

8

ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA CLÍNICAS DEL TÓRAX Y DEL SISTEMA RESPIRATORIO

ANATOMÍA CLÍNICA

El tórax presenta una forma cónica de base inferior deprimida en sentido anteroposterior.

La caja torácica está formada:

Por delante	{	Esternón Articulación esternocostal Extremidad anterior de las costillas
Lateralmente	{	Arcos costales
Por detrás	{	Vértebrales dorsales Articulación costovertebral Extremidad posterior de las costillas

Hay 12 costillas en cada hemitórax. Ocasionalmente hay costillas supernumerarias dependientes de la séptima vértebra cervical, que ocasionando síntomas compresivos pueden prestarse a falsos diagnósticos con los:

1. Tumores en región supraclavicular.
2. Trastornos circulatorios por compresión de la arteria subclavia.
3. Trastornos nerviosos por compresión del plexo braquial.

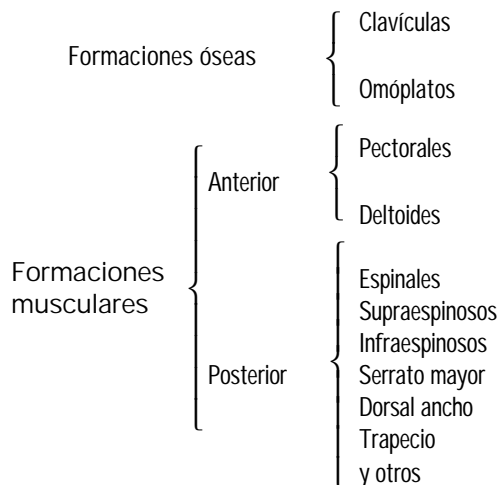
Los espacios intercostales son más amplios en la parte anterior del tórax; este detalle reviste importancia cuando estudiamos los derrames pleurales, neumotórax, punciones exploradoras, etc. La arteria mamaria interna se sitúa a media pulgada del esternón, a nivel del segundo y tercer arcos costales. En este punto se localiza para ligarla en caso de herida o ruptura. Los vasos y nervios intercostales se alojan en el surco costal (borde inferior de la costilla); a nivel de la línea axilar posterior ocupan una posición media en el espacio, por lo cual existe el peligro de herirlos en las punciones.

A causa de la oblicuidad de las costillas, la extremidad costal anterior se encuentra por debajo de la posterior. En el enfisema, por ejemplo, las costillas adoptan una posición horizontal.

Las vértebras torácicas forman en su conjunto una curvatura de convexidad posterior, a veces ligeramente desviada a la derecha por el

mayor uso de la extremidad superior de ese lado o posiblemente por la presión que ejerce la aorta torácica. A cada lado de ellas se encuentran los espacios costovertebrales cuyo fondo lo constituyen las apófisis transversales y la extremidad costal posterior. La apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical es muy prominente y sirve de punto de referencia para localizar el resto de la columna dorsal. Las apófisis espinosas de la primera y segunda vértebras dorsales son prominentes también y se relacionan directamente con el cuerpo de su correspondiente vértebra. El resto de las apófisis espinosas se dirigen hacia abajo y cada una se relaciona con el cuerpo de la vértebra inmediata inferior, detalle a tener en cuenta para localizar por palpación las zonas afectadas. A partir de la duodécima vértebra dorsal las apófisis espinosas vuelven a horizontalizarse y a relacionarse directamente con su correspondiente cuerpo vertebral.

La caja ósea torácica se encuentra cubierta por fuera, por:



Por dentro, la porción osteomuscular está tapizada por la pleura parietal, la que a nivel de los hilios pulmonares se repliega para cubrir los pulmones, y entonces recibe el nombre de pleura visceral. Entre ambas pleuras existe un espacio virtual, la cavidad pleural. Normalmente ambas pleuras se deslizan una sobre otra, pero en el adulto es común encontrar bandas de adherencias, residuos de antiguos procesos patológicos.

El área determinada entre los pulmones derecho e izquierdo se le llama mediastino. Ambas cavidades pleurales se encuentran separadas por el mediastino, que está recubierto por la pleura visceral, la cual recibe el nombre de pleura mediastínica, la que en la porción anterior se refleja formando un espacio potencial que constituye el seno costomediastinal. Igualmente sucede a nivel del diafragma, recubierto también por la pleura, pleura diafragmática, y que al ponerse en contacto con la parietal

forman los senos costofrénicos. El espacio pleural se encuentra ocupado por una pequeña cantidad de líquido seroso que actúa como lubricante y permite el deslizamiento de ambas hojas pleurales. Cualquier lesión que afecte a la pleura interfiere con ese deslizamiento y provoca una verdadera fricción durante el acto respiratorio (figs. 8.1, 8.2 y 8.3).

La pleura visceral recibe inervación del vago y el simpático a través de los filetes pulmonares. No hay sensibilidad dolorosa a este nivel. La pleura parietal además de estos filetes nerviosos también los recibe del frénico y de los intercostales, algunos de los cuales tienen fibras sensibles a los estímulos dolorosos. Por esta razón las afecciones que atacan la pleura parietal suelen ser extremadamente dolorosas.

La cúpula diafragmática derecha está situada más alta que la izquierda y rechazada hacia arriba por el lóbulo derecho del hígado.

Los pulmones son estructuras elásticas, esponjosas, que se encuentran fijos al mediastino por el hilio pulmonar, a través del cual entran y salen los vasos arteriales y venosos y los grandes bronquios. A pesar de la elevación diafragmática, el pulmón derecho es más largo y ancho que el izquierdo.

