

pacio concedido á los pulmones, sino que sus huesos mismos están horadados de cavidades que comunican con los pulmones.

Vamos á estudiar, más detenidamente en el hombre, la función respiratoria y los órganos que sirven para efectuarla.

El aparato respiratorio del hombre se compone esencialmente:

1.º De una especie de tubo ó cañon, la *tráquea*, [palabra griega que quiere decir áspera, y así decían los romanos *áspera arteria*, describiéndola Celso diciendo que «consta de unos cuantos círculos, compuestos como las vértebras

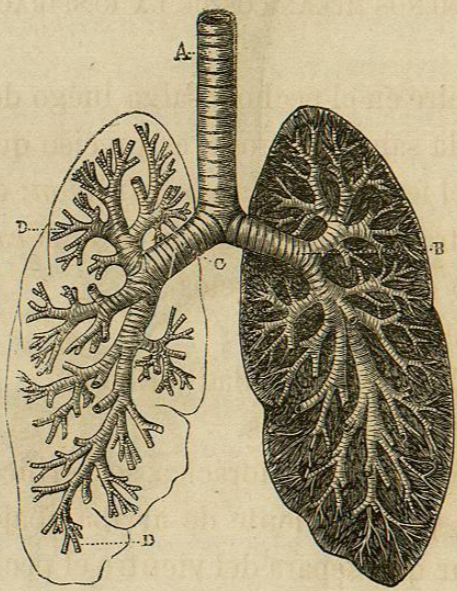


FIG. 41.—CORTE ENSEÑANDO LAS RAMIFICACIONES DE LOS BRÓNQUIOS EN LOS PULMONES.

A. Tráquea.—B y C. Bifurcacion bronquial.—D D. Últimos ramitos del árbol bronquial (bronquiecillos).

que hay en el espinazo, de tal manera, que por la parte exterior es áspera, y por la interior lisa como el esófago»].

2.º De las divisiones y subdivisiones de este tubo, llamadas *brónquios*.

3.º De los pulmones, en los cuales los brónquios se ramifican, formando conductos cada vez más delgados para distribuir el aire en el interior de la sustancia del órgano.

La figura 40 presenta el tubo ó cañon principal, ó sea la *tráquea* y sus subdivisiones, es decir, los *brónquios*. A la entrada de este tubo de aire se halla la

laringe, órgano de la producción de la voz, del que hablaremos largamente cuando tratemos de la voz en el capítulo correspondiente.

Se ve en la figura 41 el pulmón y la tráquea con las divisiones y subdivisiones del brónquio izquierdo, suponiéndose quitada la sustancia del pulmón izquierdo.

Veamos ahora cómo funciona este aparato. Diremos primero cómo se ejecuta la respiración bajo el punto de vista puramente mecánico; en otros términos; empezaremos por estudiar los fenómenos mecánicos de la respiración. Examinaremos luego lo que pasa entre el oxígeno del aire y los elementos de la sangre, es decir los fenómenos químicos de la respiración.

FENÓMENOS MECÁNICOS DE LA RESPIRACION.

Para que el aire penetre en el pecho y salga luego después de ejercer su acción oxigenadora sobre la sangre venosa, es preciso que el pecho empiece por dilatarse para producir el fenómeno de la *inspiración*; después es menester que se estreche, que se contraiga para producir el de la *expiración*. Examinemos separadamente cada uno de estos dos actos.

Inspiración.—Este fenómeno exige:

1.º La dilatación del pecho ó cavidad torácica.

2.º La expansión de los pulmones.

El agrandamiento de la cavidad torácica se verifica en todos los sentidos. Esta cavidad se agranda primeramente de arriba abajo por el descenso de la enorme barrera muscular que separa del vientre el pecho, es decir, el *diafragma*. Esta ancha cortina muscular, descendiendo, rechaza las vísceras abdominales y aumenta así la extensión de la cavidad del pecho. Hé aquí la primera y principal causa del agrandamiento del pecho en el acto de la inspiración.

El descenso del diafragma produce el efecto del fuelle de nuestras frégulas. Aumentando las dimensiones de la cavidad pectoral, provoca un vacío; mas el aire está en comunicación continua con el interior del pecho por los conductos de la tráquea y los brónquios, por la boca y las fosas nasales, de modo que se introduce en seguida para llenar el vacío determinado por la dilatación del pecho.

A esta primera y principal causa de agrandamiento de la cavidad torácica se agrega la elevación de las costillas, que tiene igualmente por objeto aumentar las dimensiones del pecho en el sentido transversal.

La elevación de las costillas se debe á las contracciones de los músculos llamados *intercostales*, de los músculos *gran pectoral* y *gran dorsal*, cuyo pa-

pel consiste en dilatar el pecho arriba y adelante, levantando las costillas y hasta el esternon, al cual se adhieren las de los cartilagos.

