

132
zej



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**MORFOFISIOLOGIA DEL APARATO
RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS
DOMESTICOS
(TEXTO DE AUTOENSEÑANZA)**

T E S I S

*Que para obtener el Título de:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA*

P r e s e n t a

Martínez Márquez Laura María Guadalupe

Asesor: M.V.Z. Javier García de la Peña

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



México, D. F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

R E S U M E N

MARTINEZ MARQUEZ LAURA MARIA GUADALUPE.

Morfofisiología del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos.

Bajo la dirección del M.V.Z. Javier García de la Peña.

Con el objeto de colaborar en el aprovechamiento de los estudiantes de la carrera de Médico Veterinario Zootecnista, que se ve frecuentemente afectado por la carencia de libros de texto actualizados, se recopilan en este trabajo los datos anatómicos, histológicos y fisiológicos más actualizados del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos. La publicación se divide en los siguientes capítulos: Anatomía del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos y Fisiología del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos. En cada uno de ellos se trata en detalle la localización anatómica, la estructura histológica y la función de cada uno de los órganos. Se incluyen esquemas en los que se indican los aspectos más importantes, además tablas y gráficas del proceso respiratorio.

INDICE

Pág.

Resumen

Capítulo I. Introducción y Funcionamiento del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos

Capítulo II. Anatomía del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos.

Nariz	6
Vasos y Nervios.....	8
Cavidad Nasal	8
Senos Paranasales.....	9
Vasos y Nervios	9
Faringe.....	11
Laringe.....	12
Articulaciones, ligamentos y músculos de la laringe.....	14
Cavidad de la laringe.....	16
Vasos y Nervios.....	16
Cavidad Torácica.....	17
Músculos de la respiración.....	19
Pleuras.....	20
Vasos y Nervios.....	20
Tráquea.....	22
Vasos y Nervios.....	23
Ramificación de las vías aéreas.....	24
Ramificación de las arterias, venas, vasos linfáticos y nervios.....	24
Pulmones.....	25
Vasos y Nervios.....	26
Arterias pulmonares.....	27
Venas pulmonares.....	28
Arteria broncoesofágica.....	30
Venas bronquiales.....	31
Inervación.....	32

Capítulo III. Histología del Aparato Respiratorio de los Mamíferos Domésticos

Cavidad nasal.....	36
Nasofaringe.....	38
Faringe.....	39
Laringe.....	40
Tráquea.....	43
Bronquios extrapulmonares o primarios.....	44
Pulmón.....	45

Bronquios intrapulmonares.....	46
Bronquiolos.....	47
Bronquiolos respiratorios.....	48
Conductos alveolares, sáculos y atrios....	49
Neumocitos y alveolos.....	49
Barrera aereosanguínea.....	50

Capítulo IV. Fisiología del Aparato Respiratorio de los Animales Domésticos.

Respiración interna.....	55
Respiración externa.....	56
Mecánica de la respiración.....	57
Frecuencia respiratoria.....	61
Espacios muertos anatómicos y alveolares.....	62
Proceso Físico-Químico durante la respiración...	64
Regulación Química.....	65
Control nervioso de la respiración.....	67
Sistema de quimiorreceptores para el control de - la actividad respiratoria.....	69
Aire atmosférico, intercambio gaseoso y transpor te sanguíneo.....	71
Integración del aparato respiratorio con otros - sistemas.....	72
Volúmenes pulmonares.....	73
Sonidos respiratorios.....	74
Insuficiencia respiratoria.....	74
Mecanismos de defensa.....	76

Literatura citada.

CAPITULO I

INTRODUCCION Y FUNCIONAMIENTO DEL APARATO RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS

DOMESTICOS

INTRODUCCION Y FUNCIONAMIENTO DEL APARATO RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS DOMESTICOS

El mantenimiento de la armonía funcional (homeostasis) es producto de la estrecha interrelación que existe entre todos los órganos, aparatos y sistemas que conforman una unidad funcional, entendiéndose por ésta a un ser vivo, que en nuestro caso se refiere a equinos, bovinos, porcinos, ovinos, caninos y felinos.

Para tener una clara idea de cómo contribuye un órgano en un aparato o un sistema al mantenimiento de la homeostasis, es necesario estudiar en primer término la anatomía de cada uno de los órganos que forman parte de un aparato. Por esta razón en la presente tesis se pone especial atención a todos los aspectos anatómicos de cada uno de los órganos y sus relaciones con otros que pertenecen a diferentes sistemas; se hace hincapié en la irrigación e inervación de cada una de las estructuras para tener una idea clara de cuáles son los efectos de otros sistemas sobre el Aparato Respiratorio. Es importante tener un conocimiento anatómico que permita la localización rápida y fácil de las estructuras que lo componen y la identificación del órgano específico.

