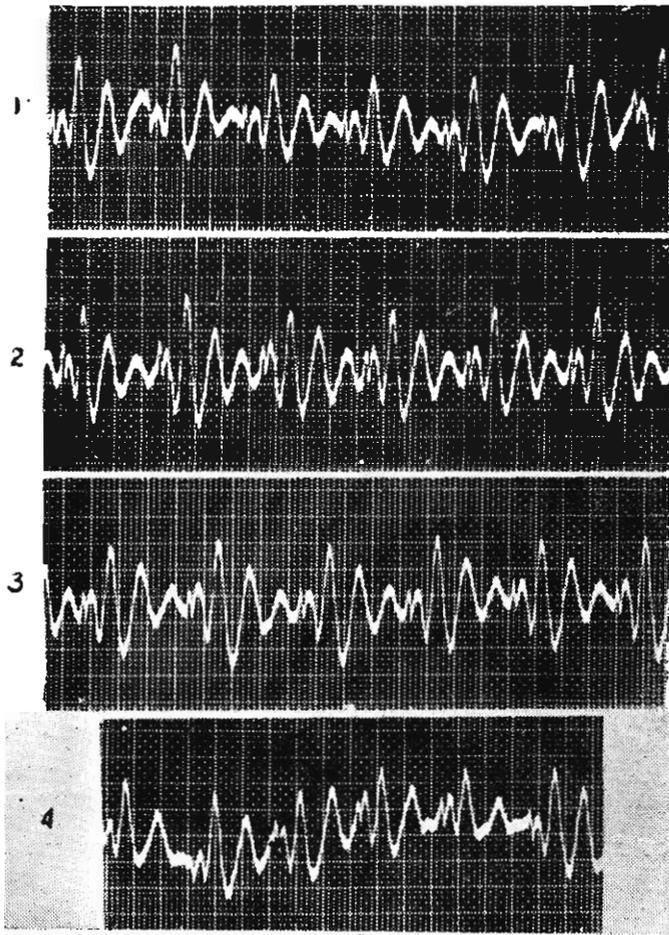
Llámase deflexión, la longitud comprendida entre las extremidades de dos ondas inmediatas.

La deflexión H-I es siempre bien definida: ésta con la deflexión I-J forman un ángulo agudo de vértice inferior. Starr (1).

Mandelbauen (4) midió las deflexiones H-I, I-J y J-K; normalmente la primera deflexión medía 4 mm.; la segunda aproximadamente 10 mm. siendo mayor en los jóvenes atletas y menor en sujetos mayores de 50 años; la tercera medía igual a la anterior o la superaba en dos mm.

#### *Índice de amplitud y volumen de expulsión.*

Starr (1) calculó el índice de amplitud y el volumen de expulsión cardíaco, mediante la aplicación de determinadas fórmulas, en las que intervenían fundamentalmente la amplitud de las ondas J e I.



C.I.S.O. No. 13

Nombre : J. S. 23 años.  
 Pícnico. Talla : 1.59 mt. Pe-  
 so : 61 kilo. P. I. : Mx 120,  
 Mu. 80 mm.

Determinase :

a) La duración R-I de  
 c.12' ó de c.14' en el 1º tra-  
 zo. b) En la onda I, las  
 ramas oblicuas simétricas y  
 la rama descendente rectili-  
 nea.

Las fórmulas son las siguientes:

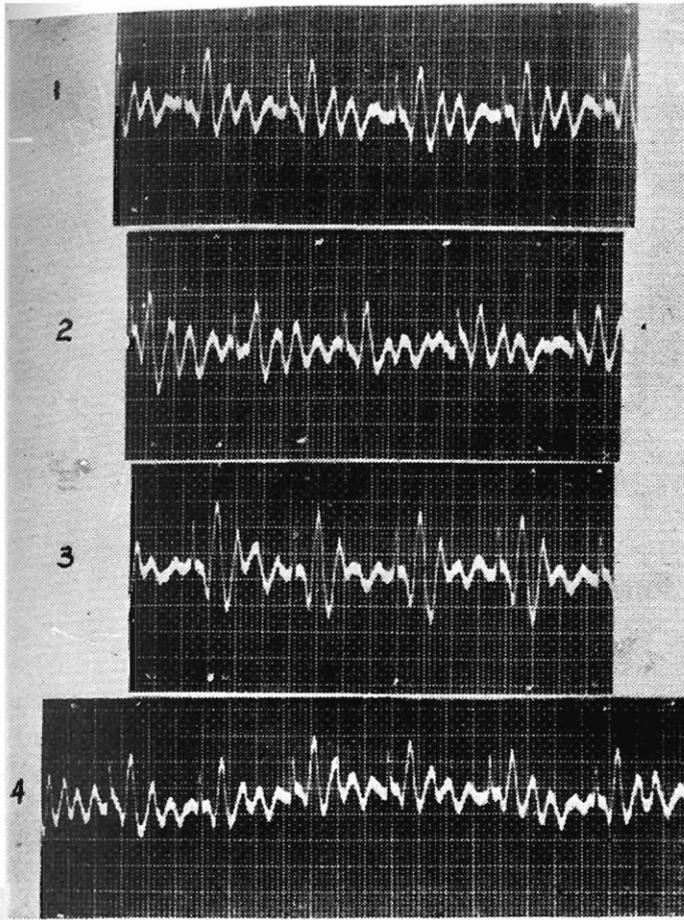
$$\text{Indice de amplitud} = \sqrt{J + J_2 I + I_2} \times \frac{C}{PC}$$

J é I y J<sub>2</sub> é I<sub>2</sub>, representan, respectivamente, la amplitud de las ondas.

J é I en los grandes y en los pequeños complejos.

C es la cifra de pulso y PC el peso corporal (en libras).

