

Consideraciones acerca del cardiograma y de la práctica de la cardiografía, con motivo de un nuevo modelo de cardiógrafo

Siempre consideramos empresa difícil la obtención de una buena gráfica de la pulsación cardíaca en el hombre y en los animales de gran talla, cualquiera que sea el explorador que se emplee, pues el cardiograma varía y se deforma según la presión y el lugar del tórax en que se aplique; cambia también con los decúbitos, y el cardiógrafo después de aplicado se desenfoca fácilmente, ya se le mantenga con fajas o ligaduras, ya se le sostenga con la mano; en este último caso, es casi imposible que la presión se mantenga uniforme, y además el trazado se complica con los movimientos involuntarios de la mano. Añádase a estas perturbaciones la combinación de los movimientos respiratorios con los cardíacos y por todo ello se comprenderá, de una parte, la preocupación de los investigadores para conseguir la fijación del cardiógrafo una vez aplicado (1) y de otra, la escasa difusión de este explorador en las Clínicas, en tanto se generalizaron los esfigmógrafos, ergógrafos y otros aparatos autográficos.

Las dificultades aumentan enormemente cuando se desean cardiogramas de los animales pequeños, porque en ellos es también relativamente menos enérgico el choque del corazón, el foco del latido es más limitado y se mantiene peor el explorador; ni aun empleando el de doble tambor ideado por Marey, se obtienen en el conejo cardiogramas típicos, sino más bien pneumo-cardiogramas útiles sólo para contar el número de mo-

(1) H. Pieron. *Une méthode de cardiographie humaine évitant les déformations respiratoires.* (Comp. rend. de la Soc. de Biol.), LXII, pag. 141. 1907.

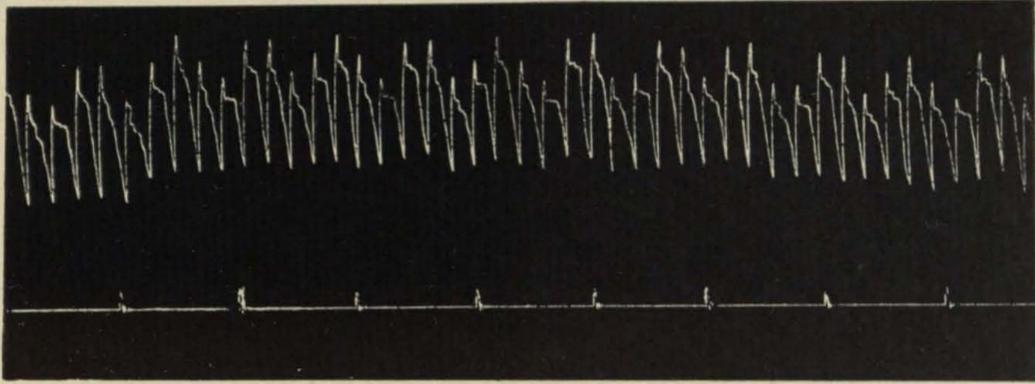


Fig. 3.^a — Cardiograma de conejo. (El tiempo en segundos)

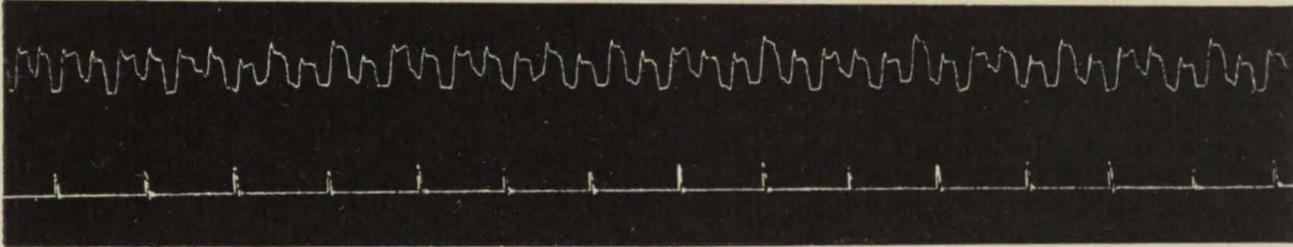


Fig. 4.^a — Cardiograma de conejo. (El tiempo en segundos)

