

Reasumamos en brevísimas palabras el concepto moderno de la *hematopoiesis*, de *αἷμα* sangre y *ποιεῖν* hacer.

Dejando para otra seccion de esta obra la hematopoiesis embrionaria, examinemos las ideas más modernas que sobre la formacion de los glóbulos en la vida extrauterina, prevalecen, debidas á Schœfer, Ranvier, Hayem y Pouchet; veamos en qué consisten, y expongamos finalmente nuestra opinion.

Segun estos autores, despues del nacimiento, y únicamente por muy breves dias, se observan en el grande epiploon del conejo, unas manchas de uno á tres milímetros de diámetro, conocidas con el nombre de *manchas lechosas de Ranvier*, que presentan unos elementos especiales denominados *células vaso-formatrices*, en medio de los corpúsculos conjuntivos y linfáticos. Estas células vaso-formatrices dan origen á los capilares y á los glóbulos sanguíneos; presentan ramificaciones numerosas, que establecen anastómosis recíprocas; hácese permeables, comunicanse con los capilares existentes y contribuyen á la constitucion de la inmensa red sanguínea. Esta formacion de glóbulos hemáticos, dura poco tiempo; fuera de este período de la vida, los glóbulos rojos nacen de los blancos, en el bazo, en la médula de los huesos y en el hígado. La transformacion de los glóbulos blancos en glóbulos rojos, puede tener lugar de dos maneras: ya por simple modificacion de los leucocitos existentes, ya por el intermedio de los hematoblastos. Este último procedimiento se verifica, segun Hayem, de la siguiente manera: los hematoblastos nacen de *los núcleos* de los glóbulos blancos cuando estos núcleos se segmentan; al principio, los hematoblastos son incoloros y por modificaciones sucesivas adquieren coloracion, pudiendo observar en la sangre normal, diferentes formas intermedias, entre los hematoblastos y los glóbulos rojos verdaderos. En cada milímetro cúbico de sangre hay por término medio 300.000 hematoblastos.

En cuanto á los glóbulos blancos, parece demostrado que proceden de la linfa, se multiplican por escision á consecuencia de las contracciones del protoplasma que los forma, siendo la escision del núcleo puramente pasiva.

Opinan ciertos fisiólogos que los glóbulos blancos nacen del seno de un blastema, por una generacion verdaderamente espontánea. Onimus, por una serie de trabajos muy notables, ha tratado de confirmar esta opinion. Para ello, extrae la serosidad de un vejigatorio, la filtra y la introduce en saquitos de piel de camello, que cierra herméticamente ; luego, introduce estos saquitos en el tejido subcutáneo del conejo, y observa que á las 48 horas, lo más á las 72, la serosidad de aquellos recipientes contiene leucocitos.

Fohustone combate esta opinion con argumentos verdaderamente irrefutables : sírvese, no solamente de la serosidad del vejigatorio, sino tambien de clara de huevo y hasta de una solucion poco concentrada de sal comun; toma todas las precauciones imaginables, y á pesar de todo, aparecen leucocitos en el líquido, excepto cuando ha barnizado el saquito previamente. La aparicion de estos elementos en el líquido (así orgánico como inerte) se debe manifiestamente á la emigracion que verifican á traves de las paredes del saquito ; y en tanto es valedera esta opinion, en cuanto las paredes del recipiente se presentan infiltradas de estos glóbulos.

Concluye Fohustone de esto, que no está demostrado, que los glóbulos blancos se formen siempre en los blastemas ; y despues de varios trabajos que sería prolijo enumerar, deduce que el tejido adenoideo, es el encargado de producir glóbulos blancos ; y que tambien los rojos, se originan en los gránulos del reticulum de aquel tejido. (Arch. of. med. New York).

Entre estas opiniones tan diversas, no es fácil apreciar cuál es la que más se acerca á la verdad. A pesar de todo, pa-

rece lo más probable, en el estado actual de la ciencia, que los glóbulos blancos se forman en los órganos linfoides y en las lagunas del tejido conjuntivo; que pasan á la linfa y llegan á la sangre; que en este líquido los glóbulos blancos polinucleados se desasocian, constituyendo cada partícula separada, un *núcleo de origen* de Pouchet; que éstos núcleos, ó bien dan lugar á otros leucocitos, ó bien van adquiriendo hemoglobina, modificándose profundamente y llegando, por último, á transformarse en glóbulos rojos; que estos núcleos de origen son verdaderos hematoblastos susceptibles de transformarse en glóbulos rojos; que los glóbulos rojos á su vez, despues de haber vivido por espacio de algun tiempo, son destruidos al llegar al hígado y á otros órganos, y que el hierro de su hemoglobina, una vez en libertad, sirve para fijarse en los hematoblastos y convertirlos en hematías.

§ 69.

Hematoblastos, gérmenes de la sangre. — Bajo el nombre de hematoblastos, ha descrito Hayem unos elementos microscópicos de la sangre, que se transforman sucesivamente en glóbulos rojos. Estos elementos globulares presentan diferentes dimensiones, segun el grado de evolucion en que se encuentran; al principio son incoloros, y poco á poco van llenándose de hemoglobina; aumentan de volumen, se hacen discoideos y se convierten en glóbulos rojos. Segun Pouchet, la disociacion de leucocitos polinucleados, da origen á unos elementos especiales de la sangre conocidos con el nombre de *núcleos de origen*, los cuales pueden evolucionar en dos sentidos diferentes; ya se transforman en leucocitos nuevos, análogos á los elementos de que procedían; ya, al contrario, se llenan de hemoglobina y se convierten en glóbulos rojos.

En los capítulos correspondientes estudiaremos la fisio-

logía de los órganos linfoideos, la destruccion de los glóbulos rojos, la porcion de hierro que en lugar de fijarse á los hematoblastos, sirve para la formacion de sustancias colorantes, etc., etc. Ahora, bástanos indicar como probable, que el glóbulo blanco constituye el estado embrionario del glóbulo rojo ; que es una célula nucleada ; que de lugar al hematoblasto ; que éste origina el glóbulo rojo, el cual no es otra cosa que una célula en estado adulto que por haber perdido el núcleo está próxima á morir ; y que, esta muerte ha de ser origen de otra vida, sirviendo los restos del glóbulo para la constitucion de nuevos elementos celulares.

§ 70.

Hematimetría, Cromometría y Citometría.—Dáse el nombre de Hematimetría, al conjunto de procedimientos destinados á la enumeracion de los glóbulos de la sangre ; de Cromometría, á los medios encaminados á la evaluacion de cantidad de hemoglobina, previa la adiccion de agua que le *disuelve* ; y de Citometría, á los procedimientos destinados á la evaluacion de la hemoglobina, previa la adiccion de una solucion de cloruro de sodio que *conserva* á los glóbulos su debida integridad.

Los procedimientos hematimétricos, cromométricos y citométricos han adquirido una importancia considerable. Sirven á la Fisiología para el estudio de la sangre ; á la Patología, para la precision del diagnóstico en un gran número de enfermedades ; á la Terapéutica, para la debida aplicacion del tratamiento ; á la Medicina Legal, para la aclaracion de sus más importantes problemas ; y á la Toxicología, Histología, Anatomía, etc., para la debida precision de sus investigaciones. Convendrá, pues, que nos detengamos en su estudio, reasumiendo los trabajos más notables.

