



## TEMA 5. EL APARATO RESPIRATORIO

### INTRODUCCIÓN:

El término de respiración incluye dos procesos relacionados, pero básicamente diferentes, que conviene aclarar:

La **respiración interna o celular**, que es el conjunto de reacciones de oxidación mediante las cuales las células extraen energía de la materia orgánica (combustibles metabólicos) combinándolos con oxígeno. Todas las células con metabolismo aerobio realizan este proceso.

La **respiración externa**, que es el conjunto de procesos que posibilitan la adquisición de oxígeno por todas las células de un organismo pluricelular, así como la eliminación del anhídrido carbónico formado por las células como resultado del catabolismo (excreción).

La respiración externa, por tanto, es imprescindible para que tenga lugar la interna. Necesitamos respirar ininterrumpidamente para mantenernos vivos pues algunas células, como las neuronas, son particularmente sensibles a la carencia de oxígeno, y mueren si durante sólo unos minutos se interrumpe su suministro (al no ser reemplazadas, las consecuencias son muy graves).

Hay dos sistemas que se encargan de suministrar oxígeno a las células y eliminar, al mismo tiempo, el anhídrido carbónico resultante del metabolismo celular. Son el aparato respiratorio y el aparato circulatorio sanguíneo, que actúan de forma coordinada aunque el último tenga además otras funciones. (Aunque no se mencione, el sistema nervioso y el hormonal intervienen en el control y buen funcionamiento de todos los aparatos y sistemas del organismo).

Busca: Asfixia por dióxido de carbono; intoxicación por monóxido de carbono y envenenamiento por cianuro.

### ANATOMÍA DEL APARATO RESPIRATORIO HUMANO.

El aparato respiratorio surgió en los vertebrados hace millones de años como una evaginación o dilatación del tubo digestivo en ciertas especies de peces, semejante al que presentan los peces pulmonados actuales (se trata de dos bolsas que parten de un conducto común que desemboca en el esófago y que pueden llenar de aire, estando sus paredes muy irrigadas por capilares sanguíneos. Estos peces tienen branquias además de pulmones) [Los peces pulmonados actuales, obviamente no son antepasados nuestros, pero sin duda tuvimos ancestros muy semejantes a ellos. Este aparato, por evolución, ha alcanzado en el caso de los mamíferos y en las aves, una gran complejidad y eficiencia. Veamos las distintas partes que pueden distinguirse en el aparato respiratorio humano:

**Fosas nasales:** son dos cavidades que se abren al exterior por los orificios o ventanas nasales y que continúan con la cavidad nasal, dividida en dos por un tabique óseo. A la entrada presenta unos pelos largos y robustos. Excavados en los huesos circundantes (frontal, pómulos) se abren los **senos nasales o paranasales** que son un conjunto de cavidades que se encuentran en los huesos frontal, maxilar superior, etmoides y esfenoides que comunican con las fosas nasales. Estas cavidades son estructuras que de algún modo intervienen en la respiración (colaboran con la humidificación y calentamiento del aire, actúan como cajas de resonancia para la voz y a la vez hacen disminuir el peso de los huesos a los que pertenecen y en conjunto reducen el peso de la cabeza sin afectar a su resistencia). Existen 8 senos paranasales, 4 a cada lado de la nariz que están cubiertos por una delgada mucosa de epitelio ciliado y tienen salida a la cavidad nasal. Su inflamación debida a infecciones se conoce como **sinusitis**.

Las fosas nasales están tapizadas interiormente por un epitelio mucoso, la **mucosa nasal**. Este tejido, abundantemente irrigado por vasos sanguíneos, actúa como sistema de calefacción, de modo que el aire inspirado se calienta y humedece alcanzando las condiciones propias del interior. Este calentamiento y humedecimiento mantienen en condiciones al epitelio mucoso de todas las vías respiratorias, evitando la muerte de las células y la consiguiente posibilidad de infecciones. El epitelio posee glándulas secretoras de mucus con poder bactericida. Este mucus o moco impide la penetración de gérmenes en los pulmones así como de cualquier tipo de partículas presentes en el aire, que quedan pegados a esta sustancia. La cavidad nasal, con el fin de aumentar la superficie de calentamiento del aire no es lisa, sino que presenta unas expansiones (huesos cornetes) que en otros mamíferos están enormemente desarrollados (huesos turbinales). También en las fosas nasales se hallan células especializadas en la olfacción.

Busca información acerca de los huesos llamados cornetes, comparándolos con los de otros mamíferos. Infórmate también sobre lo que se da en llamar "vegetaciones".

**Faringe:** una vez filtrado, calentado y humedecido, el aire pasa a la faringe (a través de dos aberturas posteriores llamadas coanas). A los lados de la faringe hay tejido linfóide (conjuntivo donde se asientan diferentes tipos de leucocitos) que forma dos abultamientos, las **amígdalas**, que contienen numerosos leucocitos, que actuarán en caso de que los microorganismos que viven en la superficie de la mucosa, o los que hayan logrado pasar la barrera de los mocos, consigan penetrar en el medio interno (una simple bebida fría puede ser suficiente para alterar esta capa).

Durante la deglución, el paso del aire a la laringe queda cerrado parcial y momentáneamente por un cartílago elástico, llamado epiglotis, que a modo de tapa evita que penetren alimentos a través de la glotis (entrada de la laringe) y el velo del paladar impide que la comida se nos vaya hacia las fosas nasales.

**Laringe:** puede considerarse como una dilatación diferenciada de la tráquea. Está formada por un armazón cartilaginoso, perceptible exteriormente en la parte anterior del cuello por un abultamiento que recibe el nombre de nuez o bocado de Adán.

Interiormente la laringe está tapizada por un epitelio no ciliado. Bajo dicho epitelio y en su parte media presenta unos repliegues de tejido conjuntivo elástico, unidos al cartílago por tejido muscular, denominados **cuerdas vocales**; al expulsar el aire de los pulmones de forma adecuada, las cuerdas vocales vibran, pudiendo alterarse su tensión mediante la contracción o relajación muscular, emitiendo sonidos que son amplificados y modificados en las cavidades de la laringe, faringe, boca y fosas nasales, órganos que actúan como caja de resonancia. Este proceso de emisión de sonidos se denomina **fonación** (variando la posición de la lengua y de los labios se consigue la articulación de los sonidos que son la base del lenguaje humano: una de las características más notables de nuestra especie). El diseño del aparato fonador, con una laringe muy baja, es responsable de la gran facilidad que tenemos los humanos para atragantarnos al comer y que puede llevar, incluso, a la muerte por asfixia.

**Tráquea, bronquios y bronquiolos:** la tráquea es un tubo de unos 13 cm. de longitud que desciende por delante del esófago para dividirse a la altura de la primera costilla en dos tubos de menor calibre denominados bronquios. Luego, los bronquios se dividen y subdividen como ramas de un árbol (de hecho se habla de "árbol bronquial"), haciéndose cada vez más finos. Las últimas ramificaciones, de aproximadamente 1 mm de diámetro, se llaman bronquiolos y terminan en los conductos alveolares, que desembocan en los **alvéolos**. Los alvéolos son pequeños sacos ciegos cuya superficie se encuentra totalmente recubierta de capilares sanguíneos.

La tráquea y los bronquios mayores se mantienen constantemente abiertos mediante unos anillos cartilaginosos que los rodean, con forma abierta como una C en la tráquea y cerrada en los bronquios. Este diseño otorga a los tubos flexibilidad, ligereza y a la vez una gran resistencia al aplastamiento. Los tejidos que forman la tráquea y los bronquios, son de fuera a dentro, conjuntivo, cartilaginoso, nuevamente conjuntivo y epitelial, no habiendo tejido muscular. Los



bronquios menores y los bronquiolos no poseen tejido cartilaginoso pero sí poseen fibras musculares, por lo que pueden modificar su calibre (disminuyen su diámetro al contraerse las fibras).

Desde el inicio de la tráquea hasta los conductos alveolares, la luz de los tubos está tapizada por *epitelio ciliado*. Estos cilios vibran de forma sincronizada. Entre las células ciliadas se localizan numerosas células glandulares secretoras de mucus. Las partículas inhaladas son atrapadas por la capa de moco, y los cilios las arrastran hasta la laringe desde donde son expulsadas al esófago (son tragadas) o bien expectoradas (se expulsan por la boca mediante la tos o el carraspeo).

La inhalación del humo del tabaco paraliza el movimiento ciliar y acaba por destruir los cilios. La tos matutina del fumador es la forma que tiene de eliminar la mucosidad acumulada a lo largo de la noche y que ya no pueden hacer sus cilios. Por esta parálisis ciliar, los fumadores están más expuestos a infecciones bronquiales, faringitis y bronquitis crónicas (pero esto es un mal menor comparado con el enfisema o el cáncer de pulmón que a la larga suele desarrollarse).

A veces, la musculatura lisa de los bronquios más finos sufre espasmos (contracciones intensas) por acción del sistema parasimpático (control nervioso involuntario). Las causas pueden ser múltiples: estímulos emocionales, alergias, brusca exposición al frío, etc. Estos espasmos producen **asma**, cuyos ataques se caracterizan porque al paciente le cuesta trabajo tomar y expulsar el aire, produciéndose un largo pitido. Un ataque de asma puede llegar a colapsar totalmente los conductos y producir asfixia.

Los fumadores habituales también pueden desarrollar un tipo de lesión que se llama **enfisema** que lleva a una insuficiencia respiratoria. Las sustancias del humo del tabaco y la tos crónica actúan sobre los alvéolos, que se hinchan hasta alcanzar un tamaño anormal o se rompen y quedan comunicados unos con otros. El resultado es una notable disminución de la superficie de intercambio gaseoso, y el paciente respira cada vez con más dificultad.

La **pulmonía** o **neumonía** es una infección aguda que produce una respuesta exagerada del organismo: se forma gran cantidad de exudado del plasma que llena los alveolos, bronquiolos y bronquios, impidiendo el intercambio de gases, lo que puede originar la muerte por asfixia. Aparte de la dificultad para respirar, el líquido es un excelente caldo de cultivo bacteriano. Este encharcamiento o **edema pulmonar** también se produce cuando la mucosa se irrita al respirar gases tóxicos, como el cloro. (Un exudado es un líquido filtrado desde los capilares al exterior de los mismos).

**Los pulmones:** Son dos órganos extraordinariamente elásticos y esponjosos situados en la caja torácica, que es un armazón flexible formado por las costillas, el esternón y la columna vertebral (esqueleto) limitado en su base por una membrana muscular llamada diafragma.

Los pulmones son, en realidad, todo el conjunto de tubos de diferentes calibres, incluidos los alvéolos, y excluyendo los bronquios y la tráquea (que se sitúan fuera de los mismos). Estos conductos se hallan inmersos en un tejido conjuntivo en el que predominan las **fibras de elastina** sobre el resto de los componentes. El pulmón derecho está subdividido en tres lóbulos y el izquierdo en dos, siendo de menor tamaño para dejar sitio al corazón. Cada lóbulo se divide en una serie de pequeñas secciones llamadas segmentos.

Los pulmones **no presentan tejido muscular**, por lo que no se mueven de modo activo.

Los pulmones **no están sujetos** a los músculos o a los huesos o al diafragma de la caja torácica. Esta cavidad está tapizada por una fina membrana de tejido conjuntivo llamada **pleura externa**, y los pulmones están forrados por una capa igual, la **pleura interna**. Entre ambas láminas se encuentra el **líquido pleural**, producido por las células de las pleuras. Su función es actuar de lubricante para disminuir el rozamiento de los pulmones durante la respiración. La inflamación de las pleuras, que puede llevar a un exceso de líquido pleural o a su desecación, se denomina pleuresía.

Dentro del pulmón, los bronquios se ramifican y subdividen originando bronquiolos, caracterizados por tener las paredes más finas y por no presentar recubrimiento cartilaginoso. En los más finos, el epitelio ciliado es sustituido por una delgada capa de células planas. Las últimas ramificaciones de los bronquiolos se dilatan como burbujas, formando los alvéolos pulmonares. La alveolización proporciona a los pulmones una superficie cercana a los **120m<sup>2</sup>**. Esta amplia superficie es necesaria para un intercambio de gases rápido y eficaz y permite un amplio margen de seguridad necesario en condiciones extremas (se verá más adelante).

Junto a los alvéolos, se encuentran multitud de **macrófagos** (glóbulos blancos componentes del propio tejido conjuntivo) que ingieren y destruyen polvo y otras partículas extrañas, y constituyen la defensa principal contra las bacterias aéreas (los pulmones de los fumadores, y de los mineros, son de color negro frente al color rosado de los pulmones "normales", debido a las partículas de carbón o de alquitrán enquistadas en las inmediaciones de los alvéolos y que es muy difícil eliminar). También existe un líquido, llamado surfactante pulmonar, que impide que las paredes alveolares se junten o colapsen, lo que interrumpiría el intercambio de gases. [→ surfactante pulmonar en adultos y en recién nacidos].

Artículo de Wikipedia muy completo sobre una grave enfermedad pulmonar: la silicosis <http://es.wikipedia.org/wiki/Silicosis>

## INTERCAMBIO GASEOSO

El intercambio gaseoso entre el aire inspirado y la sangre tiene lugar a través de la mucosa microscópica de los alvéolos (están formados por una sola capa de células epiteliales) y la pared de los delgados capilares que se disponen alrededor formando una red (los capilares también están formados por una sola capa de células, aunque presentan entre ellas poros microscópicos). Los capilares son tan estrechos que sólo permiten el paso de los eritrocitos uno a uno ("en fila india"). El intercambio de oxígeno y anhídrido carbónico a través de esta doble barrera (alveolar-capilar) se completa en una fracción de segundo.

