

FISIOLOGÍA Y FISIOPATOLOGÍA.

El aparato respiratorio está formado por el sistema nervioso central y periférico (que coordinan el funcionamiento del resto de estructuras), los pulmones y vías aéreas, la vascularización pulmonar y la caja torácica (tanto la parte muscular como la osteocartilaginosa). Si se produce una alteración en cualquiera de estos elementos, o en la relación entre ellos, acontecen alteraciones en la función respiratoria.

Vamos a estudiar aquí las alteraciones de la función ventilatoria, las de la circulación pulmonar y las del intercambio gaseoso.

Ventilación pulmonar.

1. Fisiología.

Los pulmones y la caja torácica son dos estructuras elásticas acopladas entre sí de modo que las fuerzas y presiones que actúan sobre ambas están interrelacionadas. El pulmón contiene aire en su interior gracias a la existencia de una presión positiva en su interior, en el espacio aéreo, y una presión negativa externa en el espacio pleural (cuya diferencia es la PRESIÓN TRANSPULMONAR).

Esta presión hace frente a la retracción elástica pulmonar. La caja torácica tiende a la expansión, y el punto, en que la tendencia del pulmón a retraerse es igual a la de la caja torácica a expandirse, se llama CAPACIDAD FUNCIONAL RESIDUAL (CFR). La CFR es la posición de reposo del aparato respiratorio. Para cambiar esa posición deben modificarse las presiones y eso se hace gracias al movimiento de los músculos respiratorios. Durante la inspiración la fuerza muscular vence la tendencia del pulmón a retraerse hasta que se iguala la capacidad elástica y no puede incorporarse más volumen, esta es la CAPACIDAD PULMONAR TOTAL (CPT). Lo mismo sucede durante la espiración, inicialmente es un acto pasivo.

Unavez alcanzada la CFR la espiración es un proceso activo hasta que se iguala la capacidad elástica y no puede extraerse más aire, ese punto es el VOLUMEN RESIDUAL.

El desplazamiento del aire debe vencer dos resistencias, una aérea (R_{aw}) que depende del radio de la sección transversal del conducto y que corresponde fundamentalmente a las vías aéreas superiores, traquea y bronquios principales, y otra elástica (compliance) que depende fundamentalmente del intersticio pulmonar.

La COMPLIANCE o DISTENSIBILIDAD es el cociente volumen/presión, de manera que a menor compliance mayor resistencia a la entrada de aire. El inverso de ésta es la elastancia.

Parámetros de función ventilatoria.

A.- ESTÁTICOS:

Los volúmenes se miden mediante espirometría, pero para calcular el volumen residual, la CFR o la CPT es necesaria la técnica de dilución de helio o la pletismografía corporal (más precisa esta última).

Además de los volúmenes pulmonares estáticos conviene recordar cuatro conceptos:

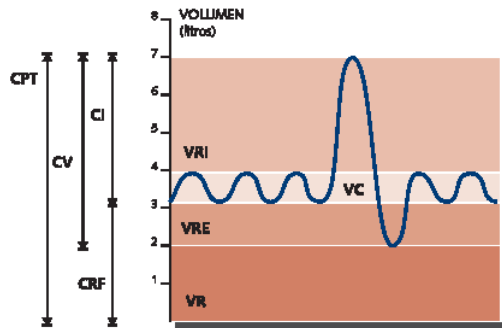
Espacio muerto anatómico: aire contenido en la vía aérea de conducción, es decir, el que no participa en el intercambio gaseoso.

- Espacio muerto alveolar: aire contenido en alvéolos ventilados pero no perfundidos.

- Espacio muerto fisiológico: es la suma de los dos anteriores.

- Ventilación alveolar: volumen que participa en el intercambio gaseoso por unidad de tiempo.

En la siguiente figuran observen graficados los volúmenes pulmonares estáticos



DINÁMICOS:

Son aquellos en cuyo cálculo interviene el factor tiempo y se calculan mediante espirometría. Los principales son:

- **CAPACIDAD VITAL FORZADA (CVF)** : volumen total que el paciente espira mediante una espiración forzada máxima.
- **FEV1 o VEF1**: volumen de gas espirado en el primer segundo de una espiración forzada.
- **Cociente FEV1/CVF o índice de Tiffeneau**, cuyo valor normal es de 0.8. Indica obstrucción si $< 0,7$

- **FEF 25%-75%**: volumen de aire en la parte media de la espiración.