Volumen de expulsión sistólico =  $100 \sqrt{21 + J\sqrt{C}}$  en donde J  
 é I representan, respectivamente, el promedio de la amplitud de ondas



C ISO No. 22

Nombre : A. S. 25 años.  
 Normosómico. Talla : 1.66  
 mt. Peso : 64 k. P. a. : MX  
 110 y Mn : 75 mm.

Repórese :

a) En el gran parecido  
 entre los complejos balísticos  
 del 1º y del 4º trazo. b)  
 En la diferente amplitud que  
 tienen las ondas en el 2º y  
 en el 3º trazo. c) En la  
 ausencia de la onda II en  
 algunos complejos. d) En  
 las ramas oblicuas, simétricas  
 y rectilíneas de la onda  
 J. e) En el cálculo del coeficiente

$$\frac{JK}{IJ}$$
 de 1.05 mm.  
 (en el 1º trazo).

J é I en los complejos grandes (3) y pequeños (3); C es la duración del ciclo cardíaco. Scarborough (5).

Estas fórmulas solamente son aplicables en balistocardiogramas obtenidos con el aparato de Starr (1).

### ESTUDIO HECHO EN LOS TRAZADOS BALISTOCARDIOGRAFICOS OBTENIDOS EN LIMA

En el trazado de cada fase (respiración normal, inspiración, etc.) elegimos cinco complejos para estudiarlos.

En cada complejo hemos estudiado lo siguiente:

I Características de las ondas

$$\text{II Coeficiente } \frac{J K}{I J}$$

### I.— Características de las ondas

En las ondas H,I,J,K, y L, consideramos las siguientes características:

- 1) Presencia
- 2) Duración
- 3) Amplitud
- 4) Polaridad  
(Extremidad)
- 5) Forma (Ramas  
(Carácter del trazo)

En las ondas M,N y O: presencia, amplitud, polaridad y carácter del trazo.

- 1) La presencia se define por si sola.
- 2) La duración se puede definir como el tiempo transcurrido entre la onda R del electrocardiograma y la extremidad de cada onda balistocardiográfica (con el balistocardiógrafo utilizado, la Onda R se superpone al trazado balístico en tal forma que precisa el inicio y el final de cada complejo balistocardiográfico).

Tiene por objeto ayudar al reconocimiento de las ondas en determinados casos.

Hemos estudiado los tiempos RH, RI, RJ, RK y RL.

- 3) La amplitud se determina midiendo la longitud de la rama ascendente en las positivas y la de la rama descendente en las negativas.

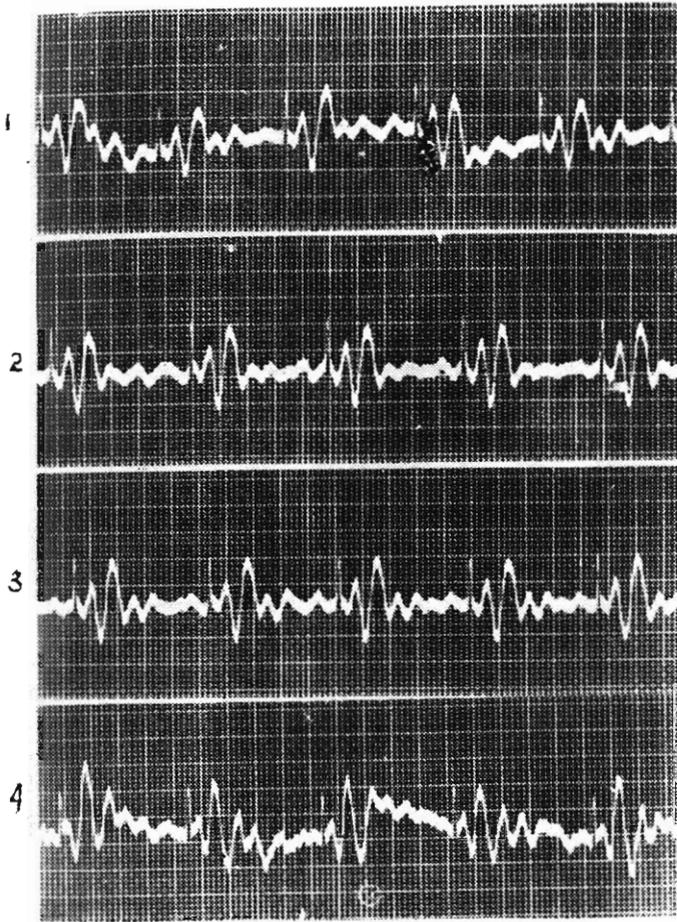
La amplitud la dividimos arbitrariamente en pequeña, mediana y grande, con miras a una probable ulterior interpretación, que no estamos en condiciones de hacer todavía.

Las ondas H e I son pequeñas, cuando oscilan entre 0 y 5 mm. (de longitud); medianas, entre 5 y 10 mm. y grandes las mayores de 10 mm.

Llamamos pequeñas a las ondas J y K cuando su longitud oscila entre 0 y 10 mm.; medianas entre 10 y 20 mm. y grandes a las mayores de 20 mm.

Es pequeña la onda L cuando su longitud oscila entre 0 y 10 mm.; mediana entre 10 y 15 mm.; y grande cuando es mayor de 15 mm.

Respecto de las ondas M, N y O son pequeñas, cuando oscilan entre 1 y 8 mm.; medianas entre 8 y 16 mm. y grandes cuando son mayores de 16 mm.



C.I.S.O. No. 40

Nombre : F. I. 23 años.  
 Asténico. Talla : 1.71 mt.  
 Peso : 60 kilos. P. A. : Mx :  
 105; Mu : 70 mm. ..

Obsérvese :

En el 1º, 2º y 3º trazo, la  
 onda K menos negativa que  
 JK

la I; el coeficiente  $\frac{JK}{IJ}$

inferior a 1 mm. (0.82 mm. en  
 el 1º trazo); b) En el 4º  
 trazo, la onda K más nega-

tiva que la I, a la que co-  
 rresponde un coeficiente  $\frac{JK}{IJ}$

superior a 1 mm.