El oxígeno se difunde en el torrente sanguíneo y es captado por la hemoglobina de los hematíes, transformándose en oxihemoglobina, lo que hace que adopten un color rojo brillante. Al mismo tiempo se libera el anhídrido carbónico (producto del catabolismo celular) que la sangre había recogido de los tejidos y se encontraba en los mismos eritrocitos y disuelto en el plasma. El intercambio de gases tiene lugar por **difusión simple**: los gases van desde donde hay más concentración a donde hay menos (se dice también "a favor de gradiente de concentración") y además atraviesan las membranas celulares sin dificultad. La unión de oxígeno y hemoglobina (oxihemoglobina) o del dióxido de carbono y la hemoglobina es una **unión lábil**, de modo que si las condiciones de concentración son las adecuadas esa molécula capta con gran facilidad una molécula de oxígeno, esto es, tiene una gran afinidad por este gas. Pero en cuanto haya una baja proporción de oxígeno alrededor de los glóbulos rojos, esa molécula se desprende con la misma facilidad con la que fue captada (lábil no es lo mismo que débil sino que significa unión no permanente). No sucede así con el CO (monóxido de carbono), una sustancia muy peligrosa por cuanto que se une permanentemente a la hemoglobina y no se desprende de ella, inutilizándola al impedir el transporte de oxígeno y pudiendo llegar a producir la muerte por anoxia (es lo que sucede cuando alguien se "atufa" con un brasero de picón). Todos los años hay noticias de fallecimientos por braseros de picón, estufas de leña o calentadores de gas con mala combustión. La razón de que puedan suceder casos así es que no tenemos "detectores" para este gas. Sencillamente vamos perdiendo la conciencia conforme nuestro sistema de transporte de oxígeno queda fuera de servicio –es la muerte dulce-.

El dióxido de carbono producido en las células como residuo de la respiración (es un producto de excreción) se disuelve muy bien en el plasma sanguíneo, pero una proporción importante se une a la hemoglobina tal y como lo hace el oxígeno (unión lábil y gran afinidad),



basándose en el mismo principio de difusión simple (hay más dióxido de carbono en los tejidos que en los glóbulos rojos –sube a ellos- y hay más en estas células que en los alvéolos –se baja de ellos-).

A la vez que se desprende dióxido de carbono hacia los alvéolos, también lo hace una cierta cantidad de agua en forma de vapor. Según las condiciones ambientales se puede llegar a perder un litro diario. En los días fríos, este vapor se condensa y forma el vaho. También se desprenden, procedentes de la sangre, otras sustancias volátiles como el alcohol (la prueba de soplar por el alcoholímetro da a la policía o guardia civil un índice de alcohol en sangre o *alcoholemia* muy aproximado). Otros productos procedentes de la sangre y evacuados por los pulmones son, por ejemplo, ciertas sustancias contenidas en los ajos (por mucho que te laves los dientes, si has comido ajo o has bebido alcohol, se nota).

### Ventilación pulmonar

La ventilación consiste en la renovación constante del aire que está en contacto con las paredes alveolares. Se produce mediante dos movimientos opuestos: la inspiración y la espiración.

Durante la **inspiración** el diafragma se contrae, disminuye su convexidad (se aplanan) y empuja las vísceras abdominales hacia abajo y hacia afuera. Esto hace aumentar el volumen de la caja torácica. Al mismo tiempo, los músculos intercostales externos y los esternocleidomastoideos elevan las costillas, que efectúan un giro sobre las vértebras a las que están unidas. Este movimiento también produce un aumento de la capacidad torácica.

El aumento de volumen de la caja torácica crea un vacío y el aire es succionado hacia los pulmones, a través del tracto respiratorio, hasta que se igualan las presiones (ocurre como cuando tiramos del émbolo de una jeringuilla y ésta se llena de aire).

La **espiración** es normalmente un proceso que no requiere esfuerzo. Es un movimiento pasivo causado por la relajación de los músculos que habían intervenido en la inspiración (intercostales, esternocleidomastoideos y diafragma): descienden las costillas, el diafragma recupera su abombamiento inicial y al disminuir el volumen de la caja torácica, el aire se ve obligado a salir hacia el exterior. Una espiración forzada sí implica un movimiento activo. Con ella eliminamos mayor cantidad de aire al disminuir aún más el volumen de la caja torácica, contrayendo los músculos intercostales internos y los abdominales. También podemos hacer una inspiración forzada (contrayendo más los músculos implicados) con lo que se incrementa el volumen de la caja torácica y en consecuencia el de los pulmones.

Los pulmones, fuera de la caja torácica ocupan un volumen que es la mitad del que presentan dentro de ella. La razón es que las fibras de elastina los mantienen contraídos. Por otra parte, se ha dicho que los pulmones no están anclados a la caja torácica; así pues, el que se encuentren expandidos se debe a que entre las dos pleuras, existe un vacío o presión negativa que los mantiene "pegados" a las paredes (igual que un envase de embutido o un paquete de café "al vacío"). De este modo, los movimientos de inspiración y espiración arrastran a estos órganos forzando al aire a entrar o salir alternativamente.

