

Tema 7

Aparato Respiratorio.

La función básica del aparato respiratorio, es mantener constantes las concentraciones de O₂ y CO₂ en los tejidos.

• 1.- VENTILACIÓN PULMONAR.

Cubre todos los fenómenos de entrada y salida de aire de los pulmones.

Dividimos la respiración en 4 áreas:

- Difusión o intercambio de O₂ y CO₂.**
- Transporte de O₂ y CO₂ .**
- Ventilación Pulmonar (entrada y salida de aire).**
- Regulación de todo esto.**

La salida y entrada de aire, es un flujo que obedece siempre a una diferencia de presiones, yendo de donde hay mas presión a donde hay menos.

- Durante la inspiración, se expande la caja torácica, aumentando su volumen, y la P cae, por ello, el aire entra. En la espiración, el volumen de la caja torácica disminuye, la P aumenta, y el aire escapa.**

Los cambios de P, están determinados por los cambio de la caja torácica (costillas, esternón, diafragma). El diafragma forma una cúpula en el suelo de la caja y con las costillas, cambia el volumen de las caja.

- Si el diafragma se contrae, aumenta el volumen, si las costillas están bajas, los músculos tiran y disminuye el volumen.**
- Cuando se elevan las costillas, el diámetro aumenta y el volumen y los músculos bajan.**

Músculos que intervienen en la inspiración! Diafragma, intercostales externos (tiran de las costillas hacia arriba) y músculos abdominales.

Músculos que intervienen en la espiración! Se contraen los abdominales y los intercostales externos.

En la inspiración, hay 1 mmHg menos que en el exterior, y en la espiración 1mmHg más.

En reposo, la respiraciones hace con el diafragma.

Los pulmones tienen que seguir los movimientos de la caja torácica, de forma pasiva, adaptándose al volumen de la misma. Esto se consigue gracias a la pleura, que es una estructura elástica que tiene capacidad de distenderse.

Los pulmones tienen pegados una pleura visceral, y a la caja torácica una pleura parietal.

En CN no hay líquido entre las dos, pues hay una P negativa lo expulsa de ahí. Como la P es negativa, el pulmón se expande y ocupa el interior de la caja torácica. Su tendencia natural es de tener un volumen

menor, pero la P negativa, lo mantiene expandido.

NEUMOTORAX: Lesión por la que se pierde la P negativa, entra aire del exterior del espacio pleural, el pulmón se colapsa, adquiere un volumen similar al que fisiológicamente debería de tener, y no sigue los movimientos de la caja torácica.

En el interior de pulmón, hay alvéolos esféricos con una capa de líquido cubriendo toda la superficie.

Tensión Superficial! Las moléculas que hay en la superficie del líquido, se atraen con más fuerza que las del resto del líquido. Como tienen mayor fuerza de atracción, la tensión superficial tiende a colapsarse y disminuir su tamaño. Por eso, la tensión superficial tiene que luchar contra la resistencia eléctrica de los pulmones y mantener los alveolos distendidos.

En el líquido de los pulmones, vemos una sustancia, el surfactante pulmonar, que disminuye la tensión superficial del líquido y facilita la distensión de los alveolos.

Este líquido es un complejo de fosfolípidos que se produce en las últimas semanas de vida intrauterina. La carencia de este líquido, implicaría la imposibilidad para poder respirar, por eso, se ha desarrollado surfactante sintético.

• 2.- ESPIROMETRÍA

Mide distintos aspectos de la ventilación: Medimos los volúmenes y capacidades (que son las sumas de los volúmenes)

Volumen de Ventilación Pulmonar! Cantidad de aire que entra o sale en una respiración en reposo. Para un hombre de 70 Kg es aproximadamente 500 ml.

Volumen de Reserva Respiratoria! En una inspiración normal, después podemos volver a inspirar más aire. Este es el volumen al que nos referimos 3 000ml.

