

Es difícil comprender cómo la acción de un nervio puede ser moderadora, pues es carácter propio de la corriente nerviosa el llevar la excitación á todas partes. Sin embargo, en la teoría de la *suspension* se explica esta paradoja. Según esta teoría, la corriente del pneumogástrico no se dirige á las fibras musculares del centro circulatorio, sino á los ramos motores del gran simpático, á beneficio de los ganglios que al nivel del plexo cardiaco obligan á estos nervios á entrar en relación. Y así como en la luz, en el calor y en el sonido, cuando las ondas vienen á encontrarse en determinadas condiciones, el efecto perceptible es nulo, así también en las corrientes nerviosas del simpático deben producirse parálisis completas cuando entren en acción otras corrientes de los nervios cerebro-espinales. La *interferencia nerviosa* ideada por Claudio Bernard explica esta acción del pneumogástrico y las acciones vaso-dilatadoras en general.

El *nervio depresor* de Cyon y Ludwig, es el segundo de los agentes moderadores que debemos estudiar. El nervio depresor, conocido generalmente con el nombre de *nervio de Cyon*, es un ramo del pneumogástrico; cuando después de cortado se excita su extremidad central, el animal siente *dolor* é inmediatamente, en virtud de una corriente refleja, determina por parálisis vaso-motriz una dilatación vascular, sobre todo en las arterias mesentéricas; de esta dilatación se sigue naturalmente una disminución en la presión sanguínea; de esta disminución una moderación notable en las contracciones cardiacas. El corazón puede disminuir la energía y el número de sus contracciones, porque estando los vasos dilatados, circula la sangre con mucha mayor facilidad.

El tercer elemento enfrenador está constituido por el *ganglio de Ludwig*: este ganglio, dependiente probablemente del pneumogástrico, está dotado de una acción moderadora muy notable. Ligando el corazón sobre el seno

de la aurícula derecha y cortándolo en dos partes desiguales de manera que en la una se encuentren los ganglios de Bidder y Ludwig y en la otra el ganglio de Remak, se nota que esta última late todavía, cuando la primera ha cesado de latir; si en esta parte completamente paralizada practicamos un corte que separe las aurículas del ventrículo, veremos que este último se pone á latir perfectamente, cuando aquellas han quedado inmóviles; de manera que el ganglio de Ludwig, paraliza el ganglio de Bidder ó el de Remak, por ser más potente su energía, que el de cada uno de éstos separados: pero cuando el corazón está íntegro, la acción paralizadora del ganglio de Ludwig, no puede vencer las fuerzas reunidas de los ganglios referidos.

Segun resulta de los experimentos de Schmiedeberg, Koppe y Prevost, hay un veneno particular que obra excitando enérgicamente el ganglio de Ludwig, suspendiéndose de esta manera los movimientos del corazón, aun cuando este órgano se haya extraído del cuerpo. Este veneno, es la *muscarina*, principio activo de la *amanita muscaria*. Bajo la influencia de la muscarina, á la pequeña dosis de un 0'0001 de gramo, el corazón de la rana se paraliza en estado de diástole por espacio de media hora, y en el hombre las pulsaciones se aceleran al principio y se paralizan despues.

Esta opinion, adoptada por la mayoría de los fisiólogos modernos, dista mucho, sin embargo, de poder ser aceptada sin reserva.

Segun F. Högyes y Klug (Archv. f. Anat. und physiol, 1882) la muscarina detiene los latidos del corazón, porque empieza por disminuir la actividad de sus *centros nerviosos automáticos* y acaba por abolirla.

Sydney Binger (The practitioner 1881) ha hecho experimentos sumergiendo porciones de corazón de rana en soluciones salinas, y ha notado que el extracto de muscari-

na *paraliza el ventrículo*, cuando está *separado de las aurículas*; y como aquí no hay ganglios enfrenadores, es preciso admitir que la muscarina, ó paraliza los ganglios motores, ó la fibra muscular, ó ambos elementos, el muscular y el nervioso á la vez.

Langendorf (Arch. f. Anat. und Physiol. 1881) sostiene que la muscarina, independientemente de su efecto paralizador sobre el corazon, produce otro análogo en la funcion respiratoria, influyendo directamente en el aparato enfrenador de la respiracion, que se encuentra en el bulbo encefálico. Dastre, en un interesantísimo trabajo presentado á la Academia de Ciencias de Paris en 10 de Julio de 1882, se ocupa en el estudio de la *actividad del corazon*, y opina que esta actividad está sujeta á la influencia de dos leyes; una que llama *ley de la variacion periódica de la excitabilidad* y otra *ley de la uniformidad del ritmo*.

Con arreglo á la primera, cuando el órgano se halla en *contraccion*, es completamente refractario á todas las excitaciones que se le dirijan: al contrario, en el período de *relajacion*, toda excitacion provoca un nuevo latido, y este latido, se intercala en la serie de los latidos rítmicos.

Con arreglo á la segunda, toda nueva contraccion artificialmente provocada, da lugar á un reposo compensador que recompone el ritmo, momentáneamente descompuesto.

Para el estudio de la primera ley, ha tomado Dastre la punta del ventrículo, es decir, una parte desprovista de elementos nerviosos, y por medio de corrientes de induccion interrumpidas con frecuencia, ha determinado en esta punta, puramente muscular, los latidos regularmente rítmicos. Y si, cuando el corazon estaba latiendo, le dirigía una descarga suplementaria, observaba que no respondía á esta excitacion durante el sístole, siendo al contrario excitable durante el diástole. De ahí ha deducido este autor, que la ley de la variacion periódica de la excitabilidad depende exclusivamente de una pro-

riedad puramente muscular, sin que el sistema nervioso tenga intervencion de ningun género. Si esto quedara demostrado, explicaría el que la excitabilidad del músculo cardiaco, por las presiones alternativas que se producen en la superficie del endocardio, bastase por sí sola para sostener los latidos del órgano central de la funcion circulatoria.

La segunda ley, por el contrario, demostraría la influencia de los elementos nerviosos que el corazon contiene. Para averiguar este importante punto, Dastre ha experimentado sobre la punta ventricular y sobre el corazon entero, habiendo visto que cuando se excita esta punta, no se presenta el reposo compensador ; y que, al contrario, este reposo aparece cuando se experimenta en el corazon intacto ; lo que parece demostrar que el aparato nervioso intracardiaco, rige la regularidad del trabajo del corazon.

Tampoco sabemos nada de positivo con respecto al modo especial de inervacion de las arterias y de las venas : estos vasos reciben filetes nerviosos del gran simpático en unos puntos, y en otros, de los que proceden de la médula espinal, debiéndose á la influencia nerviosa que transmiten, la contraccion de la fibra muscular de las paredes arteriales. Si se corta alguno de estos nervios, que podríamos llamar *vaso-motores*, las arterias en que se distribuyen se ensanchan y la sangre afluye en mayor cantidad, aumentando la rubicundez y la temperatura de los tejidos, y, al contrario, si los nervios *vaso-motores* se excitan, ó si, despues de cortados, se excita su extremidad periférica, es decir, la que no comunica con los centros nerviosos, las arterias se contraen estrechando su calibre y haciendo más difícil el acceso de la sangre, hasta producir la palidez y el enfriamiento de los órganos.

Á esta influencia nerviosa se debe sin duda la mayor parte de los fenómenos en que interviene la contraccion ó la dilatacion de las arteriolas, modificando localmente el

curso de la sangre. La supresion brusca del flujo menstrual que tiene lugar algunas veces á consecuencia de una bebida fria, depende probablemente de que la excitacion provocada en el estómago se transmite, por accion refleja, á los nervios vaso-motores y de que los pequeños vasos sanguíneos se contraen haciendo más difícil el paso de la sangre. Por la misma razon puede el hielo, aplicado al exterior, contener algunas hemorragias internas, y probablemente proceden de causas análogas, pero obrando en sentido inverso, los aflujos sanguíneos locales que se manifiestan en las mamas durante el período de la lactancia, en las glándulas salivales y en la mucosa del estómago durante la digestion, y hasta la rubicundez de las mejillas á consecuencia de emociones morales ligeras, mientras que sobreviene una palidez casi instantánea, cuando por ser la emocion más viva ó el sujeto más impresionable, se extiende la excitacion hasta los nervios vaso-motores, y hacen que la sangre afluya á los capilares con mayor dificultad.

