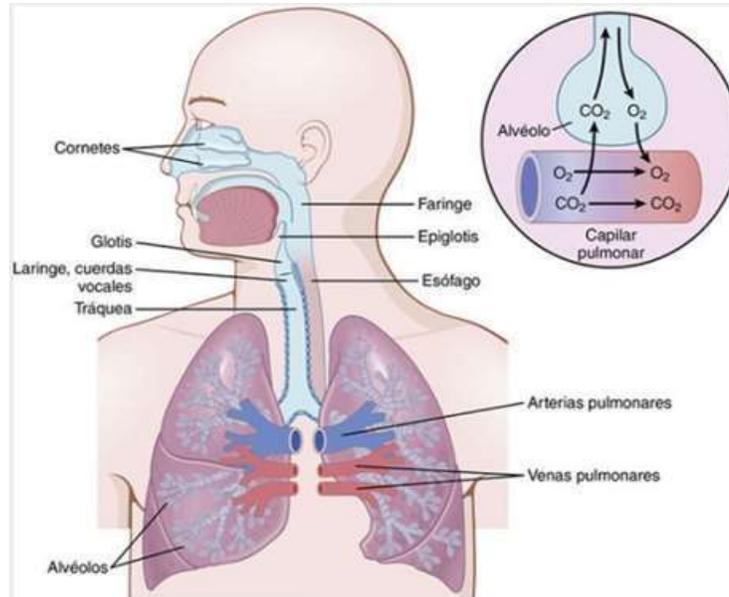




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CARRERA DE MEDICINA

VENTILACIÓN PULMONAR



Unach
MEDICINA
en movimiento

Dra. Cecilia Alejandra García

OBJETIVOS

General

1. Analizar las diferentes funciones y procesos que tienen lugar en las vías respiratorias.

Específicos

1. Analizar el proceso de ventilación pulmonar.
2. Analizar el proceso de la fonación.
3. Describir el proceso de la tos y el estornudo.

Sumario

1. Músculos inspiratorios.
2. Músculos espiratorios.
3. Presiones que permiten la entrada y salida de aires de los pulmones.
4. Tensión superficial.
5. Espirometría.
6. Funciones de la vía aérea.
7. Acción del sistema nervioso simpático y parasimpático sobre las vías aéreas.
8. Funciones respiratorias normales de la nariz.
9. Vocalización.

VENTILACIÓN PULMONAR

Las funciones principales de la respiración son proporcionar oxígeno a los tejidos y retirar el dióxido de carbono.

Componentes de la respiración.

1. Ventilación pulmonar.
2. Difusión de oxígeno y de dióxido de carbono.
3. Transporte de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales hacia las células de los tejidos y desde las mismas.
4. Regulación de la ventilación.

MECÁNICA DE LA VENTILACIÓN PULMONAR

Los pulmones se pueden expandir y contraer de dos maneras:

1. Mediante el movimiento hacia abajo y hacia arriba del diafragma para alargar o acortar la cavidad torácica.
2. Mediante la elevación y el descenso de las costillas para aumentar y reducir el diámetro anteroposterior de la cavidad torácica.



CONTINUACIÓN

- La respiración tranquila normal se consigue casi totalmente por el primer mecanismo, es decir, por el movimiento del diafragma.
- El segundo método para expandir los pulmones es elevar la caja torácica.
- Al elevarla se expanden los pulmones porque, en la posición de reposo natural, las costillas están inclinadas hacia abajo.
- Los músculos que elevan la caja torácica se conocen como inspiratorios y los músculos que hacen descender la caja torácica se clasifican como espiratorios.

Músculos inspiratorios

Principalmente los intercostales externos, participan, además:

1. Esternocleidomastoideo, que elevan el esternón.
2. Los serratos anteriores, que elevan muchas de las costillas.
3. Los escalenos, que elevan las dos primeras costillas.

Músculos espiratorios

Los músculos que tiran hacía debajo de la caja costal durante la espiración son principalmente:

1. Los músculos rectos del abdomen, que tienen el potente efecto de empujar hacía abajo las costillas inferiores al mismo tiempo que ellos y otros músculos abdominales también comprimen el contenido abdominal hacía arriba contra el diafragma.
2. Los músculos intercostales internos.

Presiones que originan el movimiento de entrada y salida de aire de los pulmones

El pulmón es una estructura elástica que se colapsa como un globo y expulsa el aire a través de la tráquea siempre que no haya ninguna fuerza que lo mantenga insuflado.

No hay uniones entre el pulmón y las paredes de la caja torácica, excepto en el punto en el que está suspendido del mediastino, en el hilio.

El pulmón flota en la cavidad torácica, rodeado por una capa delgada de líquido pleural que lubrica el movimiento de los pulmones en el interior de la cavidad.

Continuación

La aspiración continua del exceso de líquido hacía los conductos linfáticos mantiene una ligera presión negativa entre la superficie visceral del pulmón y la superficie pleural parietal de la cavidad torácica.

Por tanto, los pulmones están sujetos a la pared torácica como si estuvieran pegados, excepto porque están bien lubricados y se pueden deslizar libremente cuando el tórax se expande y se contrae.

Presión pleural y sus cambios durante la respiración.

La presión pleural es la presión del líquido que está en el delgado espacio entre las pleuras visceral y parietal.

Esta presión es normalmente una aspiración ligera, lo que significa que hay una presión ligeramente negativa.

Al comienzo de la inspiración es de -5cm de agua, aspiración necesaria para mantener los pulmones expandidos hasta su nivel de reposo.

Durante la inspiración normal se genera una presión más negativa, hasta de aproximadamente -7,5cm de agua.

Presión alveolar

Cuando la glotis está abierta y no hay flujo de aire en ningún sentido, las presiones en todas las partes del árbol respiratorios hasta los alveolos son igual a 0 cm de agua.

Para que se produzca un movimiento de entrada de aire hacia los alveolos durante la inspiración, la presión en los alveolos debe disminuir hasta un valor de aproximadamente -1cmde agua.

Presión alveolar

Esta ligera presión negativa es suficiente para arrastrar 0,5 l de aire hacia los pulmones en los 2 s necesarios para una inspiración tranquila normal.

Durante la espiración la presión alveolar aumenta hasta + 1cm de agua, lo que fuerza la salida de 0,5 l de aire desde los pulmones durante los 2 a 3 s de la espiración.

Presión transpulmonar

Es la diferencia entre la presión que hay en el interior de los alveolos y la que hay en las superficies externas de los pulmones (presión pleural), y es una medida de la fuerza elástica de los pulmones que tiende a colapsarlos en todos los momentos de la respiración, denominada presión de retorno.