Relacionada con la amplitud hemos estudiado la altura de la onda L y la negatividad de la K.

Hemos llamado altura de L a la posición que presenta su extremidad en relación a la de la onda J. Puede ser mayor, menor o igualmente alta (figs. 8, 9 y 10, respectivamente).

La negatividad de la onda K se refiere a la posición que presenta su extremidad en relación a la de la onda I. Su grado de negatividad puede ser: Mayor, menor o igual al de la onda I (figs. 11, 12 y 13, respectivamente).

La amplitud de las ondas la hemos precisado, mediante la determinación de la longitud de las deflexiones, apreciada en milímetros. Hemos estudiado, las deflexiones HI, IJ, JK y KL.

4) Polaridad.— Se determinan por el signo positivo o negativo de la onda.

Llámase onda positiva a aquella cuya extremidad se dirige hacia arriba y negativa a la que se dirige hacia abajo.

5) *Forma*.— En la forma hemos estudiado la extremidad, las ramas y el carácter del trazo de cada una de las ondas.

La extremidad puede ser aguda fina, aguda gruesa, roma o mellada; llamándose aguda fina a aquella cuyo mayor grosor es de 1 mm. o inferior a él; y aguda gruesa a aquella cuyo mayor grosor es superior a un milímetro (fig. 14).

En las ramas hemos estudiado: a) oblicuidad, b) simetría, c) dirección (comparando la que tiene una rama con la otra), d) ángulo y dirección de su abertura (arriba o abajo).

*Carácter del Trazo*.— Hemos estudiado en cada rama el grosor y si es o nó rectilínea.

Por el grosor las dividimos en: 1) finas, 2) medianas, 3) gruesas.

Finas cuando el grosor es de 1/3 de mm. o menor; Mediana cuando oscila entre 1/3 de mm. y un mm. y gruesa cuando es mayor de 1 mm.

Llámase rama rectilínea a la que no presenta sinuosidades y nó rectilínea a las que las presenta.

IK

*Coefficiente* — Es el resultado de la división de la deflexión JK entre la IJ

entre la IJ, expresado en milímetros. Tiene por objeto dar expresión matemática a la profundidad de la onda K.

De la observación detenida de determinados números de balistocardiogramas normales y patológicos, se desprende que la profundidad de la onda K no sólo está relacionada a la amplitud y al grado de negatividad de la misma, sino también a la amplitud de los complejos. Puede existir una onda K más negativa que otra y sin embargo ser menos profunda, por que la amplitud de su complejo balistocardiográfico es mayor (fig. 15).

Sintetizando, la profundidad de la onda K se dá en función de tres factores:

- 1) Su amplitud
- 2) Su negatividad
- 3) Amplitud del complejo.

Según Starr (1) la amplitud de los complejos se dá por la amplitud de la onda J, y ésta se precisa midiendo la deflexión IJ. Teniendo

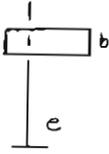
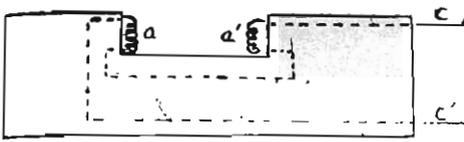


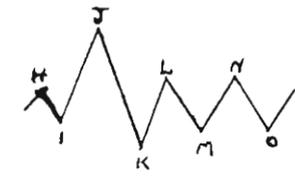
Figura 1



Figura 2



Figura 3.



(Trazado balist.)



Figura 5.

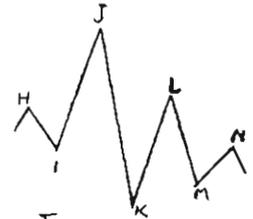
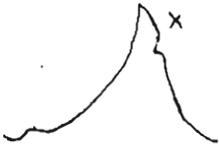


Figura 6



(Trazado pulso.)

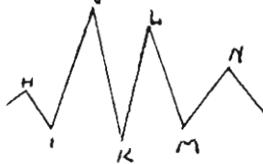


Figura 7.

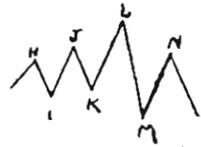


Figura 8.

Figura 4.

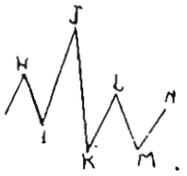


Figura 9.



Figura 10.

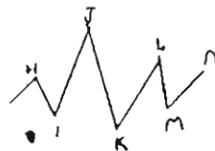


Figura 11

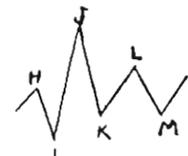


Figura 12



Figura 13.



Mayor grosor

Figura 14

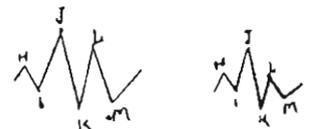


Figura 15

esto último en consideración, la profundidad de la onda K se determina en función de su amplitud, su negatividad y la longitud I J.

La determinación de la longitud I J precisa matemáticamente la posición de la extremidad de la onda I.

Para determinar la amplitud de la onda K se mide la deflexión JK y al hacerlo se precisa matemáticamente la posición de la Onda K.

Así se tiene que al determinar las deflexiones JK é I J se está precisando la posición de la onda K referida a la de la extremidad de la onda I, es decir se obtiene la negatividad de la onda K.

Aceptando esto último, definitivamente, la profundidad de la onda K está en función de la longitud de las deflexiones J I é I J.

Como la observación de los trazados balistocardiográficos, demuestra que a igual negatividad de K, su profundidad es tanto mayor cuando menor sea la amplitud de J, se deduce que hay una relación inversa entre la profundidad de K y la amplitud de J.