La anatomía microscópica (histología), nos da una idea clara de cómo se conforman un órgano, qué tipo de células tiene, cuáles son sus diferencias con otros órganos y nos explica el por qué cada estructura se comporta de manera distinta y de acuerdo con esas células especializadas. Si aunamos al conocimiento anatómico, la comprensión de la estructura histológica tenemos un panorama más amplio para poder entender la función que cada uno de los órganos integrantes del Aparato Respiratorio cubre en el proceso de la respiración.

El funcionamiento normal del Aparato Respiratorio es esencial para que se produzca el intercambio de gases no sólo a nivel de los pulmones, sino también a nivel tisular. Sabemos que como uno de los productos finales del metabolismo celular se produce el bioxido de carbono y que éste tiene que ser eliminado del organismo a través del proceso respiratorio y por otra parte sabemos que todos los tejidos en mayor o menor grado requieren de la presencia de oxígeno para que se produzcan las oxidaciones intracitoplasmáticas esenciales para la vida.

La función respiratoria no se limita a un simple intercambio gaseoso; va más allá, pues ayuda a mantener el equilibrio ácido-básico a través del sistema amortiguador de los carbonatos. Este mantenimiento permite que otros órganos, aparatos y sistemas puedan funcionar normalmente. Por otra parte el Aparato Respiratorio contribuye al mantenimiento de la temperatura corporal, ya que en cada ciclo respiratorio se elimina vapor de agua y con él el cuerpo pierde calor.

El aporte de oxígeno al sistema nervioso es esencial para la supervivencia de la neurona. Sin él estas células mueren rápidamente produciendo con ello la ruptura total de la homeostasis. Por lo anterior el estudio del Aparato Respiratorio en los Mamíferos Domésticos, es esencial para la comprensión de parte de las actividades que el organismo realiza y que en conjunto dan como resultado lo que conocemos como vida.

CAPITULO II

ANATOMIA DEL APARATO RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS DOMESTICOS

El sistema respiratorio consta de una porción de conducción, - una porción respiratoria y un mecanismo de bombeo mediante el cual el aire es alternativamente dirigido hacia adentro (inspiración) o hacia afuera (expiración).

La porción de conducción (vías aéreas), es aquella por medio de la cual el aire pasa para alcanzar la porción respiratoria; en ella se desarrollan el intercambio gaseoso y los productos de oxigenación. Las vías aéreas comprenden dos partes: la externa, integrada por fosas nasales y tráquea, la interna constituida por los bronquios y bronquiolos, así como por los bronquiolos respiratorios y los pulmonares. En algunas ocasiones la cavidad oral sirve de entrada para el paso del aire a la faringe y de ésta a los pulmones. (19)

La porción respiratoria está compuesta por los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares, los sacos alveolares y los alveolos pulmonares.

Los componentes del aparato de bombeo son:

- 1) los dos sacos pleurales que envuelven los pulmones y forman una cámara de vacío a su alrededor;
- 2) el esqueleto del tórax (costillas y esternón), llamado caja torácica, así como sus músculos asociados, y
- 3) El diafragma que produce la expansión de la caja torácica -

LOCALIZACION ANATOMICA DE LOS PULMONES Y DIAFRAGMA EN EL PERRO

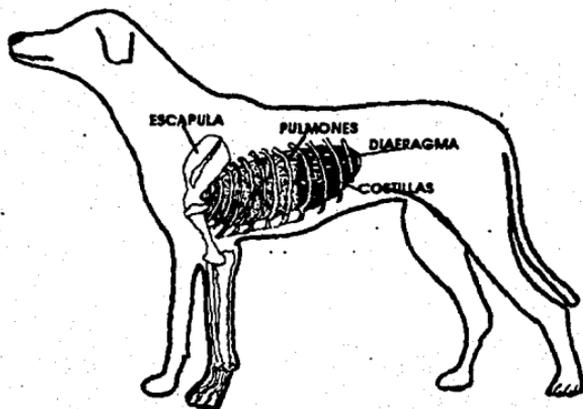


Figura # 1.

en sentido cráneo-caudal, y por lo tanto aumenta el volumen del tórax. (figura # 1).