Distensibilidad de los pulmones

El volumen que expande los pulmones por cada aumento unitario de presión se denomina distensibilidad pulmonar.

La distensibilidad pulmonar total de los dos pulmones en conjunto en el ser humano adulto normal es en promedio de 200 ml de aire por cada cm de agua de presión transpulmonar.

Principio de la tensión superficial

Cuando el agua forma una superficie con el aire, las moléculas de agua de la superficie del agua tienen una atracción intensa entre sí.

En consecuencia, la superficie del agua siempre está intentando contraerse.

Esto es lo que mantiene unidas entre sí las gotas de lluvia.

En los alveolos la superficie de agua también intenta contraerse, lo que tiende a expulsar el aire de los alveolos a través de los bronquios y al hacerlo, hace que los alveolos intenten colapsarse.

El surfactante

El surfactante es un agente activo de superficie en agua, lo que significa que reduce mucho la tensión superficial del agua.

Es secretado por células epiteliales especiales, los neumocitos tipo II, que constituyen alrededor del 10% de la superficie de los alveolos.

El surfactante es una mezcla compleja de varios fosfolípidos, proteínas e iones.

Efecto de la caja torácica sobre la expansibilidad pulmonar

La caja torácica tiene sus propias características elásticas y viscosas, similares a las de los pulmones; incluso si los pulmones no estuvieran presentes en el tórax, seguiría siendo necesario un esfuerzo muscular para expandir la caja torácica. La distensibilidad de los pulmones y la caja torácica en su conjunto se mide cuando se expanden los pulmones de una persona relajada o paralizada totalmente.

Para insuflar este sistema pulmonar total es necesario casi el doble de presión que para insuflar los mismos pulmones después de extraerlos de la caja torácica.

Espirometría

La ventilación pulmonar puede estudiarse registrando el movimiento del volumen del aire que entra y sale de los pulmones.

Volúmenes pulmonares

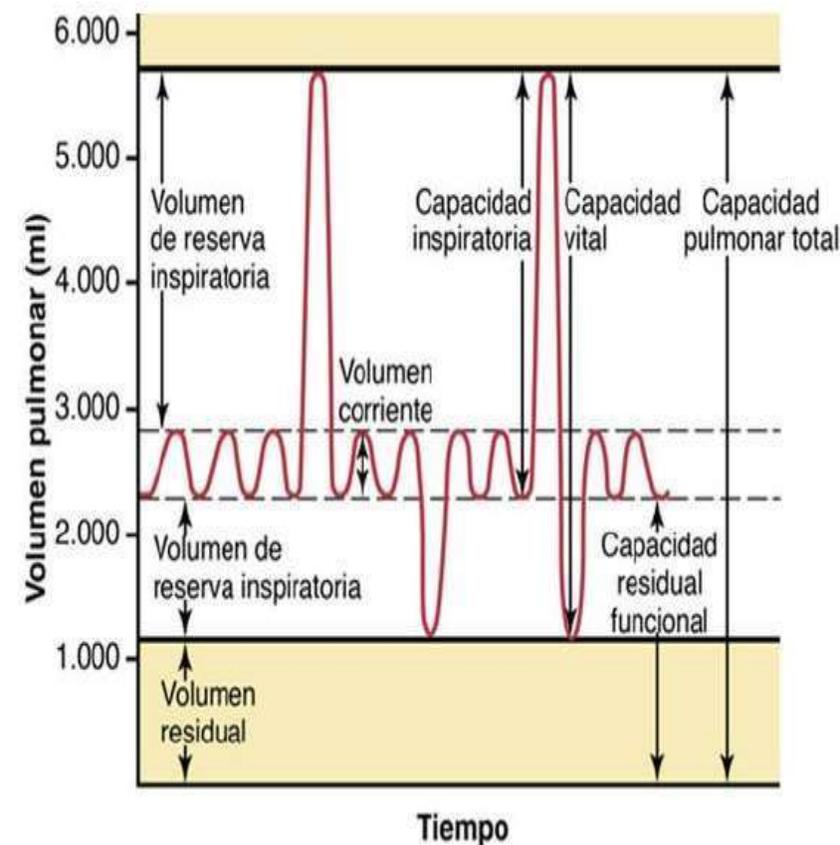
- El volumen corriente es el volumen de aire que se inspira o se espira en cada respiración normal; es igual a 500 ml en el hombre adulto medio.
- El volumen de reserva inspiratoria es el volumen adicional de aire que se puede inspirar desde un volumen corriente normal y por encima del mismo cuando la persona inspira con una fuerza plena; habitualmente es de 3000ml.
- El volumen de reserva espiratoria es el volumen adicional máximo de aire que se puede espirar mediante una espiración forzada después del final de una espiración a volumen corriente normal es igual a 1100ml.

Capacidades pulmonares

Capacidades pulmonares: se le denomina a la combinación de 2 o más volúmenes pulmonares.

1. La capacidad inspiratoria es igual al volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria. Es la cantidad de aire que una persona puede inspirar, es de unos 3500ml.

2. Capacidad residual funcional es igual al volumen de reserva espiratoria más el volumen residual. Es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal, es de unos 2300ml.



Continuación

3. La *capacidad vital* es igual al *volumen de reserva inspiratoria* más el *volumen corriente* más el *volumen de reserva espiratoria*. Esta capacidad es la cantidad máxima de aire que puede expulsar una persona desde los pulmones después de llenar antes los pulmones hasta su máxima dimensión y después espirando la máxima cantidad (aproximadamente 4.600 ml).