Es la alteración funcional que primero se detecta en fumadores

La **PRESIÓN INSPIRATORIA MÁXIMA (PIM)** y la **PRESIÓN ESPIRATORIA MÁXIMA (PEM)** tienen interés en las alteraciones restrictivas.

Es importante destacar que el flujo espiratorio máximo no depende de la fuerza muscular, sino de la distensibilidad pulmonar.

La explicación es, la fuerza espiratoria “comprime” los alvéolos y también los bronquiólos, desprovistos de cartilago, colapsándolos.

A esta fuerza se le opone una fuerza contraria, mayor cuanto más expandidos están los pulmones y ejercida por tejido elástico bronquial, con el fin de mantenerlos abiertos. Cuando se ve superada se colapsan los bronquiólos y una mayor fuerza espiratoria no se acompaña de un aumento de flujo espiratorio.

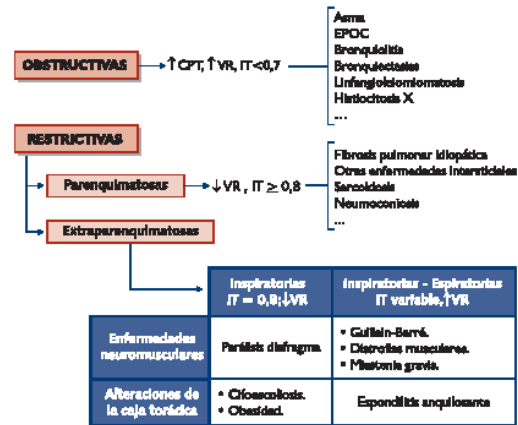


Figura 3. Enfermedades respiratorias frecuentes por categorías diagnósticas.

Regulación nerviosa de la ventilación.

Existen dos sistemas de control, uno voluntario situado en la corteza cerebral y uno automático, en el tronco encefálico, que es el que comentaremos a continuación.

El centro de control del estímulo inspiratorio se ubica en el bulbo y los su principal estímulo es la hipercapnia .

Otros estímulos son la hipoxemia, el incremento de la temperatura y la caída del pH.

En pacientes con retención crónica de CO₂ el centro se acostumbra a trabajar con elevadas concentraciones y el principal estímulo pasa a ser la hipoxemia, por lo que el tratamiento con elevados flujos de oxígeno en estos pacientes puede ser peligroso al disminuir el impulso inspiratorio.

Otros sistemas de control de la respiración; son los receptores de estiramiento localizados en todo el aparato respiratorio, receptores de irritación (mediadores de los reflejos de la tos y el estornudo), receptores J, quimiorreceptores del seno carotídeo o del arco aórtico y el centro pneumotáxico de la protuberancia.

Las aferencias producidas estimulan bien el comienzo o el cese de la inspiración y espiración, funcionando como un circuito de retroalimentación.

Intercambio gaseoso.

Recuerdo fisiológico.

La función del aparato respiratorio es el intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre. Para ello es necesario una correcta ventilación de las unidades alveolo-capilares, una perfusión adecuada de estas unidades y una difusión de gases eficaz a su través.

No todo el aire que se moviliza en cada inspiración sirve para el intercambio. Una parte se queda relleno de las vías de conducción, el denominado espacio muerto anatómico o alvéolos no perfundidos, espacio muerto fisiológico. La ventilación alveolar es inversamente proporcional al nivel de PaCO₂:

$$PaCO_2 = 0.8 \times VCO_2 / VA$$

Donde VCO₂ es la cantidad de CO₂ que se produce por minuto a consecuencia del metabolismo celular y VA es la ventilación alveolar

(VA = (volumen corriente – volumen del espacio muerto) X frecuencia respiratoria).

La difusión del oxígeno es unas 20 veces menor que la de CO₂, por lo que una alteración de la difusión no producirá por sí sola alteraciones del CO₂. Sin embargo la capacidad de difusión de la membrana alveolocapilar es muy elevada y generalmente en el primer tercio se ha efectuado ya la mayor parte del intercambio, por lo que las alteraciones de dicha membrana solo provocan alteraciones cuando el paso de la sangre es más rápido, es decir, durante el ejercicio.

