



Universidad del Sureste

Campus Tuxtla Gutiérrez

“Respiración”

Fisiología

Dr. Samuel Esau Fonseca Fierro

Br. Viridiana Merida Ortiz

Estudiante de Medicina

2do Semestre

06 de junio de 2020, Tuxtla Gutiérrez

Chiapas

# RESPIRACIÓN

## Capítulo 38.

## VENTILACIÓN PULMONAR

Los cuatro componentes principales de la respiración son: 1) ventilación pulmonar, que se refiere al flujo de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares; 2) difusión de oxígeno ( $O_2$ ) y de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) entre los alvéolos y la sangre; 3) transporte de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales hacia las células de los tejidos corporales y desde las mismas, y 4) regulación de la ventilación y otras facetas de la respiración.

Los **músculos** más importantes **que elevan la caja torácica** son los intercostales externos, aunque otros músculos que contribuyen son: 1) los músculos esternocleidomastoideos, que elevan el esternón; 2) los serratos anteriores, que elevan muchas de las costillas, y 3) los escalenos, que elevan las dos primeras costillas. Los **músculos que tiran hacia abajo de la caja costal** durante la espiración son principalmente 1) los rectos del abdomen, que tienen el potente efecto de empujar hacia abajo las costillas inferiores al mismo tiempo que ellos y otros músculos abdominales también comprimen el contenido abdominal hacia arriba contra el diafragma, y 2) los intercostales internos.

**La presión pleural** es la presión del líquido que está en el delgado espacio que hay entre la pleura pulmonar y la pleura de la pared torácica. La presión pleural normal al comienzo de la inspiración es de aproximadamente  $-5$  cmH<sub>2</sub>O.

Las presiones en todas las partes del árbol respiratorio, hasta los alvéolos, son iguales a la presión atmosférica. Durante la inspiración normal la presión alveolar disminuye hasta aproximadamente  $-1$  cmH<sub>2</sub>O. 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 aproximadamente  $+1$  cmH<sub>2</sub>O, lo que fuerza la salida del 0,5 l de aire inspirado desde los pulmones durante los 2 a 3 s de la espiración.

**La presión transpulmonar** es la diferencia entre la presión que hay en el interior de los alvéolos y la que hay en las superficies externas de los pulmones (presión pleural).

El volumen que se expanden los pulmones por cada aumento unitario de presión transpulmonar se denomina **distensibilidad pulmonar**. La distensibilidad pulmonar total de los dos pulmones en

conjunto en el ser humano adulto normal es en promedio de aproximadamente 200 ml de aire por cada cmH<sub>2</sub>O de presión transpulmonar.}

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 secretoras de surfactante denominadas células epiteliales alveolares de tipo II.

El trabajo de la inspiración se puede dividir en tres partes: 1) el trabajo necesario para expandir los pulmones contra las fuerzas elásticas del pulmón y del tórax, denominado trabajo de distensibilidad o trabajo elástico; 2) el trabajo necesario para superar la viscosidad de las estructuras del pulmón y de la pared torácica, denominado trabajo de resistencia tisular, y 3) el trabajo necesario para superar la resistencia de las vías aéreas al movimiento de entrada de aire hacia los pulmones, denominado trabajo de resistencia de las vías aéreas.

La ventilación pulmonar puede estudiarse registrando el movimiento del volumen del aire que entra y sale de los pulmones, un método que se denomina **espirometría**.

#### Volúmenes Pulmonares

1. El volumen corriente es el volumen de aire que se inspira o se espira en cada respiración normal; es igual a aproximadamente 500 ml en el hombre adulto medio.
2. 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 igual a aproximadamente 3.000 ml.
3. 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; normalmente, este volumen es igual a aproximadamente 1.100 ml.
4. El volumen residual es el volumen de aire que queda en los pulmones después de la espiración más forzada; este volumen es en promedio de aproximadamente 1.200 ml.

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 alvéolos, los sacos alveolares, los conductos alveolares y los bronquiolos respiratorios. La velocidad a la que llega a estas zonas el aire nuevo se denomina **ventilación alveolar**.

El aire que llena las vías aéreas en las que no se produce intercambio gaseoso se denomina **aire del espacio muerto**.

Cuando se incluye el espacio muerto alveolar en la medición total del espacio muerto se denomina **espacio muerto fisiológico**.

**La ventilación alveolar por minuto** es el volumen total de aire nuevo que entra en los alvéolos y zonas adyacentes de intercambio gaseoso cada minuto.

En algunas situaciones patológicas los bronquiólos más pequeños con frecuencia participan mucho más en la determinación de la resistencia al flujo aéreo debido a su pequeño tamaño y porque se ocluyen con facilidad por: 1) la contracción del músculo de sus paredes; 2) la aparición de edema en las paredes, o 3) la acumulación de moco en la luz de los bronquiólos.