Además del Intercambio de Gases, el sistema respiratorio se relaciona con la producción de voz, función en la que la laringe ejerce un papel muy importante. El sistema respiratorio interviene en la provisión de una base firme para contrarrestar el aumento de presión que se pudiera crear con los músculos abdominales y, en algunas especies, por los músculos extrínsecos del hombro. La laringe también forma parte de este mecanismo, ya que actúa como una válvula que retiene el aire en los pulmones después de una inspiración, y por otra parte evita que el aire entre a los pulmones luego de la espiración. (21)

El sistema respiratorio se encuentra asociado con el sistema olfatorio, ya que parte de la mucosa nasal contiene corpúsculos olfatorios que recogen los estímulos producidos por los diferentes olores. (6, 11)

N A R I Z

En los animales domésticos no se observa una nariz proyectada del resto de la cara en forma prominente, como sucede en el hombre, ya que la nariz está incluida dentro del esqueleto del rostro, y se extiende a partir del nivel transversal de los ojos a la extremidad rostral de la cabeza. Externamente se reconocen las siguientes partes de la nariz: dorsalmente, el dorsum nasi; lateralmente, las regiones laterales de la nariz, y rostralmente la punta de la nariz o vértice, que está provista de dos ollares o ventanas. La pared lateral o cubierta de la nariz está constituida, en su mayor parte, por una capa externa de piel, una capa me

día de músculos y una capa interna de hueso o, en la región rostral, por cartílago. La piel de la nariz, excepto en su vértice, tiene pequeños pelos o lana. La capa muscular comprende los músculos faciales, los cuales actúan sobre los ollares y el labio superior.

El vértice de la nariz presenta los dos ollares, que forman las entradas de la cavidad nasal. Su forma varía según la especie, pues el armazón cartilaginoso y óseo que los soporta tiene una relación muy estrecha con ellos. El extremo rostral del septum nasal cartilaginoso constituye el soporte medio de los ollares.* En el cerdo, el septum cartilaginoso habitual es sustituido por el os rostrale, que tiene forma de cuña. El soporte dorsal, para cada uno de los ollares, está formado en todas las especies, con excepción del caballo, por la continuación rostral del cartílago látero dorsal. En el bovino hay una incisión y en el cerdo una fisura, que separan la parte rostral del resto del cartílago lateral. El soporte ventral y lateral para cada ollar está constituido en todas las especies, a excepción del caballo, por el cartílago accesorio lateral, el cual divide el ollar en un falso ollar dorsal y en un verdadero ollar ventral. El primero entra en el saco ciego de piel llamado divertículo nasal, el otro entra en la cavidad nasal, cuando el ollar está totalmente dilatado; el falso ollar queda enmascarado por la lámina del cartílago alar, que entra en contacto con el ángulo dorsal del ollar.

En los ruminantes y en el cerdo, la superficie de la nariz se mantiene húmeda por la secreción de las glándulas serosas que se abren en las profundidades de los surcos. En el perro y el gato estas glándulas están ausentes y el órgano se mantiene húmedo mediante secreciones de

* Figura # 2.

SECCION TRANSVERSAL ESQUEMATICA DE LA CAVIDAD NASAL DE UN CERDO ADULTO

- A HUESO INCISIVO
- B HUESO NASAL
- C VOMER
- D PALADAR DURO
- E TENDON ELEVADOR DEL LABIO MAXILAR
- F INCISURA MAXILAR
- G TENDON DEL CANINO
- H TENDON DEPRESOR DEL LABIO MAXILAR
- I PARTE LABIAL



Figura # 2.

glándulas serosas, situadas en la membrana mucosa del septum nasal, las glándulas nasolaterales y lagrimales.

Vasos y Nervios: Los ollares y el área que los rodea están muy vascularizados. Las arterias que suministran sangre a estas zonas son: - las nasales dorsal y lateral, labial maxilar, esfenopalatina, infraorbitaria, etmoidal y palatina mayor. Entre las ramas de estas arterias se encuentran numerosas anastomosis que conducen a un nódulo intrincado de arterias, venas y capilares. La sangre de esta área es drenada por las venas de la cavidad nasal y de la cara. Los vasos linfáticos drenan la zona hasta los nódulos linfáticos parotídeo y mandibular. (10, 17, 22)

Los impulsos sensoriales desde los ollares y las zonas circundantes se realizan mediante los nervios infraorbitarios. Los impulsos motores de la zona caminan por las ramas de los nervios faciales. (10)

CAVIDAD NASAL

Es una cavidad de forma cilíndrica que está formada por todos los huesos faciales, con excepción de la mandíbula, el malar y el hioides. Se encuentra separada de la cavidad bucal, por medio del paladar duro y blando, se comunica al exterior por las ventanas nasales y en su parte posterior con la faringe por medio de las coanas. Está separada en dos por un septo óseo y cartilaginoso que recibe el nombre de tabique nasal, formado por dos huesos: el etmoides, el vomer y el cartilago nasal. La cavidad nasal se halla recubierta por una mucosa, la cual sigue fielmente las irregularidades de una serie de huesos en forma de espiral, llamados

cornetes, conchas o huesos turbinados, que se articulan a la pared lateral de la cavidad.