Volumen de Reserva Espiratoria! El volumen de aire que podemos expulsar demás después de una espiración normal. 1 100ml

Volumen Residual! El aire que queda después de una espiración completa. Este aire no se puede expulsar. 1 200 ml

Combinando estos volúmenes se determinan una serie de capacidades:

Capacidad Inspiratoria! Cantidad de aire que podemos inspirar, después de una inspiración normal. 3 500 ml

VOLUMEN DE VENTILACIÓN + RESERVA RESPIRATORIA

Capacidad vital! Después de una inspiración forzada, hacemos una espiración máxima. 4 600ml. Es la cantidad máxima que podemos introducir en el pulmón de una vez

V.RESERVA RESPIRATORIA + VENTILACIÓN PULMONAR +RESERVA RESPIRATORIA

Capacidad de Ventilación Total! Suma de todos los volúmenes. Se suma al anterior el volumen residual. V. Máximo que pueden tener los pulmones. Es muy difícil de calcular, pero ronda los 5 800ml

Capacidad Funcional Residual! Aire que queda en los pulmones después de una expiración normal (2 300 ml)

VOLUMEN RESIDUAL + RESERVA INSPIRATORIA

EL volumen máximo de los pulmones es de unos 5 800 ml y entran y salen 500ml, por lo tanto, los pulmones, están mal ventilados, pues sólo intercambiamos una pequeña cantidad de aire.

Del volumen que se intercambia, una parte se queda en la laringe, traquea o bronquios, a esto se le llama espacio muerto y no sirve para el intercambio. Este espacio es CN es de 150 ml, por lo tanto, a los pulmones sólo le llegan 350 ml de aire fresco en cada inspiración. A esto lo llamamos Volumen de Respiración Alveolar.

En reposo, lo que se intercambia en una respiración multiplicad por la frecuencia respiratoria (que suele ser 12 por minuto), lo llamamos Volumen respiratorio.

El volumen respiratorio, puede aumentar mucho con el ejercicio y se puede modificar cambiando la frecuencia, la ventilación y la profundidad de las inspiraciones

En las vías respiratorias, se lleva a cabo el acondicionamiento del aire, en ella se cambian las propiedades físicas del aire, calentándolo a la temperatura del cuerpo, humidificándolo (al pasar por las mucosas, este se satura de vapor de agua) se limpia filtrando las partículas en suspensión mediante 2 mecanismos:

- Flujo turbulento en el cornete nasal
- Moco Las partículas tienen un gran tamaño se quedan atrapadas en la nariz y no llegarán a los alveolos. Los que tienen un diámetro de 5 llegan al alveolo y sedimentan allí, pero las que son mucho más pequeñas y salen. El flujo turbulento se da gracias a que el aire entra en la nariz de forma turbulenta, por lo que choca contra las paredes impregnadas de moco y se depositan allí.
- Las partículas de 1/2 se quedan en suspensión y se eliminan .

El reflejo de la tos y del estornudo se desencadena cuando hay una irritación en la mucosa respiratoria, pudiendo ser física, química o térmica.

El reflejo de la tos consta de varias fases:

- Inspiración.
- Cierre de glotis
- Contracción de los músculos respiratorios. Con esto, al tener los pulmones llenos de aire, se incrementa muchísimo la presión interna y al abrirse de golpe la glotis el aire, que alcanza 110 Km /hora arrastra las partículas a eliminar

La tos productiva, no debe de ser eliminada, pues con ello retendríamos secreciones, pero la tos improductiva o irritativa no lleva ningún beneficio.

En el estornudo el reflejo es igual que el de la tos, sólo que baja el velo del paladar para que el aire salga por la nariz y no por la boca.

• 3.- INTERCAMBIO DE O₂ Y DE CO₂

El mecanismo básico del intercambio es por difusión simple (+! -), hablando siempre de Presión parcial (Pp) y no de concentraciones

La cantidad que se puede intercambiar depende de la diferencia de P entre el aire alveolar y la sangre del capilar, del paso de la membrana y de todo lo que tenga que transportar

El aire está compuesto básicamente por un 75% de N₂ y un 25% de O₂; entre los dos suman una presión total de 760 mmHg, dándonos una Pp de 600 en el N₂ y de 200 en el O₂.