El árbol bronquial está muy expuesto a la noradrenalina y adrenalina que se liberan hacia la sangre por la estimulación simpática de la médula de las glándulas suprarrenales. Estas dos hormonas (especialmente la adrenalina, debido a su mayor estimulación de los receptores  $\beta$ -adrenérgicos) producen dilatación del árbol bronquial.

Algunas fibras nerviosas parasimpáticas procedentes de los nervios vagos penetran en el parénquima pulmonar. Estos nervios secretan acetilcolina y, cuando son activados, producen una constricción leve a moderada de los bronquiólos.

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

El estímulo desencadenante del reflejo del estornudo es la irritación de las vías aéreas nasales; los impulsos eferentes pasan a través del quinto par craneal hacia el bulbo, donde se desencadena el reflejo.

Cuando el aire pasa a través de la nariz, las cavidades nasales realizan tres funciones respiratorias normales distintas: 1) el aire es calentado por las extensas superficies de los cornetes y del tabique, un área total de aproximadamente 160 cm<sup>2</sup>, el aire es humidificado casi completamente incluso antes de que haya pasado más allá de la nariz, y 3) el aire es filtrado parcialmente. Estas funciones en conjunto son denominadas la función de acondicionamiento del aire de las vías aéreas respiratorias superiores. Habitualmente la temperatura del aire inspirado aumenta hasta menos de 0,5 °C respecto a la temperatura corporal.

Los pelos de la entrada de las narinas son importantes para filtrar las partículas grandes. Los tres órganos principales 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. Una vez más estamos familiarizados con las cualidades de resonancia de estas estructuras.

**La circulación de bajo flujo y alta presión** aporta la sangre arterial sistémica a la tráquea, el árbol bronquial incluidos los bronquiólos terminales, los tejidos de sostén del pulmón y las capas exteriores (adventicias) de las arterias y venas pulmonares. **La circulación de alto flujo y baja**

presión que suministra la sangre venosa de todas las partes del organismo a los capilares alveolares en los que se añade el oxígeno (O<sub>2</sub>) y se extrae el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Esta sangre arterial bronquial es sangre oxigenada, al contrario de la sangre parcialmente desoxigenada de las arterias pulmonares. Hay vasos linfáticos en todos los tejidos de soporte del pulmón, comenzando en los espacios tisulares conjuntivos que rodean a los bronquiólos terminales, y siguiendo hacia el hilio del pulmón, y desde aquí principalmente hacia el conducto linfático torácico derecho.

La presión arterial pulmonar sistólica se sitúa normalmente en promedio en unos 25 mmHg en el ser humano, la presión arterial pulmonar diastólica es de aproximadamente 8 mmHg y la presión arterial pulmonar media es de 15 mmHg. La presión capilar pulmonar media es de aproximadamente 7 mmHg. La presión que se mide a través del catéter, denominada «presión de enclavamiento», es de aproximadamente 5 mmHg.

El volumen de la sangre de los pulmones es de aproximadamente 450 ml, aproximadamente el 9% del volumen de sangre total de todo el aparato circulatorio.

Zona 1: ausencia de flujo durante todas las porciones del ciclo cardíaco porque la presión capilar alveolar local en esa zona del pulmón nunca aumenta por encima de la presión del aire alveolar en ninguna fase del ciclo cardíaco. Zona 2: flujo sanguíneo intermitente, solo durante los picos de presión arterial pulmonar, porque la presión sistólica en ese momento es mayor que la presión del aire alveolar, pero la presión diastólica es menor que la presión del aire alveolar. Zona 3: flujo de sangre continuo, porque la presión capilar alveolar es mayor que la presión del aire alveolar durante todo el ciclo cardíaco.

La capacidad de los pulmones de acomodarse al gran aumento del flujo sanguíneo durante el ejercicio sin aumentar la presión arterial pulmonar permite conservar la energía del lado derecho del corazón. Esta capacidad también evita un aumento significativo de la presión capilar pulmonar y en la aparición de edema pulmonar.

Cuando el gasto cardíaco es normal la sangre pasa a través de los capilares pulmonares en aproximadamente 0,8 s. Cuando aumenta el gasto cardíaco este tiempo puede acortarse hasta 0,3 s.

Las causas más frecuentes de edema pulmonar son: 1. Insuficiencia cardíaca izquierda o valvulopatía mitral, con los consiguientes grandes aumentos de la presión venosa pulmonar y de la presión capilar pulmonar y el encharcamiento de los espacios intersticiales y de los alvéolos. 2. La lesión de las membranas de los capilares sanguíneos pulmonares producida por infecciones como la neumonía o por la inhalación de sustancias tóxicas como el gas cloro o el gas dióxido de azufre.

