

379. En los pulmones pasa la sangre de las arterias á las venas, paso que se verifica por el intermedio de los capilares. Como son invisibles á simple vista, hay que acudir al microscopio, y los órganos transparentes, únicos que se prestan al estudio del curso de la sangre en los capilares. Elíjense, al efecto, las alas de los murciélagos, las aletas de los peces, los pulmones y las membranas interdiginales de las ranas, el mesenterio de mamíferos pequeños, etc.

380. La dirección general de la corriente es desde las venas á las arterias; pero como los capilares forman redes caprichosas, dan origen á corrientes parciales en sentidos variados. A veces es en ellos oscilatorio el curso de la sangre, es decir que los glóbulos presentan movimientos alternativos de avance y de retroceso.

381. Desde los capilares de los pulmones sigue la sangre por las venas, que la conducen por las pulmonares á la aurícula izquierda del corazón.

382. Desde la aurícula izquierda pasa la sangre al ventrículo del mismo lado, y de éste á la arteria aorta. Al atravesar la mitad izquierda del corazón, está subordinada á las mismas condiciones que se han expresado respecto de la mitad derecha (376).

383. La aorta distribuye luego la sangre por todo el organismo. Y las últimas ramificaciones de las arterias se enlazan, mediante los capilares, con las de las venas, las cuales acarrearán otra vez la sangre á la aurícula derecha.

384. Resumiendo todo lo relativo al curso de la sangre, resulta que :

Los vasos linfáticos y quilíferos recogen, de la superficie y del interior de los órganos, la linfa y el quilo, y los transportan á las venas ;

Las venas, procedentes de todos los órganos del cuerpo, derraman la sangre, por medio de las cavas, en la aurícula derecha del corazón ;

De la aurícula derecha pasa la sangre al ventrículo derecho ;
Sale la sangre del ventrículo derecho por la arteria pulmo-

nar, y siguiendo por las ramificaciones de ésta, se distribuye por los capilares de los pulmones ;

Desde los capilares de los pulmones pasa á las venas, las cuales la encaminan otra vez al corazón y á su aurícula izquierda ;

De la aurícula izquierda pasa al ventrículo izquierdo ;

Sale de éste por la arteria aorta, cuyas ramificaciones la esparcen por el organismo, y la llevan á la inmensa red de capilares de los tejidos ;

Y, por fin, recógenla de los capilares las venas ; en su marcha recibe la linfa y el quilo, y llega otra vez á la aurícula derecha para volver á recorrer el trayecto que se acaba de indicar.

385. El curso que sigue la sangre, desde al ventrículo izquierdo á la aurícula derecha, recorriendo todo el organismo, se llama *grande circulación* ; y el que tiene desde el ventrículo derecho á la aurícula izquierda, pasando por los pulmones, *pequeña circulación*. Como de esta suerte pasa dos veces por el corazón, se dice que la circulación es *doble*.

386. Llámase también *completa* la circulación del hombre, porque toda la sangre venosa se dirige á los pulmones y se convierte en arterial.

III.

MOVIMIENTO, VELOCIDAD, TENSION, Y TRANSFUSION DE LA SANGRE.

SUMARIO.—387. Causas del movimiento de la linfa, quilo y sangre.—388. Movimiento de la sangre venosa.—389. Pulso venoso.—390. Movimiento de la sangre arterial.—391. Pulso arterial.—392. Velocidad de la sangre en general.—393. Hemodromómetro.—394. Velocidad media de la sangre.—395. Tension de la sangre, y procedimientos para determinarla: hemodinamómetro.—396. Oscilaciones que se observan en este instrumento.—397. Resultados de los experimentos.—398. Concausas que menguan la tension y la velocidad de la sangre.—399. Transfusión de la sangre.—400. Sus efectos.—401. Sus condiciones.—402. Método de transfusión.

