



TSU EN URGENCIAS MÉDICAS

Anatomía y Fisiología 1

U4

Anatomía y fisiología del aparato respiratorio



Anatomía y fisiología del aparato respiratorio

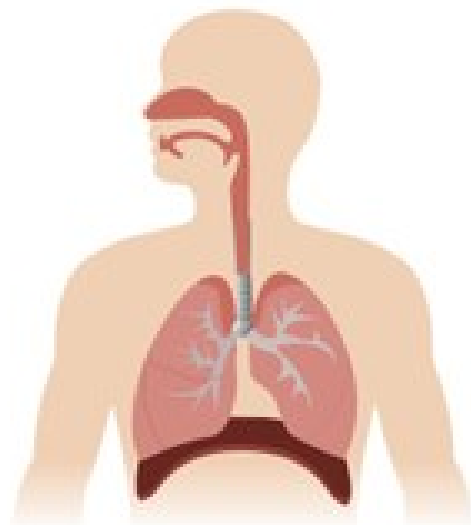


Imagen tomada de: <https://goo.gl/HwdRrv>



Índice

Unidad 4. Anatomía y fisiología del aparato respiratorio	4
Propósito de la Unidad.....	4
Competencia específica.....	4
Presentación de la Unidad	5
4.1 Vía Aérea Superior	6
4.1.1. Nariz.....	6
4.1.2 Faringe	7
4.1.3 Laringe	8
4.2 Vía Aérea Inferior.....	9
4.2.1. Tráquea.....	9
4.2.2 Pulmones	10
4.3 Fisiología y mecánica respiratoria.....	11
4.3.1. Intercambio Gaseoso	11
4.3.2 Perfusión tisular.....	17
Cierre de la Unidad	21
Fuentes de consulta	21



Unidad 4. Anatomía y fisiología del aparato respiratorio

El aparato respiratorio complementa las condiciones de generación de energía, lo que explica su función primaria: la captación de Oxígeno. Así mismo, se ocupa de la eliminación de las moléculas de anhídrido carbónico con la finalidad de no concentrar sustancias potencialmente tóxicas al organismo.

Propósito de la Unidad

En esta unidad:



- Describe las estructuras componentes del Aparato Respiratorio.
- Identifica las características del Árbol Bronquial y pulmones.
- Identifica el sitio exacto de los campos pulmonares.
- Reconoce los ruidos respiratorios en las regiones anatómicas.
- Identifica el origen de los ruidos respiratorios.
- Ubica los ruidos respiratorios en las fases del ciclo respiratorio.

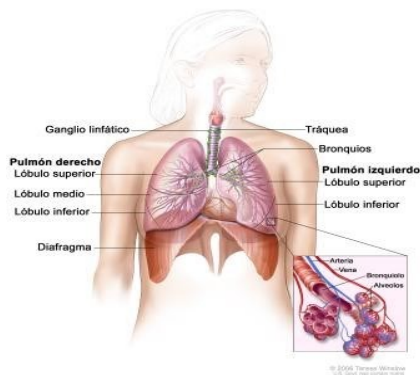
Competencia específica



- Describe la forma, tamaño y volumen de las estructuras del Aparato Respiratorio para analizar sus características en condiciones de normalidad mediante modelos anatómicos impresos, tridimensionales y/o sujetos vivos.
- Ubica las estructuras del Aparato Respiratorio, así como los campos pulmonares, para localizarlas en condiciones de normalidad mediante modelos anatómicos impresos, tridimensionales y modelos vivos.
- Contrasta las estructuras anatómicas entre sí, para clasificarlas e integrarlas funcionalmente por regiones, a través de esquemas, modelos anatómicos y/o pacientes vivos. -Identifica la función respiratoria normal para determinar sus características de normalidad mediante los signos específicos del trabajo pulmonar.
- Identifica la función respiratoria normal para determinar sus características de normalidad mediante los signos específicos del trabajo pulmonar.



Presentación de la Unidad



Para que el cuerpo utilice la energía que obtiene de los alimentos es necesario el oxígeno, que se encuentra en el aire mezclado con otros gases.

El aparato respiratorio es el conjunto de estructuras cuya función es la de abastecer de oxígeno al organismo, principalmente al cerebro, mediante la incorporación de aire rico en oxígeno y la expulsión de aire enrarecido por el anhídrido carbónico.

Consta de dos partes: las vías aéreas, con las fosas nasales y los conductos, y los pulmones:

- Fosas nasales (filtra, humedece y calienta el aire).
- Conductos
- Faringe, laringe (cuerdas vocales), tráquea.
- Pulmones
- Bronquios, bronquiolos, alvéolos pulmonares.
- Pleura, lóbulos.
- Diafragma.