Todos estos fenómenos son fáciles de comprender, porque la corriente nerviosa, al apagarse en las fibras lisas de los vasos las excita, y la única manera de responder que tiene el músculo á las excitaciones recibidas, es la *contraccion*. Ahora bien ; como estas fibras están dispuestas circularmente en la túnica media de las arterias, resulta, que, contrayéndose, estrechan el *cilindro* arterial ; reducido el cilindro en su diámetro, recibe menor cantidad de sangre ; los capilares la reciben en proporcion menor tambien, y las partes, por estos vasos irrigadas, ofrecen una *anemia* perceptible.

Al suprimir la corriente nerviosa por la seccion del nervio vaso-motor, los elementos musculares de los vasos pierden su excitante fisiológico, no entran, por lo mismo, en contraccion, y la presion sanguínea, que ya no está contrarrestada, dilata los vasos produciendo una *hiperhemia*.

Al contrario, dirigiendo una corriente eléctrica al extremo periférico del nervio cortado, las fibras musculares lisas entran en contraccion, y la arteria, cuyo calibre queda muy reducido, contiene menor cantidad de sangre de la que contenía anteriormente y los tejidos pierden su color.

Pero ¿ en qué consiste que la excitacion de los nervios vaso-motores produce en unos casos la dilatacion de los vasos y el aflujo de sangre á los tejidos, y como consecuencia, la rubicundez, la turgescencia, la hiperhemia y el aumento de secrecion glandular, mientras que en otros disminuye el calibre de los vasos, hace más difícil el acceso de la sangre, ocasiona la palidez y el enfriamiento de los tejidos y produce al fin un anemia activa? La teoría del peristaltismo de las arterias tiene por objeto explicar estos fenómenos. Segun ella, existe en las arterias un movimiento vermicular ó peristáltico, perceptible por la observacion directa, que se dirige desde los troncos principales á los pequeños. Ahora bien ; la excitacion enérgica de los nervios vaso-motores, en una region determinada, da lugar á una contraccion vascular violenta, permanente y semi-tetánica que ocasiona la anemia y el enfriamiento, mientras que las excitaciones más moderadas de los nervios de la misma region producen contracciones débiles ó clónicas que determinan el peristaltismo, y, como consecuencia inmediata, el aflujo de sangre y la hiperhemia.

Esta teoría, imaginada por Legros y adoptada por un gran número de fisiólogos, ha sido duramente censurada á consecuencia de los trabajos de Vulpian.

Niega este autor la existencia de los movimientos peristálticos, combate esta teoría, y propone sustituirla con la de la interferencia nerviosa, á la que atribuye el que los nervios puedan ser ó constrictores ó dilatadores de los vasos ; lo cual, aun siendo cierto, no explicaría la causa de que un mismo nervio sea *constrictor* si se le excita enér-

gicamente, y sea *dilatador*, si la excitacion á que se le sujeta es más moderada.

Al hablar de la inervacion del corazon, ya hemos dicho en qué se fundaba la teoría de la interferencia nerviosa. Aquí únicamente trataremos de ella en lo que se refiere á los nervios vaso-dilatadores.

Estos nervios, segun Claudio Bernard, no obran sobre los elementos musculares de los vasos, sino sobre los nervios vaso-constrictores, produciendo en ellos una suspension de actividad. Segun Vulpian, los *vaso-dilatadores* obran sobre los *vaso-constrictores* dirigiéndose á los ganglios y á las células nerviosas que se encuentran en el trayecto de estos últimos : dichos ganglios, cuya actividad se debe al centro cerebro-medular, suspenden su actividad cuando reciben las corrientes de los vaso-dilatadores, y los vasos, careciendo de la normal excitacion, se paralizan y dilatan. Aunque esta doctrina es hoy la más generalmente admitida, hay autores que comprenden los hechos de una manera muy distinta. Brown-Séquard ha emitido la teoría de la *dilatacion secundaria*, segun la cual, la excitacion de los nervios, en lugar de obrar sobre los vasos, se dirige á los órganos cercanos determinando en ellos una actividad nutritiva exagerada : esta actividad desenvuelve una especie de *atraccion* que contribuye á que los vasos se dilaten para poder llevar más sangre. Y así como la progresion de esta sangre en el aparato circulatorio se verifica por una *fuerza de empuje (vis à tergo)*, que desde el ventrículo izquierdo se continúa hasta la aurícula derecha, así el acúmulo de líquido sanguíneo en los órganos sujetos á una actividad nutritiva muy graduada se verificaría por una fuerza de *arrastre (vis à fronte)*.

Hasta ahora se creía que los nervios vaso-dilatadores procedían únicamente del sistema cerebro-espinal, como la cuerda del tímpano para la lengua, el glosio-faríngeo para la base de este órgano, los nervios erectores para el tejido

cavernoso, las ramas terminales del pneumo-gástrico para los vasos renales, el nervio auricular dilatador para la oreja del conejo, etc., pero Dastre y Morat, — *Bulletin scientifique du département du Nord*, 1880, — sostienen que el gran simpático, además de nervios vaso-constrictores, contiene también nervios vaso-dilatadores.

El órgano central de los nervios vaso-motores parece ser la médula oblongada, cuya irritación produce la disminución del calibre de las arteriolas, lo que da lugar al aumento de tensión de la sangre en las arterias y en el corazón.

Sin embargo, es muy difícil en la actualidad fijar positivamente el sitio en que radica este centro.

Según Dittmar, el centro vaso-motor se halla situado en el hacecillo intermediario del bulbo; de los trabajos de Schiff, Ludwig y Thiry, parece desprenderse que *los centros vaso-motores se encuentran en los pedúnculos cerebrales y en la protuberancia anular*; de los últimos experimentos de Julius Budge podría deducirse que los centros vaso-motores se hallan principalmente en la médula espinal; Owsjannikoff cree que el centro vaso-motor se halla en las partes superiores de la médula oblongada, precisamente debajo de los tubérculos cuadrigéminos; Goltz, Schlesinger y Vulpian opinan que, aun admitiendo la existencia de un centro principal en el bulbo raquídeo, en toda la extensión de la médula se encuentran diseminados varios centros vaso-motores; y hasta hay fisiólogos que admiten estos centros en la misma corteza del encéfalo. Vulpian opina que el gran simpático es un verdadero manantial de actos reflejos, creyendo que los ganglios colocados en el trayecto de los nervios vaso-constrictores obran como verdaderos centros reflejos en la inmensa mayoría de las acciones vaso-dilatadoras: todos estos fenómenos reflejos tendrían cierta independencia relativamente al sistema cerebro-medular.

Desde los centros vaso-motores, en el caso probable de que haya más de uno, parten filetes centrífugos que siguen unidos á la médula espinal, especialmente á los cordones antero-laterales, para pasar despues á las arterias por mediacion del gran simpático.

El órgano central vaso-motor es preciso que se halle en un estado de excitacion constante para que los nervios vaso-motores no se paralizen en su accion. La circunstancia de que el envenenamiento por medio del ácido carbónico vá siempre acompañado de la contraccion de los pequeños vasos arteriales, y, subsiguientemente, del aumento de tension de la sangre en las arterias y en el corazon, lo mismo que si se hubiera irritado de una manera directa la médula oblongada, induce á creer que, en el estado fisiológico, la excitacion graduada que este órgano necesita es promovida por la corta cantidad de ácido carbónico que circula con la sangre. La influencia del centro vaso-motor queda destruida cortando la médula espinal en la region cervical, y notablemente debilitada, segun las observaciones de M. Qoll, irritando el pneumo-gástrico. Segun Loven, la influencia del centro vaso-motor, en una region arterial determinada, se destruye casi por completo irritando los nervios sensitivos, que se distribuyen en la misma region.