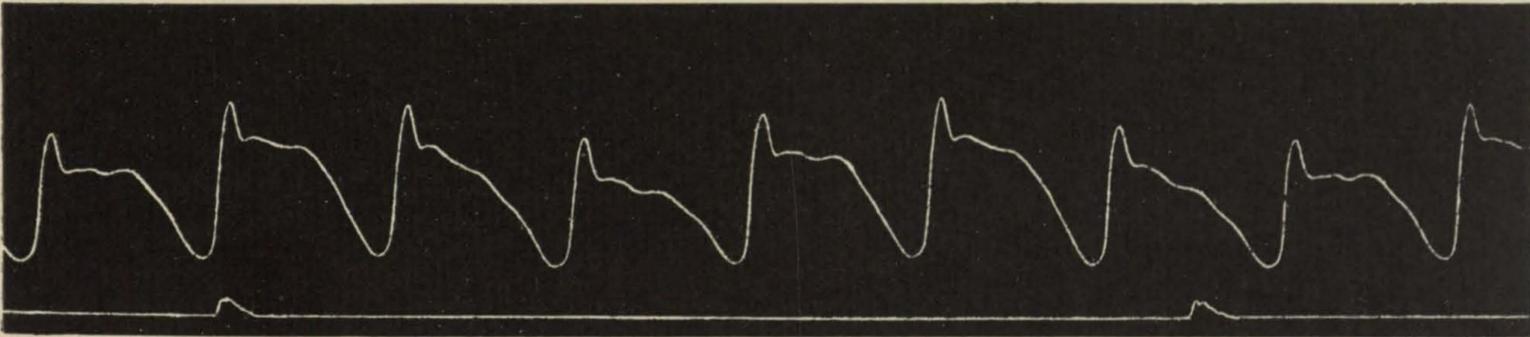


Fig. 5.^a — Cardiograma de conejo. (El tiempo en segundos)

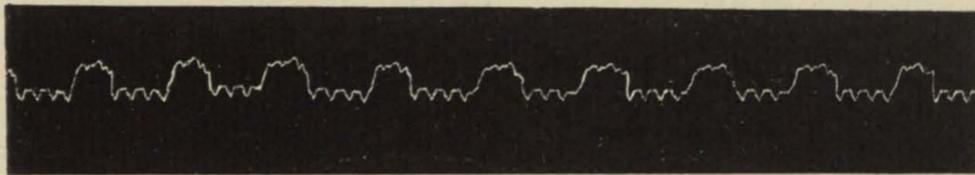


Fig. 6.^a — Cardio-pneumograma de conejo

vimientos respiratorios y de pulsaciones cardíacas, pues estas últimas aparecen pequeñas, sin relieves ni detalles. Y, sin embargo, el conejo vulgar y el conejillo de Indias son excelentes animales de laboratorio y experimentando con ellos surge a menudo la necesidad de explorar el corazón y obtener cardiogramas como testimonio del experimento.

La autoridad que, como expresión fiel de la revolución cardíaca alcanzaron los cardiogramas después de los clásicos experimentos de Chauveau y Marey (1) con el registro simultáneo de la presión intercardíaca, a favor de la sonda cardíaca derecha, y de la pulsación del corazón con el explorador o cardiógrafo, ha sido después muy discutida por clínicos y fisiólogos. Roy y Adami (2), desalentados por las dificultades prácticas de la cardiografía, desautorizaron el cardiograma declarándole inútil para expresar la duración exacta de los diversos tiempos de la revolución cardíaca: si el explorador no oprime lo bastante el espacio intercostal, la flojedad en la aplicación produce un cardiograma aplastado y largo; corto y pronunciado, por el contrario, si la presión es excesiva. Martins (3) niega la identidad entre las gráficas que expresan los cambios de la presión intracardíaca y las que representan el choque del corazón. Frey (4) aun se muestra más contrario al cardiograma, pues le reduce a la expresión de la contracción del músculo y le niega la representación de los cambios de volumen y de presión del corazón.

Por fortuna, los más de los fisiólogos han confirmado la fidelidad del cardiograma como expresión de la actividad cardíaca y le han devuelto el crédito que alcanzó desde los clásicos y ya citados experimentos cardiográficos de Chauveau y Marey. Entre los investigadores que más se han distinguido en la rehabilitación del cardiograma, figuran Hürthle, Fredericq y Pachon.

Dice Hürthle (5) que el esfuerzo de presión que la superficie del corazón ejerce contra la pared torácica y que produce la porción sistólica del cardiograma, recorre las mismas fases que las variaciones de la presión intraventricular, de donde se deduce que las dos curvas se engendran por la misma causa, es decir, por la contracción del ventrículo y que el cardiograma puede medir la duración del sístole ventricular.