Los pulmones son órganos pares y ocupan ambas mitades de la cavidad torácica; están separados por un espacio en el que se alojan el corazón y los grandes vasos sanguíneos (situados ligeramente en el lado izquierdo) por lo que el pulmón izquierdo tiene sólo dos lóbulos mientras que el derecho tiene tres.



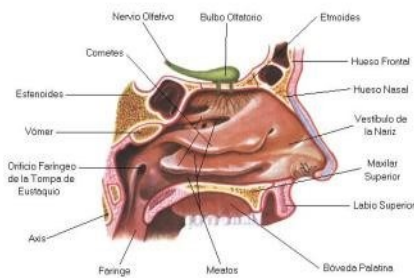
4.1 Vía Aérea Superior

La vía aérea superior consta de un canal selectivamente permeable cuya función es específicamente la conducción, calentamiento y depuración del volumen aéreo.

4.1.1. Nariz

LA NARIZ

Tiene una parte externa que sobresale de la cara (que es la Nariz propiamente dicha) y una parte interna que es la cavidad nasal. La parte externa de la nariz está formada por los Huesos Propios de la Nariz y unos cartílagos que forman cada ventana de la nariz o Ala de la Nariz.



La Cavidad Nasal está separada de la boca por el paladar y del cerebro por la Lámina Cribosa del Hueso Etmoides, que forman el suelo y el techo respectivamente.

Está dividida en dos fosas mediante el Tabique Nasal, que está formado por el Hueso Vómer, la Lámina perpendicular del Etmoides y por el Cartílago del Tabique.

Tiene unas aperturas externas llamadas Narinas, que son los orificios nasales. Al entrar por las narinas nos encontramos con una zona más ensanchada de la nariz que es el Vestíbulo (antepuerta de las fosas nasales).

A partir del vestíbulo se extienden las fosas nasales hacia atrás. De las paredes laterales salen unas láminas de hueso retorcidas hacia abajo que son los Cornetes – superiores, medio e inferior. Los espacios que quedan entre los cornetes son los Meatos (superior, medio e inferior).

Los orificios posteriores de las fosas reciben el nombre de Coanas, que son las que comunican las fosas nasales con la faringe.



SENOS PARANASALES

Los senos paranasales son unas cavidades que hay en el interior de algunos huesos del cráneo. En su interior están tapizados por mucosas nasales y aire. Son cuatro pares de senos, y todos ellos desembocan en los meatos:

- Senos frontales: están localizados por encima de las órbitas.
- Senos maxilares: se localizan a los lados de las fosas nasales.
- Senos esfenoidales: están situados en el cuerpo del esfenoides.
- Celdillas etmoidales: están localizados en las masas laterales del etmoides.

En estas cavidades es donde se acumula el moco y una de sus funciones es aligerar el peso del cráneo.

4.1.2 Faringe

LA FARINGE

En un tubo de paredes musculares, recubiertas de mucosa en su interior, que va anclado a la base del cráneo.

Tiene tres porciones:

- La nasofaringe: es la parte más craneal de la faringe. En ella encontramos unos orificios donde desembocan las Tubas Auditivas, que son unos conductos que van del oído medio a la nasofaringe y cuya finalidad es igualar las presiones externas e internas del oído. A través de estos conductos se pueden transmitir infecciones entre la faringe y el oído, en ambos sentidos. También nos encontramos con las Adenoides ó Amígdalas Faríngeas, órganos linfoides que producen linfocitos y que cuando se inflaman dan lugar a las vegetaciones.
- La orofaringe: queda por detrás de la boca y se extiende hasta el hueso hioides. Aquí se encuentran las Amígdalas palatinas, que también producen linfocitos contribuyendo al sistema de defensa y cuya inflamación se conoce como amigdalitis.
- La laringofaringe: es la parte más caudal de la faringe, cuya parte anterior se comunica con la laringe (la parte posterior se comunica con el esófago). Es lugar de paso común para el aparato respiratorio y para el digestivo.



4.1.3 Laringe

LA LARINGE

Tubo formado por varios cartílagos que se unen entre ellos por músculos y membranas. Los cartílagos más importantes son la epiglotis, el tiroides y el cricoides

- La epiglotis: es un cartílago grande que tiene forma de raqueta, siendo el vértice la parte más inferior (mango de la raqueta) y la parte superior sería el cuerpo de la raqueta. Su parte inferior se une a la parte posterior del tiroides en la línea media. Su mecanismo consiste en subir o bajar para impedir el paso de alimentos a la laringe, actúa cerrándose cuando se traga y cuando se respira está abierta, por lo que regula el paso de sustancias a la laringe.
- El tiroides: también es un cartílago grande y se encuentra por debajo de la epiglotis, éste tiene forma de libro abierto mirando hacia atrás (el lomo del libro hacia la parte anterior). En los hombres se nota en la cara anterior del cuello y se conoce como la —nuez de Adán.
- El cricoides: se encuentra por debajo del cartílago tiroides y tiene forma de anillo con una especie de sello, que quedaría hacia atrás. Se continúa hacia abajo con la tráquea.