SECCION CUARTA.

RESPIRACION.

CAPÍTULO I.

Opinion acerca de la naturaleza de los fenómenos respiratorios.

§ 97.

La respiracion es una funcion en virtud de la cual el sér viviente absorbe el oxígeno de la atmósfera en que habita.

No hay sér ninguno, animal ni vegetal, que deje de presentar la funcion respiratoria: no hay sér viviente alguno cuya nutricion y de consiguiente cuya vida, sea posible sin la absorcion del oxígeno. No hay, pues, sér ninguno conocido que no presente un procedimiento fisiológico cualquiera, para que el oxígeno pueda penetrar en su interior. Considerada esta cuestion bajo el punto de vista de la Fisiología humana, diremos que la respiracion es una funcion en virtud de la cual el aire entra y sale de los pulmones, y la sangre venosa se transforma en arterial.

Antiguamente se creía que la respiracion no tenía más objeto que refrigerar la sangre, y, partiendo de esta idea equivocada, se suponía que los animales terrestres superiores respiraban aire; que los peces, los moluscos y los crustáceos respiraban agua, y que los insectos no respiraban nada, porque el aire exterior que les rodeaba hacia inútil toda otra clase de refrigeracion.

Cuando se descubrió el ácido carbónico y se vió que este gas no satisfacía por sí solo las necesidades de la respiracion, aunque se respirara frio, se conoció que el aire respirado servía para algun otro objeto distinto del de refrigerar la sangre.

Cuando por medio de la máquina pneumática se demostró que los insectos se asfixiaban en el vacío, y que recuperaban otra vez el movimiento si se permitía entrar en la campana el aire que de la misma se había extraído, quedó probado que tambien necesitan respirar el aire atmosférico; y cuando se vió que los peces morían en el agua despojada de su aire por la ebullicion, se conoció que no es este líquido lo que respiraban, sino el aire que contiene en disolucion.

No bastaba adquirir el convencimiento de que el aire era indispensable á la vida de todòs los animales y de que el objeto de la respiracion no era el de refrigerar la sangre: se necesitaba averiguar de qué manera el aire contribuía al sostenimiento de la vida y por qué sobrevénia la muerte cuando cesaba la respiracion.

El primer fenómeno que llamó la atencion de los fisiólogos, y que fue ya anunciado por Van-Helmont, es el de que el aire respirado deja de ser respirable, despues de algun tiempo, si no se renueva. El mismo Van-Helmont indicó que, al quemarse el carbon y al fermentar el vino, se produce un flúido aeriforme—gas silvestre—que apaga la llama y asfixia á los animales que lo respiran.

Black aseguraba en 1757 que el aire espirado contenía un gas impropio para la respiracion, y muy parecido ó igual al que se produce en la fermentacion vinosa ó en la combustion del carbon.

Estas observaciones dieron á conocer, aunque con diferente nombre, la existencia del ácido carbónico; Priestley en 1771 descubrió que el aire cargado de este gas favorecía la vegetacion de las plantas y se purificaba y se hacía nuevamente respirable bajo la influencia de esta ve-

getacion, demostrando al mismo tiempo en la atmósfera la existencia del aire deflojisticado ú oxígeno, y la del aire cargado de flojisto ó ázoe. Y si á esto se añade que Fracassati y Lower habían observado á mediados del siglo XVII, que la sangre venosa no se convertía en roja ó arterial en el corazon, como se creía entonces, sino en los pulmones, y que la misma sangre venosa adquiría el color rojo al ponerse en contacto con la atmósfera, preciso es confesar que se hallaban ya reunidos la mayor parte de los datos indispensables para formarse una idea exacta de los fenómenos de la respiracion. Por desgracia, las ideas de Stahl acerca de su pretendido flojisto dominaban entonces en la ciencia, y de acuerdo con ellas se creía que en el acto de la respiracion la sangre cedía su flojisto á la atmósfera, produciéndose de este modo el aire flojisticado ó ázoe, que á su vez era deflojisticado ó privado de su flojisto por las plantas, con cuyo mecanismo se purificaba y se hacía apto otra vez para satisfacer las necesidades de la respiracion.

A Lavoisier corresponde la gloria de haber disipado esos errores planteando las verdaderas bases de la teoría fisiológica de la respiracion.

Con arreglo á estas bases, el aire inspirado cede al organismo parte del oxígeno que contiene, y este oxígeno se combina con el carbono y con el hidrógeno de la sangre para ser devuelto á la atmósfera en forma de ácido carbónico y de vapor de agua, transformándose al mismo tiempo en arterial la sangre venosa que atraviesa los pulmones. En lo que Lavoisier se equivocó fue en fijar en el pulmon el sitio de estas combinaciones, porque, como ha demostrado la experiencia, y como veremos al hablar de la calorificacion, la combustion del carbono, lo mismo que la del hidrógeno y que las demas combustiones fisiológicas, no sólo tienen lugar en los pulmones, sino en todas las partes del organismo por donde circula la sangre.

La respiracion consiste, pues, de una manera esencial, en la accion que el aire atmosférico ejerce sobre la sangre, en virtud de la cual se hace apta para nutrir y vivificar todos los tejidos ; y para que esta accion pueda ejercerse con mayor facilidad, la naturaleza ha dotado á los animales de órganos á propósito — pulmones, branquias, — acomodados á las circunstancias en que se encuentran.

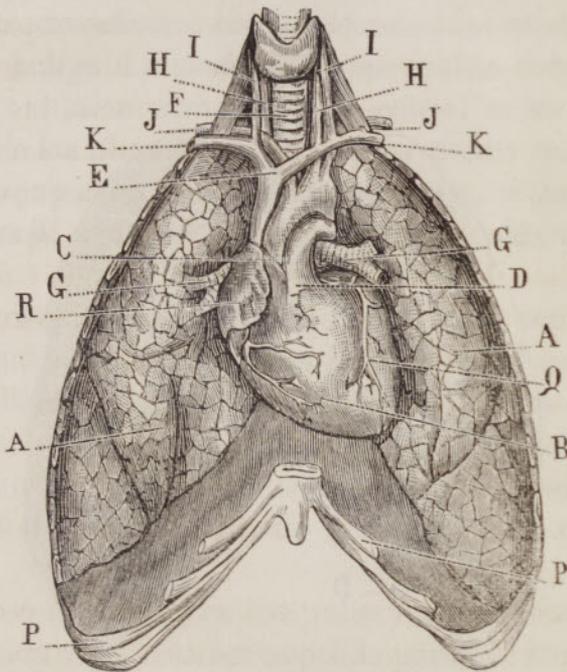


FIG. 76. — Los pulmones y el corazon. — A, pulmones cuyos bordes anteriores están separados para que puedan verse el corazon y los bronquios ; B, corazon ; C, aorta ; D, arteria pulmonar ; E, vena cava superior ; F, traquearteria ; GG, bronquios ; HH, arterias carótidas ; II, venas yugulares ; JJ, arterias subclavias ; KK, venas subclavias ; PP, cartilagos costales ; Q, arteria cardiaca anterior ; R, auricula derecha.

El aparato respiratorio del hombre está principalmente constituido por los pulmones, y formados éstos de gran número de bronquios ó conductos, tapizados de una membrana mucosa, extraordinariamente fina, en cuyo espesor se distribuyen vasos capilares sanguíneos que, en las últimas ramificaciones de los bronquios, ó sea en las vesículas pulmonares, sólo están separados del aire atmosférico

que penetra en los mismos por una simple capa de epitelio pavimentoso. Todo se halla en estos órganos admirablemente reunido para que, á través de sus delicadísimas capas de epitelio, puedan efectuarse fácilmente los cambios que se verifican entre el aire atmosférico y la sangre. Sin embargo, estos cambios se efectúan también, aunque con menos facilidad, á través de la piel, dando lugar á lo que se conoce con el nombre de respiración cutánea.