No menos afirmativo se muestra Fredericq (6). «Siempre es posible, dice, en perros flacos, echados de lado o sobre el vientre, y en ciertos lugares de la pared torácica *derecha*, obtener trazados cardiográficos trapeziformes, idénticos a los de la presión intra-

(1) Chauveau et Marey. *Mémoires de l'Acad. de méd.*, t. XXVIII, 1863. Marey. *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, pag. 140. París, 1868. Marey. *La méthode graphique*, pag. 357. París, 1878.

(2) Roy and Adami. *The Practitioner*, 244. 1890 (citado por Fredericq).

(3) Martius. *Zeitschr. f. Klein. Med.*, XIX, 1891 (citado por Weiss).

(4) Frey. *Die Untersuch. des Pulsus* 1892 (citado por Weiss), cap. sobre cardiografía del (*Traité de Physique biologique.*)

(5) Hürthle. A. g. P. XLIX, 93 (citado por Fredericq).

(6) Fredericq. Artículo *Cardiographie* (*Diction. de Physiol. de Richet*), t. II, pag. 460.

ventricular y en los cuales se marca de la misma manera el comienzo y el fin de la sístole ventricular; en estos casos, «*les plumes de deux enregistreurs (sonde cardiaque droite, explorateur du choc du cœur) montent et descendent en même temps, comme si elles étaient liées l'une et l'autre par un fils invisible*».

Pachon (1), aboga por el cardiograma humano y cree haber demostrado que cuando el cardiógrafo se aplica sistemáticamente estando el sujeto en decúbito lateral izquierdo, se obtienen gráficos que por su exactitud pueden considerarse como verdaderas fotografías de los que se sacan de las variaciones de la presión intraventricular. En el decúbito lateral izquierdo, dice el fisiólogo francés, el corazón pesando con toda su masa sobre la pared torácica, experimenta de parte de ésta una contrapresión que, según Marey, es condición necesaria para que se manifieste la pulsación cardíaca. De otra parte, el corazón aplicado por su propio peso contra la pared del tórax, mantiene con ésta constante y amplio contacto.

Conformes en la fe que merecen los cardiogramas cuando son *típicos* y en los caracteres que les distinguen de los deformes o *atípicos*, discuten aún los experimentadores acerca de la interpretación que debe darse a los diversos accidentes del cardiograma y la relación de sus partes con el cierre de las válvulas sigmoideas, con la tensión de los músculos papilares que se atan en la mitral y en la tricúspide, con los ruidos del corazón y con el pulso arterial. Modernamente Chauveau (2) repasando su antigua colección de cardiogramas y comparándolos con otros recientes, ha denunciado con el nombre de *intersístole* un accidente del cardiograma del caballo desapercibido o no apreciado y que el veterano profesor atribuye a la contracción de los músculos papilares que ponen tensas las válvulas aurículo-ventriculares; la intersístole es una onda positiva que se marca en el cardiograma después que concluyó la sístole de la aurícula y antes de que comience la gran contracción o sístole del ventrículo. Pachon ha comprobado la existencia de la intersístole en el perro (3) y afirma, de acuerdo con Chauveau, en la segunda conclusión de su trabajo citado que, «*postérieurement à la systole auriculaire, quand elle est inscrite sur le tracé de pression intraventriculaire, celui-ci présente une augmentation de pression absolument différenciée, qui précède immédiatement le début de la grande pulsation ventriculaire et correspond nettement à l'intersystole de Chauveau*».

El anciano profesor reconoce en el trabajo antes mencionado, que no siempre se aprecia en el trazado de la pulsación exterior del corazón la onda positiva de la intersístole, pues falta con frecuencia en los cardiogramas, y conste que Chauveau se refiere a un animal de gran talla, al caballo. Se comprende, por tanto, las menores probabilidad-

(1) V. Pachon. *Vol. jubilaire en l'honneur de Pawlow (Anal. du Journal de Physiol. et Path. gén.)*, t. VIII, f. 3, 15 Mayo 1905.

(2) Chauveau. *L'intersystole du cœur. (Journ. de Physiol. et de Path. gén.)*, pag. 125. 1900.

