

de ácido carbónico disuelto que la arterial, y esta última, al revés, tiene en disolución, ó ligeramente combinado, más oxígeno que la negra. Si se halla, por ejemplo, en un cierto volúmen de sangre venosa negra de un perro 32 ó 33 volúmenes de ácido carbónico y 8 volúmenes de oxígeno disuelto, se hallará en igual volúmen de sangre roja arterial del mismo animal 27 volúmenes solamente de ácido carbónico y más de 13 de oxígeno.

Estas cifras varían según las circunstancias, pero el sentido general del fenómeno queda siempre el mismo. La sangre negra, al llegar á los pulmones, abandona una parte del ácido carbónico disuelto que contiene, y absorbe oxígeno para transformarse en roja. Este oxígeno, al atravesar el organismo, se combina poco á poco con el carbono de los elementos de la sangre, y se transforma, como ya queda dicho, en ácido carbónico, que será arrojado fuera al paso inmediato de la sangre por los pulmones.

El cambio gaseoso que tiene lugar en la sangre que atraviesa los pulmones, es decir, el desprendimiento del ácido carbónico y la absorción del oxígeno, es un fenómeno muy complejo. La sangre está separada del aire por la membrana delgada y mojada del pulmón, que modifica ciertamente las condiciones ordinarias de la solubilidad de los gases en los líquidos; por otro lado, los glóbulos de la sangre están dotados de un poder enérgico de absorción para con el oxígeno, que hace pensar que este gas se halla en la sangre en un estado de combinación más ó menos inestable, y no en el estado de disolución.

Las fórmulas de la disolución de los gases en los líquidos y los coeficientes determinados por los físicos no pueden, pues, aplicarse de una manera rigurosa al estudio del desprendimiento del ácido carbónico de la sangre y de la absorción del oxígeno por este líquido. Pero en defecto de una precisión absoluta, se puede desde luego asegurar, por un cálculo aproximado, que la tensión del oxígeno en los pulmones en el momento de la entrada del aire exterior, es mucho mayor que la del oxígeno disuelto en la sangre negra, y por consiguiente, que este líquido puede disolver rápidamente una cierta cantidad de gas oxígeno para transformarse en sangre roja. Por otra parte, es igualmente fácil asegurar que, después de haber retenido algún tiempo la respiración, la tensión del ácido carbónico, cuando su proporción es de 7 á 7,5 por 100 del volúmen del aire aspirado, es muy próxima de la tensión de este gas en la sangre. A partir de este momento, el ácido carbónico en exceso en la sangre no puede desprenderse, la sangre queda negra y los fenómenos de asfixia comienzan á manifestarse.

No se da uno tampoco cuenta por este género de cálculos de las variaciones observadas en la proporción del ácido carbónico desprendido cuando la velocidad de la respiración varía, y de otros muchos hechos de observación diaria. No nos detendremos, pues, en estos resultados, que serán más fácilmente comprendidos después del estudio de la respiración.

CONTRACCIONES DEL CORAZÓN. No vamos á examinar aquí la estructura anatómica del corazón, pero debemos indicar los principales datos numéricos relativos al trabajo que este órgano debe producir para asegurar el movimiento de circulación de la sangre, cuyas principales propiedades acabamos de indicar.

El corazón está dotado, bajo un pequeño volúmen (1), de una considerable fuerza de

(1) El peso del corazón aumenta bastante regularmente con la edad. Por término medio, en el hombre pesa 264 gramos de 15 á 30 años; 272 entre 30 y 50, 298 entre 50 y 70; y 312 más allá de esta edad. En general el peso del corazón representa $\frac{1}{240}$ del peso total de los grandes mamíferos terrestres.

contracción. A cada sacudimiento envía á todo el cuerpo un cierto volúmen de sangre, y vence la resistencia que ofrecen á la salida de este líquido los innumerables vasos que debe recorrer.

