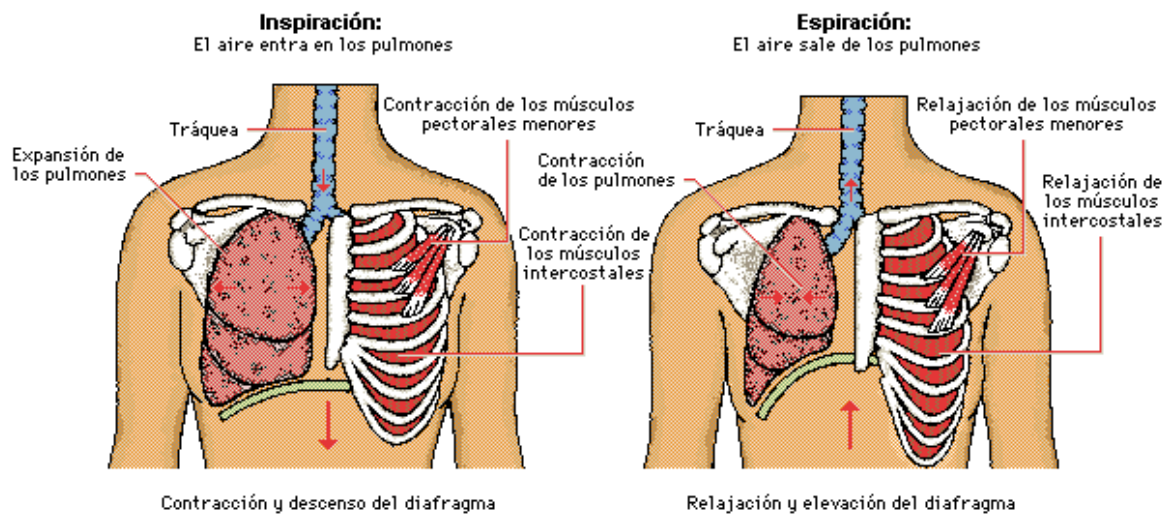


UNIDAD SEIS:**TALLER 32: Capítulo 37 Guyton****1) ¿Cuáles son las etapas del proceso de respiración?**

El propósito obvio de la respiración es proveer oxígeno a los tejidos y eliminar dióxido de carbono. El proceso de la respiración puede dividirse en cuatro etapas funcionales principales:

1. ventilación pulmonar, que consiste en el movimiento de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alveolos pulmonares;
2. difusión de oxígeno y de dióxido de carbono entre los alveolos y la sangre;
3. transporte en sangre y líquidos corporales de oxígeno y dióxido de carbono hacia las células, y viceversa, y
4. regulación de la ventilación y otros aspectos de la respiración.

**2) ¿Qué es la ventilación pulmonar?**

La ventilación pulmonar consiste en el movimiento de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alveolos pulmonares;

3) Descripción de las vías respiratorias (aparato respiratorio)

El aparato respiratorio está compuesto por:

1. Nariz – Fosas nasales
2. Boca
3. Faringe
4. Esófago
5. Laringe
6. Glotis (orificio de entrada)
7. Epiglotis
8. Traquea (vía respiratoria de primera generación)
9. Bronquios (segunda generación)
10. Bronquios (tercera generación)
11. Lóbulo Superior
12. Lóbulo Medio
13. Lóbulo inferior
14. Pleura visceral
15. Pleura parietal

El aire se distribuye hacia los pulmones siguiendo el camino de la tráquea, los bronquios y los bronquiolos.

4) ¿Cuáles son las funciones de las vías respiratorias?

A través de las vías respiratorias el aire pasa por los conductos y se introduce a los pulmones. Las funciones de las vías respiratorias son:

- Humedecer el aire al 100 %, ya que de esta manera la difusión de los gases se realiza a mayor velocidad.
- Filtración del aire que respiramos, que está cargado de impurezas
- Calentamiento del aire hasta alcanzar la temperatura de 35° en los pulmones.

La nariz es un conducto sinuoso que en el interior tiene una membrana mucosa que segrega un líquido viscoso (moco). En la nariz hay pelos que sirven para filtrar el aire que se respira que es impuro; esas partículas quedan atrapadas en los pelos. El aire entra y choca contra las paredes, las pequeñas partículas se pegan al moco.

La nariz sirve para filtrar el aire y lo humedece, la capa mucosa tiene mucho agua y al pasar el aire toma humedad hasta saturarse al 100%, y también se calienta, debido a la presencia de numerosos capilares en la nariz. El aire sale filtrado, caliente y húmedo, de esta forma llega a la laringe.

5) ¿Cómo es el proceso del filtrado del aire por las vías respiratorias, qué son los cilios, adónde se localizan y cómo funcionan?

Toda la superficie de las vías respiratorias, desde la nariz hasta los bronquios terminales, están revestidas por epitelio ciliado, presentando cada célula epitelial unos 200 cilios. Los cilios barren siempre en dirección a la faringe, haciendo un movimiento de batido continuo con una frecuencia de 10 a 20 veces por segundo. Los cilios de las vías respiratorias inferiores barren hacia arriba en tanto que los de la nariz lo hace hacia abajo. Este continuo barrido hace que la capa de moco fluya lentamente hacia la faringe, a una velocidad de 1 cm / min. El moco y sus partículas atrapadas se degluten o se expelen con la tos.

Además de conservar húmedas las superficies, el moco atrapa partículas pequeñas del aire inspirado y les impide llegar a los alveolos. Los pelos que hay en la nariz retienen las partículas grandes, luego sigue la eliminación de partículas mediante precipitación por turbulencia, las partículas chocan con las obstrucciones quedando atrapadas en la túnica de moco. Luego son transportadas por los cilios hacia la faringe donde se degluten o se expelen.

6) ¿Adónde van las impurezas que se remueven en los bronquios y cómo se eliminan?

Las impurezas quedan retenidas en el moco, y el movimiento de barrido de los cilios de las vías respiratorias, transporta estas impurezas hacia la faringe. Los bronquios y la traquea son tan sensibles al menor contacto, que cantidades excesivas de cualquier material extraño o irritación originada por otras causas, inician el reflejo de la tos, expeliendo las impurezas. El aire que se mueve con rapidez suele llevar consigo el material extraño que se encuentra en bronquios y tráquea.