387. A variadas causas se atribuye el *movimiento* de la linfa, del quilo y de la sangre.

Fuerzas principales de impulsión son las contracciones del

corazon, así como la elasticidad, extensibilidad y retractilidad de que están dotadas las paredes de los vasos. Fuerzas auxiliares ó secundarias son los actos respiratorios, las contracciones musculares, las presiones varias ejercidas sobre los vasos, etc. Cuantos cálculos se han hecho sobre las intensidades de estas fuerzas, son contradictorios, sin que, por consiguiente, se pueda conceder fe á ninguno.

En el movimiento de la linfa y del quilo influye tambien como fuerza especial la llamada *vis à tergo*, ó sea la que resulta del empuje debido á la continuidad de la absorcion de ambos líquidos. Y al de la sangre venosa contribuye la *aspiracion* que ejerce el corazon luégo de vaciadas sus aurículas.

388. El movimiento de la sangre venosa es centripeto, regular y continuo, pero no siempre uniforme en todo el sistema, pues diferentes causas ó resistencias le aceleran en ciertas venas, y le retardan en otras.

389. Tan sólo en la extremidad de las cavas se notan intermitencias que constituyen el *pulso venoso*, cuya causa determinante es el retroceso de la sangre en el acto de cerrarse las aurículas, impidiendo momentáneamente su entrada en el corazon. Ese reflujó se halla favorecido por la falta de válvulas en las cavas.

390. En la sangre arterial es centrifugo el movimiento y se verifica á borbotones, pues á cada contraccion instantánea é intermitente de los ventrículos, entra una ola de sangre en la arteria pulmonar, y otra en la aorta. De lo cual se desprende que el movimiento de la sangre arterial es algo más veloz en el momento de las sístoles ventriculares que en el de sus diástoles; pues en el primer caso obra la fuerza impulsiva del corazon, y en el segundo, el movimiento procede tan sólo del impulso recibido y de la elasticidad de las arterias.

391. Por efecto de la elasticidad de la segunda membrana de las arterias, á cada ola de sangre que reciben éstas del corazon se distienden, cesando la distension luégo que aquélla

ha pasado. *Pulso*, ó *pulso arterial*, se llama á esa serie de dilataciones arteriales determinadas por las sístoles de los ventrículos, con las cuales son isócronas.

Se demuestran esas sucesivas distensiones, ciñendo las arterias con muelles, cuyos bordes se separan algun tanto á cada pulsacion. Pruébansé tambien introduciendo en las arterias la rama oblicua de un tubo angular de vidrio (*fig. 49*), cuya rama vertical, que está graduada, entra en un frasco lleno de agua. Ésta sube en la rama graduada, á cada pulsacion, y vuelve á bajar luégo que ha pasado la ola de sangre.

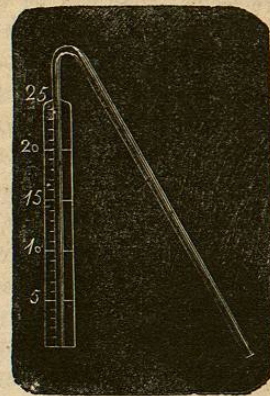


FIG. 49.—Instrumento para demostrar la influencia de las inspiraciones.

392. La *velocidad* de la sangre ha sido objeto de minuciosas investigaciones. Como en general la capacidad del sistema vascular aumenta de las arterias hácia los órganos, y disminuye, por el contrario, en las venas á partir de éstos hasta el corazon, puede tambien establecerse, en general, que la velocidad inicial de la sangre, á su salida del órgano central, decrece á medida que se acerca á los capilares, para aumentar al compás que se acerca otra vez al corazon.

393. Para medir la velocidad de la sangre en cada vaso en particular, ha ideado Mr. Wolkmann el *hemodromómetro* (*fig. 50*). Este aparato consta de un tubo en U invertido, de poca altura, y fijo en una caja metálica con dos aberturas opuestas (*a, d*) y dos llaves (*e, f*) construidas de

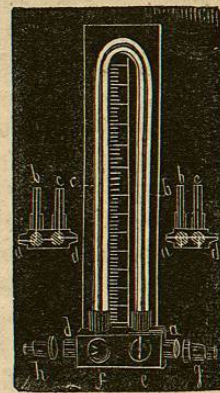


FIG. 50.—Hemodromómetro.

tal suerte que en cierta posición interceptan toda comunicación entre el tubo y la caja; dejándola directa y expedita entre las dos aberturas de ésta; al paso que dándolas media vuelta queda interrumpida la comunicación directa entre ambas aberturas, las cuales sólo comunican entre sí por el intermedio del tubo en *U*. Al aparato acompañan una escala graduada y dos cánulas (*g, h*).