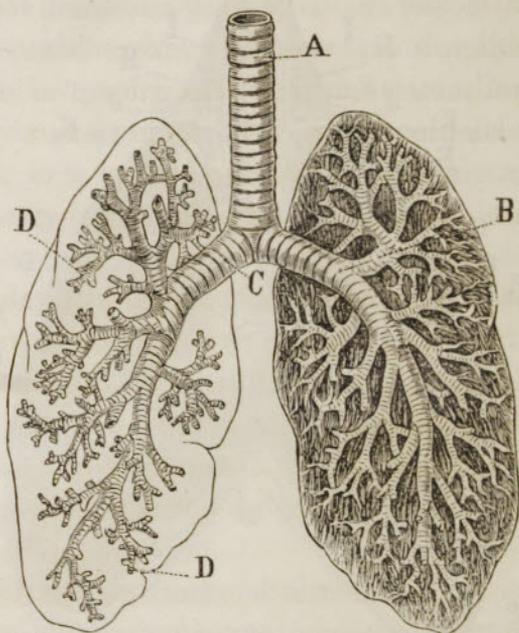


FIG. 77. — Corte que demuestra las ramificaciones de los bronquios en los pulmones. — A, traquearteria; B y C, bronquios; DD, ramúsculos bronquiales.

Los capilares sanguíneos son numerosísimos y de diámetro tan pequeño que apenas basta para permitir el paso á un solo glóbulo sanguíneo. En su distribución forman una red tan apretada, que ocupan las tres cuartas partes de la superficie de las vesículas. La superficie total de estos vasos se calcula en ciento cincuenta metros cuadrados representando un volumen de sangre igual á dos litros poco más ó menos. Y como se cree que en el espacio de veinticuatro horas pasan más de veinte mil litros de san-

gre por el pulmon, es facil apreciar no sólo la importancia de los cambios que en esta víscera se establecen entre la atmósfera y la sangre, sino el gran número de veces que ésta se renueva.

Cubiertos los pulmones por las pleuras, éstas forman parte en cierto modo de las paredes torácicas, pues si bien sus dos hojillas pueden deslizarse, la una sobre la otra, por sus cubiertas de endotelio, no pueden separarse, porque la presion atmosférica, comprimiendo los alvéolos del pulmon, las obliga á á permanecer en mutuo é íntimo contacto. El pulmon sigue por esta causa, todos los movimientos de las pleuras; y como éstas tienen que acompañar á la caja torácica en sus movimientos, el pulmon tiene forzosamente que moverse cuando las paredes torácicas se mueven.

El aparato respiratorio, en su conjunto, representa un cono cuya base corresponde á la superficie vesicular y el vértice á la abertura de las fosas nasales: esta disposicion indica que la corriente del aire, lo mismo á la entrada que á la salida, debe ser mas rápida en los puntos del cono más estrechos, y más lenta en las porciones mas próximas á su base.

El aire que penetra en los pulmones, cambia pronto de composicion y necesita ser expelido para que le reemplacen nuevas cantidades de aire puro. Al movimiento en virtud del cual el aire penetra en los pulmones, se le llama *inspiracion*, y al que tiene lugar para que salga al exterior *espiracion*. Los movimientos de inspiracion y espiracion son fenómenos puramente mecánicos. Los cambios ó modificaciones que la sangre experimenta á consecuencia de la respiracion, son fenómenos químicos; y tanto los fenómenos mecánicos como los químicos están subordinados á la influencia nerviosa. Preciso es, pues, examinar cada uno de estos fenómenos separadamente.

CAPÍTULO II.

Fenómenos mecánicos de la respiracion.

§ 96.

Inspiracion.—La inspiracion depende de dos causas principales: la presion atmosférica y la contraccion muscular en virtud de la cual se dilata la cavidad torácica.

La presion atmosférica que comprime la superficie exterior del pecho, está equilibrada con la presion que ejerce en la parte interna del pulmon la columna de aire que se halla en el conducto respiratorio desde la boca hasta los bronquios y vesículas. En tal estado, una sensacion imperiosa, á la que sólo podemos resistir por algun tiempo, nos advierte la necesidad de respirar, y puestos en juego los músculos que dilatan el tórax, el pulmon, siguiendo fatalmente los movimientos de esta cavidad, aumenta de volumen: esta ampliacion del pulmon, origina la dilatacion del aire que contiene y como *la presion de un gas está en razon inversa del volumen que ocupa*, ley de Mariotte, la presion de este aire disminuye y siendo mayor la de la atmósfera que nos rodea, el aire exterior penetra por la laringe y tráquea hasta ocupar las vesículas pulmonares que habían quedado dilatadas.

El pulmon, como se ve, es enteramente pasivo en al acto inspiratorio; la caja torácica, al contrario, es activa en este mismo acto.

La cavidad del pecho puede dilatarse en el acto de la inspiracion, en sus tres diámetros principales: vertical, antero-posterior y transversal.

El diámetro vertical aumenta principalmente por la contraccion del diafragma. Este músculo, que, en estado de reposo, forma una especie de bóveda cuya convexidad mira hácia la parte correspondiente al pecho, se aplana cuando se

contrae, transformándose la convexidad en un plano casi horizontal y de consiguiente aumentando la cavidad del pecho en el sentido de su diámetro vertical, á expensas de la cavidad abdominal que disminuye en la misma proporcion.

No se limita aquí la importancia del diafragma: como este músculo, por su parte periférica, se inserta en las costillas, resulta, que si al contraerse toman sus fibras un punto fijo sobre las vísceras abdominales al nivel del centro frénico, elevará las costillas y el esternon; al paso que hará bajar al centro frénico y deprimirá las vísceras del abdomen, si toma el punto fijo sobre las costillas referidas.

Esta facilidad del diafragma en variar el punto fijo de su apoyo, da á este músculo una importancia considerable. Por ella, dirigiendo las costillas hácia delante y hácia fuera, aumenta el diámetro trasversal y el antero-posterior, al paso que bajando el centro frénico, el diámetro vertical resulta ampliado. De esta manera, por la sola contraccion del músculo diafragma, el ensanchamiento del tórax se verifica en los tres diámetros.

Kroneckes y Marckwald (*Archiv. f. Anat. u. Physiol.* 1879) han excitado el nervio frénico de un conejo por medio de corrientes aisladas, é inscribiendo la contraccion del diafragma, han visto que la duracion de esta contraccion es de 0'15 á 0'3 de segundo al principio del experimento y de 0'5 de segundo cuando se hallan ya cansados el músculo y el nervio.

Para estudiar gráficamente las contracciones del diafragma, podemos echar mano del *frenógrafo de Rosenthal*: consiste este instrumento en una palanca que se aplica á la cara inferior del diafragma la cual, por su rama exterior, roza suavemente el papel ahumado del cilindro poligráfico.

Tambien puede aumentar el diámetro vertical por la elevacion del esternon y la de la extremidad anterior de la primera costilla de cada lado, cuando se contraen los mús-

culos que se extienden desde estas costillas á la porcion cervical de la columna vertebral.

El diámetro antero-posterior aumenta principalmente por la elevacion de las costillas y del esternon en el acto inspiratorio. En el estado de reposo, las costillas guardan una posicion oblicua con relacion á la columna vertebral, inclinándose de arriba hácia abajo y de detras hácia adelante. Al elevarse la extremidad esternal de las costillas, se separan de la columna vertebral, levantando al mismo tiempo el esternon, la clavícula y la pared exterior de la cavidad torácica, y aumentando de consiguiente el espacio comprendido entre la pared anterior y la posterior del pecho, ó sea su diámetro antero-posterior.