7) ¿Cómo es el proceso del calentamiento del aire por las vías respiratorias y en qué segmento de éstas es mayor y por qué?

Al pasar el aire por la nariz, las cavidades nasales realizan tres funciones distintas:

1. El aire es calentado por las superficies de los cornetes y el tabique medio, un área total aproximada de 160 cm².
2. El aire es humidificado casi por completo, incluso antes de pasar más allá de la nariz.
3. El aire es filtrado.

Todas estas funciones en conjunto se denominan función de acondicionamiento del aire de las vías respiratorias altas. Habitualmente la temperatura del aire inspirado aumenta hasta no diferir en más de 0,5 ° C de la temperatura corporal y, además, antes de llegar a la tráquea, alcanza un grado de saturación con vapor de agua que es sólo 2 - 3 % inferior al valor de saturación total.

Es muy importante el calentamiento y la humidificación del aire respirado. Cuando una persona respira a través de un tubo situado directamente en la tráquea (como ocurre en una traqueotomía), el enfriamiento y especialmente el efecto secante en la parte baja del pulmón, pueden ser causa de un importante grado de formación de costras e infección pulmonar.

8) ¿Cómo es el proceso de humidificación del aire de las vías respiratorias y qué importancia tiene?

El aire es humidificado casi por completo, incluso antes de pasar más allá de la nariz. La capa mucosa nasal tiene mucho agua y al pasar el aire, se calienta y se satura de vapor de agua. Antes de llegar a la tráquea, alcanza un grado de saturación con vapor de agua que es sólo 2 - 3 % inferior al valor de saturación total.

Es muy importante el calentamiento y la humidificación del aire respirado. Cuando una persona respira a través de un tubo situado directamente en la tráquea (como ocurre en una traqueotomía), el enfriamiento y especialmente el efecto secante en la parte baja del pulmón, pueden ser causa de un importante grado de formación de costras e infección pulmonar.

9) ¿Qué es la glotis y la epiglotis, cuál es la función de ésta?

La glotis es el orificio de entrada de la laringe (luego de la laringe continúa la tráquea). La epiglotis es una válvula que funciona como una tapita de la glotis. Si la faringe se llena de impurezas, la epiglotis se cierra y las impurezas son deglutidas siguiendo el esófago directamente al estómago, y el conducto se limpia.

También se cierra la epiglotis al ingerir alimentos. Cuando se realiza una inspiración, la epiglotis se abre permitiendo el paso del aire hacia los pulmones.

10) ¿Cuáles son las funciones de la laringe?

La **fonación** (función mecánica del lenguaje) se realiza en la laringe.

La laringe está adaptada especialmente para actuar como un vibrador. Los elementos vibratorios son los **pliegues vocales**, comúnmente llamados **cuerdas vocales**. Los pliegues vocales hacen protrusión desde las paredes laterales de la laringe hacia el centro de la glotis. Músculos específicos de la laringe se encargan de estirarlos y moverlos.

11) ¿A qué se denomina vías de primera y de segunda generación?

La **tráquea** se llama vía respiratoria de primera generación y los dos **bronquios principales derecho e izquierdo** constituyen la segunda generación. Cada división que sucede a continuación es una generación más. Existen entre 20 y 25 generaciones antes de que el aire llegue a los alveolos.

12) Descripción de la unidad respiratoria. ¿Qué funciones cumple?

La unidad respiratoria está compuesta por:

- Bronquiolo respiratorio
- Bronquiolo terminal
- Conducto alveolar
- Alveolo y
- Capilar

Cumple cuatro funciones que se dan por etapas:

- Primera Etapa: **ventilación pulmonar** que consiste en el movimiento de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alveolos pulmonares
- Segunda Etapa: Difusión del O₂ y CO₂ a la sangre
- Tercera Etapa: Transporte de los gases por la sangre y difusión a los tejidos.
- Cuarta Etapa: La regulación de la ventilación

Las 4 etapas del proceso de respiración se dan simultáneamente.

13) ¿A nivel de qué estructura del aparato respiratorio se realiza el intercambio de gases?

El intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre pulmonar se produce a través de las membranas de todas estas porciones terminales de los pulmones. Estas membranas se denominan en conjunto membranas respiratorias o también membrana pulmonar.

La membrana respiratoria está formada por el alveolo y el capilar

14) ¿Por qué es conveniente que la respiración sea nasal en sus dos fases?

La respiración debe ser nasal siempre, en sus dos fases:

Si respiramos por la nariz, se filtra el aire de impurezas, se calienta y humidifica antes de llegar a la tráquea.

Si se acumula suciedad en la nariz, el estornudo es una forma de eliminarla. Si baja y se ubica en la laringe, se elimina por la tos, la expectoración o se deglute, va al estómago y el conducto se limpia.

15) ¿Qué son las pleuras, cuáles son y qué funciones tienen?

Las pleuras son cavidades que envuelven al pulmón. Están formadas por dos cavidades: La **pleura parietal** y la **pleura visceral**. Los pulmones se desplazan dentro de la cavidad pleural mientras se dilatan y contraen durante la respiración normal. Una fina capa de líquido, situada entre las pleuras parietal y visceral, favorece ese deslizamiento.

Cada una de las dos pleuras es una membrana serosa mesenquimatosa muy porosa, a través de la cual trasudan constantemente pequeñas cantidades de líquido intersticial hacia el espacio pleural. Este líquido lleva consigo proteínas plasmáticas, que confieren una mucosidad característica y que es la que permite el fácil deslizamiento de los pulmones en movimiento.

16) ¿Qué es el espacio interpleural, cómo es la presión en su interior en inspiración y en espiración normal?

Es el espacio que se encuentra entre las pleuras parietal y visceral. Se encuentra allí una capa de líquido. Este líquido lleva consigo proteínas plasmáticas, que confieren una mucosidad característica y que es la que permite el fácil deslizamiento de los pulmones en movimiento.

La cantidad total de líquido contenida en cada cavidad pleural es muy pequeña, del orden de unos pocos milímetros. De hecho, en cualquier zona donde esa cantidad rebasa la mínima necesaria para mantener separadas las dos pleuras, el exceso se bombea fuera inmediatamente mediante vasos linfáticos. Por ello el espacio interpleural se llama **espacio potencial** porque es tan estrecho que prácticamente no constituye un espacio físico.