El modo de operar es como sigue: llénase primero de agua el tubo en *U*, córtase luego la vena ó arteria aplicando á las secciones las dos cánulas, que en seguida se ajustan á las aberturas de la caja. En esta disposición la sangre pasa de una á otra sección del vaso al través de la caja, pero dando media vuelta á las llaves cesa la comunicación directa, y la sangre que entra por una de las aberturas tiene que remontar el tubo en *U* para salir por el otro orificio. A su paso por el tubo se mezcla la sangre con el agua, y el color rojo que ésta toma, sirve para medir, mediante la escala graduada y un cronómetro, la velocidad de la corriente.—Al sistema capilar no puede aplicarse el hemodromómetro, y respecto del venoso apenas se han hecho experimentos.

394. La velocidad media de la sangre, en el conjunto del aparato circulatorio, ha sido determinada por varios procedimientos, pero el más sencillo y exacto se debe á Mr. Hering. Este autor introdujo ferro-cianuro de potasio en una de las venas yugulares, y acto continuo recibió la sangre que fluía de la otra yugular en vasijas que renovaba de cinco en cinco segundos. Luego que la sangre estuvo coagulada, trató el suero de las varias vasijas por una sal de hierro, á fin de descubrir el ferro-cianuro. De esta suerte averiguó que á los veinticinco ó treinta segundos, la sal vertida en la yugular derecha presenta en la yugular izquierda. Hechos en los propios términos otros experimentos análogos, parece demostrado que

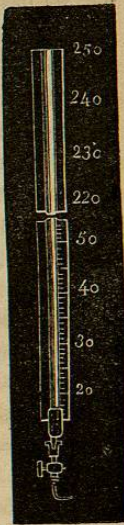


FIG. 51.

cada minuto da la sangre una vuelta completa por todo el torrente circulatorio.

395. La fuerza con que la sangre se mueve en los vasos, ó sea la *tension* que tiene, se mide por medio de la altura á que se eleva en un tubo graduado, ó de la columna de mercurio que equilibra. Por el primer método se hace uso de un tubo de cobre encorvado (*fig. 51*), que se continua con otro de vidrio graduado. Por el segundo método se emplea el *hemodinamómetro* de Poiseuille, modificado por otros fisiologistas (*fig. 52*). Consiste en un tubo en forma de *U*, con una rama encorvada horizontalmente, y sujeto á una plancha con dos escalas divididas en milímetros, una para cada rama vertical. Se adapta á la rama horizontal un tubo de cobre con llave, que sostiene dos laminillas metálicas (*d, e*), que pueden aproximarse ó separarse entre sí por medio de un tornillo (*k*). Viértese en la rama más corta una disolución de sulfato sódico con objeto de que no se coagule la sangre, y luego mercurio en ambas ramas. Así dispuesto el instrumento, se hace una incisión longitudinal en la vena, se introduce en ella una de las dos laminillas, y luego se le aplica por el tubo adicional, sin que por esto se altere la circulación, y ejerciendo presión sobre la columna de mercurio, le obliga á subir en la rama larga. La altura en milímetros de dicha columna revela la *tension* de la sangre.

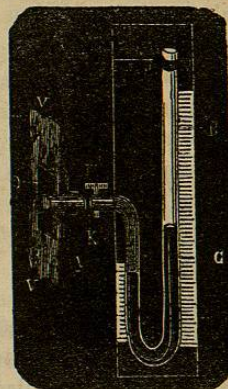


FIG. 52.—Hemodinamómetro.

396. En la columna mercurial del hemodinamómetro se marcan dos clases de oscilaciones: unas dependen de las sistoles ventriculares, son isócronas con ellas, y se repiten igual número de veces, ó sea de setenta á setenta y cinco por minuto; y otras dimanar de los movimientos respiratorios, son

isócronas con ellos, y como éstos, se declaran de quince á diez y ocho veces por minuto.