(3) V. Pachon. *L'intersystole du cœur chez le chien. (Compt. rend. de la Soc. de Biol.)*, LXV, pag. 678. 1908.

des que se tienen para que se note este pequeño accidente en los trazados de la pulsación cardíaca exterior de los animales pequeños, el conejo por ejemplo.

En los clásicos trazados de la presión intracardíaca obtenidos en el caballo por Chauveau y Marey, a favor de la sonda cardíaca derecha, se nota:

1.º Una pequeña ondulación positiva presistólica o sencillamente *presístole*, que se debe al aumento de presión por la sístole o contracción de la aurícula.

2.º La *intersístole* o sea la elevación de la presión que aparece en el trazado cuando ya se concluyó la contracción de la aurícula y aun no ha comenzado la sístole del ventrículo. Ya hemos dicho que Chauveau atribuye la intersístole a la contracción de los músculos papilares.

3.º La *sístole* ventricular o sístole propiamente dicha que ocasiona el brusco aumento de la presión por la contracción total del ventrículo; asciende bruscamente también el trazado, forma una meseta ondulosa y desciende constituyendo en su conjunto, la curva de la sístole ventricular, una forma trapezoide.

4.º Al final de la línea descendente que indica la relajación del ventrículo, se observa otra pequeña ondulación positiva que Chauveau y Marey atribuyeron al cierre de las válvulas sigmoideas. Fredericq (1) la explica por el flujo de la sangre desde la aurícula al ventrículo.

5.º Después de la curva sistólica ventricular, viene en el trazado una línea horizontal ligeramente ondulosa y con nivel más bajo que el marcado al comienzo de la revolución cardíaca (vacío post-sistólico) que corresponde a la pausa o diástole del corazón.

El trazado de la pulsación cardíaca no produce en la mayoría de las veces los detalles que acabamos de citar en el de la presión intracardíaca y también se distingue de éste por ser menos rápida la ascensión sistólica-ventricular. Faltan en muchas pulsaciones la ondulación presistólica o auricular e igualmente se nota la ausencia de las ondulaciones post-sistólicas. Sin embargo, tratándose de animales pequeños, puede darse por bueno un trazado cuando ofrece la curva trapezoide con meseta ondulosa, típica de la contracción ventricular.

El trapezoide ondulado en su meseta conviene con la sístole del ventrículo, ora se registre su pulsación directamente o a través de la pared torácica, ya se obtenga el trazado de la contracción ventricular (cardiomiograma) o su resultado dinámico, es decir, la curva de la presión intraventricular. Juzgando, probablemente, por este último efecto, Marey atribuyó a la sangre y a las reacciones hidráulicas, la forma trapezoide ondulosa que caracteriza la sístole ventricular; mas el supuesto no ha sido confirmado por

(1) Fredericq. (*Loc. cit.*)

Fredericq y sus discípulos (1), los cuales deducen de sus experimentos que la forma de los trazados miográficos del corazón depende, no del estado de repleción o vacuidad de las cavidades cardíacas, sino de las condiciones más o menos normales de la nutrición del corazón. Así el trazado miográfico de la sístole ventricular puede ofrecer la forma trapezoide aunque se obtenga con la pinza miográfica en corazones de perros y conejos *in situ*; pero exangües por haberse seccionado las arterias aorta y pulmonar o por la ligadura de las venas cavas y ácigos. La misma forma trapezoide, con meseta ondulada, se observa en los cardiogramas obtenidos en corazones (de perros y conejos) aislados y mantenidos por una circulación artificial de sangre o de líquido de Locke; en fin, el miocardiograma producido por un segmento de pared ventricular, que se nutre a favor de una inyección de sangre por la arteria coronaria, según el procedimiento de Porter, ofrece igualmente una curva trapezoide con meseta ondulosa.

De todos estos antecedentes deduce Fredericq, y participamos de su opinión, que *«la courbe trapézoïde à plateau systolique plus ou moins ondulé, représente, donc, bien la forme de la contraction même du muscle cardiaque. Cette contraction ne saurait être assimilée à une secousse simple»*.

Luego añade en las conclusiones de su trabajo: *«La contraction du muscle ventriculaire (cœur de chien) se fait suivant un type propre, différent de celui des muscles du squelette. On peut y distinguer deux parties, d'abord une contraction brève initiale, à laquelle fait suite une contracture plus ou moins oscillatoire.»*

«La contraction avec contracture de la systole ventriculaire rappelle, par sa forme, la secousse des muscles du squelette lorsqu'ils sont empoisonnés par la vératrine; tandis que la contraction brève de la systole auriculaire rappelle la secousse ordinaire des muscles».