La onda sanguínea que recorre el sistema arterial produce un fenómeno de pulsación, fácil de observar sobre ciertos vasos, y conocido bajo el nombre de pulso.

El empleo de los aparatos, tan ingeniosos como sensibles, del doctor Marey, permite estudiar el número, las amplitudes, y ciertas particularidades de las fases de las sacudidas del corazón. Con ayuda de un instrumento del grueso de un reloj, que no molesta ni modifica en nada el estado del observador, se puede transmitir á un estilete los movimientos, y se dibujarán sobre un papel recubierto de negro de humo, todas las variaciones que las sacudidas del corazón impriman á la piel del pecho. Los mismos aparatos se aplican igualmente á los animales de servicio, y permiten reconocer fácilmente cómo los movimientos del corazón son modificados por las circunstancias exteriores, y recoger así un cuadro de notas preciosas para la práctica, que de otro modo sería imposible obtener. Aún se volverá más adelante á citar muchas veces los procedimientos de observación de M. Marey.

Los movimientos del corazón reobran sobre todos los fenómenos vitales, y son modificados á su vez por las condiciones en que se halla el sujeto observado. Con este motivo, debemos entrar en algunos detalles.

Después de un gran número de observaciones hechas sobre individuos en reposo y en ayunas, el número de sacudidas del corazón por minuto, varía con la edad de la manera siguiente en la especie humana:

	Sacudimientos por minuto	
	Hombres	Mujeres
2 á 7 años.....	97	98
7 á 14.....	84	94
14 á 21.....	76	82
21 á 28.....	73	80
28 á 35.....	70	78
35 á 42.....	68	78
42 á 49.....	70	77
49 á 56.....	67	76
56 á 63.....	68	77
63 á 70.....	70	78
70 á 77.....	67	81
77 á 84.....	71	82

Hay que tener presente que estas indicaciones son términos medios de los que se diferencian más ó menos las cifras individuales.

El número de sacudidas del corazón por minuto, cuando los animales están en reposo, es de 36 á 40 en el buey, de 50 próximamente en el asno, de 60 á 80 en el carnero, de 100 á 120 en el perro, de 150 en el conejo, y se eleva á 175 en los pequeños roedores.

El número medio de las sacudidas del corazón parece un poco más considerable en los países cálidos que en los climas fríos; pero las observaciones hechas con este objeto no son aún bastante numerosas para que merezcan ser reproducidas.

Las circunstancias más insignificantes en la apariencia, pueden modificar notablemente en un mismo individuo la frecuencia de las sacudidas del corazón. Siendo el término medio de las pulsaciones, por ejemplo, de 66 cuando se está acostado, se eleva á 71 cuando se está sentado, y á 81 cuando se está de pié y sin apoyo.

La actividad muscular, y la marcha en particular, aumentan la rapidez de las pulsaciones; así, el número de sacudidas, siendo 64 por minuto en un hombre acostado, se eleva á 78 cuando marcha lentamente, á 100 si anda 6 kilómetros por hora, y hasta 140 en una marcha rápida.

El número de pulsaciones aumenta habitualmente despues de cada comida, como cada cual lo puede comprobar.

La naturaleza de la alimentacion puede obrar á la larga sobre la frecuencia de las sacudidas del corazon. Una alimentacion* exclusivamente vegetal parece retardarla en el hombre con el tiempo.

Tales son las indicaciones principales necesarias, en cuanto al número de sacudidas del corazon. Conviene estudiar ahora los efectos producidos sobre la sangre por las contracciones sucesivas del corazon.