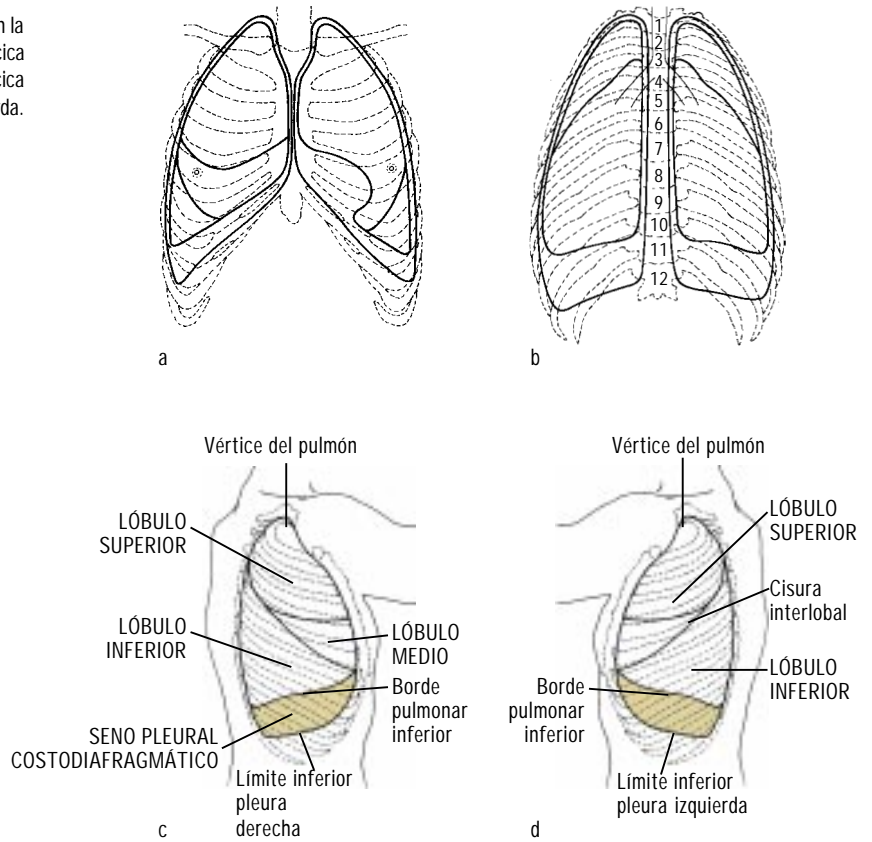
El pulmón izquierdo se divide en dos lóbulos por una profunda cisura que penetra hasta el hilio y se dirige oblicuamente desde la pared posterior por debajo del vértice pulmonar, hacia abajo y adelante, hasta alcanzar el borde anterior. Puede decirse que el lóbulo superior incluye al vértice y gran parte de la porción anterior del pulmón, mientras que el lóbulo inferior comprende la base y la porción posterior del mismo.

El pulmón derecho igualmente está dividido por la cisura en dos grandes lóbulos, pero, además, aparece una cisura adicional que se extiende horizontalmente desde la mitad de la gran cisura, hasta el borde anterior, lo que constituye el lóbulo medio, que junto con el inferior forman la base pulmonar.

Lateralmente, el vértice pulmonar derecho se encuentra en contacto directo con la tráquea, mientras que en el izquierdo se interpone la subclavia. En el lado derecho, la subclavia está por delante del vértice, mientras que en el izquierdo su posición es más medial. En el lado derecho, la vena cava y el tronco braquiocefálico se hallan situados por delante de la porción media del vértice. Todas estas diferentes relaciones entre los vértices pulmonares y las estructuras que los rodean le confieren características especiales a los signos exploratorios que pueden obtenerse a este nivel, por lo que no son comparables entre sí.

La tráquea se extiende desde el orificio inferior de la laringe hasta su bifurcación a nivel de la segunda articulación condrosternal. En todo su trayecto ocupa la línea media ex-

Fig. 8.1 Relación de la pleura, pulmones y cisura con la pared torácica: a, pared torácica anterior; b, pared torácica posterior; c, pared torácica derecha; d, pared torácica izquierda.



cepto en su extremidad inferior, en que se sitúa ligeramente a la derecha; de aquí que se considere al bronquio derecho como la continuación de la tráquea. El bronquio principal derecho es más corto, más ancho y más verticalmente alineado que el izquierdo, razón por la cual la mayor parte de los cuerpos extraños aspirados por la tráquea se localizan en este bronquio. Aproximadamente la mitad de la tráquea se sitúa en el cuello y la otra mitad en el tórax, donde establece relaciones:

- | | | |
|----------------|---|--|
| A la derecha | } | Vena cava superior
Vena ácigos
Nervio vago |
| A la izquierda | } | Cayado de la aorta
Nervio recurrente o laríngeo inferior
Arteria subclavia izquierda |

Fig. 8.2 Proyecciones viscerales en posición dorsal.

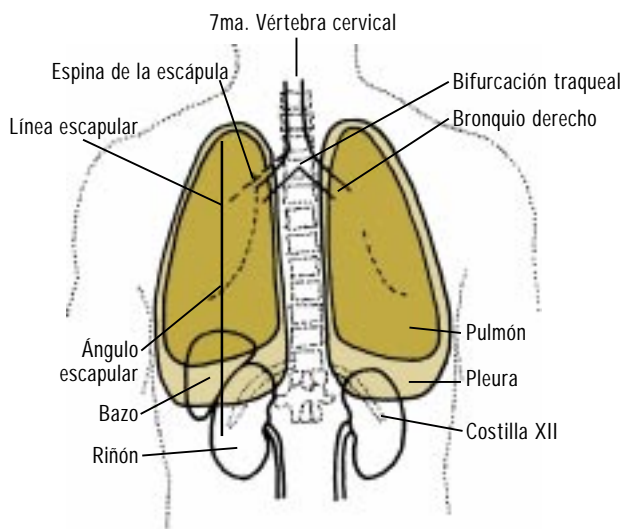
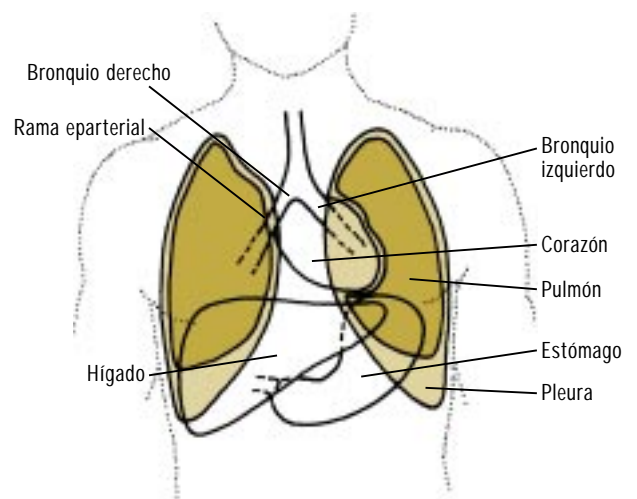


Fig. 8.3 Proyecciones viscerales en posición frontal.



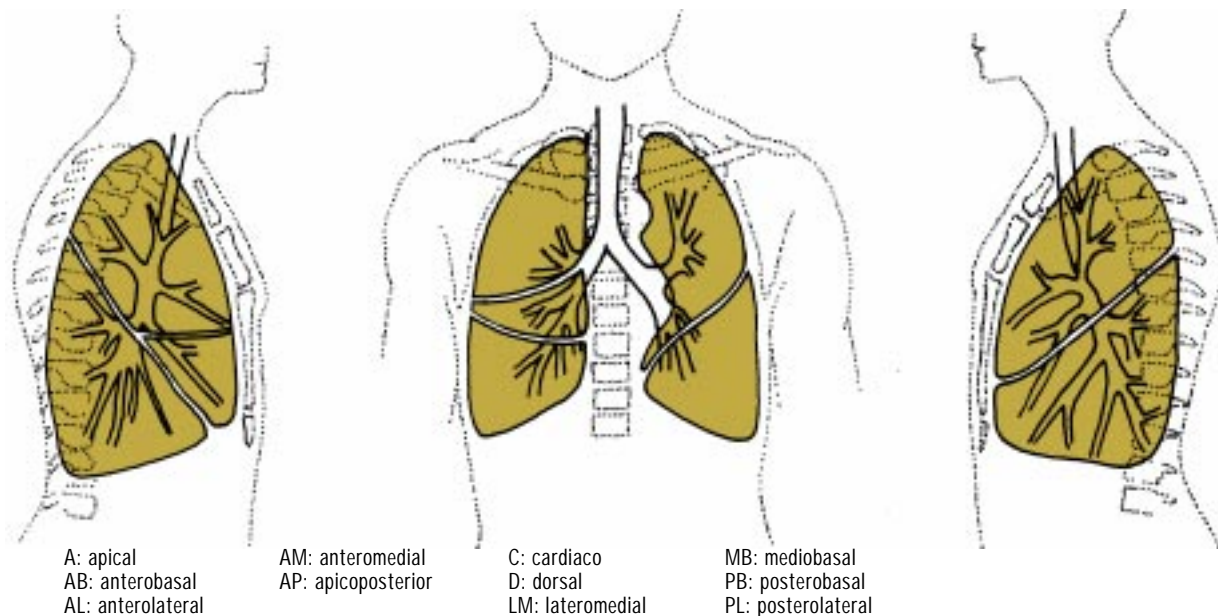
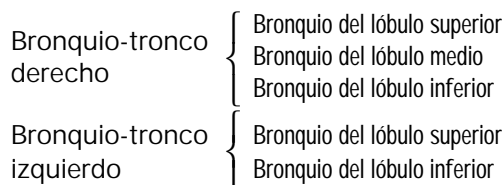


Fig. 8.4 Distribución bronquial (Foster-Carter).

Por delante, a nivel de la bifurcación, se encuentra el nacimiento del cayado de la aorta.

Los bronquios se dividen en ramas secundarias, que entran al pulmón en el hilio. El bronquio derecho da lugar a varias ramas: una para el lóbulo superior, rama eparterial por originarse por encima de la arteria pulmonar; el resto de las ramas (la del lóbulo medio y la del inferior) nacen por debajo de la arteria y se denominan hiparteriales. El bronquio izquierdo, a su vez, solo da lugar a dos ramas hiparteriales.

El árbol bronquial se divide de esa forma en una serie de ramas correspondientes a segmentos o cuñas de tejido pulmonar denominados de acuerdo con su proyección:



A su vez cada bronquio-tronco da origen a una serie de ramas que constituyen los bronquios segmentarios, los que sirven como unidades de identificación para la localización exacta de los procesos respiratorios. En la actualidad, la clasificación aceptada internacionalmente es la de Foster-Carter (fig. 8.4), que con algunas modificaciones del lenguaje es la que utilizamos en nuestro medio. De esta forma, el árbol bronquial queda dividido en tres

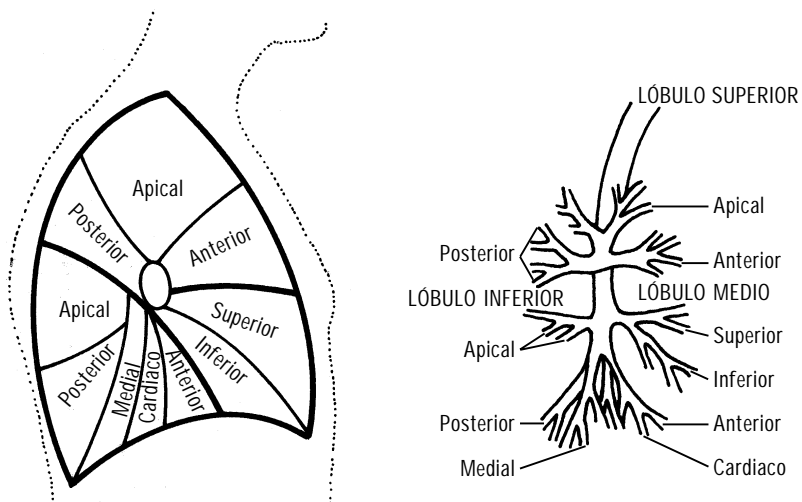
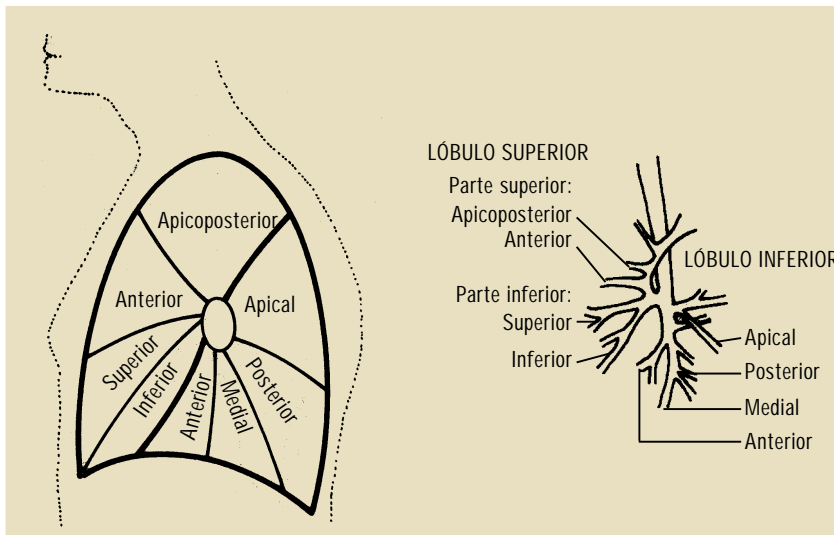


Fig. 8.5 Distribución bronquial derecha.

Fig. 8.6 Distribución bronquial izquierda.



lóbulos para el pulmón derecho: superior, medio e inferior; y dos para el pulmón izquierdo: superior e inferior (figs. 8.5 y 8.6).

PULMÓN DERECHO		PULMÓN IZQUIERDO	
Lóbulos	Segmentos	Lóbulos	Segmentos
Superior	<ul style="list-style-type: none"> Apical Posterior Anterior 	Superior	<ul style="list-style-type: none"> Parte superior <ul style="list-style-type: none"> Apicoposterior Anterior
			<ul style="list-style-type: none"> Parte inferior <ul style="list-style-type: none"> Superior Inferior
		Medio	<ul style="list-style-type: none"> Superior Inferior
Inferior	<ul style="list-style-type: none"> Apical Posterior Medial Cardiaco Anterior 	Inferior	<ul style="list-style-type: none"> Apical Posterior Medial Anterior

Los bronquios se siguen estrechando gradualmente hasta bronquiolos y se dirigen hasta dentro de los alvéolos, en los pulmones.

Cada rama bronquial se continúa subdividiendo hasta alcanzar los bronquios de 1 mm de diámetro, a cuyo nivel se pierde el cartílago, constituyendo los bronquiolos respiratorios, de los que emergen los conductos alveolares. Cada conducto alveolar origina una serie de sáculos denominados atrios, que son los puntos de origen de los alvéolos o celdas respiratorias. El bronquiolo respiratorio, los atrios y los alvéolos, conjuntamente con los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios que los rodean, constituyen los lobulillos pulmonares; o sea, las unidades indivisibles del pulmón. Dentro de estos lobulillos los

capilares entran en íntima relación con las paredes alveolares permitiendo el intercambio de los gases de la respiración (figs. 8.7 y 8.8).

La irrigación sanguínea del pulmón se deriva de los vasos bronquiales y en cierta forma, de la circulación menor o pulmonar a través de la cual se produce la hematosis, al derivar por la arteria pulmonar la sangre venosa del corazón derecho hacia el pulmón y recoger la sangre oxigenada por las venas pulmonares, para vaciarla en el corazón izquierdo. Debe tenerse en cuenta que las arterias bronquiales terminan su recorrido a nivel de los bronquios respiratorios y esta sangre se reintegra por las venas bronquiales sin oxigenarse, lo que es causa de que la saturación arterial siempre sea incompleta.

La inervación del pulmón se deriva de los nervios vagos y simpáticos. No existen fibras sensitivas dolorosas, por esta razón es común observar procesos pulmonares avanzados sin mayores manifestaciones álgicas.

El mediastino separa ambos pulmones. Se encuentra revestido lateralmente por las pleuras parietales; por delante tiene el esternón y por detrás la columna vertebral. Sirve como vía de tránsito a grandes vasos, nervios y órganos de paso como el esófago y la tráquea. Se divide en mediastino superior y mediastino inferior y este último, en anterior, medio y posterior.

El mediastino superior se extiende desde la apertura torácica superior hasta el ángulo traqueal a nivel de la cuarta vértebra torácica. Contiene la porción inferior de la tráquea, parte del esófago, los restos del timo, el cayado de la aorta y los tres grandes troncos arteriales que de ella emanan; la parte superior de la vena cava, el tronco braquiocefálico y los orígenes de la subclavia, el conducto torácico, el vago, el recurrente laríngeo izquierdo y los nervios frénicos.

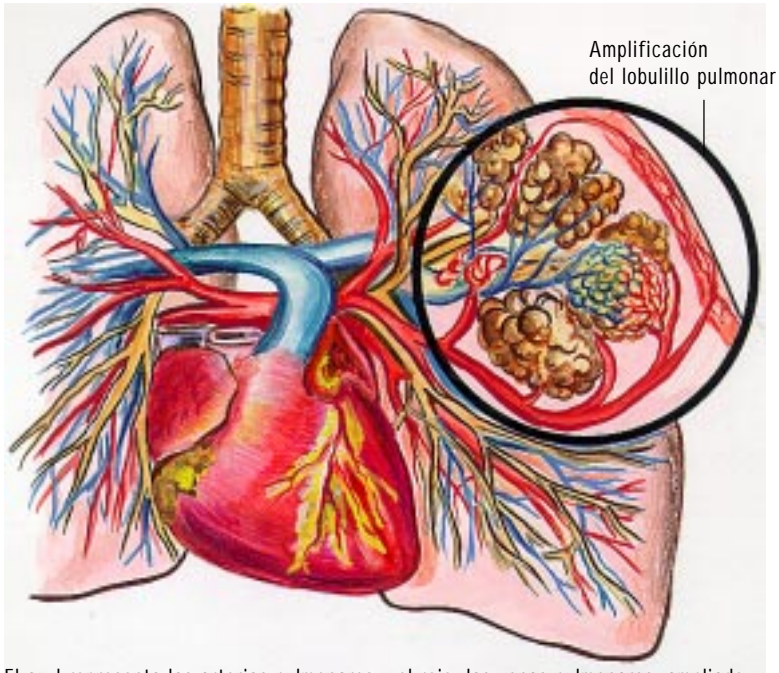


Fig. 8.7 Unidad funcional del pulmón.

El azul representa las arterias pulmonares y el rojo, las venas pulmonares; ampliado en rojo, las arterias bronquiales que abastecen el estroma intersticial y la pleura.

El mediastino anterior se extiende desde el ángulo traqueal hasta el diafragma; su límite anterior es el esternón y el posterior es el pericardio; lateralmente, las pleuras parietales. Solo contiene tejido areolar y algunos ganglios linfáticos.