Si hemos establecido las deflexiones JK e I J en función de las cuales se va a determinar la profundidad de K, la expresión matemática de la característica referida se basa en las siguientes consideraciones:

Sabemos que uno de los factores de la profundidad es la deflexión JK y que la profundidad está en relación inversa a la deflexión I J; sujetándonos a lo dicho la relación que le corresponde a los segmentos JK é I J es la determinada por la división de la deflexión o longitud JK entre la I J, vale decir:

$$\text{Profundidad de K} = \frac{\text{Deflexión JK}}{\text{Deflexión I J}}$$

## RESULTADOS

### ONDA H

*Presencia.*— Está presente en la mayoría de los casos. En la fase de respiración normal en un 92%; en la de inspiración profunda en un 86%; en la expiración profunda en un 82%, y después del esfuerzo en un 90%.

*Duración de R-H.*— En la fase de respiración normal la máxima duración la encontramos en 0.13'', la mínima en 0.04'' y la promedio en 0.075''. En la de inspiración profunda, la máxima es de 0.13'', la mínima es de 0.042'' y la promedio 0.077''. En la expiración profunda, la máxima es de 0.13'', la mínima de 0.04'' y la promedio de 0.067''. Después del es-

fuerzo, la máxima es de 0.12'', la mínima de 0.04'' y la promedio de 0.069''.

En la fase de respiración normal la duración R - H, oscila entre 0.040'' y 0.079'' en el 78% de los casos. En la de inspiración profunda, entre 0.042'' y 0.081'' en el 66%. En la de expiración profunda, entre 0.040'' y 0.079'' en el 66%. Después del esfuerzo, entre 0.04'' y 0.079'' en el 76% de los casos.

*Amplitud.*— Es variable, aún de complejo a complejo. En la fase de respiración normal la hemos encontrado pequeña en un 60% de casos y mediana en un 40%. En la de inspiración profunda, mediana en un 50%, pequeña en un 48% y grande en un 2%. En la de expiración profunda, pequeña en un 60% y mediana en un 40%. Después del esfuerzo, pequeña en un 56% y mediana en el 44%.

La amplitud de la onda H obtenida en la fase de inspiración profunda es mayor a la obtenida en la fase de respiración normal en un 50% de casos, menor en un 48% e igual en un 2%. La obtenida en la fase de expiración profunda es mayor a la obtenida en la de inspiración profunda en un 40%, menor en un 54% e igual en un 6%. La obtenida después del esfuerzo es mayor a la obtenida en la fase de respiración normal en un 52%, menor en un 44% e igual en un 4%.

*Polaridad.*— En el 100% de los casos es positiva.

*Extremidad.*— La forma de extremidad es variable, la más frecuente (en las cuatro fases) es la aguda gruesa.

En la fase de respiración normal el 52% de los casos presentan extremidad aguda gruesa, el 26% aguda gruesa y roma. En la de inspiración profunda el 42% la presentan aguda gruesa, el 36% aguda gruesa y roma. En la de expiración profunda el 50% la presentan aguda gruesa, el 24% roma y el 16% aguda gruesa y roma. Después del esfuerzo, el 56% aguda gruesa, el 24% aguda gruesa y roma.

*Ramas.*— Sus características son variables, encontrándose con más frecuencia las oblicuas simétricas o las oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical (en las cuatro fases).

En la fase respiratoria normal, el 46% de casos tienen las ramas oblicuas simétricas, el 44% oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical. En la de inspiración profunda el 50% oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical, el 42% oblicuas

simétricas. En la de expiración profunda, el 46% oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical, el 44% oblicuas simétricas. Después del esfuerzo, el 48% oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical, y el 42% oblicuas simétricas.

*Trazo.*— Es variable tanto en la rama ascendente como en la descendente, encontrándose con más frecuencia (en las cuatro fases) la rama ascendente rectilínea de grosor mediano y la descendente rectilínea de grosor fino.

La rama ascendente, en la fase de respiración normal, es rectilínea de grosor mediano en el 46% de los casos; rectilínea de grosor grueso en el 16%. En la fase de inspiración profunda rectilínea de grosor mediano en el 46%; rectilínea y gruesa en el 14%. En la de expiración profunda rectilínea de grosor mediano en el 40%; no rectilínea de grosor mediano en el 16%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor mediano en el 48%; rectilínea y gruesa en el 14%.

La rama descendente, en la fase de respiración normal es rectilínea de grosor fino en el 58% de los casos; rectilínea de grosor mediano en el 24%. En la de inspiración profunda, rectilínea de grosor fino en el 64%; rectilínea de grosor mediano en el 22%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en el 62%; rectilínea de grosor mediano en el 16%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en el 64%; rectilínea de grosor mediano en el 20%.

#### ONDA I.

*Presencia.*— Está presente en el 100% de los casos (en las cuatro fases).

*Duración de R-I.*— En la fase de respiración normal, la máxima duración es de 0.20", la mínima de 0.10" y la promedio de 0.133". En la de inspiración profunda, la máxima es de 0.20", la mínima de 0.095" y la promedio de 0.132". En la de expiración profunda, la máxima es de 0.20", la mínima de 0.105" y la promedio de 0.131". Después del esfuerzo, la máxima es de 0.19, la mínima de 0.08" y la promedio de 0.116".

En la fase de respiración normal, la duración R-I, oscila entre 0.100" y 0.149" en un 80% de los casos. En la de inspiración profunda, entre 0.095" y 0.134" en un 72%. En la de expiración profunda, entre 0.100" y 0.139" en un 84%. Después del esfuerzo entre 0.100" y 0.139" en un 80%.

*Amplitud.*— Es variable, la más frecuente (en las cuatro fases) es la mediana.

