

UNIVERSIDAD DEL SURESTE
CAMPUS TUXTLA GUTIÉRREZ

Materia:

Fisiología I

RESUMEN:

CAPITULOS: 38, 39 Y 40

FISIOLOGIA RESPIRATORIA 1

Docente:

Dr.: Samuel Esaú Fonseca fierro

Alumno:

Ángel Gerardo Valdez cuxim

MEDICINA HUMANA

2do semestre

Junio 2020

Ventilación pulmonar

Las funciones principales de la respiración son proporcionar oxígeno a los tejidos y retirar el dióxido de carbono. 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 (O₂) y de dióxido de carbono (CO₂) 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.

Mecánica de la ventilación pulmonar

Músculos que causan la expansión y contracción 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, y 2) mediante la elevación y el descenso de las costillas para aumentar y reducir el diámetro anteroposterior de la cavidad torácica. La respiración tranquila normal se consigue casi totalmente por el primer mecanismo, es decir, por el movimiento del diafragma. Durante la inspiración la contracción del diafragma tira hacia debajo de las superficies inferiores de los pulmones. Después, durante la espiración el diafragma simplemente se relaja, y el retroceso elástico de los pulmones, de la pared torácica y de las estructuras abdominales comprime los pulmones y expulsa el aire. Sin embargo, durante la respiración forzada las fuerzas elásticas no son suficientemente potentes para producir la espiración rápida necesaria, de modo que se consigue una fuerza adicional principalmente mediante la contracción de los músculos abdominales, que empujan el contenido abdominal hacia arriba contra la parte inferior del diafragma, comprimiendo de esta manera los pulmones.

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, lo que permite que el esternón se desplace hacia abajo y hacia atrás hacia la columna vertebral. Sin embargo, cuando la caja costal se eleva, las costillas se desplazan hacia adelante casi en línea recta, de modo que el esternón también se mueve hacia delante, alejándose de la columna vertebral y haciendo que el diámetro anteroposterior del tórax sea aproximadamente un 20% mayor durante la inspiración máxima que durante la espiración.

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.

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. Además, no hay uniones entre el pulmón y las paredes de la caja torácica, excepto en el punto en el que está suspendido del mediastino, la sección media de la cavidad torácica, en el hilio. Por el contrario, 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.

Presión pleural y sus cambios durante la respiración

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. Como se ha señalado antes, esta presión es normalmente una aspiración ligera, lo que significa que hay una presión ligeramente negativa. La presión pleural normal al comienzo de la inspiración es de aproximadamente -5 cmH₂O, que es la magnitud de la aspiración necesaria para mantener los pulmones expandidos hasta su nivel de reposo. Durante la inspiración normal, la expansión de la caja torácica tira hacia fuera de los pulmones con más fuerza y genera una presión más negativa, hasta un promedio de aproximadamente $-7,5$ cmH₂O.

Presión alveolar: presión del aire en el interior de los alvéolos pulmonares

Cuando la glotis está abierta y no hay flujo de aire hacia el interior ni el exterior de los pulmones, las presiones en todas las partes del árbol respiratorio, hasta los alvéolos, son iguales a la presión atmosférica, que se considera que es la presión de referencia cero en las vías aéreas (es decir, presión de 0 cmH₂O). Para que se produzca un movimiento de entrada de aire hacia los alvéolos durante la inspiración, la presión en los alvéolos debe disminuir hasta un valor ligeramente inferior a la presión atmosférica (debajo de cero).

Distensibilidad de los pulmones

El volumen que se expanden los pulmones por cada aumento unitario de presión transpulmonar (si se da tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio) 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 cmH₂O de presión transpulmonar. Es decir, cada vez que la presión transpulmonar aumenta 1 cmH₂O, el volumen pulmonar, después de 10 a 20s, se expande 200 ml.

Surfactante, tensión superficial y colapso de los alvéolos

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 especialmente 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: una membrana muy contráctil de moléculas de agua que rodea toda la superficie de la gota de agua. Invirtamos ahora estos principios y veamos qué ocurre en las superficies internas de los alvéolos. Aquí la superficie de agua también intenta contraerse, lo que tiende a expulsar el aire de los alvéolos a través de los bronquios y, al hacerlo, hace que los alvéolos intenten colapsarse. El efecto neto es producir una fuerza contráctil elástica de todo el pulmón, que se denomina fuerza elástica de la tensión superficial.