En las inspiraciones ordinarias, la ampliacion del diámetro antero-posterior sólo llega á alcanzar cinco milímetros; pero en las forzadas, puede elevarse esta cifra hasta tres centímetros, al nivel de la extremidad inferior del esternon.

Los instrumentos que sirven para el estudio de la inscripcion gráfica de las modificaciones de este diámetro, son hoy dia bastante numerosos. Todos ellos, aplicables asimismo al estudio del diámetro transversal, pueden comprenderse por una simple explicacion, que reasumiremos en brevísimas palabras para el conocimiento completo del asunto.

El *tambor para la inscripcion de los movimientos del tórax de P. Bert*, consiste en una cápsula de cobre, cerrada por una membrana elástica, en comunicacion directa con el tambor del polígrafo: sobre la membrana se eleva un vástago que se apoya en el punto del tórax cuyo movimiento se quiere escribir; y cuando el tórax se dilata, el vástago es empujado, la membrana de la caja es comprimida y el aire que ésta contiene, transmitiendo la presion al que está encerrado en el tambor del polígrafo, eleva la palanca del tambor y traza en el papel ahumado del cilin-

dro, los movimientos ejecutados por el tórax. Este modelo que acabamos de describir, puede estar montado sobre un pié muy sólido, ó sobre una de las ramas de un compas de espesor: en el primer caso, es aplicable unicamente á los animales de gran talla; en el segundo, á los animales pequeños.

Vierordt ha imaginado un aparato consistente en una palanca cuyos dos brazos son desiguales; el largo sirve de estilete inscriptor, y el corto se aplica sobre uno de los diámetros torácicos.

Ransome ha ideado un *estetómetro* que señala las ampliaciones de la caja torácica segun los tres planos, antero-posterior, horizontal y transversal; estas direcciones de cada punto del torax, van á inscribirse en tres distintas hojas de papel, por medio de un vástago que va á engranar con una rueda dentada, la cual á su vez hace mover una aguja.

Por medio del *cirtómetro de Woillez* podemos medir un diámetro del torax, en un momento determinado de la ampliacion torácica: consiste este instrumento en un conjunto de piezas sólidas articuladas mutuamente, las cuales, una vez finida la aplicacion, conservan la forma que tenía la circunferencia del pecho, en el momento preciso en que estaban aplicadas.

El aumento del diámetro transversal depende tambien de la elevacion de las costillas, porque, al elevarse, ejecutan un pequeño movimiento de rotacion sobre su eje, en virtud del cual la parte convexa de su corvadura, que en estado de reposo mira hácia abajo y hácia fuera, se inclina hácia arriba y hácia fuera, aumentando el espacio comprendido entre las paredes laterales del pecho, ó sea el diámetro transversal de esta cavidad. El aumento de este diámetro no es igual en las diferentes partes de la pared torácica, porque tampoco es igual el grado de corvadura de todas las costillas.

El *máximum* de ampliacion á que puede llegar el diámetro transversal, se eleva á 4 centímetros, al nivel de la 7.^a y 8.^a costilla; generalmente se reduce á 5 milímetros en las inspiraciones ordinarias.

Aunque el pecho puede dilatarse en los diferentes sentidos que acabamos de indicar, la edad, el sexo, el género de vida y otras circunstancias individuales influyen bastante en el modo especial de su dilatacion. En los niños, la inspiracion se ejecuta ordinariamente á expensas de la contraccion del diafragma, dominando la que se llama *respiracion abdominal*, porque las paredes laterales del pecho permanecen casi siempre inmóviles. En el hombre adulto es *abdominal* y *costo-inferior* á la vez.

En las mujeres domina generalmente la *respiracion pectoral*, ó costo-superior elevándose y ensanchándose toda la parte superior del pecho, mientras que la inferior permanece casi inmóvil, lo que permite que respiren sin gran dificultad, aun en los casos en que el diafragma descende difícilmente al abdomen, como sucede durante el embarazo. Cuando á consecuencia de algunos estados patológicos el aire no puede penetrar en uno de los pulmones, la dilatacion del pecho disminuye ó cesa en el lado enfermo y se aumenta en el opuesto.

Los cantantes adoptan la respiracion puramente abdominal por ser la que permite introducir mayor cantidad de aire en los pulmones y sostener por más tiempo la emision de la voz.

Estas diferentes maneras de verificarse la respiracion, constituyen lo que en Fisiología se llaman los *tipos respiratorios*, ó sean el *tipo abdominal*, el *tipo costo-inferior* y el *tipo costo-superior*.

Los músculos inspiradores ó que contribuyen á ensanchar la cavidad del pecho, son varios; y como la inspiracion puede ser natural y forzada, hay músculos inspiradores *principales* y otros que podemos llamar auxiliares ó

accesorios. Por lo comun se consideran como *principales*: el diafragma, de cuyo modo de obrar nos hemos ocupado ya; los intercostales externos, cuyas fibras se dirigen oblicuamente de arriba hácia abajo y de atras hácia adelante y provocan, al contraerse, la elevacion de las costillas; los escalenos, tanto anteriores como posteriores, cuyas fibras, insertándose en las apófisis transversales de las vértebras cervicales, en la cara superior y borde interno de la primera costilla — el escaleno anterior — y en la cara externa de la primera costilla y el borde superior de la segunda — el escaleno posterior — elevan, al contraerse, las costillas superiores hácia el cuello; y los supra-costales, que, insertándose por una de sus extremidades en las apófisis transversas de las vértebras dorsales y por la otra en las costillas que están debajo, levantan, al contraerse cada uno de ellos, la costilla á que está adherida su extremidad inferior. Algunos fisiólogos comprenden tambien entre los músculos inspiradores principales á los intercostales internos en su porcion external, ó sea en el punto en que se adhieren á la parte cartilaginosa de las costillas.

Pocos puntos hay en Fisiología humana que hayan sido tan debatidos y estudiados como el referente al papel que representan en mecánica respiratoria, los músculos intercostales tanto internos como externos. Al hablar de la espiracion nos extenderemos un poco más sobre este objeto, para dilucidar cuantas dudas pudieran ocurrir.

Los músculos inspiradores que se consideran como *accesorios*, son: el dorso-costal, que se inserta por una parte en las apófisis espinosas de la séptima vértebra cervical y de las tres primeras vértebras dorsales, y por la otra en la cara externa de la segunda, tercera, cuarta y quinta costillas; el externo-cleido-mastoideo, que se inserta, por una parte, en la apófisis mastoidea del temporal y por la otra en la parte superior del esternon y en el borde pos-

terior de la clavícula ; el subclavio, que se extiende desde la extremidad externa de la clavícula hasta el cartilago de la primera costilla ; el gran pectoral en su porcion inferior ; el pequeño pectoral, que se extiende desde la tercera, cuarta y quinta costillas verdaderas hasta la apófisis coracoides, y algunos otros de menos importancia.

Los pulmones, segun dijimos, permanecen completamente pasivos en el acto de la inspiracion, y como el espacio que les separa de la pleura parietal no contiene aire, siguen á las paredes torácicas en el momento de su dilatacion, como si formaran parte de las mismas. Cuando el aire exterior penetra, á traves de las paredes del pecho, en el interior de las pleuras, el pulmon no puede dilatarse, porque, obrando sobre la superficie externa una presion atmosférica igual á la que obra sobre la parte interna, permanece inmovil bajo la accion de dos fuerzas iguales y opuestas.

La pleura que cubre el pulmon está en contacto directo con la que reviste las paredes del pecho, y la una resbala ó se desliza sobre la otra en los movimientos de inspiracion, porque el pulmon desciende á la vez que el diafragma, y las paredes del pecho se elevan al mismo tiempo. Las adherencias y falsas membranas que se forman entre la pleura costal y visceral en algunas enfermedades, hacen algo más difíciles estos movimientos, produciendo cierto ruido anormal, consecuencia del roce, que se percibe desde el exterior.