Debido a que la tendencia al retroceso de los pulmones hace que éstos traten de colapsarse, es preciso que siempre exista en su exterior una fuerza negativa que los mantenga expandidos. Esta fuerza es suministrada por la **presión negativa** presente en el espacio interpleural. Esta presión es producida por el bombeo linfático de líquido fuera del espacio pleural. La tendencia normal al colapso de los pulmones es de unos -4 mm Hg (-5 ó -6 cm de agua) y por ello la presión del líquido pleural debe tener siempre un valor negativo de -4 mm Hg cuanto menos, para mantener los pulmones expandidos. Medidas reales la sitúan en alrededor de -7 mm Hg, es decir, algo más negativa que la presión de colapso de los pulmones. De esta forma, la negatividad de la presión del líquido pleural mantiene los pulmones fuertemente atraídos contra la pleura parietal de la cavidad torácica, separados de ella únicamente por la muy fina capa de líquido mucoso que actúa como lubricante.

La presión pleural es la presión existente en el estrecho espacio comprendido entre la pleura pulmonar y la pleura de la pared torácica. Durante la inspiración la presión pleural va desde -5 a $-7,5$ cm de agua. Luego, durante la espiración se producen los fenómenos contrarios.

17) ¿Por qué no colapsan la tráquea y los bronquios cuando aumenta la presión intratorácica?

Uno de los problemas más importantes de las vías respiratorias consiste en conservarlas abiertas para permitir que pase fácilmente el aire hacia y desde los alveolos. Para evitar que la tráquea entre en colapso, existen numerosos **cartílagos anulares** repartidos a lo largo de las 5/6 partes de la tráquea. En las paredes de los bronquios existen **láminas cartilagosas** menos abundantes que también conservan un grado razonable de rigidez, pero permitiendo el suficiente grado de movilidad para que los pulmones puedan dilatarse y contraerse. La abundancia de estas láminas se va reduciendo progresivamente en las últimas generaciones de bronquios y por lo general desaparecen en los bronquiolos, cuyos diámetros suelen ser menores de 1-1,5 mm. Las paredes de los bronquiolos carecen de mecanismos de rigidez que puedan prevenir su colapso. Lo que ocurre es que se expanden gracias a las mismas presiones transpulmonares que dilatan los alveolos. Esto es, al aumentar el tamaño de los alveolos, también aumenta el de los bronquiolos.

18) ¿Qué es la mecánica respiratoria, cuáles son los músculos inspiratorios y espiratorios?

La mecánica respiratoria es la respiración pulmonar de entrada y salida de aire de los pulmones. Los pulmones pueden dilatarse y contraerse:

1. mediante el movimiento ascendente y descendente del diafragma, que amplía o reduce la cavidad torácica y
2. mediante la elevación y depresión de las costillas, que aumenta o disminuye el diámetro anteroposterior de aquellas.

La respiración normal en reposo se lleva a cabo casi por completo mediante el movimiento del diafragma.

Durante la inspiración, la contracción del diafragma tira de las superficies pulmonares inferiores hacia abajo. Luego, en la espiración, el diafragma solo debe relajarse para que los pulmones se compriman gracias al retroceso elástico de la pared del torax, de las estructuras abdominales y de los propios pulmones.

Músculos inspiradores:

- Diafragma
- Intercostales externos
- Esternocleidomastoideos (ECOM)
- Serratos anteriores
- Escalenos
- Pectoral mayor
- Subclavio

Músculos espiradores:

- Rectos abdominales
- Intercostales internos

19) ¿Cuáles son los ejes o diámetros torácicos, por qué y cómo varían en inspiración y en espiración?

Los ejes o diámetros torácicos son dos: el diámetro vertical o longitudinal y el diámetro transversal o anteroposterior.

Estos diámetros torácicos varían durante la respiración. En la inspiración, cuando se produce la elevación de las costillas aumenta el diámetro transversal (aproximadamente un 20 %) y disminuye el vertical. En cambio, durante la espiración disminuye el diámetro transversal y aumenta el vertical. Estas variaciones se deben a la expansión o contracción de la caja torácica, que se dan durante el proceso de respiración.

20) ¿Cuál es el valor de la presión intrapulmonar o alveolar en inspiración y en espiración normal?

La presión alveolar es la presión en el interior de los alveolos pulmonares. Cuando la glotis está abierta y no hay aire moviéndose hacia dentro o hacia fuera de los pulmones, las presiones en todas partes del árbol respiratorio (la totalidad del recorrido hacia los alveolos) son exactamente iguales a la presión atmosférica, que es considerada de 0 cm de agua. Para lograr el flujo de aire durante la inspiración, la presión en los alveolos debe caer a un valor ligeramente inferior al de la presión atmosférica, hasta un valor en torno a -1 cm de agua. Esta presión ligeramente negativa alcanza para desplazar unos 0,5 litros de aire hacia el interior de los pulmones durante los 2 segundos que comprende la inspiración.

Durante la espiración, seceden los cambios opuestos: la presión alveolar aumenta hasta aproximadamente $+1$ cm de agua, y ello fuerza a salir de los pulmones al 0,5 litro de aire inspirado durante los 2 a 3 segundos que dura la espiración.

21) ¿Qué es el surfactante, quién lo secreta, cómo está constituido, cuál es su función y cómo actúa?

Un surfactante es un tensioactivo, lo que significa que cuando se extiende sobre la superficie de un líquido reduce de forma importante la tensión superficial. El surfactante pulmonar es secretado por células epiteliales especializadas en esta misión y que comprenden alrededor del 10 % del área de la superficie del alveolo. Estas células son de naturaleza granulosa y contienen inclusiones lipicas; se llaman **células epiteliales alveolares de tipo II**.

El surfactante es una mezcla compleja de varios fosfolípidos, proteínas e iones. Los tres componentes más importantes son el fosfolípido **dipalmitoilecitina**, **apoproteínas surfactantes** e **iones calcio**.

La **dipalmitoilecitina**, junto con otros fosfolípidos menos importantes, es la responsable de la reducción de la tensión superficial (los fosfolípidos se extienden sobre la superficie del líquido, no se disuelven en él).

La importancia de las apoproteínas del surfactante y de los iones calcio radica en que, en su ausencia, la dipalmitoilecitina se extiende tan lentamente sobre la superficie líquida que no puede cumplir su función.