**Busca información sobre neumotórax; pulmón de acero.**

La cantidad de aire que penetra en el pulmón en cada inspiración, estando el individuo en reposo, es de medio litro aproximadamente y se denomina volumen basal. La frecuencia respiratoria del adulto en reposo es de unas 14 veces por minuto. Por tanto, la **ventilación pulmonar**, es decir, la cantidad de aire que pasa por los pulmones en un minuto, será de unos 7 litros.

Cuando se realiza un esfuerzo físico, el requerimiento de oxígeno por parte de las células se incrementa y en consecuencia, el aparato circulatorio y el respiratorio aumentan su ritmo. En el caso que nos ocupa, la ventilación aumenta en su frecuencia (40-50 veces/minuto) y las

inspiraciones y espiraciones se hacen más forzadas, por lo que en cada ventilación pueden entrar y salir hasta 3 litros de aire (en vez de medio litro). Como vemos, nuestro organismo cuenta con un gran margen para casos extraordinarios (40 inspiraciones por minuto a 3 litros por inspiración son 120 litros de aire por minuto: de ahí que los pulmones presenten esa superficie de intercambio de más de 120 m<sup>2</sup>. [De 7 l/min. A 120 l/min hay diferencia]

El aire espirado contiene todavía una proporción importante de oxígeno y, por el diseño de los pulmones, (sacos ciegos) hemos de tener en cuenta que estos siempre quedarán con una cierta cantidad de aire que no puede ser expulsado (aire residual). (→ Gráfica de volúmenes y capacidades)

### FORMAS INUSUALES DE RESPIRACIÓN [sólo leer]

La **disnea** es una manifestación caracterizada por una respiración muy rápida (80-90 movimientos respiratorios por minuto). Aparece cuando hay deficiencias de oxígeno, bien por la altura, por obstrucción bronquial, insuficiencia cardíaca, etc.

La **tos** es la respuesta a la presencia en las vías bajas (faringe, laringe, tráquea o bronquios) de partículas irritantes, tales como polvo, o un exceso de moco producido como reacción ante infecciones, humos o gases irritantes. Una serie de músculos, entre los que se halla el diafragma, producen la expulsión violenta del aire, de modo que pueden hacer salir las sustancias irritantes.

El **estornudo** se produce como respuesta a la irritación de la mucosa nasal (vías altas), ya sea por partículas de polvo o por sustancias de olor intenso. En estos casos, se pone en marcha una inspiración forzada, y se cierra la epiglotis; seguidamente, los músculos correspondientes hacen disminuir bruscamente el volumen de la caja torácica y a la vez se abre la epiglotis, se estrecha la faringe y baja el velo del paladar. El resultado es la salida del aire a gran velocidad por las fosas nasales arrastrando cuanto encuentra a su paso. Curiosamente, también se cierran los ojos durante el estornudo. Tos y estornudo se generan en centros nerviosos situados en el bulbo raquídeo.

Hay personas que estornudan cuando salen a la calle y les da el Sol en los ojos: no es broma, tiene explicación y es un carácter que se hereda.

<http://unpocodemuchosbastante.blogspot.com.es/2012/04/cruce-de-cables-para-1-de-b.html>

El **hipo** resulta de una súbita y aguda contracción del diafragma por estimulación del nervio vago. Ciertos estímulos pueden desencadenar el ataque de hipo. El CO<sub>2</sub> en alta concentración suprime el hipo (de ahí el método común de aguantar la respiración el máximo tiempo posible para que aumente la cantidad de CO<sub>2</sub> en la sangre).

El **bostezo** es un fenómeno difícil de explicar. Se ha sugerido que podría ser una forma de aumentar el suministro de sangre al cerebro, puesto que se incrementa momentáneamente el ritmo cardíaco; pero también es una expresión de un sentimiento, pues bostezamos cuando tenemos sueño o estamos aburridos. Muchos mamíferos también bostezan [pero no se tiene certeza de que sea porque se aburren, ya que el aburrimiento es un sentimiento humano].

El **suspiro** también es un fenómeno complejo. Podría ser lo contrario del bostezo, pues expulsamos aire en lugar de absorberlo. En algunos casos, una respiración con profundos suspiros puede ser síntoma de una deficiente oxigenación causada por una anemia, por ejemplo.

La **apnea** es la ausencia de respiración (es lo que se hace cuando se bucea a "pulmón libre"). Lógicamente la apnea puede mantenerse durante un corto periodo de tiempo. La apnea se da de forma involuntaria entre personas mayores mientras duermen (apnea del sueño). Es un fenómeno relativamente frecuente y que conviene controlar.