VELOCIDAD DE SALIDA DE LA SANGRE. Cada contraccion de los ventrículos disminuye su capacidad, y expulsa por consiguiente un cierto volúmen de sangre. La velocidad de salida de este líquido disminuye en el sistema arterial, á medida que se aleja del corazon. Varía en todo el sistema capilar, entre límites muy cortos. Aumenta, en fin, en el sistema venoso, á medida que se aleja de los capilares. La velocidad de la sangre en la aorta de un perro se ha hallado, por ejemplo, de 400 milímetros próximamente por segundo, de 160 en la crural, y se reduce á 56 en las arterias del metatarso. En los capilares de la retina del hombre, donde se pueden ver con bastante facilidad los glóbulos sanguíneos, la velocidad es de $\frac{3}{4}$ de milímetro por 1" (un segundo de tiempo), y en la cola del renacuajo donde la circulacion de la sangre se observa fácilmente por transparencia, al microscopio, no llega cuasi á $\frac{1}{2}$ milímetro por 1".

DURACION DE UN MOVIMIENTO CIRCULATORIO COMPLETO. La duracion de un movimiento circulatorio completo, es decir, el tiempo que media entre la salida de una molécula de sangre del ventrículo y su vuelta al mismo ventrículo, es de 29" á 32" en el caballo, de 15" á 17" en el perro, de 13" próximamente en la cabra, y de 7" en el conejo. El tiempo necesario para la entera ejecucion de un movimiento circulatorio completo en estos animales, es, pues, igual á 26 ó 28 veces la duracion de una sacudida del corazon. Segun esto, se supone por analogía que en el hombre (sobre el que los experimentos directos de este género son imposibles), la duracion de la circulacion total es próximamente de 23".

Experimentos de un órden diferente han permitido, por otra parte, evaluar la cantidad de sangre arrojada del ventrículo izquierdo á cada sacudida, y han mostrado que el peso de esta sangre es poco más ó menos igual á 0,00283 de su peso para todos los animales de que vamos á ocuparnos. Esta cifra parece un poco grande, pero se adopta así á falta de un coeficiente más exacto.

Este dato, unido al precedente, permite calcular el peso total de la sangre de un animal; basta multiplicar el peso de la sangre lanzada en una sacudida por el número de sacudidas que se producen durante todo el tiempo de una circulacion completa. Este número de sacudidas es igual al cociente de la division del tiempo de la circulacion total por la duracion de una sacudida. La aplicacion de estos cálculos tan sencillos indica que el peso total de la sangre está comprendido entre 0,0777 y 0,0833 del peso total del animal. La diferencia entre el peso total así evaluado y el peso dado por la sangría (de que ya ántes se ha hablado), permite apreciar aproximadamente el peso de la sangre que ha quedado en el cuerpo de los animales en la carnicería.

PESO DE SANGRE QUE ATRAVIESA LOS ÓRGANOS. Las cifras precedentes permiten aún evaluar el peso de la sangre que recibe en cada minuto de su existencia cada kilogramo del organismo viviente; se halla, haciendo estos cálculos por medio de las cifras observadas, por término medio, que la cantidad de sangre recibida en cada minuto por kilogramo de las partes vivientes, es próximamente 200 gramos para el hombre, 150 para el caballo, 115 para el buey, 310 para la cabra, etc.

Conociendo el peso total de la sangre, basta multiplicarle por el número de segundos que tienen 24 horas, y dividir el producto por la duracion de la circulacion total, para tener el peso de sangre que atraviesa el corazon en 24 horas. Este peso es igual á 200 ó 300 veces el del animal mismo, ó sea de 12 á 18,000 kilogramos para el hombre, por ejemplo.

Se concibe, pues, que cada órgano es atravesado por un peso de sangre muy considerable con relacion al suyo, y que acciones muy débiles puestas en juego en cada unidad de tiempo, pueden traducirse al fin de la jornada por la formacion de cantidades notables de productos nuevos.

Estas cifras no bastan para pretender una precision absoluta; varian con la constitucion de los individuos y con las circunstancias en que se hallan; pero estos cálculos ofrecen leyes aproximadas de fácil aplicacion, y que representan bastante exactamente las observaciones hechas en condiciones normales.