22) Descripción de la función de los músculos abdominales como músculos de la respiración

Los músculos abdominales están involucrados en la espiración. Los rectos abdominales tienen el potente efecto de tirar hacia debajo de las costillas inferiores a la vez que comprimen, junto con otros músculos abdominales, el contenido abdominal en dirección ascendente hacia el diafragma.

23) ¿Por qué mecanismo se produce la entrada y salida de aire de los pulmones?

El pulmón es una estructura elástica que colapsaría como un globo, soltando todo su aire a través de la tráquea si no existieran fuerzas que lo mantienen distendido. Además, no hay uniones entre el pulmón y las paredes de la caja torácica, exceptuando la zona hiliar, que está suspendida del mediastino. Así, el pulmón literalmente flota en la cavidad torácica, rodeado de una capa muy fina de líquido pleural que lubrica sus movimientos. Además, el bombeo continuo de este líquido hacia los linfáticos mantiene una pequeña succión entre la superficie visceral de la pleura pulmonar y la superficie parietal de la pleura de la cavidad torácica. Así, los dos pulmones están sujetos a la pared torácica como si estuvieran pegados a la misma; excepto por el hecho de que pueden deslizarse libremente, gracias a la buena lubricación, mientras el torax se expande y se contrae.

TALLER 33: Capítulo 37 y 39 Guyton

1) ¿Qué son y cuáles son los volúmenes pulmonares?

Los volúmenes pulmonares, en su totalidad, representan el máximo volumen que pueden alcanzar los pulmones al expandirse. Son 4:

- a) El **volumen de ventilación pulmonar o volumen corriente**: es el volumen de aire inspirado o espirado en cada respiración normal; supone unos 500 ml en el adulto joven promedio.
- b) El **volumen de reserva inspiratoria**: es el volumen de aire adicional que puede inspirarse por encima del volumen de ventilación pulmonar; generalmente equivale a unos 3000 ml.
- c) El **volumen de reserva espiratoria**: es el volumen adicional de aire que puede expulsarse realizando una espiración forzada al final de una espiración normal; normalmente supone unos 1100 ml.
- d) El **volumen residual**: es el volumen de aire que permanece aún en los pulmones tras una espiración forzada. Es de aproximadamente 1200 ml.

2) ¿Qué son y cuáles son las capacidades pulmonares?

Al describir las etapas del ciclo pulmonar es en ocasiones deseable tomar en cuenta juntos dos o más tipos de volumen pulmonar. Estas agrupaciones se denominan capacidades pulmonares. Son también 4:

1. La **capacidad inspiratoria** equivale al **volumen de ventilación pulmonar** más el **volumen de reserva inspiratorio**. Se trata de la cantidad de aire que puede respirar una persona (unos 3500 ml) comenzando desde el nivel de espiración normal y distendiendo sus pulmones hasta su capacidad máxima.
2. La **capacidad funcional residual** supone el **volumen de reserva espiratoria** más el **volumen residual**. Es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal (aproximadamente 2300 ml).
3. La **capacidad vital** es la suma del **volumen de reserva inspiratoria**; el **volumen de ventilación pulmonar** y el **volumen de reserva espiratoria**. Es la máxima cantidad de aire que una persona puede expulsar de sus pulmones tras haberlos llenado primero al máximo y después aspirando también al máximo (unos 4600 ml).
4. La **capacidad pulmonar total** es el volumen máximo que pueden dilatarse los pulmones con el mayor esfuerzo inspiratorio posible (cerca de 5800 ml); equivale a la **capacidad vital** más el **volumen residual**.

En las mujeres todos los volúmenes y capacidades pulmonares son aproximadamente 25 % inferior al de los varones, y asimismo son obviamente superiores en individuos de gran talla y atléticos que en personas asténicas y pequeñas.

3) Descripción del volumen corriente o aire corriente, ¿Cuál es su valor en reposo?

El **volumen de ventilación pulmonar o volumen corriente** es el volumen de aire inspirado o espirado en cada respiración normal; supone unos 500 ml en el adulto joven promedio.

4) ¿Qué es el espacio muerto, cuál es su valor en reposo?

Parte del aire que respira una persona nunca llega a las regiones de intercambio de gases, sino que en realidad queda en las vías respiratorias, donde no hay intercambio. Este aire se llama **aire del espacio muerto**, porque no es útil para el proceso de intercambio gaseoso; las vías respiratorias en las que no existe este intercambio de gases se denomina **espacio muerto**.

El espacio muerto normal de aire en el hombre joven adulto es de aproximadamente 150 ml. Aumenta ligeramente con la edad.

5) ¿Qué es el volumen alveolar, cuál es su valor en reposo?

El volumen alveolar es la cantidad de aire del volumen corriente que interviene en el intercambio gaseoso (350 ml, ya que de los 500 ml inspirados, 150 ml quedan en el espacio muerto).

6) Descripción de volumen de reserva inspiratorio, ¿Cuál es su valor?

El **volumen de reserva inspiratoria** es el volumen de aire adicional que puede inspirarse por encima del volumen de ventilación pulmonar; generalmente equivale a unos 3000 ml.

7) Descripción del volumen de reserva espiratorio, ¿Cuál es su valor?

El **volumen de reserva espiratoria** es el volumen adicional de aire que puede expulsarse realizando una espiración forzada al final de una espiración normal; normalmente supone unos 1100 ml.

8) Descripción del volumen residual, ¿Cuál es su valor y su importancia?

El **volumen residual**: es el volumen de aire que permanece aún en los pulmones tras una espiración forzada. Es de aproximadamente 1200 ml.

9) Descripción de la capacidad pulmonar total, ¿Qué volúmenes involucra?

La **capacidad pulmonar total** es el volumen máximo que pueden dilatarse los pulmones con el mayor esfuerzo inspiratorio posible (cerca de 5800 ml); equivale a la **capacidad vital** más el **volumen residual**.

10) Descripción de la capacidad vital, ¿Qué volúmenes involucra?

La **capacidad vital** es la suma del **volumen de reserva inspiratoria**; el **volumen de ventilación pulmonar** y el **volumen de reserva espiratoria**. Es la máxima cantidad de aire que una persona puede expulsar de sus pulmones tras haberlos llenado primero al máximo y después aspirando también al máximo (unos 4600 ml).