Estos tres cartílagos se unen entre sí a través de membranas y ligamentos. El interior de la laringe está tapizado por mucosas que forman unos pliegues en sentido antero posterior que son las Cuerdas Vocales. Hay dos pares de cuerdas vocales:

- Las Falsas o superiores, que tienen un papel meramente protector.
- Las Verdaderas o inferiores, cuya vibración por el paso del aire produce la modulación de la voz.

El espacio que queda entre las cuerdas vocales se conoce como Glotis, que es por donde pasa el aire. Un edema en la mucosa produciría que se inflamase e impediría el paso del aire, provocando un grave problema.



4.2 Vía Aérea Inferior

Esta porción de la vía aérea está compuesta por tráquea, bronquios y pulmones, lo que significa que además de ser el aparato de conducción, en esta parte se encuentran las estructuras especializadas en el intercambio de gases, lo que lo hace funcionalmente indispensable.

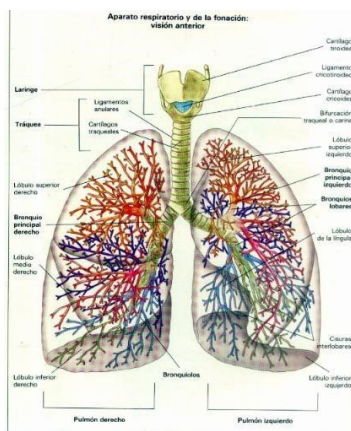
4.2.1. Tráquea

LA TRÁQUEA

La laringe se continúa con la tráquea. La tráquea es un tubo de unos 11cm que va de la laringe a los bronquios principales. Se localiza delante del esófago.

Está formada por anillos de cartílagos pero incompletos, porque no hay cartílago en la parte posterior. Tienen forma de C. Se unen entre sí por músculos y membranas, y están tapizadas en su interior por mucosas.

La tráquea llega hasta una zona llamada Carina donde se divide en dos bronquios, el principal derecho y el principal izquierdo.



LOS BRONQUIOS

Hay dos Bronquios Principales uno derecho y otro izquierdo, que se dirigen cada uno a un pulmón. Tiene su pared formada por anillos de cartílagos incompletos hacia su parte posterior igual que en la tráquea, pero completos al entrar en los pulmones.

El bronquio derecho es un poco más vertical que el izquierdo, por lo que es más fácil que un cuerpo extraño vaya al derecho.

Al entrar en los pulmones se van dividiendo en bronquios más pequeños y a medida que se dividen tienen distintos nombres. Los primeros son los Bronquios Lobulares, uno a cada lóbulo del pulmón. Estos se siguen dividiendo en bronquios más pequeños y finos hasta llegar a los Bronquiolos, que van a terminar en una zona dilatada que son los Alvéolos (es una especie de saco) estas estructuras se pueden comparar a racimos de uvas. El conjunto es el Saco Alveolar y cada uva recibe el nombre de Alvéolo, aquí es donde se produce el intercambio de gases entre sangre y aire.

Los alvéolos están separados entre sí por un Tabique Interalveolar por donde circulan los Vasos Capilares Sanguíneos, que son vasos derivados de la arteria pulmonar y de la vena pulmonar en su punto de encuentro.



Aquí es donde se realiza el intercambio: El CO_2 que llega de las arterias pulmonares atraviesa las paredes de los capilares y de los alvéolos para depositarse en el interior de éstos y ser expulsado al exterior por la espiración, y el O_2 que inspiramos realiza la misma operación en sentido contrario, saliendo de los alvéolos para incorporarse a las venas pulmonares que llevarán la sangre oxigenada al corazón y de ahí al resto del cuerpo. Las paredes que se atraviesan en esta operación, las de los alvéolos y las de los capilares, conforman lo que se llama Barrera Hemato-aérea.

ARTERIAS ARTERIOLAS CO_2 CAPILARES O_2 VÉNULAS VENAS

Esto solo ocurre con las arterias y las venas pulmonares, en el resto del organismo las arterias llevan O_2 y las venas CO_2 .

4.2.2 Pulmones

LOS PULMONES

Tienen forma de cono con la base apoyada en el diafragma y los vértices entrando en el cuello. Tienen una consistencia elástica y son de color rosado.