Henri Fredericq (2) insiste últimamente en la semejanza entre la sístole ventricular y la contractura de los músculos de la rana veratrinizada y arguye nuevos argumentos tan favorables a su punto de vista como contrarios a la probabilidad de que la sístole del ventrículo sea una contracción simple o tetánica del miocardio: este autor ha logrado con el galvanómetro de Einthoven, electro-cardiogramas de trozos prismáticos aislados del músculo cardíaco y obtuvo trazados tan complejos como los que se sacan del corazón entero, hecho que contradice las explicaciones de Nicolai, Einthoven y otros, que considerando la contracción del corazón como una sacudida simple, justifican la duración y accidentes del electro-cardiograma por un defecto de sincronismo entre las diversas porciones del órgano.

Las ondulaciones de la meseta sistólica ventricular son ordinariamente en número

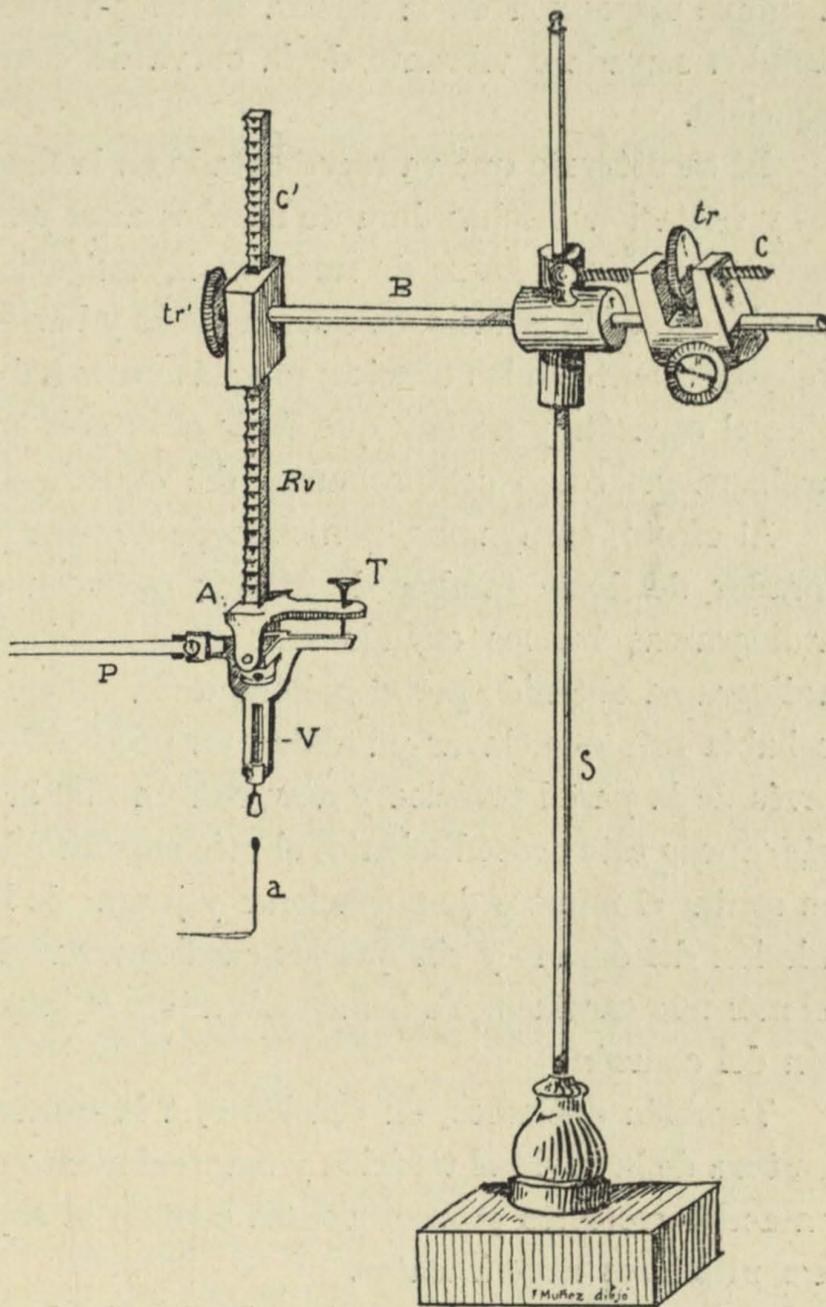
(1) L. Fredericq. *Sur la forme de la contraction du muscle ventriculaire.* (Arch. int. de Physiol.), vol. II, pag. 385. 1905.