Se consideran dos cornetes mayores: uno dorsal y otro ventral, así como los pequeños huesos etmoturbinados o laberinto etmoidal. La mucosa vascularizada que recubre esos huesos sirve para calentar el aire inspirado, se llama mucosa respiratoria y es de color rosado. La mucosa de la porción caudal de la cavidad nasal contiene receptores olfativos que conducen los estímulos al nervio olfatorio; esta zona es de color amarillento en el caballo, la vaca y la oveja; verde oscuro en la cabra; bronceado en el cerdo, y gris en el perro y en el gato; recibe el nombre de mucosa olfatoria. Los espacios que dejan los cornetes, llamados meatos, se dividen en dorsales, medios y ventrales, y están unidos por un meato común o medial.

Senos Paranasales: Son cavidades llenas de aire que se localizan en los huesos huecos de la región, éstos son los senos maxilares, frontal, esfenoidal y palatino. Dichos senos se encuentran en todos los mamíferos domésticos, en el caso de las vacas y ovejas se presenta un seno adicional, llamado lagrimal. Están recubiertos de una mucosa delgada poco vascularizada. Estas cavidades aligeran el peso de la cabeza.

Vasos y Nervios : La sangre es transportada a la cavidad nasal a través de la arteria esfenopalatina y por las ramas etmoidales de la red etmoidal de la fosa olfatoria. También, pero en menor cantidad, la sangre entra por la arteria palatina mayor y por las ramas de las arterias que irrigan los ollares.

La sangre venosa regresa por las venas esfenopalatinas, etmoidales, palatinas y las de la cara.

La mucosa nasal está muy vascularizada, por venas que tienen más capacidad y un mayor número que las arterias. Esta disposición permite regular la cantidad de sangre que pasa y se acomoda dentro de la mucosa nasal, para que la cavidad pueda llevar a cabo sus funciones en forma adecuada.

Los vasos linfáticos de la mitad rostral de la cavidad drenan dentro de los nódulos linfáticos mandibulares, y los de la mitad caudal lo hacen en los nódulos linfáticos retrofaríngeos.

Los nervios sensoriales derivan de las dos primeras ramas del trigémino. El nervio etmoidal, que a su vez deriva del N. oftálmico a través del N. nasociliar, inerva la parte dorsocaudal de la cavidad, la concha nasal dorsal, las partes adyacentes del septum nasal y el techo de la cavidad nasal. El N. palatino mayor, que deriva del N. maxilar a través del N. pterigopalatino (esfenopalatino), inerva el suelo de la cavidad nasal. El nervio naso caudal, que deriva también del N. pterigopalatino, inerva la concha nasoven-tral, los meatos medio y ventronasal, la parte correspondiente del septum nasal y el órgano vomeronasal. Las ramas nasales internas, que derivan del nervio maxilar por medio del N. infraorbital, inervan el vestíbulo de la cavidad. La inervación parasimpática se hace mediante fibras preganglionares, incluidas en el N. petroso mayor (superficial) del nervio facial. El N. petroso mayor se encuentra unido al N. petroso profundo y lleva fibras nerviosas simpáticas que par-

ten del plexo carotídeo interno. Esta disposición nerviosa, combinada, se conoce como nervio del canal pterigoideo (nervio vidiano), y termina en el ganglio pterigopalatino (esfenopalatino). Las fibras parasimpáticas hacen sinapsis en el ganglio pterigopalatino y las simpáticas pasan rectas y a través de él. Tanto las fibras simpáticas como las parasimpáticas están distribuidas en la cavidad nasal a lo largo de los nervios palatino mayor y naso caudal. Otras fibras nerviosas simpáticas alcanzan la cavidad nasal a lo largo de las paredes arteriales. La inervación parasimpática es vasodilatadora y secretomotora, mientras que la simpática mantiene el tono de los vasos y aumenta la vasoconstricción. (6, 10, 11)

F A R I N G E

Es un saco membranoso que pertenece tanto al aparato digestivo como al respiratorio. Su cavidad presenta tres porciones:

1. Nasofaringe o rinofaringe, situada en posición superoanterior; comprende las coanas o narices posteriores y la abertura de las trompas de Eustaquio que comunican con el oído medio. En los equinos, las trompas de Eustaquio presentan dilataciones a la altura de la porción media de la faringe y reciben el nombre de bolsas guturales.

