

# Fisiología

## Ensayo

**Dr. Julio Andrés Ballinas Gómez**

**Jacqueline Montserrat Selvas Pérez**

El sistema respiratorio se divide en una zona respiratoria, que es el sitio de intercambio de gases entre el aire y la sangre, y una zona de conducción. El intercambio de gases entre el aire y la sangre ocurre a través de las paredes de los alvéolos respiratorios, que permiten índices rápidos de difusión de gas.

El término respiración incluye tres funciones separadas, pero relacionadas: 1) **ventilación** (respiración); 2) **intercambio de gases**, que ocurre entre el aire y la sangre en los pulmones, y entre la sangre y otros tejidos del cuerpo, y 3) **utilización de oxígeno** por los tejidos durante las reacciones liberadoras de energía de la respiración celular. La ventilación y el intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono) entre el aire y la sangre se llaman en conjunto respiración externa. El intercambio de gases entre la sangre y otros tejidos, y la utilización de oxígeno por los tejidos se conocen en conjunto como respiración interna.

La ventilación es el proceso mecánico que mueve aire hacia adentro y hacia afuera de los pulmones. Dado que la concentración de oxígeno del aire es más alta en los pulmones que en la sangre, el oxígeno se difunde desde el aire hacia la sangre. Por el contrario, el dióxido de carbono.

Cuando inspiramos introducimos parte del aire de la atmósfera (formada por tres gases principales: nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono entre otros) en nuestro cuerpo. La mayoría de gas inspirado es el nitrógeno, el cual no colabora en ningún proceso respiratorio salvo casos muy extremos, el segundo es el oxígeno y el tercero el dióxido de carbono. Una vez en los pulmones, el oxígeno (y el dióxido de carbono en una medida muy pequeña) a través de los alveolos, pasan a los glóbulos rojos de la sangre de la vena pulmonar. El dióxido de carbono reacciona en la sangre con el agua, gracias a una enzima, dando lugar al bicarbonato. La sangre llega al corazón, atraviesa la aurícula y ventrículo izquierdo y es bombeada hacia las células por las arterias sistémicas. El oxígeno de la sangre atraviesa la membrana celular con una presión parcial de 100 atm. A su vez, se produce un intercambio, ya que la célula expulsa el dióxido de carbono y el oxígeno que no ha utilizado. Una vez realizado el intercambio, la sangre es conducida por las venas sistemáticas con el

oxígeno cuya presión parcial es menor, y con un aumento en la presión parcial del dióxido de carbono. Llega nuevamente al corazón, se conduce por la aurícula y el ventrículo derechos y finalmente se desplaza por la arteria pulmonar hasta los pulmones donde se expulsa el aire (espiración).

El proceso de respiración involuntario está controlado por el tronco encefálico que envía información motora al diafragma a través del nervio frénico. Éste consta del centro respiratorio bulbar, centro apnéustico y centro neumotáxico. En el tronco encefálico también se sitúan los quimiorreceptores y otros receptores. Cuando ejercemos un control voluntario sobre la respiración entonces las órdenes son enviadas de la corteza cerebral en vez del tronco encefálico. Es de vital importancia, valga la redundancia, el buen funcionamiento de los procesos explicados de la respiración ya que, si alguno falla o se ve afectado, la calidad de vida del paciente disminuye incluso puede ocasionarle la muerte.

## **ORGANIZACIÓN Y FUNCION DEL SISTEMA CIRCULATORIO.**

La vía aérea se clasifica en alta y baja (o superior e inferior), considerando como hito anatómico el cartílago cricoides. Desde un punto de vista funcional, se puede considerar como alta la vía aérea extratorácica y baja la intratorácica. También se podría considerar que la vía aérea se compone de compartimentos funcionales: una zona de conducción proximal, que consiste en el árbol traqueobronquial hasta la generación 16, una zona de transición (generaciones 17 a 19) y una zona respiratoria (generaciones 20 a 22), y finalmente la región alveolar.