(2) Henri Fredericq. *Sur la nature de la systole ventriculaire.* (Arch. int. de Physiol.), XI, pag. 253. 1912.

de tres, en los cardiogramas de conejos obtenidos con nuestro cardiógrafo, como pueden verse en los representados en las figuras 3.^a, 4.^a y 5.^a A simple vista, y mejor con una lente de aumento, pueden apreciarse en los cardiogramas reducidos por la corta velocidad del cilindro (figuras 3.^a y 4.^a) y con más detalle se ven en el mismo cardiograma desplegados (figura 5.^a) por la mayor velocidad rotativa del cilindro registrador.

En cualquiera de los citados cardiogramas puede notarse las tres ondulaciones positivas y muy diferentes por su tamaño: la primera, que es la mayor, fué estimada por Landois (1) como expresión de la sístole ventricular, y en efecto prolonga, hasta concluir en un vértice, la línea ascendente sistólica ventricular; las otras dos ondulaciones, más pequeñas, fueron atribuídas por el mismo profesor al cierre de las válvulas sigmoideas (aorta y pulmonar). Nosotros opinamos que la exageración de la primera ondulación es un fenómeno de inercia y en apoyo de nuestra opinión, que es también la de muchos investigadores, presentamos el cardiograma representado en la figura 5.^a en donde se exagera en grado extraordinario este defecto.

Conviene, pues, nuestras observaciones sobre el número de ondulaciones de la meseta sistólica-ventricular, en el cardiograma del conejo, con las de Fredericq, Bayliss



Cardiógrafo Gómez Ocaña. — Fig. 1.^a

(1) L. Landois. *Traité de Physiol. Humaine*. Traduit sur la septième édition allemande par G. Moquin-Toudon, pag. 98. Paris, 1893.

y Starling (1) en el corazón del perro; también nos inclinamos a la opinión del Profesor de Lieja y a la de Stefani que estiman la forma ondulosa de la contracción ventricular como un tétanos compuesto de tres sacudidas elementales; y verdaderamente, la simple inspección de la meseta sistólico-ventricular evoca el recuerdo de la meseta también serrada o vibrante de la curva de contracción tetánica de los músculos del esqueleto.

El cardiógrafo que va representado en la figura 1.^a es el fruto de multitud de ensayos y tentativas hechas durante muchos años para satisfacer exigencias experimentales perentorias. En el curso de nuestras investigaciones acerca de la acción fisiológica de las sales de sodio, potasio, calcio, magnesio y bario, practicábamos nuestros experimentos preferentemente en los conejos; muchas veces había que explorar los efectos de las dosis sobre el corazón, y no hay que decir el interés que poníamos en la conservación de los cardiogramas como comprobantes del experimento.

Al efecto, ensayamos, poniendo de nuestra parte gran acopio de paciencia, el explorador de doble tambor de Marey; mas con este cardiógrafo obteníamos pneumocardiogramas buenos cuando más para la cuenta del número de pulsaciones. El miocardiograma obtenido por el método de la suspensión, ofrecía una técnica sencilla, pues no había más que clavar un alfiler, un poco oblicuamente, en la masa del ventrículo, a través de la pared torácica y atar con un hilo la cabeza del alfiler a una palanca miográfica; con este procedimiento, el más expedito de todos, se logran trazados que permiten contar el número de pulsaciones y juzgar de la energía del corazón; pero a costa de la lesión del órgano y sin que los cardiogramas den idea de la forma de la contracción del músculo cardíaco. Ya hemos advertido el interés de este dato para apreciar la nutrición del corazón.

También apelamos, en ocasiones, a la obtención de cardiogramas directos, previa abertura de la cavidad torácica y mantenimiento de la respiración artificial; mas no pueden aceptarse estos procedimientos cuando se aspira a la conservación de los animales para ulteriores experimentos.

Ensayé, por si podía resolver la dificultad, otros exploradores y entre ellos el cardiógrafo de aguja de Laulanié (2); mas este último se adapta mal al tórax de los animales pequeños y no es útil para los conejos. Duhamel (3), que ha tocado la misma dificultad con el cardiógrafo de Laulanié, lo ha modificado con la mira de adaptarlo a los conejos: carezco de experiencia sobre el cardiógrafo modificado por Duhamel; mas no

(1) Citados por L. Fredericq en su artículo *Cardiographie*.