El aire pasa según la Pp y da lo mismo que esta disuelto en H₂O o no, sólo depende de la Pp que se difunde de un lado a otro.

3.1.- Pp en el Alveolo.

La P de los gases que entran es de 760 mmHg.

Cuando el aire entra en las vías respiratorias, se humidifica saturándose de vapor de H₂O por lo que la Pp del O₂ disminuye y aumenta la del vapor de H₂O, pero la P total es la misma.

El aire alveolar, al tener poca renovación tiene una composición diferente al atmosférico, ya que hay un volumen de aire residual en los pulmones al que la sangre le está cogiendo continuamente O₂. El aire alveolar tiene mucho CO₂ y poco O₂ por lo que es diferente al humidificado.

	ATSMOSFERICO	HUMIDIFICADO	ALVEOLAR	
	N2	597	569	569
	O2	159	149	104
	CO2	0.3	0.3	4.0
	H2O	5.7	4.7	4.7

Las P en el aire alveolar no son fijas, pues si aumenta la cantidad de aire en la respiración, las Pp de O₂ aumenta y la de CO₂ baja. La máxima Pp en el aire alveolar es la del aire humidificado. La Pp de O₂ en el aire alveolar está muy relacionada con la ventilación pulmonar. Veamos que ocurre, si variamos el ritmo respiratorio

!RITMO: Aumenta la Pp del O₂ (como máximo, será 194, que es la P a la que entra el aire en los bronquios)

!RITMO: Menor ventilación alveolar, menor P del O₂, y aumenta la del CO₂.

3.2.- Difusión Alveolar a la Sangre.

Para que el aire alveolar pase a la sangre, tiene que atravesar unas membranas, llamadas membrana respiratoria o membrana pulmonar que está en la pared de los alveolos.

La superficie total de la membrana respiratoria es de 70 m², y la cantidad total de sangre en esa membrana es de 100 ml.

Capas de la membrana respiratoria:

- Sulfactante (agente tensioactivo)
- Epitelio alveolar.
- Membrana basal.

- Espacio intersticial..
- Membrana basal del capilar.
- Membrana endotelial del capilar.

Si cualquiera de estas capas funciona mal, se altera el intercambio gaseoso.

El CO₂ intercambia con más facilidad que el O₂ (unas 20 veces más). Esto tiene una consecuencia, cuando existen enfermedades que afectan a la membrana respiratoria, el espacio intersticial aumenta de tamaño, por lo que el gas tiene que recorrer una mayor distancia. Cuando hay problemas en la membrana,, esta tiene problemas para difundir el O₂, La Pp de este baja, pero la del Co₂ se mantiene igual. Cuando la ventilación pulmonar no es adecuada, aumenta la Pp de Co₂, según las características físicas de la membrana, la difusión cambia produciendo edemas o cirrosis (inflamación intersticial crónica), debido a esto último, hay un aumento de las células de tejido conjuntivo (silicosis, reacciones alérgicas a los pájaros).

El edema es la insuficiencia cardiaca. Si se altera el área de la membrana, esta tendrá menos capacidad de intercambiar gases, como si se extirpase parte del pulmón (enfisema), destruyeran las paredes alveolares e intraalveolares, por eso, habrá menos alveolos, pero de mayor tamaño.

• 4.- CAPACIDAD DE DIFUSIÓN DE LA MEMBRANA RESPIRATORIA

Medida Global de cómo funciona la membrana, que depende del espesor, área... mide como intercambia gas la membrana

El volumen de gas que se difunde a través de la membrana en un minuto y para una diferencia de presión de 1 mmHg es de :

O₂! 21 ml /minuto

CO₂! 450 ml /minuto

Con el ejercicio físico, la capacidad aumenta porque aumenta la frecuencia y el volumen, así aumenta la cantidad de O₂ y el intercambio.

