

## TRABAJOS ORIGINALES

# EL BALISTOCARDIOGRAMA NORMAL \*

por los doctores

PEDRO COSSIO y HECTOR E. MOSSO

El balistocardiograma es el registro gráfico de los movimientos del cuerpo producidos por la energía liberada por la sístole cardíaca. Clásicamente se interpreta ese desplazamiento y retorno del cuerpo a su posición de equilibrio como debidos a un fenómeno de acción y reacción dependiente de los impactos originados por los propios movimientos del corazón y de la masa de sangre arrojada por el mismo como también por los cambios de volumen que se producen en el cuerpo con motivo de la llegada a los distintos sectores del organismo de esa masa líquida. Tales movimientos se traducen en el gráfico por una serie de oscilaciones de frecuencia y amplitud diversas cuyos vértices han sido designados con las letras del abecedario H, I, J, K, L, M, N y O, para no prejuzgar su origen, tal como lo hiciera Einthoven con el electrocardiograma a partir de la letra P. Pero nosotros pensamos que como cada uno de esos vértices o puntos sólo significan el momento o instante en que se termina e inicia dos desplazamientos del cuerpo de sentido contrario, más propio es reparar todo un movimiento en un solo sentido, para lo cual deberá hablarse de segmento o deflexiones GH, HI, IJ y así sucesivamente.

Aunque no hay acuerdo universal sobre el significado de cada uno de esos movimientos o deflexiones, el criterio más aceptado es el siguiente:

-Deflexión GH: retroceso del cuerpo en sentido craneal debido a que la sangre se dirige en sentido caudal, de aurícula o ventrículo, por la sístole auricular (Nickerson J. L.<sup>16</sup>) aunque para algunos autores (Hamilton y col.<sup>32</sup>) tal movimiento cefálico del cuerpo es un arrastre por la rotación del corazón sobre su eje longitudinal con elevación de la punta en el período de contracción isométrica.

Deflexión HI: arrastre caudal del cuerpo como consecuencia del retroceso cardíaco más el movimiento de retroceso que origina

\* la Cátedra de Semiología de la Facultad de Medicina de Buenos Aires. Hospital de Clínicas (Prof. P. Cossio).

la masa de sangre lanzada en sentido craneal por la sístole ventricular.

Deflexión IJ: desplazamiento del cuerpo en sentido craneal por el choque de la masa líquida contra el arco aórtico y por el movimiento de retroceso que se origina al circular la sangre por la aorta descendente.

Deflexión JK: desplazamiento del cuerpo en sentido caudal debido al impacto que hace la sangre en la bifurcación aórtica.

Deflexiones KL, LM, MN y NO: su significado se ignora aunque se creen debidas a movimientos vibratorios pasivos o bien debidas a la lenta acumulación de sangre en la aurícula con pérdida de velocidad del flujo venoso (Luisada y Contro)<sup>31</sup>.

El balistocardiograma se puede registrar con distintos tipos de aparatos.

Fué Gordon<sup>1</sup> el que por el año 1877 ideó el primer balistocardiógrafo.

Varios años después, en 1905, Yeadell Henderson<sup>2</sup> utiliza una mesa oscilante y en 1922 Heald y Tucker<sup>3</sup> crean un balistocardiógrafo de tipo vertical.

Angenheister y Lane<sup>4</sup> en 1928 utilizan un sismógrafo para registrar los movimientos corporales, mientras que Abramson<sup>5</sup> en 1933 crea un modelo especial denominado cardiodinamógrafo que consistía en una especie de balanza con asiento. Algunos años después Starr<sup>(6-7-8)</sup> utiliza un balistocardiógrafo parecido al de Henderson consistente en una mesa suspendida del techo y dispuesta de modo tal que impedía todo movimiento excepto en el sentido longitudinal. Era un aparato de alta frecuencia y sin amortiguamiento más que el proporcionado por el propio cuerpo. En 1942 Brown<sup>9</sup> describe un modelo portátil en el que se procuran eliminar las vibraciones extrañas. En 1943 Wilkins<sup>10</sup> construye un balistocardiógrafo inclinable que permite obtener registros con distintos ángulos de inclinación. Poco después Nickerson y Curtis<sup>11</sup> crean un aparato de baja frecuencia y provisto de un sistema amortiguador. Con el fin de mejorar el registro Brown y Pearson<sup>12</sup> introducen el sistema electrónico en su aparato. En 1950 Braunstein, Oelker y Gowdy<sup>13</sup> describen un balistocardiógrafo bidimensional que recoge los movimientos del cuerpo en sentido longitudinal y transversal a la vez. Pero en la actualidad la técnica se ha simplificado extraordinariamente por la utilización de aparatos mucho más simples que no requieren una instalación especial; tales como

el modelo a célula fotoeléctrica Sanborn, y, sobre todo, el balistocardiógrafo electromagnético de Dock<sup>14-30</sup> con los que se logran muy buenos resultados.

Tratándose la balistocardiografía de un método de investigación complejo que se ha puesto de actualidad en la clínica por la simplificación de los aparatos y aunque todavía no hay conformidad general sobre su utilidad en la misma, a pesar que se han descrito algunas configuraciones a las que se le han dado especial significación, como por ejemplo, oscilaciones pequeñas, irregulares, mal identificadas en los coronarios (Starr y otros autores)<sup>7-8-21-22-28</sup> disminución de la onda K, en la coartación de la aorta<sup>15-16-29</sup>; bifidez de la onda H, en los mitrales y en los pulmonares crónicos (De Soldati)<sup>17</sup>, etc., nosotros, a fin de formarnos un criterio personal y disponiendo de una unidad fotoeléctrica hemos resuelto, antes de aplicar el método a la patología, abordar el estudio del balistocardiograma normal humano.

#### MATERIAL Y METODO

Se han estudiado un total de 61 personas sanas examinadas clínica, radiológica y electrocardiográficamente, y seguidas muchas de ellas durante varios años. Ocho eran mujeres y 53 hombres.

Se utilizó el balistocardiógrafo a célula fotoeléctrica Sanborn, unido a un STETHO-CARDIETTE Sanborn, calibrado de modo tal, que un centímetro de desplazamiento equivaliera a un milivolt, registrándose a la vez el fonocardiograma, para lo cual se usó el micrófono lineal siempre con la llave en el grado 5 de amplificación. Los trazados se tomaron con el paciente acostado sobre una mesa sólida y rígida especialmente diseñada, colocándose una almohadilla en la cabeza y un rodillo debajo de los talones del paciente.

En 61 casos se obtuvo el balistocardiograma en reposo y con respiración natural; en 23 casos en apnea inspiratoria máxima; en 22 casos en apnea espiratoria máxima y con la prueba del esfuerzo de Master (24) en un total de siete casos.

Obtenidos los balistocardiogramas, en cada uno de ellos se midió la amplitud y duración de cada una de las deflexiones considerando los puntos extremos de cada oscilación. Para cada persona se repitió la operación con varios ciclos sucesivos, analizándose un total de 416 ciclos en respiración natural; 102 en apnea inspiratoria máxima; 100 ciclos en apnea espiratoria máxima y 60 ciclos de esfuerzo. A continuación se estableció la relación existente en amplitud y duración entre cada una de las deflexiones de un mismo ciclo. Luego se estimó el valor máximo y mínimo hallado para cada deflexión, realizándose también el estudio estadístico correspondiente para establecer los valores promedios normales de cada deflexión en amplitud y duración según la edad. En otra etapa se

estudió el sincronismo de las distintas deflexiones con relación al comienzo del 1º y del 2º ruidos cardíacos. Finalmente se analizaron las modificaciones de amplitud que sufren los trazados en conjunto de acuerdo a los diferentes momentos de la actividad respiratoria y durante el esfuerzo. En cada caso se procuró elegir los ciclos balísticos más típicos, desechándose los que estaban deformados por artificios de técnica.