En la fase de respiración normal, es mediana en un 74% de casos, grande en un 24% y pequeña en un 2%. En la de inspiración profunda, mediana en un 60%, grande en un 22% y pequeña en un 8%. En la de expiración profunda, mediana en un 62%, grande en un 36% y pequeña en un 2%. Después del esfuerzo, mediana en un 82% y grande en un 18%.

La amplitud de la onda I obtenida en la fase de inspiración profunda es menor a la obtenida en la de respiración normal en un 50% de casos, mayor en el 42% e igual en el 8%. La obtenida en la fase de expiración profunda es mayor a la obtenida en la de inspiración profunda en un 64%, y menor en un 36%. La obtenida después del esfuerzo es menor a la obtenida en la fase de respiración normal en un 68% y mayor en un 32%.

*Polaridad.*— En los 100% de los casos es negativa.

*Extremidad.*— En la fase de respiración normal, en la fase de inspiración profunda, y después del esfuerzo, la forma de extremidad más frecuente es la aguda gruesa.

En la fase de respiración normal, el 48% de los casos presentan extremidad aguda gruesa, el 38% aguda fina. En la de inspiración profunda, el 38% la presentan aguda gruesa, el 32% aguda fina, el 20% aguda gruesa y fina. En la de expiración profunda el 44% la presenta aguda fina, el 38% aguda gruesa. Después del esfuerzo el 50% aguda gruesa, el 32% aguda fina.

*Ramas.*— En la mayoría de los casos son oblicuas simétricas (80% y 90%).

En la fase de respiración normal el 82% de casos presentan las ramas oblicuas simétricas, el 14% oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical. En la de inspiración profunda el 88% oblicuas simétricas, el 10% oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical. En la expiración profunda el 94% oblicuas simétricas, el 4% oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical. Después del esfuerzo, el 90% oblicuas simétricas, el 8% oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical.

*Trazo.*— En la mayoría de los casos (en las cuatro fases) las ramas ascendentes y descendentes son rectilíneas de grosor fino.

La rama descendente en la fase de respiración normal es rectilínea, de grosor fino en un 56% rectilínea de grosor mediano en un 24%.

En la fase de inspiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 66%, rectilínea de grosor mediano en un 18%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 74%, rectilínea de grosor mediano en un 14%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en un 62%, rectilínea de grosor mediano en un 24%.

La rama ascendente, en la fase de respiración normal es rectilínea de grosor fino en un 92%, rectilínea de grosor mediano en un 4%. En la de inspiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 92%, rectilínea de grosor mediano en un 6%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 94%, rectilínea de grosor mediano en un 4%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en un 94%, rectilínea de grosor mediano en 2%.

### ONDA J.

*Presencia.*— Está presente en el 100% de los casos (en las cuatro fases).

*Duración de R-J.*— En la fase de respiración normal la máxima duración es de 0.280", la mínima de 0.180" y la promedio de 0.207". En la de inspiración profunda, la máxima es de 0.290"; la mínima de 0.165" y la promedio de 0.208". En la de expiración profunda, la máxima es de 0.300", la mínima de 0.170" y la promedio de 0.208". Después del esfuerzo, la máxima es de 0.290", la mínima de 0.165" y la promedio de 0.194".

En la fase de respiración normal, la duración R-J oscila entre 0.180" y 0.219" en un 78% de casos. En la de inspiración profunda entre 0.185" y 0.224" en un 70%. En la de expiración profunda, entre 0.170" y 0.209" en un 74%. Después del esfuerzo, entre 0.165" y 0.204" en un 86%.

*Amplitud.*— Es variable.

En la fase de respiración normal es mediana en un 62% de casos, grande en un 36% y pequeña en un 2%. En la de inspiración profunda, mediana en un 64%, grande en un 30% y pequeña en un 6%. En la de expiración profunda, grande en un 54%, mediana en un 42% y pequeña en un 2%. Después del esfuerzo, mediana en un 72%, grande en un 26% y pequeña en un 2%.

La amplitud de la onda J en la fase de inspiración profunda es mayor a la de respiración normal en un 56%. En la de expiración profunda es mayor que la de inspiración en un 70%. Después del esfuerzo es menor que la de respiración normal en un 60%

*Polaridad.*— Es positiva en el 100% de los casos.

*Extremidad.*— En las fases de inspiración profunda, expiración profunda y después del esfuerzo, más del 50% presentan la extremidad aguda fina.

En la fase de respiración normal, es aguda gruesa en un 48%, aguda fina en un 42%. En la de inspiración profunda, es aguda fina en un 56%, aguda gruesa en un 36%. En la de expiración profunda aguda fina en 58%, aguda gruesa en un 36%. Después del esfuerzo, aguda fina en un 50%, aguda gruesa en un 38%.

*Ramas.*— En la fase de respiración normal, las ramas son oblicuas simétricas en un 98% de casos. En la de inspiración profunda, oblicuas simétricas en un 96%. En expiración profunda, oblicuas simétricas en el 100%. Después del esfuerzo, oblicuas simétricas en un 96%.

*Trazo.*— En la mayoría de los casos (en las cuatro fases) las ramas ascendentes y descendentes son rectilíneas de grosor fino.

La rama ascendente, en la fase de respiración normal es rectilínea de grosor fino, en un 92% de casos. En la de inspiración profunda rectilínea, de grosor fino en un 90%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 94%. Después del esfuerzo, rectilíneo de grosor fino en un 92%.

La rama descendente en la fase de respiración normal, es rectilínea de grosor fino en un 90%. En la de inspiración profunda, es rectilínea de grosor fino en un 84%. En la de expiración profunda, es rectilínea de grosor fino en un 96%. Después del esfuerzo, es rectilínea de grosor fino e nun 86%.

## ONDA K.

*Presencia.*— Está presente en el 100% de los casos (en las cuatro fases).