Para que el aire pueda penetrar en los pulmones en cada movimiento inspiratorio, es indispensable que no se obturen los conductos por que ha de atravesar. Las alas de la nariz se dilatan activamente por la influencia de sus músculos propios, á fin de que la presion atmosférica no cierre su abertura : lo mismo sucede con los labios de la glotis, cuyos músculos conservan expedito este orificio, y en cuanto al conducto formado por la faringe, la laringe, la

tráquea y los bronquios, se conserva hueco por los cartílagos circulares de formas diversas que entran en la constitucion de sus paredes.

Toda vez que en el acto inspiratorio se aumentan los tres diámetros torácicos, es indispensable que, á beneficio de ciertos procedimientos y aparatos, conozcamos este simultáneo ensanchamiento; los *pneumógrafos* vienen á satisfacer esta necesidad, inscribiendo en el cilindro rotador las ampliaciones experimentadas por el torax.

El *primer modelo* del *pneumógrafo de Marey* consiste en un resorte cilíndrico cubierto por una membrana de cautchue, cuya cavidad comunica con el tambor del polígrafo; este cilindro se aplica íntimamente al torax, por medio de una cinta sujeta por un gancho adaptado á cada una de dos placas metálicas circulares, que obturan las dos extremidades del cilindro. La palanca del tambor poligráfico inscribe los trazados en el papel del cilindro rotador.

Paul Bert ha modificado este modelo, haciendo elásticas las dos bases del cilindro y construyendo este cilindro de metal.

Otro modelo imaginado por Marey, del que hemos hablado en la página 353, es el que se usa hoy dia en todos los laboratorios: consiste este pneumógrafo en un tambor que, por medio de un tubo de cautchue, comunica con el del polígrafo; el aire del primer tambor se enrarece durante el movimiento inspiratorio; el del tambor del polígrafo se enrarece á su vez, y la palanca, por este enrarecimiento, se deprime. Una cinta inextensible, fijada á las ramas divergentes del aparato, le sujeta alrededor del tórax.

Cuando no tengamos necesidad de inscribir gráficamente los movimientos, podemos hacer uso de los aparatos llamados *toracómetros*: entre ellos hay el de *Sibson* y el de *Winstrich*. Un toracómetro no es otra cosa que una aguja indicadora de la extension del movimiento, la cual se

mueve á beneficio de una rueda dentada que engrana con un vástago destinado á recibir una impulsión en el acto de la ampliación torácica. El *estetómetro de Quain*, viene á ser un toracómetro.

§ 98.

De la espiración. — Cuando el aire ha permanecido algun tiempo en los pulmones, una sensación instintiva y á la que no podemos resistir, nos advierte la necesidad de su expulsión.

Para que salga al exterior el que está acumulado en los pulmones, basta, en circunstancias ordinarias, que los músculos inspiratorios queden en reposo y que se ponga en juego la elasticidad de las paredes torácicas y la de los pulmones. Cuando las espiraciones son profundas, se hace indispensable la influencia de los músculos espiradores, con cuya contracción se disminuyen los diferentes diámetros del pecho.

La elasticidad de los pulmones puede hacerse perceptible dilatándolos por medio de la insuflación, en cuyo caso se observa que adquieren sus dimensiones primitivas en cuanto cesa la fuerza que los distendía. También es efecto de la elasticidad de los pulmones, el que en vez de llenar la cavidad del pecho y de conservar la superficie externa aplicada á sus paredes, se separen de las mismas y expulsen el aire casi por completo en cuanto se perfora el torax de un animal vivo ó de un cadáver fresco. La misma elasticidad de los pulmones parece ser la causa de que el diafragma recupere su forma abovedada después de haberla perdido al tiempo de contraerse en el acto de la inspiración, puesto que, según asegura Milne Edwards, el descenso de la bóveda diafragmática es el resultado de un movimiento activo de las fibras constitutivas de este músculo; mientras que en su elevación el diafragma perma-

nece pasivo y no hace más que ceder á la aspiracion ejercida sobre su superficie torácica por las paredes elásticas de los pulmones. Sin embargo, tambien contribuye á la elevacion del diafragma, la presion que las vísceras abdominales, comprimidas por las paredes del vientre, ejercen sobre la cara inferior de este músculo.

Sujetando al interior de la tráquea del cadaver fresco de un perro la rama inferior de un tubo manométrico, en el que se haya echado una corta cantidad de agua, este líquido conserva el mismo nivel en las dos ramas. Pero si se practica una abertura en las paredes del pecho, los pulmones disminuyen de volumen y arrojan una parte del aire contenido en su interior, el cual comprime, al salir, el líquido del manómetro, elevándolo en la rama opuesta. La diferencia de nivel en las dos ramas sirve para medir la presion desenvuelta por la elasticidad de los pulmones, y esta presion equilibra, segun los experimentos de Donders, una columna de agua de ochenta milímetros de altura.

Los conductos bronquiales que se distribuyen en el pulmon están dotados de fibras musculares lisas, cuya contractilidad puede demostrarse por medio del galvanismo. Para esto, despues de separado el pulmon del cadaver fresco de un perro, se le suspende verticalmente, y se adapta á su tráquea la extremidad de un tubo recto, metálico, cuya parte superior ha de ser de cristal y debe estar graduada. En tal estado, se introduce agua en el pulmon hasta que llegue á la parte graduada del tubo, y se dirige la corriente galvánica aplicando uno de los polos á la superficie del pulmon y el otro á la parte metálica del aparato. El líquido contenido en el pulmon se eleva entonces en el tubo graduado, y esta elevacion será tanto mayor cuanto más grande sea la contractilidad desenvuelta por medio del galvanismo, y de consiguiente cuanto más disminuya el calibre de los conductos respiratorios : la co-

lumna manométrica se eleva de ordinario en el perro unos cinco centímetros de altura.

La contractilidad bronquial se desarrolla pausada y lentamente y no puede ejercer, por lo mismo, influencia alguna en la espiracion ó salida del aire, puesto que ésta se efectúa con regularidad y en períodos mucho más frecuentes. Por esto opina Longet, que la contractilidad de los bronquios está destinada á favorecer la expulsion de las mucosidades y la del aire contenido en las últimas ra-

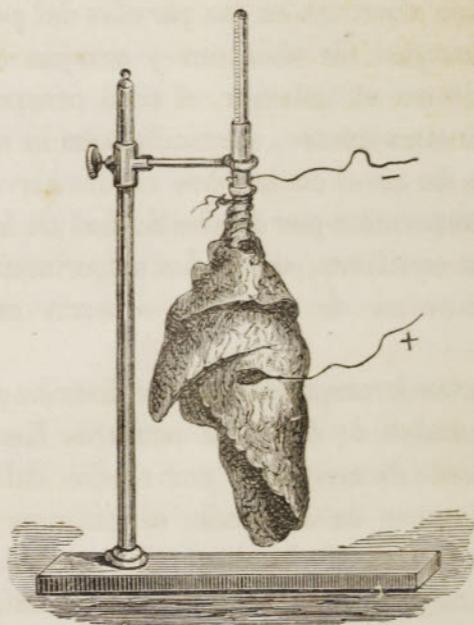


FIG. 78. — Pulmon de un perro recientemente sacrificado, recibiendo la accion de la pila.

mificaciones brónquicas, que por tener mayor cantidad de ácido carbónico, se hace más pesado y no puede renovarse con facilidad en las espiraciones ordinarias. Así al ménos lo indica la circunstancia de que si se destruye la contractibilidad bronquial cortando los pneumo-gástricos, el animal parece asfixiado por la acumulacion de mucosidades y de ácido carbónico en las últimas ramificaciones bronquiales.