## CONTROL DE LA RESPIRACIÓN

En el **bulbo raquídeo** existe un grupo de células que constituyen el llamado **centro respiratorio**, encargado de que se produzcan alternativamente los movimientos de inspiración y espiración. El centro respiratorio se encuentra en conexión con los centros encefálicos superiores y por ello, el cerebro puede tomar decisiones y voluntariamente podemos decidir respirar más deprisa, más profundamente o... incluso dejar de respirar. Pero habitualmente la ventilación se produce de forma automática e inconsciente.

Voluntariamente podemos dejar de respirar, pero solo por cierto tiempo: cuando empieza a haber un riesgo para el individuo, se pone en marcha el dispositivo automático. El centro nervioso toma el mando, sobreponiéndose a la voluntad y enviando los impulsos necesarios a los diferentes músculos que intervienen en la ventilación, para que la inspiración y la espiración se produzcan.

Ante esfuerzos físicos, las células toman más oxígeno y expulsan mayores cantidades de dióxido de carbono a la sangre (recuerda la función de la respiración celular). Este dióxido de carbono excita a unos receptores (quimiorreceptores) situados en las arterias próximas al centro respiratorio, que al recibir las señales, envía la orden de aumentar el ritmo ventilatorio, y también el cardíaco [es curioso que no se detecta la falta de oxígeno sino el exceso de dióxido de carbono].

Ciertas drogas, sobre todo los derivados del opio, como la morfina o la heroína, cuando se administran en dosis excesivas, llegan a deprimir el centro respiratorio y producen la muerte por parálisis respiratoria. Ésta es la causa de la muerte por sobredosis que con demasiada frecuencia ocurre entre aquellos que consumen este tipo de drogas.

Cuando alguien se "parte el cuello" en realidad se daña el centro respiratorio, que se encuentra justo a la salida del cráneo (final del cerebelo y comienzo de la médula espinal) y junto al centro cardíaco. La "puntilla" que se da a los toros para rematarlos es una incisión entre las primeras vértebras del cuello con el fin de destruir los centros respiratorio y cardíaco. En ambos casos la muerte se produce por *parada cardiorrespiratoria*.

Enfermedades de las vías respiratorias: pulmonía; neumonía; pleuresía; neumotórax; tuberculosis; faringitis; laringitis; nódulos en las cuerdas vocales; cáncer de laringe, cáncer de pulmón; bronquitis; asma; enfisema; difteria.

Busca: ¿Por qué los submarinistas tienen que hacer "descompresión" tras haber buceado?

## LA FONACIÓN

El sistema encargado de la producción del habla se divide en fuelles, vibrador, resonadores y articuladores. Los fuelles proporcionan, a través de una espiración activa, el aire necesario para producir la vibración de las cuerdas vocales, que genera un sonido que es modificado y amplificado en las cavidades supraglóticas. Actualmente, la teoría más aceptada con respecto a la vibración laríngea es la "mioelástica - aerodinámica", según la cual, la presión subglótica debe superar a la tensión ejercida por los pliegues vocales cuando la glotis se encuentra cerrada, para que estos se separen y vibren, por lo que según esta teoría la vibración laríngea está determinada por la presión subglótica y la tensión de los pliegues vocales.

El sonido generado en la glotis es amplificado por los resonadores y convertido en fonemas por los articuladores.

La fonación y el habla están controladas por el sistema nervioso central. El área de Brocca, en la corteza cerebral, organiza la secuencia de movimientos de las estructuras anatómicas que participan en el proceso.

## INTRODUCCIÓN

La función vocal no es esencial para la vida, no obstante se trata de una función esencial para la comunicación humana. La voz no sólo es un instrumento que transmite mensajes orales, sino que a través de sus características muestra el estado emocional de una persona.

La voz es el sonido producido voluntariamente por el aparato fonatorio humano. La voz humana no es más que el sonido que del aire expelido de los pulmones, que al atravesar la laringe hace vibrar a las cuerdas vocales.

Sin embargo, el habla no es sólo la emisión del sonido. Cuando nos referimos al habla se incluye la modificación del sonido por los resonadores y la emisión de la palabra por los articuladores.

El habla es un proceso complejo propio del ser humano que sirve principalmente para comunicarse. A través de la voz, la persona hablante muestra sus sentimientos, su estado de salud e incluso su edad aproximada, ya que la voz sufre cambios a lo largo de la vida.

Ninguna de las estructuras anatómicas que participan en la fonación tiene en esta su principal función, sino que se trata de estructuras compartidas con otros sistemas, como son el aparato respiratorio y el sistema digestivo.

La voz surgió como resultado de la evolución y de las necesidades de comunicarse de la especie humana, de hecho existen animales que presentan cuerdas vocales y no emiten sonidos.