11) Descripción de la capacidad inspiratoria, ¿Qué volúmenes involucra?

La **capacidad inspiratoria** equivale al **volumen de ventilación pulmonar** más el **volumen de reserva inspiratorio**. Se trata de la cantidad de aire que puede respirar una persona (unos 3500 ml) comenzando desde el nivel de espiración normal y distendiendo sus pulmones hasta su capacidad máxima.

12) Descripción de la capacidad residual funcional, ¿Qué volúmenes involucra, cuál es su importancia?

La **capacidad funcional residual** supone el **volumen de reserva espiratoria** más el **volumen residual**. Es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal (aproximadamente 2300 ml).

13) ¿Cómo y con qué se mide la capacidad vital?

La capacidad vital se mide con un espirómetro. En una prueba de espirometría, una persona realiza el examen respirando en una boquilla que está conectada a un instrumento llamado espirómetro, el cual registra la cantidad y frecuencia de aire inspirado y espirado durante un tiempo específico.

14) ¿Qué es la elasticidad torácica, cómo se mide?

La elasticidad torácica es la capacidad que posee el torax al expandirse las costillas y contraerse el diafragma; y al contraerse los abdominales y relajarse el diafragma, lo que provoca el aumento y disminución de la presión pulmonar.

Se mide mientras se expanden los pulmones de una persona relajada o paralizada. Para ello, se van insuflando pequeñas cantidades dentro de los pulmones, registrando cada vez las presiones y volúmenes pulmonares.

15) ¿Qué es la frecuencia respiratoria, cuál es su valor promedio en reposo?

La frecuencia respiratoria es la cantidad de veces que se inspira y expira en un tiempo determinado. En reposo, la frecuencia respiratoria normal es de aproximadamente 12 a 15 veces por minuto.

16) ¿Qué es el volumen minuto respiratorio (VMR), cómo se determina y cuál es su valor en reposo?

El **volumen minuto respiratorio** es la cantidad total de aire nuevo que entra en los pulmones por minuto, y es igual al **volumen de respiración pulmonar por la frecuencia respiratoria**. Ejemplo: $500 \text{ ml} \times 12 = 6000 \text{ ml}$

17) ¿Qué es el volumen minuto alveolar (VMA), cómo se determina y cuál es su valor en reposo?

El volumen minuto alveolar es la cantidad de aire que llega realmente a los alveolos, por lo tanto, la cantidad de aire que realmente se utiliza en el intercambio gaseoso.

Se calcula como la frecuencia respiratoria por el volumen alveolar. Por ejemplo, el valor en reposo: $12 \times 350 \text{ ml} = 4200 \text{ ml}$

18) Descripción de la estructura de la membrana respiratoria. ¿Cuál es su espesor y su superficie total aproximada?

Pueden observarse las siguientes capas de la membrana respiratoria:

1. Una capa de líquido que reviste al alveolo y contiene una mezcla de fosfolípidos, y quizá otras sustancias, que disminuyen la tensión superficial del líquido alveolar.
2. El epitelio alveolar, constituido por células epiteliales muy delgadas.
3. Una membrana basal epitelial.
4. Un espacio intersticial muy delgado entre el epitelio alveolar y la membrana capilar.
5. Una membrana basal capilar que en muchos lugares se fusiona con la membrana basal del epitelio.
6. La membrana endotelial capilar.

Según estudios histológicos, se ha calculado que la superficie total de la membrana respiratoria es de aproximadamente 160 m^2 en un adulto normal (equivale a un suelo de 15 metros de largo por 9 metros de ancho). El diámetro medio de los capilares pulmonares es de unas 8 micras. El espesor de la membrana respiratoria es menor a una micra.

19) Descripción de los factores que influyen en la difusión a través de la membrana respiratoria

Los factores que determinan la rapidez con que pasará un gas a través de la membrana son:

- a) El espesor de la membrana;
- b) La superficie de dicha membrana (extensa superficie de contacto para la sangre, lo que favorece la rapidez del intercambio respiratorio de gases);
- c) El coeficiente de difusión del gas en la sustancia de la membrana, o sea, en el agua. Depende directamente de la solubilidad de cada gas en la membrana e inversamente de la raíz cuadrada de su peso molecular (el dióxido de carbono atraviesa la membrana con una rapidez 20 veces superior a la del oxígeno, y éste difunde con una rapidez aproximadamente doble que el nitrógeno);
- d) El gradiente de presión entre los dos lados de la membrana (Presiones parciales de los gases. Cuando la presión parcial de un gas en los alveolos es mayor que la presión parcial de ese gas en la sangre, como ocurre con el oxígeno, sucede difusión neta desde los alveolos a la sangre; pero cuando la presión parcial del gas es superior en la

sangre a la presión parcial de este gas en los alveolos, como es el caso del dióxido de carbono, la difusión neta sucede desde la sangre hacia los alveolos).

20) ¿Qué cantidad de sangre contienen o circula por los pulmones en un momento dado?

La cantidad total de sangre que existe en los capilares pulmonares en un momento determinado es de unos 60 a 140 ml. Ahora imagínese esa cantidad pequeña de sangre extendida por toda la superficie de un suelo que mide 15 por 9 metros, y será más fácil comprender la rapidez del intercambio respiratorio de gases.

TALLER 34: Capítulo 40 Guyton

1) ¿Qué es la hemoglobina, cómo está compuesta, de qué elemento de la sangre forma parte y cuál es su función?

La hemoglobina es una proteína que se encuentra en el plasma de la sangre. Se encarga de agilizar el transporte de oxígeno, dióxido de carbono y, además, se une a otros iones para poder extraerlos de la circulación del organismo.

La hemoglobina está compuesta por un grupo proteico llamado **globina** y un grupo prostético llamado **hemo**, que es rico en hierro.

Respuesta ENCARTA:

Hemoglobina: pigmento especial que predomina en la sangre cuya función es el transporte de oxígeno. Está presente en todos los animales, excepto en algunos grupos de animales inferiores. Participa en el proceso por el que la sangre lleva los nutrientes necesarios hasta las células del organismo y conduce sus productos de desecho hasta los órganos excretores. También transporta el oxígeno desde los pulmones o branquias, donde la sangre lo capta, hasta los tejidos del cuerpo. Cuando está saturada de oxígeno, se llama oxihemoglobina. Después de liberar esta molécula en los tejidos orgánicos, invierte su función y recoge el principal producto de la respiración celular o dióxido de carbono. La hemoglobina transporta esta molécula hasta los pulmones para su espiración, y en esta forma se denomina carboxihemoglobina. Véase Respiración.

La hemoglobina es una proteína contenida en los eritrocitos que constituye, aproximadamente, el 35% de su peso. Para combinarse con el oxígeno, los eritrocitos deben contenerla en cantidad suficiente y esto depende de los niveles de hierro que existan en el organismo, los cuales se obtienen de los alimentos por absorción en el tracto gastrointestinal y se conservan y reutilizan de forma continua. La deficiencia de hemoglobina originada por la carencia de hierro conduce a la anemia.

La hemoglobina transporta más de veinte veces su volumen de oxígeno. Su unión con el monóxido de carbono es irreversible, es decir, no puede volver a unirse al oxígeno ante lo que se origina la asfixia. Los eritrocitos se destruyen en el bazo o en la circulación sanguínea después de una vida media de 120 días; entonces, su hemoglobina se degrada hasta sus constituyentes y el hierro se reintegra en los eritrocitos nuevos que se forman en la médula ósea. Cuando se produce la ruptura de un vaso sanguíneo, como en una lesión, estas células se escapan hacia los tejidos. Aquí se degradan y la hemoglobina se convierte en los pigmentos biliares, responsables de la coloración amarillenta de los hematomas.

Las alteraciones de la estructura de la hemoglobina pueden ocasionar enfermedades mortales. De éstas, la más importante es la anemia de células falciformes, que implica un cambio hereditario en uno de los aminoácidos que constituyen la molécula. Las talasemias son un grupo de enfermedades hereditarias con un origen similar.

2) ¿Por qué causa los gases se desplazan de un sitio a otro?

Los gases se desplazan de un sitio a otro por difusión, debido a la diferencia de presión. La velocidad está dada por la diferencia de presión y el grado de solubilidad del gas. Depende directamente de la solubilidad de cada gas en la membrana e inversamente de la raíz cuadrada de su peso molecular (el dióxido de carbono atraviesa la membrana con una rapidez 20 veces superior a la del oxígeno, y éste difunde con una rapidez aproximadamente doble que el nitrógeno);

3) ¿A qué se denomina presión parcial de un gas (PO_2 - PCO_2)?

La presión parcial de un gas es la presión que ejerce un gas específico en un conjunto de gases, que en su totalidad determinan una presión total. La presión parcial del O_2 es de 104 mmHg a nivel del mar y la del CO_2 es de 40 mmHg a nivel del mar. Esto es cuando sale del extremo arterial.

4) ¿Dónde es mayor la presión parcial de oxígeno (PO_2) y dónde menor y cuáles son sus valores?

La mayor presión parcial del oxígeno se da en el extremo arterial (104 mmHg) y la menor en el citoplasma de las células ya que las mitocondrias consumen el oxígeno y la presión parcial del oxígeno disminuye a 23 mm Hg.

5) ¿Dónde es mayor la presión parcial del dióxido de carbono (PCO_2) y dónde menor y cuáles son sus valores?

La mayor presión parcial del dióxido de carbono se da en el citoplasma de las células porque las mitocondrias producen como desecho CO_2 ; su valor es de 46 mm Hg. La menor presión parcial de CO_2 es de 40 mmHg y se puede apreciar en el extremo arterial.

6) Descripción del cortocircuito venoso, ¿Cuál es su importancia?

El cortocircuito venoso es la unión de algunas venas con algunas arterias. El 2 % de la circulación pasa por éste. Su función es mezclar la sangre que sale del ventrículo izquierdo saturada de oxígeno para que se produzca un mejor intercambio de gases.

7) ¿Cuál es el valor de la PO_2 en las arterias de la circulación mayor?

Debido al cortocircuito, la presión baja a 95 mmHg y llega al capilar.

8) ¿Cuál es el valor de la PO_2 en las arterias pulmonares?

En las arterias pulmonares, la PO_2 es de 40 mmHg.

9) ¿Cuál es el valor de la PO_2 en el espacio intersticial o extracelular?

En el espacio intersticial o extracelular, la PO_2 es de 40 mmHg.

10) Descripción de la difusión de O_2 a través de la membrana respiratoria.

Para difundir el oxígeno a través de la membrana respiratoria, pasa de los alveolos a los capilares a través del surfactante, la capa líquida, el epitelio alveolar, la membrana basal epitelial, la membrana basal y el endotelio capilar.

En el varón adulto joven promedio, la capacidad de difusión del oxígeno bajo condiciones de reposo promedia 21 ml por minuto por mmHg. La diferencia media de presión de oxígeno a través de la membrana durante la respiración tranquila es de aproximadamente 11 mmHg. La multiplicación de esta presión por la capacidad de difusión (11 x 21) da un total de 230 ml de oxígeno que difunden normalmente a través de la membrana respiratoria cada minuto, y ello equivale a la rapidez con que el organismo utiliza el oxígeno. Durante el ejercicio, la capacidad de difusión aumenta hasta 3 veces el valor del reposo.

11) Descripción de la difusión de O_2 en los tejidos (capilares a células)

La difusión del oxígeno se realiza a través de la membrana respiratoria desde el alveolo al capilar, pasando primero por el espacio extracelular. Como las células siempre están empleando oxígeno, la presión parcial intracelular de este gas se conserva más baja que la del líquido intersticial que rodea los capilares. Por tanto, la PO_2 intracelular normal varía entre 5 mmHg y 60 mmHg; en promedio es de 23 mmHg. Ya que normalmente se necesita una presión de 3 mmHg para

mantener plenamente los procesos metabólicos de las células, es obvio que incluso esta PO_2 celular baja, de 23 mmHg, es adecuada y proporciona un factor de seguridad considerable.

12) ¿Cuál es la PO_2 en las venas?

En las venas, la PO_2 es de 40 mmHg.

13) ¿Cuál es la PCO_2 en las arterias?

En las arterias, la PCO_2 es de 40 mmHg

14) ¿Cuál es la PCO_2 en las venas?

En las venas, la PCO_2 es de 45 mmHg

15) Descripción de la difusión del CO_2 a través de la membrana respiratoria.

El CO_2 difunde 20 veces más rápido que el oxígeno. Pasa por el endotelio capilar, la membrana basal, el espacio intersticial, la membrana basal epitelial, el epitelio alveolar, la capa líquida y por último el surfactante.

16) Descripción de la difusión del CO_2 en los tejidos.

Cuando las células consumen oxígeno, la mayor parte del mismo se convierte en dióxido de carbono, lo que incrementa la PCO_2 intracelular. Por tanto, el dióxido de carbono difunde desde las células hacia los capilares tisulares y a continuación se dirige junto con la sangre hacia los pulmones, lugar en el que difunde desde los capilares pulmonares hacia los alveolos.

17) Descripción del transporte de oxígeno por la sangre.

El transporte del oxígeno por la sangre se hace en un 97 % en combinación con la hemoglobina y el restante 3 % viaja libre por el plasma.

18) Descripción del transporte del CO_2 por la sangre.

El transporte del CO_2 por la sangre se hace en un 30 % combinado con la hemoglobina y proteínas, un 63 % se combina con el agua para formar ácido carbónico que luego se disocia en bicarbonato e hidrógeno; el bicarbonato viaja a los pulmones para luego espirarse y el hidrógeno se une a la hemoglobina.

El restante 7 % viaja libre por el plasma.

19) ¿Por qué la velocidad de difusión a nivel de la membrana respiratoria es mayor para el CO_2 que para el O_2 ?

Porque el CO_2 es muy liposoluble, por lo que atraviesa la membrana muy fácilmente. El dióxido de carbono atraviesa la membrana con una rapidez 20 veces superior a la del oxígeno, y éste difunde con una rapidez aproximadamente doble que el nitrógeno.

TALLER 35: Capítulo 41 Guyton

1) Localización y descripción de los centros respiratorios primarios.

El centro respiratorio primario está compuesto por varios grupos muy dispersos de neuronas localizados de manera bilateral en el bulbo raquídeo y la protuberancia anular. Se divide en tres conjuntos principales de neuronas:

1. un grupo respiratorio dorsal, localizado en la porción dorsal del bulbo, que produce principalmente la inspiración.
2. un grupo respiratorio ventral, localizado en la porción retrolateral del bulbo, que puede producir inspiración o espiración según las neuronas del grupo que se estimulen, y
3. un centro neumotáxico, de ubicación dorsal en la parte superior de la protuberancia, que ayuda a regular tanto la frecuencia como el patrón de la respiración.

El grupo respiratorio dorsal de neuronas desempeña la función fundamental en la regulación respiratoria.

2) Localización y descripción de los centros respiratorios secundarios.

Los centros respiratorios secundarios se encuentran en la parte inferior del bulbo raquídeo. Son los nervios raquídeos que inervan los músculos respiratorios, ya sean inspiradores (Diafragma, Intercostales externos, ECOM, Serratos anteriores, Escalenos, Pectoral mayor y Subclavio) o espiradores (Rectos abdominales e Intercostales internos). Los centros respiratorios secundarios son controlados por los centros respiratorios primarios.

Otra forma de control indirecto de la respiración se da por la acción de los quimiorreceptores, que envían las señales sensoriales a los centros respiratorios primarios a través de los nervios Vago y Glossofaríngeo.

3) ¿Cuál es el principal centro respiratorio secundario, dónde está localizado y cuál es su función?

El principal centro respiratorio secundario es el nervio raquídeo que inerva al diafragma. Se localiza entre la 3^{ra} a 5^{ta} vértebra cervical y su función es controlar la actividad del diafragma durante la inspiración y la espiración.

4) ¿Adónde llegan los estímulos que parten de los centros respiratorios secundarios y qué vías los conducen?

Los estímulos que parten de los centros respiratorios secundarios llegan a los músculos respiratorios, ya sean inspiradores (Diafragma, Intercostales externos, ECOM, Serratos anteriores, Escalenos, Pectoral mayor y Subclavio) o espiradores (Rectos abdominales e Intercostales internos). Son conducidos a través de los nervios raquídeos, y los centros respiratorios secundarios se encuentran controlados por las neuronas del centro respiratorio primario.

5) ¿Qué nervios conducen las señales sensoriales hacia el grupo respiratorio dorsal?

El grupo respiratorio dorsal de neuronas se extiende aproximadamente por toda la longitud del bulbo raquídeo. Casi todas sus neuronas o todas ellas están localizadas dentro del **núcleo del haz solitario**, aunque probablemente también desempeñan funciones importantes en la regulación respiratoria otras neuronas de la sustancia reticular adyacente. El núcleo del haz solitario también es la terminación sensorial de los nervios vago y glossofaríngeo, que transmiten señales sensoriales hacia el centro respiratorio desde los quimiorreceptores periféricos, los barorreceptores y diversos tipos de aferentes situados en el pulmón.

6) ¿Hacia dónde se dirigen los estímulos que parten de los grupos respiratorios ventral y dorsal?

La respiración normal tranquila se debe sólo a las señales inspiratorias repetitivas procedentes del grupo respiratorio dorsal y transmitidas principalmente al diafragma.

La estimulación de algunas de las neuronas del grupo ventral produce inspiración, en tanto que las de otras produce espiración. Por tanto, estas neuronas contribuyen a ambas fases de la respiración. Son particularmente importantes para suministrar poderosas señales espiratorias a los músculos abdominales durante la espiración.

7) ¿Dónde se localiza el centro apnéustico y cuál es su posible función?

El centro apnéustico se localiza en la parte más baja de la protuberancia. No se comprende cuál es la función del centro apnéustico, pero este centro opera presumiblemente asociado al centro neumotáxico en la regulación de la profundidad de la respiración.

8) ¿Dónde se localiza el centro neumotáxico y cuál es su posible función?

El centro neumotáxico, de ubicación dorsal en el llamado núcleo parabrancial de la parte alta de la protuberancia, transmite de manera continua impulsos hacia el área inspiratoria. El efecto primario consiste en regular el punto de "interrupción" de la rampa inspiratoria, con lo que regula la duración de la fase de llenado del ciclo pulmonar.

Por tanto, la función que tiene el centro neumotáxico consiste primordialmente en limitar la inspiración. Sin embargo, esto tiene un efecto secundario sobre la frecuencia respiratoria, porque la limitación de la inspiración acorta todo el período respiratorio.

9) Explicar la teoría que explica el automatismo de la respiración.