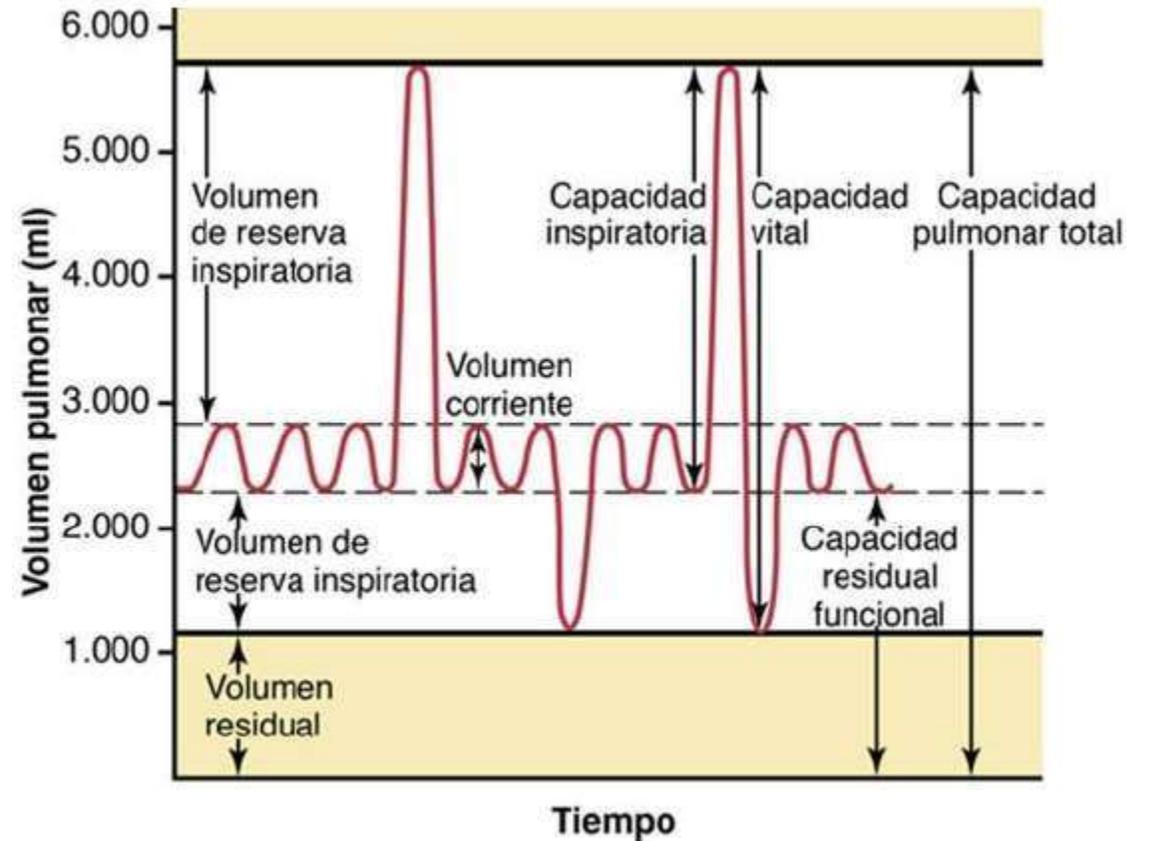
4. La *capacidad pulmonar total* es el volumen máximo al que se pueden expandir los pulmones con el máximo esfuerzo posible (aproximadamente 5.800 ml); es igual a la *capacidad vital* más el *volumen residual*.

Todos los volúmenes y capacidades pulmonares son, en general, aproximadamente un 20-25% menores en mujeres que en hombres, y son mayores en personas de constitución grande y atléticas que en personas de constitución pequeña y asténicas.

V_c	Volumen corriente	DL_{O_2}	Capacidad de difusión de los pulmones para el oxígeno
CRF	Capacidad residual funcional	DL_{CO}	Capacidad de difusión de los pulmones para el monóxido de carbono
VRE	Volumen de reserva espiratoria	P_a	Presión atmosférica
VR	Volumen residual	P_{alv}	Presión alveolar
CI	Capacidad inspiratoria	P_{pl}	Presión pleural
VRI	Volumen de reserva inspiratoria	P_{O_2}	Presión parcial de oxígeno
CPT	Capacidad pulmonar total	P_{CO_2}	Presión parcial de dióxido de carbono
CV	Capacidad vital	P_{N_2}	Presión parcial de nitrógeno
Rva	Resistencia de las vías aéreas al flujo de aire hacia el pulmón	P_{aO_2}	Presión parcial de oxígeno en la sangre arterial
D	Distensibilidad	P_{aCO_2}	Presión parcial de dióxido de carbono en la sangre arterial
V_D	Volumen del gas del espacio muerto	P_{aO_2}	Presión parcial de oxígeno en el gas alveolar
V_A	Volumen del gas alveolar	P_{aCO_2}	Presión parcial de dióxido de carbono en el gas alveolar
\dot{V}_I	Volumen inspirado de ventilación por minuto	P_{H_2O}	Presión parcial de agua en el gas alveolar
\dot{V}_E	Volumen espirado de ventilación por minuto	R	Cociente de intercambio respiratorio
\dot{V}_S	Flujo del cortocircuito	\dot{Q}	Gasto cardíaco
\dot{V}_M	Ventilación alveolar por minuto	C_{aO_2}	Concentración de oxígeno en la sangre arterial
\dot{V}_{O_2}	Velocidad de captación de oxígeno por minuto	C_{VO_2}	Concentración de oxígeno en la sangre venosa mixta
V_{CO_2}	Cantidad de dióxido de carbono que se elimina por minuto	S_r	Saturación porcentual de la hemoglobina con el oxígeno
\dot{V}_{CO}	Velocidad de captación de monóxido de carbono por minuto	S_{aO_2}	Saturación porcentual de la hemoglobina con el oxígeno en la sangre arterial

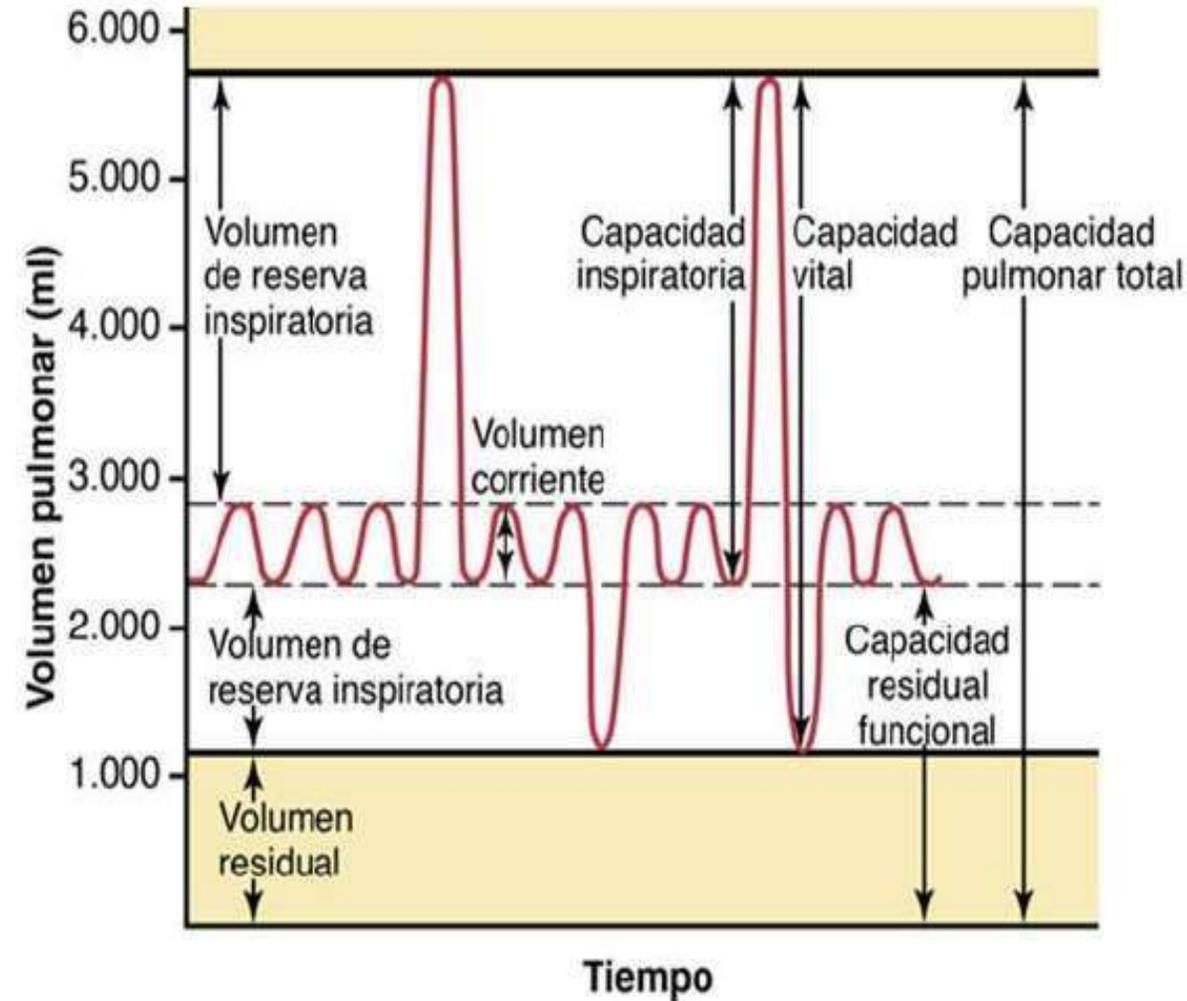
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISUAL FUNCIONAL, EL VOLUMEN RESIDUAL Y LA CAPACIDAD PULMONAR TOTAL

- Capacidad residual funcional: es el volumen de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal.
- El aire del volumen residual de los pulmones no se puede espirar hacia el espirómetro.
- Para medir esta capacidad hay que utilizar un método de dilución de helio.



El volumen respiratorio minuto

- El volumen respiratorio minuto es la cantidad total de aire nuevo que pasa hacia las vías aéreas en cada minuto y es igual al volumen corriente multiplicado por la frecuencia respiratoria por minuto.
- El volumen corriente normal es de aproximadamente 500ml y la FC normal es de 12 resp/min.
- Por tanto, el volumen respiratorio minuto es de aproximadamente 6 l/min.
- Una persona puede vivir períodos breves de tiempo con un VRM de 1,5 l/min y una FR de 2 a 4 respiraciones por minutos.



Continuación

- La FR aumenta de manera ocasional a 40 a 50 por minutos, y el corriente se puede hacer tan grande como la capacidad vital de 4600ml en un adulto joven.
- Esto puede dar un volumen respiratorio minuto mayor de 200 l/min, o más de 30 veces el valor normal.
- La mayor parte de las personas no puede mantener más de la mitad a dos tercios de estos valores durante más de un minuto.

VENTILACIÓN ALVEOLAR

- La función de la ventilación pulmonar es renovar continuamente el aire de las zonas de intercambio gaseoso de los pulmones, en las que el aire está próximo a la sangre pulmonar.
- Estas zonas incluyen los alveolos, los sacos alveolares, los conductos alveolares y los bronquiolos respiratorios.
- La velocidad a la que llega a estas zonas el aire nuevo se llama ventilación alveolar.

ESPACIO MUERTO

- Es el aire que llena las vías respiratorias, pero no llega a las zonas de intercambio gaseoso.
- Es el aire de la nariz, de la faringe y de la tráquea.
- Durante la espiración se expulsa primero el aire del espacio muerto y después el procedente de los alveolos.
- Volumen de aire del espacio muerto es de 150 ml en los jóvenes y aumenta con la edad.

VOLUMEN NORMAL DEL ESPACIO MUERTO

- El aire normal del espacio muerto de un hombre adulto joven es de aproximadamente 150 ml.
- El aire del espacio muerto aumenta ligeramente con la edad.

Funciones de las vías aéreas

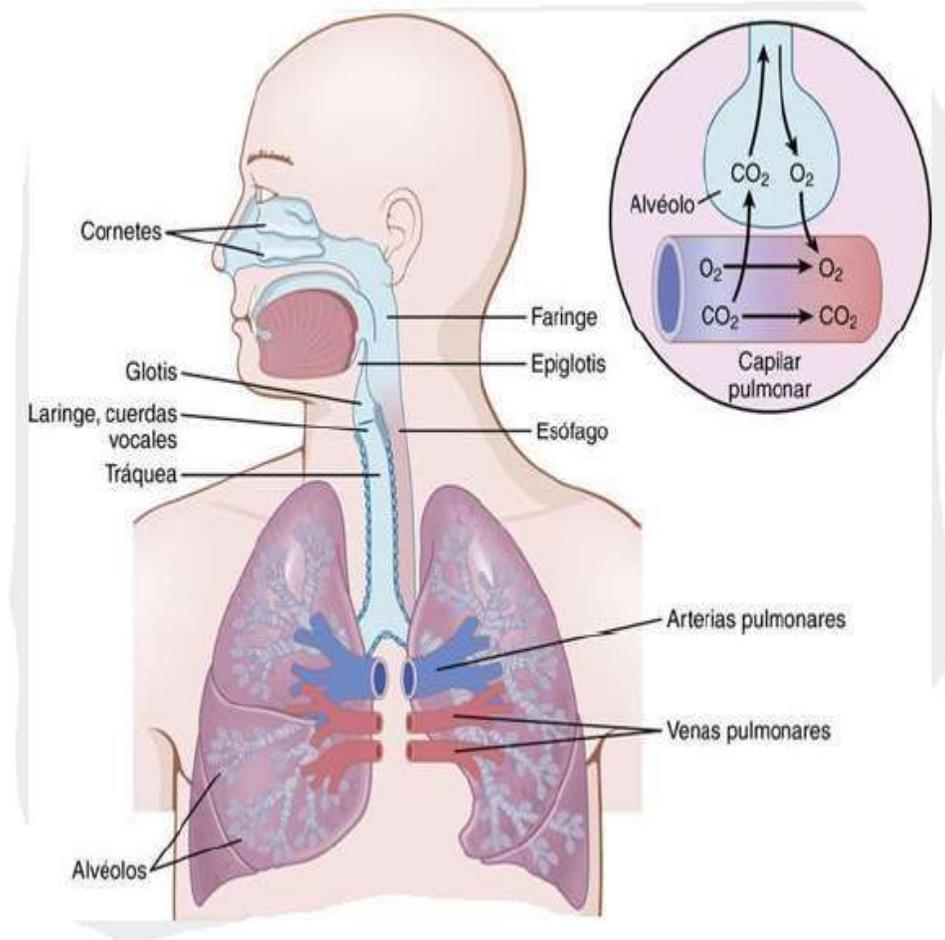
El aire se distribuye a los pulmones por medio de la tráquea, bronquios y los bronquiolos.