§ 71.

Hematimetría. — La enumeracion de los glóbulos de la sangre, no presenta hoy dia dificultad ninguna. Todo el secreto de los diversos procedimientos que se han empleado, consiste en diluir un volumen conocido de sangre en un líquido á propósito y contar el número de glóbulos que contiene. Para diluir la sangre pueden emplearse ó líquidos orgánicos, como el amniótico, la serosidad peritoneal, pericardiaca, pleural, etc., ó líquidos preparados artificialmente, como el de Malassez, ó el de Hayem. El primero, no es otra cosa que una solucion de sulfato sódico á 5 ó 6 por 100: El segundo, se prepara de dos maneras: la del líquido *A*, compuesto de agua destilada 200 gramos: cloruro de sodio puro, 1 gramo; sulfato de sosa puro, 5 gramos; bicloruro de mercurio puro, 0'50 gramos; y la del líquido *B*, que contiene las mismas sustancias, y ademas, 10 gramos de glicerina neutra á 28° Beaumé.

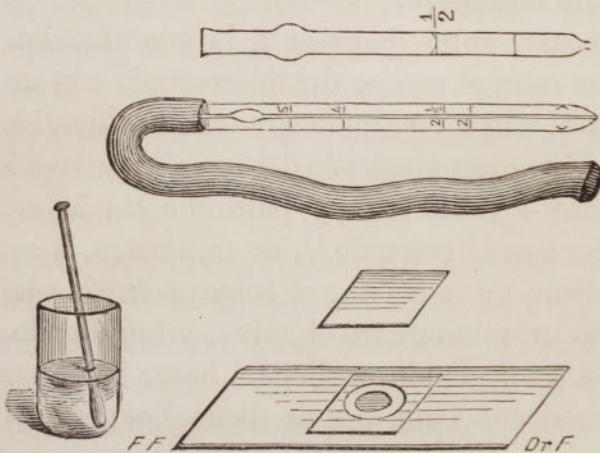


FIG. 45. — Procedimiento de M. Hayem para la enumeracion de los glóbulos de la sangre.

Para diluir la sangre debemos servirnos de dos pipetas graduadas, una de ellas para el menstruo y la otra para la

sangre. La primera, es la que está situada en la parte superior del grabado, y lleva divisiones que facilitan tomar $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{2}$ centímetro cúbico de líquido, que una vez aspirado se deposita en la probeta representada también en el grabado. La pipeta, que en el orden de superposición sigue á la primera, está destinada á aspirar la sangre; pero sus graduaciones sólo permiten tomar de 2 á 5 milímetros cúbicos de líquido. Esta sangre se deposita también en la probeta, soplando en el tubo de cautchuc; el menstruo y la sangre se revuelven á beneficio del agitador, y cuando la mezcla es lo más completa posible, se toma una gotita, y se coloca en una célula de cristal, tapándola inmediatamente por medio de un cubre-objetos. Esta célula, llamada de Hayem, está formada por una laminilla de cristal de $\frac{1}{3}$ de milímetro de espesor, en cuyo centro presenta una concavidad de un centímetro de diámetro. De este modo se obtiene una verdadera célula, cuya altura está representada por el espacio que existe entre la concavidad de la laminilla y el cubre-objetos que la tapa, que ya hemos visto es igual á $\frac{1}{3}$ de milímetro.

Así las cosas, antes de pasar á la enumeración de los glóbulos, se mira el campo del microscopio con un ocular cuadrado, cuyo cuadrado grande esté dividido en 16 pequeños. Este gran cuadrado del micrómetro ocular tiene en cada lado 4 milímetros y para que los lados de este cuadrado tengan el valor de $\frac{1}{3}$ de milímetro, ó sea el valor de la altura de la célula, se coloca sobre la platina del microscopio un micrómetro objetivo, y hundiendo el tubo móvil del microscopio, se llega á hacer corresponder el lado del cuadrado (que hemos dicho llevaba el ocular), con 20 divisiones del micrómetro objetivo, lo que equivale á $\frac{1}{3}$ de milímetro. Así que el lado del cuadrado mayor, mirado con el objetivo tenga el indicado valor de $\frac{1}{3}$ de milímetro, se traza un rasgo en el tubo móvil, que sirve para en adelante de punto de referencia. De esta

manera, podremos observar siempre que queramos y sin nuevos tanteos, la proyeccion de un cubo que tiene $\frac{1}{3}$ de milímetro de lado.

Hecho esto, se separa el micrómetro objetivo y en su lugar se coloca la célula indicada.

Como el cuadrado del ocular está dividido en 16 cuadrados pequeños, resulta que debemos contar todos los glóbulos existentes en estos cuadrados para tener el número total de los contenidos en un cubo de $\frac{1}{3}$ de milímetro de lado.

Ahora bien, si multiplicamos el número de glóbulos que hemos contado, por 125, obtendremos la cantidad de los que contiene la mezcla en la capacidad de un milímetro cúbico, y si multiplicamos finalmente este producto por el grado de la mezcla empleada, tendremos indudablemente la cantidad de glóbulos contenidos en un milímetro cúbico de sangre normal.

Tal es el procedimiento empleado por M. Hayem y nosotros, que reconocemos sus ventajas en lo que se refiere á la precision de los resultados, no podemos dejar de consignar que los muchos detalles que exige hacen su práctica difícil.

Otro procedimiento más generalizado que el anterior, consiste en servirse del *mezclador Potain* y del *capilar artificial de Malassez*.

El mezclador Potain, cuyo nuevo modelo está representado en la figura *A*, contiene un tubo capilar *a. a.* cuyo trayecto presenta una dilatacion oval *c*. El calibre de esta dilatacion es cien veces mayor que el de toda la longitud del tubo, ó sea desde el origen 1 de esta dilatacion hasta la punta *P* del instrumento. En el interior de la dilatacion oval existe una bolita movable de cristal *c* y los rasgos trazados en el tubo capilar, 2, 3, 4, 5, indican los puntos que respectivamente corresponden á proporciones de $\frac{1}{2}$ por 100, $\frac{1}{3}$ por 100, $\frac{1}{4}$ por 100, $\frac{1}{5}$ por 100.

A la extremidad más gruesa del instrumento se adapta un tubo de cautchuc *t*, por el cual se *aspira* la sangre que se quiere examinar, obtenida á beneficio de una puntura reciente, continuando la aspiracion hasta que la sangre llegue al rasgo que corresponda al grado de la mezcla que deseamos obtener.

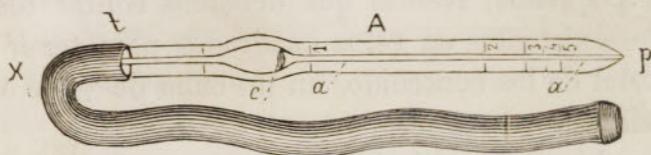


FIG. 46. — Mezclador Potain con la nueva graduacion adoptada por Malassez.