Cuando la presión capilar pulmonar aumenta incluso ligeramente por encima del nivel del factor de seguridad, se puede producir un edema pulmonar mortal en un plazo de horas en 20 a 30 min si la presión capilar aumenta de 25 a 30 mmHg por encima del nivel del factor de seguridad.

Cuando los pulmones se expanden y se contraen durante la respiración normal se deslizan en el interior de la cavidad pleural. Para facilitar este movimiento hay una delgada capa de líquido mucoide entre las pleuras parietal y visceral.

El **espacio pleural** (el espacio que hay entre las pleuras parietal y visceral) se denomina espacio virtual porque normalmente es tan estrecho que no es un espacio físico evidente.

Las **causas del derrame** son: 1) bloqueo del drenaje linfático desde la cavidad pleural; 2) insuficiencia cardíaca, 3) marcada reducción de la presión osmótica coloidal del plasma 4) infección o cualquier otra causa de inflamación de las superficies de la cavidad.

## INTERCAMBIO GASEOSO

### Capítulo 40.

El **proceso de difusión** es simplemente el movimiento aleatorio de moléculas en todas las direcciones a través de la membrana respiratoria y los líquidos adyacentes. En fisiología respiratoria se manejan mezclas de gases, principalmente oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. La velocidad de difusión de cada uno de estos gases es directamente proporcional a la presión que genera ese gas solo, que se denomina presión parcial de ese gas.

Cuando se inhala aire no humidificado hacia las vías aéreas, el agua se evapora inmediatamente desde las superficies de estas vías aéreas y humidifica el aire. La presión parcial que ejercen las moléculas de agua para escapar a través de la superficie se denomina la presión de vapor del agua.

Hay diversos factores que afectan a la velocidad de difusión del gas en un líquido. Estos factores son: 1) la solubilidad del gas en el líquido; 2) el área transversal del líquido; 3) la distancia a través de la cual debe difundir el gas; 4) el peso molecular del gas, y 5) la temperatura del líquido.

Tan pronto como el aire atmosférico entra en las vías aéreas está expuesto a los líquidos que recubren las superficies respiratorias. Incluso antes de que el aire entre en los alvéolos, se humidifica casi totalmente. La presión parcial de vapor de agua a una temperatura corporal normal de 37 °C es de 47 mmHg.

La concentración de O<sub>2</sub> en los alvéolos, y también su presión parcial, está controlada por: 1) la velocidad de absorción de O<sub>2</sub> hacia la sangre, y 2) la velocidad de entrada de O<sub>2</sub> nuevo a los pulmones por el proceso ventilatorio.

El dióxido de carbono se forma continuamente en el cuerpo y después se transporta por la sangre hacia los alvéolos; se elimina continuamente de los alvéolos por la ventilación.

La composición global del aire espirado está determinada por: 1) la cantidad del aire espirado que es aire del espacio muerto, y 2) la cantidad que es aire alveolar.

El intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre pulmonar se produce a través de las membranas de todas las porciones terminales de los pulmones, no solo en los alvéolos. Todas

estas membranas se conocen de manera colectiva como la membrana respiratoria, también denominada membrana pulmonar.

Se pueden observar las siguientes capas de la membrana respiratoria: 1. Una capa de líquido que contiene surfactante y que tapiza el alvéolo, lo que reduce la tensión superficial del líquido alveolar. 2. El epitelio alveolar, que está formado por células epiteliales delgadas. 3. Una membrana basal epitelial. 4. Un espacio intersticial delgado entre el epitelio alveolar y la membrana capilar. 5. Una membrana basal capilar que en muchos casos se fusiona con la membrana basal del epitelio alveolar. 6. La membrana del endotelio capilar. La cantidad total de sangre en los capilares de los pulmones en cualquier instante dado es de 60 a 140 ml.

Los factores que determinan la rapidez con la que un gas atraviesa la membrana son: 1) el grosor de la membrana; 2) el área superficial de la membrana; 3) el coeficiente de difusión del gas en la sustancia de la membrana, y 4) la diferencia de presión parcial del gas entre los dos lados de la membrana.

La diferencia de presión a través de la membrana respiratoria es la diferencia entre la presión parcial del gas en los alvéolos y la presión parcial del gas en la sangre capilar pulmonar. La presión parcial representa una medida del número total de moléculas de un gas particular que incide en una unidad de superficie de la superficie alveolar de la membrana por cada unidad de tiempo, y la presión del gas en la sangre representa el número de moléculas que intentarán escapar desde la sangre en la dirección opuesta.

La capacidad de difusión de la membrana respiratoria, que se define como el volumen de un gas que difunde a través de la membrana en cada minuto para una diferencia de presión parcial de 1 mmHg.

Dos factores determinan la  $P_{O_2}$  y la  $P_{CO_2}$  en los alvéolos: 1) la velocidad de la ventilación alveolar, y 2) la velocidad de la transferencia del  $O_2$  y del  $CO_2$  a través de la membrana respiratoria.