### RESULTADOS

Partiendo del concepto de que todas las personas estudiadas eran sanas hemos dividido los 61 registros en dos grandes grupos:

a) Balistocardiogramas bien identificables (41 casos) que comprendían 26 pertenecientes a personas cuyas edades oscilaban entre 5 y 35 años y 15 correspondientes a personas cuyas edades variaban entre 36 y 69 años.

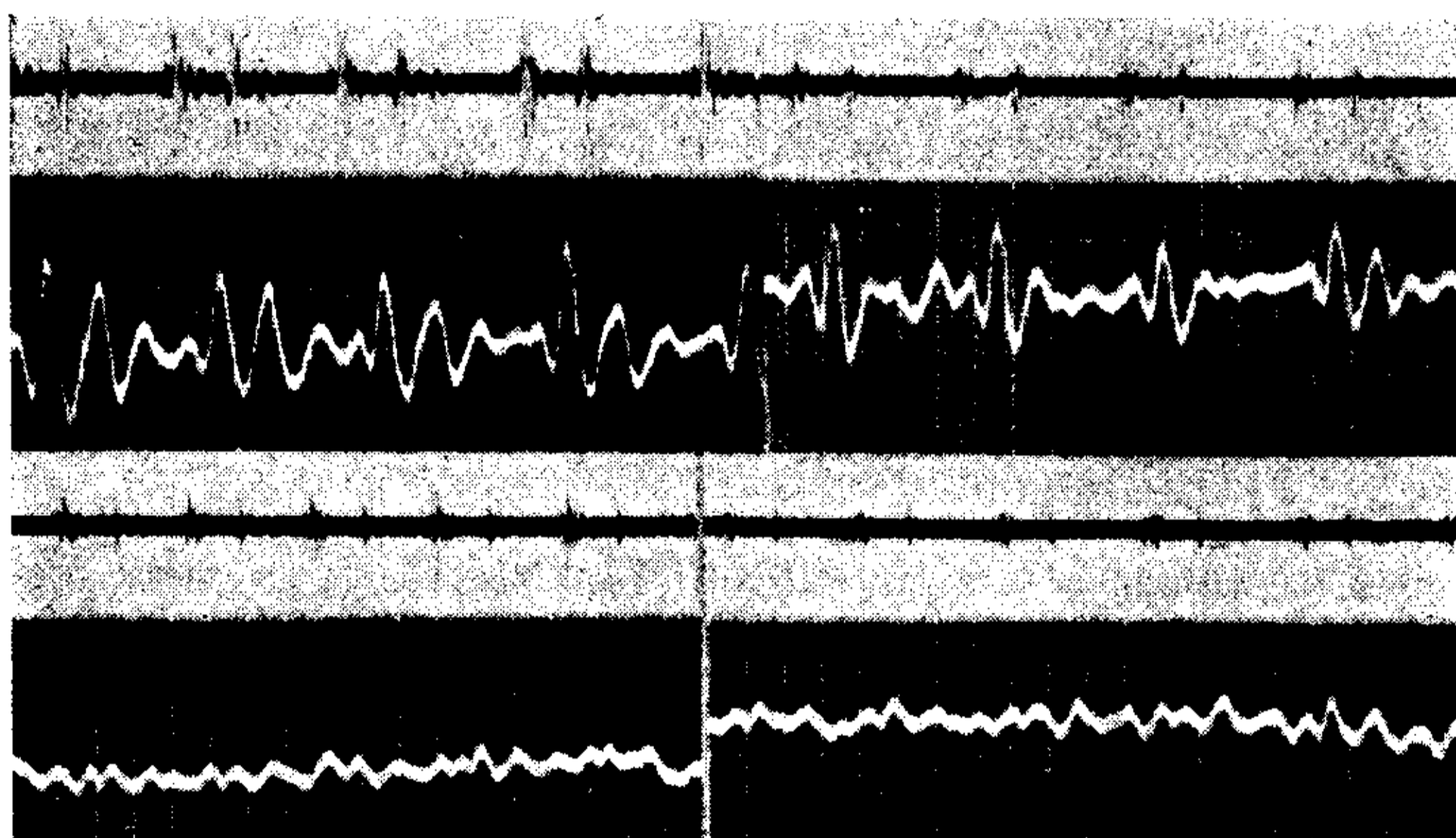


FIG. 1. — *Superior izquierda:* balistocardiograma bien identificable. Persona de 26 años. *Superior derecha:* balistocardiograma bien identificable. Persona de 41 años. *Inferior izquierda:* balistocardiograma mal identificable. Persona de 31 años. *Inferior derecha:* balistocardiograma mal identificable. Persona de 57 años.

b) Balistocardiogramas mal identificables (20 casos) que comprendían 11 pertenecientes a personas de 5 a 35 años y 9 a personas de 36 a 69 años de edad.

El criterio para establecer si un balistocardiograma era bien o mal identificable fué el siguiente:

- 1) Línea de base uniforme.
- 2) Buena identificación de cada una de las deflexiones.
- 3) Igualdad aproximada en altura y tiempo para cada deflexión de los ciclos considerados.



- 4) Ausencia de artificios y de ondulaciones secundarias.
- 5) Escasas modificaciones con la respiración normal.
- 6) Regularidad en conjunto de todo el trazado.