El surfactante y su efecto sobre la tensión superficial

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, que constituyen aproximadamente el 10% del área superficial de los alvéolos. Estas células son granulares y contienen inclusiones de lípidos que se secretan en el surfactante hacia los alvéolos.

El surfactante es una mezcla compleja de varios fosfolípidos, proteínas e iones. Los componentes más importantes son el fosfolípido dipalmitoilfosfatidilcolina, las apoproteínas del surfactante e iones calcio.

Efecto de la caja torácica sobre la expansibilidad pulmonar

Hasta ahora hemos analizado la capacidad de expansión de los pulmones de manera aislada, sin considerar la caja torácica. 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.

Distensibilidad del tórax y de los pulmones en conjunto

La distensibilidad de todo el sistema pulmonar (los pulmones y la caja torácica en conjunto) se mide cuando se expanden los pulmones de una persona relajada o paralizada totalmente. Para medir la distensibilidad se introduce aire en los pulmones poco a poco mientras se registran las presiones y volúmenes pulmonares. 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. Por tanto, la distensibilidad del sistema pulmón-tórax combinado es casi exactamente la mitad que la de los pulmones solos, 110 ml de volumen por cada cmH₂O de presión para el sistema combinado, en comparación con 200 ml/cmH₂O para los pulmones de manera aislada.

Volúmenes y capacidades pulmonares

Registro de las variaciones del volumen pulmonar: espirometría

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

El significado de cada uno de estos volúmenes es el siguiente:

1. El volumen corriente es el volumen de aire que se inspira o se expira 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.

Capacidades pulmonares

En la descripción de los acontecimientos del ciclo pulmonar a veces es deseable considerar dos o más de los volúmenes combinados. Estas combinaciones se denominan capacidades pulmonares.

se presentan las capacidades pulmonares importantes, que se pueden describir como se señala a continuación:

1. La capacidad inspiratoria es igual al volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria. Esta capacidad es la cantidad de aire (aproximadamente 3.500 ml) que una persona puede inspirar, comenzando en el nivel espiratorio normal y distendiendo los pulmones hasta la máxima cantidad.
2. La capacidad residual funcional es igual al volumen de reserva espiratoria más el volumen residual. Esta capacidad es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal (aproximadamente 2.300 ml).
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.

Abreviaturas y símbolos utilizados en las pruebas de función respiratoria

La espirometría es solo una de las muchas técnicas de medición que utiliza a diario el neumólogo. Muchas de estas técnicas de medida dependen mucho de cálculos matemáticos. Para simplificar estos cálculos, así como la presentación de los datos de la función pulmonar, se han estandarizado diversas abreviaturas y símbolos.

Ventilación alveolar

En último término, 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 bronquiólos respiratorios. La velocidad a la que llega a estas zonas el aire nuevo se denomina ventilación alveolar.

Espacio muerto» y su efecto sobre la ventilación alveolar

Parte del aire que respira una persona nunca llega a las zonas de intercambio gaseoso, sino que simplemente llena las vías aéreas en las que no se produce intercambio gaseoso, como la nariz, la faringe y la tráquea. Este aire se denomina aire del espacio muerto, porque no es útil para el Intercambio gaseoso. Durante la espiración se expulsa primero el aire del espacio muerto, antes de que el aire procedente de los alvéolos llegue a la atmósfera. Por tanto, el espacio muerto es muy desventajoso para retirar los gases espiratorios de los pulmones.

Frecuencia de la ventilación alveolar

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. Es igual a la frecuencia respiratoria multiplicada por la cantidad de aire nuevo que entra en estas zonas con cada respiración.

Funciones de las vías aéreas

Tráquea, bronquios y bronquiólos

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

Uno de los desafíos más importantes en todas las vías aéreas es mantenerlas abiertas y permitir el paso sin interrupciones de aire hacia los alvéolos y desde los mismos. Para evitar que la tráquea se colapse, múltiples anillos cartilagosos se extienden aproximadamente 5/6 del contorno de la tráquea.

En las paredes de los bronquios, placas curvas de cartílago menos extensas también mantienen una rigidez razonable, aunque permiten un movimiento suficiente para que los pulmones se expandan y se contraigan. Estas placas se hacen cada vez menos extensas en las últimas generaciones de bronquios y han desaparecido en los bronquiólos, que habitualmente tienen diámetros inferiores a 1,5 mm. No se impide el colapso de los bronquiólos por la rigidez de sus paredes. Por el contrario, se mantienen expandidos principalmente por las mismas presiones transpulmonares que expanden los alvéolos. Es decir, cuando los alvéolos se dilatan, los bronquiólos también se dilatan, aunque no tanto.