(2) Laulanié. *Eléments de Physiologie*. 2^e édition, pag. 250. Paris, 1905.

(3) B. G. Duhamel. *Sur un cardiographe explorateur à aiguille*. (*Compt. rend. de la Soc. de Biol.*), t. LXX, pag. 106. 1911.

creo que sean típicos los cardiogramas de conejo que dicho autor publica como testimonio de la bondad del explorador de aguja por él modificado.

En nuestro cardiógrafo conservamos la aguja acodada en ángulo recto que figura en el de Laulanié; cuando la dicha aguja se introduce a través del espacio intercostal, en la región en que son más notables las pulsaciones del corazón, procurando que se apoye sobre él horizontalmente, la rama vertical que sobresale del tórax denuncia a la vista y al tacto, dos clases de movimientos; unos de expansión y retracción, amplios y poco frecuentes, que son los respiratorios, y otros de oscilación, más rápidos, que se deben a las contracciones del corazón; si se registraran unos y otros, el trazado sería un pneumocardiograma compuesto de grandes curvas respiratorias con pequeñas ondulaciones correspondientes al pulso del corazón.

Los movimientos de la aguja los transmite a la palanca escribiente *P*, un vástago vertical de acero *V*, que se mueve también en sentido vertical; dicho vástago *V* termina inferiormente en una pequeña cavidad cupuliforme destinada a recibir la extremidad superior, ligeramente olivar, de la rama vertical de la aguja *a*. Según como se ajuste la articulación entre la aguja y el vástago y el ángulo que formen las dos partes articulares, aquél transmitirá a la palanca escribiente los dos movimientos de la aguja (pneumocardiograma) o solas las pulsaciones del corazón; en el último caso, los movimientos respiratorios se desvanecen parte en la carrera vertical que realiza el vástago, y parte en la resistencia que éste opone a su transmisión y por entrambas causas no logran afectar a la palanca escribiente.

Para facilitar el ajuste de la articulación entre la aguja y el vástago, el brazo horizontal *B* que mantiene el explorador y la rama vertical *Rv* que sostiene el eje de la palanca, están provistos de cremalleras *C* y *C'* para los movimientos lentos; y una vez que se ha conseguido la posición conveniente, se fijan las dichas partes a favor de los tornillos *tr* y *tr'*.

El tornillo *T* sirve, como indica la figura, para limitar las oscilaciones de la palanca escribiente *P*, y corresponde a la pieza *A*, que soporta el eje de aquélla.

Antes de introducir la aguja conviene anestesiar los animales para evitarles el ligero dolor de la punción e impedir sus movimientos; la anestesia puede conseguirse con el alcohol diluído administrado por la vía digestiva; mas es preferible el hidrato de cloral en inyección intravenosa o intraperitoneal.

Tres ventajas apetecía y me parece haber logrado con este cardiógrafo:

1.º Su fácil aplicación; 2.º Trazados típicos, y 3.º Eliminación de las curvas respiratorias siempre que se quiera un cardiograma puro.

A estas ventajas puede añadirse la inocuidad de la exploración, pues el animal repuesto de la anestesia queda como si nada le hubiera ocurrido. En nuestro laboratorio

hemos obtenido cardiogramas repetidas veces en el mismo animal y con días de intervalo.

Después de lo dicho anteriormente, el lector juzgará si son típicos los cardiogramas de conejo que ilustran este trabajo; en todos ellos, incluso en el pneumo-cardiograma representado en la figura 6.^a se marca la forma trapezoide con la meseta ondulada, característica de la pulsación ventricular y en muchas revoluciones se nota la presístole o sea la contracción de la aurícula.