Estas oscilaciones se demuestran uniendo al hemodinámometro otro instrumento llamado *kimografion* (figura 53). Éste consiste en un mecanismo de relojería encerrado en una caja (b) con su péndulo regulador (d) y su peso motor (c). Sobre la columna mercurial del hemodinámometro (h) se apoya un disco, que se prolonga en una varilla (f, f), la cual sostiene un estilete (e) con la punta aplicada al cilindro. Puesto éste en movimiento, á la vez que la sangre actúa sobre el hemodinámometro, el estilete va dibujando en la superficie del cilindro una línea ondulada representante de las varias oscilaciones de la tensión.

397. De los experimentos que se han hecho, resulta que la tensión de la sangre es mayor en los vasos voluminosos que en los de menor calibre; y que, por término medio, puede computarse en una columna mercurial de quince centímetros de altura.

398. La fuerza total y la velocidad con que circula la sangre, no equivale á la suma de los impulsos que recibe. El roce de la sangre en los vasos, las curvaturas y recódos de los mismos, la parte de fuerza destinada á poner en juego la elasticidad de las paredes, el encuentro de las columnas líquidas en las anastómosis, la resistencia que halla cada ola

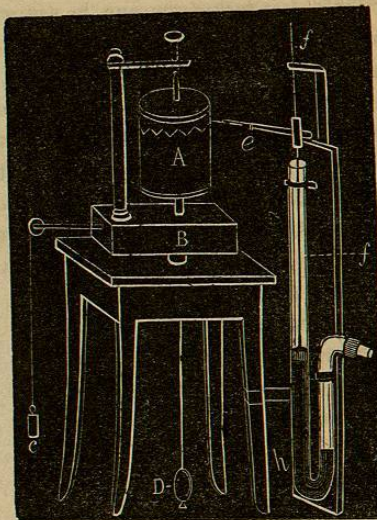


Fig. 53.—Kimografion.

al penetrar en las arterias, la fuerza de la gravedad contra la cual sube la sangre venosa, etc., etc., son otras tantas causas que menguan la tensión y la velocidad de la sangre.

399. *Transfusión* de la sangre es su inyección ó introducción desde los vasos de un sér á los de otro.

400. Sus efectos favorables, en caso de debilidad á consecuencia de hemorragias, se ha complacido la imaginación en exagerarlos hasta el ridículo, porque ridículo es, con efecto, pretender que la sangre de un jóven haya de rejuvenecer á los ancianos, la de un individuo vigoroso devolver las fuerzas al que está debilitado, la de la oveja amansar al lobo, ó la de éste enfurecer á aquélla.

401. Las condiciones que deben observarse en toda transfusión para que no cause la muerte, son las siguientes: 1.^a La sangre ha de sacarse de un individuo de la propia especie. La sangre de los mamíferos mata á las aves, la de éstas y de aquéllos, á los reptiles y peces, etc. Esto se explica atendiendo á la diversidad de formas de los glóbulos, y de composición íntima de la sangre.

2.^a La transfusión ha de hacerse incontinente, pues basta la tardanza de medio minuto para que aparezca un principio de coagulación.

3.^a Debe evitarse cuidadosamente la entrada de aire en el acto de la operación.

402. El mejor procedimiento consiste en el uso de una especie de jeringa ó bomba de inyección (fig. 54). Se compone de un cuerpo de bomba graduado con su émbolo correspondiente (b), con un tubo de llave en el fondo (c), y con otro tubo que remata en embudo en la parte superior (a). Viértese la sangre dentro del cuerpo de bomba por el embudo, se introduce la punta del tubo inferior en la vena, y se inyecta la cantidad que se desea.

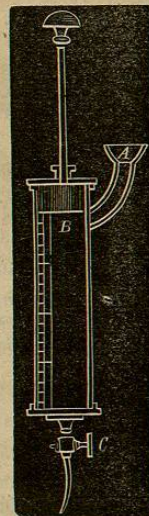


Fig. 54.