Pared muscular de los bronquios y bronquiólos y su control

En todas las zonas de la tráquea y de los bronquios que no están ocupadas por placas cartilagosas las paredes están formadas principalmente por músculo liso. Además, las paredes de los bronquiólos están formadas casi totalmente por músculo liso, con la excepción del bronquiólo más terminal, denominado bronquiólo respiratorio, que está formado principalmente por epitelio pulmonar y su tejido fibroso subyacente más algunas fibras musculares lisas.

Control nervioso y local de la musculatura bronquiolar: dilatación «simpática» de los Bronquiólos

El control directo de los bronquiólos por las fibras nerviosas simpáticas es relativamente débil porque pocas fibras de este tipo penetran hasta las porciones centrales del pulmón. Sin embargo, 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 β -adrenérgicos) producen dilatación del árbol bronquial.

Reflejo tusígeno

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. La laringe y la Carina (es decir, el punto en el que la tráquea se divide en los bronquios) son especialmente sensibles, y los bronquiólos terminales e incluso los alvéolos son sensibles a estímulos químicos corrosivos, como los gases 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 siguiente efecto.

Reflejo del estornudo

El reflejo del estornudo es muy similar al reflejo tusígeno, excepto que se aplica a las vías aéreas nasales en lugar de a las vías aéreas inferiores. 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. Se produce una serie de reacciones similar a la que ocurre en el reflejo tusígeno, pero la úvula desciende, de modo que grandes cantidades de aire pasan rápidamente a través de la nariz, contribuyendo de esta manera a limpiar las vías aéreas nasales de sustancias extrañas.

Función de filtro de la nariz

Los pelos de la entrada de las narinas son importantes para filtrar las partículas grandes. Sin embargo, es mucho más importante la eliminación de las partículas por precipitación turbulenta, es decir, el aire que atraviesa las vías aéreas nasales choca contra muchos obstáculos: los cornetes (también denominados turbinas porque generan una turbulencia de aire), el tabique y la pared faríngea. Cada vez que el aire choca contra una de estas obstrucciones debe cambiar su dirección de movimiento. Al tener una masa y un momento mucho mayores que el aire, las partículas que están suspendidas en el aire no pueden cambiar de dirección tan rápidamente como el aire. Por tanto, siguen hacia delante, chocando contra las superficies de las obstrucciones, y quedan atrapadas en la cubierta mucosa y son transportadas por los cilios hacia la faringe, para ser deglutidas.

Vocalización

El habla implica no solo al aparato respiratorio, sino también a: 1) centros específicos de control nervioso del habla de la corteza cerebral, que se analizan en el capítulo 58; 2) centros de control respiratorio del encéfalo, y 3) las estructuras de articulación y resonancia de las cavidades oral y nasal. El habla está formada por dos funciones mecánicas: 1) fonación, que se realiza en la laringe, y 2) articulación, que se realiza en las estructuras de la boca.

Fonación

La laringe está adaptada especialmente para actuar como vibrador. Los elementos vibradores son los pliegues vocales, que habitualmente se denominan 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.

Articulación y resonancia

Los tres órganos principales de la articulación son los labios, la lengua y el paladar blando. No es necesario analizarlos en detalle porque todos estamos familiarizados con sus movimientos durante el habla y otras vocalizaciones.

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. Por ejemplo, la función de los resonadores nasales está demostrada por el cambio de calidad de la voz cuando una persona tiene un catarro intenso que bloquea las vías aéreas que se dirigen a estos resonadores.

Circulación pulmonar, edema pulmonar, líquido pleural

El pulmón tiene dos circulaciones: una circulación de bajo flujo y alta presión y una circulación de alto flujo y baja presión. La circulación de bajo flujo y alta presión aporta la sangre arterial sistémica a la tráquea, el árbol bronquial incluida los bronquiólos terminales, los tejidos de sostén del pulmón y las capas exteriores (adventicias) de las arterias y venas pulmonares. Las arterias bronquiales, que son ramas de la aorta torácica, irrigan la mayoría de esta sangre arterial sistémica a una presión solo ligeramente inferior a la presión aórtica. 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 (O₂) y se extrae el dióxido de carbono (CO₂). La arteria pulmonar, que recibe sangre del ventrículo derecho, y sus ramas arteriales transportan sangre a los capilares alveolares para el intercambio gaseoso y a las venas pulmonares y después devuelven la sangre a la aurícula izquierda para su bombeo por el ventrículo izquierdo a través de la circulación sistémica.