El mediastino medio tiene la misma extensión que el anterior, pero sus límites anterior y posterior los forma el pericardio. Contiene el corazón, la aorta ascendente, los grandes bronquios, las arterias y venas pulmonares, la porción inferior de la vena cava superior y la desembocadura de la vena ácigos. Los nervios frénicos se deslizan entre las hojas del pericardio y la pleura parietal. Numerosos ganglios se encuentran rodeando las estructuras bronquiales.

El mediastino posterior se extiende desde la cuarta vértebra torácica hasta el diafragma, contiene parte del esófago, la aorta descendente, el conducto torácico y las venas ácigos, así como numerosos ganglios.

Tan importantes estructuras alojadas en tan pequeño espacio, hacen que cualquier crecimiento anormal (aneurisma, tumores, abscesos, etc.) provoque síntomas muy manifiestos y molestos.

Los linfáticos desempeñan un gran papel en la diseminación y progreso de gran número de enfermedades, así como en los procesos curativos o de cicatrización, ejemplos: tuberculosis, neumonías bacterianas, etcétera. Sus características son similares a las de los vasos sanguíneos y en su interior se pueden apreciar válvulas que dirigen el flujo de la linfa en determinados sentidos. El pulmón dispone de una abundante irrigación linfática que se distribuye entre una red superficial y otra profunda; la primera, a nivel de la pleura visceral y la segunda acom-

pañando a los bronquios, arterias y venas; se comunican entre sí, solo a nivel de la pleura y del hilio pulmonar.

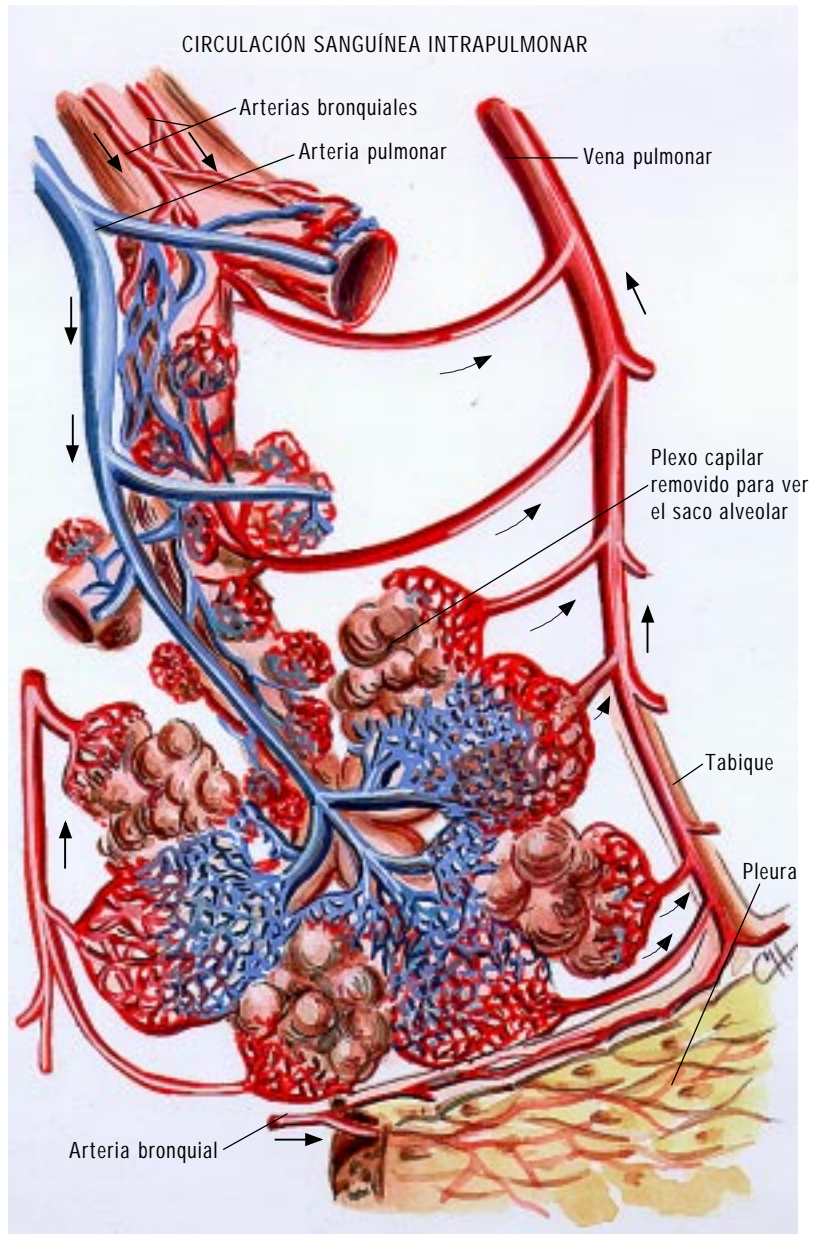
La dirección del flujo linfático es de la mayor importancia; las válvulas permiten circular solo en una dirección. Aparentemente la circulación de las redes arterial y bronquial es hacia el interior del pulmón hasta los puntos de emergencia de las venas pulmonares, a partir de los cuales las acompañan hasta el hilio pulmonar. No hay linfáticos a nivel de los atrios y alvéolos, sino que estos comienzan a ramificarse a nivel del lobulillo pulmonar en pleno conducto respiratorio. A nivel del tejido conectivo existente bajo la pleura y en los espacios intersticiales, son los puntos en que la red profunda se anastomosa con la red superficial, pero en tal forma que las válvulas allí existentes no permiten que la linfa de los espacios pleurales penetre hacia el pulmón y sí la de este último puede pasar a los linfáticos pleurales.

La red superficial es muy amplia y se extiende por debajo de la pleura visceral; estos vasos se reúnen para formar gruesos troncos que juntos a los provenientes de la red profunda se dirigen a desembocar en los ganglios hiliares.

El tejido linfático pulmonar se dispone en forma de: ganglios linfáticos, folículos linfáticos y masas pequeñas de tejido linfoide. Estas estructuras se encuentran diseminadas, pero en líneas generales tienden a confluir en ciertas estructuras, disponiéndose en la siguiente forma:

Localizaciones	<ul style="list-style-type: none"> Peribronquiales Perivenosas Periarteriales Pleurales
----------------	---

Fig. 8.8 Intercambio gaseoso.



En líneas generales, los ganglios se hallan en los puntos de bifurcación bronquial. La pleura nunca contiene ganglios linfáticos.