*Duración de R-K.*— En la fase de respiración normal, la máxima duración es de 0.385'', la mínima de 0.240'' y la promedio de 0.300''. En la de inspiración profunda, la máxima es de 0.400'', la mínima de 0.250'' y la promedio de 0.301''. En la de expiración profunda, la máxima es de 0.395'', la mínima de 0.250'' y la promedio de 0.299''. Después del esfuerzo, la máxima es de 0.410'', la mínima de 0.230 y la promedio de 0.286''.

En la fase de respiración normal, la duración R-K oscila entre 0.280'' y 0.319'' en un 60% de casos. En la de inspiración profunda, en-

tre 0.270" y 0.309" en un 58%. En la de expiración profunda, entre 0.270" y 0.309" en un 64%. Después del esfuerzo, entre 0.270 y 0.309" en un 68%.

*Amplitud.*— Es variable. En la fase de respiración normal es grande en un 70% de casos, mediana en un 26%. En la de inspiración profunda es grande en un 66%, mediana en un 30%. En la de expiración profunda, es grande en un 84%, mediana en un 12%. Después del esfuerzo, grande en un 66%, mediana en un 32%.

La amplitud de la onda K, en la fase de inspiración profunda, es menor a la de respiración normal en un 52% de casos, mayor en un 44%. En la de expiración profunda, es mayor a la de inspiración profunda en un 76%, menor en un 18%. Después del esfuerzo, es menor que la de respiración normal en un 54%, mayor en un 46%.

*Negatividad.*— La negatividad de la onda K, en la fase de respiración normal, de inspiración profunda, de expiración profunda, es mayor que la de la onda I en un 86% de casos. Después del esfuerzo es mayor en un 88%.

*Profundidad.*— La profundidad de onda K, en la fase de inspiración profunda es mayor que en la de respiración normal en un 56% de casos, menor en un 36%. En la de expiración profunda, mayor que en la de inspiración profunda en un 56%, menor en un 42%. Después del esfuerzo, mayor que en la de respiración normal en un 60%, menor en un 32%.

*Polaridad.*— Es negativa en el 100% de los casos.

*Extremidad.*— En la fase de respiración normal, es aguda gruesa en un 60% de casos, aguda fina en un 24%. En la de inspiración profunda, aguda gruesa en un 58%, aguda fina en un 20%. En la de expiración profunda, aguda gruesa en 66%, aguda fina en un 20%. Después del esfuerzo, aguda gruesa 60% y aguda fina 22%.

*Traza.*— La rama descendente de la onda K, en la fase de respiración normal es rectilínea de grosor fino en un 88% de casos, rectilínea de grosor mediana en un 6%. En la de inspiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 78%, rectilínea de grosor mediano en un 6%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 92%, rectilínea de grosor mediano en un 2%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en un 90%, rectilínea de grosor mediano en un 4%.

La rama ascendente, en la fase de respiración normal es rectilínea de grosor fino en un 70% de casos, rectilínea de grosor mediano en un 6%. En la de inspiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 66%, no rectilínea de grosor fino en un 12%. En la de expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 82%, rectilínea de grosor mediano en un 4%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en un 70%, rectilínea de grosor mediano en un 12%.

*Ramas.*— En la fase de respiración normal, son oblicuas simétricas en un 66% de casos, oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical en un 26%. En la de inspiración profunda, oblicuas simétricas en un 80%, oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical en un 14%. En la de expiración profunda, oblicuas asimétricas en un 82%, oblicuas asimétricas con la rama ascendente menos vertical en un 10%. Después del esfuerzo, oblicuas simétricas en un 84%, oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical en un 14%.

## ONDA L.

*Presencia.*— Está presente en el 100% de los casos.

*Duración de R-L.*— En la fase de respiración normal, la máxima duración es de 0.500", la mínima de 0.350" y la promedio de 0.402". En la de inspiración profunda, la máxima es de 0.490", la mínima de 0.330" y la promedio de 0.397". En la de expiración profunda, la máxima es de 0.462", la mínima de 0.320" y la promedio de 0.397". Después del esfuerzo, la máxima es de 0.450", la mínima de 0.320" y la promedio de 0.387".

En la fase de respiración normal, la duración R-L oscila entre 0.370" y 0.409" en un 54% de casos. En la de inspiración profunda, entre 0.390" y 0.429", en un 58%. En la de expiración profunda, entre 0.380" y 0.419" en un 50%. Después del esfuerzo, entre 0.380" y 0.419" en un 48%.

*Amplitud.*— En la fase de respiración normal es grande en un 62% de casos, mediana en un 24%. En la de inspiración profunda, grande en un 68%, mediana en un 16%. En la de expiración profunda, grande en un 76%, mediana en 10%. Después del esfuerzo, grande en un 56%, mediana en un 44%.

La amplitud de la onda L en la fase de inspiración profunda, es mayor a la de respiración normal en un 58%. En la de expiración profunda, es mayor que la de inspiración profunda en un 70%. Después del esfuerzo es menor que la de respiración normal en un 52%, mayor en un 44%.

*Altura.*— En la fase de respiración normal, la altura de la onda L es menor que la de la onda J en un 98% de casos; en la de inspiración profunda en un 92%; en la de expiración profunda en el 100%, y después del esfuerzo en un 98%.

La altura de la onda L en la fase de inspiración profunda es mayor que la de respiración normal en un 60%. En la de expiración profunda es mayor que la de inspiración profunda en un 42% y menor en un 40%. Después del esfuerzo es mayor que la de respiración normal en un 52%.

*Polaridad.*— Es positiva en el 100% de los casos.

*Extremidad.*— Es la más variable (entre la de todas las ondas).

En la fase de respiración normal es roma en un 22% aguda gruesa y roma en un 22%, aguda gruesa en un 20%. En la de inspiración profunda es aguda gruesa en un 48%; aguda gruesa y roma en un 14%, roma en un 14%. En la de expiración profunda, aguda gruesa en un 50%, roma en un 22%, aguda gruesa y roma en un 18%. Después del esfuerzo, aguda gruesa en un 34%, roma en un 18% aguda gruesa y roma en un 14%.