Tiene varias caras:

- *Cara diafragmática:* Es la cara inferior, forma la base de los pulmones y se apoya en el diafragma.
- *Cara costal:* Es la cara externa y se encuentra en contacto con las costillas. Son caras lisas.
- *Cara mediastínica:* Mira hacia dentro, concretamente hacia el mediastino que es el espacio que queda entre los dos pulmones (aquí se encuentra el corazón), estas caras están enfrentadas. Aquí nos encontramos todas las estructuras que entran o salen del pulmón, todas estas estructuras forman el Pedículo Pulmonar y la zona por donde entra el pedículo recibe el nombre de Hilio Pulmonar. Por lo que el pedículo estará formado por los bronquios, arterias pulmonares, arterias bronquiales, venas pulmonares y venas bronquiales, vasos linfáticos, nervios y otras ramitas aórticas.



Los dos pulmones son diferentes.

El pulmón derecho está formado por tres Lóbulos: Superior, Medio e Inferior. Los lóbulos están separados por unas hendiduras grandes que son las cisuras, estas son dos: la Cisura Horizontal ó Menor, que separa el lóbulo superior del medio, y la Cisura Oblicua ó Mayor, que separa el lóbulo medio del inferior. A cada lóbulo le llega su propio bronquio lobular.

El pulmón izquierdo es más pequeño que el derecho para acoger al corazón, por lo que solo tiene dos Lóbulos: Superior e Inferior, que se encuentran separados únicamente por la Cisura Oblicua ó Mayor. Para hacerle hueco al corazón, tiene un entrante en su cara mediastínica (la interna o medial) que se llama Escotadura Cardíaca, quedando en su borde inferior una especie de lengüeta que lo abraza por delante, llamada Lígula.

Los pulmones están recubiertos por la pleura, que es un saco de doble membrana. La parte más pegada al pulmón es la pleura visceral, y la que queda por fuera es la pleura parietal, ambas pleuras se continúan y recubren al pulmón, menos por la parte del hilio para que puedan entrar y salir las estructuras. Entre ellas (ocurre lo mismo que en el corazón, con el ejemplo del globo) hay una cavidad, que es la cavidad pleural, la cual se encuentra ocupada por una cantidad pequeña del líquido pleural, que se encarga de lubricar, es decir, facilitar el desplazamiento entre las dos membranas en los movimientos respiratorios.

4.3 Fisiología y mecánica respiratoria

La mecánica respiratoria incluye el intercambio de gases a nivel alveolar y la transmisión a través de la membrana de diferentes sustancias que promueven la homeostasis, por lo que será muy importante que des seguimiento a las concentraciones de dichas sustancias, pues esta característica determina la eficiencia respiratoria.

4.3.1. Intercambio Gaseoso

La función principal del Aparato Respiratorio es la de aportar al organismo el suficiente oxígeno necesario para el metabolismo celular, así como eliminar el dióxido de carbono producido como consecuencia de ese mismo metabolismo.

El Aparato Respiratorio pone a disposición de la circulación pulmonar el oxígeno procedente de la atmósfera, y es el Aparato Circulatorio el que se encarga de su transporte (la mayor parte unido a la hemoglobina y una pequeña parte disuelto en el plasma) a todos los tejidos donde lo cede, recogiendo el dióxido de carbono para transportarlo a los pulmones donde éstos se encargarán de su expulsión al exterior.



El proceso de la respiración puede dividirse en cuatro etapas mecánicas principales:

1. VENTILACIÓN PULMONAR: significa entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares.
2. PERFUSIÓN PULMONAR: permite la difusión del oxígeno y dióxido de carbono entre alvéolos y sangre.
3. TRANSPORTE: de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre y líquidos corporales a las células y viceversa, debe realizarse con un gasto mínimo de energía.

REGULACIÓN DE LA VENTILACIÓN

VENTILACIÓN PULMONAR.

Se denomina Ventilación pulmonar a la cantidad de aire que entra o sale del pulmón cada minuto. Si conocemos la cantidad de aire que entra en el pulmón en cada respiración (a esto se le denomina Volumen Corriente) y lo multiplicamos por la frecuencia respiratoria, tendremos el volumen / minuto.

$$\text{Volumen minuto} = \text{Volumen corriente} \times \text{Frecuencia respiratoria}$$

PRESIONES NORMALES DE OXIGENO EN EL AIRE ATMOSFÉRICO

La presión se mide en varias unidades como: cm de agua, kilopascales, mmHg. Si se toma como referencia el cm de agua, esto significa: La presión que ejerce el agua en un cilindro que tiene un cm de alto sobre una superficie de un cm cuadrado = 1 cm de H₂O. La equivalencia en kilopascales (kpa) ó mmHg es:

$$1 \text{ cm de H}_2\text{O} = 0.1 \text{ Kpa.}$$

$$1 \text{ cm de H}_2\text{O} = 0.73 \text{ mmHg.}$$

La presión atmosférica, también denominada presión barométrica (PB), oscila alrededor de 760 mmHg a nivel del mar. El aire atmosférico se compone de una mezcla de gases, los más importantes, el Oxígeno y el Nitrógeno.