Existen diversas características anatómicas de la vía aérea alta, particularmente de la nariz, que permiten que cumpla su función protectora. El eje de la vía nasal se orienta en 90° respecto a la tráquea por lo que permite atrapar partículas. Los cornetes, estructuras altamente vascularizadas y con una gran área de exposición, concentran el aire en una corriente pequeña, logrando calentar, humidificar y filtrar el aire que ingresa por la nariz. El aporte de la vía aérea superior a la resistencia total de la vía aérea es fundamental. En promedio, el 50% de la resistencia de la vía

aérea está en la nariz, siendo en recién nacidos hasta 80%. Es por esto que cualquier compromiso de las dimensiones de la vía aérea nasal (secreciones, cuerpo extraño) en lactantes que son principalmente respiradores nasales significará la aparición de uso de musculatura accesoria y retracción costal. La faringe es una zona colapsable, formada por los músculos constrictores de la faringe y la base de la lengua. Para evitar que la vía aérea alta colapse durante la inspiración, el tono muscular indemne es fundamental. Durante el sueño el tono muscular y la acción de los músculos dilatadores disminuyen considerablemente, favoreciendo la disminución del diámetro de la vía aérea superior, y en algunas situaciones llevando al colapso, produciéndose a veces, apneas obstructivas. La laringe constituye una zona compleja de la vía aérea superior encargada de coordinar la respiración, con la deglución en forma segura y efectiva y además encargarse de la fonación. Esto se logra con un adecuado funcionamiento de las cuerdas vocales que deben abrirse al respirar, para que el aire fluya a la vía aérea; cerrarse al deglutir, para que no se aspire el alimento hacia la vía aérea; cerrarse y vibrar, para finar y finalmente para permitir el mecanismo de tos, cerrarse para aumentar la presión intratorácica y luego abrirse abruptamente para espirar a alto flujo.

## **VENTILACION MECANICA.**

La ventilación mecánica (VM) se conoce como todo procedimiento de respiración artificial que emplea un aparato para suplir o colaborar con la función respiratoria de una persona, que no puede o no se desea que lo haga por sí misma, de forma que mejore la oxigenación e influya así mismo en la mecánica pulmonar. El ventilador es un generador de presión positiva en la vía aérea que suple la fase activa del ciclo respiratorio (se fuerza la entrada de aire en la vía aérea central y en los alvéolos). El principal beneficio consiste en el intercambio gaseoso y la disminución del trabajo respiratorio.

Este proceso puede ser activo o pasivo según que el modo ventilatorio sea espontáneo, cuando se realiza por la actividad de los músculos respiratorios del individuo, o mecánico cuando el proceso de ventilación se realiza por la acción de un mecanismo externo. El nivel de ventilación está regulado desde el centro respiratorio en función de las necesidades metabólicas, del estado gaseoso y el equilibrio ácido-base de la sangre y de las condiciones mecánicas del conjunto pulmón-caja torácica. El objetivo de la ventilación pulmonar es transportar el oxígeno hasta el espacio alveolar para que se produzca el intercambio con el espacio capilar pulmonar y evacuar el CO<sub>2</sub> producido a nivel metabólico. El pulmón tiene unas propiedades mecánicas que se caracterizan por:

- 1- **Elasticidad.** Depende de las propiedades elásticas de las estructuras del sistema respiratorio. Por definición es la propiedad de un cuerpo a volver a la posición inicial después de haber sido deformado. En el sistema respiratorio se cuantifica como el cambio de presión en relación al cambio de presión.
- 2- **Viscosidad.** Depende de la fricción interna de un medio fluido, es decir entre el tejido pulmonar y el gas que circula por las vías aéreas. En el sistema respiratorio se cuantifica como el cambio de presión en relación al flujo aéreo.
- 3- **Tensión superficial.** Está producida por las fuerzas cohesivas de las moléculas en la superficie del fluido y de la capa de la superficie alveolar. Estas fuerzas dependen de la curvatura de la superficie del fluido y de su composición.
- 4- **Histéresis.** Es el fenómeno por el que el efecto de una fuerza persiste más de lo que dura la misma fuerza.

## VOLUMENES Y CAPACIDAD PULMONAR.

La mayoría de los volúmenes y capacidades pulmonares se pueden medir con el espirómetro. La capacidad pulmonar total, la capacidad residual funcional y el volumen residual no pueden medirse con el espirómetro. Los volúmenes pulmonares, si se suman, equivalen al volumen máximo hasta el que pueden expandirse los pulmones. Los cuatro volúmenes pulmonares.

- El volumen corriente (VT) es el volumen de aire (aprox. 500 ml) inspirado y espirado con cada respiración normal.
- El volumen de reserva inspiratoria (VRI) es el volumen adicional de aire (aprox. 3.000 ml) que se puede inspirar por encima del volumen corriente.
- El volumen de reserva espiratoria (VRE) es la cantidad adicional de aire (aprox. 1.100 ml) que se puede espirar mediante una espiración forzada al término de una espiración corriente normal.
- El volumen residual (VR) es el volumen de aire (aprox. 1.200 ml) que permanece en los pulmones después de la máxima espiración forzada.