*Ramas.*— En la fase de respiración normal son oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical en un 56% de casos, oblicuas simétricas en un 34%. En la de inspiración profunda, oblicuas simétricas en un 54%, oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical en un 42%. En la de expiración profunda, oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical en un 50%, oblicuas simétricas en un 46%. Después del esfuerzo, oblicuas asimétricas con la rama descendente menos vertical en un 50%, oblicuas simétricas en un 42%.

*Traza.*— La rama ascendente, en la fase de respiración normal es rectilínea, de grosor fino en un 60% de casos. En la de inspiración pro-

funda rectilínea, de grosor fino en un 62%. En la expiración profunda, rectilínea de grosor fino en un 78%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor fino en un 60%.

La rama descendente, en la fase de respiración normal, es no rectilínea de grosor mediano en un 20% de casos, rectilínea gruesa en un 10%, rectilínea fina en un 10%. En la de inspiración profunda, rectilínea fina en un 32%, rectilínea de grosor mediano en un 20%, no rectilínea de grosor mediano en un 12%. En la de expiración profunda, rectilínea fina en un 40%, rectilínea de grosor mediano en un 22%, rectilínea gruesa en un 8%. Después del esfuerzo, rectilínea de grosor mediano en un 22%, rectilínea fina en un 16%, rectilínea gruesa en un 12%.

### ONDA M

*Presencia.*— Está presente en la fase de respiración normal en un 96% de casos. En las de inspiración y de expiración profundas en un 94%. Después del esfuerzo, en un 90%.

*Amplitud.*— Es menor que la de la onda L, en la fase de respiración normal, en un 84%; en la de inspiración en un 94%; en la de expiración en un 94%, y después del esfuerzo en un 86%.

*Grosor.*— Es mediano, en la fase de respiración normal en un 52%, en la inspiración profunda en un 30%; en la de expiración profunda en un 30%; después del esfuerzo en un 42%.

### ONDA N

*Presencia.*— Está presente en la fase de respiración normal en un 80% de casos; en la de inspiración profunda en un 90%; en la expiración profunda en un 84%, y después del esfuerzo en un 68%.

*Amplitud.*— Es menor que la de la onda L entre el 84% y 100% de casos.

*Grosor.*— En la fase de respiración normal, es mediana en un 36%. En la de inspiración profunda, grueso en un 44%. En la de expiración profunda, grueso en un 38%. Después del esfuerzo, mediano en un 30%.

## ONDA O

*Presencia.*— Está presente, en la fase de respiración normal en un 40%; en la de inspiración en un 72%; en la de expiración en un 54%; después del esfuerzo en un 40%.

*Amplitud.*— En un 100% de casos es menor que la de la onda L.

*Grosor.*— Es grueso, en la fase respiración normal en un 22%; en la de inspiración profunda en un 42%; en la de expiración en un 32%, y después del esfuerzo en un 6%. (Ver cuadro N<sup>o</sup> 32).

$$\text{COEFICIENTE } \frac{I-K}{I-J}$$

En el 100% de casos, la impresión de profundidad de la onda K, concuerda con el valor del coeficiente  $\frac{J-K}{I-J}$  ver balistocardiograma.

En la fase de respiración normal, el valor máximo del coeficiente en un complejo, es de 1,64 mm., el mínimo de 0.60 mm. El promedio de 1.19 mm.

En la fase de inspiración profunda, el valor máximo del coeficiente en un complejo es de 1,72 mm., el mínimo de 0.71 mm. El promedio de 1.21 mm.

En la de expiración profunda el valor máximo del coeficiente en un complejo es de 1.79 mm., el mínimo de 0.80 mm. El promedio de 1.20 mm.

Después del esfuerzo el valor máximo del coeficiente en un complejo es de 1.79 mm. el mínimo de 0.61 mm. El promedio de 1.24 mm.

$$\text{Coeficiente } \frac{I-K}{I-J} \text{ y presión arterial}$$

Los sujetos que tienen presión arterial máxima de 110 mm. Hg. o mayor, presentan el coeficiente mencionado mayor a un milímetro (98%

de casos); los que la tienen menor de de 110 mm. Hg. lo presentan inferior a un milímetro. (50% .

### *Balístocardiografía y tipo constitucional*

No hemos encontrado relación constante entre las características balístocardiográficas y tipo constitucional de los sujetos.

---

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Es de importancia anotar que la mayoría de los resultados concuerdan con los ya establecidos. Entre los discordantes figuran los que se refieren al aumento de la amplitud de las ondas J e I obtenidas en la fase de expiración profunda. Sin embargo, ésto se explicaría recordando que hemos practicado los registros en expiración completamente profunda y que durante esta condición, aumenta grademente la presión intratorácica, el retorno sanguíneo al corazón izquierdo y el volumen de expulsión representado en la mayor emplitud de las ondas J e I.

Como las variaciones respiratorias producen modificaciones en el volumen de expulsión y en la amplitud de las ondas H, I, J, K y L; sugerimos que dicho volumen juega un importante rol en la generación de las fuerzas representadas por las ondas señaladas.

La amplitud de las ondas J, K y L, que hemos considerado de orden mediano o grande, puede estimarse de valor por la posible aplicación de estos datos al estudio del balístocardiograma anormal.

Verificado el estudio de los tiempos de duración (R-H, R-I, R-J, R-K, R-L), mediante el procedimiento de la dispersión de datos, se advierte en un gran porcentaje de casos, que cada uno de los tiempos (R-H, R-I, etc.) oscilan entre valores muy próximos (diferencia de 0.04') lo que permite establecer su importancia en el reconocimiento de las ondas (siempre que la frecuencia cardíaca se encuentre normal). La determinación de los tiempos mencionados despierta vivo interés, por la posibilidad de aplicarlos en aquellos balístocardiogramas anormales en los que es susceptible la confusión de las ondas.