Si sumamos las presiones parciales de todos los gases que forman el aire, obtendríamos la presión barométrica, es decir:

$$PB = PO_2 + PN_2 + P \text{ otros gases}$$



Si conocemos la concentración de un gas en el aire atmosférico, podemos conocer fácilmente a la presión en que se encuentra dicho gas en el aire. Como ejemplo vamos a suponer que la concentración de Oxígeno es del 21%.

$$\text{La Fracción de O}_2 \text{ (FO}_2\text{)} = 21\% = 21/100 = 0,21$$

(Por cada unidad de aire, 0,21 parte corresponde al O₂)

Por lo tanto

$$\text{PO}_2 = \text{PB} \times \text{FO}_2$$
$$\text{PO}_2 = 760 \text{ mmHg} \times 0,21 = 159,6 \text{ mmHg}$$

Si el resto del aire fuese Nitrógeno (N₂), la fracción de este gas representaría el 79%. Así tendríamos:

$$\text{PN}_2 = \text{PB} \times \text{FN}_2$$
$$\text{PN}_2 = 760 \text{ mmHg} \times 0,79 = 600,4 \text{ mmHg}$$

Si tenemos en cuenta que el aire atmosférico está formado cuantitativamente por Oxígeno y Nitrógeno (el resto se encuentra en proporciones tan pequeñas que lo despreciamos), obtendríamos.

$$\text{PO}_2 + \text{PN}_2 = \text{PB}$$
$$159,6 \text{ mmHg} + 600,4 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

Conforme nos elevamos del nivel del mar (por ejemplo la subida a una montaña), la presión barométrica va disminuyendo, y consecuentemente la presión de los diferentes gases que conforman el aire, entre ellos el O₂.

Recordemos que el O₂ pasa de los alvéolos a los capilares pulmonares, y que el CO₂ se traslada en sentido opuesto simplemente mediante el fenómeno físico de la difusión. El gas se dirige desde la región donde se encuentra más concentrado a otra de concentración más baja. Cuando la presión del O₂ en los alvéolos desciende hasta cierto valor, la sangre no podrá enriquecerse lo bastante de O₂ como para satisfacer las necesidades del organismo, y con ello la demanda de O₂ del cerebro no estará suficientemente cubierta,



con lo que aparece el llamado "Mal de montaña", con estados nauseosos, cefalalgia e ideas delirantes.

A los 11.000 metros de altura la presión del aire es tan baja que aun si se respirase oxígeno puro, no se podría obtener la suficiente presión de oxígeno y por tanto disminuiría el aporte del mismo a los capilares de forma tal que sería insuficiente para las demandas del organismo.

Es por esta causa que los aviones que se elevan sobre los 11.000 metros, van provistos de dispositivos que impulsan el aire al interior de la cabina de forma que se alcance una presión equivalente a la del nivel del mar, o sea 760 mmHg y es por esta misma causa que los enfermos respiratorios no deben vivir en lugares montañosos, donde está disminuida la presión atmosférica.

El aire entra en el pulmón durante la inspiración, y esto es posible porque se crea dentro de los alvéolos una presión inferior a la presión barométrica, y el aire como gas que es, se desplaza de las zonas de mayor presión hacia las zonas de menor presión. Durante la espiración, el aire sale del pulmón porque se crea en este caso una presión superior a la atmosférica gracias a la elasticidad pulmonar.

Todo el aire que entra en los pulmones en cada respiración, solo una parte llega a los alvéolos. Si consideramos un Volumen Corriente (V_c) de 500 cc en una persona sana, aproximadamente 350 ml llegarán a los alvéolos y 150 ml se quedarán ocupando las vías aéreas. Al aire que llega a los alvéolos se le denomina Ventilación Alveolar, y es el que realmente toma parte en el intercambio gaseoso entre los capilares y los alvéolos.

Al aire que se queda en las vías aéreas, se le denomina Ventilación del Espacio Muerto, nombre que le viene al no tomar parte en el intercambio gaseoso. A la ventilación alveolar también se denomina ventilación eficaz.

El espacio muerto se divide en:

1. Espacio Muerto Anatómico: Se extiende desde las fosas nasales, pasando por la boca, hasta el bronquiolo terminal. El volumen de este espacio es de 150 ml (VD).
2. Espacio Muerto Fisiológico: Es igual al anatómico en el sujeto normal. Solo en condiciones patológicas (enfisema, etc.), es distinto al anatómico y comprende los alvéolos que están hiperinsuflados y el aire de los alvéolos están ventilados pero no perfundidos.
3. Espacio Muerto Mecánico: Es aquel espacio que se agrega al anatómico producto de las conexiones de los equipos de ventilación artificial o de anestesia.