Las capacidades pulmonares son la combinación de dos o más volúmenes pulmonares.

- . La capacidad inspiratoria (CI) equivale al volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria, y es la cantidad de aire (aprox. 3.500 ml) que puede respirar una persona partiendo de una espiración normal y distendiendo al máximo los pulmones.
- . La capacidad residual funcional (CRF) es el volumen de reserva inspiratoria más el volumen residual y supone la cantidad de aire que permanece en los pulmones al finalizar una espiración normal (aprox. 2.300 ml).
- . La capacidad vital (CV) equivale al volumen de reserva inspiratoria más el volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria; es la cantidad máxima de aire que puede expulsar de los pulmones una persona después

del máximo llenado inicial de los pulmones y de su espiración máxima (aprox. 4.600 ml).

- . La capacidad pulmonar total (CPT) es el volumen máximo al que pueden expandirse los pulmones después del máximo esfuerzo inspiratorio posible (aprox. 5.800 ml); equivale a la suma de la capacidad vital más el volumen residual.

El volumen respiratorio minuto es la cantidad total de aire nuevo que pasa por las vías respiratorias cada minuto. Equivale al volumen corriente multiplicado por la frecuencia respiratoria. El volumen corriente normal se aproxima a 500 ml, y la frecuencia respiratoria normal a 12 respiraciones por minuto, por lo que el promedio del volumen respiratorio minuto suele ser de 6 l/min.

## **VENTILACION - PERFUSION**

Suele expresarse como  $V/Q$ , donde  $V$  es ventilación pulmonar y  $Q$  es flujo o perfusión sanguínea. Con valores normales de  $V$  y de  $Q$ , que oscilan en los 4,2 L/min para  $V$  y en 4 - 5 L/min para  $Q$ , esta relación es de alrededor de 0.8 - 1, valores a los que se optimiza el intercambio gaseoso a través de la barrera alvéolo capilar.

Las unidades alveolares del pulmón reciben prácticamente una cantidad similar de  $VA$  que, de  $Q$ , aunque en condiciones fisiológicas existen ciertas desigualdades en dicha relación  $VA/Q$  entre unidades alveolares, dependiendo de su localización. En posición erecta esta desigualdad tiene una distribución regional, disminuyendo la relación  $VA/Q$  desde el vértice pulmonar hasta la base. Ambos factores,  $VA$  y  $Q$ , son superiores en las bases pulmonares (en posición supina, esto ocurre en las zonas más declives). La  $Q$  es mayor en la base pulmonar por efecto de la gravedad. La  $VA$  también está aumentada en las bases debido a que la gravedad influye sobre la presión pleural y la hace menos negativa en las zonas más declives, por lo que la ventilación regional por unidad de volumen pulmonar de las zonas más basales es superior a la de los menos declives. La relación ventilación/perfusión idónea (o máxima) en un pulmón, en condiciones normales, se alcanza a una altura media de

este, más concretamente a la altura del corazón. Por encima, en dirección al vértice pulmonar, tendríamos alveolos muy ventilados y poco perfundidos y cuando nos acercamos a la base pulmonar, sucede justo lo contrario, alvéolos muy perfundidos y poco ventilados. Los cocientes típicos de V/Q (V= Ventilación; Q= Perfusión) oscilan entre 0,6 en la base y 3 en el vértice pulmonar, siendo el valor promedio de 0,8 para una ventilación alveolar promedio de 4 L/min de aire y una perfusión de 5 L/min de sangre.

## **DIFUSIÓN DE GASES A TRAVÉS DE LA MEMBRANA RESPIRATORIA**

También conocida como hematosis, es el intercambio de gases entre el aire alveolar (rico en oxígeno) y la sangre (rica en dióxido de carbono).

Cuando la sangre llega a los pulmones tiene un alto contenido en CO<sub>2</sub> y muy escaso en O<sub>2</sub>. El O<sub>2</sub> pasa por difusión a través de las paredes alveolares y capilares a la sangre. Allí es transportada por la hemoglobina, localizada en los glóbulos rojos, que la llevará hasta las células del cuerpo donde por el mismo proceso de difusión pasará al interior para su posterior uso.