El mecanismo de producción de la voz se puede comparar a la combinación de un instrumento de cuerda con uno de viento, donde el de viento estaría representado por los fuelles, es decir, los pulmones junto con la caja torácica, aportando el aire necesario para hacer vibrar el instrumento de cuerda, que estaría representado por las cuerdas vocales, que producen el sonido al vibrar gracias al aire expelido de los pulmones.

### CARACTERÍSTICAS DE LA VOZ (DE LOS SONIDOS)

Cualquier sonido se produce cuando un cuerpo, al vibrar, provoca variaciones de presión de aire. El sonido es, por lo tanto, producto de la vibración de las partículas de aire (Por eso en el vacío no se transmite el sonido).

Esta perturbación se propaga en forma de onda, que es representada en forma de onda sinusoidal. Toda onda presenta una serie de características, como son la longitud de onda, la frecuencia y la amplitud.

La longitud de onda representa la distancia entre dos puntos que se encuentran en el mismo momento de la vibración.

La amplitud de onda es la **intensidad** de un sonido, también llamada volumen y se mide en Decibelios (dB).

La frecuencia de un sonido es el número de ciclos (o longitudes de onda) por unidad de tiempo y se expresa en hertzios (Hz). Es la cualidad de sonido que llamamos **tono o altura**. Los sonidos son bajos o graves cuando son de baja frecuencia y altos o agudos cuando son de alta frecuencia.





Como la vibración de las cuerdas vocales afecta al resto de las estructuras de la laringe, son muchas partes las que vibran a la vez y por lo tanto son muchas ondas las que se producen y las denominamos armónicos. Esa mezcla de ondas constituye el **timbre** del sonido. El timbre nos permite distinguir sonidos de igual frecuencia procedentes de distintas fuentes (instrumentos, personas y otras fuentes sonoras).

El oído humano es capaz de percibir sonidos con frecuencias comprendidas entre 20 y 20.000 hertzios.

La frecuencia fundamental (el armónico de más baja frecuencia) de la voz de una persona depende de la longitud de los pliegues vocales, y por lo tanto, del tamaño de su laringe. Por este motivo, la voz de un niño, cuyas cuerdas son cortas, es más aguda que la de una mujer, y esta, más aguda que la de un hombre, con los pliegues más largos.

Al cambiar la longitud y elasticidad de la cuerda vocal gracias a la acción muscular, se varía la frecuencia fundamental de vibración.

La duración de la voz está determinada por la cantidad de aire expulsado durante el proceso de fonación, así como por la velocidad a la que se expulsa. Por este motivo, cuanto mayor es la capacidad pulmonar y el tamaño de la caja torácica mayor puede ser en duración la emisión de la voz.

## ELEMENTOS DE APARATO FONADOR

La voz humana es el producto de la acción conjunta de varias estructuras anatómicas. Para su estudio se dividen en tres regiones llamadas fuelles, vibrador y resonadores.

Los **fuelles** comprenden todas las estructuras del aparato respiratorio situadas por debajo de la glotis, llamadas estructuras infragloticas, especialmente los pulmones y la caja torácica. El **vibrador**, formado por la laringe es el principal órgano de la voz, contiene los pliegues o cuerdas vocales. Los **resonadores** son todas las cavidades de los aparatos respiratorio y digestivo que se encuentran por encima de la glotis, también llamadas estructuras supragloticas. Los **articuladores** son los elementos que participan en la modulación del sonido, para generar los diferentes fonemas del habla humana, y son fundamentalmente tres, la lengua, los dientes y los labios.

### FUELLES:

Están integrados por los pulmones y la caja torácica formando un todo. La caja torácica está formada por las vértebras dorsales, las costillas y el esternón. Se encuentra cerrada en su parte inferior por el diafragma. Los pulmones están alojados en la cavidad torácica. El movimiento de los pulmones está determinado por los movimientos de la caja torácica y del diafragma.

Existen tres tipos de respiración en función de los movimientos torácicos. La **respiración costodiafragmática** es la que se produce en la parte inferior del tórax y en la superior del abdomen, donde mejor se controla la respiración de forma voluntaria. Es la más adecuada para la fonación, por no provocar tensión muscular y permitir el control voluntario de la respiración, el diafragma realiza su máximo descenso empujando las vísceras abdominales hacia abajo y hacia delante, con lo cual se aprecia un aumento de volumen del abdomen y del diámetro torácico que se completa con movimientos costales, por lo que se provoca la máxima dilatación de los pulmones. La **respiración clavicular** y

la **respiración intercostal** se valen de los músculos del cuello y tórax, que con su contracción dificultan la fonación por las tensiones que producen en dicha zona.