En algunos casos ha sido difícil establecer con precisión la

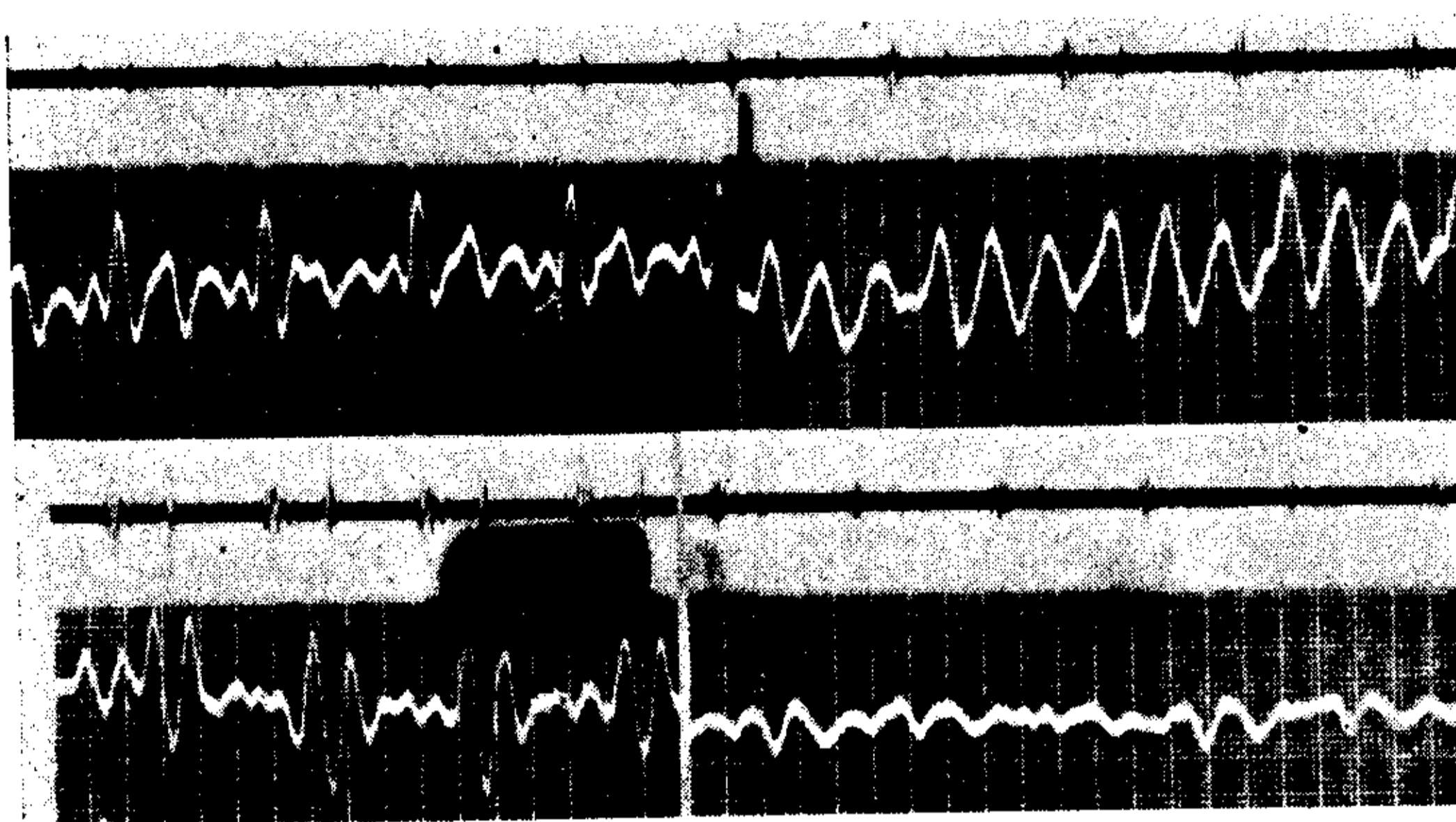


FIG. 2. — *Superior izquierdo*: ondulaciones secundarias sobre KL y LM. *Superior derecha*: H difícil de localizar. IJ cierto. KL, LM y MN, grandes. *Inferior izquierda*: KL muy grande. *Inferior derecha*: KL grande. LM ancho.

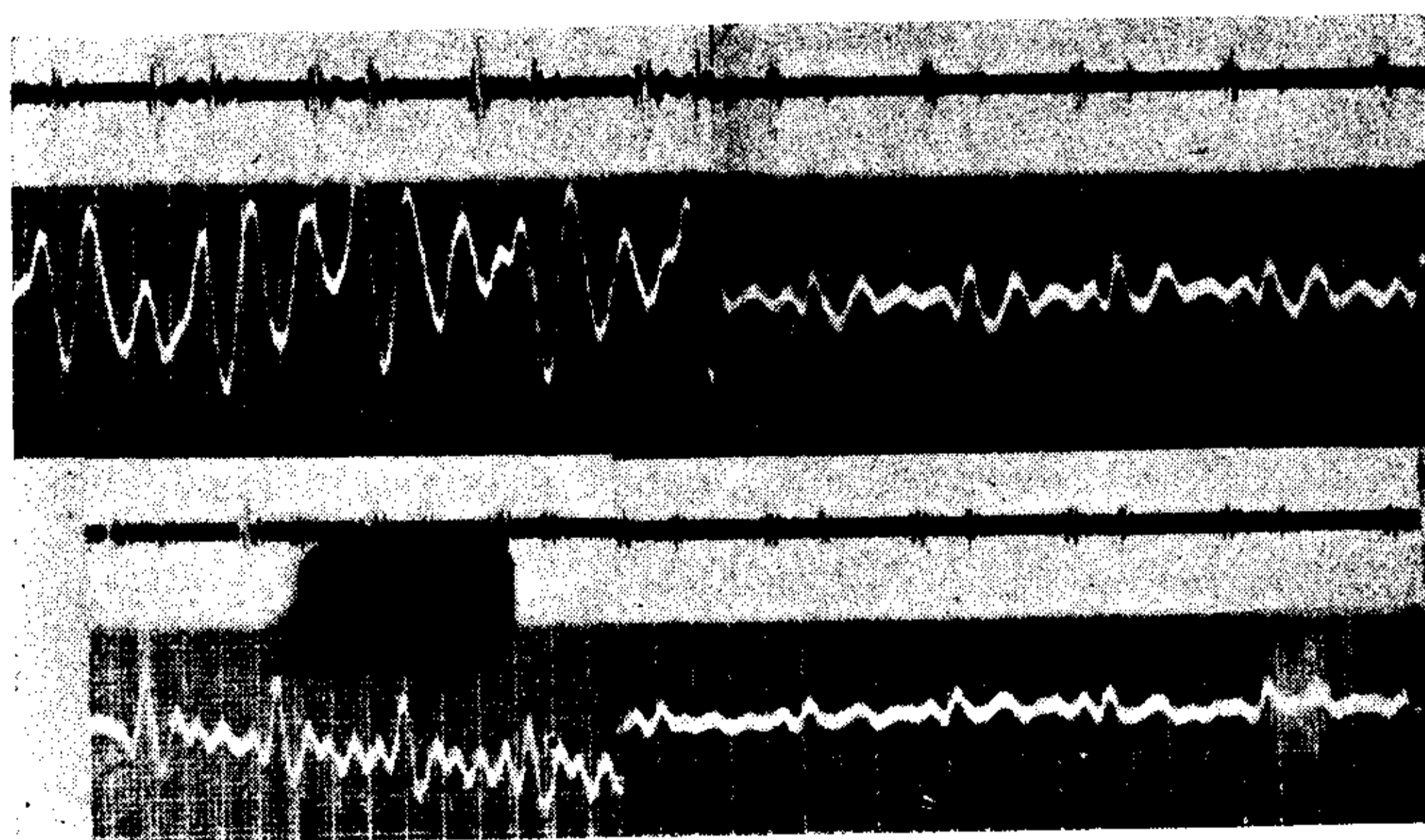


FIG. 3. — *Superior izquierda*: balistocardiograma muy amplio de un joven. *Superior derecha*: balistocardiograma mediano y lento de un joven. *Inferior izquierda*: balistocardiograma mediano de un joven. *Inferior derecha*: balistocardiograma pequeño y lento de un adulto.

presencia y ubicación de la deflexión GH, y de las deflexiones KL, LM, MN.

A veces hemos visto ondulaciones secundarias sobre la rama KL, y LM, que desfiguraban el trazado. Las deflexiones más constantes

han sido siempre la HI, IJ, y JK. En varios casos hemos encontrado deflexiones KL, o LM bastante importantes.

Ejemplos de lo anotado anteriormente pueden verse en la figura 2.

Con respecto a la altura y duración de las diversas deflexiones, hemos visto que los valores hallados pueden ser muy variables para los distintos casos estudiados y que dentro de un mismo ciclo balístico es la deflexión JK la que predomina en amplitud sobre las otras, siguiéndole luego la KL e IJ. En duración predomina la deflexión KL, siguiéndole de cerca la LM y luego la JK.

Ejemplos de balistocardiogramas cuyas deflexiones tienen distinta amplitud y duración se ven en la figura 3.

VALORES MAXIMO Y MINIMO HALLADOS PARA CADA DEFLEXION EN AMPLITUD Y DURACION (Respiración natural)

	HI	IJ	JK	KL	LM
Amplitud . . . .	0-9 mm.	0.2-17.5 mm.	0.9-26.5 mm.	0-25.2 mm.	0-19.5 mm.
Duración . . . .	0-0.10"	0.04-0.18"	0.04-0.19"	0.03-0.24"	0-0.24"

VALORES PROMEDIOS NORMALES PARA CADA DEFLEXION (Respiración natural)

*Personas de 5 a 35 años*

1) Altura de las deflexiones (milímetros)	2) Duración de las deflexiones (segundos)
HI = 3.25 ± 1.32	HI = 0.051 ± 0.026
IJ = 7.44 ± 4	IJ = 0.083 ± 0.020
JK = 9.75 ± 4.97	JK = 0.084 ± 0.036
KL = 7.73 ± 4.64	KL = 0.12 ± 0.041
LM = 5.61 ± 4.02	LM = 0.11 ± 0.038

*Personas de 36 a 69 años*

1) Altura de las deflexiones (milímetros)	2) Duración de las deflexiones (segundos)
HI = 2.72 ± 1.02	HI = 0.053 ± 0.026
IJ = 4.16 ± 2.85	IJ = 0.072 ± 0.023
JK = 5.50 ± 3.79	JK = 0.095 ± 0.028
KL = 3.90 ± 2.47	KL = 0.119 ± 0.047
LM = 2.04 ± 1.66	LM = 0.118 ± 0.053

*Sincronismo de los vértices de las deflexiones del balistocardiograma con el comienzo del 1º y 2º ruidos cardíacos durante el reposo y con respiración natural.* — Del estudio practicado se desprende que el comienzo del primer ruido antecede al vértice H en 368 ciclos en tiempos que oscilan entre 0,02" y 0,16", siendo los valores más

frecuentes 0,08'' y 0,14'' y 0,16''. El primer ruido coincide con H en 22 ciclos. Ver figura 4.