Sería, pues, del todo inexacto el aplicar los datos que preceden fuera de las condiciones en que se las ha determinado. Se engañaría mucho, admitiendo, por ejemplo, que la masa de la sangre lanzada por cada sacudida del corazon es una cantidad constante, y que el volúmen de sangre que atraviesa los órganos en un tiempo dado, es rigurosamente proporcional al número de pulsaciones durante el mismo tiempo. La experiencia demuestra, al contrario, que el volúmen de sangre lanzada por una contraccion disminuye en el mismo animal, cuando los sacudimientos son más rápidos. Así, en un caballo se ha visto el volúmen lanzado á cada sacudida reducirse en la relacion de 29 á 13 cuando el número de sacudidas pasa, por efecto de una carrera, de 36 á 100 por minuto.

RESPIRACION. Despues de haber indicado las principales propiedades de la sangre y los fenómenos más esenciales de la circulacion, debemos estudiar ahora la respiracion, que da á la sangre el oxígeno necesario para la produccion del calor y para la extraccio del ácido carbónico formado en el organismo.

El volúmen de aire que puede ser expulsado por una expiracion tan completa como sea posible, sucediendo á una aspiracion igualmente completa, es lo que se llama la capacidad aspiratoria extrema. El volúmen así definido es superior al volúmen de gas aspirado ó expirado en la respiracion normal, pero es inferior al volúmen total de gas que el pulmon puede contener, porque este órgano, despues de la expiracion más fuerte, contiene aún un cierto volúmen de gas. Se debe, pues, distinguir la capacidad total de los pulmones, la capacidad respiratoria extrema y la capacidad aspiratoria ordinaria.

CAPACIDAD TOTAL DE LOS PULMONES. • El volúmen de gas que queda en el pulmon despues de una expiracion extrema está evaluada en el hombre en uno ó dos litros (1). Pero estas

(1) En todo el curso de esta obra usaremos el sistema métrico-decimal, por ser el más sencillo y el más exacto. Recordaremos para las personas que no estén prácticas en su uso, las siguientes relaciones con el sistema ordinario de pesos y medidas en España, pues suponemos que ninguno de

medidas, tomada sobre el cadáver, dejan mucha incertidumbre. Se obtendrán, al contrario, datos precisos multiplicando las observaciones hechas según el método de M. Grehant, que consiste en analizar el aire expelido de los pulmones después de haber aspirado un volumen conocido de un gas sin acción sobre el organismo.

CAPACIDAD RESPIRATORIA EXTREMA. La capacidad respiratoria extrema es bastante fácil de obtener; basta medir el volumen de aire que puede entrar en los pulmones por una aspiración extrema, sucediendo á una expiración extrema. Esta medida puede obtenerse, sea con ayuda de un pequeño gasómetro muy móvil y graduado, sea por medio de un contador de gas muy sensible, ó de otro instrumento propio para medir gases. Esta capacidad está comprendida en el hombre entre 2 litros y $4 \frac{1}{2}$: varía con la estatura, edad y constitución de cada individuo.

Según el término medio de observaciones hechas en Inglaterra sobre 2.000 personas, se ha hallado que entre la estatura de 1^m,55 y la de 1^m,800, la capacidad respiratoria extrema aumenta casi en 52 centímetros cúbicos por centímetro de aumento en la talla.

Otros observadores han tratado de evaluar la capacidad respiratoria extrema en función de la estatura total, de la longitud del tronco y de la circunferencia del tórax; pero estos cálculos no están basados sobre un número bastante grande de observaciones, y la regla que precede es suficiente para las aplicaciones ordinarias. Estas cifras, además, no representan más que términos medios generales, que varían con las condiciones del experimento, con la elasticidad y movilidad del tórax.

La posición en que se hace el experimento puede por sí sola modificar notablemente el resultado. Así la capacidad respiratoria extrema, siendo de 4^{lit.},260 en un hombre de pie, se reduce sucesivamente á 4^{lit.},179, 3^{lit.},769, 3^{lit.},605 en el mismo hombre, según que estuviera sentado, echado sobre la espalda ó sobre el vientre. La obesidad disminuye la capacidad respiratoria extrema. En los hombres de estatura media cada kilogramo de aumento de peso, más allá de 75 kilogramos, parece reducir en 60 centímetros cúbicos próximamente la capacidad respiratoria extrema.