El hecho de haber encontrado un estrecho paralelismo entre la impresión visual de la profundidad de la onda K y el valor del coeficiente  $\frac{J-K}{I-J}$ , nos ayuda a esclarecer aquellos casos en los que es du-

dosa la apreciación visual de la profundidad de la onda referida.

La determinación de las características de las extremidades y de las ramas de las ondas, podría ayudar al conocimiento e interpretación de ciertas anomalías de los balistocardiogramas patológicos. Será necesario más investigación sobre el particular.

Los balistocardiogramas obtenidos, presentan características similares a las señaladas por los autores consultados, es así como:

a) El balistocardiograma de esfuerzo es muy parecido al de respiración normal.

b) Las ondas se suceden en el siguiente orden: H, I, J, K, L, M, N y O; la 1ª, 3ª, 5ª y 7ª, son positivas, las otras negativas.

c) Las ondas I, J, K y L, son constantes.

d) La onda J es la de mayor altura (98%), y la K la más prominente de las negativas (80%).

e) Las ondas M, N y O son las de mayor grosor.

#### ONDA H:

En la fase de respiración normal, la rama descendente es rectilínea (82%); la duración R-H oscila entre 0.04" y 0.079" (78%). Después del esfuerzo, la rama descendente es rectilínea (84%); la duración R-H oscila entre 0.04" y 0.079" (76%).

#### ONDA I:

En la fase de respiración normal, la extremidad es aguda (86%); las ramas son oblicuas simétricas (82%); la rama descendente es rectilínea (82%); la ascendente es fina rectilínea (92%); la duración R-I oscila entre 0.100" y 0.149" (80%). Después del esfuerzo la extremidad es aguda (82%); las ramas son oblicuas simétricas (90%); la rama descendente es rectilínea (84%) y la ascendente es fina rectilínea (94%); la duración R-I oscila entre 0.10" y 0.139" (80%).

#### ONDA J:

En la fase de respiración normal, la extremidad es aguda (90%); las ramas son oblicuas simétricas (98%); las ramas ascendente y des-

cedente son finas rectilíneas (92% y 90% respectivamente); la duración R-J oscila entre 0.18" y 0.219" (78%). Después del esfuerzo, la extremidad es aguda (88%); las ramas son oblicuas simétricas (96%); las ramas ascendentes y descendentes son finas rectilíneas (94% y 86%), respectivamente); la duración R-J oscila entre 0.165" y 0.204" (80%).

#### ONDA K:

En la fase de respiración normal, la extremidad es aguda (84%); la negatividad es mayor que la de la I' (86%); la rama descendente es fina rectilínea (90%). Después del esfuerzo, la extremidad es aguda (82%); la negatividad es mayor que la de I (88%); la rama descendente es fina rectilínea (86%).

La amplitud de las ondas J, K y L, puede ser mediana o grande.

El coeficiente  $\frac{J-K}{I-J}$  constituye la expresión matemática de la profundidad de la onda K.

Los sujetos que tienen presión arterial sistólica de 110 mm. de Hg. o superior a ella, presentan coeficiente  $\frac{I-K}{I-J}$  superior a un milímetro.

### CASUÍSTICA

Hemos elegido para presentar los balistocardiogramas que tienen entre sí las mayores diferencias dentro de la normalidad. Conviene establecer que solamente puntualizaremos las características más claras.

El 1er. Trazo corresponde a la fase de respiración normal.

El 2º Trazo corresponde a la fase de Inspiración profunda.

El 3er. Trazo corresponde a la fase de expiración profunda.

El 4º Trazo corresponde a después del esfuerzo.

---

NOTA.— El lector interesado en los cuadros analíticos de las ondas y sus variaciones puede solicitarlas al autor, Dr. Armando Silicani, Hospital Arzobispo Loayza, Servicio de Clínica Médica del Prof. Carlos Monge. Lima - Perú.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.— ISAAC STAIRR and HENRY SCHOEDER: J. Clinic investigation 19-937-1940.
  - 2.— ISAAC STARR and FRANCIS CLARKWOOD: American heart Journal. Vol. XXV.— January 1943 N° 1.
  - 3.— WILLIAN DOCK and HARRY MANDELBAUM: J.A.M. Asc. 146-1284 1951.
  - 4.— Circulation May. 1951. vol. III N° 5.
  - 5.— WILLIAM SEABOROUGH. M.D.: RAYMOND RENEYES, etc.: Circulation. August 1951, vol. IV N° 2.
  - 6.— HARRY MANDELBAUM M.D. etc. New-York —State— Journal of Medicine, July 1951.
  - 7.— DONALD H. MAKINSON, etc. Circulation. August 1950. Vol. II N° 2.
  - 8.— ISAAC STARR and O HORWITZ: Circulation May 1950 Vol. N° 5.
  - 9.— HERBERT R. BROWN: Circulation January 1950. vol. I N° 1.
  - 10.— HAMILTON and PHILIP DOW: A.J. of Phisiology vol. 144 — 1945.
  - 11.— ISAAC STARR and J. RAWSON A.J. of Phisiology — 1941. vol 134.
  - 12.— ISAAC STARR: A.J. of Phisiology. Vol. 127, August. 1939.
  - 13.— MASTER TABLE A.J. Msc. 177-223. 1929.
  - 14.— ISAAC STARR: The ciclopedia of medicine — Surgery Specialities. Vol. III. 1951.
  - 15.— DARIO ACEVEDO: Fisica, Libro II.
  - 16.— PHILIP DOW and HAMILTON: A.J.M. sc. 133-263 1941.
  - 17.— ISAAC STARR: Circulation Vol. V N° 4 1952.
-