Uno de los desafíos más importantes es mantener abiertas y permitir el paso sin interrupciones de aire hacia los alveolos y desde los mismos.

La tráquea no se colapsa por sus anillos cartilagosos.

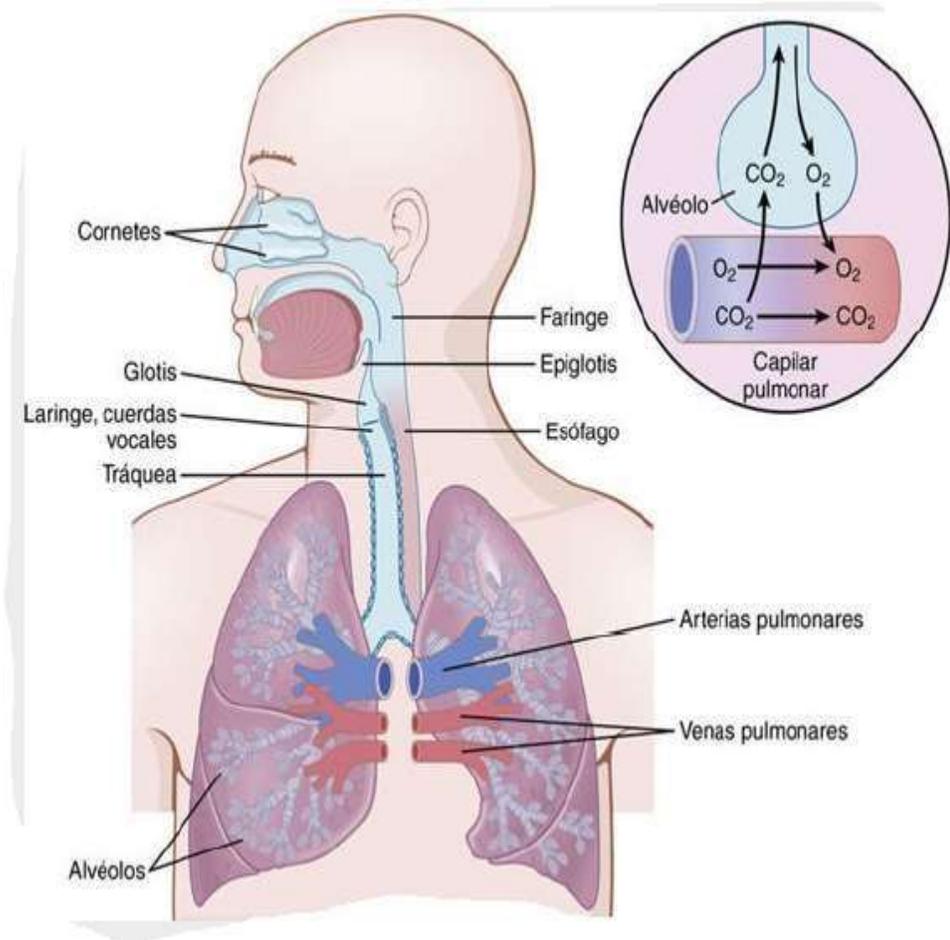
En los bronquios, también existen placas curvas de cartílagos.

En los bronquiolos no hay placas cartilagosas, pero las presiones transpulmonares lo dilatan.