2. Orofaringe o bucofaringe, situada inferoanteriormente, corresponde al orificio que comunica a la boca con la faringe.

3. Laringofaringe, situada ventralmente en la porción anterior encontramos en ella la abertura esofágica.

Todos los animales domésticos, con excepción del caballo, pueden expulsar el aire de los pulmones, ya sea por la boca o la nariz. El caballo presenta el velo del paladar muy largo y colocado en tal forma - que deja la epiglotis abierta, lo cual impide que el aire salga por la boca, dejando solo el paso libre hacia la nariz. (6, 17, 22)

En la faringe, la epiglotis de la laringe actúa como una válvula durante la deglución, cerrando el paso hacia la laringe, y en el momento de la inspiración, cerrándolo hacia la boca y abriéndolo a la laringe. (Figura # 3).

L A R I N G E

Es un órgano valvular complejo que regula el volumen del aire - inspirado o espirado durante la respiración, también evita la aspiración de cuerpos extraños. La laringe es el órgano principal de la fonación.

Está situada en el espacio intermaxilar y se articula con las - astas del hioides. Se comunica con la faringe y la tráquea. Su estructura está integrada por un esqueleto cartilaginoso, músculos y una membrana mucosa. El esqueleto cartilaginoso está formado de nueve cartílagos, los tres primeros son impares: el cricoides, el tiroides y la epiglotis; los pares son: aritenoides, corniculados (que son inconstantes, según la especie) y los cuneiformes.

Cartilago Cricoides. Tiene forma de anillo con un escudo en su parte superior y está situado en la parte posterior de la laringe. Se articula con el primer anillo traqueal, al igual que con dos ramas posterio

1.- PORCION RESPIRATORIA

2.- PORCION DIGESTIVA

A.- VELO DEL PALADAR

B.- EPIGLOTIS

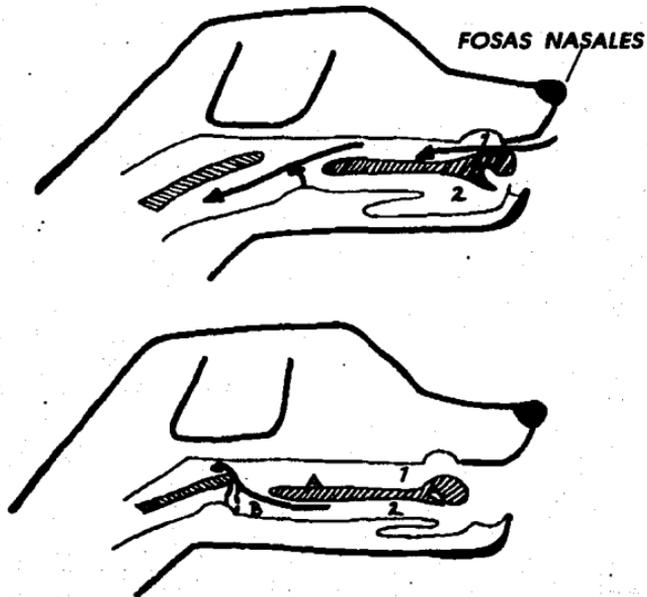


Figura # 3

TOPOGRAFIA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS Y DIGESTIVAS.

res del cartilago tiroides. En el borde anterior se articula con el C. - aritenoides, que es una artrodia con mucha movilidad, la cual presenta un ligamento capsular.

Cartilago tiroides. Es el más grande de todos y está formado - de una porción media engrosada, llamada cuerpo, y de dos láminas latera-- les. El cuerpo presenta dos caras, una superior que se articula con la - base del cartilago epiglótico y se une a él por medio de un ligamento - elástico y en su extremidad anterior se insertan las cuerdas vocales; la otra cara es la inferior. Las láminas forman una parte de las paredes la - terales de la laringe y presentan dos caras: la externa, que sirve para - la inserción de los músculos tiroideo y tirofaringeo. En la porción ante - rior se inserta la fascia faríngea y se presentan dos astas en cada lám-- ina, una anterior que se articula con el hioides y otra posterior que se - articula con el cricoides. Entre las dos astas se presenta una escotadu - ra de forma triangular que está ocupada por la membrana cricotiroidea.

Cartilago Epiglótico. Llamado ordinariamente epiglotis. Está situado por arriba del cartilago tiroideo y presenta la forma de un carro romano. Tiene dos caras, dos bordes, una base y un vértice. La base se inserta con el cartilago tiroideo de donde salen dos prolongaciones que - reciben el nombre de cartilagos cuneiformes. El vértice es agudo y se en - curva ventralmente hacia la base de la lengua y está recubierta de una - membrana mucosa.