Cuando H falta o no se puede localizar con nitidez, medimos el tiempo transcurrido entre el 1.º ruido e I. Así hemos procedido en 218 ciclos habiendo comprobado que el tiempo puede oscilar entre 0,04'' y 0,20'', siendo los valores más frecuentes 0,11'' y 0,16''.

El comienzo del 2.º ruido coincide con K, cayendo en consecuencia sobre el segmento JK en 253 ciclos en tiempos que oscilan entre 0,01'' y 0,10'', siendo los valores más frecuentes 0,02'' y 0,06''. El 2.º ruido aparece luego de K, cayendo sobre el segmento KI. en 34 ciclos, aproximándose entonces a L en un tiempo que varía entre 0,01'' y 0,23''. Por último hemos visto que en tres ciclos sola-

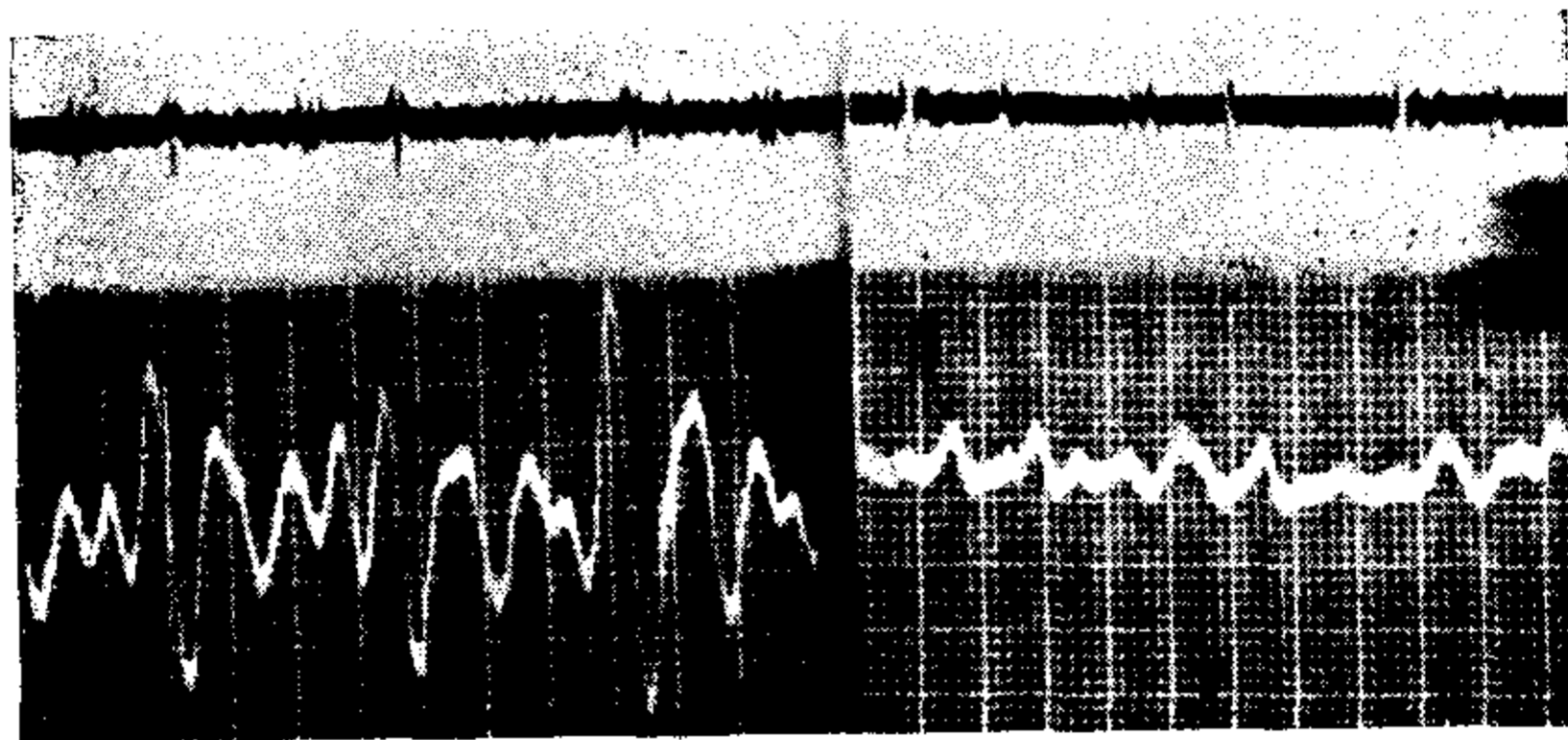


FIG. 4. — *Izquierda:* H luego del primer ruido. *Derecha:* H sobre el primer ruido.

mente el 2.º ruido caía sobre el segmento LM en un mismo balistocardiograma.

*Modificaciones respiratorias del balistocardiograma.* — Estudiando los cambios de amplitud que experimentan los trazados durante la respiración natural y en apnea inspiratoria y espiratoria máximas, hemos llegado a la conclusión que los ciclos inspiratorios son de mayor tamaño que los espiratorios durante la respiración normal, hecho por otra parte reconocido por todos los autores (De Soldati y col.)<sup>20</sup>, mientras que cuando le ordenamos al paciente detener la respiración en inspiración o en espiración máximas, vemos que por lo general los ciclos espiratorios son de mayor amplitud y más regulares que los ciclos inspiratorios y que los obtenidos con respiración natural.

La frecuencia de estas modificaciones puede observarse en el siguiente cuadro distribuidos los casos según la edad.

Edad	Número de pacientes	Aumento en espiración	Aumento en inspiración	Sin modificación
5-35 .....	15	12	2	1
36-69 .....	9	3	3	3
Totales .....	24	15	5	4

Llama la atención que en las personas de más edad la frecuencia está igualmente repartida mientras que en los más jóvenes predomina el aumento en apnea espiratoria.

Ejemplos en la figura siguiente:

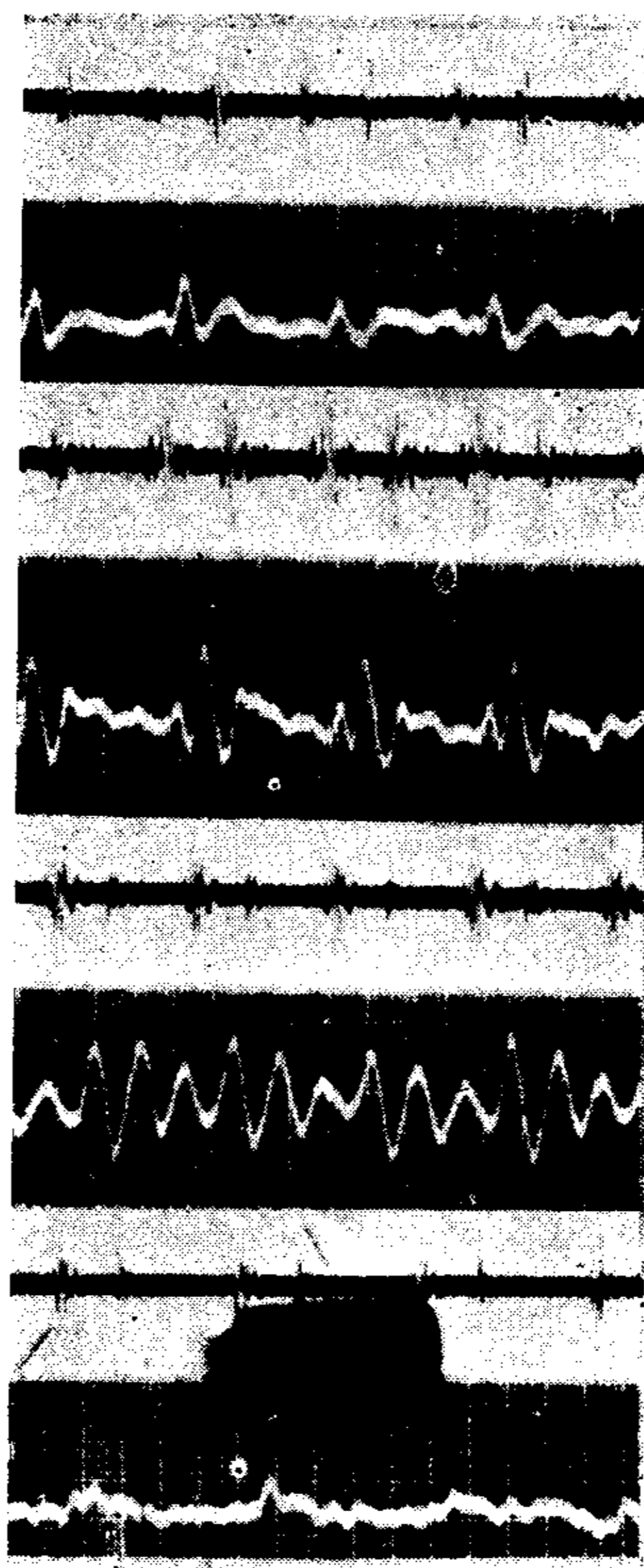


FIG. 5. — 1º. K aparece antes que el 2º ruido; 2º. K coincide con el 2º ruido; 3º. K aparece después del 2º ruido; 4º. el 2º ruido cae sobre LM. (se trata éste de un balistocardiograma mal identificable).

*Modificaciones del balistocardiograma observados con el esfuerzo.* — Se han observado cambios en la amplitud y regularidad de los trazados según puede verse en el cuadro siguiente:



BALISTOCARDIOGRAMA NORMAL.

*Frecuencia del aumento*

Edad	Número de casos	HI	IJ	JK	KL	JM
36-48	7	0	3	5	5	4

*Frecuencia de la disminución*

Edad	Número de casos	HI	IJ	JK	KL	LM	Regularidad	Irregularidad
36-48	7	7	4	2	2	3	3	4

Como puede deducirse, el balistocardiograma de esfuerzo en algunos casos es más amplio que en reposo, pero en otros es más pequeño, tratándose siempre de personas sanas. De las siete pruebas efectuadas resultó que la disminución total de todas las deflexiones

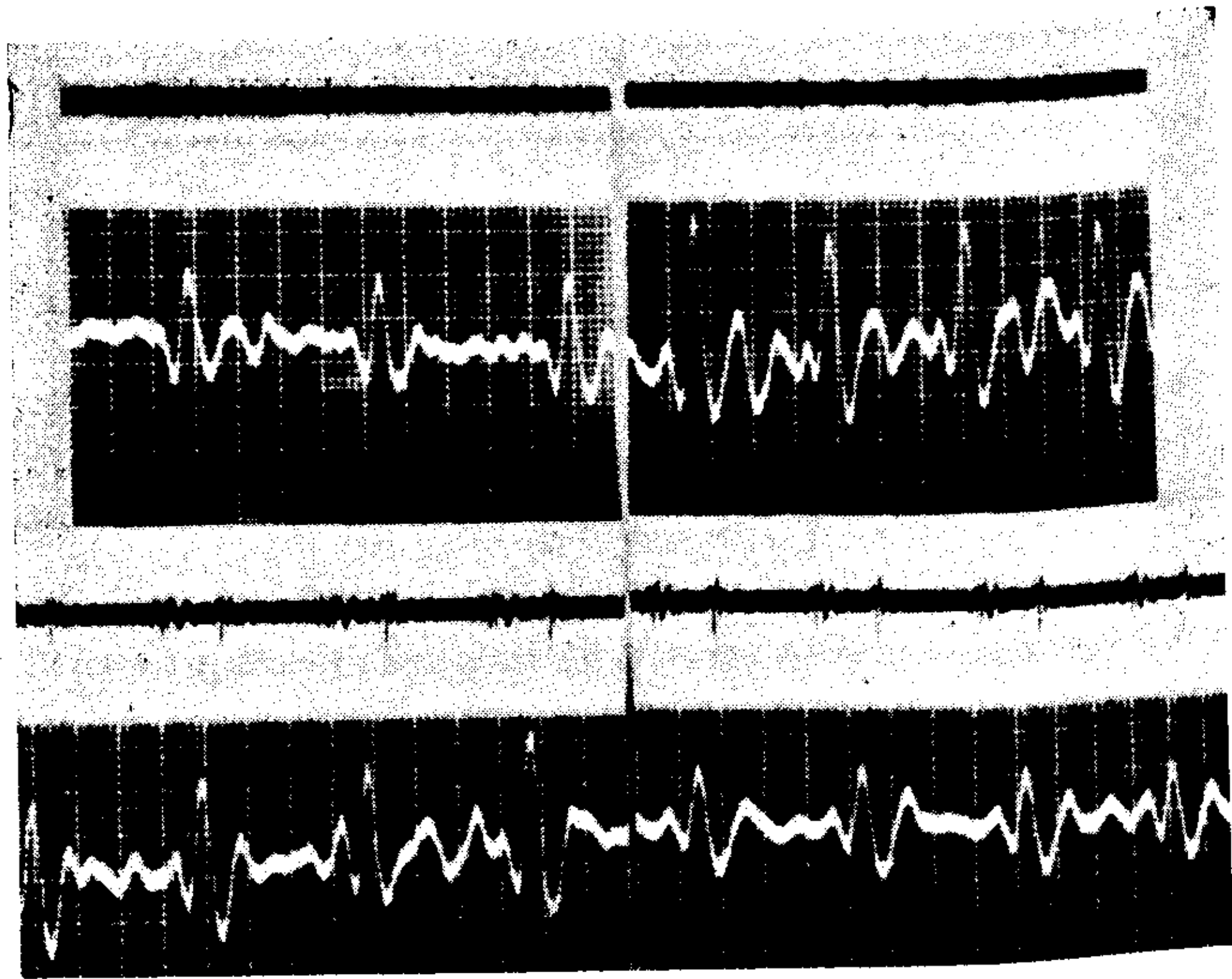


FIG. 6. — Superior izquierda: Apnea inspiratoria máxima (joven). Superior derecha: apnea espiratoria máxima (joven). (La apnea espiratoria tiene ciclos más amplios que la apnea inspiratoria.) Inferior izquierda: apnea inspiratoria máxima (adulto). Inferior derecha: apnea espiratoria máxima (adulto). (La apnea inspiratoria tiene ciclos más amplios que la apnea espiratoria.)

se hizo evidente en dos casos solamente, mientras que en los cinco restantes se vió un aumento de amplitud en varias deflexiones con disminución en otras. Un hecho constantemente observado fué la reducción de la amplitud de la deflexión HI en todos los casos.

• En cuanto a la regularidad e irregularidad del trazado luego del esfuerzo, ambas propiedades se distribuyeron casi en la misma proporción en los siete casos analizados.

*Relación entre la superficie corporal y la amplitud del balistocardiograma.* — Las 61 personas estudiadas las agrupamos de acuerdo con su superficie, calculada según la altura y el peso con la tabla de Dubois, en tres tipos y hemos estudiado con qué frecuencia se distribuyen dentro de tales tipos los balistocardiogramas pequeños, medianos y amplios. El criterio para clasificar los registros balísticos en pequeños, medianos y amplios fué el siguiente: son pequeños aquellos cuya mayor deflexión oscila alrededor de 5 mm.; son medianos los comprendidos entre 5 y 10 mm. aproximadamente y son amplios los que pasan de 12 mm.