Anatomía fisiológica del sistema circulatorio pulmonar

Vasos pulmonares

La arteria pulmonar se extiende solo 5 cm más allá de la punta del ventrículo derecho y después se divide en las ramas principales derecha e izquierda, que vascularizan los dos pulmones correspondientes.

La arteria pulmonar tiene un grosor de pared un tercio del de la aorta. Las ramas de las arterias pulmonares son cortas, y todas las arterias pulmonares, incluso las arterias más pequeñas y las arteriolas, tienen diámetros mayores que sus correspondientes arterias sistémicas.

Las venas pulmonares, al igual que las arterias pulmonares, también son cortas. Drenan inmediatamente la sangre que les llega hacia la aurícula izquierda.

Vasos bronquiales

La sangre también fluye hacia los pulmones a través de arterias bronquiales pequeñas que se originan en la circulación sistémica y transportan el 1-2% del gasto cardíaco total. Esta sangre arterial bronquial es sangre oxigenada, al contrario de la sangre parcialmente desoxigenada de las arterias pulmonares. Vascularizan los tejidos de soporte de los pulmones, como el tejido conjuntivo, los tabiques y los bronquios grandes y pequeños. Después de que esta sangre bronquial y arterial pase a través de los tejidos de soporte, drena hacia las venas pulmonares y entra en la aurícula izquierda, en lugar de regresar hacia la aurícula derecha. Por tanto, el flujo hacia la aurícula izquierda y el gasto del ventrículo izquierdo son aproximadamente un 1-2% mayores que el gasto del ventrículo derecho.

Linfáticos

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.

Presiones en el sistema pulmonar

Curva del pulso de presión del ventrículo derecho

La presión sistólica del ventrículo derecho del ser humano normal es en promedio de aproximadamente 25 mmHg, y la presión diastólica es en promedio de aproximadamente 0 a 1 mmHg, valores que son solo un quinto de los del ventrículo izquierdo.

Presiones en la arteria pulmonar

Durante la sístole la presión en la arteria pulmonar es esencialmente igual a la presión que hay en el ventrículo derecho. Sin embargo, después del cierre de la válvula pulmonar al final de la sístole, la presión ventricular cae súbitamente, mientras que la presión arterial pulmonar disminuye más lentamente a medida que la sangre fluye a través de los capilares de los pulmones. 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.

Presiones auricular izquierda y venosa pulmonar

La presión media en la aurícula izquierda y en las venas pulmonares principales es en promedio de aproximadamente 2 mmHg en el ser humano en decúbito, y varía desde un valor tan bajo como 1 mmHg hasta uno tan elevado como 5 mmHg. Habitualmente no es posible medir la presión auricular izquierda de un ser humano utilizando un dispositivo de medida directa porque es difícil introducir un catéter a través de las cavidades cardíacas hacia la aurícula izquierda.

Volumen sanguíneo de los pulmones

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. Aproximadamente 70 ml de este volumen de sangre pulmonar están en los capilares pulmonares, y el resto se divide aproximadamente por igual entre las arterias y las venas pulmonares.

Los pulmones sirven como reservorio de sangre

En varias situaciones fisiológicas y patológicas la cantidad de sangre de los pulmones puede variar desde tan poco como la mitad del valor normal hasta el doble de lo normal.

Flujo sanguíneo a través de los pulmones y su distribución

El flujo sanguíneo a través de los pulmones es esencialmente igual al gasto cardíaco. Por tanto, los factores que controlan el gasto cardíaco (principalmente factores periféricos, como se analiza en el capítulo 20) también controlan el flujo sanguíneo pulmonar. En la mayoría de las situaciones los vasos pulmonares actúan como tubos distensibles que se dilatan al aumentar la presión y se estrechan al disminuir la presión. Para que se produzca una aireación adecuada de la sangre, esta debe distribuirse a los segmentos de los pulmones en los que los alvéolos estén mejor oxigenados. Esta distribución se consigue por el mecanismo siguiente.