Para estudiar la *energía* con que se verifica la espiracion, podemos valernos del *pneumo-dinamómetro*, de Mathieu, el cual, equivocadamente, se acostumbra á describir al hablar de los espirómetros. Este aparatito no es otra cosa que un dinamómetro, relacionado con un tubo respirador : compónese de un tubo en cuyo interior se mueve un vástago por la fuerza del aire que se espira : este vástago, en la porcion que sale al exterior, está relacionado con la aguja de un cuadrante ; la amplitud del movimiento de la aguja, nos indicará la *fuerza* de los músculos espiradores.

El *pneómetro de Marechal* sirve para calcular la fuerza de la inspiracion y de la espiracion : es un barómetro metálico cuya incurvacion aumenta ó disminuye segun la intensidad de su presion interior.

Los músculos que contribuyen á disminuir la capacidad del pecho, llamados espiradores, pueden tambien dividirse en dos clases : espiradores *principales* y espiradores *accesorios*.

Los espiradores principales, segun la opinion más generalmente admitida, son : La parte de los intercostales internos que se inserta en la porcion ósea de las costillas, y los infracostales que parecen ser una dependencia de los mismos ; el cuadrado de los lomos que, desde la cresta iliaca en donde por una de sus extremidades se inserta, atrae hácia sí la última costilla á que se adhiere por la otra. El triangular del externon, que se extiende desde este hueso hasta los cartílagos de la tercera, cuarta, quinta y sexta costillas verdaderas. El serrato posterior inferior, que se extiende desde las apófisis espinosas de las tres últimas vértebras dorsales y tres primeras lumbares hasta el borde inferior de las cuatro últimas costillas falsas.

Entre los espiradores accesorios se cuentan los oblicuos, transversos y rectos del abdomen ; el sacro lumbar y algu-

nas porciones del gran serrato ; el gran dorsal y otros músculos de la espalda.

Ya dijimos que el verdadero papel de los músculos intercostales era uno de los puntos que más se había discutido ; hay autores que consideran los intercostales internos como inspiradores y los externos como espiradores ; y los hay que opinan lo contrario ; hay quien cree que son inspiradores tanto los internos como los externos , y no falta quien asegura que unos y otros son espiradores : se ha supuesto por algunos que, tanto en la espiracion como en la inspiracion, son pasivos unos y otros, y finalmente se ha sostenido que, tanto los internos como los externos, son inspiradores y espiradores á la vez.

Nosotros, por lo que se ha visto al tratar de la inspiracion, no hemos querido afirmar lo que en realidad no resulta indubitable, contentándonos con manifestar sencillamente que nos limitábamos á la exposicion de la opinion más general. Sin embargo, no podemos dejar de consignar que recientemente Aewell Martin y E. Hartwell (*The Journal of Physiology*) han aclarado en gran manera este concepto, siendo probable que despues de sus ingeniosos experimentos, la opinion general cambie de rumbo.

Segun estos fisiólogos, la mejor manera de resolver el problema consiste en aislar un músculo intercostal interno, é inquirir si su contraccion es simultánea con la del diafragma, ó si, por el contrario, las contracciones de estos músculos son antagonistas. En el primer, caso el intercostal interno se debe considerar como inspirador ; en el segundo, este músculo debe figurar entre los espiradores. Pues bien ; hecho el experimento en el perro y en el gato, aseguran estos fisiólogos que los intercostales internos son espiradores ; con la particularidad de que en el perro lo son en las respiraciones ordinarias, y en el gato, conservando siempre su papel espirador, únicamente entran en accion en los casos de una dispnea intensa.

§ 99.

Ritmo y frecuencia de los movimientos respiratorios.—Los movimientos de inspiracion y espiracion se suceden alternativamente con intervalos casi iguales. En circunstancias normales la espiracion dura algo más tiempo que la inspiracion, sobre todo en las mujeres, en los viejos y en los niños. Despues de la inspiracion hay siempre un corto instante de reposo y otro algo mayor al terminar cada movimiento espiratorio.

Si representáramos la inspiracion por la cifra 100, correspondería á la espiracion la de 140. La *excursion respiratoria* (inspiracion, espiracion y momento de reposo) dura poco más ó menos tres segundos.

El número de inspiraciones que se hace en un tiempo dado varía mucho en los diferentes individuos. Hales creía que en el espacio de un minuto se verificaban veinte. M. H. Davi decía de sí que en este tiempo respiraba veintiseis veces, Magendie quince, Thomson diez y nueve; pero hay un gran número de circunstancias que pueden aumentar ó disminuir la frecuencia de la respiracion. Por regla general es más lenta durante el sueño que en la vigilia; el ejercicio muscular, las excitaciones morales, los alimentos y las bebidas alcohólicas la aceleran. En la infancia la respiracion es más frecuente que en la vejez.

§ 100.

Ruidos respiratorios.—Se da el nombre de murmullo respiratorio *vesicular* al ruido producido por la entrada y salida del aire en las vesículas pulmonares. El murmullo respiratorio es más fuerte y perceptible durante la inspiracion que durante la espiracion, porque como es más rápido el primero de estos movimientos, la corriente de aire es mayor, y más fuerte el roce que ocasiona en las pare-

des de los conductos aéreos. El paso del aire por los bronquios da lugar á un ruido parecido al anterior, designado con el nombre de murmullo respiratorio *bronquial*, y, por una razon análoga, se llama murmullo *traqueal* al ruido producido por el roce del aire al atravesar la tráquea.

Ademas de estos ruidos, poco perceptibles en estado fisiológico, de los que el primero se nota principalmente *auscultando* la region de los pulmones, mientras que los dos últimos dominan en la parte correspondiente á los bronquios más gruesos y á la tráquea, aun se forma otro, puramente nasal, al atravesar el aire la parte anterior de las fosas nasales. Este último ruido se percibe en las personas que respiran suave y sosegadamente durante el sueño, sin que deba confundirse con el *ronquido*, porque éste es mucho más intenso, y no puede producirse sin que intervengan las oscilaciones vibratorias del velo del paladar.

Las alteraciones patológicas que puede experimentar el tejido del pulmon y las que tienen su asiento en los diferentes puntos de las vías respiratorias, dan lugar á modificaciones en los murmullos de que acabamos de hablar, y hasta ocasionan ruidos anormales, cuyo conocimiento contribuye eficazmente al diagnóstico de las enfermedades del aparato respiratorio.

Volumen del aire inspirado y espirado. — Es muy difícil determinar de una manera absoluta la cantidad de aire que penetra en los pulmones en cada movimiento inspiratorio y la que sale en cada espiracion, porque estas cantidades varían, segun sea la capacidad del pecho, el estado de reposo ó de actividad de los individuos, la mayor ó menor energía de los movimientos respiratorios, y otro gran número de condiciones diversas en que pueden hallarse los sujetos sometidos á la observacion. A pesar de estas dificultades, los fisiólogos han hecho multiplicados experimentos para resolver aproximativamente la cuestion.

Lo primero que hay que tener en cuenta es que el pul-

mon no arroja de una manera completa en el acto de la espiracion todo el aire que contiene.

Á la cantidad de aire que permanece en los pulmones despues de una espiracion forzada, se le ha dado el nombre de *residuo respiratorio* : á la que queda despues de una espiracion ordinaria y regular, *reserva respiratoria*. Llámase *capacidad inspiratoria ordinaria* á la cantidad de aire que penetra en los pulmones á consecuencia de una inspiracion natural, precedida de una espiracion tambien natural : se designa con el nombre de *capacidad inspiratoria extrema* á la cantidad de aire que entra en los pulmones á consecuencia de una inspiracion forzada, precedida de una espiracion forzada tambien ; y *capacidad inspiratoria complementaria* á la cantidad de aire que se introduce en los pulmones á consecuencia de una inspiracion forzada, precedida de una espiracion normal.