Cartilago aritenoides. Está formado por 2 cartilagos que tie-- nen una forma cuadrangular, se encuentran situados en la región superior

de las paredes laríngeas. Se articulan entre sí y con el borde anterior del cricoides. Su base inserta con los cartílagos corniculados, que reciben el nombre de vértice y forman la entrada de la Laringe. En su cara externa, se inserta el músculo aritenoides, que se une a los dos aritenoides, también se insertan los músculos tiroaritenoides y cricoaritenoides. Por el borde superior se articula con el cricoides y el cartílago tiroideo. En la parte inferior se insertan las cuerdas vocales. (Figura # 4)

Cartílagos cuneiformes. Están formados por dos cartílagos que se articulan en la base de la epiglotis y tienen forma de una barra delgada, tanto el cartílago corniculado como el cuneiforme no presentan ninguna tendencia a osificarse con la edad, están formados por cartílagos hialinos. (10,17)

Articulaciones, Ligamentos y Músculos de la Laringe :

Articulación cricotiroidea. Es una articulación sinovial de todos los animales, a excepción de los ruminantes, en los que tiene un carácter fibroso, existe una articulación en cada lado, entre el cuerno caudal del cartílago tiroides, la más caudal de las dos facetas articulares de la lámina de cricoides. El movimiento principal es la rotación del cartílago tiroides alrededor del eje horizontal, que pasa a través de ambas articulaciones.

Articulación cricoaritenoides. Es de carácter sinovial, se ubica entre las facetas cóncava de la base del cartílago aritenoides y convexa del borde rostral de la lámina del cricoides. Los movimientos prin-

cipales, uno dorsoventral y otro de deslizamiento, son realizados por el cartílago aritenoides sobre el cricoides, y la rotación del aritenoides - alrededor del eje perpendicular de la articulación.

Articulación tirohioidea. Esta situada entre el hueso tirohioideo y el cuerno rostral del cartílago tiroides, excepto en el cerdo. En esta especie el cuerno rostral está ausente y el hueso tirohioideo asienta sobre la parte lateral de la lámina del cartílago tiroides, a la que se sujeta mediante el tejido conectivo. La articulación tirohioidea es de carácter sinovial en el caballo, fibroso en los ruminantes y cartilaginosa en el perro y en el gato.

Los ligamentos son: ligamento hepiglótico, ligamento tiroepiglótico, ligamento cricoaritenoides, ligamento aritenoides transverso, ligamento cricotiroideo, ligamento vocal, ligamento vestibular (ausente en el gato), y ligamento cricotraqueal. (1, 6)

Músculos extrínsecos. Son los encargados de detener y dirigir la laringe hacia arriba y adelante, o ponerla en su posición normal. Estos músculos son el esternotiroideo, el tirohioideo, y el hioepiglótico.

Músculos intrínsecos. Tienen la función de contraer y dilatar la laringe y tensar las cuerdas vocales. Estos músculos son cricotiroideo, cricoaritenoides posterior, cricoaritenoides lateral, tiroaritenoides y aritenoides transversos.

Los músculos ventricular y vocal son internos, cierran la ab-

tura de la glotis y relajan las cuerdas vocales.

Cavidad de la laringe. La consideramos dividida en tres partes anterior, media y posterior. La región anterior, correspondiente a la entrada, se denomina vestíbulo o supraglotis.

Es susceptible de variar en forma y capacidad, dada la movilidad de los cartílagos. En esta región encontramos las cuerdas vocales falsas y los vestíbulos laterales.

La región media o glotis representa un espacio estrecho de forma triangular, en él se encuentran las cuerdas vocales verdaderas.

El compartimiento posterior se llama infraglotis y se prolonga hasta la tráquea.

La membrana mucosa de la laringe es delgada y se adhiere estrechamente a todas las estructuras laríngeas.

Vasos y Nervios. La laringe está irrigada bilateralmente, en todas las especies de animales domésticos, por medio de la arteria laríngea craneal y una rama laríngea caudal de la arteria tiroidea craneal. Las venas desembocan en la yugular externa, a través de las venas laríngeas. Los vasos linfáticos drenan en los nódulos linfáticos cervicales profundos y retrofaríngeo medio.