La disminución del oxígeno alveolar reduce el flujo sanguíneo alveolar local y regula la Distribución del flujo sanguíneo pulmonar

Cuando la concentración de O₂ en el aire de los alvéolos disminuye por debajo de lo normal (especialmente cuando disminuye por debajo del 70% de lo normal [es decir, por debajo de 73 mmHg de Po₂]) los vasos sanguíneos adyacentes se constriñen, con un aumento de la resistencia vascular de más de cinco veces a concentraciones de O₂ muy bajas. Este efecto es opuesto al efecto que se observa en los vasos sistémicos, que se dilatan en lugar de constreñirse en respuesta a concentraciones bajas de O₂. Aunque los mecanismos que promueven la vasoconstricción pulmonar durante la hipoxia no se conocen en profundidad, la baja concentración de O₂ puede estimular la liberación de sustancias vasoconstrictoras o reducir la liberación de un vasodilatador, como el óxido nítrico, del tejido pulmonar.

Algunos estudios sugieren que la hipoxia puede inducir directamente vasoconstricción por inhibición de los canales iónicos de potasio sensibles al oxígeno en las membranas celulares del músculo liso vascular pulmonar.

Zonas 1, 2 y 3 del flujo sanguíneo pulmonar

Los capilares de las paredes alveolares están distendidos por la presión de la sangre que hay en su interior, pero simultáneamente están comprimidos por la presión del aire alveolar que está en su exterior. Por tanto, siempre que la presión del aire alveolar pulmonar sea mayor que la presión de la sangre capilar, los capilares se cierran y no hay flujo sanguíneo. En diferentes situaciones normales y patológicas se puede encontrar una cualquiera de tres posibles zonas (patrones) del flujo sanguíneo Pulmonar, como se señala a continuación:

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.

El aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio intenso es asumido normalmente por la circulación pulmonar sin grandes aumentos en la presión arterial pulmonar

Durante el ejercicio intenso el flujo sanguíneo a través de los pulmones puede aumentar entre cuatro y siete veces. Este flujo adicional se acomoda en los pulmones de tres formas: 1) aumentando el número de capilares abiertos, a veces hasta tres veces; 2) distendiendo todos los capilares y aumentando la velocidad del flujo a través de cada capilar a más del doble, y 3) aumentando la presión arterial pulmonar.

Función de la circulación pulmonar cuando la presión auricular izquierda se eleva como consecuencia de una insuficiencia cardíaca izquierda

La presión auricular izquierda de una persona sana casi nunca se eleva por encima de +6 mmHg, incluso durante el ejercicio más intenso. Estas pequeñas modificaciones de la presión auricular izquierda prácticamente no tienen ningún efecto sobre la función de la circulación pulmonar porque simplemente expanden las vénulas pulmonares y abren más capilares, de modo que la sangre sigue fluyendo con una facilidad casi igual desde las arterias pulmonares. Sin embargo, cuando se produce insuficiencia del lado izquierdo del corazón la sangre comienza a acumularse en la aurícula izquierda. Como consecuencia, la presión auricular izquierda puede aumentar de manera ocasional desde su valor normal de 1 a 5 mmHg hasta 40 a 50 mmHg.

Dinámica capilar pulmonar

El intercambio de gases entre el aire alveolar y la sangre capilar pulmonar se analiza en el capítulo 40. Sin embargo, es importante señalar aquí que las paredes alveolares están tapizadas por tantos capilares que en la mayor parte de los sitios los capilares casi se tocan entre sí, adosados unos a otros. Por tanto, con frecuencia se dice que la sangre capilar fluye en las paredes alveolares como una lámina de flujo, y no como capilares individuales.

Presión capilar pulmonar

Nunca se han realizado mediciones directas de la presión capilar pulmonar. Sin embargo, el método isogravimétrico de la presión capilar pulmonar, utilizando una técnica que se describe en el capítulo 16, ha dado un valor de 7 mmHg. Es probable que esta medida sea casi correcta, porque la presión auricular izquierda media es de aproximadamente 2 mmHg y la presión arterial pulmonar media es de

solo 15 mmHg, de modo que la presión capilar pulmonar media debe estar en algún punto entre estos dos valores.