El tercer factor determinante del intercambio es la adecuación entre la ventilación y la perfusión. Si una unidad está ventilada pero no perfundida se comporta como un aumento del espacio muerto, y al revés, si está perfundida pero no ventilada, funciona como un cortocircuito o shunt. La sangre desoxigenada se mezcla con la oxigenada de forma que cae la presión arterial de O₂.

En condiciones normales las bases están mejor ventiladas y perfundidas que los vértices aunque la relación ventilación/perfusión es mejor en los vértices. Globalmente la relación V/Q, en condiciones normales, tiende a 1.

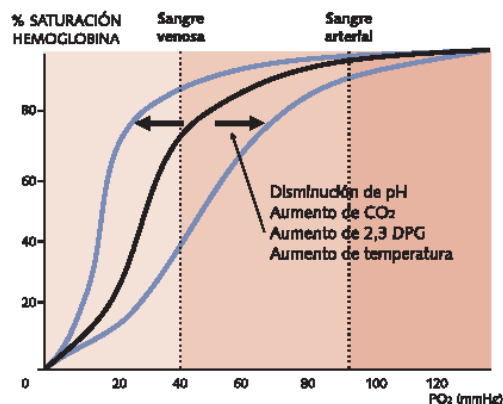


Figura 5. Curva de disociación de la hemoglobina.

Evaluación del intercambio gaseoso.

Para evaluar su idoneidad se utilizan la gasometría, pulsioximetría y la capacidad de difusión.

GASOMETRÍA :

En la sangre el oxígeno se desplaza unido a la hemoglobina en más del 95% y existe un pequeño porcentaje que va disuelto en la sangre directamente. El CO₂ por el contrario se transporta en la sangre en una alta proporción libre o formando bicarbonato, lo que hace de esta molécula uno de los principales sistemas de tampón del pH sanguíneo.

En esta prueba se obtiene una muestra de sangre arterial y se miden los siguientes parámetros:

- Presión arterial de O₂: es la mejor medida de la oxigenación, aunque cuando hay intoxicación por CO (u otro tóxico que desplace al oxígeno de la hemoglobina) puede dar un valor equivocadamente normal y debe utilizarse el pulsioxímetro.
- Presión arterial de CO₂: valora la ventilación alveolar.
- Gradiente alveoloarterial de O₂: mide la integridad de la membrana de intercambio. Para su cálculo se requiere la FiO₂

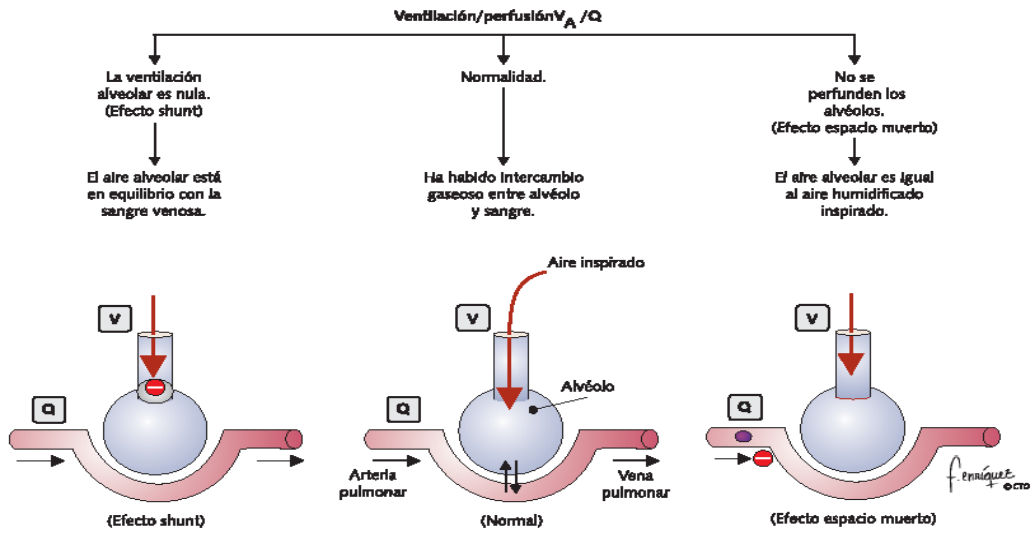


Figura 4. Intercambio gaseoso.