No depende de cómo esté la membrana, sino de todo el pulmón. En CN no funcionan todos los alveolos bien y en el ejercicio funcionan todos, así, se aprovecha mejor el aire.

Otro factor que influye en la capacidad de difusión de la membrana es el coeficiente de difusión del gas, pero esto es una propiedad de cada gas.

4.1.- ¿Cómo se Mide la Capacidad de Difusión del O₂?

Para saber el volumen de gas que difunde la membrana, sólo tenemos que ver lo que queda.

P. ej. Si tenemos un volumen de 20 litros en un circuito cerrado y luego 15 litros, vemos que se han difundido 5litros Para medirlo, utilizaremos un parámetro la capacidad de difusión que nos mide el óptimo funcionamiento de la membrana en el intercambio de gases y se define como el volumen de gas que se difunde a través de la membrana para una diferencia de P determinada (1mm Hg) Para el O₂, en Cn es de 21 ml/min, como la diferencia de Pp en CN es de 11 ml/min, nos difunde $21 \times 11 = 231 \text{ ml /min}$

Durante el ejercicio, aumenta mucho la capacidad de difusión ya que en movimiento, se aprovechan los recursos de los pulmones al 100% y en reposo no, ya que la ventilación sólo se ve afectada en una zona muy pequeña de los pulmones

En ejercicio, la capacidad de difusión es de unos 60 ml y la del CO₂ es casi el doble. En la practica, para medir la capacidad de difusión, necesitamos saber la cantidad de O₂ que una persona inspira en un minuto. Midiendo la Presión del aire espirado al final de una espiración (aire alveolar) conoceremos la P alveolar. Con este valor, obtenemos el gradiente de presión entre al capilar alveolar y la presión alveolar.

Realmente, se mide la capacidad de difusión del CO₂ y eso lo multiplicamos por un factor (X1.23) y obtenemos la del O₂

Para conocer la P en los capilares, introducimos un catéter y una vena u lo movemos hasta que llegue a una vena pulmonar, se bloquea la rama, y se saca sangre de ahí.

La Pp del CO₂ en las venas es de 40 mmHg, es baja, ya que ha ido circulando por todo el organismo y los tejidos han ido surtiéndose de ella.

En el aire alveolar en reposo es de 104 mmHg, y si se respira más rápido sería de hasta 105 mmHg. La sangre arterial debiera de tener una Pp de O₂ de 105 debido al cortocircuito pulmonar, consistente en que la sangre venosa que debiera dirigirse a las cavas no se vacía en ellas, sino en las venas pulmonares mezclándose con la sangre arterial pura con 104 mmHg, bajando así este valor a 95 mmHg.

En algunas enfermedades, puede haber un cortocircuito patológico, que hace que caiga la Pp del O₂. Esto puede pasar en malformaciones (comunicación entre las dos aurículas, grandes vasos...) En la vida normal puede darse si una zona del pulmón no está oxigenada como en la neumonía.

El O₂ en los tejidos tiene una Pp baja, pues hay una difusión de los capilares a los tejidos. Si un tejido trabaja más, extrae más O₂.

EL O₂ se transporta por la sangre unido a la hemoglobina en un 97%, el 3% restante va disuelto en el plasma. La unión con la hemoglobina depende de la PP del O₂. Si la Pp es alta, capta mucho O₂.

Existe una relación entre la Pp del O₂ y la cantidad de moléculas de hemoglobina que están asociadas al O₂; es la curva de disociación de la hemoglobina.

Conforme aumenta la Pp del O₂, aumenta la saturación. Partiendo de una situación 0, la Pp O₂ aumenta la saturación. Al llegar a 100, la situación se mantiene estable y no aumenta pues la hemoglobina está totalmente cargada.

Cuando llegamos a 40, aumenta poco a poco y de manera progresiva, al revés que de 0 a 40, que vemos que aumenta muy rápidamente

Esto se describe como la función amortiguadora de la hemoglobina, consistente en que dentro de unos límites (40 -100) una variación en la Pp del O₂ no supone una gran alteración en la saturación de O₂.