*Frecuencia de los ciclos*

	Superficie m <sup>2</sup>	Pequeños	Medianos	Amplios
A. ....	0.84-1.70	7	10	5
B. ....	1.71-1.99	6	8	8
C. ....	1.91-2.21	7	4	6

Según el cuadro puede verse que en los sujetos de poca superficie predominan los ciclos medianos: en los de regular superficie predominan los ciclos amplios y medianos y en los sujetos de mayor superficie predominan los ciclos pequeños, aunque las diferencias no son muy grandes, por lo cual podemos establecer que no hay una tendencia definida entre la altura de los complejos y la superficie corporal.

*Relaciones entre el peso corporal y la amplitud del balistocardiograma.* — Al estudiar este aspecto hemos distribuido los 61 casos en tres grupos según que estuvieran dentro de su peso teórico normal  $\pm 5$ . por encima de él o por debajo, anotando la frecuencia con que se reparten dentro de ellos los ciclos pequeños, medianos y amplios como puede apreciarse en el siguiente cuadro.

Peso	Ciclos		
	Pequeños	Medianos	Amplios
Por encima del teórico normal ..	8	10	4
Teórico normal $\pm 5$ .....	7	11	7
Por debajo del teórico normal ..	0	8	6

(frecuencia)

Si bien la diferencia no es muy grande, se observa que en los sujetos con poco peso predominan los ciclos medianos y amplios; en las personas con peso normal predominan los ciclos medianos; y en los sujetos de mucho peso los ciclos de pequeña y mediana amplitud.

*Relación entre la longitud de los sujetos y la amplitud del balistocardiograma.* — Al hacer esta comparación hemos considerado los sujetos altos, medianos y bajos estudiando la distribución en los mismos de los ciclos pequeños, medianos y amplios según puede verse en el cuadro siguiente:

Tipo	Ciclos		
	Pequeños	Medianos	Amplios
Altos (1.73-1.87) .....	6	11	8
Medianos (1.65-1.72) .....	5	9	5
Bajos (0.80-1.64) .....	5	8	4

Se deduce de la lectura del cuadro que en cada tipo predominan los balistocardiogramas de mediana amplitud.

Estudiando en conjunto las relaciones entre la amplitud del balistocardiograma y la altura, superficie y peso de los sujetos podemos decir en síntesis, que si bien es cierto que en muchos casos se presenta una relación definida, como por ejemplo, el caso de un sujeto delgado y longilíneo que tenga ciclos balísticos amplios o sino un sujeto obeso cuyo balistocardiograma sea mediano o pequeño, también es cierto que en otras oportunidades se ven balistocardiogramas pequeños en sujetos delgados y bajos o balistocardiogramas amplios en sujetos obesos. No hay pues una regla fija, a tal punto que en una oportunidad hemos estudiado dos personas jóvenes, en perfecto estado de salud, de la misma edad, peso, altura y constitución, cuyos balistocardiogramas evidenciaban una diferencia apreciable de amplitud.

*Modificaciones del balistocardiograma con la edad.* — En términos generales puede decirse que a medida que transcurren los años el balistocardiograma se hace más pequeño e irregular.

No obstante ello, en algunos casos suelen verse balistocardiogramas de personas jóvenes y aún de niños que tienen poca amplitud, contrastando con la mediana amplitud por ejemplo que es de presumir en el registro balístico de un anciano.

*Artificios.* — Al registrar un balistocardiograma pueden ocurrir

una serie de artificios análogamente a lo que sucede al obtener un electrocardiograma. Tales defectos de técnica pueden ser atribuidos a factores ambientales (ruidos, trepidación de las paredes o del piso, etc.), factores vinculados al aparato usado o a la mesa sobre la cual reposa el sujeto (mala calibración, incorrecta ubicación de la célula fotoeléctrica, alteraciones intrínsecas del funcionamiento del aparato, falta de rigidez, o de lisura de la superficie de la mesa, etc.) y finalmente factores dependientes del mismo paciente (movimientos, temblor muscular, respiración, etc.).

Es interesante destacar las variantes que se producen en la configuración de las deflexiones HI y IJ según el momento del ciclo respiratorio que se considere. Sobre este punto hemos obtenido un registro con y sin filtro, notándose que en ambas circunstancias persiste la alteración. Debemos señalar también lo difícil que resulta obtener balistocardiogramas en los niños, pues es imposible tenerlos en reposo. Así lo hemos comprobado en los cinco casos registrados.

#### COMENTARIOS

Del estudio de los 61 casos considerados se desprende lo siguiente:

1) En primer término debemos llamar la atención sobre el polimorfismo existente en la configuración (altura, duración, número de deflexiones, identificación, etc.) del balistocardiograma, no obstante que ha sido bastante constante la existencia de un conjunto de deflexiones más amplias y rápidas constituyendo el grupo inicial y la existencia de un conjunto de deflexiones más pequeñas y lentas formando el grupo final. También ha sido constante el sincronismo de estas desviaciones rápidas con el sístole cardíaco, pues en efecto hemos visto la relación del 1er. ruido con el vértice H y la del 2º ruido con K, lo cual implica que las deflexiones que van de H a K son sistólicas y las que vienen luego de K son diastólicas, sin dejar de reconocer que ello no es muy riguroso, por cuanto los ruidos cardíacos son recogidos eléctricamente sobre el tórax, mientras que el balistocardiograma se recoge en ambas tibias, lo cual implica un retardo en el registro del fenómeno, aparte de que el fonocardiograma se ha recogido con un micrófono a cristal, y el movimiento del cuerpo con una célula fotoeléctrica, que parecería dar mayor retardo que otros sistemas, pues si ese mismo balistocardiograma es sacado con un aparato electromagnético, el vértice K,



por ejemplo, aparece siempre antes que el 2º ruido y separado por un lapso de tiempo mayor. (Gentile) <sup>18</sup>.

Al tratar de explicarnos las causas de este polimorfismo, debemos tener en cuenta los múltiples factores centrales y periféricos que influyen sobre la configuración de la curva balística, desde que el cuerpo humano no es una figura regular geométrica; el corazón está situado en forma asimétrica, la distribución de las arterias es distinta; la masa corporal, su densidad, su elasticidad y la frecuencia propia de cada tejido son diferentes de un sujeto a otro, etc. (Mosso) <sup>19</sup>.

El balistocardiograma en realidad, registra desplazamientos y cambios de volumen, y es la resultante de vectores de fuerza que operan en distintas direcciones sobre un cuerpo elástico de naturaleza heterogénea, siendo registrado por aparatos sobre los cuales actúan a su vez diversos factores (sensibilidad de la célula, coeficiente de fricción de la mesa, vibraciones extrañas, etc.). De ahí el polimorfismo.

2) Ese polimorfismo se acentúa a medida que transcurren los años. Así, hemos visto una proporción mayor de polimorfismo balistocardiográfico en la gente adulta que en los jóvenes.

5) Según el cuadro de valores máximos y mínimos hallados para cada deflexión en amplitud y duración, vemos que las variaciones pueden ser grandes. Sobre esto conviene puntualizar que es muy probable la existencia de errores en la medición pues, aparte de la fatiga visual, en muchos balistocardiogramas de los mal identificables resulta a veces muy difícil reconocer las deflexiones y establecer dónde empiezan y dónde terminan.