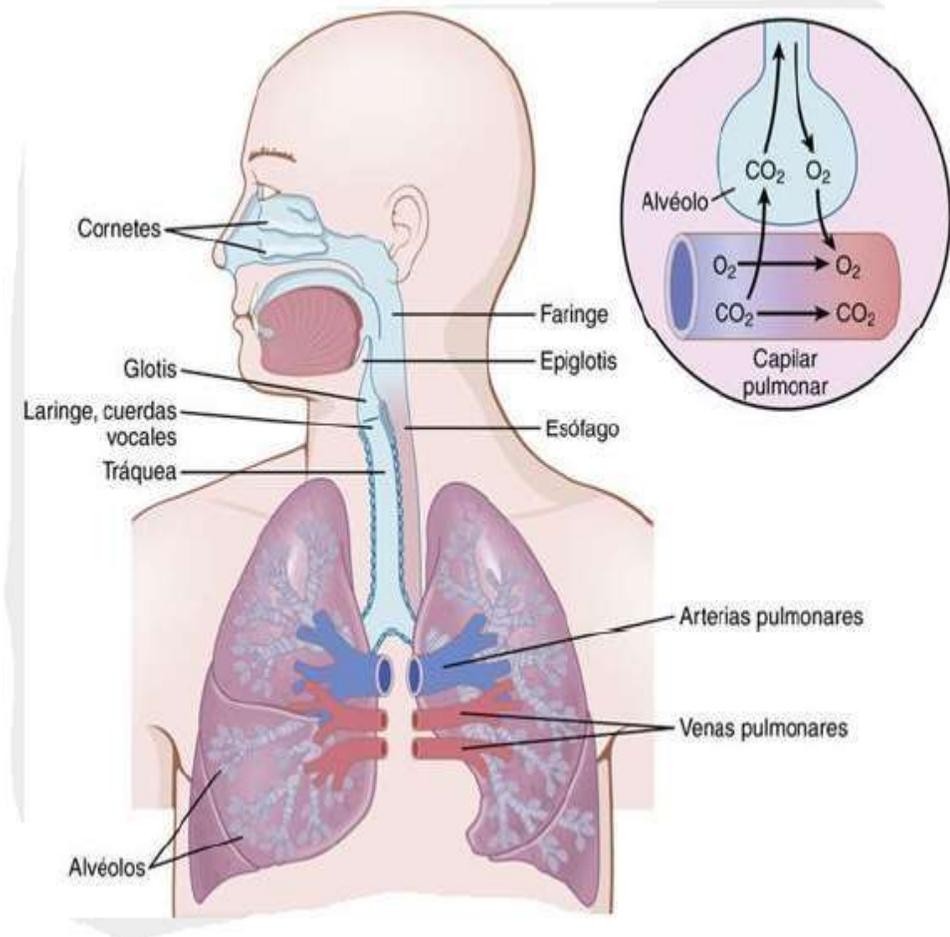
RESISTENCIA AL FLUJO AÉREO

- En condiciones normales el aire fluye a través de las vías aéreas con tanta facilidad que es suficiente un gradiente de presión menos de 1 cm de agua desde los alveolos hacia la atmósfera para generar un flujo aéreo suficiente para una respiración tranquila.
- La máxima resistencia al flujo aéreo no se produce en las pequeñas vías aéreas de los bronquiolos terminales, sino en algunos de los bronquiolos y bronquios de mayor tamaño cerca de la tráquea.



RESISTENCIA AL FLUJO AÉREO

- En algunas situaciones patológicas los bronquiolos más pequeños con frecuencia participan mucho más en la participación de la resistencia al flujo aéreo debido a su pequeño tamaño y porque se ocluyen con facilidad por la contracción del músculo de sus paredes, la aparición de edema o la acumulación de moco en la luz bronquial.



Acción simpática y parasimpática sobre los bronquios

El árbol bronquial está muy expuesto al sistema nervioso simpático por lo que la adrenalina y noradrenalina liberada a la sangre produce dilatación del árbol bronquial por la estimulación de los receptores beta adrenérgicos.

Algunas fibras parasimpáticas procedentes de los nervios vagos penetran en el parénquima pulmonar, secretando acetilcolina cuando son activados, provocando una constricción de leve a moderada de los bronquiolos.

La atropina puede bloquear los efectos de la acetilcolina.

Producción de constricción bronquial por factores secretores locales.

Algunas sustancias que se forman en los pulmones pueden producir constricción bronquial.

Dos de las más importantes son la histamina y la sustancia de reacción lenta de la anafilaxia.

Estas sustancias son liberadas por los mastocitos durante las reacciones alérgicas sobre todo por pólenes del aire.

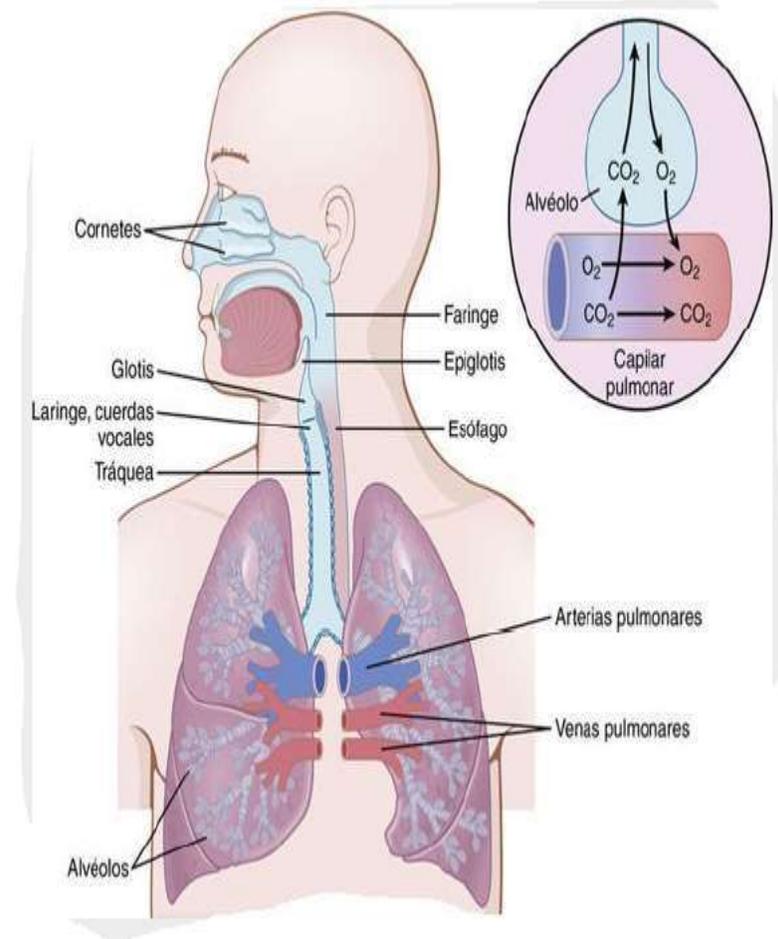
Moco de las vías aéreas y acción de los cilios en la limpieza de las vías aéreas

Todas las vías aéreas, desde la nariz a los bronquios terminales, están humedecidas por una capa de moco que recubre toda la superficie, secretadas por las células caliciformes.

Además de mantener humedecidas las superficies, el moco atrapa las partículas pequeñas que entran en el aire inspirado.