El mecanismo de intercambio de CO<sub>2</sub> es semejante, pero en sentido contrario, pasando el CO<sub>2</sub> a los alvéolos. El CO<sub>2</sub>, se transporta disuelto en el plasma sanguíneo y también en parte lo transportan los glóbulos rojos. O membrana alveolo- capilar:

- El espesor varía de 0.2 a 0.6 micras
- El diámetro medio de los capilares pulmonares es de unas 8 micras
- Aquí se lleva a cabo la difusión de oxígeno desde el alveolo hacia el eritrocito y la difusión de dióxido de carbono en la dirección opuesta.
- La cantidad total de sangre en los capilares de los pulmones en cualquier instante dado es de 60 a 140 ml
- Capa de líquido que reviste el alveolo y surfactante (Dipalmitoillecitina)

- Epitelio alveolar compuesto de células epiteliales finas (Neumocitos tipo 1 y 2 – Surf.)
- Membrana basal epitelial
- Espacio intersticial fino entre el epitelio alveolar y la membrana capilar
- Membrana basal capilar que se fusiona con la membrana basal epitelial.
- Membrana endotelial capilar.

Estos gases difunden debido a una diferencia de concentración. El oxígeno pasa a la sangre y se combina con la hemoglobina de los glóbulos rojos, los que lo llevarán a todas las células del cuerpo. Mientras que el dióxido de carbono recorre el camino inverso, pasando al alvéolo para ser eliminado.

## TRANSPORTE DE GASES EN SANGRE

El sistema de transporte de los gases en sangre constituye el objetivo último de la función respiratoria y aunque no es realizado estrictamente hablando por el aparato respiratorio sino por la sangre y el aparato cardiovascular, se constituye en el cumplimiento correcto del objetivo de aportar O<sub>2</sub> a los tejidos para poder realizar sus procesos metabólicos y eliminar el CO<sub>2</sub> producido.

Existen dos formas de transporte de gases en sangre:

- En forma disuelta siguiendo la ley de Henry.
- En forma combinada.

El O<sub>2</sub> que difunde desde los alvéolos a la sangre capilar, se disuelve en el plasma. En esta forma disuelta se transportan 0,3 ml de O<sub>2</sub>/100 ml sangre. Esta cantidad es muy baja e insuficiente para cubrir las necesidades del organismo, que en reposo se sitúan ya en unos 250 ml de O<sub>2</sub>/minuto. Aunque su valor es pequeño, sin embargo, cumple una función importante, ya que determina la pO<sub>2</sub> en plasma de la que dependerá la forma fundamental de transporte.

El principal sistema de transporte de O<sub>2</sub> (98%) es combinado con la hemoglobina, de esta forma se transportan 20 ml de O<sub>2</sub>/100 ml sangre.

## **REGULACION DE LA RESPIRACION.**

La función principal y reguladora del sistema respiratorio es mantener las presiones normales de oxígeno y dióxido de carbono, así como la concentración de iones H<sup>+</sup> o hidrogeniones, lo cual se consigue adecuando la ventilación pulmonar a las necesidades metabólicas orgánicas de consumo y producción de ambos gases, respectivamente. A pesar de las amplias variaciones en los requerimientos de captación de oxígeno y eliminación de dióxido de carbono, las presiones arteriales de ambos elementos se mantienen dentro de márgenes muy estrechos por una compleja regulación de la ventilación de los pulmones mediante determinados sistemas de control. Por tratarse de un tema muy complicado y disponerse ahora de nuevos conocimientos al respecto, se decidió describir en este breve artículo la organización morfofuncional general de los elementos que integran el sistema de control de la función respiratoria humana normal.

Los mecanismos nerviosos separados regulan la respiración. Uno está encargado del control voluntario y el otro, del automático. El sistema voluntario se encuentra en la corteza cerebral y envía impulsos a las neuronas motoras respiratorias mediante los haces corticoespinales. El sistema automático está impulsado por un grupo de células marcapasos en el bulbo raquídeo. Los impulsos de estas células activan neuronas motoras en la médula espinal cervical y torácica que inervan los músculos respiratorios. Los de la médula cervical estimulan el diafragma mediante los nervios frénicos y los de la médula torácica, hacen lo propio con los músculos intercostales externos. Sin embargo, los impulsos también llegan a la inervación de los músculos intercostales internos y otros músculos espiratorios.

Las neuronas motoras que llegan a los músculos espiratorios se inhiben cuando se activan aquellas que inervan a los músculos inspiratorios y viceversa. Aunque los reflejos espinales contribuyen a esta inervación recíproca, ésta se debe sobre todo a la actividad de las vías descendentes. Los impulsos de dichas vías excitan a los agonistas e inhiben a los antagonistas. La única excepción a la inhibición recíproca es una ligera actividad en los axones frénicos durante un periodo corto después de la inspiración. Al parecer, la función de esta eferencia posinspiratoria es frenar la recuperación elástica de los pulmones y suavizar la respiración.