El espacio muerto puede aumentar con la edad por pérdida de elasticidad al igual que durante el ejercicio y disminuir cuando el individuo adopta el decúbito.

Aplicando la fórmula que ya conocemos, con una $P_B = 760$ mmHg, y una FO_2 (Fracción de oxígeno) del 20,9 %, tenemos una PO_2 atmosférico de 152 mmHg.



Sin embargo, cuando el aire penetra en las vías aéreas, se satura de vapor de agua que se desprende constantemente de las mucosas de las vías aéreas. A una temperatura corporal de 37°C, este vapor de agua es un nuevo gas que tiene una presión constante de 47 mmHg. Como la presión dentro de las vías aéreas una vez que cesa el momento inspiratorio es igual a la presión barométrica, la adición de este nuevo gas hace descender proporcionalmente las presiones parciales de los otros gases (oxígeno y nitrógeno). La fórmula para hallar la presión del oxígeno en las vías aéreas será la siguiente:

- $PIO_2 = (PB - P \text{ vapor de agua}) \times FIO_2$
- $PIO_2 = (760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg}) \times 0,20,9$
- $PIO_2 = 149 \text{ mmHg}$
- $PIO_2 = \text{Presión inspirada de } O_2$
- $FIO_2 = \text{Fracción inspirada de } O_2$

MECÁNICA DE LA VENTILACIÓN PULMONAR

En la respiración normal, tranquila, la contracción de los músculos respiratorios solo ocurre durante la inspiración (proceso activo) y la espiración es un proceso completamente pasivo, causado por el retroceso elástico de los pulmones y de las estructuras de la caja torácica.

En consecuencia, los músculos respiratorios normalmente solo trabajan para causar la inspiración y no la espiración. Los pulmones pueden dilatarse y contraerse por:

1. Por movimiento hacia arriba y abajo del diafragma, alargando o acortando la cavidad torácica.
2. Por elevación y depresión de las costillas, aumentando y disminuyendo el diámetro A - P de la misma cavidad.

Músculos inspiratorios:

- Diafragma
- Intercostales externos
- Esternocleidomastoidéo

Músculos espiratorios:

- Abdominales
- Intercostales internos

PRESION INTRA-PLEURAL:

Los pulmones tienen tendencia elástica continua a estar en colapso y por tanto a apartarse de la pared torácica, esto está producido por 2 factores:

1. Numerosas fibras elásticas que se estiran al hincharse los pulmones y por tanto intentan acortarlos.



2. La tensión superficial del líquido que reviste los alvéolos también producen una tendencia elástica continua de estos para estar en colapso (es la más importante). Este efecto es producido por la atracción intermolecular entre las moléculas de superficie del líquido alveolar; esto es, cada molécula tira de la siguiente continuamente tratando de producir el colapso del pulmón. La tendencia total al colapso de los pulmones puede medirse por el grado de presión negativa en los espacios interpleurales necesarios para evitar el colapso pulmonar (presión intrapleural), que normalmente es de -4 mmHg.

SUSTANCIA TENSOACTIVA (SURFACTANTE)

Hay células secretoras de agente tensoactivo que secretan la mezcla de lipoproteínas llamada así (Neumocitos Granulosos de tipo II), que son partes componentes del epitelio alveolar, cuando no existe esta sustancia, la expansión pulmonar es extremadamente difícil, dando lugar a atelectasias y al Síndrome de la Membrana Hialina o Síndrome de Dificultad Respiratoria en el Recién Nacido, fundamentalmente si son prematuros. Esto evidencia la importancia del surfactante.

También es importante destacar el papel del surfactante para prevenir la acumulación de líquido en los alvéolos. La tensión superficial del líquido en los alvéolos no solo tiende a colapsarlos, sino también a llevar el líquido de la pared alveolar a su interior. Cuando hay cantidades adecuadas de tensoactivo los alvéolos se mantienen secos.

ADAPTABILIDAD PULMONAR (COMPLIANCE).

Es la facilidad con que los pulmones se dejan inflar en relación a la presión de inflación. Esto significa que cada vez que la presión alveolar aumenta en 1 cm de H₂O, los pulmones se expanden 130 ml.