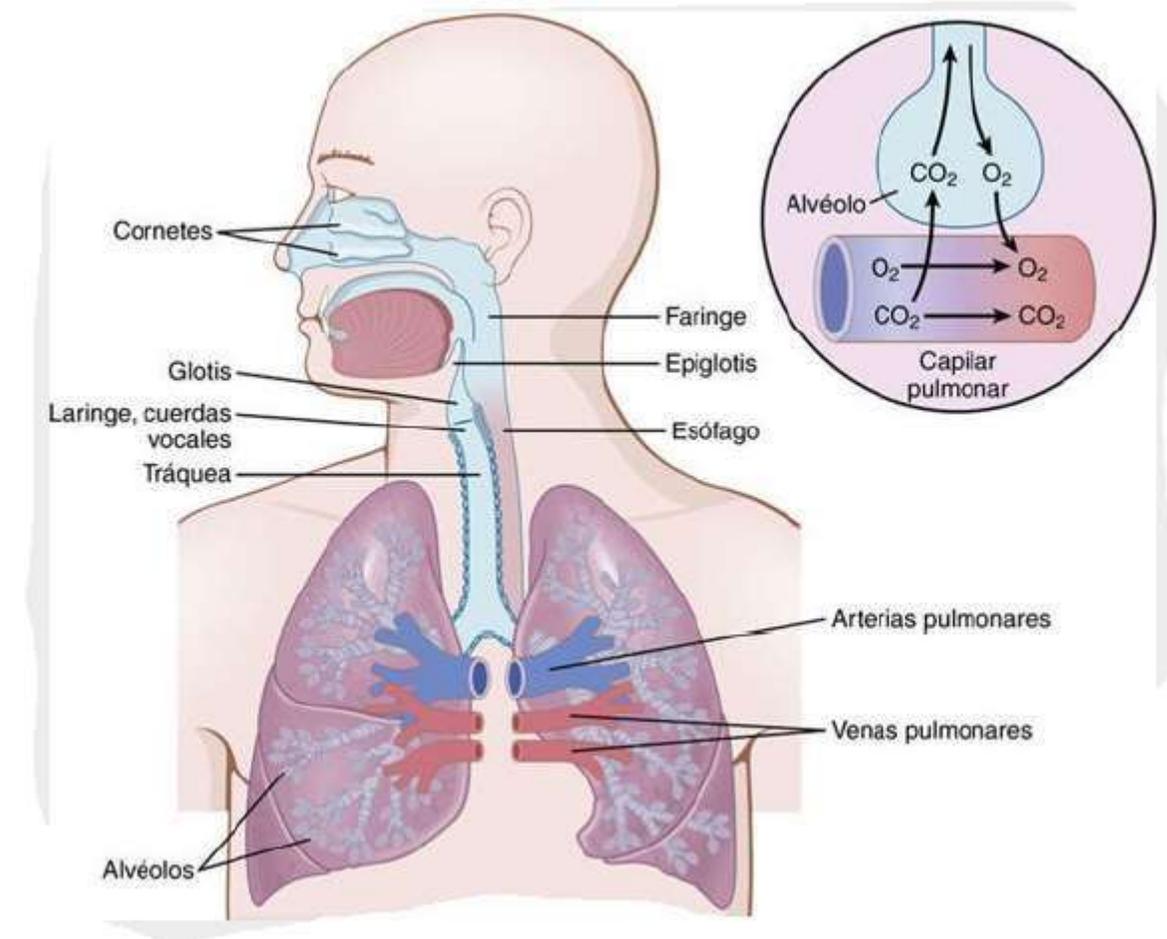
El epitelio ciliado que tapiza las vías respiratorias tiene alrededor de 200 cilios cada célula epitelial, estos cilios baten continuamente a una frecuencia de 10 a 20 veces por segundo hacía la faringe.

Los cilios de los pulmones baten hacía arriba y los de la nariz baten hacía abajo.



Continuación

El batido continuo hace que la cubierta de moco se desplace lentamente a una velocidad de algunos milímetros por minutos, después el moco y las partículas que están atrapadas en el mismo son deglutidos o se expulsan hacia el exterior con la tos.



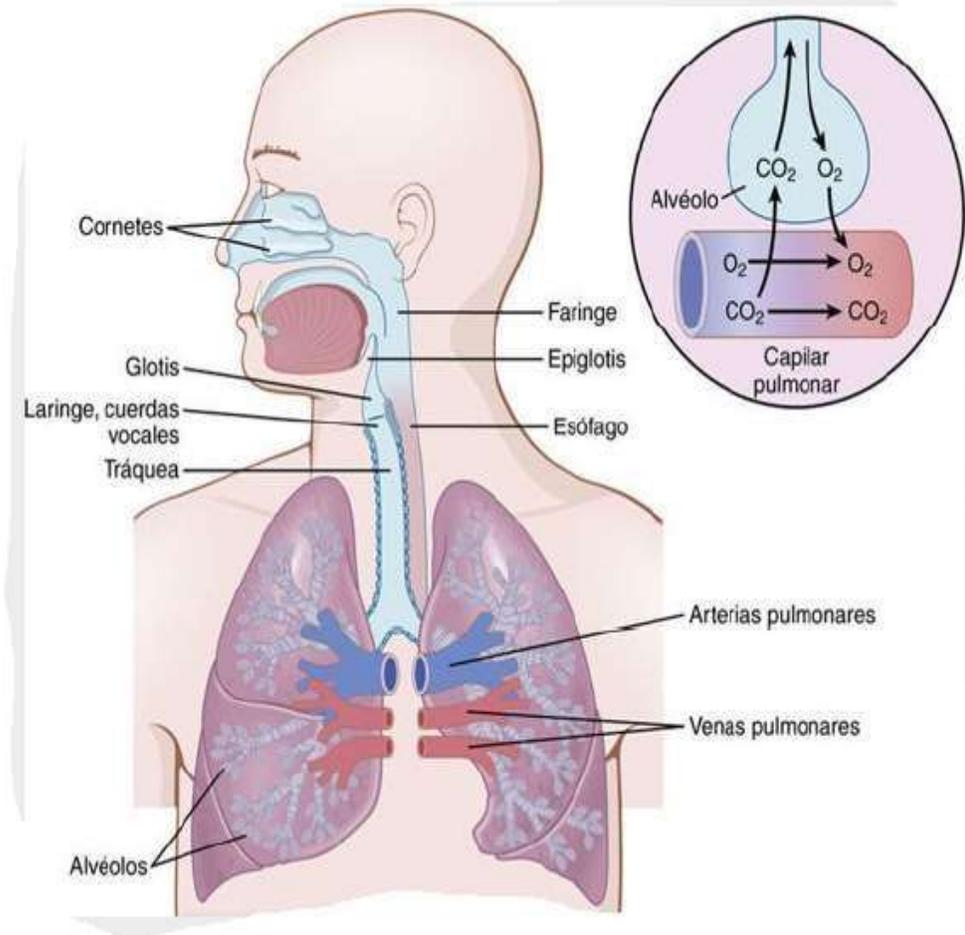
Reflejo tusígeno

Los bronquios y la tráquea son muy sensibles a la presión ligera que cantidades muy pequeñas de sustancias extrañas u otras causas de irritación inician el reflejo tusígeno.

La laringe y la carina traqueal son especialmente sensibles a estímulos químicos corrosivos, como los gases de dióxido de azufre o cloro.

Los impulsos nerviosos aferentes pasan desde las vías aéreas principalmente a través de los nervios vagos hacia el bulbo raquídeo del encéfalo.