Intercambio capilar de líquido en los pulmones y dinámica del líquido intersticial pulmonar

La dinámica del intercambio de líquido a través de las membranas capilares pulmonares es cualitativamente la misma que en los tejidos periféricos. Sin embargo, cuantitativamente hay diferencias importantes, como se señala a continuación:

1. La presión capilar pulmonar es baja, de aproximadamente 7 mmHg, en comparación con una presión capilar funcional mucho mayor en los tejidos periféricos, de aproximadamente 17 mmHg.
2. La presión del líquido intersticial del pulmón es ligeramente más negativa que en el tejido subcutáneo periférico. (Esta presión se ha medido de dos formas: con una micropipeta insertada en el intersticio pulmonar, que da un valor de aproximadamente -5 mmHg, y midiendo la presión de absorción de líquido desde los alvéolos, que da un valor de aproximadamente -8 mmHg.)
3. La presión coloidosmótica del líquido intersticial pulmonar es de aproximadamente 14 mmHg, en comparación con menos de la mitad de este valor en los tejidos periféricos.
4. Las paredes alveolares son muy delgadas, y el epitelio alveolar que recubre las superficies alveolares es tan débil que se puede romper si la presión positiva en los espacios intersticiales es mayor que la presión del aire alveolar (>0 mmHg), lo que permite el paso de líquido desde los espacios intersticiales hacia los alvéolos.

Edema pulmonar

El edema pulmonar se produce de la misma forma en que se produce el edema en cualquier otra localización del cuerpo. Cualquier factor que aumente la filtración de líquido fuera de los capilares pulmonares o que impida la función linfática pulmonar y provoque un aumento de la presión del líquido intersticial pulmonar desde el intervalo negativo hasta el intervalo positivo dará lugar al llenado rápido de los espacios intersticiales pulmonares y de los alvéolos con grandes cantidades de líquido libre.

Líquido en la cavidad pleural

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.

La membrana pleural es una membrana serosa mesenquimatosa porosa a través de la cual trasudan continuamente pequeñas cantidades de líquido intersticial hacia el espacio pleural. Estos líquidos arrastran con ellos proteínas tisulares, lo que da al líquido pleural una característica mucoide, que es lo que permite el deslizamiento muy fácil de los pulmones en movimiento.

Derrame pleural: acumulación de grandes cantidades de líquido libre en el espacio pleural

El derrame es análogo al líquido de edema en los tejidos y se puede denominar edema de la cavidad Pleural.

Principios físicos del intercambio gaseoso; difusión de oxígeno y dióxido de carbono a través de la membrana respiratoria

Después de que los alvéolos se hayan ventilado con aire limpio, la siguiente fase de la respiración es la difusión del oxígeno (O₂) desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar y la difusión del dióxido de carbono (CO₂) en la dirección opuesta, desde la sangre a los alvéolos. 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. Sin embargo, en fisiología respiratoria no solo interesa el mecanismo básico mediante el que se produce la difusión, sino también la velocidad a la que ocurre, que es un problema mucho más complejo, que precisa un conocimiento más profundo de la física de la difusión y del intercambio gaseoso.

Física de la difusión gaseosa y presiones parciales de gases Base molecular de la difusión gaseosa

Todos los gases importantes en fisiología respiratoria son moléculas simples que se mueven libremente entre sí por difusión. Esto también se aplica a los gases que están disueltos en los líquidos y en los tejidos del cuerpo.

Para que se produzca la difusión debe haber una fuente de energía. Esta fuente procede del movimiento cinético de las propias partículas. Excepto a la temperatura del cero absoluto, todas las moléculas de toda la materia están experimentando movimiento de manera continua.

Presiones gaseosas en una mezcla de gases: presiones parciales de Gases individuales

La presión está producida por múltiples impactos de partículas en movimiento contra una superficie. Por tanto, la presión de un gas que actúa sobre las superficies de las vías aéreas y de los alvéolos es proporcional a la suma de las fuerzas de los impactos de todas las moléculas de ese gas que chocan contra la superficie en cualquier momento dado. Esto significa que la presión es directamente proporcional a la concentración de las moléculas del gas.

En fisiología respiratoria se manejan muestras de gases mezclas de gases, principalmente oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

Presiones de gases disueltos en agua y tejidos

Los gases disueltos en agua o en los tejidos corporales también ejercen una presión, porque las moléculas de gas disuelto se mueven de manera aleatoria y tienen energía cinética. Además, cuando el gas disuelto en el líquido entra en contacto con una superficie, como la membrana de una célula, ejerce su propia presión parcial de la misma manera que un gas en la fase gaseosa.