La saturación máxima de 1gr de hemoglobina, es de 1.34ml de O₂. En sangre, la hemoglobina está presente con 15gr de hemoglobina cada 100ml de sangre, por eso por cada 100ml de sangre, obtenemos 20 ml de O₂.

Cuando la hemoglobina se satura al 97% (pulmones) obtenemos 19.4ml de O₂ exactamente, no llega a 20, pues en CN la Pp no alcanza los valores necesarios para llegar a un 100%.

Cuando está saturada a un 75 %, tenemos 14.2 ml O₂/100 ml de sangre por ello, aportarán estos 100ml 5ml de O₂ a los tejidos y cada minuto estaremos consumiendo 250 ml de O₂. Cuando el tejido está activo, la hemoglobina libera mucho más O₂. La Pp O₂, baja hasta 15 (4.4 ml O₂/100ml sangre) pasando de una utilización de recursos de la hemoglobina de un 25% (en reposo) a un 75%, pues en reposo, la hemoglobina sólo libera un 25% del O₂ que tiene.

Vemos con esto, que el ejercicio habrá que aumentar el gasto cardiaco, pues aumenta el consumo de O₂.

No obstante, la afinidad por el O₂ por parte de la hemoglobina, no es siempre igual; varía según factores (Ph, presencia de sustancias químicas...) una misma molécula de hemoglobina, según el sitio o el medio en que se encuentra, puede cambiar la gráfica desplazando la curva de disociación hacia la derecha o izquierda.

Hacia la izquierda, la hemoglobina se carga más fácilmente pero se libera con más dificultad y viceversa.

Cuando el Ph aumenta (se hace más básico) –disminuye la concentración de CO₂ – la curva de disociación de la hemoglobina se desplaza hacia la izquierda y si el Ph disminuye –aumenta la concentración de CO₂– la curva se desplaza hacia la derecha,

- Si la curva de hemoglobina se desplaza a la izquierda, habrá más cantidad de O₂ para la hemoglobina, pero se libera con más dificultad.
- Si la curva de hemoglobina se desplaza hacia la derecha la hemoglobina se carga menos, pero se libera mejor.

La hemoglobina en los pulmones tiene una concentración de CO₂ baja y el Ph es alcalino, por lo que la curva se desplaza a la izquierda. En los tejidos, el CO₂ sube ya que lo va recogiendo de todas las células, el Ph se acidifica y la curva se desplaza hacia la derecha, liberando gran cantidad de oxígeno.

El transporte de CO₂ por la sangre es de 4 ml de CO₂ ;por cada 100 ml de sangre se transporta un 7% de CO₂ disuelto. Este CO₂ se convierte en bicarbonato (H₂CO₃) combinándose con el H₂O

CO₂ + H₂O! H₂CO₃

Esto ocurre espontáneamente, pero el proceso es lento, por eso interviene la anhidrasa carbónica

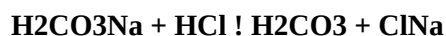
• 5.- REGULACIÓN DEL EQUILIBRIO ACIDO – BASE (RIÑÓN)

Esta Regulación la podemos dividir en 3 fases:

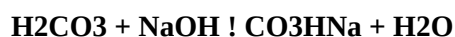
5.1.- Sistemas Amortiguadores .

BICARBONATOS: Existencia de sistemas reguladores amortiguadores o tampones. Son sustancias químicas que al añadirles un ácido o una base, se amortiguan los cambios dePh. Son de activación inmediata, pero se agotan rápidamente.

El principal es el sistema de bicarbonato que está formado por ácido carbónico y bicarbonato de sodio:



ácido débil + ácido fuerte ! ácido débil



FOSFATOS Y PROTEÍNAS: En una proteína puede haber fragmentos ácidos y fragmentos básicos. Estos amortiguan los cambios de Ph pero se agotan enseguida.

5.2- Regulación Respiratoria.