La figura 42, que presenta las relaciones del diafragma con los pulmones, y las de éstos con las costillas y los vasos gruesos que parten del corazon, indica el mecanismo orgánico que acabamos de explicar.

El esfuerzo de las potencias musculares, es decir, del diafragma y de los músculos del pecho, no bastaria para agrandar esta cavidad si las vesículas ó

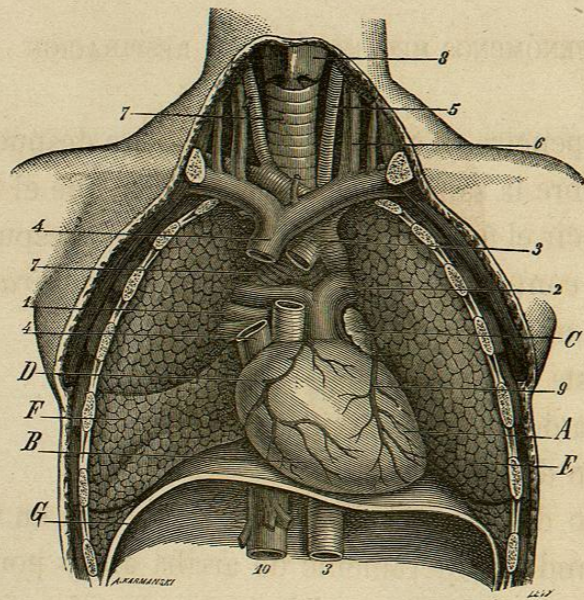


FIG. 42.—RELACION DE LOS PULMONES CON EL DIAFRAGMA, LAS COSTILLAS, EL CORAZON Y LOS VASOS QUE EN ÉL ABOCAN.

A. Ventrículo izquierdo.—B. Ventrículo derecho.—C. Aurícula izquierda.—D. Aurícula derecha.—E. Pulmon izquierdo.—F. Pulmon derecho.—G. Diafragma.—1. Vena pulmonal.—2. Arteria pulmonal.—3. Aorta descendente.—4. Vena ázigos.—5. Carótida primitiva.—6. Yugular interna.—7. Tráquea.—8. Laringe.—9. Arteria coronaria del corazon.—10. Vena porta.

lobulillos pulmonales, como se llaman hoy, no se llenasen del aire que ha penetrado allí por las fosas nasales ó por la boca. El aire recorre todos los tubos bronquiales hasta los últimos extremos, es decir, hasta los lobulillos pulmonales, los cuales se distienden y se ensanchan, sea por efecto del empuje del aire, sea por una elasticidad vital que les es propia. Se despliegan y se desenvuelven para recibir el aire atmosférico en toda su superficie membranosa.

En la figura 43 se ven los detalles de la estructura de un lobulillo pulmonal.

La inspiracion presenta tres grados diferentes de intensidad. Segun las potencias musculares que intervienen en su accion, podemos distinguir:

- 1.º La inspiracion ordinaria.
- 2.º La inspiracion profunda.
- 3.º La inspiracion forzada.

En la *inspiracion ordinaria*, el pecho se dilata de abajo arriba por el descenso del diafragma.

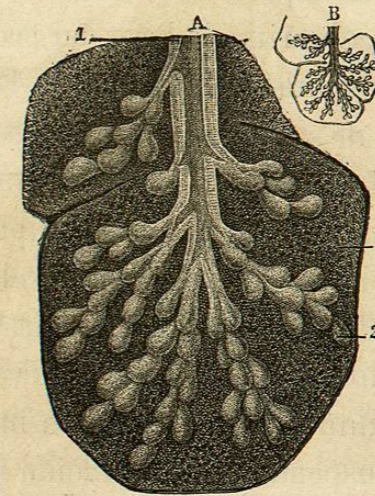


FIG. 43.—UN LOBULILLO PULMONAL.

A. Ramito bronquial visto bajo el microscopio.—B. El mismo de tamaño natural.—1. Músculo bronquial.—2. Terminacion del ramito bronquial.—3. Tejido pulmonar.

En la *inspiracion profunda* hay á la vez descenso del diafragma y elevacion del tórax por medio de los músculos que van de esta cavidad al cuello ó al brazo. La cavidad del pecho se ensancha de esta manera en sus tres dimensiones.

En la *inspiracion forzada* los mismos músculos obran en todos los sentidos; mas como ejecutan con esfuerzo más intenso, dilatan aún más la cavidad torácica.

La inspiracion ordinaria se verifica tan solo por el movimiento del diafragma y de las costillas inferiores. De cuando en cuando una inspiracion más ám-

plia y más completa determina el levantamiento de la base del pecho y luego de la parte superior.