Las composiciones del aire alveolar y el aire atmosférico son diferentes

El aire alveolar no tiene en modo alguno las mismas concentraciones de gases que el aire atmosférico. Hay varias razones para estas diferencias. Primero, el aire alveolar es sustituido solo de manera parcial por aire atmosférico en cada respiración. Segundo, el O₂ se absorbe constantemente hacia la sangre pulmonar desde el aire pulmonar. Tercero, el CO₂ está difundiendo constantemente desde la sangre pulmonar hacia los alvéolos. Y cuarto, el aire atmosférico seco que entra en las vías aéreas es humidificado incluso antes de que llegue a los alvéolos.

Humidificación del aire en las vías aéreas

La presión parcial de vapor de agua a una temperatura corporal normal de 37 ° C es de 47 mmHg, que es, por tanto, la presión parcial de vapor de agua del aire alveolar. Como la presión total en los Alvéolos no puede aumentar por encima de la presión atmosférica (760 mmHg a nivel del mar), este vapor de agua simplemente diluye todos los demás gases que están en el aire inspirado.

El aire alveolar se renueva lentamente por el aire atmosférico

En el capítulo 38 se señaló que en promedio la capacidad residual funcional de los pulmones (el volumen de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal) en un hombre mide aproximadamente 2.300 ml. Sin embargo, solo 350 ml de aire nuevo entran en los alvéolos en cada inspiración normal y se espira esta misma cantidad de aire alveolar. Por tanto, el volumen de aire alveolar que es sustituido por aire atmosférico nuevo en cada respiración es de solo 1/7 del total, de modo que son necesarias múltiples inspiraciones para intercambiar la mayor parte del aire alveolar.

Importancia de la sustitución lenta del aire alveolar

La sustitución lenta del aire alveolar tiene una importancia particular en la prevención de cambios súbitos de las concentraciones de gases en la sangre. Esto hace que el mecanismo de control respiratorio sea mucho más estable de lo que sería de otro modo, y ayuda a prevenir los aumentos y disminuciones excesivos de la oxigenación tisular, de la concentración tisular de CO₂ y del pH tisular cuando se produce una interrupción temporal de la respiración.

Concentración y presión parcial de oxígeno en los alvéolos

El oxígeno se absorbe continuamente desde los alvéolos hacia la sangre de los pulmones, y continuamente se respira O₂ nuevo hacia los alvéolos desde la atmósfera. Cuanto más rápidamente se absorba el O₂, menor será su concentración en los alvéolos; por el contrario, cuanto más rápidamente se inhale nuevo O₂ hacia los alvéolos desde la atmósfera, mayor será su concentración. Por tanto, la concentración de O₂ en los alvéolos, y también su presión parcial, está controlada por: 1) la velocidad de absorción de O₂ hacia la sangre, y 2) la velocidad de entrada de O₂ nuevo a los pulmones por el proceso ventilatorio.

Concentración y presión parcial de CO₂ en los alvéolos

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.

Difusión de gases a través de la membrana respiratoria

Unidad respiratoria

Se muestra la unidad respiratoria (también denominada lobulillo respiratorio), que está formada por un bronquíolo respiratorio, los conductos alveolares, los atrios y los alvéolos. Hay aproximadamente 300 millones de alvéolos en los dos pulmones, y cada alvéolo tiene un diámetro medio de aproximadamente 0,2 mm.

De hecho, debido a lo extenso del plexo capilar, se ha descrito que el flujo de sangre en la pared alveolar es una lámina de sangre que fluye. Así, es evidente que los gases alveolares están muy próximos a la sangre de los capilares pulmonares. Además, 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.

Factores que influyen en la velocidad de difusión gaseosa a través de la membrana respiratoria

En relación con el análisis anterior de la difusión de los gases en agua, se pueden aplicar los mismos principios a la difusión de gases a través de la membrana respiratoria. Así, 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.

De manera ocasional se produce un aumento del grosor de la membrana respiratoria.

Capacidad de difusión de la membrana respiratoria

La capacidad de la membrana respiratoria de intercambiar un gas entre los alvéolos y la sangre pulmonar se expresa en términos cuantitativos por 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. Todos los factores que se han analizado antes y que influyen en la difusión a través de la membrana respiratoria pueden influir sobre esta capacidad de difusión.

Capacidad de difusión del dióxido de carbono

Nunca se ha medido la capacidad de difusión del CO₂ porque el CO₂ difunde a través de la membrana respiratoria con tanta rapidez que la Pco₂ media de la sangre pulmonar no es muy diferente de la Pco₂ de los alvéolos (la diferencia media es menor de 1 mmHg).