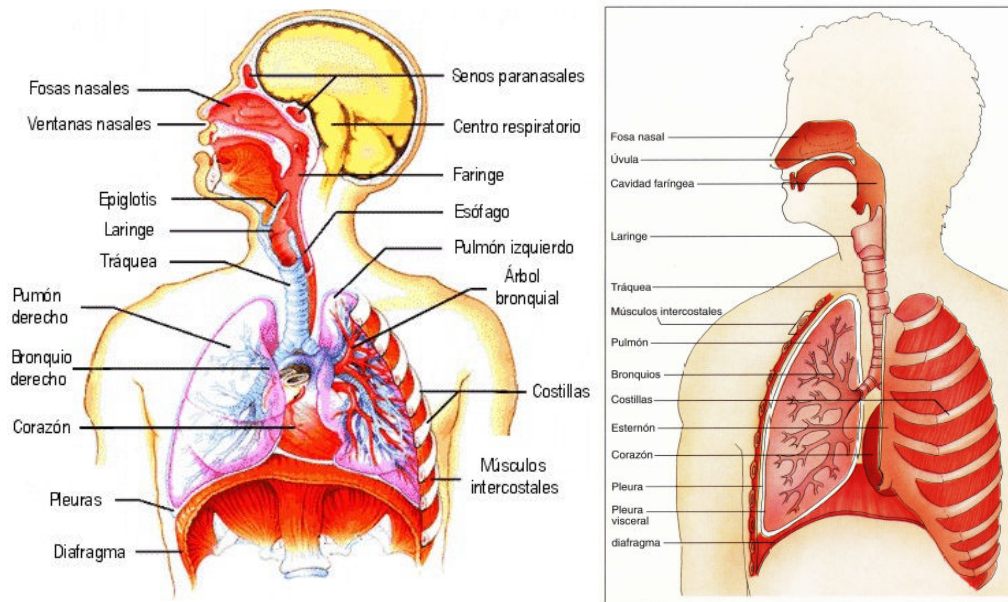


TEMA 3. EL APARATO RESPIRATORIO

1. INTRODUCCIÓN.



El aparato respiratorio es el encargado de la respiración pulmonar y está formado por:

- Las vías respiratorias: que comprende las fosas nasales y sus senos, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y las ramificaciones de éstos.
- Los pulmones.

El proceso respiratorio consta de:

1. La ventilación, es la entrada (inspiración) y salida (expiración) de aire en los pulmones mediante los movimientos respiratorios.
2. El intercambio gaseoso entre el aire y la sangre.
3. El transporte de los gases por la sangre.
4. El intercambio gaseoso entre la sangre y los tejidos.
5. La respiración celular.

2. ANATOMIA DEL APARATO RESPIRATORIO.

Las fosas nasales, la faringe y la laringe están recubiertas internamente por tres tipos de mucosas:

- La mucosa pituitaria o pituitaria roja: depura, calienta y humedece el aire inspirado para que entre en el organismo en las mejores condiciones. Esta mucosa se encuentra en los senos nasales, la tráquea y los bronquios y en la casi totalidad de las fosas nasales y de la laringe. Contiene un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado, células productoras de mucus y tejido linfático.

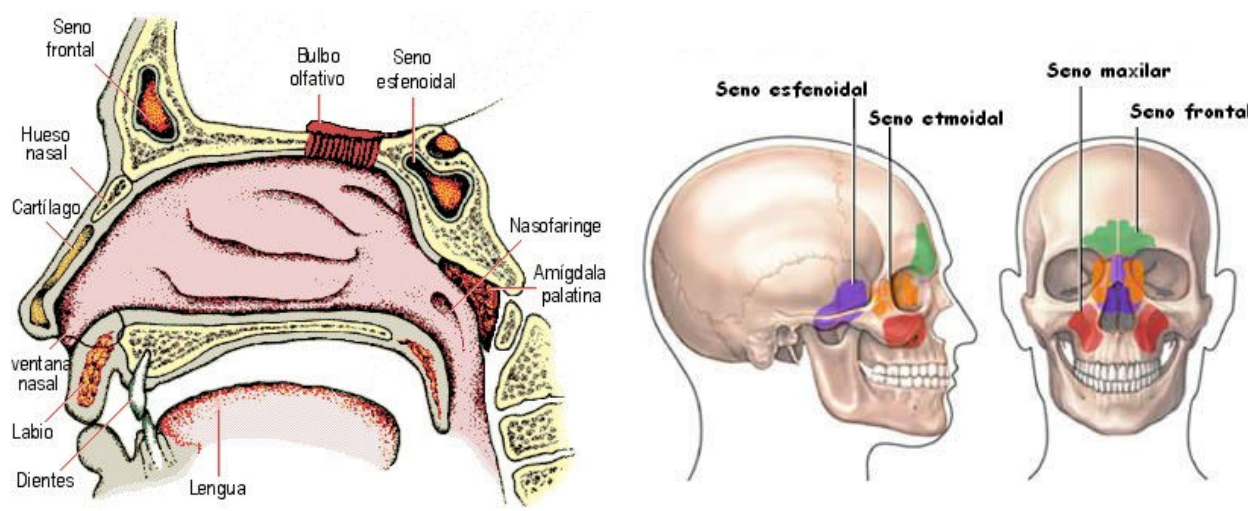
- La mucosa olfatoria o pituitaria amarilla, que consta de neuronas que detectan las sustancias químicas contenidas en el aire (su función es la olfacción); se sitúa en la parte superior e interna de las fosas nasales.
- La mucosa bucofaríngea, que además de localizarse en la boca y gran parte de la faringe, forma las cuerdas vocales situadas en la laringe. Su epitelio es plano estratificado no queratinizado.

2. 1. LAS FOSAS NASALES.

Comunican el aparato respiratorio con el medio exterior a través de los orificios de la nariz. El “suelo” de las fosas nasales está formado por el paladar, y el “techo” por los huesos y cartílagos nasales. Las fosas están separadas entre si por el tabique nasal.

Las ventanas tienen unos pelos que impiden la entrada de cuerpos voluminosos contenidos en el aire inspirado.

Los senos nasales o paranasales son cavidades pares que comunican las fosas nasales con huesos vecinos que les dan nombre. Estos senos se encargan de: influyen en la respiración, la fonación, la olfacción y el calentamiento del aire inspirado. Los senos frontales se encuentra por encima de la cavidad nasal, próximos a la nariz; los senos esfenoidales están ubicados en la zona posterior de la cavidad nasal; los senos maxilares se encuentran sobre la mandíbula superior, a ambos lados de las fosas nasales; y los senos etmoidales se localizan entre los ojos, tras la nariz.



Sinusitis.

Inflamación de la mucosa de los senos paranasales por infección debido a agentes bacterianos, víricos u hongos. Se diagnostica mediante un TAC.

- Síntomas: dolor e inflamación en el seno afectado, puede o no aparecer fiebre.
- Tratamiento: Se utilizan medidas para favorecer el drenaje de los senos comprometidos, con inhalaciones de vapor y fármacos descongestivos a los que se les agrega un antibiótico. Un tratamiento aparecido recientemente es la sinuplastia con balón.

Rinitis.

Inflamación de la mucosa nasal; existen de dos tipos: rinitis alérgica y rinitis no alérgica. La rinitis puede favorecer la aparición de sinusitis.

- Síntomas: rinorrea (flujo abundante de moco nasal), estornudo, prurito (picor) nasal, congestión y drenaje (secreción). Otros síntomas son los ojos congestionados, que escuecen y lagrimean con profusión.
- Tratamiento: se emplea el mismo tratamiento que en la sinusitis, excepto la sinuplastia con balón.

2.2. LA FARINGE.

Es un órgano que está comunicado con:

- Las fosas nasales.
- La cavidad bucal.
- La laringe.
- El oído medio, mediante las trompas de Eustaquio, con el objetivo de equilibrar la presión del aire a ambos lados del tímpano.

La nasofaringe es la zona de la faringe que está en contacto con las fosas nasales; la laringofaringe es la que está en contacto con la laringe.

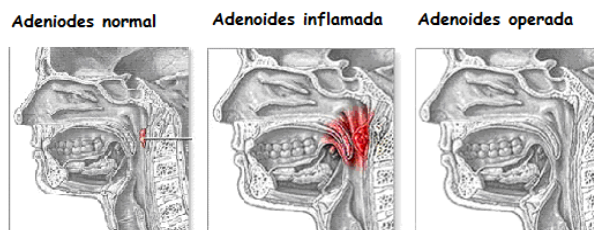
Faringitis.

Inflamación de la mucosa que reviste la faringe.

- Etiología: infecciones víricas, bacterianas o por hongos o reacciones alérgicas.
- Síntomas: fiebre, deglución difícil y amígdalas inflamadas.
- Tratamiento: hidratación, analgésicos, antiinflamatorios, si la infección es causada por bacterias se utilizan antibióticos.

Trastorno de las adenoides (o vegetaciones).

Las adenoides (amígdalas faríngeas) son dos masas de tejido linfoide situadas cerca del orificio interno de las fosas nasales, en el techo de la nasofaringe. Si se inflaman es posible que se necesite extirparlas.

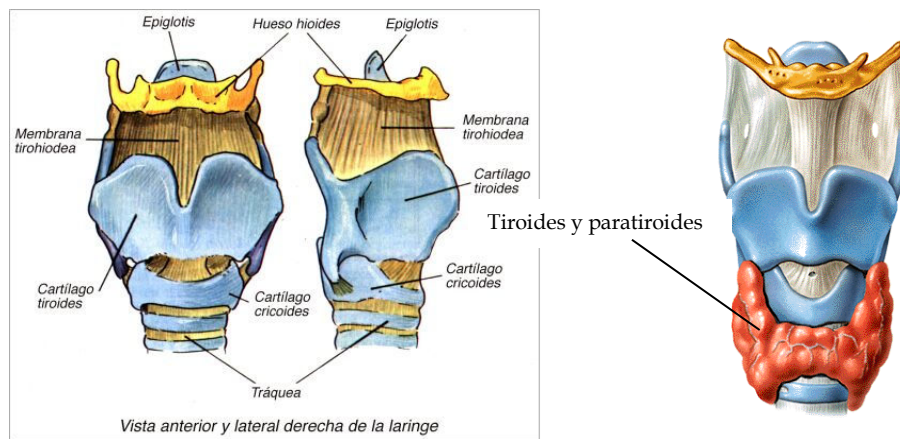


2.3. LA LARINGE.

Es un conducto formado por nueve piezas cartilaginosas redondeadas, las cuales están unidas por músculos y ligamentos. Los cartílagos más importantes son:

- El tiroides: formado por dos placas verticales que forman la nuez o bocado de Adán. Las glándulas endocrinas tiroides y paratiroides se encuentran bajo este cartílago, en la parte superior de la tráquea.
- El cricoides, que mantiene la laringe siempre abierta.
- La epiglotis: tiene forma de lengüeta, es el cartílago encargado de cerrar la comunicación faringe-laringe cuando hay alimentos en la faringe.

En el interior de la laringe están las cuerdas vocales. La emisión del sonido se produce cuando se tensan y se juntan las cuerdas. La tensión, elasticidad, altura, anchura, longitud y grosor de las cuerdas vocales pueden variar dando lugar a diferentes efectos sonoros.



Laringitis.

Es una inflamación de la laringe. Se inflaman las cuerdas vocales las cuales no pueden vibrar libremente.

- Etiología: infecciones respiratorias o sustancias irritantes como el humo del tabaco.
- Síntomas: afonía, disfonía o ronquera.

Cáncer de laringe.

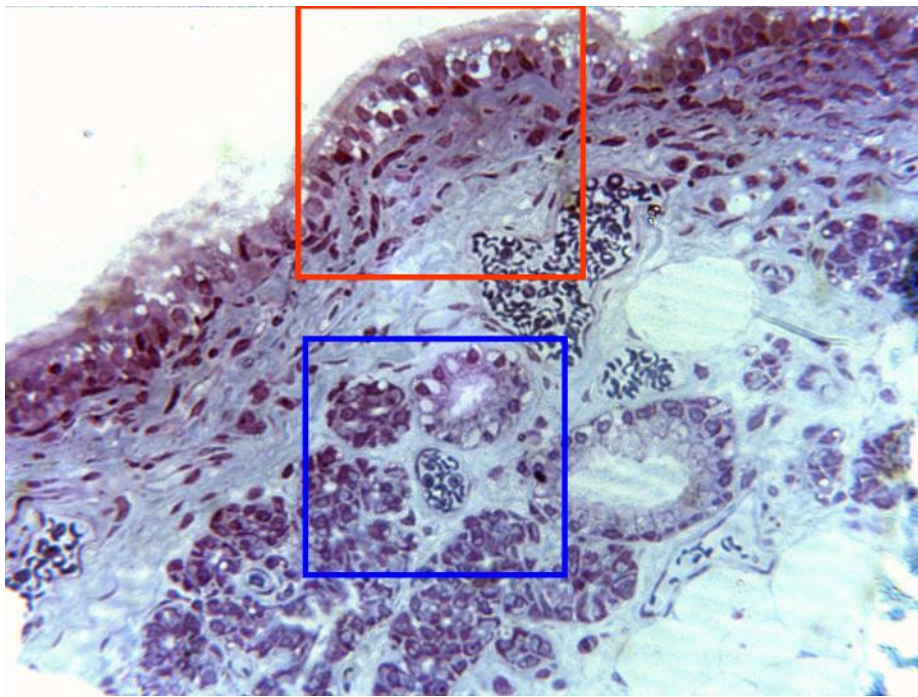
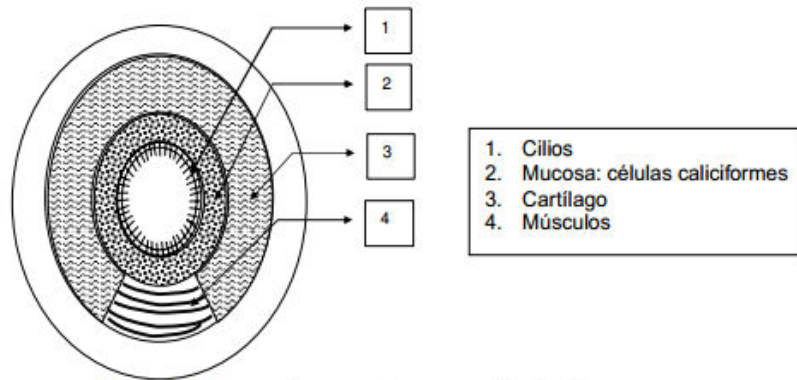
Afecta casi de manera exclusiva a fumadores.

- Síntomas: ronquera, dolor al tragar o dolor irradiado a un oído.
- Tratamiento: cirugía, radioterapia, quimioterapia o combinación de ellas.

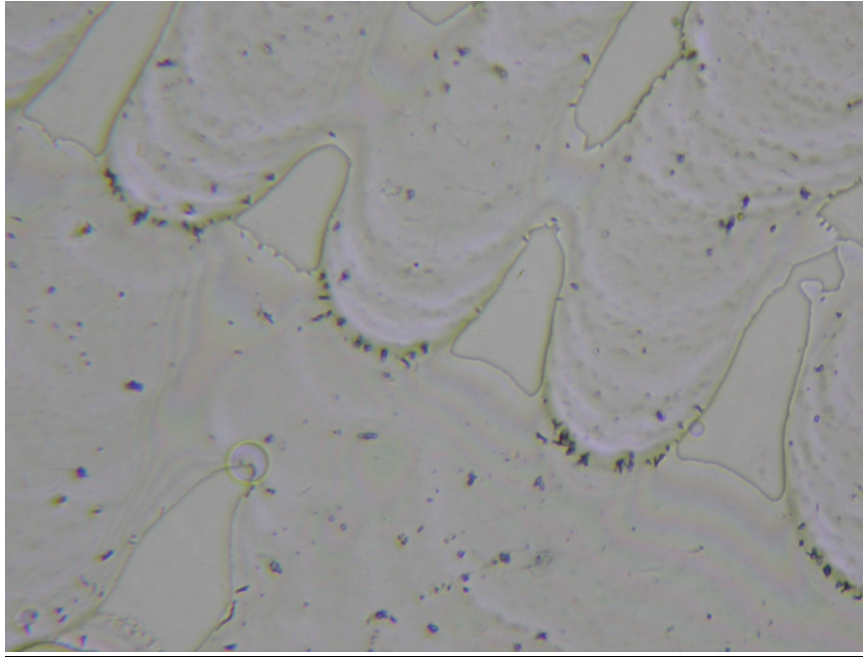
2.4. LA TRAQUEA, LOS BRONQUIOS Y SUS RAMIFICACIONES.

La tráquea y los bronquios tienen una estructura similar, con una mucosa que contiene un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado; además poseen cartílagos.

- Tráquea: Se sitúa delante del esófago, conteniendo 20 cartílagos en forma de C. En la parte dorsal, donde no hay cartílagos, existe musculatura lisa. Internamente se compone de una mucosa (conjunto formado por epitelio y tejido conjuntivo). El tejido conjuntivo presenta glándulas secretoras de mucus cuya función consiste en retener microbios, sustancias irritantes y contaminantes y otras moléculas extrañas. Los cilios del epitelio trasladan este mucus en dirección a la faringe. La tráquea se divide en dos bronquios.

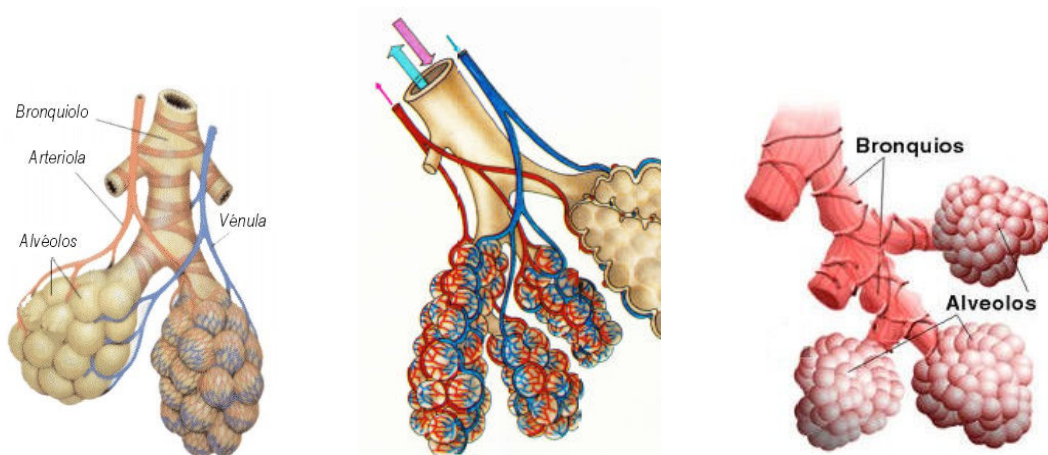


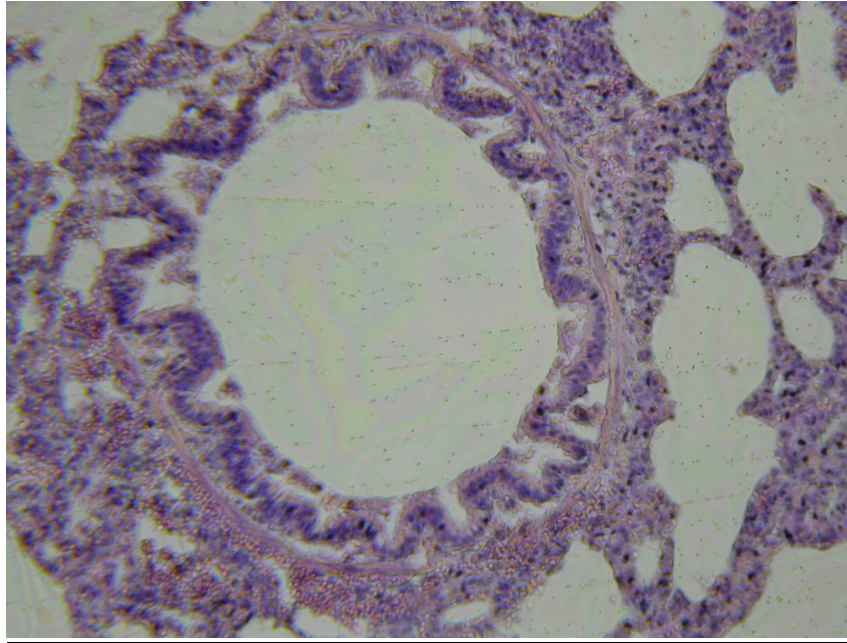
Tráquea. Epitelio ciliado (cuadro rojo) y glándulas mucosas (azul)



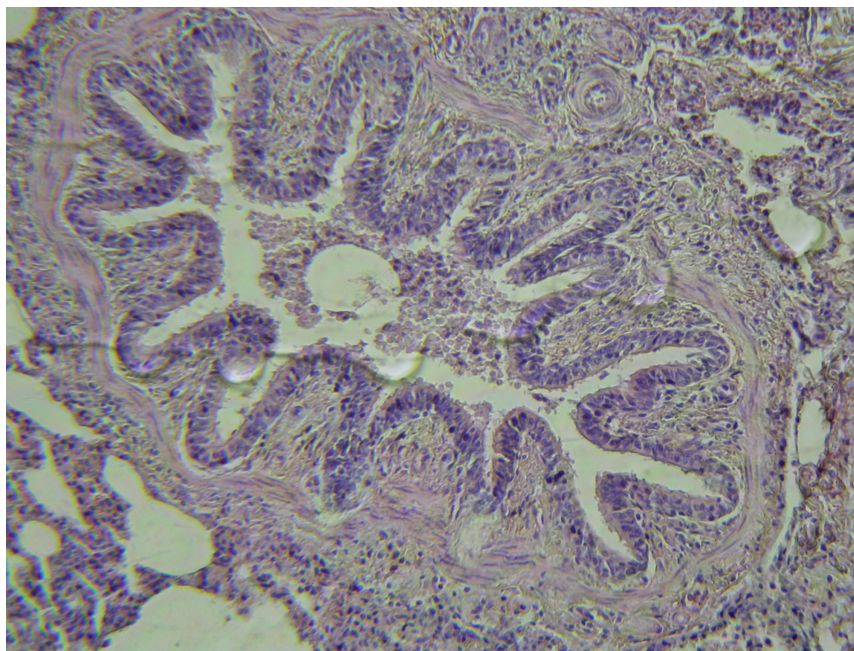
Cilios en epitelio traqueal

- Bronquios: tienen una estructura similar a la tráquea, ya que están compuestos por cartílagos (primero en forma de C y después completos) y una mucosa con epitelio cilíndrico ciliado y células caliciformes secretoras de mucus. Los bronquios son los tubos que penetran en los pulmones. Cada uno de los bronquios se ramifica en conductos cada vez más pequeños que reciben distintos nombres, como bronquiolos; las últimas ramificaciones son los sacos alveolares, que contienen a los alvéolos en los cuales se produce el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre.

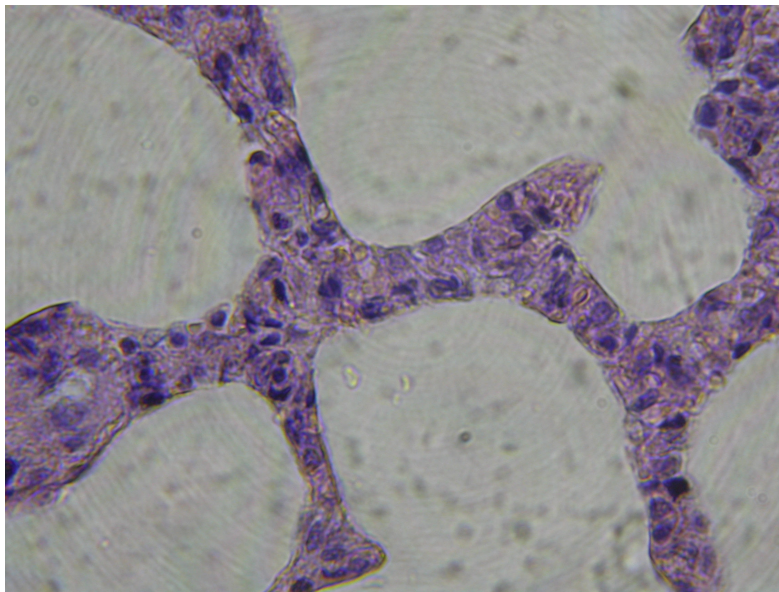
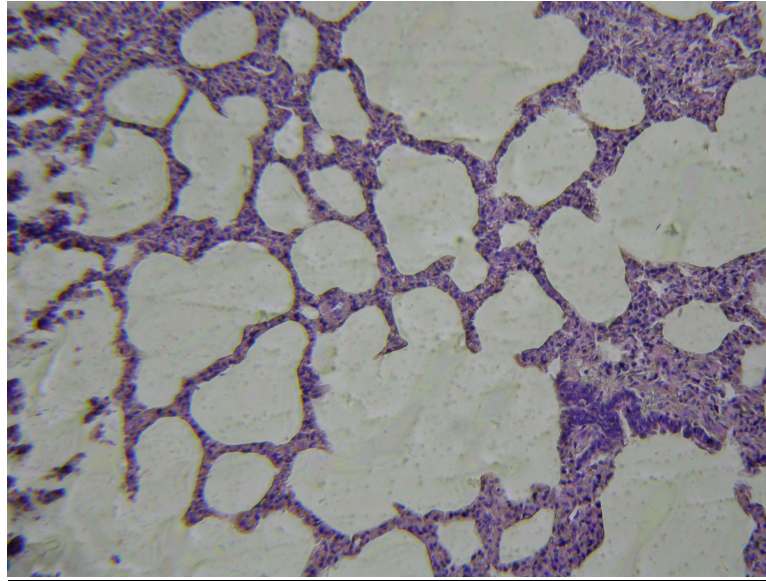




Bronquio



Bronquiolo



Alveolos

Bronquitis.

Inflamación de los bronquios. Puede ser de corta duración (aguda) o crónica.

- Etiología: Infección respiratoria que puede darse por el hábito de fumar, por la edad (niños, bebés y ancianos son los más expuestos) o por una enfermedad cardíaca o pulmonar subyacente.
- Síntomas: dificultad respiratoria, fatiga, fiebre, sibilancia (silbidos al respirar) y molestia en el pecho.
- Tratamiento: aspirinas, descanso, tomar mucho líquido, inspirar vapor y no fumar.

Resfriado común y gripe.

- Causa: rinovirus.
- Síntomas del resfriado: estornudos, tos seca, congestión, no suele ir acompañado de fiebre.
- Síntomas de la gripe: escalofríos, fiebre y dolores musculares. Cuando la fiebre cede aparecen los síntomas del resfriado común.
- Tratamiento: reposo, buena hidratación, analgésicos y descongestivos nasales.

2.5. LOS PULMONES.

Son dos órganos esponjosos de color rosado y de forma cónica. Están situados en la cavidad torácica, por encima del diafragma. El pulmón derecho es más grande y está constituido por tres lóbulos; el pulmón izquierdo sólo presenta dos lóbulos ya que tiene que dejar espacio en la parte interna para que se aloje el corazón. Los lóbulos están separados por los surcos lobulares.

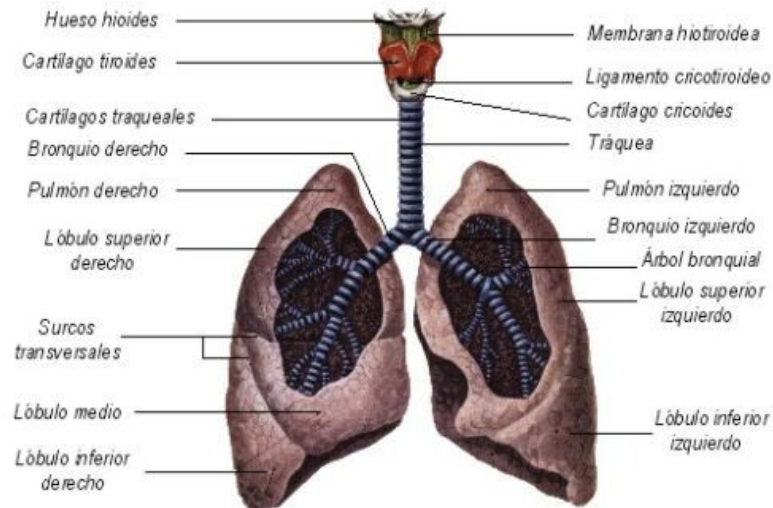
La pared inferior de los pulmones es cóncava, para así adaptarse a la convexidad del diafragma. Los pulmones están recubiertos por dos membranas, las pleuras, de tejido conjuntivo elástico, y el espacio que hay entre ellas se llama cavidad pleural. En ella está el líquido pleural, que favorece el movimiento de los pulmones durante la respiración:

- **Pleura parietal:** es la capa más externa de la pleura y se encuentra en contacto con la caja torácica
- **Pleura visceral:** es la capa más interna de la pleura y se encuentra en contacto con los pulmones.
- **Cavidad pleural:** es un espacio líquido entre la pleura parietal y la pleura visceral.

En el espacio situado entre los pulmones, llamado mediastino, se encuentran el esófago, el corazón y las venas y arterias que entran a los pulmones y salen de ellos.

Cada pulmón, que tiene unos 150 millones de alvéolos, lo que supone una enorme superficie para en intercambio de gases, está formado por tres elementos:

- Los bronquios y sus ramificaciones.
- Los vasos sanguíneos.
- El intersticio pulmonar, que es un tejido conjuntivo que engloba a los dos elementos del pulmón. En el tejido conjuntivo se encuentran las fibras elásticas, característica que determina la elasticidad del pulmón.



Alergia.

Diferentes alérgenos inocuos o poco peligrosos para la mayoría de las personas, producen una reacción desmedida del sistema inmunitario que incluye picor, estornudos, goteos nasales, etc. La alergia puede desencadenar asma. La forma severa de alergia, llamada shock anafiláctico, puede producir la muerte.

Asma.

A consecuencia de alérgenos (polen, ácaros, etc.) las vías respiratorias se hinchan y se estrechan, lo que ocasiona síntomas como la dificultad para respirar, opresión en el pecho, tos y sibilancias.

Neumonía.

Es una infección aguda de los alvéolos; las personas más propensas son los ancianos, lactantes, pacientes inmunodeprimidos, fumadores y pacientes con EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica).

- Etiología: la bacteria neumococo, otras bacterias, virus, hongos y protozoos.
- Síntomas: malestar general, fiebre, dolor torácico, tos y disnea (respiración rápida).
- Tratamiento: requerirá antibióticos (en caso de infección bacteriana) y medidas generales de mantenimiento.

Tuberculosis.

Es una enfermedad contagiosa causada por una bacteria. Afecta a los pulmones, aunque también a los riñones, el hígado, la piel...

- Etiología: en la mayoría de los casos la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*. Se transmite a través de partículas expedidas por pacientes con tuberculosis activa, mediante tos, estornudos o habla.
- Síntomas: fiebre, cansancio, falta de apetito, pérdida de peso, sudor nocturno, tos y expectoración.
- Diagnostico: mediante radiografía de tórax, una baciloscopia de esputo, un cultivo de muestra biológica o una prueba de tuberculina (que es una toxina fabricada por la bacteria)
- Tratamiento: fármacos antituberculosos, hay que mantener el tratamiento varios meses. También se puede tratar quirúrgicamente. Se previene mediante una vida sana e higiénica y por medio de la vacunación. También evitando la malnutrición, el exceso de antibióticos y la permanencia prolongada en lugares cerrados y concurridos. Existe una vacuna eficaz.



Edema pulmonar.

Se trata de una acumulación anormal de líquido en los espacios intersticiales y en los alvéolos pulmonares, o de un encharcamiento en los pulmones.

- Síntomas: disnea, inquietud, sensación de sofoco y palidez.
- Tratamiento: administrar oxígeno, dilatar los bronquios y mantener el equilibrio ácido-básico.

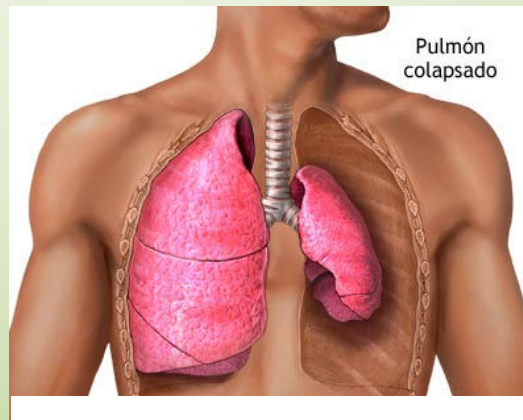
Fibrosis pulmonar.

Sustitución de tejido fibrilar elástico por tejidos rígidos. Sufren trastornos caracterizados por la inflamación y cicatrización de los tejidos pulmonares profundos que provocan una dificultad respiratoria. Puede facilitar un cáncer pulmonar.

- Etiología: inflamación y cicatrización de los alvéolos y sus estructuras de soporte. lleva a una reducción de los niveles de oxígeno en la sangre.
- Síntomas: disnea, tos seca y cansancio.
- Tratamiento: corticosteroides (antiinflamatorios), utilización de oxígeno suplementario y limitar la exposición a ciertos gases, humos, vapores, medicamentos y radiación.

Neumotórax.

Ocurre cuando parte o todo el pulmón se retrae o colapsa, es decir, se hunde hacia adentro. Cuando esto sucede el pulmón no se puede llenar con aire, la respiración se dificulta y el cuerpo obtiene menos oxígeno.



EPOC o enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Se trata de una patología progresiva caracterizada por la presencia de obstrucciones irreversibles al paso del aire por las vías respiratorias y que puede ir acompañada de otras enfermedades. En la EPOC se produce un proceso inflamatorio crónico que afecta a las vías aéreas, el parénquima pulmonar y las arterias pulmonares. Para prevenirla es fundamental evitar el tabaco y realizar ejercicio físico moderado.

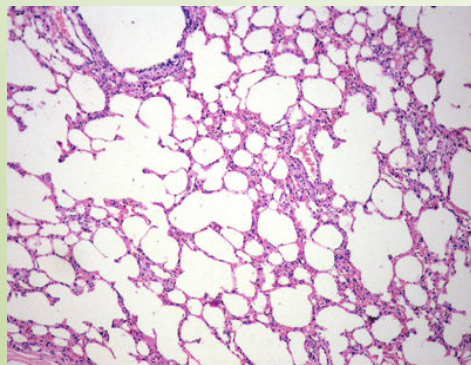
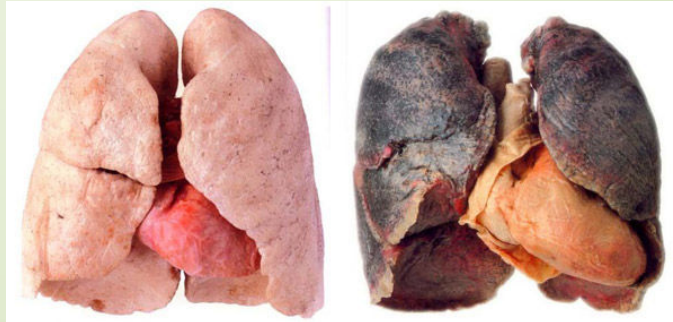
Enfisema pulmonar.

Es un tipo de EPOC. Se dañan los alveolos o resultan destruidos. El paciente presenta una insuficiencia respiratoria, tos, cansancio, etc. Su causa principal es el hábito de fumar.

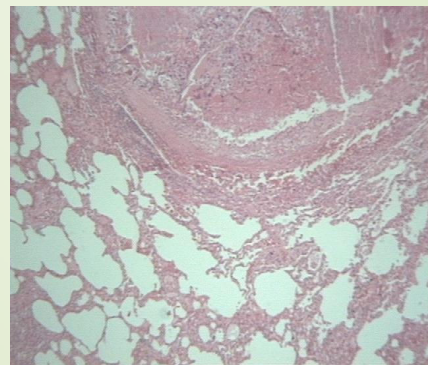
Cáncer de pulmón.

Es un tumor maligno que prolifera en el tejido pulmonar.

- Etiología: principalmente el hábito de fumar, siendo el riesgo mayor en los fumadores prematuros y en las personas que consumen una mayor cantidad de cigarrillos.
- Síntomas: tos persistente, esputo sanguinolento, dolor torácico, dificultades para tragar o hablar, anorexia y adelgazamiento.
- Tratamiento: quirúrgico, radioterapia y quimioterapia.



Corte de pulmón sano



Corte de pulmón con metástasis

3. FISIOLÓGÍA.

3.1. LA VENTILACION PULMONAR.

Es el proceso mediante el cual es renovado el aire contenido en los pulmones. Se produce mediante los movimientos de inspiración (entrada de aire) y espiración (expulsión de aire). Un movimiento respiratorio consta de una inspiración y una espiración.

En la inspiración, el diafragma baja y las costillas se levantan (gracias a la contracción de los músculos torácicos), con estos movimientos aumenta el volumen de la caja torácica y el aire entra en los pulmones.

En la espiración, el diafragma sube y las costillas bajan, con estos movimientos se comprimen los pulmones y el aire es expulsado al exterior.

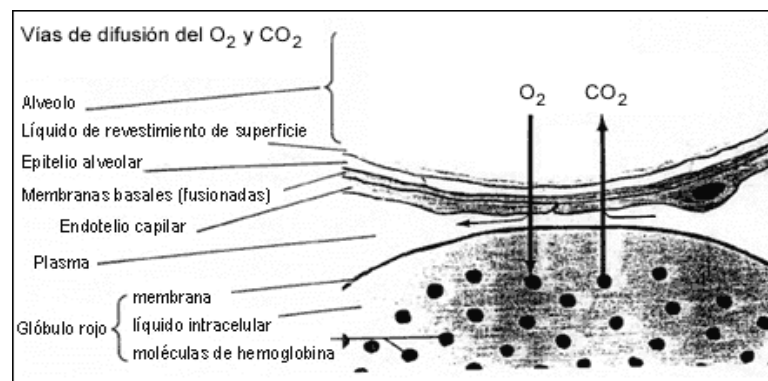
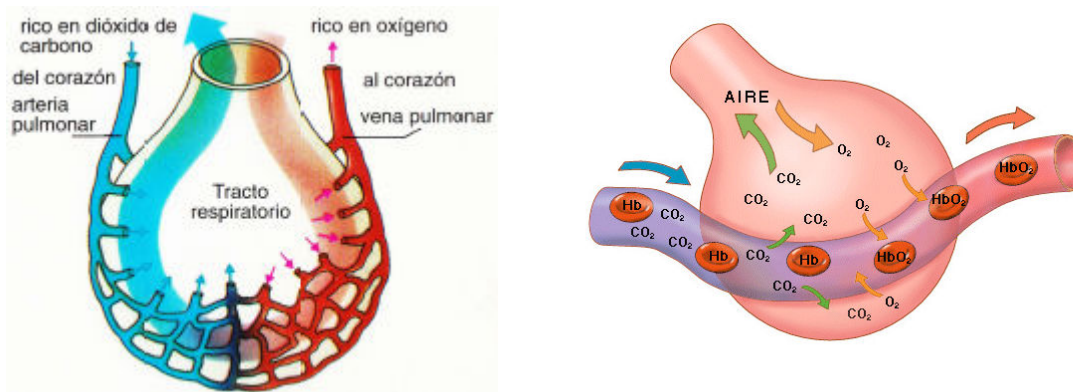
La ventilación se mide a través de la espirometría, que calcula el volumen de aire que entra y sale de los pulmones.

- La frecuencia de una persona en reposo es de 16 movimientos respiratorios por minuto (16 inspiraciones y 16 espiraciones).
- La capacidad pulmonar total es de unos 5-6 litros, y en cada inspiración o espiración entran o salen, respectivamente, unos 500-600 ml de aire.

3.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DIFUSION DE LOS GASES.

- Presión parcial del gas: la presión parcial de oxígeno en el aire alveolar es superior a la presión parcial de ese gas en la sangre venosa. Con el CO₂ ocurre al revés. Por ello, mediante difusión o transporte pasivo (transporte sin gasto de energía), el oxígeno pasa de los alvéolos a la sangre y el dióxido de carbono se desplaza de la sangre a los alvéolos.
- Permeabilidad de las membranas: cuanto más grande sea la permeabilidad mayor será la tasa de intercambio de gases. El alquitrán del tabaco se acumula en los pulmones y reduce dicha permeabilidad.
- Velocidad de circulación pulmonar: cuando aumenta esta velocidad pasa menos oxígeno del aire alveolar a los capilares, y menos dióxido de carbono en el sentido inverso.
- Área de superficie alveolar, cuanto mayor sea este área mayor será la transferencia de gases por unidad de tiempo.

Los gases han de atravesar la barrera alveolo-capilar, formada por las paredes del alveolo y del vaso sanguíneo:



3.3. TRANSPORTE DEL OXIGENO EN LA SANGRE.

La unión del oxígeno a la hemoglobina, permite que la sangre transporte un volumen de oxígeno 65 veces mayor que el que se podría transportar en el plasma.

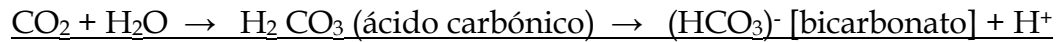
La hemoglobina (abreviadamente, Hb) es una heteroproteína que, contenida en los glóbulos rojos, transporta el oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos. La Hb está formada por la proteína globina y por 4 grupos hemo. Cada molécula de hemoglobina puede transportar, como máximo, 4 moléculas de oxígeno: O_2 (una por cada grupo hemo, cada uno de los cuales contiene un átomo de hierro). Se forma una molécula llamada oxihemoglobina $[Hb (O_2)_4]$. De esas 4 moléculas de O_2 habitualmente sólo una se queda en el tejido y además éste aporta CO_2 a la parte globina de la Hb, formándose carboxihemoglobina $[Hb (O_2)_3 - x CO_2]$.

En el pulmón la presión de oxígeno es muy alta; en los capilares venosos es más baja, por lo tanto el oxígeno pasa del pulmón a los capilares.

Posteriormente el oxígeno pasaría desde los capilares arteriales a los tejidos por ser en éstos menor la presión de este gas.

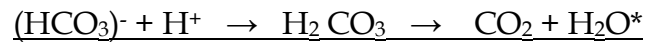
3.4. TRANSPORTE DEL DIÓXIDO DE CARBONO.

La mayoría del dióxido de carbono producido por los tejidos (75%), se combina con el agua de la sangre mediante la reacción:



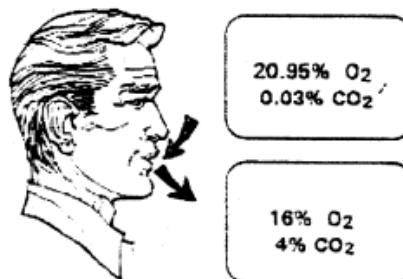
Por tanto, cuanto mayor concentración de CO_2 mayor acidificación del medio (bajaría el pH), produciendo que las moléculas de hemoglobina pierdan afinidad por el O_2 , de manera que liberarían más O_2 .

Ya en los pulmones ocurre la reacción inversa, para que este CO_2 sea expulsado al exterior:

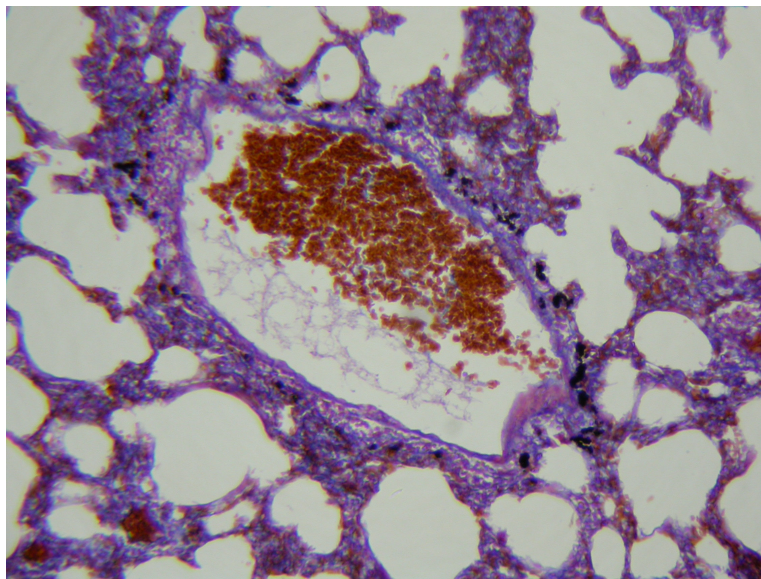


*El agua permanece en la sangre. Estas reacciones son catalizadas por la enzima anhidrasa carbónica.

El 20% del CO_2 producido por los tejidos se combina con la parte globina de la hemoglobina. El resto del CO_2 (5%) es transportado por el plasma en disolución.



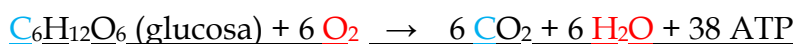
El aire seco que inhalamos contiene cerca del 20.95% de Oxígeno; el aire exhalado contiene 16% de Oxígeno, 4% de Dióxido de Carbono y vapor de agua.



Sangre en pulmón normal

3.5. RESPIRACIÓN CELULAR Y FERMENTACIÓN.

La reacción global de la respiración celular es:



Por tanto, el CO₂ procede de la glucosa y el oxígeno que respiramos se transforma en agua.

La energía que se desprende en la respiración celular es almacenada en moléculas de ATP. El ATP es usado por las células para realizar todas las funciones vitales del organismo.

El CO₂ es el producto de desecho del catabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas. Estas últimas rinden también como residuo la urea, el ácido úrico, el amoníaco y la creatinina.

Existen células, como musculares humanas, capaces de producir energía sin la intervención del oxígeno utilizando azúcares. Pero el rendimiento energético es 19 veces inferior que en el caso de la respiración celular, en concreto 2 ATP por cada molécula de glucosa.

3.6. REGULACION DE LA RESPIRACIÓN.

Los músculos respiratorios se contraen o se relajan como resultado de impulsos nerviosos que proceden del centro respiratorio, el cual está localizado en el bulbo raquídeo.

El centro respiratorio tiene conexiones con la corteza cerebral, por lo que es posible alterar voluntariamente el ritmo respiratorio o dejar de respirar unos instantes.

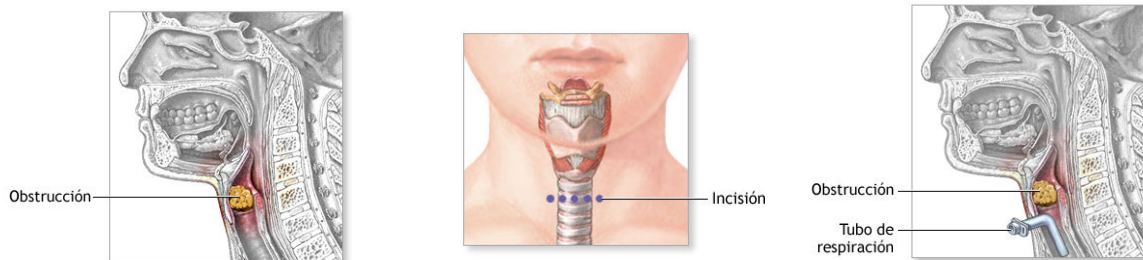
La cantidad de oxígeno contenido en el aire depende de la altitud a la que se encuentre la persona: a mayor altitud menor número de moléculas de oxígeno por unidad de volumen. El organismo se adapta a estas mayores altitudes ventilando más, produciendo una mayor cantidad de glóbulos rojos y más hemoglobina.

El SN simpático, que aumenta la actividad general del cuerpo, acrecienta la frecuencia respiratoria y es un broncodilatador, mientras que el parasimpático, que es antagónico del anterior, reduce la frecuencia respiratoria. El hipotálamo controla ambas divisiones nerviosas.

ACTIVIDADES RESUELTAS

1) ¿Es lo mismo inhalar el aire por la nariz o por la boca? Razona la respuesta. No. Porque en la nariz existe una mucosa denominada pituitaria que se encarga de purificar parte de los gases perjudiciales, evitando así que entren en el organismo gran parte de las sustancias tóxicas existentes en el aire. Y por la boca sí pueden entrar todo tipo de sustancias, perjudiciales y beneficiosas.

2) ¿Qué es una traqueotomía y cómo se practica? Consiste en seccionar quirúrgicamente la tráquea cuando la respiración está dificultada (sobre todo en casos de obstrucción, tumoración y enfermedad de Parkinson). En concreto, el cirujano corta dos de los anillos que pertenecen a la tráquea e inserta un tubo de traqueotomía que permite el paso directo del aire desde el pulmón al exterior.



3) ¿Qué le ocurrirá a una persona si por un accidente se le perfora la pleura parietal?

Que el líquido lubricante existente en la cavidad pleural saldría. Por tanto, los pulmones tendrían un desfavorable movimiento durante la respiración. Además, se podría producir un pneumotórax (retracción del pulmón).

4) Si una persona hace 16 inspiraciones por minuto, calcula qué volumen de aire circula por sus pulmones en una hora y en un día.

- $0'5 \text{ l/impulso} \times 16 \text{ impulsos/min} = 8 \text{ l/min}$
- $8 \text{ l/min} \times 60 \text{ min/h} = 480 \text{ l/h}$
- $480 \text{ l/h} \times 24 \text{ h/día} = 11.520 \text{ l/día}$

5) Al hacer deporte se desprende más dióxido de carbono, por lo que disminuye el pH en el tejido muscular. ¿Este hecho aumentará la liberación de oxígeno por parte de la oxihemoglobina o por el contrario hará que disminuya?

Al liberarse más dióxido de carbono se forma más ácido carbónico en el plasma sanguíneo; éste se ioniza y aparece una concentración mayor de H^+ que hace que el medio se acidifique (baja el Ph). Al acidificarse, la hemoglobina es forzada a liberar más del 25% del oxígeno que transporta, por lo que la célula recibe más oxígeno. Con esta mayor cantidad de oxígeno, la célula producirá más energía por unidad de tiempo necesaria para realizar ese mayor esfuerzo.

6) ¿Cómo explicarías que los habitantes de zonas situadas a gran altitud tengan mayor número de hematíes y mayores concentraciones de hemoglobina que los que viven a nivel del mar? ¿Cómo será su ventilación pulmonar?

A mayor altitud menos oxígeno por unidad de volumen, por lo tanto una persona que viva en zonas de gran altitud necesitará mayor número de hematíes y mayores concentraciones de hemoglobina (para compensar esa menor concentración de O_2 por volumen de aire).

Estas personas que viven a más altitud pueden presentar una mayor ventilación pulmonar.