6) Al determinar el valor promedio normal de cada deflexión, con su desvío correspondiente en lo concerniente a la amplitud y duración, vemos que en términos generales coinciden o están ligeramente por debajo de las cifras dadas por otros autores (De Soldati y colaboradores) <sup>20</sup>, aun cuando éstos hayan usado otra técnica para medir los complejos. Debemos señalar aquí, que en lo referente a la amplitud, los valores son más altos en el grupo de personas de menos de 35 años que en el grupo de personas de más edad. Esto está de acuerdo con lo visto por Starr <sup>21</sup>, en el sentido de que la deflexión IJ es más grande y regular en los jóvenes que en los ancianos, en ausencia de toda enfermedad cardiovascular. Supone

Starr <sup>21</sup> que los corazones más viejos laten con menos fuerza que los más jóvenes.

7) Ya hemos hecho mención del sincronismo existente entre el 1er. ruido cardíaco y el punto H, que siempre le sigue, y el 2º ruido con el punto K. Podemos añadir que en base a estas relaciones llama la atención el considerable retardo con que aparece el vértice H con respecto a la sístole auricular, contrastando con la mayor proximidad al período de contracción isométrica, lo cual nos inclina a pensar en el papel que juega este último en la génesis de la deflexión GH.

Por otra parte, resulta muy interesante el registro simultáneo del balisto con el fonocardiograma, pues permite relacionar dos fenómenos de naturaleza mecánica, lo cual a su vez facilita el reconocimiento de los hechos inherentes al balistocardiograma con más precisión.

8) Los procesos respiratorios evidentemente influyen sobre la forma y amplitud del balistocardiograma. Cuando la respiración es suspendida, dichas variaciones suelen desaparecer. Nuestros resultados están de acuerdo con los de otros autores, en que en inspiración normal los ciclos son más amplios que en espiración. Dos explicaciones se han dado para este fenómeno. Para unos (Boyd y Patras <sup>27</sup>), depende de las modificaciones de posición que experimenta el corazón con la respiración, puesto que el diafragma asciende y desciende respectivamente en espiración y en inspiración y provoca un desplazamiento de la punta cardíaca a la izquierda o a la derecha, al rotar el corazón sobre su eje longitudinal. Semejante movimiento puede disminuir la fuerza de eyección, y en consecuencia alterar la resultante de los vectores de fuerza recogidos por el balistocardiógrafo. Para otros, las variaciones respiratorias se vinculan a las modificaciones del volumen minuto en el sentido de que durante la inspiración se aspira tanto aire como sangre dentro del tórax, lo cual aumenta el lleno diastólico con el consiguiente incremento del volumen minuto.

Otros autores (Starr y col. <sup>23</sup>) sostienen la importancia de las variaciones de la presión intrapulmonar e intratorácica, en lo referente a las modificaciones balísticas, recordando lo que se observa durante la ejecución de la maniobra de Valsava, o cuando se sopla un silbato en que debido al aumento de la presión dentro del tórax, que se opone a la llegada de sangre a la aurícula derecha se produce

una disminución del volumen de sangre descargado por los ventrículos en cada latido.

Con respecto a las variaciones de amplitud que se observan en apnea espiratoria e inspiratoria máxima, podemos decir que en la gran mayoría de los casos hemos encontrado un incremento a favor de la primera. Se puede aceptar la siguiente explicación para este fenómeno: sin dudar que deben intervenir los cambios de posición del corazón, tan bien como las modificaciones del volumen minuto y las variaciones de la presión intrapulmonar, durante la apnea espiratoria los desplazamientos del cuerpo son más amplios debido a que el corazón encuentra menos resistencia para desplazar, es decir, que el cuerpo puede vibrar más luego del impacto cardíaco, mientras que en apnea inspiratoria forzada en que el tejido pulmonar está distendido y en que el corazón queda rodeado por un colchón neumático, la contracción cardíaca hace desplazar menos al cuerpo porque halla más resistencia y éste a su vez vibra con menor amplitud e intensidad, por haber mayor amortiguamiento.

9) Como otros autores (Makinson<sup>25</sup>, De Soldati<sup>20</sup>) hemos observado modificaciones en la forma y tamaño de las deflexiones del balistocardiograma luego de la prueba de esfuerzo, aunque no siempre orientadas en el mismo sentido. Así hemos comprobado que luego del ejercicio, el balistocardiograma podía hacerse más amplio o reducirse de tamaño y podía conservar la regularidad o hacerse irregular. Para otros autores, en cambio, las deflexiones generalmente se hacen más amplias y desaparecen las sinuosidades del trazado. Según Makinson<sup>25</sup> se puede tener tres tipos de respuesta al ejercicio: a) ausencia de alteraciones del tamaño; b) respuesta excesiva, y c) modificaciones de la forma solamente. En personas sanas, el balistocardiograma normal en el reposo puede hacerse anormal luego de un esfuerzo, por lo cual se ha propuesto utilizar esta prueba para descubrir alteraciones en sujetos aparentemente sanos. Pero a veces hay personas cuyos registros son de aspecto anormal durante el reposo y se modifican favorablemente luego de un ejercicio. Es difícil dar una explicación satisfactoria para esto.

Finalmente Krahl y Murphy<sup>26</sup> han señalado la reducción del número de deflexiones luego del ejercicio, cosa que nosotros no hemos comprobado y por el contrario hemos encontrado más deflexiones debido posiblemente a la agitación y al temblor muscular.

10) Respecto a la relación entre la amplitud del balistocardi-

grama y la superficie, altura y peso podemos decir que si bien es cierto que los balistocardiogramas de las personas de hábitos atléticos y longilíneos suelen ser de mayor tamaño que los de las mujeres y hombres de vida sedentaria con escaso músculo y mucho tejido adiposo, en nuestra práctica no hemos encontrado una tendencia definida que nos permita predecir que siempre que estemos ante un obeso, su balistocardiograma ha de ser pequeño o ante un atlético que su registro sea amplio. Ello es debido a que tanto en los obesos como en los delgados, altos o bajos varían en distinto sentido la masa, la elasticidad, el período de vibración de cada tejido, su propagación y la distancia que va entre el centro de origen de la excitación vibratoria y el punto de su captación (Mosso<sup>19</sup>).

11) Las variaciones que se observan con la edad admiten también excepciones por lo cual postulamos la necesidad de determinar los standards balistocardiográficos normales para cada década, señalando las excepciones.

12) Al referirnos a los artificios mencionamos las causas más comunes. Con estas breves líneas hemos querido dejar asentada la impresión de que el balistocardiograma, por lo menos con la célula fotoeléctrica, puede estar viciado por múltiples artificios que es menester tener en cuenta al juzgar la normalidad o anormalidad de un trazado e incluso al criticar la fidelidad del método. Por eso creemos indispensable conocer bien el funcionamiento y las cualidades del aparato con que se trabaja, como también los standards normales con él registrados.

#### RESUMEN

El balistocardiograma es el registro gráfico de los desplazamientos del cuerpo producidos como consecuencia de la energía liberada por la sístole cardíaca. La salida de sangre del corazón determina movimientos en el cuerpo debidos al choque de la corriente sanguínea contra el cayado de la aorta, contra su bifurcación en las ilíacas y contra el punto de origen de sus demás ramas, y debido al choque de la punta y al retroceso que experimenta el propio corazón. Dichos movimientos son la resultante de una serie de vectores de fuerza que se dirigen en diversos sentidos y pueden asimilarse a un movimiento de tipo vibratorio cuyas características se analizan en el trabajo. Todas esas fuerzas y su resultado final, el



balistocardiograma, representarían una relación entre la acción cardíaca y la reacción corporal, dependiendo las cualidades de tal movimiento balístico de factores cardíacos, como por ejemplo la fuerza cardíaca, la velocidad de eyección, el volumen sistólico, etc.; de factores periféricos, como ser la elasticidad arterial, longitud de la aorta y grado de incurvación del cayado, densidad de los tejidos y su período de vibración, cantidad de sangre, cambios de volumen segmentarios, etc.; y por último de factores externos entre los que debemos recordar los caracteres propios de cada balistocardiógrafo, las condiciones ambientales, etc. Todo ello, unido a factores biométricos y constitucionales de cada individuo explica, a nuestro juicio, el polimorfismo observado en la configuración del balistocardiograma de las 61 personas sanas que hemos estudiado. Ese mismo polimorfismo nos plantea una incógnita respecto a lo que debemos considerar una imagen normal o patológica y pensamos que no es por la forma ni por la amplitud del registro que podremos aclarar el punto sino por la relación que tendrá que establecerse entre la acción cardíaca y la reacción que opone el cuerpo humano. Actualmente buscamos si podemos establecer una constante entre estos dos factores que nos permita señalar cuándo un balistocardiograma es normal y cuándo es patológico.