VOLÚMENES PULMONARES:

Para facilitar la descripción de los acontecimientos durante la ventilación pulmonar, el aire en los pulmones se ha subdividido en diversos puntos del esquema en 4 volúmenes diferentes y 4 capacidades diferentes:

- A. Volumen corriente (V_t) ó Volumen Tidal: es el volumen de aire inspirado o espirado durante cada ciclo respiratorio, su valor normal oscila entre 500 - 600 ml en el varón adulto promedio. Su cálculo se logra multiplicando un valor en mililitros que oscila entre 5 - 8 por los Kg. de peso.
- B. Volumen de Reserva Inspiratoria (VRI): volumen de aire máximo que puede ser inspirado después de una inspiración normal.
- C. Volumen de Reserva Espiratoria (VRE): volumen de aire máximo que puede ser espirado en espiración forzada después del final de una espiración normal.
- D. Volumen Residual (VR): volumen de aire que permanece en el pulmón después de una expiración máxima.

**CAPACIDADES PULMONARES:**

- A. Capacidad Vital (CV): equivale al $VRI + VT + VRE$.
- B. Capacidad Inspiratoria (CI): equivale al $VT + VRI$. Esta es la cantidad de aire que una persona puede respirar comenzando en el nivel de espiración normal y distendiendo sus pulmones a máxima capacidad.
- C. Capacidad Funcional Residual (CFR): equivale al $VRE + VR$. Es la cantidad de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración normal.
- D. Capacidad Pulmonar Total (CPT): es el volumen máximo al que pueden ampliar los pulmones con el mayor esfuerzo inspiratorio posible, es igual a $CV + VR$.

4.3.2 Perfusión tisular**PERFUSIÓN PULMONAR O RIEGO SANGUÍNEO PULMONAR.**

Se denomina así al riego sanguíneo pulmonar. La circulación pulmonar se inicia en el ventrículo derecho, donde nace la Arteria Pulmonar. Esta arteria se divide en dos ramas pulmonares, cada una de ellas se dirige hacia un pulmón. Estas ramas pulmonares se van dividiendo a su vez en ramas más pequeñas para formar finalmente el lecho capilar que rodea a los alvéolos, siendo éste en su comienzo arterial y luego venoso. Del lecho venoso parte la circulación venosa que termina en las cuatro venas pulmonares, las cuales desembocan en la Aurícula Izquierda.

A continuación veremos la presión en que se encuentran el O_2 y el CO_2 en la sangre en los distintos compartimentos:

SISTEMA VENOSO: (PO_2 : 40 mmHg, P_{CO_2} : 45 mmHg)

Cuando esta sangre se pone en contacto con el alvéolo, como en éste las presiones de oxígeno son más elevadas ($PAO_2 = 109$ mmHg) el O_2 pasa desde el espacio alveolar al capilar intentando igualar las presiones. Simultáneamente ocurre lo contrario con el CO_2 , siendo la presión mayor en la sangre venosa, tiende a pasar al alvéolo para compensar las presiones.

CAPILAR VENOSO ALVEOLAR: (PO_2 : 109 mmHg, P_{CO_2} : 40 mmHg).



Como quiera que el Aparato Respiratorio no es totalmente " perfecto ", existe territorios en él en que determinado número de capilares no se pone en contacto con los alvéolos, y esto hace que la sangre pase directamente con las mismas presiones con las que llegó al pulmón hasta el ventrículo izquierdo, y aquí se mezclará toda la sangre, aquella que ha podido ser bien oxigenada y aquella otra que por múltiples razones no se ha enriquecido adecuadamente de O_2 . Entonces, en la gasometría que realizamos a cualquier arteria sistémica, la PO_2 es inferior a la considerada a la salida de la sangre del territorio capilar pulmonar, por ser la media de las presiones de todos los capilares pulmonares, lo que conforma las presiones arteriales sistémicas. Por tanto podemos considerar una gasometría arterial normal a la que cumpla con las siguientes presiones y Ph:

- Ph entre 7,35 y 7,45
- PO_2 entre 85 y 100 mmHg.
- PCO_2 entre 35 y 45 mmHg.

Es importante señalar que al contrario de la circulación sistémica, las presiones existentes en la circulación pulmonar son más bajas, por lo que también es considerada como un Circuito de Bajas Presiones, ya que el ventrículo derecho no necesita elevar sus presiones para enviar la sangre más allá de los hilios pulmonares.

Cuando la presión arterial pulmonar sistólica excede de 30 mmHg y la presión media de la arteria pulmonar es superior a 15 mmHg, estamos en presencia de un estado de

HIPERTENSION PULMONAR. Estas mediciones se hacen mediante el cateterismo, en ausencia de este, el único indicador es el reconocimiento clínico.

TRANSPORTE DE OXIGENO:

Hasta ahora hemos recordado los caminos que recorre el O_2 para llegar desde el aire atmosférico hasta los capilares pulmonares. Pues bien ya en la sangre, el oxígeno en su mayor parte va unido a la Hemoglobina (porción hem) en forma de oxihemoglobina y una parte mínima va disuelto en el plasma sanguíneo. Por esta razón la cantidad de hemoglobina es un factor muy importante a tener en cuenta para saber si el enfermo está recibiendo una cantidad de oxígeno suficiente para su metabolismo tisular.