La laringe está inervada por los nervios laríngeo craneal y cau

dal. La mucosa del vestíbulo de la laringe está inervada por las ramas laríngeas internas de los nervios laríngeos craneales, estas fibras nerviosas son ramas del vago. Penetran en la laringe por conducto del cartílago tiroideo y del hueso tirohioideo. Este nervio lleva fibras parasimpáticas a las glándulas de la laringe, y fibras simpáticas a los vasos sanguíneos. La mucosa caudal del vestíbulo y los pliegues vocalés están inervados por ramas de los nervios recurrentes laríngeos (caudal); este nervio lleva también fibras simpáticas. El cricotiroideo está inervado por la rama externa del N. laríngeo craneal, procedente de células que se encuentran en los núcleos ambiguos. Los otros músculos intrínsecos de la laringe reciben el nervio laríngeo recurrente; las fibras que en este nervio llevan impulsos motores al músculo laríngeo, surgen en los núcleos ambiguos del nervio accesorio. (10, 11, 22, 6)

CAVIDAD TORACICA (Figura # 5)

La cavidad torácica es una de las tres principales del cuerpo. Contiene los dos pulmones, cada uno con su saco pleural, además del corazón con el pericardio y otros importantes órganos y estructuras. Su forma se asemeja a la de un cono con base inclinada. El vértice del cono se localiza en sentido craneal a la entrada torácica o apertura craneal, es oval en su contorno, y limitado dorsalmente por el primer par de vértebras torácicas, lateralmente por el primer par de costillas y sus cartílagos costales y ventralmente por el esternón. La base elíptica se encuentra representada por la salida torácica caudal o apertura caudal. Dorsalmente está limitada por la última vértebra torácica; lateralmente por las últimas costillas, a lo largo de la línea de unión del diafragma, y por la parte craneoventral del arco costal, y ventralmente por el cartílago xifoides del esternón. La salida está cubierta por el diafragma que, por

Lo tanto, separa las cavidades torácica y abdominal.

El músculo diafragma tiene forma cupular, su superficie convexa se halla dirigida hacia la cavidad torácica. Consecuentemente ésta no es tan espaciosa como pudiera imaginarse al examinar el esqueleto.

La cara dorsal de la cavidad torácica está formada por los cuerpos de las vértebras torácicas, los discos intervertebrales asociados, el ligamento longitudinal ventral, las costillas y el músculo longus Colli.

La cara lateral está integrada por los ejes de las costillas, los cartílagos costales de las costillas esternales y los músculos intercostales.

El plano ventral está formado por el esternón y los músculos tracontransversales.

La cavidad torácica varía en su forma según las especies y las razas, particularmente en el caso de los carnívoros. La relación entre la profundidad de la cavidad (diámetro sagital) y su anchura (diámetro - transverso) se conoce como índice torácico. La forma se modifica durante cada ciclo respiratorio; en la inspiración el volumen de la cavidad aumenta para permitir que el aire pase a los pulmones. (Figura # 5).

En esta alteración en la forma se efectúa principalmente por - los movimientos del diafragma, y en menor grado por los movimientos de las articulaciones del esqueleto torácico.

- A ESOFAGO
- B TRAQUEA
- C LOBULO APICAL PULMON DERECHO
- D CORAZON
- E LOBULO APICAL PULMON IZQUIERDO
- F LOBULO CARDIACO
- G LOBULO DIAFRAGMATICO
- H DIAFRAGMA
- I RUMEN

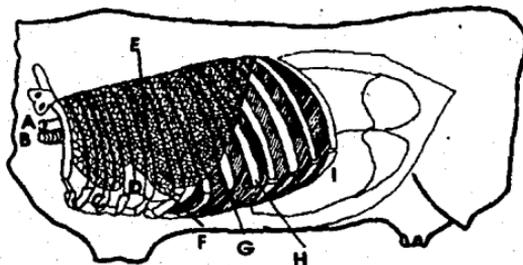


Figura # 5.

Músculos de la respiración. Durante la inspiración pausada actúan los músculos intercostales, relacionados con las últimas costillas.

La espiración pausada, sin embargo, es un proceso pasivo, dependiente en su mayor parte de la elasticidad y fuerza de tensión superficial del pulmón y de la elasticidad de la caja torácica.

Durante la inspiración forzada, los músculos escalenos se contraen para fijar y dirigir cranealmente a la primera o primeras costillas: al mismo tiempo la contracción de los músculos intercostales sostienen a la caja torácica en sentido craneal, y en la inspiración profunda, los músculos extensores del dorso también se contraen y enderezan la columna vertebral.

Durante la espiración forzada las costillas posteriores efectúan un movimiento caudal, debido a la contracción de los músculos abdominales y de los costorretractores. Simultáneamente la acción de los intercostales lleva a las restantes costillas en dirección caudal. (22)

Músculos inspiratorios. El M. intercostal externo, jala las costillas hacia arriba, el M. transverso de las costillas, dilata el tórax, el M. elevador de las costillas eleva las costillas, así como el M. escaleno, y el M. serrato anterior.

Músculos espiratorios. El M. intercostal interno jala las costillas hacia atrás, el M. torácico transverso, retracta el tórax, el M. serrato posterior, efectúa la tracción de las costillas, el M. oblicuo ab

dominal externo, M. oblicuo abdominal interno y el M. transverso abdominal empujan las vísceras abdominales y el diafragma hacia adelante.