Despues de esto, se sumerge la punta del tubo aspirador en el líquido de la dilucion, líquido amniótico, suero artificial, etc., y se aspira una cantidad suficiente para llenar la ampolla *c*; se hace rodar horizontalmente el tubo de cristal, cogiéndolo entre los dedos, y la bolita *c*, rodando á su vez, mezcla íntimamente la sangre con el líquido aspirado, de la misma manera que el *agitador* de Hayem. De este modo, si queremos obtener una mezcla al 1 por 100, aspiraremos la sangre hasta que llegue al rasgo 1; aspiraremos despues el suero hasta que llene la ampolla *c*, y obtendremos una mezcla en la que, de cada 100 partes, una es de sangre y las 99 restantes del líquido empleado para su dilucion.

El capilar artificial de Malassez representado en la figura inmediata, consiste en un tubo de cristal cuyas paredes son planas en su cara externa, y cuya cavidad presenta una seccion oblicua, adherida á un cristal porta-objetos, en el que se hallan grabadas algunas cifras que indican la capacidad del tubo en sus diferentes longitudes. Una de sus extremidades, la del lado derecho, se eleva un poco y se une á un tubo de cautchuc por el cual se practica la aspiracion, y la otra es libre. Cuando se aspira por el tubo de cautchuc, penetra en el tubo de cristal el líquido que

se quiere examinar al microscopio, lo que puede conseguirse tambien por la sola accion de la capilaridad, poniendo una gota en la extremidad libre del expresado tubo.

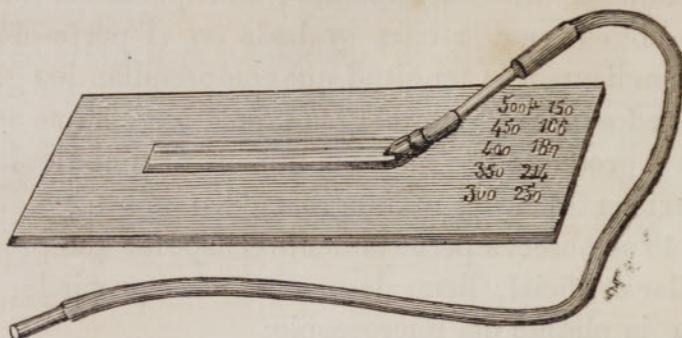


FIG. 47. — Capilar artificial dispuesto sobre el porta-objetos.

El capilar de Malassez tiene de dos á tres centímetros de longitud y de cuatro á cinco milímetros de espesor. Las cifras grabadas en el cristal porta-objetos representan, las de la primera columna, las *longitudes* expresadas en mi-

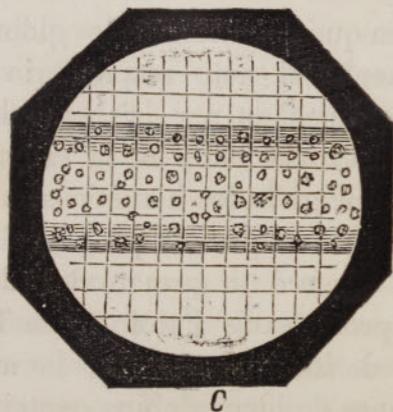


FIG. 48. — Seccion de un capilar artificial lleno de una mezcla de sangre y suero, visto con el microscopio.

cromilímetros (μ); las de la segunda, los *volúmenes* correspondientes, expresados por los denominadores de las diferentes fracciones de milímetro cúbico que los referidos volúmenes vienen á representar.

Cuando el capilar artificial está lleno de la mezcla preparada en el instrumento de Potain, se coloca en la platina del microscopio y se cuentan los glóbulos existentes en cada cuadrado del aparato; multiplícase el número que se obtiene por la cifra grabada en el porta-objetos, correspondiente á la longitud que comprendían los glóbulos contados, y luego por el grado de la mezcla que se empleó, y el producto nos indica el número de glóbulos hemáticos existentes en un milímetro cúbico de sangre. En la figura 48 se observa perfectamente el aspecto que presenta el capilar artificial, lleno de una mezcla apropiada, colocado en la platina del microscopio.

§ 72.

Cromometría y citometría.

Fundándose en que la función de los glóbulos rojos se refiere principalmente al acto respiratorio; en que esta función está desempeñada por la hemoglobina; en que dicha hemoglobina no se halla en la sangre en razón directa del número de glóbulos hemáticos, y en que la enumeración de los mismos por los procedimientos acabados de explicar está sujeta á un gran número de errores, aconseja Bizzozero, profesor de Patología de Turin, sustituir la enumeración de los glóbulos por la medición exacta de las proporciones de hemoglobina contenidas en la sangre. Para esto, pueden emplearse los cromómetros de Quincke ó de Malassez, el espectróscopo de Vierordt ó el cromocitómetro que dicho Bizzozero ha imaginado.

§ 73.

Cromocitómetro.—Este importantísimo instrumento sirve para determinar la proporción de hemoglobina que en la sangre existe, apreciándola por la mayor ó menor transparencia de este líquido, que es lo que constituye la citometría, ó por la mayor ó menor cantidad de materia colorante que contiene, que es en lo que se funda la cromometría.

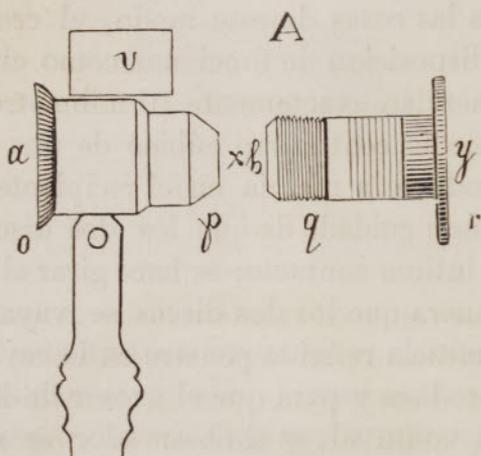


FIG. 49 — Cromocitómetro de Bizzzero.

El cromocitómetro puede funcionar como *citómetro* y como *cromómetro*, según convenga. Se compone de dos tubos *o p* y *q r*, cuyas extremidades *x y*, están abiertas, y las que corresponden á los puntos *a* y *b* cerradas por un disco de cristal. Como el tubo *q r*, puede entrar fácilmente en el tubo *o p*, resulta que los dos discos de cristal pueden llegar al contacto inmediato ó estar más ó menos separados, según que el primero de estos tubos penetre más ó menos completamente en el segundo, como puede

observarse facilmente á la simple inspeccion de la figura que representa el corte vertical del instrumento.

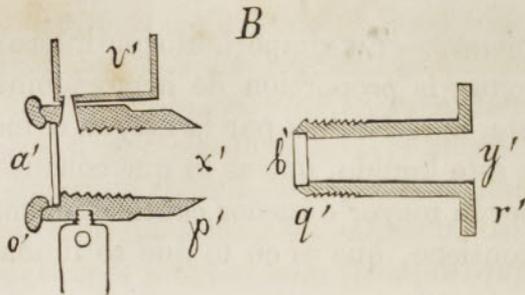


FIG. 50. — Corte del cromocitómetro.