Las masas pequeñas de tejido linfoide, al igual que los ganglios, actúan como verdaderos filtros de la circulación linfática al acumular fagocitos cargados de material no asimilable por el organismo.

FISIOLOGÍA CLÍNICA

Los componentes del sistema respiratorio comienzan en la nariz y la boca. El aire se inhala a través de la nariz donde se calienta y se filtra, antes de entrar en la tráquea y los bronquios y pasar a los pulmones. La tráquea está tapizada con

células productoras de mucus, que atrapan el material extraño, y con cilios (proyecciones como pelos finos) que barren el mucus hacia arriba, a través de las vías aéreas. El mucus también se mueve hacia arriba con el reflejo de la tos. Los movimientos ciliares son especialmente más intensos en la bifurcación traqueal o carina, donde la tráquea se ramifica en los bronquios principales derecho e izquierdo.

La respiración es el intercambio gaseoso entre el organismo y el medio que lo rodea. Consiste en absorber O_2 y eliminar CO_2 .

La sangre al pasar por los pulmones absorbe O_2 y lo conduce a los tejidos, allí el carbono es oxidado para formar CO_2 y el hidrógeno se transforma en agua. La sangre transporta el CO_2 a los pulmones para eliminarlo por el aire espirado. Esto constituye la respiración externa o pulmonar.

La respiración interna es un fenómeno que se verifica en el interior de los tejidos, en la cual el hierro de la hemoglobina actúa como catalizador disociando el O₂ y haciéndolo aprovechable.

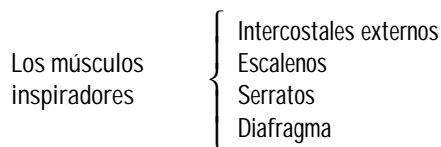
El sujeto normal necesita 140 mL de O₂ por minuto, por metro cuadrado de superficie corporal. La cantidad y calidad de la hemoglobina (Hb) regulan el aporte de O₂. Pero la capacidad de oxigenación de la Hb depende también de la composición fisicoquímica de la sangre y de la cantidad de CO₂ que contenga.

El funcionamiento normal del sistema respiratorio descansa en la normalidad de los sistemas muscular y neurológico.

La respiración consta de dos tiempos: la inspiración y la espiración. Ambas ocurren como resultado de cambios de presión dentro de los pulmones. Los empujes, hacia adentro de los pulmones y hacia afuera de la pared torácica, crean una presión negativa que previene el colapso de los pulmones. Cuando los pulmones están en reposo, la presión pulmonar es igual a la atmosférica. Durante la inspiración, el diafragma se contrae y se mueve hacia abajo.

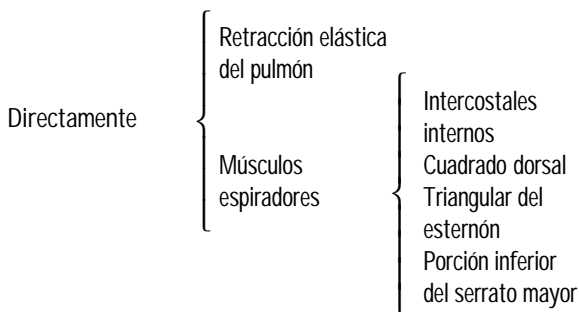
Entonces, los intercostales externos empujan las costillas hacia arriba y la presión pulmonar se vuelve negativa, permitiendo que el aire penetre. Cuando los músculos inspiratorios se relajan, la presión pulmonar se positiviza y el aire se expulsa.

La inspiración es un proceso activo y se debe a la contracción de:



El diafragma es el músculo principal usado en la respiración y se controla por los nervios frénicos desde la tercera a la quinta vértebra cervical. Los músculos accesorios, como los trapecios, los escalenos y los esternocleidomastoideos se usan durante los esfuerzos inspiratorios extras; los músculos abdominales y los intercostales internos se usan en los esfuerzos espiratorios extras.

La espiración es pasiva y producida:



Durante la respiración se modifican los tres diámetros del tórax: el vertical, el anteroposterior y el transversal.

Se debe recordar que hay una pleura visceral y otra parietal (esta última puede ser costal mediastínica y diafragmática) y que la cavidad pleural tiene una presión negativa aproximadamente de 5-6 mm Hg. La presión negativa intrapleural favorece la circulación pulmonar y el retorno venoso durante la fase inspiratoria.

La espiración es un fenómeno pasivo que se produce al terminar la contracción del diafragma. En este momento no actúa ninguna fuerza inspiratoria y la expulsión del aire almacenado en los alvéolos es posible gracias a las fibras elásticas que los rodean a manera de una malla y que al volver a su posición inicial comprimen los sacos alveolares favoreciendo su vaciamiento.

La figura 8.9 ilustra la disposición de las fibras elásticas en los lobulillos pulmonares y la figura 8.10 el estado de los alvéolos y el pulmón durante la inspiración y la espiración.

Para regular la respiración existe un centro respiratorio bulbar que funciona automáticamente por una doble excitación: nerviosa y química, todo ello regulado por los centros superiores corticales. La excitación nerviosa depende del reflejo neumovagal de Hering-Breuer, mediante el cual la distensión alveolar provoca espiración y el colapso alveolar provoca inspiración.

La vía aferente o centrípeta la constituyen los nervios: neumogástrico o vago, glossofaríngeo, trigémino, laríngeo superior y los sensitivos cutáneos y viscerales. El vago es inhibidor de la inspiración y excitador de la espiración y también es broncoconstrictor; el simpático es broncodilatador. La vía eferente o centrífuga la constituyen los nervios: frénico, espinales respiratorios y laríngeo inferior.

La excitación química se verifica por las variaciones de tensión del O₂ y del CO₂ en la sangre. Un contenido alto de CO₂ aumenta el pH sanguíneo y excita el centro provocando una respiración más rápida y profunda.

Un contenido bajo de CO₂ disminuye el pH sanguíneo y deprime el centro, por lo tanto la respiración se hace menos frecuente y menos profunda.