#### RESUMEN

Se efectúa un estudio de los balistocardiogramas pertenecientes a 61 personas sanas dividiéndolas en dos grandes grupos: A) balistocardiogramas bien identificables (67,21 % de los casos), y B) balistocardiogramas mal identificables (32,78 % de los casos), de los cuales en el grupo A un 63,41 % corresponden a pacientes de menos de 36 años de edad y un 36,58 % a pacientes de más de 36 años; y en el grupo B un 55 % corresponden a personas de menos de 36 años y un 45 % a personas de más de 36 años de edad. Se analizan un total de 416 ciclos en respiración natural; 102 ciclos en apnea inspiratoria máxima; 100 ciclos en apnea espiratoria máxima y 60 ciclos de esfuerzo. Se mide la amplitud y duración de cada una de las deflexiones balísticas, determinándose los valores promedios normales, y se estudia finalmente el sincronismo de los vértices de las distintas deflexiones con relación al comienzo del primero y del segundo ruidos cardíacos. Se hace especial mención del polimorfismo observado en la configuración del balistocardiograma

normal, lo cual plantea una incógnita respecto a lo que se debe considerar una imagen normal o patológica.

BIBLIOGRAFIA

1. Gordon J. W. — "J. Anat. and Physiol.", 1877, *11*, 533.
2. Henderson Y. — "Am. J. Phys.", 1905, *14*, 287.
3. Heald C. B., y Tucker W. S. — "Proc. Roy Soc. London", 1922, *93*, 281.
4. Angenheister G. y Lane E. — "Naturwissenschaften", 1928, *16*, 513.
5. Abramson E. — "Skandinav. Arch. Phys.", 1933, *66*, 191.
6. Starr I., Rawson A. J., Schroeder H. A. y Joseph N. — "Am. J. Phys.", 1939, *127*, I.
7. Starr, y Schroeder H. A. — "J. Clin. Investig.", 1940, *19*, 437.
8. Starr I. y Wood F. C. — "Am. Heart J.", 1943, *25*, 81.
9. Brown D. — "J. Clin. Investig.", 1942, *21*, 294.
10. Wilkins R. — "Am. Heart J.", 1943, *26*, 351.
11. Nickerson P. L., Curtis H. y col. — "Am. J. Phys.", 1944, *142*, I.
12. Brown H. y Pearson R. — "Am. Heart J.", 1948, *35*, 756.
13. Braunstein J. R., Oelker C. E. y Gowdy R. C. — "J. Clin. Invest.", 1950, *29*, 1219.
14. Dock W. y Taubman F. — "Am. J. Med.", 1949, *7*, 751.
15. Murphy R. A. — "Am. Heart J.", 1950, *39*, 174.
16. Nickerson J. L. — "J. Clin. Invest.", 1949, *28*, 369.
17. Soldati L. de, Navarro Viola R. y Mejía R. H. — "Rev. Arg. de Card.", 1951, *13*, 189.
18. Gentile C. — Comunicación personal.
19. Mosso H. E. — Principios de Balistocardiografía. El Balistocardiograma normal y patológico. Tesis. 1951.
20. Soldati L. de, Navarro Viola R. y Mejía R. H. — "Rev. Arg. de Card.", 1951, *18*, 153.
21. Starr I., Horwitz O. y col. — "Circulation", 1950, *5*, 1073.
22. Starr I. y Mayock R. — "Am. J. Med. Sc.", 1948, *215*, 631.
23. Starr I. y Friedland C. K. — "J. Clin. Invest.", 1946, *25*, 53.
24. Master A. — "Am. Heart J.", 1935, *10*, 495.
25. Makinson D. — "Circulation", 1950, *2*, 186.
26. Krahl V. y Murphy R. — "Am. Heart J.", 1950, *39*, 161.
27. Boyd T. E. y Patras M. C. — "Am. J. Phys.", 1941, *134*, 74.
28. Brown H., Hoffman M. y de Lalla V. — "Circulation", 1950, *1*, 132.
29. Brown H., Hoffman M. y de Lalla V. — "New England J. Med.", 1949, *18*, 715.
30. Mandelbaum H. y Mandelbaum R. A. — "Circulation", 1951, *3*, 663.
31. Luisada A. A. y Contro S. — "Acta Cardiológica", 1951, *6*, 847.
32. Hamilton W. F., Dow P. y Remington J. W. — "Am. J. Phys.", 1945, *144*, 557.

R É S U M É

On fait une étude des balistocardiogrammes de 61 personnes saines en les groupant: a) BCG bien identifiables (67.21 %); b) BCG mal identifiables

(32.78 %). Un 63.41% des personnes du groupe A et un 55 % du groupe B correspondent à des patients de moins de 36 ans, pendant qu'un 36.58 % du groupe B correspondent à des malades de plus de 36 ans. On analyse un total de 416 cycles de respiration naturelle; 102 cycles en apnée inspiratoire maxime; 100 cycles en apnée expiratoire maxime et 60 cycles après l'effort. On mesure l'amplitude et la durée de chacune des déflexions balistiques en déterminant les valeurs moyennes normales et on étudie finalement le synchronisme des sommets des différentes déflexions en relation au commencement du premier et du second bruit cardiaque. On fait une mention spéciale du polymorphisme observé dans la configuration du BCG normal, ce qui pose une inconnue quand à ce que l'on doit considérer comme image normale ou pathologique.

#### S U M M A R Y

The ballistocardiograms (BCG's) of 61 healthy patients were studied in two groups: A) Well identifiable BCG's (67.21 % of the cases), and B) Badly identifiable BCG's (32.78 %). 63.41 % of patients from group A and 55 % of group B had less than 36 years of age. 416 cycles were analyzed during normal respiration, 102 during maximal inspiratory apnea, 100 during maximal expiratory apnea and 60 during exercise. The voltage, duration and timing of the deflections in connection with the heart sounds were studied. The changing configuration of the normal BCG and its bearing in the diagnosis of abnormal tracings are emphasized.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Man führt eine Untersuchung der Ballistokardiogramme von 61 gesunden Personen durch, wobei man sie in zwei grosse Gruppen teilt: a) Gut identifizierbare Ballistokardiogramme (67.21 % der Fälle); und b) schlecht identifizierbare Ballistokardiogramme (32.78 % der Fälle), wovon bei der Gruppe A, 63.41 % Personen im Alter von weniger als 36 Jahren und 36.58 % von mehr als 36 Jahren entsprechen; bei der Gruppe B entsprechen 55 % Personen von weniger als 36 Jahren und 45 % Personen von mehr als 36 Jahren. Man analysiert insgesamt 416 Zyklen bei normaler Atmung, 100 Zyklen bei Atemanhaltungen nach maximaler Ausatmung, 102 Zyklen bei Atemanhaltungen nach maximaler Einatmung und 60 Zyklen nach einer Anstrengung.

Man misst Höhe und Dauer jeder einzelnen ballistischen Zacke, bestimmt dabei die normalen Durchschnittswerte und untersucht schliesslich die zeitliche Beziehung zwischen den Gipfeln der verschiedenen Zacken und dem Beginn des ersten und zweiten Herztones. Besonders erwähnt wird die beobachtete Vielgestaltigkeit der Form des normalen Ballistokardiogrammes, die eine Unkewissheit, was als normal oder pathologisch zu betrachten sei, hervorruft.