La palanca representada en la figura 1.^a puede desmontarse fácilmente con su eje

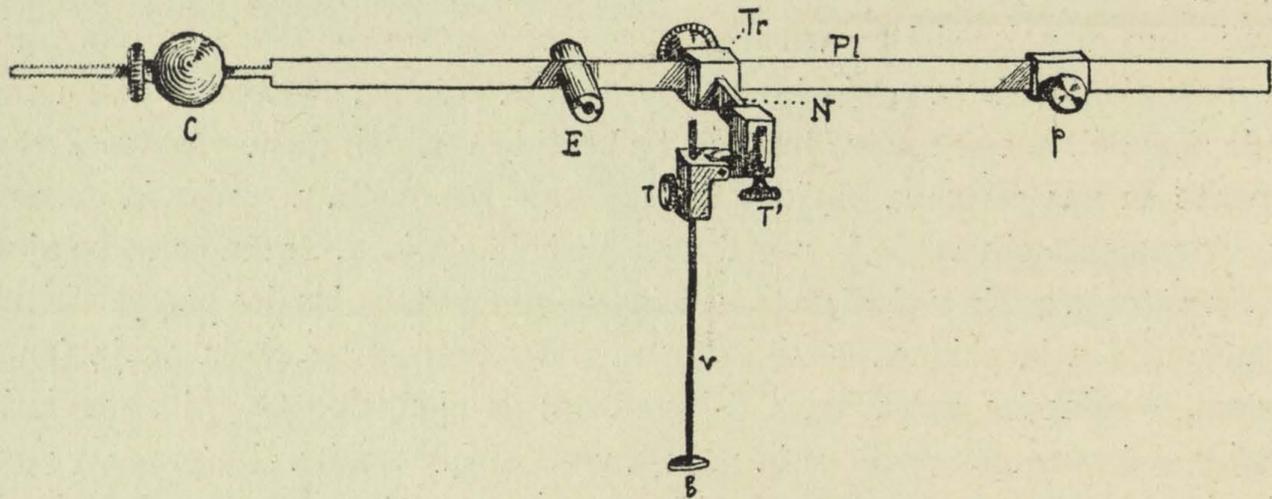


Fig. 2.^a

y se la sustituye con la de la figura 2.^a; con esta sustitución el cardiógrafo de aguja se transforma en un cardiógrafo directo, o cardiomiógrafo con el cual pueden sacarse trazados de las aurículas o ventrículos y también de la punta aislada del corazón. Al efecto, los pivotes que en la pieza A de la figura 1.^a sostienen el eje de la palanca escribiente reciben en su lugar el eje E de la palanca representada en la figura 2.^a Por delante de dicho eje o sea en el brazo más largo de la palanca y a la distancia que se quiera, se coloca una pieza N que forma cruz con el brazo de la palanca y sostiene un vástago V terminado en el botón b que ha de apoyarse sobre el corazón, pasando a través de una ventana abierta en la pared torácica. Como se comprende por la simple inspección de la figura 2.^a, el vástago V es susceptible de subir o bajar, avanzar o retroceder, aproximarse o alejarse de la palanca y cuando se logra la posición apetecida, los tornillos T, T' y Tr la fijan. La abrazadera p fija, a su vez, el estilo escribiente, de ordinario una laminita estrecha, delgada y de aluminio, que remata en punta para que escriba sobre el cilindro registrador; C es un contrapeso que por su avance o retroceso equilibra en la cantidad que se desee el peso del brazo largo de la palanca.

Aquí podemos recordar un cardiograma, obtenido con nuestro cardiógrafo directo, de la punta del corazón aislada de un conejo que pesaba 1,333 gramos: a este animal le habíamos inyectado por una vena de la oreja, inmediatamente antes de la abertura del tórax 0,05 gramos de cloruro de bario, sal que, según los experimentos de Wertheimer y Boulet (1) comprobados por nosotros (2), posee la singular propiedad de extender a la punta de los ventrículos o a las aurículas aisladas, las contracciones rítmicas que dan carácter automático al total corazón. Observábase en el aludido cardiograma, en lo fundamental, la forma típica de la sístole de los ventrículos.

Nuestro cardiógrafo ha sido proyectado y construído, siguiendo nuestras indicaciones, en el laboratorio de automática que, con tanto provecho para la ciencia española, dirige nuestro sabio amigo D. Leonardo Torres Quevedo. Este ilustre ingeniero y el jefe de talleres Sr. Costa, se han esmerado en complacernos, y aprovechamos la ocasión para reiterarles nuestra gratitud.

JOSÉ GÓMEZ OCAÑA

Facultad de Medicina, Madrid.

(1) E. Wertheimer et L. Boulet. (*Compt. rend. de la Soc. de Biol.*), LXX, pags. 532, 678 y 693. 1911.

(2) Gómez Ocaña. *Efectos antagonistas locales, en el corazón, de los cloruros de calcio, bario y magnesio.* (*Bol. de la Soc. española de Biol.*), pag. 175. Madrid, 1912.