El anterior sistema, se agota rápidamente pero podemos modificar en el sistema bicarbonato las cantidades y aprovecharnos de éste.

- Si aumentamos la ventilación baja el CO₂, eliminando ácidos (la sangre se hace básica)
- Si disminuimos la ventilación, el nivel de CO₂ aumenta, aumentando la acidez.

Por tanto, vemos como la respiración modifica valores de acidez del organismo. Si en una enfermedad hay mucho ácido (p.ej en la cetoacidosis diabética) respiramos rápida y profundamente para intentar disminuir el ácido.

Si el aparato respiratorio funciona mal, retiene CO₂, el Ph será más bajo. El riñón efectúa dos procesos para controlar el Ph:

- eliminación de hidrogeniones.
- Reabsorción del bicarbonato(Mediante un proceso complejo).

Si existe exceso de gases, se llama alcalosis; el Ph es más alto de lo normal, entonces se limita la pérdida de hidrogeniones y la reabsorción de bicarbonato.

Si hay acidosis, se pierden hidrogeniones y se reabsorbe bicarbonato, por esto suben los líquidos corporales.

Las causas de la desviación del Ph son muchas, pero están englobadas en 2 grupos:

- Metabólicas.! Enfermedad en la que hay exceso en la producción de ácidos o bases, hay problemas en la fabricación p.ej. diabetes (cetoacidosis diabética), exceso de ácido.
- Respiratoria! Como la bronquitis crónica. Para distinguirlas en la analítica, se utiliza la concentración parcial de O₂. En la acidez respiratoria. En la acidez respiratoria será alta, en la metabólica será baja, porque el pulmón tratará de compensarla.

EL Ph normal no nos excluye de cualquier enfermedad, porque al tener una acidosis metabólica, puede verse compensada con la respiración y estará la presión parcial del O₂ un poco aumentada y el CO₂ bajo.

La cantidad del CO₂ en sangre depende de la ventilación. Si esta es adecuada, el CO₂ no se acumula en la sangre. Si la ventilación pulmonar aumenta, la Pp, CO₂, disminuye, por eso ante una hiperventilación la sangre se alcaliniza

Si la ventilación pulmonar cae, la Pp CO₂ aumenta y la sangre se hace mucho más ácida.

En una descomposición diabética, se acumulan muchos ácidos, por lo que el organismo tiende a alcalinizarla, por ello, se provoca una hiperventilación. Estos ácidos están causados por un incorrecto metabolismo de la glucosa.

• 6.- Control de la Respiración.

Depende de un centro que hay en el tronco cerebral que controla los músculos inspiratorios y espiratorios.

El centro respiratorio tiene dos grupos de neuronas. Unas estimulan los músculos inspiratorios e inhiben los

espiratorios, y otras que hacen lo contrario.

La respiración, se puede controlar de forma automática.

El centro respiratorio recibe conexiones de muchos centros cerebrales como se la corteza cerebral ,médula, centro vasomotor y centro termorregulador (si hay fiebre, aparecen taquipneas)

También se ve alterado por la concentración de distintas sustancias en la sangre y que pasan por el centro respiratorio

. – CO₂! Directamente de las neuronas del centro respiratorio.

- PH! Directamente de las neuronas del centro respiratorio
- O₂! Indirecta, por los quimiorreceptores de la aorta y carótidas que manda información al las neuronas.

En CN, dirige el centro respiratorio el CO₂, que lo activa cuando se altera la respiración, y no la presión parcial del O₂, ya que no tiene importancia,

El centro respiratorio, cuando se producen cambios se acostumbran enseguida y lo aceptan como normal, y no le sirve ya como estímulo; en estos casos el O₂ manda.

Para favorecer la limpieza de produce el reflejo de la tos, cuya misión es eliminar partículas extrañas. El desencadenante, es la persona de un irritante, como es un cuerpo extraño, una variación de la temperatura...)



ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERIA ANTONIO COELLO

ANATOMOFISIOLOGIA (FISIOLOGÍA)

Javi Vega Profesor: Francisco Antón