Por este motivo, un paciente puede tener una gasometría normal, pero si presenta una anemia importante (disminuye el número de transportadores del O_2), la cantidad de O_2 que reciben sus tejidos no es suficiente.

Por ejemplo, 1g de Hb puede combinarse químicamente o asociarse con 1.39 ml de O_2 , por lo que en 100 ml de sangre, que contiene 15g de Hb, esta puede combinarse



químicamente con 20 ml de O₂, aunque esto dependerá de la presión parcial del O₂ en la sangre. Los tejidos consumen 5 ml por 100ml, por lo que para un volumen sanguíneo de 5 l se consumirán 250 ml de O₂ aproximadamente. Si el total de O₂ de la sangre es de 1000 ml, en caso de paro cardíaco, este será consumido en solo 4 min, por lo que solo tenemos ese margen para restablecer la circulación sin que quede daño cerebral, lógicamente en dependencia con el estado previo del paciente.

Otro factor a tener en cuenta es la función cardíaca. Si existe una insuficiencia cardíaca, la corriente sanguínea se va a tornar lenta, se formarán zonas edematosas y con ello el oxígeno que llegará a los tejidos será posiblemente insuficiente para el adecuado metabolismo tisular.

En resumen, para que el oxígeno llegue en cantidad suficiente a los tejidos, se tienen que dar tres condiciones indispensables:

- a. Normal funcionamiento pulmonar
- b. Cantidad normal de hemoglobina en la sangre
- c. Normal funcionamiento del corazón y circulación vascular

Cualquier alteración en una de estas condiciones, va a poner en marcha un intento de compensación por parte de las demás, así una disminución de la hemoglobina se intentará compensar con un aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, etc. Existen otras muchas causas que dificultan un transporte adecuado de oxígeno, pero las citadas anteriormente son las más importantes.

TRANSPORTE DE CO₂:

En condiciones de reposo normal se transportan de los tejidos a los pulmones con cada 100 ml de sangre 4 ml de CO₂. El CO₂ se transporta en la sangre de 3 formas:

1. Disuelto en el plasma.
2. E forma de Carbaminohemoglobina.
3. Como bicarbonato.

DIFUSIÓN PULMONAR:

Se denomina de tal forma al paso de gases a través de la membrana alveolo-capilar desde las zonas de mayor concentración de gases a la de menor. Esta membrana recibe el nombre de Unidad Funcional Respiratoria.

El proceso de difusión está favorecido por las características anátomo-funcionales del tejido pulmonar.



- El capilar está en íntimo contacto con la pared alveolar reduciendo al mínimo el tejido intersticial.
- Los capilares forman una red muy amplia que rodea totalmente el alvéolo, por lo que algunos autores lo identifican como una verdadera película de sangre que lo recubre.
- El paso de la sangre por la pared alveolar dura el tiempo necesario para que la transferencia de gases resulte efectiva.
- La membrana pulmonar es lo suficientemente delgada como para que sea fácilmente atravesada por los gases.

En condiciones normales, esta membrana es tan delgada que no es obstáculo para el intercambio, los glóbulos rojos a su paso por la zona del capilar en contacto con el alvéolo, lo hacen de uno en uno debido a la extrema delgadez del capilar, y antes que haya sobrepasado el primer tercio de este territorio, ya se ha realizado perfectamente el intercambio gaseoso.

Cierre de la Unidad

Hemos concluido el estudio de la unidad 4. *Anatomía y fisiología del sistema respiratorio*. Ahora puedes ubicar las estructuras del Aparato Respiratorio, así como los campos pulmonares, para localizarlas en condiciones de normalidad mediante modelos anatómicos impresos, tridimensionales y modelos vivos.

Si consideras que algún tema no ha quedado del todo claro, solicita apoyo a tu docente en línea o repasa nuevamente el tema.



Fuentes de consulta



No.	Tipo	Título	Autor	Editorial	Año
1	Libro	Anatomía Humana Volumen 1	Quiroz Gutiérrez, Fernando Dr.	Porrúa	2007
2	Libro	Atlas de anatomía humana 4 Ed.	Netter, Frank	Masson	2007
3	Libro	Anatomía de Gray	Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell	Elsevier	2009

No.	Tipo	Título	Autor	Editorial	Año
1	Libro	Principios de Anatomía y Fisiología	Tortora y Derrickson	Médica Panamericana	2006
2	Libro	Compendio de Fisiología Médica de Guyton	Hall, William	Elsevier	2007
3	Libro	Fisiología Médica	Drucker Colín René Raúl, Dr.	El Manual Moderno	2005