Ahí se activa una secuencia automática de acontecimientos por los circuitos neuronales del bulbo, produciendo el siguiente efecto:



Continuación

1. Se inspiran rápidamente hasta 2,5 l de aire.
2. Se cierra la epiglotis y las cuerdas vocales se cierran firmemente para atrapar el aire que está en el interior de los pulmones.
3. Los músculos abdominales se contraen con fuerza, comprimiendo el diafragma mientras otros músculos espiratorios, como los intercostales internos, también se contraen con fuerza.
4. Las cuerdas vocales y la epiglotis se abren totalmente de manera súbita, de modo que el aire que está sometido a esta presión elevada en los pulmones explota hacia afuera a una velocidad de 120 a 160 km/h.

Continuación

Es importante que la intensa compresión de los pulmones colapsa los bronquios y la tráquea, haciendo que sus partes no cartilagosas se invaginen hacía adentro, de modo que el aire que explota realmente pasa a través de hendiduras bronquiales y traqueales.

El aire que se mueve rápidamente habitualmente transporta todas las sustancias extrañas que estén en los bronquios y en la tráquea.

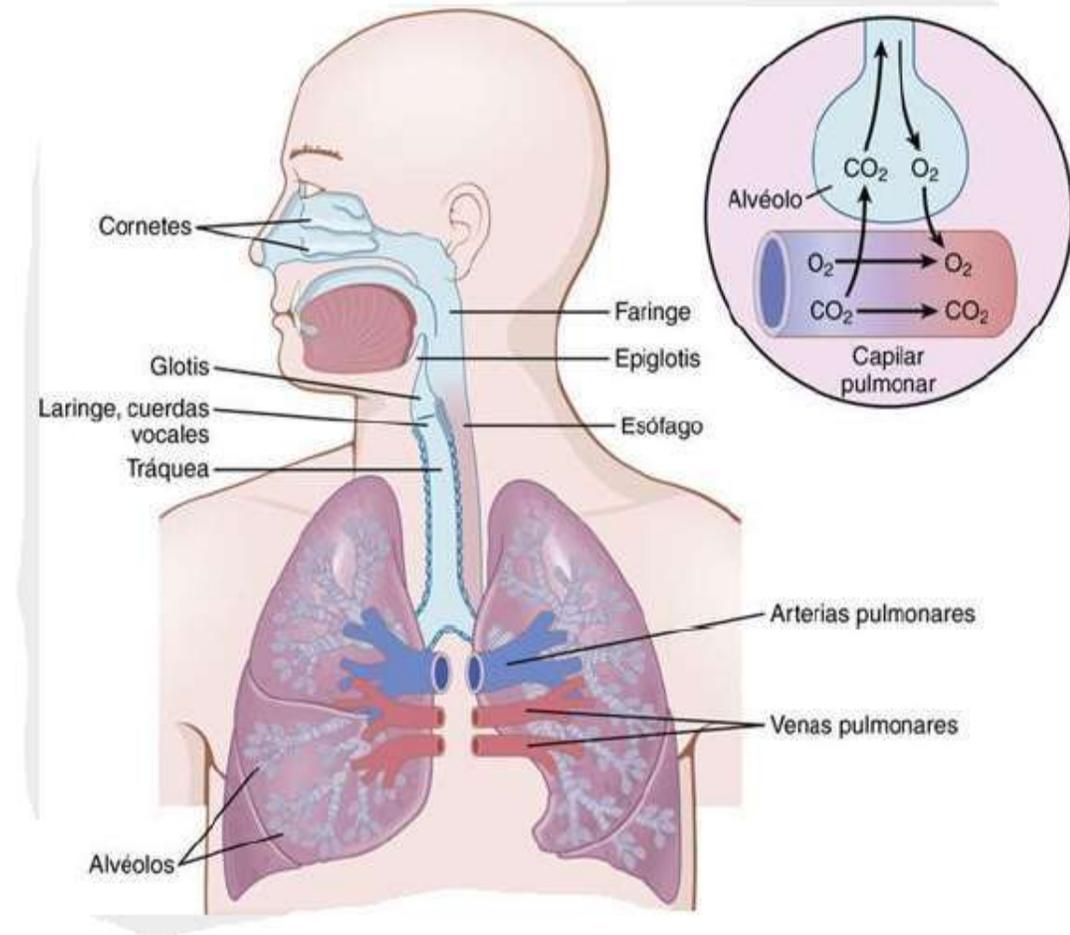
Reflejo del estornudo

Es muy similar al tusígeno, excepto que se aplica a las vías aéreas nasales.

El estímulo desencadenante del reflejo es la irritación de las vías aéreas nasales.

Los impulsos aferentes pasan a través del nervio trigémino, donde se desencadena el reflejo.

Se produce una serie de reacciones similares a las que ocurren en el reflejo tusígeno, pero la úvula desciende, de modo que grandes cantidades de aire pasan rápidamente a través de la nariz, limpiando de esta manera las vías aéreas nasales de sustancias extrañas.



Funciones respiratorias normales de la nariz

1. El aire es calentado por las extensas superficies de los cornetes y del tabique.
2. El aire es humidificado casi completamente.
3. El aire es filtrado parcialmente.

Vocalización

El habla implica a:

1. Centros específicos de control nervioso del habla de la corteza cerebral.
2. Centros de control respiratorio del encéfalo.
3. Estructuras de articulación y resonancia de la cavidad oral y nasal.

El habla está formada por dos funciones mecánicas:

1. La fonación, que se realiza en la laringe.
2. La articulación, que se realiza en las estructuras de la boca.

Fonación

La laringe actúa como vibrador, los elementos vibradores son:

1. Los pliegues vocales o cuerdas vocales.

Las cuerdas vocales protruyen desde las paredes laterales de la laringe hacia el centro de la glotis; son distendidas y mantenidas en su posición por varios músculos específicos de la propia laringe.

Durante la respiración normal están muy abiertas para facilitar el paso del aire.

Durante la fonación las cuerdas se juntan entre sí, de modo que el paso del aire entre ellas produce su vibración

Articulación y resonancia

Los tres órganos de la articulación son: los labios, la lengua y el paladar blando.

Los resonadores incluyen la boca, la nariz y los senos nasales asociados, la faringe e incluso la cavidad torácica.

Preguntas comprobatorias

1. ¿Cuáles son los músculos que participan en la inspiración?
2. ¿Cuáles son los músculos que participan en la espiración?
3. ¿Cuál es la presión pleural durante la inspiración normal?
4. ¿Cuál es la función del surfactante en los alveolos?
5. ¿Cuáles son las funciones respiratorias normales de nariz?
6. ¿Qué función tiene la laringe durante la fonación?