Para conocer la *capacidad inspiratoria ordinaria*, ó sea la cantidad de aire que penetra en los pulmones en cada movimiento inspiratorio normal, precedido de una espiracion tambien normal, se espira durante un cierto tiempo, exclusivamente por la boca y á traves de un tubo encurvado que se introduce debajo de una campana llena de agua, colocada en la cuba hidro-pneumática. La cantidad de agua desalojada de la campana, representa la del aire espirado durante el tiempo del ensayo, y esa cantidad, dividida por el número de espiraciones que se han efectuado en el mismo tiempo, da el volumen del aire expelido en cada espiracion, y de consiguiente del que penetra en cada movimiento inspiratorio, porque la cantidad de aire que sale de los pulmones es sensiblemente igual á la que entra. Procediendo de este modo en un gran número de observaciones se ha visto que, por término medio, entran y salen de los pulmones en cada movimiento respiratorio normal, de cuatrocientos á quinientos centímetros cúbicos de aire, ó sea de un tercio á medio litro. Así, suponiendo veinte

inspiraciones por minuto, resultará que entran en los pulmones, en este tiempo, de siete á diez litros.

Para conocer la *capacidad inspiratoria extrema*, basta hacer una espiracion forzada, seguida de una inspiracion forzada tambien, á traves de un receptáculo parecido al anterior, ó de otro *espirómetro* convenientemente dispuesto, por cuyo medio se demuestra que la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones en cada uno de estos movimientos respiratorios, es, por término medio, de tres á cuatro mil centímetros cúbicos, ó sea, de tres á cuatro litros. Cualesquiera de las capacidades inspiratorias de que acabamos de hablar será tanto más grande cuanto mayores sean la cavidad torácica y la energía de las fuerzas inspiratorias que dilatan sus paredes. Por lo mismo, la capacidad inspiratoria ha de ser mayor en los sujetos altos que en los bajos ; en los de anchas espaldas que en los que tienen estrecho el diámetro trasversal del tronco ; en el hombre que en la mujer ; en el hombre que ha adquirido todo su desarrollo en longitud y latitud, que en el niño y en el anciano ; y en los sujetos fuertes y vigorosos que en los débiles y de poca energía vital. Bourgeri asegura, sin embargo, que la capacidad inspiratoria complementaria disminuye á medida que se avanza en edad, y de consiguiente que es mayor en el niño de siete años que en el de quince ó que en períodos más adelantados de la vida.

Entre los diferentes *espirómetros* que en Fisiología se usan, únicamente describiremos el de Hutchinson, el de Schnepf y el de Boudin ; los dos primeros, por ser verdaderamente clásicos ; y el tercero, porque, á pesar de sus pésimas condiciones, se encuentra generalmente en todos los laboratorios. El *espirómetro de Hutchinson* no es otra cosa que un gasómetro, en el que se hace una espiracion forzada precedida de una inspiracion profunda ; la idea más sencilla que podemos dar de este aparato, es la siguiente : un cilindro cerrado en la parte superior y abierto

en la inferior, se introduce en otro cilindro abierto superiormente y cerrado en su extremidad inferior. Hasta el punto *e*, el aparato está lleno de agua; un tubo *t*, sobre-

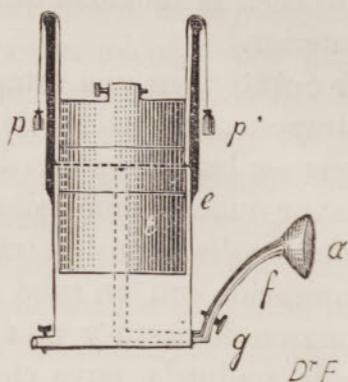


FIG. 79. — Espirómetro de Hutchinson.

sale del nivel de dicho líquido y va á unirse con un tubo elástico *f*, que termina en la embocadura *α*; cuando el aire

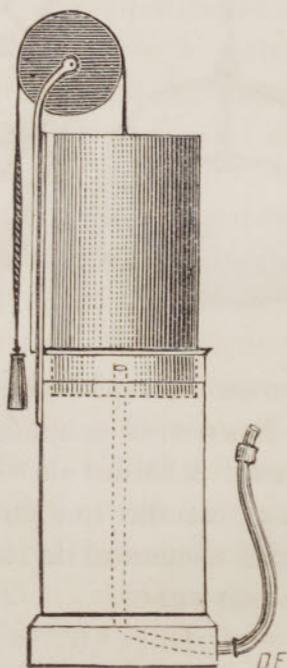


FIG. 80. — Espirómetro de Schnepf.

espirado penetra en el tubo *t*, eleva el cilindro superior ;

cuando la espiracion ha terminado, se cierra la llave *g* y se lee en la escala del referido cilindro superior, la elevacion que ha alcanzado, ó sea el volumen de aire que se espiró: los pesos *p p'*, mantienen la igualdad de tension entre el aire exterior y el interior.

El *espirómetro de Schnepf*, es una campana equilibrada por un simple contrapeso; una cadena de anillos desiguales sirve para compensar las variaciones de peso de la campana, segun un mayor ó menor inmersion.

El *espirómetro de Boudin*, consiste en una vejiga de cautchuc en comunicacion con un tubo respiratorio, soportada por un armazon de acero y provista en su parte superior de una regla graduada, cuya elevacion indica la cantidad de aire introducido en la vejiga, por la espiracion del experimentador.

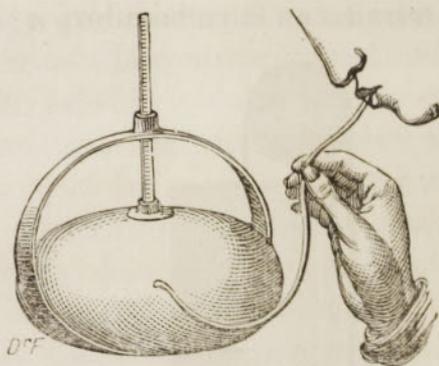


FIGURA 81.

Otros aparatos, como el espirómetro de Wintrich, el pneumatómetro de Bonnet, el anapnógrafo de Bergeon y Kastus, el prensímetro á Hélice de Guillet, etc. etc. se han inventado para el estudio que en este momento nos ocupa, pero el carácter elemental de esta obra nos impide extendernos más en este punto.

§ 101

De algunos actos fisiológicos dependientes de los fenómenos

mecánicos de la respiracion.— Los agentes mecánicos de la respiracion intervienen de una manera directa en el bostezo, el sollozo, el suspiro, la risa, el hipo, el estornudo, y ademas, en el ronquido, la tos, la expectoracion y la espuicion.

El suspiro está caracterizado por una inspiracion lenta y profunda, seguida de una espiracion rápida, y suele ser signo de abatimiento y de tristeza.

El bostezo consiste en una inspiracion más profunda que la del suspiro, acompañada de una contraccion espasmódica del velo del paladar y seguida de una espiracion lenta y graduada. El bostezo indica la indiferencia, ó el fastidio, y á veces anuncia la necesidad del sueño.

La risa está caracterizada por una serie de espiraciones que se suceden con rapidez, producidas principalmente por las contracciones casi convulsivas del diafragma. La risa va siempre acompañada de un ruido particular ocasionado por las vibraciones que produce el aire espirado en las cuerdas vocales y en el velo del paladar. Aunque la risa indica, comunmente, alegría y bienestar, hay sin embargo otras causas, como las cosquillas, el histerismo, etc., que pueden provocarla.

El sollozo, lo mismo que el hipo, consiste en inspiraciones bruscas é involuntarias, resultado de las contracciones convulsivas del diafragma, que en el hipo no se renuevan sino despues de muchas inspiraciones normales, mientras que en el sollozo se suceden unas á otras con más frecuencia y regularidad. El hipo se presenta raras veces en los sujetos sanos, siendo poco conocidas las causas que lo producen. El sollozo sobreviene á consecuencia de emociones morales tristes, y en los niños, sobre todo, va acompañado de abundantes lágrimas.

El estornudo es tambien un acto involuntario en el que una inspiracion profunda va seguida de una espiracion brusca y sonora. El estornudo puede provocarse excitando la mucosa de las fosas nasales.