Dispuestas las cosas de este modo, el cromocitómetro se halla en disposicion de funcionar como citómetro. Para esto, se mezclan exactamente 10 milímetros cúbicos de sangre con medio centímetro cúbico de una solucion sódica; se introduce la mezcla en el recipiente *v* del citómetro, teniendo cuidado de que los dos discos de cristal se hallen en íntimo contacto; se hace girar el cilindro movable, de manera que los dos discos se vayan separando, para que la mezcla referida penetre en la cavidad que esta separacion produce y para que el grosor de la capa líquida cambie á voluntad, y el observador se sitúa en una cámara oscura á metro y medio de distancia de la llama de una bujía á la que mira al traves del aparato. Al principio de la observacion, si la distancia entre los dos discos de cristal es de algunos milímetros, no se puede ver la llama de la bujía; pero aproximándolos poco á poco para que la capa líquida se adelgace, se llega, segun dice Bizzozero « á hallar el punto exacto en que los contornos » de los tres cuartos superiores de la llama son bien luminosos, pero no tanto, sin embargo, que girando un poco » el tubo, no se hagan rapidamente difusos; la llama entonces no es ya brillante, sino como velada y de color » rojizo. » Cuando esto se consigue, no se dan ya más

vueltas al cilindro ; se lee en el citómetro el espesor de la capa líquida que corresponde á este efecto óptico, y se ve que cuando la sangre es de hombre adulto, en estado de salud, marca 110 en el instrumento, lo que indica que la capa de la mezcla de sangre con la solución sódica tiene 110 centésimas de milímetro de espesor. Si el citómetro marcara, por ejemplo, 170, indicaría que la sangre es más pobre en hemoglobina que en el estado normal, puesto que ha sido preciso aumentar 60 centésimas de milímetro el espesor de la capa líquida, para obtener el mismo efecto óptico que el que se obtenía en estado de salud.

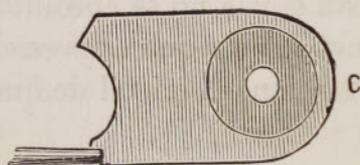


FIG. 51. — Cristal fijado á un anillo de cobre para que el cromocitómetro funcione como cromómetro.

Para que el cromocitómetro funcione como cromómetro es preciso añadirle un cristal C, el cual, por medio de una ligerísima capa de oxihemoglobina, presenta una coloración rojiza, análoga á la de una solución de sangre.

Adaptado al instrumento el indicado cristal, se mezclan 10 milímetros cúbicos de sangre con 50 centigramos de agua destilada, cuya solución se introduce en el recipiente *v* del cromocitómetro ; una vez situado el líquido entre los dos discos de cristal se dirige el pequeño instrumento hacia una pared blanca bien iluminada ó hacia la atmósfera, teniendo cuidado de no mirar directamente el sol. Colócase delante del aparato un cartón negro provisto de dos agujeros, uno de los cuales corresponde al cristal y el otro á la disolución de hemoglobina : este cartón tiene por objeto evitar la entrada en el ojo de todos los rayos que no hayan

atravesado la sangre y el cristal. Así dispuesto el cromómetro, se compara la coloracion del cristal con la que ofrece el líquido indicado, y se dan vueltas al cilindro interior hasta tanto que la coloracion del líquido sea idéntica á la del cristal modelo. En el momento en que estas coloraciones son iguales, no se dan ya más vueltas al cilindro, y en la escala del instrumento se lee la cifra que corresponde al espesor de la capa líquida. Finalmente, se anota, en unas tablas dispuestas al efecto, la cantidad de hemoglobina correspondiente á este espesor. Generalmente, la sangre del adulto en estado de salud señala 140 al cromómetro, pero esta cifra es susceptible de variacion, porque el valor de esta escala no es absoluto como lo es el de la escala del citómetro, sino que varía en el caso de que haya variado la coloracion del cristal de que nos hemos servido como tipo.

§ 74.

Espectroscopia. — A beneficio del análisis espectral puede tambien estudiarse la materia colorante de la sangre, pues por medio del espectroscopo, se ha podido reconocer la hemoglobina en soluciones al $\frac{1}{10000}$. La propiedad comun á los cuerpos colorados de absorber determinadas irradiaciones coloradas de la luz blanca es el principio en que se funda la espectroscopia de la sangre.

Si se mira una débil solucion de sangre arterial á traves del espectroscopo, se observa que el espectro luminoso está interrumpido por anchas fajas oscuras, lo mismo cuando la solucion sanguínea está iluminada por la luz del sol, que cuando lo está por la llama de una lámpara. Estas fajas oscuras están situadas en los rayos amarillos y verdes y todos los rayos más refrangibles, empezando por el azul ó por el índigo, se hallan extinguidos. Este aspecto tan notable es lo que constituye el *espectro de absorcion de la sangre*.

Cuando se mira una solución de hemoglobina desoxigenada ó una solución de sangre venosa, las dos fajas oscuras se funden en una sola, conocida con el nombre de *faja de reducción de Stokes*, y la sombra que cubría los rayos más refrangibles del espectro retrocede hasta la región violada.

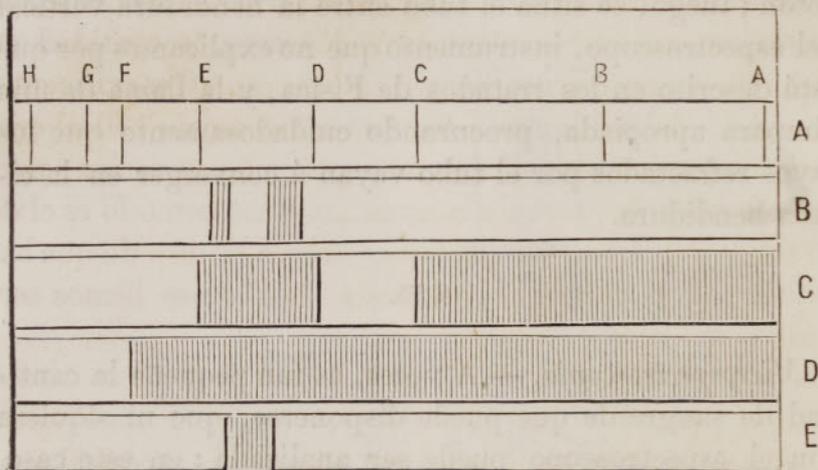


FIG. 52. — Figura representativa de la absorción de algunas regiones del espectro por disoluciones sanguíneas diferentes, según Paul Bert. — Las ordenadas A, B, C, D, E, F, G, H, de la zona A, representan las rayas de Fraunhofer. En la zona B se ven dos fajas de absorción entre las rayas D y E de Fraunhofer, ó sea en la región amarilla del espectro: representan el espectro de la *sangre arterial oxigenada*. En la zona C se ve la absorción de todos los rayos desde la raya G ó sea desde el azul: representa la *sangre arterial en disolución más concentrada*. En la zona D se nota una *disolución más concentrada todavía*. En la zona E, se ve la faja de reducción cerca de la raya E de Fraunhofer, ó sea cerca del amarillo: representa la *sangre venosa ó la sangre reducida*.

Cuando se mira una solución de hemoglobina oxicarbonada sustitución del oxígeno por el óxido de carbono, las dos fajas negras del primer espectro se desplazan un poco hácia la derecha; y así como el espectro de la oxihemoglobina podía modificarse por la acción de los agentes reductores y dar en su consecuencia la faja de reducción de Stokes, el de la hemoglobina oxicarbonada, no sufre modificación alguna por la acción de estos agentes.

Hoppe-Seyler fue el primero que estudió la sangre á

beneficio de la análisis espectral y desde aquel momento ha adquirido este punto una importancia considerable. Para practicar el análisis de la sangre segun el método que estudiamos, basta echar algunas gotas de este humor en un tubo de cristal de un centímetro de diámetro y añadir inmediatamente cierta cantidad de agua hasta que el líquido adquiriera un color parecido al de la flor del melocoton ; luego, se sitúa el tubo entre la hendidura vertical del espectroscopo, instrumento que no explicamos por qué está descrito en los tratados de Física, y la llama de una lámpara apropiada, procurando cuidadosamente que los rayos refractados por el tubo vayan á converger en la citada hendidura.

§ 75.

Microspectroscopia. — A veces, es tan pequeña la cantidad de sangre de que puede disponerse, que ni siquiera con el espectroscopo puede ser analizada ; en este caso, debe combinarse el microscopio con el espectroscopo, constituyendo esta combinacion el instrumento denominado *microspectroscopo*.

El principio del análisis microspectroscópico es muy sencillo : basta reconocer la existencia de las fajas de absorcion, ocasionadas por las débiles soluciones de las sustancias colorantes de la sangre.

El microspectroscopo se adapta perfectamente al tubo de un microscopio comun. Consiste en un sistema de prismas y de lentes, dispuestos en la siguiente forma : en *p* existe una combinacion de prismas, tres de ellos son de *crown-glass* y dos de *flint-glass* : en *o* y *o'* se halla el sistema ocular representado por una lente *o*, doble y por otra lente *o'*, plano convexa ; en el espacio que separa estas dos lentes existe una hendidura *h*, la cual por medio del tornillo *t* puede hacerse mayor ó menor. Colocado el ins-

trumento en el sitio correspondiente al ocular del microscopio, los rayos luminosos que el espejo de este último refleja pasan por el tubo del referido microscopio, se encuentran con la lente plano-convexa o' ; la atraviesan y continuando su camino pasan en parte por la hendidura h , llegan á la doble lente o , atraviesan los prismas p , se dispersan y finalmente impresionan la retina del observador.

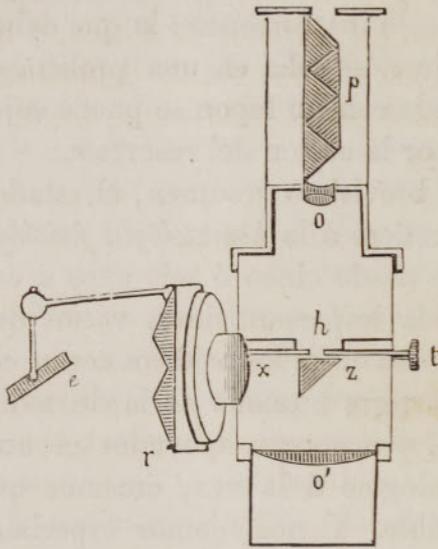


FIG. 53. — Microspectroscopio según Bizzozero.

Tal es el aparato en su forma más sencilla. Sin embargo, no siempre podemos contentarnos con el único espectro que nos da el microspectroscopio acabado de explicar, pues á veces necesitamos dos espectros para poder compararlos entre sí. Para llegar á este resultado, se adapta un espejo móvil e , á un lado del aparato, que refleja los rayos de cualquier origen que sobre él incidan, los cuales, á través de la abertura x alcanzan el prisma z ; este prisma cambia la dirección del haz luminoso, lo eleva hácia los prismas p , que lo descomponen dirigién-

dolo á la retina del observador para que vea éste á un mismo tiempo los dos espectros superpuestos ; es decir, el espectro reflejado por el espejo *e* y el reflejado por el espejo del microscopio. Ahora bien ; si á estos hacecillos les hacemos atravesar diferentes soluciones coloradas, podremos conocer perfectamente las modificaciones que estos líquidos producen en los dos espectros superpuestos. La solución destinada á ser vista por medio del espejo del microscopio se deposita en un cristal de reloj, situado sobre la platina de este instrumento : la que debe verse á beneficio del espejo *e*, se echa en una probeta de cristal, que una vez cerrada con un tapon se puede sujetar al microspectroscopo por la acción del resorte *r*.

Tal es, en brevísimo resumen, el estado de la ciencia en lo que se refiere á la *hematología fisiológica*. Mucho se ha adelantado desde cinco ó seis años á esta parte, pero quedan todavía importantísimos vacíos que llenar. Así, por ejemplo, pasa entre los médicos como cosa sencilla el distinguir la sangre humana de la de todas las especies de mamíferos, y nosotros, apoyados en un criterio fisiológico é histológico á la vez, creemos que esta distinción es imposible. Y nos fijamos especialmente en este punto, por ser, á buen seguro, uno de los más trascendentales que se nos pueden presentar. Los tribunales de justicia acuden, con frecuencia, al peritaje médico para saber si las manchas halladas en tal ó cual objeto son de sangre humana, ó de cualquier otro animal, y si bien tenemos medios para poder asegurar que un líquido sospechoso, ó que los vestigios que éste líquido ha dejado son de sangre, *carecemos en absoluto de los datos que se necesitan para poder afirmar con seguridad, que la sangre sea humana.*

Precisamente en estos momentos leemos en los *Archives de physiologie* del año 1882, un notable trabajo de M. Vibert, sobre este punto, que está de acuerdo con

nuestra opinion. Dice este distinguido autor, que el único carácter distintivo, consiste en las diferencias observadas en el diámetro de los glóbulos, y éste diámetro, aun prescindiendo de los casos de enfermedad, varía no solamente en los individuos de una misma especie animal, sino en *un mismo individuo*. Aun operando en sangre fresca, es sumamente difícil distinguir los glóbulos del perro y del conejo de los del hombre; y este punto debe considerarse como *irresoluble* cuando sólo se puede disponer de sangre desecada. Los glóbulos se modifican considerablemente en su diámetro y en su forma, cuando se desecan, y estos cambios varían segun el tiempo transcurrido, la naturaleza de la sustancia en que la sangre se ha desecado, el espesor de la mancha, y las condiciones higrométricas y termométricas en que ha tenido lugar la desecacion. Y como es una quimera la restitution de las condiciones primitivas, pues los cambios son definitivos, y no se conoce reactivo alguno capaz de devolver al glóbulo desecado las dimensiones que tenía cuando fresco, únicamente nos será permitido afirmar la *posibilidad* de que una mancha proceda de un mamífero distinto del hombre, cuando el animal pertenezca á una especie cuyos glóbulos tengan un diámetro mucho menor que los de la especie humana, y cuando los trabajos de investigacion hayan podido hacerse en las mejores condiciones.

§ 76.

Diferencias entre la sangre arterial y la venosa. — La composicion y las propiedades de la sangre arterial no son completamente iguales á las de la venosa.

La sangre arterial es de un color rojo vivo y la venosa de un rojo muy oscuro, por lo que se la llama tambien sangre negra.

Esta diferencia de coloracion depende de la influencia

del oxígeno. La sangre venosa toma el color de la arterial en el acto de la respiracion por el oxígeno que penetra con el aire. Se sabe que, agitando la sangre venosa en una atmósfera de oxígeno, adquiere el color propio de la arterial; y si á esta sangre se la despoja de su oxígeno por medio de la máquina pneumática, toma de nuevo el color de la venosa. La sangre arterial adquiere tambien el color de la venosa cuando se la somete á la accion de una corriente de hidrógeno ó de ácido carbónico, porque estos gases desalojan el oxígeno y se colocan en su lugar. El análisis químico ha venido á demostrar, confirmando estas ideas, que la sangre arterial tiene mayor proporcion de oxígeno que la venosa, mientras que esta última está sobrecargada de ácido carbónico con relacion á la primera. Introduciendo una cánula en la tráquea de un perro y abriéndole al mismo tiempo una arteria, la sangre sale rojiza mientras permanece expedita la entrada del aire en los pulmones; pero si se cierra la cánula y el aire no puede penetrar, la sangre pierde poco á poco su color arterial, y al cabo de un minuto adquiere por completo el de la venosa.

Acabamos de decir que la diferencia de coloracion depende del oxígeno, pero si nos preguntamos el motivo por el cual el oxígeno da lugar al color rojo rutilante, la contestacion es más difícil. En efecto, el color rojo arterial depende de la union del oxígeno con la hemoglobina, ó lo que es lo mismo, de la formacion de la oxihemoglobina, bajo cuyo concepto, podría considerarse este cambio de color como ligado estrechamente á una accion *química*; pero el glóbulo, no sólo sufre esta modificacion química, sino otra de carácter *morfológico*, pues en presencia del agente comburente se adelgaza, y los rayos luminosos que lo atraviesan, deben sufrir una diferente refraccion.

La sangre arterial y la venosa se diferencian poco bajo el punto de vista de su constitucion química, ó al menos,

si hay diferencias, son muy difíciles de apreciar. Se dice que la sangre arterial contiene mayor cantidad de glóbulos, pero M. Poggiale y M. Marchal (de Calvi) han hallado lo contrario. Se asegura que la sangre arterial es algo más coagulable, y que contiene alguna mayor cantidad de materias sólidas, fibrina, sales, glucosa y materias extractivas; pero si estas diferencias existen, y si no son debidas á circunstancias accidentales, como por ejemplo, á la mayor ó menor cantidad de agua que haya absorbido el sistema venoso en el aparato digestivo, son tan extraordinariamente pequeñas, que no bastan por sí solas para explicar su distinta importancia fisiológica. Lo único que parece demostrado es que la sangre venosa posee un dicronismo muy pronunciado y que se diferencia de la arterial por la riqueza respectiva de los gases que cada una contiene en disolucion y porque su fibrina se coagula con más lentitud.

La sangre arterial, en efecto, parece gozar exclusivamente de la facultad de estimular la actividad vital del organismo. Si se sustituye la sangre arterial que se dirige á la extremidad inferior de un perro con la de la vena yugular de un animal de la misma especie, la parte del organismo colocada en estas condiciones anormales es atacada, segun los experimentos de Bichat, de una especie de parálisis. Si se hace afluir al cerebro de un perro sangre venosa en lugar de la arterial, por un procedimiento análogo al anterior, el animal muere al poco tiempo.

La constitucion de la sangre, tanto arterial como venosa, puede sufrir modificaciones mas ó menos importantes, segun sean las circunstancias especiales de los sujetos, y segun se encuentren en estado de salud ó de enfermedad.

La edad, el sexo, el temperamento, el género de vida, la naturaleza de los alimentos y otro gran número de influencias individuales pueden cambiar las condiciones de

la digestion, modificando la naturaleza ó la cantidad de los elementos reparadores que llegan á la sangre, ó alterar las de la nutricion y de las secrecciones, de manera que este líquido ceda á los tejidos elementos distintos de los que les suministra de ordinario, contribuyendo en último resultado á que se trastorne profundamente su composicion.

§ 77.

Cantidad de sangre en el sistema circulatorio. — No es fácil calcular con exactitud la cantidad de sangre contenida en el sistema circulatorio.

Si se hace una sangría á un animal cualquiera, sobreviene la muerte mucho tiempo antes de que salga toda su sangre. No se puede por otra parte medir la capacidad de los vasos en que está contenida, y no es posible tampoco apreciar la relacion que existe entre la que sale del cuerpo y la que queda en el interior, porque ésta se regenera sin cesar.

El procedimiento indicado por M. Valentin para resolver esta cuestion, es digno de ser conocido por más que no sea rigurosamente exacto.

Si á un kilógramo de disolucion salina, en la que cada cien partes contenga diez de residuo sólido, se añade otro kilógramo de agua destilada, cada cien partes de esta disolucion debilitada no contendrán ya diez de residuo, sino la mitad, porque permanece constante la cantidad de sal y tiene que distribuirse en doble cantidad de agua. Esto nos demuestra que si en vez de añadir á la disolucion una cantidad de agua igual á la que ya tenía, se hubiera añadido sólo una tercera, quinta ú octava parte, la porcion de residuo sólido correspondiente á cada cien partes de la nueva disolucion sólo hubiera disminuido un tercio, un

quinto ó un octavo. Y esto nos demuestra, por último, que cuando el residuo disminuye en una mitad por la adición de un kilogramo de agua, es porque la disolución primera tenía otro kilogramo de líquido; cuando disminuye en una tercera, quinta ú octava parte por la adición de un kilogramo de agua, es porque la disolución primera tenía tres, cinco ú ocho kilogramos.

Podemos, pues, cuando se tiene una disolución salina en cantidad desconocida, averiguar qué cantidad hay de disolución, examinando el tanto por ciento de residuo sólido que contiene y viendo la proporción en que disminuye este residuo por la adición de cantidades conocidas de agua destilada.

Haciendo aplicación de estos principios, M. Valentin toma una corta cantidad de sangre de un animal cualquiera, la deseca y encuentra, por ejemplo, que contiene el diez por ciento de residuo sólido. Inyecta después en las venas del mismo animal una cantidad conocida de agua destilada, por ejemplo un kilogramo, y al cabo de cinco minutos vuelve á sangrar al animal y á recoger el residuo de esta sangre diluida. ¿ Ha disminuido una cuarta parte? Pues la cantidad total de la sangre es de cuatro kilogramos. ¿ Ha disminuido una octava parte? Pues el animal tiene ocho kilogramos de sangre. Las experiencias de este género, repetidas en diferentes animales, han dado lugar á deducir que la masa de la sangre es igual á la décima ó duodécima parte del peso del cuerpo, y de consiguiente, que en el hombre adulto hay de seis á siete kilogramos poco más ó menos.

Las deducciones de M. Valentin no pueden ser completamente exactas, porque después de la primera sangría y antes de la inyección acuosa, ya el plasma se regenera, y porque, además, parte del líquido inyectado debe escaparse por exhalación ó trasudación á través de los vasos capilares.

M. E. Weber decapita al animal y pesa la sangre obtenida de este modo. Inyecta despues agua destilada hasta que sale sin color. Recoge el líquido de la inyeccion, lo deseca y calcula por el residuo la cantidad de sangre á que corresponde; de modo que, añadiendo á la porcion de sangre recogida la de la sangre calculada, cree encontrar la suma exacta de la que corresponde al animal.

M. Welker ha propuesto otro método distinto: recoge por medio de la sangría una cantidad determinada de sangre, por ejemplo, una onza. Decapita despues al animal, y pesa la sangre obtenida de este modo: hace pasar últimamente por los vasos del mismo una cantidad conocida de agua destilada hasta que salga completamente sin color, cien litros, por ejemplo. Diluye tambien en el agua la sangre primeramente recogida por medio de la sangría hasta que quede de un color igual al del líquido de la inyeccion, y si para esto ha necesitado un litro de líquido, hace el siguiente sencillísimo cálculo: si en un litro de agua hay una onza de sangre decolorada, en los cien litros que sirvieron para la inyeccion, habrá cien onzas. Y añadiendo á este peso el de la sangre obtenida al decapitar el animal, se deduce la cantidad total de este líquido.

M. Vierordt, por medio de cálculos ingeniosos, viene á deducir que el corazon suministra á la aorta doscientos diez y siete centímetros cúbicos de sangre por segundo, y como la totalidad de la sangre pasa por el corazon en veintitres segundos, porque este tiempo es el que tarda en efectuar una revolucion circulatoria completa en el hombre, multiplicando los doscientos diez y siete centímetros cúbicos de sangre que lanza el corazon en cada segundo, por veintitres segundos que tarda en lanzarla toda, tendremos el volumen de la totalidad de la sangre, que es, con arreglo á este cálculo, de cuatro mil novecientos noventa y un centímetros cúbicos, cuya cantidad

corresponde en peso, siendo la densidad de la sangre 1'05, á cinco kilogramos y doscientos cuarenta gramos, ó sea poco mas ó menos, la duodécima parte del peso regular del hombre. Segun Heidenhain, el peso de la masa de la sangre es en el raton como la mitad del peso del cuerpo: en el perro como $\frac{1}{13}$; en el gato como $\frac{1}{13}$; en el conejo como $\frac{1}{18}$; en las aves como $\frac{1}{12}$; en la rana como $\frac{1}{17}$; en algunas clases de peces como $\frac{1}{63}$.

Recientemente Tarchanoff ha intentado evaluar la cantidad de sangre en el hombre vivo, fundándose en la apreciacion de las variaciones que experimenta la *hemoglobina*, por la influencia de la evaporacion sudoral. Deja á un individuo en ayunas por espacio de doce horas, recoge toda su orina y mide el peso del cuerpo ; toma del dedo de este individuo una gota de sangre, cuya hemoglobina mide con el hematocromómetro de Malassez. Hecho esto, hace entrar al sujeto en una gran caja forrada de fieltro, provista de un orificio destinado á dar paso á la cabeza : en esta caja penetra vapor de agua. Recoge el sudor, la orina y la saliva ; enjuga el cuerpo con una esponja que inmediatamente exprime. Pesa otra vez al individuo y vuelve á dosificar la hemoglobina en otra gota de sangre ; la perdida que experimentó durante su estancia en la caja, estará representada por la diferencia de peso entre la primera pesada y la segunda. Evalúa la cantidad de líquido perdido, teniendo en cuenta la cantidad de vapor de agua contenido en el aire expirado por el pulmon y por la piel ; separa el peso de las partes sólidas que contienen la saliva, la orina y el sudor, y multiplica la cantidad obtenida por 1'006,88 gramos, para restablecer el volumen de agua á su volumen verdadero, á 35 grados centígrados.

Si representamos por x la cantidad de sangre del individuo ; por a la proporcion de hemoglobina contenida en un centímetro cúbico ; por p la cantidad de agua que se pierde por la evaporacion, y por a' la cantidad de hemo-

globina contenida en un centímetro cúbico despues de la evaporacion, tendremos :

$$ax = a'(x - p), \text{ de donde } x = \frac{pa'}{a' - a}$$

Todo se reduce en el procedimiento de Tarchanoff, segun acabamos de explicar, á la medicion de estos diferentes factores.

En tres sujetos diferentes, la masa de la sangre comparada á la masa del cuerpo, ha dado el siguiente término

medio : $\frac{1}{14,53} \frac{1}{12,44} \frac{1}{13,8}$ (*Archiv. f. d. ges. Physiologie*).

Los resultados de estos diferentes ensayos, á ninguno de los cuales se le puede dispensar una confianza absoluta, no discrepan mucho entre sí. De cualquier modo que sea, la cantidad de sangre ha de variar bastante en un mismo individuo en las diferentes circunstancias en que puede encontrarse con respecto á su alimentacion más ó ménos suficiente, á su temperamento más ó ménos sanguíneo, ó á su estado pletórico ó anémico, etc.

CAPÍTULO IV.

Circulacion de la sangre.

§ 78.

Circulacion de la sangre en el corazon. — Hemos dicho que la sangre, impulsada por el corazon, penetraba en las arterias y era conducida á todas las partes del cuerpo para volver por las venas al sitio de partida ó sea al corazon.

El corazon del hombre, lo mismo que el de los mamíferos y el de las aves, está dividido en dos partes casi iguales, una derecha y otra izquierda, que no comunican directamente entre sí en la edad adulta. El corazon derecho

envía la sangre venosa que contiene á las arterias pulmonares, que la conducen á los pulmones, donde se convierte en sangre arterial, y las venas pulmonares devuelven esta sangre arterial al corazon izquierdo. Al círculo descrito por la sangre en su marcha desde la parte derecha del corazon á los pulmones, y desde los pulmones á la parte izquierda del corazon, se llama circulacion pequeña ó circulacion pulmonar. En la circulacion pulmonar las arterias conducen sangre venosa y las venas sangre arterial.

El corazon izquierdo envía tambien la sangre arterial que ha recibido á la arteria aorta, que la conduce á los tejidos, donde se convierte en venosa y vuelve por las venas al corazon derecho. Al círculo descrito por la sangre en su marcha desde la parte izquierda del corazon á los diferentes órganos de la economía, y desde éstos á la parte derecha del corazon, se llama grande circulacion ó circulacion general. En la circulacion general las arterias conducen sangre arterial y las venas sangre venosa.

El corazon no sólo está dividido por mitad en su diámetro vertical, sino que tanto la parte derecha como la parte izquierda están separadas horizontalmente, formando cada una dos cavidades diferentes. Las cavidades superiores, llamadas aurículas, comunican directamente con las cavidades inferiores, llamadas ventrículos, pero ni las aurículas ni los ventrículos comunican directamente entre sí.

El corazon es un músculo poderoso, susceptible por lo mismo de entrar en contraccion y de arrojar lejos de sí, al contraerse, la sangre contenida en su interior. Al estado de contraccion del corazon se llama *sístole*, y al estado de relajacion de su tejido muscular, *diástole*.

Las cuatro cavidades en que está dividido el corazon no entran en juego todas á la vez. La aurícula derecha y la aurícula izquierda se contraen simultáneamente constituyendo el *sístole auricular*; pero cuando las aurículas están contraídas, los ventrículos se hallan dilatados. Del mismo

modo, los ventrículos derecho é izquierdo se contraen simultáneamente tambien, constituyendo el *sístole ventricular*; pero cuando están contraídos, se hallan dilatadas las aurículas. Al *sístole ventricular* no sucede inmediatamente despues el *sístole auricular*, sino que hay antes un momento de reposo, de manera que, al parecer, se dividen en

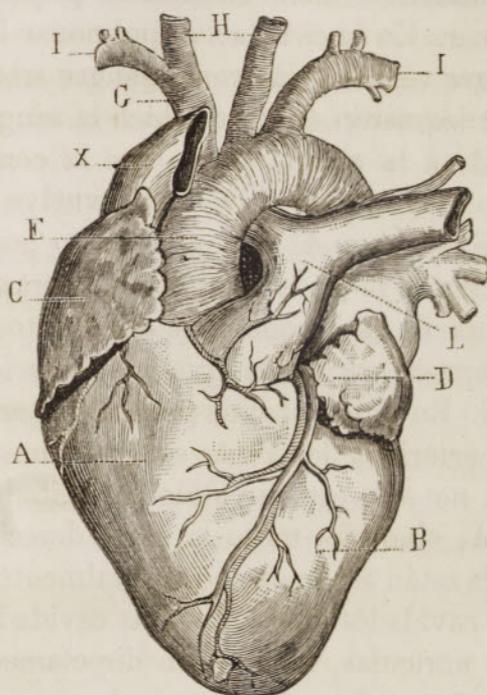


FIG. 54. — A, ventrículo derecho. B, ventrículo izquierdo. C, aurícula derecha. D, aurícula izquierda. E, arteria aorta L, arteria pulmonar. G, tronco braquio-cefálico. H, arterias carótidas, derecha é izquierda, I I, arterias subclavas. X, vena cava superior.

tres tiempos iguales las contracciones del corazon. Primer tiempo : *sístole auricular* y dilatacion de los ventrículos. Segundo tiempo : *sístole ventricular* y dilatacion de las aurículas. Tercer tiempo : reposo del órgano ó sea *diástole auricular* y *ventricular*, despues del cual viene de nuevo el primer tiempo y así sucesivamente los demas.

Al contraerse el corazon disminuye de volumen, porque se reduce el diámetro de su cavidad, y al mismo tiempo se endurece.

Los movimientos del corazón se pueden estudiar perfectamente, así en el hombre como en los animales. Aplicando la mano entre la 5.^a y 6.^a costilla izquierda, hacia dentro del mamelon, sentimos perfectamente una impresión bastante intensa, que nos indica el movimiento del corazón: si echamos mano del *cardiógrafo*, aparato que más tarde explicaremos, podremos obtener un trazado gráfico de los latidos de este órgano; si la casualidad nos deparara algún sujeto al que natural ó artificialmente faltara el esternon, podríamos *sentir* y aun *ver* indirectamente, las referidas contracciones. Respecto á los

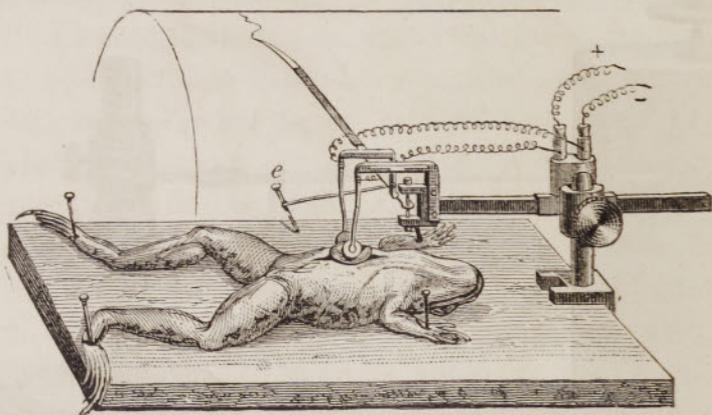


FIG. 55 — Pinza cardíaca de Marey cuyas ramas aplicadas al corazón de una rana le hacen entrar en contracción á beneficio de una corriente eléctrica, y como una de estas ramas es móvil y está provista de una palanca inscriptora, al separarse de su posición en cada sistole cardíaca, inscribe en un tambor el trazado de estos movimientos.

animales, el estudio se hace aun mucho más fácil: así es, que, á beneficio del microscopio, podemos estudiar estos movimientos en los embriones de los peces. Podemos, separando la pared torácica en los animales de sangre fría, poner el corazón al descubierto y contemplar por mucho tiempo las contracciones del centro circulatorio. Introduciendo agujas en las paredes torácicas hasta fijarlas en el músculo cardíaco, pueden apreciarse sus contracciones por el movimiento de la extremidad exterior de las agujas. Si hacemos uso de la *pinza cardíaca de Marey*, podremos

estudiar, á beneficio de este pequeño aparato, en la forma tangible de trazados, los movimientos todos del órgano cardiaco, fig. 55. Si en lugar de la pinza cardiaca nos valemos del *miógrafo del corazon de Marey*, que no es otra cosa que una palanca inscriptora relacionada con el corazon, llamado tambien *cardiógrafo simple*, veremos asimismo en forma de trazados gráficos, los movimientos que el corazon imprime á un pequeño vástago de médula de sauco, y que éste transmite á su vez, á la palanca inscriptora figura 56, etc., etc.

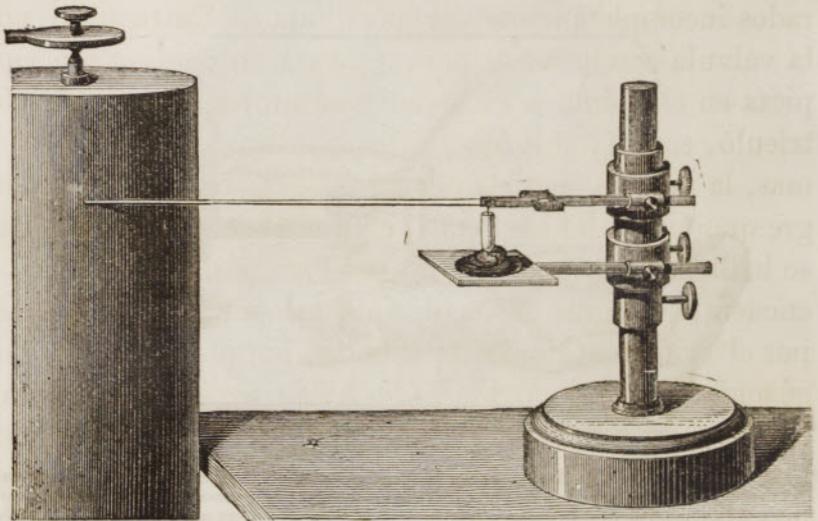


FIG. 56. — Miógrafo del corazon de Marey ó cardiógrafo simple.

Otros muchos aparatos se han ideado, como el *miógrafo doble de François-Franck*, compuesto de dos pinzas inscriptoras relacionadas respectivamente con la aurícula y con el ventrículo; el *explorador de dos tambores enlazados de Marey*, tambores articulados, comunicando con un tubo en Y, relacionado á un tambor de palanca; el *cardiógrafo de Legros y Onimus*, consistente en un vástago fijo y otro móvil, con palanca inscriptora, entre los cuales se halla el corazon; y otros que sería prolijo enumerar.