A igualdad de estatura, la capacidad respiratoria extrema en la mujer es los dos tercios de la del hombre.

La edad, en fin, modifica mucho la capacidad respiratoria extrema. Aumenta hasta la edad de 40 años, para disminuir en seguida bastante rápidamente. Discutiendo, bajo este

nuestros lectores ignora los fundamentos y relaciones mútuas de las medidas y pesos decimales entre sí, ó de las ordinarias entre sí.

Un pié	equivale á	2,78636 decímetros.
Una vara	" "	0,83591 metros.
Una legua	" "	5,57272 kilómetros.
Un pié cuadrado	" "	7,76375 decímetros cuadrados.
Una fanega	" "	0,64396 hectáreas.
Una legua cuadrada	" "	31,05520 kilómetros cuadrados.
Un pié cúbico	" "	21,63251 decímetros cúbicos.
Un cuartillo	" "	0,50416 litros.
Un celemin	" "	4,62508 litros.
Una arroba	" "	11,50232 kilogramos.

En términos más sencillos, pero menos exactos; el pié valé poco menos de tres decímetros; la el-gua cosa de cinco y medio kilómetros; la fanega algo más de media hectárea; el cuartillo medio litro, y la arroba once y medio kilogramos.

punto de vista, las numerosas observaciones de M. Hutchinson, se obtienen los resultados medios siguientes:

Edad	Capacidad respiratoria extrema
15 á 25 años	3,695 litros
25 á 30 "	3,638 "
35 á 40 "	3,736 "
40 á 45 "	3,474 "
45 á 50 "	3,294 "
50 á 55 "	3,228 "
55 á 60 "	2,983 "

Estos términos medios se aplican á hombres que viven activamente y al aire libre. La vida sedentaria parece disminuirlos de 3 á 4 por 100.

CAPACIDAD RESPIRATORIA ORDINARIA. La medida de la capacidad respiratoria ordinaria presenta grandes dificultades, y no se han hecho sobre ella experimentos bastante numerosos ni bastantemente prolongados para tener resultados ciertos. Varía dentro de límites muy extensos, de 150 centímetros cúbicos por respiración hasta 700. Pero estas cifras extremas no se encuentran sino rara vez.

En los hombres de buena salud y fuerza ordinaria, parece comprendida entre 300 y 500, en cuanto se puede juzgar por el pequeño número de cifras de que se dispone.

El volumen de la respiración media parece estar comprendido entre 10 y 21 por 100 de la capacidad respiratoria extrema, y variar también con la talla, según una ley análoga á la que se aplica á la capacidad respiratoria extrema.

La capacidad respiratoria ordinaria aumenta rápidamente con la edad, mientras que la extrema disminuye sensiblemente, como se acaba de ver. La diferencia entre estas dos cantidades, que se llama reserva respiratoria, disminuye, pues, rápidamente á tal punto, que no llegará acaso en un viejo de 80 años sino á la décima parte de lo que es en un joven de 20 años. El volumen de aire aspirado en una aspiración ordinaria por un viejo, se aproxima, pues, al volumen máximo que puede tomar en una aspiración extrema. Cuando un trabajo muscular más considerable, ú otra circunstancia, hace necesario en él un aumento de volumen de aire respirado, llega rápidamente á la respiración extrema, y la fatiga se manifiesta al cabo de algunos instantes.

NÚMERO DE ASPIRACIONES. El número de respiraciones en un adulto fuerte, en reposo, varía de 16 á 24 por minuto en general, pero puede en algunos individuos descender á 6, y en otros, no menos raros, elevarse á 40. Las observaciones siguientes hechas en Inglaterra por Hutchinson merecen ser reproducidas: