

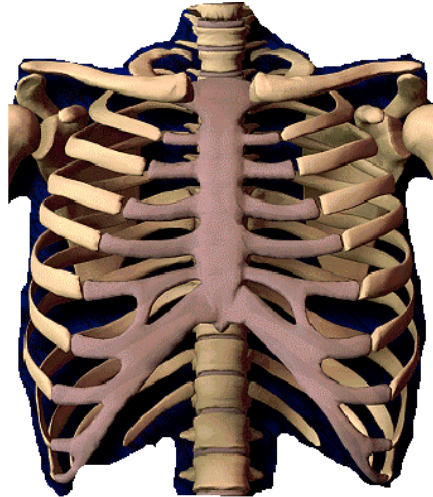
UNIDAD n° 5

Fisiología del Buceo

Descripción anatómica del aparato respiratorio

A): Tórax

Conjunto de huesos y cartílagos que junto a los músculos respiratorios conforman la cavidad torácica que sirve de protección a los pulmones, corazón y grandes vasos. Esta cavidad tiene forma cónica, con vértice superior y cerrada su base por el diafragma. El armazón del tórax óseo está formado por dos columnas óseas, una anterior - el esternón - y otra posterior representada por la porción dorsal de la columna vertebral, ambas se hallan articuladas entre sí por arcos óseos o sea las costillas. Los músculos torácicos o respiratorios son básicamente los siguientes:



Intercostales externos e internos, cuya contracción provoca el aumento de los diámetros antero posterior y transversal de la caja torácica y unen los bordes superior e inferior de las costillas.

Diafragma, que cierra la base del tórax separando las cavidades torácica y abdominal, su acción provoca el aumento del diámetro longitudinal del tórax.

Accesorios, se utilizan solo en casos que se requiere una respiración forzada muy importante, dividiéndose en inspiratorios (escalenos, esternocleidomastoideo, pectorales, serratos) y espiratorios (músculos abdominales).

B): Vías respiratorias

Son órganos de conducción aérea que conforman el tubo aerífero, encargado de llevar el aire desde el medio ambiente hasta el alvéolo pulmonar. Este tubo está formado por los siguientes órganos:

Fosas nasales - faringe - laringe- tráquea y bronquios.

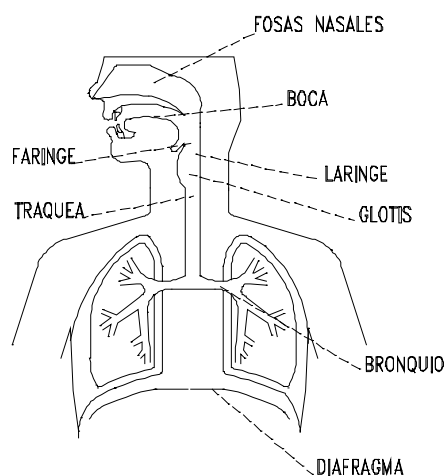


fig.7: Sistema respiratorio

Fosas nasales: puerta de entrada para el aire, su función aparte de conducir el aire, es la de calentarlo y filtrar partículas extrañas que pudieran ingresar en él.

Faringe: conducto músculo-membranoso que inter comunica nariz-boca con el tubo aerífero, permitiendo tanto el paso de los alimentos hacia el esófago como el de la

laringe. Presenta tres porciones:

- superior o rinofaringe
- media u orofaringe
- inferior o laríngea-laringofaringe.

En la laringofaringe desemboca la trompa de eustaquio que comunica el oído medio con la faringe.



Laringe: porción especializada para la fonación, formada por cartílagos, músculos y ligamentos. Presenta tres regiones: glótica, supra e infraglótica.

La región glótica o glotis es un espacio triangular delimitado por las cuerdas vocales. Cualquier alteración a éste nivel, como obstrucciones, pueden llevar a cuadros de asfixia.

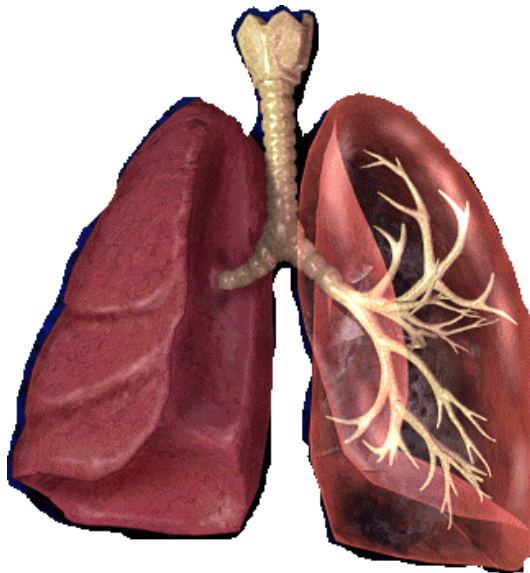
Tráquea: conducto formado por anillos cartilaginosos y músculo liso que se halla interpuesto entre la laringe y los bronquios.

Bronquios: nacen de la bifurcación traqueal, desde donde penetran a los pulmones ramificándose, para desembocar finalmente en los sacos alveolares.



C): Pulmones

Son los órganos formados por millones de celdillas que contienen en su interior aire (alvéolos), se hallan separados entre sí por un tejido de sostén, y hasta los cuales llegan las últimas ramificaciones de los bronquios y de las arterias pulmonares. Su función es la de almacenar e intercambiar los gases del aire atmosférico con la sangre, para mantener constantes los valores de oxígeno en la sangre arterial. Se sitúan dentro de la cavidad torácica y entre ambos delimitan otra cavidad -el mediastino- que encierra al corazón y los grandes vasos.



Las pleuras es la de facilitar el desplazamiento de los pulmones, durante los movimientos respiratorios. Esto es posible gracias al deslizamiento entre ambas hojas pleurales.

Pleuras: Son membranas serosas compuestas por dos hojas, una visceral, que recubre los pulmones y otra parietal que reviste la cara interna de la parrilla costal. Ambas hojas se hallan en contacto pero no unidas ya que entre ellas existe una cavidad virtual, la cavidad pleural. La función de

Fisiología respiratoria

La respiración se cumple en dos fases, una encargada de llevar el oxígeno de la atmósfera hasta el alvéolo -ventilación pulmonar- y otra fase encargada de llevar ese oxígeno hasta las células donde se realizará la verdadera respiración, que consiste en utilizar el oxígeno para obtener energía.

La respiración consta de 4 partes:

- 1- Respiración externa: Intercambio gaseoso a nivel pulmonar (de alvéolo a capilar) o primera hematosis.
- 2- Transporte de gases: De capilares pulmonares a capilares tisulares, vía vascular.
- 3- Respiración interna: Intercambio gaseoso del medio capilar al intracelular.
- 4- Respiración celular: Proceso de oxidación enzimática.

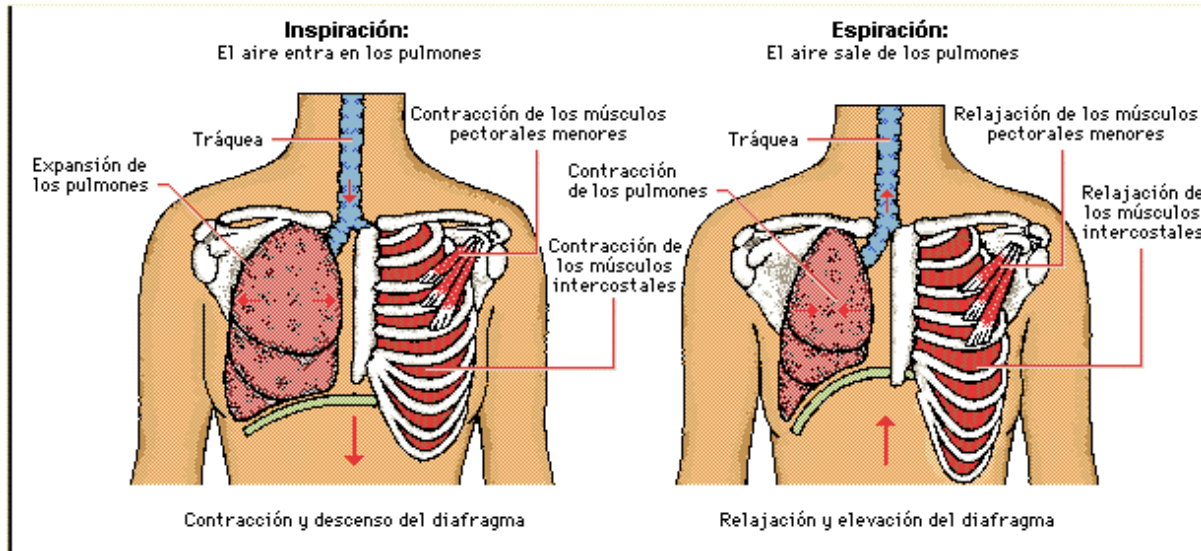
Mecánica: es el conjunto de mecanismos que permiten movilizar el aire (respiración externa) por nuestro aparato respiratorio. Consta de dos etapas, una de ingreso del aire, llamada inspiración, y otra de salida, llamada espiración. Una inspiración seguida de una espiración completan un movimiento respiratorio, esto se repite de doce a quince veces por minuto, que es la frecuencia respiratoria normal (número de movimientos respiratorios por minuto).

Las variaciones de presión intratorácica son las responsables de la mecánica respiratoria. Durante la inspiración se contraen los músculos respiratorios aumentando el volumen torácico, lo que provoca la disminución de la presión intratorácica -presión negativa- y el consiguiente ingreso de aire al alvéolo. Este mecanismo se basa en la ley de Boyle-Mariotte (variación de la presión por alteración del volumen) y en los principios de la



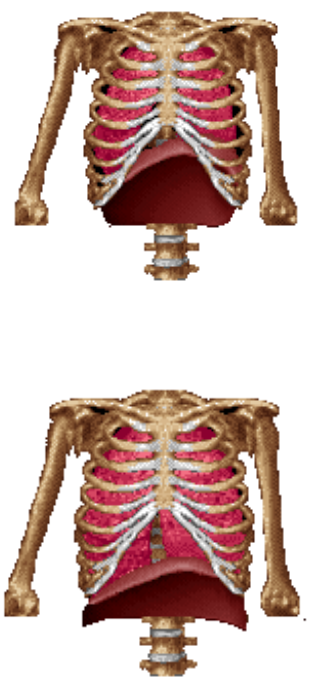
difusión de los fluidos. En la espiración, los músculos respiratorios se relajan y la elasticidad pulmonar y torácica determinan el retorno del volumen pulmonar a su normalidad. Por lo tanto la presión intrapulmonar aumentará y el aire saldrá hacia el exterior.

La inspiración se activa por contracción de los músculos respiratorios. La espiración es pasiva por recuperación de los músculos respiratorios.

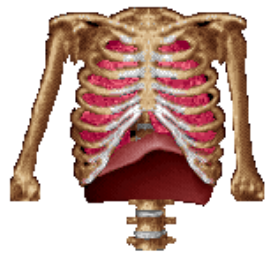


Mecánica de respiración externa

Fase inspiratoria (activa, consume energía)



- 1) Se contraen los músculos respiratorios
- 2) Aumenta el volumen de la cavidad torácica (vertical y dorsoventralmente)
- 3) Disminuye la presión intratorácica
- 4) Expansión de los pulmones (fenómeno de arrastre)
- 5) Aumento del volumen intrapulmonar
- 6) Ingresa el aire por diferencia de presión

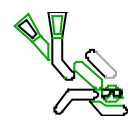


Fase espiratoria (pasiva, no consume energía)

- 1) Retracción de los músculos respiratorios (inspiratorios)
- 2) Se retrae la cavidad torácica y empuja a los pulmones
- 3) Aumenta la presión intrapulmonar
- 4) Sale el aire por diferencia de presión

Composición del aire

	Aire inspirado	Aire espirado
Vapor de agua	0,4%	variable



Volúmenes y capacidades:

Los pulmones son el espacio de aire más grande del cuerpo.

- 1- Volumen de reserva inspiratoria: Volumen de aire que puede ser inspirado sobre el volumen de ventilación pulmonar (3.000)
- 2- Volumen de ventilación pulmonar: Es el aire inspirado y espirado en cada respiración normal (500 ml.).
- 3- Volumen de reserva espiratoria: Es el volumen de aire que puede ser espirado en una respiración forzada después del final de una espiración normal (1.100 ml.).
- 4- Volumen residual: Es el volumen de aire remanente después de una espiración forzada (1.200 ml.).
- 5- Capacidad inspiratoria : Es la cantidad de aire que una persona puede respirar comenzando en el nivel de respiración normal y distendiendo sus pulmones a máxima capacidad (3.500 ml.).
- 6- Capacidad vital: Es la máxima cantidad de aire que una persona puede eliminar de sus pulmones después de haberlos llenado al máximo, espirando al máximo también (4.600 ml.).
- 7- Capacidad pulmonar total: Es el máximo volumen que los pulmones pueden alcanzar con el máximo esfuerzo inspiratorio posible (5.800 ml.).

$$\begin{aligned} \text{C.P.T} &= V_c + V_{RI} + V_{RE} + V_R \\ V_c + V_{RI} &= CI \\ CI + V_{RE} &= CV \\ CV + V_R &= \text{C.P.T} \end{aligned}$$

- 8) Capacidad funcional residual: Es la cantidad de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración normal (2.300 ml.).

Los datos numéricos son aproximaciones de un adulto normal, en la mujer es de un 20 a un 25% menor.

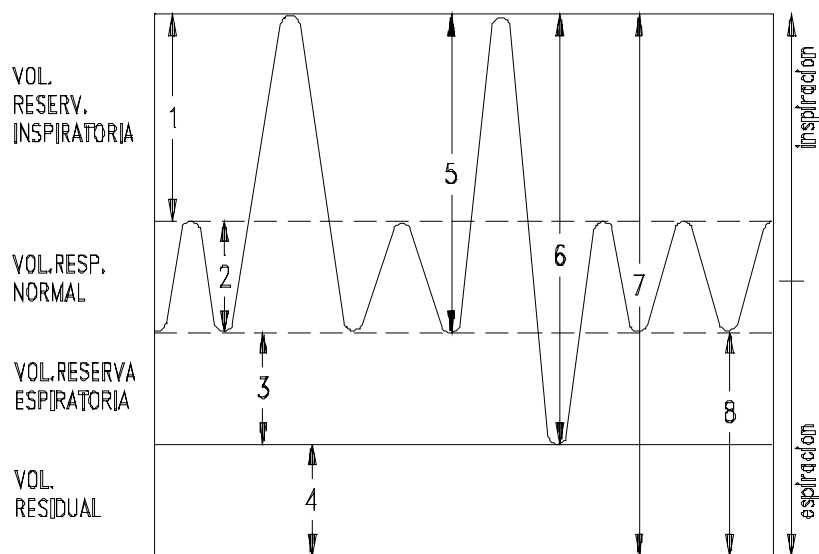


fig.6: Volúmenes respiratorios

Evidentemente los volúmenes y capacidades pulmonares dependerán de la capacidad anatómica de cada individuo, variando también con la posición del cuerpo, (Baja cuando se encuentra acostado y sube cuando está de pié).



Fisiológicamente las capacidades y volúmenes más importantes son:

Volúmenes de Ventilación Pulmonar
Volumen Residual
Capacidad Vital

El segundo representa el volumen que no puede ser eliminado de los pulmones, pues de hacerlo se produciría el aplastamiento de la caja torácica; además amortigua las diferencias de concentración de oxígeno y anhídrido carbónico.

Cualquier factor que incida reduciendo la capacidad pulmonar, como ser bronquitis, pleuresía fibrótica, enfisema, asma, carcinoma, etc., reducirá la capacidad vital, y por lo tanto el tiempo de inmersión. También esta capacidad se ve disminuida en insuficiencia cardíaca, o en cualquier enfermedad que provoque congestión pulmonar.

El volumen minuto respiratorio, es la cantidad total de aire nuevo que entra en los pulmones durante este lapso de tiempo, se considera que es aproximadamente igual a 6 litros. Es también de mucha importancia conocer la frecuencia con que el aire alveolar se renueva por minuto, mediante el aire atmosférico, esto se denomina ventilación alveolar.

Ventilación alveolar por minuto-frecuencia respiratoria por volumen de aire nuevo que entra en los alvéolos con cada respiración.

Espacio muerto:

Se encuentra formado por: Faringe, vías nasales, tráquea y bronquios. Por lo tanto el volumen de aire que llega a los alvéolos es el volumen de ventilación pulmonar menos el del espacio muerto. Es de aproximadamente 150 ml., aunque aumenta con la edad y varía con los distintos estados fisiológicos.

Para considerar:

Para finalizar no podríamos dejar pasar por alto el fenómeno del "blood shift" (transportación de la sangre).

Esta teoría aún no está demostrada directamente aunque si existe evidencia indirecta al sustento de ella y es usada para justificar el hecho de que el hombre pueda descender por debajo del límite teórico del "aplastamiento del tórax".

La teoría del "thoracic squeeze", claramente es equivocada dada que las profundidades a las que los campeones de apnea descienden ratifican que **la máxima profundidad alcanzable por el hombre durante una inmersión en apnea no está determinada por el cálculo entre el volumen pulmonar máximo (total lung capacity, TLC) y el mínimo (residual volume, RV) de un sujeto en particular.**

Tomemos los datos de Pipín Ferreras (actual Campeón Mundial de Apnea [-152 mts!!!]) para establecer un ejemplo: Su volumen pulmonar total en inspiración es de alrededor de 7 litros y un VR promedio de 1.5 litros. Estos, una vez sometidos al cálculo anterior, limitaría la capacidad de su tórax a soportar una presión igual a 4.6 atmósferas, o sea delimitaría su capacidad para sumergirse a una profundidad de -36 metros...

Claramente, esta teoría es fácilmente repudiada, dadas las profundidades a la cuales se ha sumergido!!!

Control de la respiración:

La respiración tiene un doble control, uno voluntario y otro involuntario regido por el sistema nervioso autónomo.

El iniciador del impulso respiratorio, o sea el origen de la orden de contracción para los músculos respiratorios, es el CENTRO RESPIRATORIO BULBAR (CRB) localizado en el tronco cerebral (bulbo raquídeo).

El CRB recibe información de los centros quimiorreceptores centrales, en bulbo, y periféricos, (ubicados en las grandes arterias) del contenido gaseoso en la sangre. Por lo tanto el principal estímulo para el CRB es el aumento del contenido de dióxido de carbono. Este gas actúa directamente o indirectamente sobre el bulbo, lo que dará una respuesta distinta en la respiración.

- a) Acción directa del CO₂ sobre EL CRB: disminuye o anula la respiración.
- b) Acción indirecta: (sobre quimiorreceptores): aumenta la ventilación.

Ejemplo: Un buceador se sumerge luego de una inspiración profunda, reteniendo la respiración, o sea en apnea. Por lo tanto irá consumiendo el oxígeno del aire alveolar y



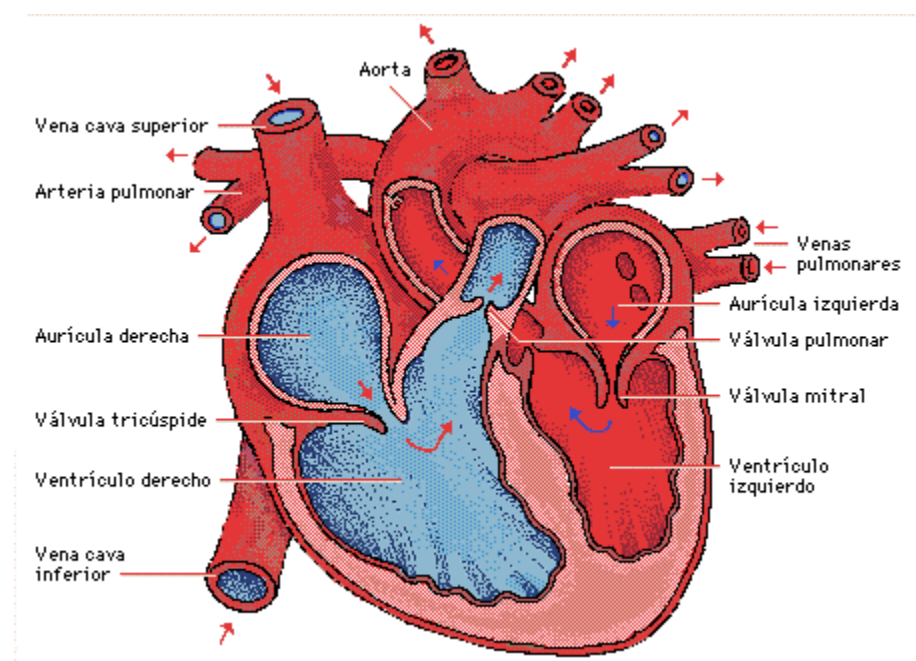
paralelamente le entregará el dióxido de carbono que recoge la sangre a nivel del lecho capilar de los tejidos. De esta manera la tensión del oxígeno disminuirá y la de anhídrido carbónico aumentará rápidamente y al llegar a cierto nivel estimulará el CRB y el buceador sentirá la necesidad de salir a respirar a la superficie.

Descripción anatómica del aparato cardiovascular

El sistema cardiovascular está formado por una bomba central, el corazón; un sistema vascular periférico, las circulaciones: arterial, venosa, y linfática; y por un fluido circulante, que es la sangre hasta los tejidos periféricos.

Corazón:

Es un órgano muscular con funciones de bomba aspirante e impelente. Está formada por dos cavidades una izquierda y otra derecha, cada una de las cuales se divide en dos cámaras, una superior y otra inferior, aurícula y ventrículo. Ambas cámaras están separadas por válvulas de flujo unidireccional (de aurícula a ventrículo) llamadas mitral la del corazón izquierdo y tricúspide la del corazón derecho. El bombeo se realiza en función de la contracción del miocardio (sístole). La recuperación muscular permite el llenado de las



cavidades (diástole). Por lo tanto el corazón posee un ritmo de trabajo (ritmo cardíaco) que consta de dos fases: diástole, o fase de llenado y sístole o fase de expulsión. La frecuencia normal de trabajo es de 70 a 80 contracciones por minuto pero ante el esfuerzo puede aumentar hasta 200 p.p.m. El aumento de la frecuencia cardíaca se denomina

taquicardia y la disminución de la misma bradicardia.

Sistema de conducción sanguínea

Circulación arterial: formada por vasos músculo-elásticos (arterias) encargadas de llevar la sangre desde el corazón hasta los tejidos periféricos o pulmonares. La sangre circula por ella gracias al bombeo cardíaco.

Circulación venosa: formada por vasos membranosos (venas) que poseen válvulas que impiden el reflujo, y que conducen la sangre desde los tejidos o pulmón hacia el corazón. La circulación venosa hacia el corazón se produce (retorno venoso) por el bombeo muscular, por la presión abdominal y por la aspiración cardíaca y torácica.

Circulación linfática: formada por vasos semejantes a las venas (vasos linfáticos) encargados de drenar el espacio intercelular de los tejidos. De esta manera contribuye eficazmente tanto en la absorción de alimentos como en la neutralización de agentes infecciosos. Este sistema desemboca finalmente en la circulación venosa.

Red capilar: son estructuras de transición entre las venas y las arterias. Estas (arterias) al salir del corazón se van ramificando y adelgazando hasta transformarse en capilares (capilarización), en este mismo punto nacen las venas, las cuales van confluyendo y formando troncos de diámetros cada vez mayor. Los capilares tienen ciertas características



muy peculiares: diámetro mínimo (que permiten el peso de un solo glóbulo rojo a la vez para conseguir una mejor oxigenación de la hemoglobina), también poseen una pared muy delgada que permite el intercambio de moléculas a través de ella. Estas características permiten que a nivel capilar se verifiquen los fenómenos de intercambio entre la sangre y el aire alveolar (circulación pulmonar)

Sangre: es un tejido especializado (órgano fluido) cuya composición es la siguiente:

- 1) Componente celular: glóbulos rojos-blancos y plaquetas.
- 2) Componente plasmático: (plasma) 90% de agua - macromoléculas (proteínas- lípidos-glúcidos) y sustancias cedidas por las células.
- 3) Componente gaseoso: oxígeno-dióxido de carbono-nitrógeno.

Los glóbulos rojos son células especializadas para el transporte de los gases por medio de la hemoglobina.

Los glóbulos blancos son las células encargadas de la defensa del medio interno.

Las plaquetas son fragmentos celulares de gran importancia en la coagulación sanguínea. La función del plasma es la de solubilizar en su seno sustancias nutritivas para los tejidos, sus productos de desecho, las gamma globulinas o anticuerpos, gases en solución como así también las células sanguíneas.

Transporte de gases por la sangre: la sangre tiene la capacidad de transportar gases en su seno ya sea por la disolución en su plasma en forma libre o combinado con la hemoglobina de los glóbulos rojos.

Hemoglobina: es una proteína conjugada del glóbulo rojo formada por cuatro moléculas de globina y cuatro de un pigmento férrico llamado "hemo", que fija los gases y da el color característico a la sangre. Su propiedad más importante es la de aumentar en casi 20 veces la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre que si lo hiciese en forma libre. Una misma molécula de hemoglobina (Hb) puede unirse tanto con el O₂ como con el CO₂ o con el monóxido de carbono (CO).

La diferencia con las combinaciones con los distintos gases radica en el sitio de unión y en el tipo de enlace químico que se da entre el hemo y el gas. El sitio de unión para el O₂ es el mismo que para el CO pero distinto que para el CO₂. En cuanto al tipo de enlace, diremos que tanto el O₂ como el CO₂ se unen al grupo hemo por enlaces reversibles, o sea que pueden romperse con facilidad según ciertos factores determinantes en el medio. En cambio el CO se une de una manera irreversible bloqueándola de esta manera para el transporte de oxígeno, ya que ambos gases se unen en el mismo sitio. Esto provocará la anoxia tisular (falta de oxígeno en las células).

Función de la hemoglobina: se encarga del transporte del O₂ y del CO₂ de la siguiente manera: la carbohemoglobina (Hb fijada a CO₂) al llegar al pulmón se enfrenta a un medio que tiene una alta presión parcial de oxígeno -PO₂- y una muy baja presión de CO₂-PO₂, por tales razones cambia su afinidad liberando el CO₂ que difunde hacia el alvéolo y posteriormente se satura de oxígeno proveniente del aire alveolar. Al llegar a los tejidos, las condiciones se invierten, pues allí existe una alta PCO₂ y una baja PO₂, por lo tanto la Hb. liberará el oxígeno a ella fijado y tomará de las células el CO₂. De esta manera se convierte en un efectivo mecanismo para el metabolismo, ya que no solo lleva el oxígeno indispensable para sus funciones sino que recoge sus productos de desecho CO₂.

Fisiología cardiovascular:

El sistema cardiovascular es el encargado de conducir a impulsar a la sangre hacia los distintos tejidos del organismo. Para realizar su función debe realizar dos circuitos: uno para intercambiar sus gases con la atmósfera (circulación pulmonar) y otro de intercambio con los tejidos (circulación sistémica).

1) Circulación sistémica:

Es la encargada de llevar la sangre oxigenada hasta todos los tejidos del organismo para nutrirlos. Parte del ventrículo izquierdo por la Aorta y sus ramas, hasta llegar a los tejidos periféricos, allí se capilariza e intercambia material con las células. Desde allí retorna por las venas, las cuales van confluyendo hasta formar un grueso tronco, que es la vena Cava, la cual vierte la sangre venosa en la aurícula derecha, desde donde pasará al ventrículo para comenzar con el circuito pulmonar.



2) Circuito pulmonar:

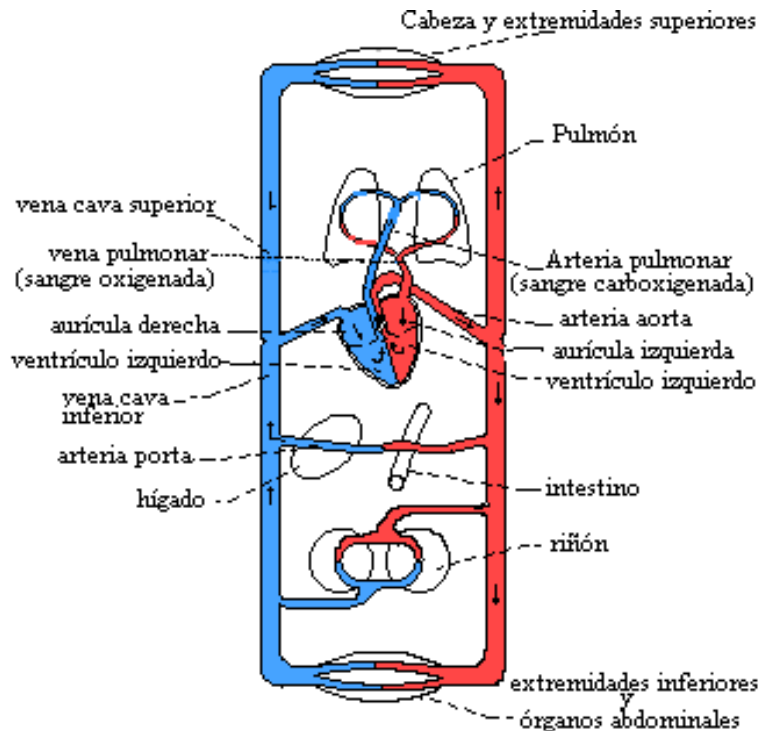
Conduce la sangre hasta los pulmones para que renueve su contenido gaseoso (hematosis). Parte del ventrículo derecho por las arterias pulmonares, al llegar al pulmón se capilariza e intercambia O_2 y CO_2 con el aire alveolar -hematosis-. La sangre ya oxigenada regresa al corazón por las venas pulmonares que desembocan en la aurícula izquierda desde donde pasan al ventrículo izquierdo retomando así el circuito sistemático. Es de destacar que en el circuito pulmonar las arterias, llamadas así pues conducen la sangre desde el corazón hacia la periferia, llevan sangre venosa. Inversamente las venas pulmonares que llevan sangre hacia el corazón, llevan sangre oxigenada.

Integración fisiológica del sistema cardiopulmonar:

Las funciones respiratoria y circulatoria se hallan íntimamente ligadas entre sí y apuntan ambas a mantener la correcta oxigenación de los tejidos. La sangre es el nexo entre los dos procesos de intercambio gaseoso que se verifican a nivel pulmonar, hematosis y a nivel tisular.

Hematosis: Es el intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre a través de las membranas alveolares-capilares. La sangre venosa que llega al pulmón tiene una PO_2 de 40mm de Hg. y una PCO_2 de 40mm de Hg. Por lo tanto el oxígeno tiende a difundir desde el alvéolo hacia la sangre y el dióxido de carbono en sentido inverso. Esto se debe a las diferencias de presiones a ambos lados de la membrana alvéolo-capilar.

Intercambio gaseoso a nivel tisular (segunda hematosis): En los tejidos existe una baja PO_2 y una elevada PCO_2 como consecuencia del metabolismo celular. A estos tejidos llega la sangre arterial y por un mismo mecanismo de difusión, como en la primera hematosis, pasa oxígeno de la sangre a los tejidos y CO_2 en sentido inverso, convirtiéndose la sangre en venosa.



Cavidades óseas de la cabeza

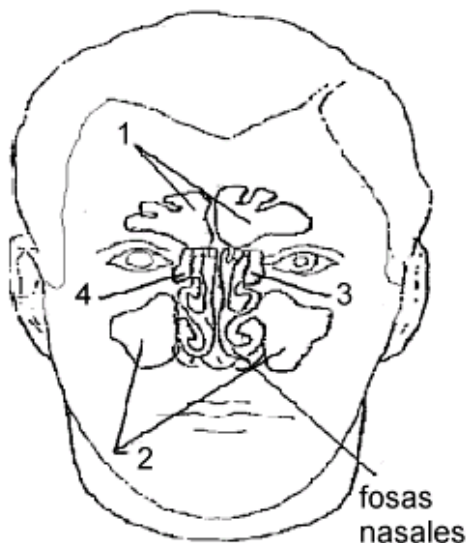


fig. 9: Cavidades frente

Estas cavidades se denominan "senos" y se encuentran ubicados dentro de los huesos de la cabeza. Se agrupan de a pares simétricos y son cuatro pares:

- 1 Senos frontales
- 2 Senos maxilares
- 3 Senos etmoidales
- 4 Senos esfenoidales

Se comunican con el exterior a través de orificios que los vinculan con las fosas nasales, los cuales ante una congestión pueden ocluirse, no pudiéndose equiparar las presiones en la inmersión, ocasionando una de las patologías propias del Buceo (Barotrauma de senos paranasales).



- 1 Senos frontales
- 2 Senos maxilares
- 3 Senos etmoidales
- 4 Senos esfenoidales
- 5 Trompa de Eustaquio
- 6 Cornetes nasales
- 7 Tímpano

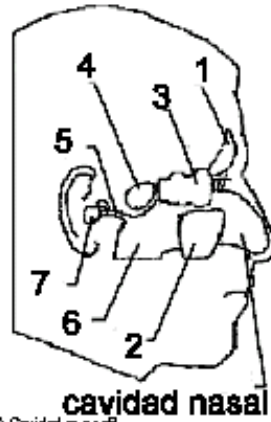


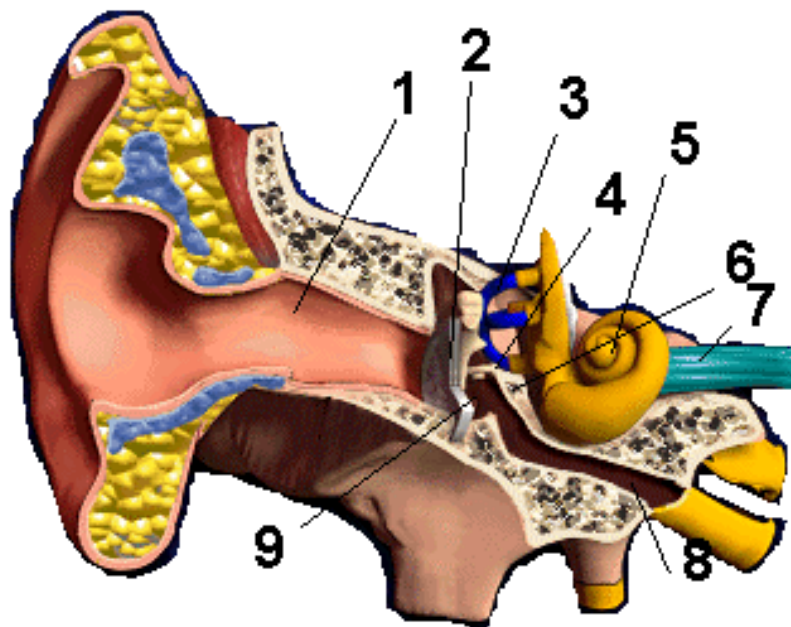
fig. 8. Cavidad nasal

Estructura del oído:

El oído se divide en tres partes:

El oído externo

Incluye la parte exterior de la oreja (pabellón), que recoge y canaliza las ondas sonoras a lo largo del conducto hasta el tímpano, que vibra.



REFERENCIAS

- 1- Conducto auditivo externo.
- Tímpano
- Conductos semicirculares.
- Ventana Cuadrada
- Cóclea
- Ventana Oval
- Nervio Auditivo
- Trompa de Eustaquio
- Oído Medio

El oído medio

Comprende el tímpano y tres huesecillos (el martillo, el yunque y el estribo) que transmiten las vibraciones del tímpano al oído interno. La presión del aire en el oído medio se mantiene normal gracias a la trompa Eustaquio que comunica el oído medio con la parte posterior de la garganta.

El oído interno

Lleno de líquido, contiene el caracol, que convierte las vibraciones del oído medio en impulsos nerviosos. Estos pasan al cerebro a través del nervio auditivo. El oído interno contiene el laberinto (conductos semicirculares) que controla el equilibrio del cuerpo.

El oído medio, como toda cavidad aérea de nuestro cuerpo, es pasible de patologías inherentes a los cambios de presión (barotraumas), las cuales serán tratadas en la clase sobre Enfermedades y accidentes de Buceo.



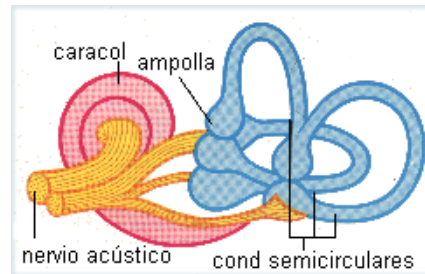
Fisiología del equilibrio

El equilibrio tiene tres componentes:

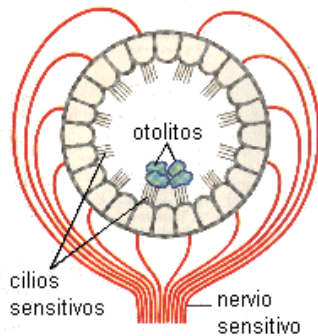
- 1) vista
- 2) propiocepción (nuestra idea del propio cuerpo en el espacio, ayudado por el tacto cuando nos apoyamos en el piso)
- 3) Oído vestibular

Cuando buceamos, sobre todo en aguas turbias, no podemos contar con la vista, y si estamos a “media agua”, nos costaría mucho utilizar el componente propioceptivo, dependiendo en gran medida del “Oído Vestibular” el cual se puede entrenar, parte importante para lograr la a veces tan esquiva... acuaticidad!!!

En el oído interno se hallan los tres canales semicirculares. Estos tres canales, que no guardan ninguna relación con la audición, sino con el equilibrio, terminan en una ampolla, en cuyo interior se halla la **cresta estática**. En los canales semicirculares reside el sentido del equilibrio vestibular dinámico. Los tres canales situados en las tres direcciones del espacio, están llenos de endolinfa que al moverse excita las crestas estáticas. La sensación llega al cerebro por el nervio acústico.



Las crestas de los canales semicirculares se estimulan por los cambios bruscos de la cabeza y transmiten esta información al encéfalo. Las máculas del sáculo y del utrículo, por su parte, informan al centro nervioso de la posición de la cabeza y de los desplazamientos del cuerpo en sentido rectilíneo. Al llegar estas corrientes nerviosas a los centros nerviosos, nos damos cuenta de la posición del cuerpo y, automáticamente, regulamos el equilibrio.



En el vestíbulo (también en el oído interno), se hallan además dos sacos membranosos: el **utrículo** y el **sáculo** llenos de endolinfa. El utrículo y el sáculo tienen en su interior un engrosamiento llamado mácula, que sostiene unos pequeños granitos calcáreos (otolitos).

Los otolitos son accionados por la fuerza de gravedad, presionan contra los cilios suministrando una información sobre la posición estática de la cabeza y por ende del resto del cuerpo.

Maniobras de compensación

La Maniobra de Valsalva, el método de buceo enseñado normalmente para compensar la presión en el oído medio, puede desembocar en una enfermedad descompresiva entre las personas con PFO, sobre todo cuando se usa para igualar los oídos en forma muy enérgica y durante los buceos repetitivos en los cuales el cuerpo aun conserva nitrógeno residual. Afortunadamente, hay métodos alternativos que tiene una baja probabilidad de causar esos problemas.

- La maniobra de Toynbe: Tragar manteniendo la boca y nariz cerradas empuja el a las trompas de Eustaquio y alivia la presión del oído medio.
- La maniobra de Frenzel: Mueve los músculos delanteros de la boca de un lado a otro para abrir las trompas de Eustaquio, entonces se usa la lengua como un pistón para empujar el aire hacia el oído medio.
- La maniobra de Valsalva supone movimientos empujan hacia arriba con el diafragma mientras los pasajes nasales se cierran para igualar presión en el oído medio. Cuando es realizada suavemente esto no causa ningún problema. Sin embargo, versiones mas vigorosas de la misma pueden manifestarse al levantar un objeto pesado y sobre todo mientras de contiene la respiración, o al defecar.



OJO con la MANIOBRA DE VALSALVA:

La realización de la maniobra de Válsala causa una disminución en la presión de las vías aéreas y cavidad torácica. Esto es seguido por un súbito incremento en el flujo de sangre que retorna a la aurícula derecha del corazón y por un aumento en la sangre venosa que llena los pulmones, dando como resultado una disminución en el flujo sanguíneo al lado izquierdo del corazón.

El cambio resultante de la sangre por el incremento de la presión en la cavidad torácica causa una elevación en la presión en la aurícula derecha y un pandeo en la cavidad izquierda del septum ínter auricular durante los próximos latidos del corazón que podrían abrir un PFO.

Esta condición es un defecto del corazón llamado Pequeña Abertura Oval evidente o Patent Foramen Ovale, en inglés, la cual en adelante identificaremos por sus siglas: **PFO**. Esta abertura oval parecida a un solapa, está situada en el septum inter-auricular, el tejido entre las aurículas, que son dos de las cuatro cámaras que tiene el corazón humano. Esto puede ser peligroso porque las burbujas pudieran pasar entonces a las arterias coronarias, restringiendo el suministro de sangre al corazón y perturbando su bombeando rítmico o inclusive posibilitando daños en el músculo cardíaco.