#### VIBRADOR:

La laringe es un conducto corto que comunica la faringe con la tráquea. Transforma el aire espirado en sonidos. La región laríngea se puede dividir anatómicamente en esqueleto, mucosa, músculos intrínsecos y músculos extrínsecos. El esqueleto laríngeo está formado por cinco cartílagos: la epiglotis, el tiroides, el cricoides, dos aritenoides y dos corniculados. Están unidos unos con otros, con la tráquea y con el hueso hioides a través de ligamentos.

Hay dos pares de repliegues en el interior de la laringe, los dos superiores formados por mucosa laríngea, se conocen como pliegues vestibulares o cuerdas vocales falsas, mientras que los inferiores son las cuerdas vocales verdaderas.

Las cuerdas vocales verdaderas, se encuentran formadas por el músculo tiroaritenoso o **músculo vocal**. Entre los pliegues vocales, existe un espacio conocido como hendidura vestibular o glotis. El borde libre de la cuerda vocal está formado por **epitelio** y es la parte vibrante de la misma.

Modificando la tensión de los músculos vocales, se modifica el diámetro de la glotis y con ella la cantidad de aire que sale. La tensión también modifica el borde vibrante de las cuerdas que podrán vibrar con diferentes frecuencias.

#### RESONADORES Y ARTICULADORES:

Los resonadores son aquellas cavidades supraglóticas que participan en la emisión de la voz dando forma al sonido producido a en la laringe y son la faringe, la cavidad bucal y las fosas nasales, mientras que los articuladores son estructuras que se encuentran dentro de estas cavidades y que se encargan de convertir el sonido en fonemas.

La faringe es un conducto musculomembranoso comunicado por abajo con la laringe y por arriba con la cavidad bucal y las fosas nasales. Se divide en laringofaringe, orofaringe y nasofaringe. Las fosas nasales son dos cavidades que comunican hacia atrás con la nasofaringe. Están separadas por el tabique nasal. La cavidad bucal como órgano resonador está limitada por la bóveda del paladar por arriba y por el suelo de la boca por abajo. Contiene en su interior a la lengua, que junto con los dientes y los labios forman los órganos articuladores.

Por último, los senos son cavidades llenas de aire que se comunican con las fosas nasales. Son pares y son los maxilares, los etmoidales, los frontales y los esfenoidales. No presentan ningún papel en la modulación y articulación del sonido, pero tienen una gran importancia, como elementos aislantes ya que impiden que las ondas sonoras se propaguen a través del hueso hacia los órganos del oído, evitando perturbaciones importantes en la audición (las perturbaciones se siguen produciendo y esta es la razón por la que no reconocemos nuestra propia voz cuando la escuchamos grabada).

#### CONTROL NERVIOSO DE LA FONACIÓN:

El habla humana, es un proceso complejo que necesita de un estricto control por parte del sistema nervioso. Intervienen en este control, tanto estructuras del sistema nervioso central (centros nerviosos) como del periférico (nervios).



Las estructuras de sistema nervioso central que intervienen en el control de la fonación, son múltiples (región cortical, región talámica, cuerpo estriado, región bulbar y cerebelosa. No se trata de saber cuáles son sino entender la enorme complejidad del proceso de la fonación).

La articulación del habla depende del sistema nervioso central, especialmente de la corteza cerebral. El área de Broca es la región específica que organiza la secuencia de los movimientos que requiere la producción del habla. [¿Cómo se sabe si otras especies de homínidos hablaban?]

La intención de hablar se transporta desde el área de Broca a la corteza motora que transmite una serie de órdenes a los núcleos motores del tronco cerebral y a la médula espinal, de los que a su vez parten las órdenes para la coordinación de las regiones laríngea, torácica y resonadora. Los nervios que intervienen en el proceso son el trigémino, el facial, el glosofaríngeo, el vago y el hipogloso. El sistema nervioso provoca cambios en la respiración cuando existe intención de hablar. Por un lado se alarga la respiración, y por otro, al terminar de hablar se produce una inspiración, momento en el cual se aprovecha para organizar los fonemas que se emitirán a continuación.

La laringe está inervada por el **nervio vago**. Este nervio, a través de sus dos ramas (que son el nervio laríngeo superior y el nervio recurrente) proporciona inervación motora y sensitiva.

El apartado de fonación ha sido tomado de la página:

<http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5583/DosalGonzalezR.pdf?sequence=1>

## HIGIENE VOCAL

El aparato fonador puede sufrir alteraciones muchas de las cuales están relacionadas con el modo de vida (consumo de tabaco, gritar habitualmente, ingerir alimentos muy fríos o muy calientes,...

En la página que se reseña a continuación encontramos toda una serie de consejos para mantener en perfecto estado nuestro aparato fonador:

[http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad\\_Innovacion/Formacion/2012\\_2013/1793810888\\_179201291945.pdf](http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Formacion/2012_2013/1793810888_179201291945.pdf)