En la inspiración ordinaria se dice que la respiración es *diafragmática* cuando el diafragma es su agente principal. Cuando las costillas inferiores y medias se levantan, se dice que la respiración es *lateral*. Finalmente, cuando la primera costilla y la clavícula toman parte en el movimiento, se dice que la respiración es *clavicular*.

El Dr. Mandl, en su obra *Higiene de la voz*, hace constar que en la respiración diafragmática la laringe está inmóvil. Este modo de inspiración, siendo fácil y no exigiendo grandes esfuerzos, permite prolongar mucho tiempo sin cansancio los ejercicios del canto y de la gimnástica. Pero cuando se respira, sobre todo alzando las costillas superiores, uno se cansa pronto. Esto sucede en las mujeres, en que el corsé comprime la base del pecho, ó en los cantores que tienen el mal sistema de la respiración clavicular. En este sistema la laringe desciende por la contracción de sus músculos extrínsecos; sus funciones se hacen molestas, y el esfuerzo de los músculos inspiratorios produce rápidamente el cansancio. Resulta de ahí que la inspiración, siempre incompleta, es también más frecuente. Es preciso aplicarse á respirar por el descenso del diafragma, facilitándose así los ejercicios del cuerpo, la marcha y el canto.

¿Cuánto tiempo puede uno quedar sin hacer una inspiración, es decir, sin respirar? La voluntad no domina en absoluto los movimientos respiratorios, de modo que no es posible suspender la respiración por mucho tiempo. Cuando se ha verificado la expiración, en seguida se hace sentir imperiosamente la necesidad de inspirar de nuevo. No puede uno permanecer sin respirar más de dos ó tres minutos. Los buzos de más práctica se ven forzados á subir al aire al cabo de tan corto intervalo.

Expiración.—Consiste este acto en la contracción del pecho, que por la relajación de los músculos inspiratorios vuelve á tomar sus dimensiones primitivas, cuando esta cavidad ha sido dilatada. Entonces los pulmones, en virtud de su elasticidad, se retraen sobre sí mismos.

Así pues, los pulmones son *activos* en la inspiración, y *pasivos* en la expiración.

La contracción de su tejido, que viene á auxiliar su elasticidad, no bastaría para expulsar todo el aire que la inspiración había hecho penetrar en su interior.

Los músculos de las paredes torácicas se contraen para producir la reducción de la cavidad torácica. Este resultado se consigue de la manera siguiente: Los músculos inferiores del tronco se contraen los primeros y fijan las costi-

llas inferiores que forman un punto de apoyo para los músculos intercostales internos. Estos músculos se contraen á su vez y acercan las costillas las unas á las otras, es decir, disminuyen los diámetros transversales y antero-posteriores del pecho.

El descenso de las costillas produce el aplanamiento del vientre. Los órganos abdominales, rechazados hácia arriba, restablecen la convexidad del diafragma y disminuyen las dimensiones del pecho hasta que el aire introducido con la inspiración, haya sido expulsado de dicha cavidad.

Por la inspiración seguida de la expiración se establece, pues, un turno de entrada y salida del aire en el pecho. Los pulmones, que están suspendidos en la caja torácica, siguen el movimiento de expansión de las paredes del pecho, y se retraen en sí mismos desde el momento que cesan de estar dilatados por el aire inspirado.

Así como hemos distinguido tres grados de inspiración, distinguiremos tres grados de expiración, á saber:

1.º La *expiración ordinaria*.

2.º La *expiración profunda*.

3.º La *expiración forzada*.

La expiración *ordinaria* se hace por la relajación del diafragma, que vuelve á tomar su convexidad, estrechando el pecho de abajo arriba.

La expiración *profunda* se verifica por la relajación del diafragma y de los demás músculos del tórax y por la elasticidad de las costillas, de sus cartílagos y del esternon, que, volviendo á ocupar su puesto primitivo, estrechan la cavidad torácica en todos los sentidos.

La expiración *forzada* es hija de la contracción de todos los músculos del abdómen y de los grandes músculos del dorso.

Hemos dicho que los movimientos respiratorios no se hallan sometidos, ó tan solo dentro de muy estrechos límites, á la acción de la voluntad. Como la respiración corresponde á una necesidad vital, cuya omisión sería seguida pronto de la muerte, la naturaleza ha puesto esta función bajo la dependencia de los nervios llamados *pneumo-gástricos* ó *vagos*, que funcionan independientemente de la voluntad. Si se corta el tronco del nervio vago, se trastorna profundamente la respiración. Mas el verdadero centro nervioso que preside á la respiración, se halla en el bulbo raquídeo, es decir, en la parte superior de la médula espinal, situada en la base del cerebro. Un animal cae muerto y como fulminado cuando se introduce un instrumento picante en el espacio que separa la última vértebra occipital de la primera cervical. Hoy en día los animales de matadero son degollados á menudo por este medio, en vez de matarlos