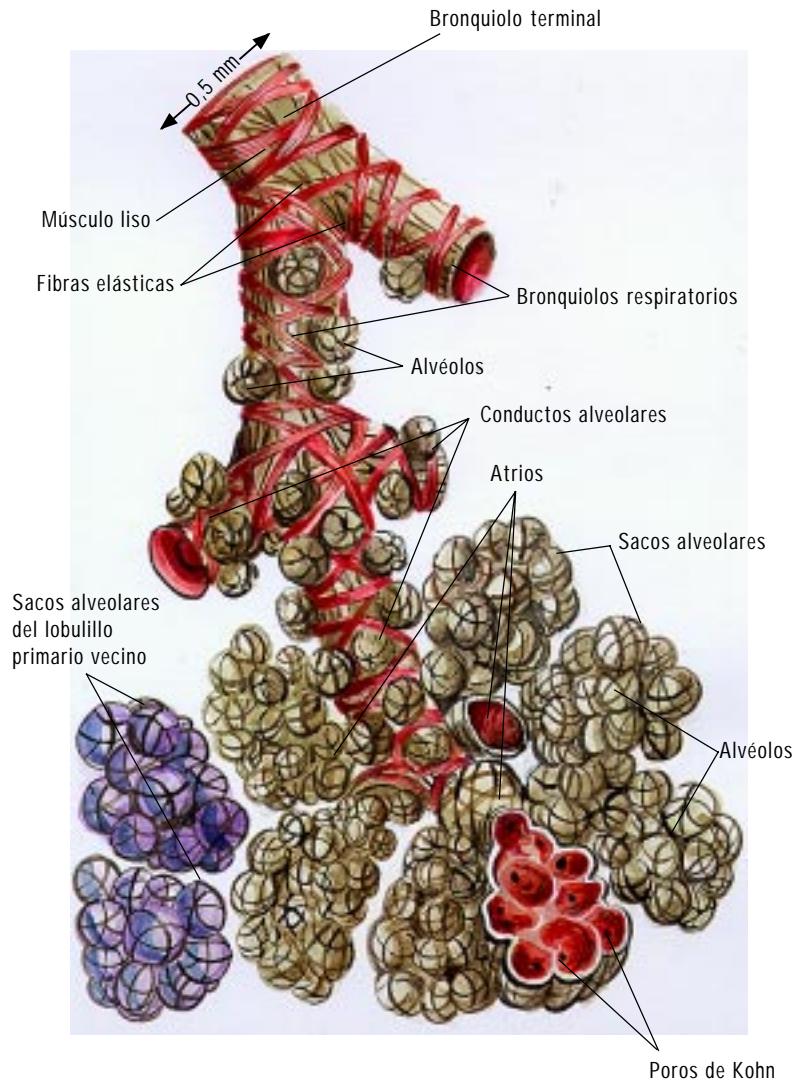
La aorta y el seno carotídeo también son puntos de partida de reflejos que por estímulos mecánicos y químicos obran sobre el centro respiratorio.

Resumiendo, podemos decir que la actividad del centro respiratorio depende de:

1. pH de la sangre.
2. Cantidad de O₂ que recibe.

Fig. 8.9 Fibras elásticas del pulmón.

ESTRUCTURA DE LOS LOBULILLOS PULMONARES



3. Cantidad de CO₂ que recibe.
4. Excitabilidad del centro.
5. Metabolismo propio del centro.
6. Reflejo de Hering-Breuer.

VENTILACIÓN PULMONAR (FIG. 8.11)

La compliance de los pulmones y el tórax también afecta la respiración e involucra la capacidad de los pulmones y el tórax a expandirse y regresar a su natural retroceso elástico.

La compliance se considera que está alta o baja en dependencia de la presión que necesita para expandir los pulmones. Por ejemplo, si los pulmones se expanden fácilmente, la compliance es alta, mientras que si se necesita más presión para expandir el pulmón, es baja, en cuyo caso el pulmón se llama rígido.

Debido a la tensión superficial del líquido que tapiza el alvéolo, estos pequeños sacos aéreos tienden a encogerse.

El surfactante, una sustancia fosfolípida, es segregado por los alvéolos para disminuir la tensión superficial. La tensión superficial disminuida previene el colapso alveolar y reduce el esfuerzo al respirar. La fuerza de los músculos respiratorios y la compliance afectan los volúmenes pulmonares, los que varían con la talla corporal, la edad y el sexo.

La capacidad total del pulmón, o la cantidad de gas en los pulmones después de una inspiración forzada, contiene los volúmenes corriente y residual y los volúmenes de reserva inspiratoria y espiratoria. El volumen corriente es conocido internacionalmente como volumen "Tidal", que significa en inglés "marea", por la similitud del aire inspirado y espirado normalmente, con la marea, que va y viene.

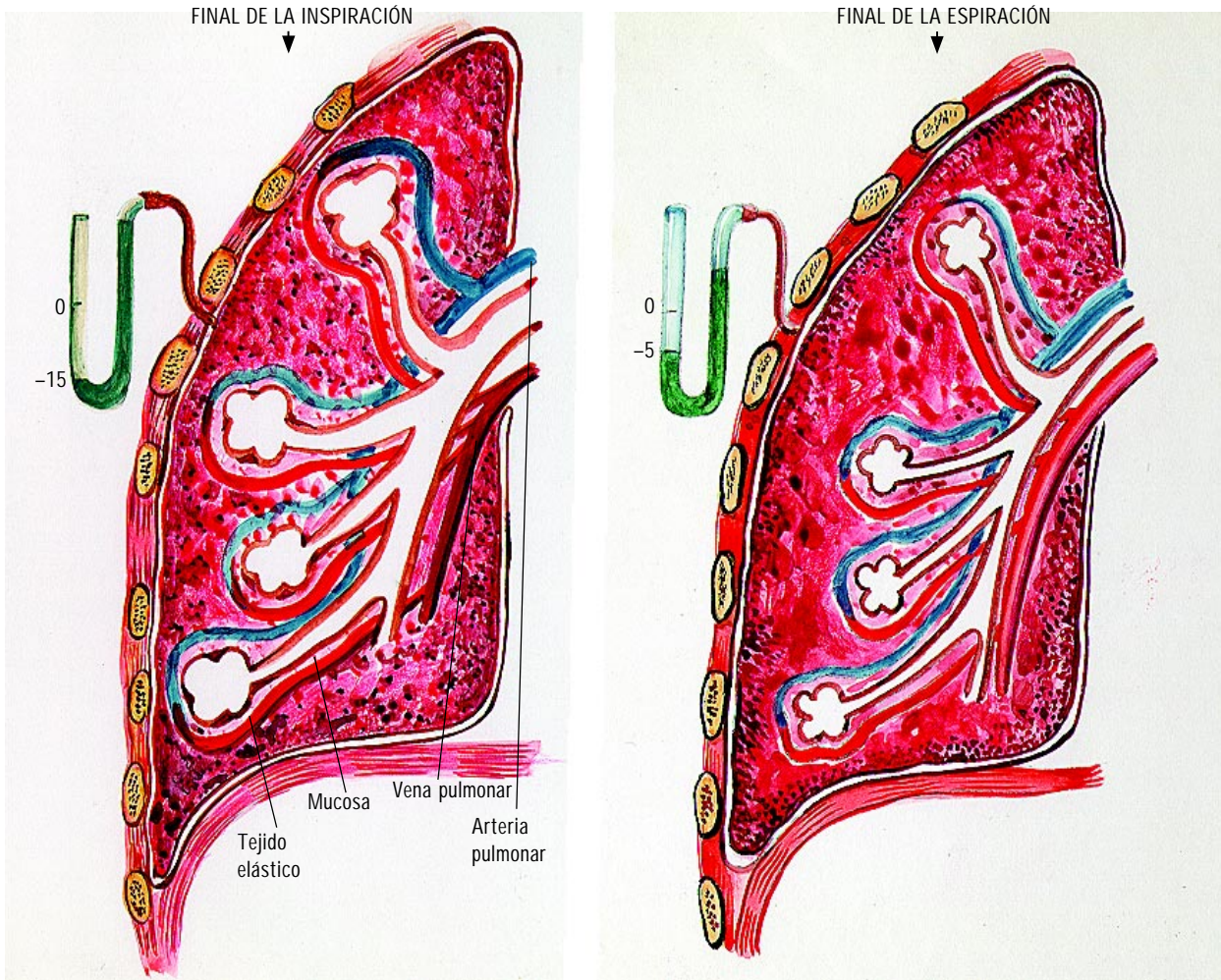


Fig. 8.10 Estado de los alvéolos con inspiración y espiración.

Volumen corriente o "Tidal". Cantidad de aire que entra o sale del pulmón en cada respiración normal; equivale a 500 mL.

Aire complementario o volumen de reserva inspiratoria. Cantidad de aire que puede penetrar en el pulmón por una inspiración forzada una vez completada la inspiración normal; fluctúa entre 1500-2 000 mL.

Aire de reserva o volumen de reserva espiratoria. Cantidad de aire de una espiración forzada después de terminar la espiración normal; equivale a 1500 mL.

Aire residual o volumen residual. Cantidad de aire que queda en los pulmones después de una espiración máxima; equivale a 1 000 mL.

Aire del espacio muerto. El que queda en la tráquea, bronquios, etc.; su valor es igual a 140 mL.

Capacidad total. Volumen total de aire; equivale a 4 500 mL.

Capacidad vital. Aire corriente + aire complementario + + aire de reserva = 3 500 mL; guarda proporción con la superficie corporal.

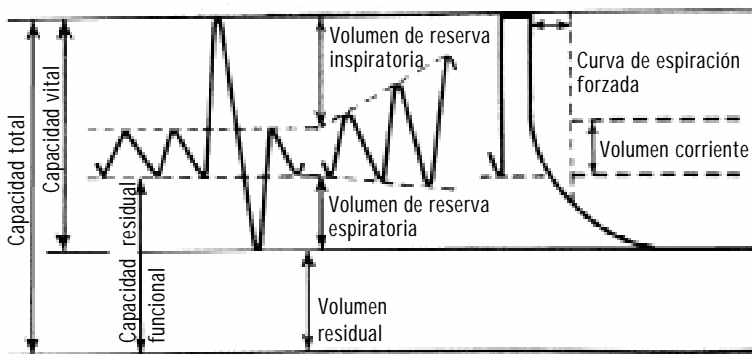


Fig. 8.11 Volúmenes y flujos pulmonares (Simonin, Sadoul y Oriol).

Aire residual funcional. Aire residual + aire de reserva = 2 500 mL.

Intercambio gaseoso

Normalmente hay 15 g de hemoglobina (Hb) en 100 mL de sangre. Cada gramo de hemoglobina fija 1,34 mL de O_2 . Por tanto, 15 g de hemoglobina = $1,34 \cdot 15 = 20,10$ mL de O_2 por 100 mL de sangre.

La hemoglobina forma con el O_2 una verdadera combinación química que depende de la tensión parcial de este último gas. Se efectúa según la denominada curva de tensión o de la disociación oxihemoglobínica de Barcroft. El oxígeno en sangre arterial se encuentra a una tensión de 100 mm Hg. A la tensión normal de 100 mm Hg, se satura en sangre arterial el 95 % de la hemoglobina.

En los capilares y venas donde la tensión es de 40 mm Hg se satura del 75 al 85 % de la hemoglobina. Como la sangre arterial contiene 15 g de hemoglobina por 100 mL y solo está saturada el 95 % (oxihemoglobina) y el 5 % restante queda insaturada, anóxica o reducida, resulta que siempre queda 1 mL de oxígeno por combinar en la sangre arterial: $15 \text{ g de Hb} \cdot 1,34 \text{ mL} = 20,10 \text{ mL por}$

100 mL de sangre. El 5 % insaturado de 20,10 mL de O_2 , = 1 mL de oxígeno por combinar. A esto se añade la sangre del sistema circulatorio bronquial, la cual al no penetrar en el circuito menor no se oxigena y contribuye a mantener la insaturación arterial.

Dada la gran difusibilidad de los gases en uno y otro sentidos a través de la pared alveolar, se produce el hecho de que la concentración de los mismos en el capilar es igual a la que se encuentra en el alvéolo, por cuya razón basta con medir la tensión del CO_2 en el alvéolo para obtener una cifra igual a la tensión de dicho gas en el capilar. Esta tensión es normalmente de 40-43 mm Hg.

Resumiendo, podemos considerar que el mecanismo de la respiración requiere para un adecuado funcionamiento:

1. Que llegue una cantidad mínima de O_2 , del medio externo al alvéolo.
2. Que el transporte de O_2 del alvéolo a los tejidos y el del CO_2 de los tejidos al alvéolo sea adecuado (respiración externa).
3. Que el intercambio gaseoso entre las células de los tejidos y la sangre sea correcto (respiración interna).