El ritmo básico de la respiración se genera fundamentalmente en el grupo respiratorio dorsal de neuronas. Incluso, tras la sección de todos los nervios periféricos que llegan al bulbo raquídeo y tras la sección en sentido transversal del tallo cerebral, tanto por arriba como por debajo del bulbo, las neuronas de este grupo siguen emitiendo descargas repetitivas de **potenciales de acción inspiratorios**. Por desgracia, no se ha podido identificar aún la causa básica de estas descargas repetitivas.

Muchos fisiólogos respiratorios creen que la causa del ritmo básico de la respiración es una red de neuronas localizada dentro del bulbo raquídeo, y que probablemente abarque no sólo al grupo respiratorio dorsal, sino también a las áreas adyacentes.

10) ¿Qué es la señal en rampa, cómo se regula y qué factor de la respiración controla?

La señal nerviosa que se transmite hacia los músculos inspiratorios no es una descarga instantánea de potenciales de acción. Mas bien, durante la respiración normal se inicia con mucha debilidad y se incrementa de forma sostenida, a la manera de una rampa, durante dos segundos. A continuación se interrumpe de manera súbita durante los tres segundos que siguen y se inicia de nuevo durante otro ciclo, y así una y otra vez. Por tanto, se dice que la señal inspiratoria es una **señal en rampa**. La ventaja manifiesta consiste en que produce un incremento sostenido del volumen de los pulmones durante la inspiración, en lugar de jadeos inspiratorios.

Son dos las maneras en que se regula la rampa inspiratoria:

1. Controlando la velocidad de aumento de la señal de rampa, de manera que durante una respiración muy activa, la rampa aumenta rápidamente y, por consiguiente, los pulmones también se llenan con gran rapidez.
2. Controlando el punto limitante en el que cesa súbitamente la rampa. Este es el procedimiento habitual para **controlar la frecuencia respiratoria**; esto es, cuanto más pronto cese la rampa, más corta será la inspiración. Por razones desconocidas hasta el momento, este fenómeno abrevia también la duración de la espiración. Por tanto, incrementa la frecuencia respiratoria.

11) ¿Adónde se localiza el área quimiosensible y con qué centros respiratorios está conectada y qué función tiene?

El área quimiosensible está localizada bilateralmente, a menos de 1 mm por debajo de la superficie ventral del bulbo. Esta área es muy sensible a cambios tanto de PCO_2 como de la concentración de hidrogeniones. En respuesta a estos cambios, excita las otras regiones del centro respiratorio (grupo respiratorio dorsal de neuronas, el grupo respiratorio ventral y el centro neumotáxico).

12) ¿Cuál es el objetivo del control de la respiración?

El objetivo del control de la respiración es mantener constantes las PO_2 y PCO_2 en la sangre. El sistema nervioso ajusta el ritmo de ventilación alveolar casi exactamente a las necesidades del

cuerpo, de manera que la presión sanguínea de oxígeno (PO_2) y la de dióxido de carbono (PCO_2) difícilmente se modifican durante el ejercicio intenso o en situaciones de dificultad respiratoria.

13) ¿Qué son los quimiorreceptores, adónde se localizan, qué señales captan, qué vías conducen sus estímulos y a qué centros respiratorios estimulan?

Aparte del control directo del centro respiratorio sobre la actividad de la respiración, existe otro mecanismo accesorio disponible para dicho control. Es el **sistema quimiorreceptor periférico**. En varias áreas ajenas al sistema nervioso central se encuentran receptores nerviosos específicos de sustancias químicas llamados quimiorreceptores. Estos receptores son particularmente importantes para la detección de los cambios de la concentración de oxígeno en la sangre, aunque también responden a cambios de las concentraciones de dióxido de carbono e iones hidrógeno.

Los quimiorreceptores transmiten señales nerviosas hacia el centro respiratorio que contribuyen a la regulación de la actividad respiratoria.

El mayor número de quimiorreceptores se halla en los **cuerpos carotídeos**. No obstante, también hay un número apreciable en los **cuerpos aórticos**. Hay además algunos receptores asociados a otras arterias de las regiones torácica y abdominal.

Los **cuerpos carotídeos** se localizan bilateralmente en las bifurcaciones de las arterias carótidas comunes, y sus fibras nerviosas aferentes pasan a través de los nervios de Hering hacia los **nervios glossofaríngeos** y, desde allí, al **área respiratoria dorsal del bulbo**.

Los **cuerpos aórticos** se encuentran a lo largo del cayado de la aorta; sus aferentes nerviosos llegan así mismo, a través de los nervios vagos, al **área respiratoria dorsal**.

14) Descripción del proceso del control químico directo de la respiración

Conocemos las tres áreas diferentes del centro respiratorio (el grupo respiratorio dorsal de las neuronas, el grupo respiratorio ventral y el centro neumotáxico), pero se piensa que ninguna de ellas se ve afectada directamente por los cambios en la concentración sanguínea de CO_2 o iones hidrógeno. En cambio, hay un área quimiosensible, muy sensible que está localizada bilateralmente, a menos de 1 mm por debajo de la superficie ventral del bulbo. Esta área es muy sensible a cambios tanto de PCO_2 como de la concentración de hidrogeniones. En respuesta a estos cambios, excita las otras regiones del centro respiratorio (grupo respiratorio dorsal de neuronas, el grupo respiratorio ventral y el centro neumotáxico).

15) Descripción del reflejo de Hering y Brewer.

Sumadas a los mecanismos nerviosos que operan dentro del bulbo raquídeo, también intervienen en el control de la respiración una serie de señales reflejas procedentes de la periferia. Las más importantes proceden de receptores de estiramiento localizados en las paredes de los bronquios y bronquiolos a lo largo de todo el pulmón y que transmiten señales por los nervios vagos hacia el grupo respiratorio dorsal de neuronas cuando los pulmones se estiran en exceso.

Estas señales afectan la inspiración de manera muy semejante a las originadas en el centro neumotáxico; esto es, cuando los pulmones se hinchan suficientemente, los receptores de estiramiento activan una respuesta adecuada de retroalimentación que “apaga” la rampa inspiratoria, deteniendo así la inspiración. A este fenómeno se lo denomina **reflejo de Hering-Breuer**. Este reflejo también incrementa la frecuencia de la respiración, como ocurre con las señales del centro neumotáxico.