Pleuras. En el interior de la cavidad torácica encontramos una membrana serosa lisa llamada pleura, que facilita el movimiento de los pulmones.

La pleura consta de dos sacos serosos, uno dentro del otro, es decir que uno está íntimamente relacionado con el pulmón, se llama pleura visceral; la otra con las paredes, se llama pleura parietal. La unión de los sacos cerca de la línea media del tórax forma una doble capa de pleura llamada mediastino; en éste se forma una pequeña cavidad, la cual recibe el nombre de espacio mediastínico, que contiene casi la totalidad de los órganos torácicos, con excepción de los pulmones.

La cavidad pleural es un espacio potencial ubicado entre las porciones parietal y visceral; por fuera, mediastínica, y visceral por dentro.

Decimos que la cavidad es potencial o virtual porque no contiene nada, excepto una pequeña cantidad de líquido seroso, que actúa como lubricante, reduce la fricción y mantiene una presión negativa.

Vasos y Nervios: El aporte sanguíneo a la pleura parietal procede fundamentalmente de las arterias intercostales, las torácicas internas y las frénicas. Los vasos linfáticos drenan principalmente dentro de los nódulos linfáticos aórticos y torácicos adyacentes, aunque algunas ve

ces lo hacen dentro de los nódulos linfáticos abdominales.

La pleura pulmonar está irrigada por las arterias bronquiales - en el caballo, el bovino, la oveja, el cerdo y el hombre; por las arterias pulmonares en el perro, el gato y el mono. En las especies en que el riego sanguíneo se deriva de los vasos bronquiales, la pleura pulmonar es relativamente gruesa y el septum interlobular está bien desarrollado, mientras que en las especies en que el riego sanguíneo proviene de las arterias pulmonares, la pleura pulmonar es delgada y el septum interlobular está ausente o casi no se distingue. (Figura # 6).

Las venas de la pleura pulmonar drenan en las pulmonares.

Los vasos linfáticos son numerosos y la mayoría de ellos desembocan en los nódulos linfáticos del hilio pulmonar; no obstante, unos cuantos, que cubren los lóbulos diafragmáticos del pulmón, pasan a través de los ligamentos pulmonares y drenan en los nódulos linfáticos mediastínicos, caudales o abdominales adyacentes al diafragma. Algunos de los vasos linfáticos pleurales pueden anastomosarse con los vasos linfáticos intrapulmonares.

La pleura costal y las partes periféricas de la pleura diafragmática están inervadas por fibras nerviosas sensoriales, procedentes de los nervios espinales torácicos. La pleura mediastínica y las partes centrales de la pleura diafragmática lo están por fibras nerviosas sensoriales de los nervios frénicos.

ESTRUCTURA DE LA CAVIDAD TORACICA

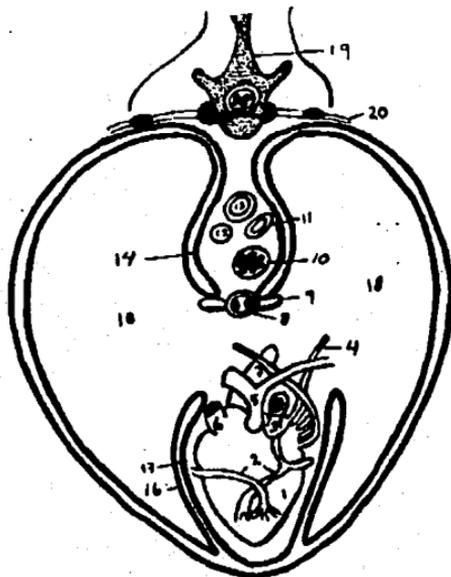


Figura # 6

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1- CORAZON | 11- VENA ACIGOS |
| 2- VASOS CORONARIOS | 12- CONDUCTO TORACICO |
| 3- AORTA | 13- AORTA TORACICA |
| 4- VENAS PULMONARES | 14- PLEURA MEDIASTINICA |
| 5- ARTERIAS PULMONARES | 15- PLEURA PARIETAL |
| 6- VENA CAVA ANTERIOR | 16- PLEURA VISCERAL |
| 7- VENA CAVA POSTERIOR | 17- PLEURA PERICARDIAL |
| 8- TRAQUEA | 18- PULMONES |
| 9- TALLO BRONQUIAL | 19- VERTEBRA TORACICA |
| 10- ESOFAGO | 20- COSTILLAS |

La pleura parietal es muy sensible, la irritación de la pleura costal produce un dolor localizado y la irritación de partes de la pleura diafragmática, inervada por nervios espinales torácicos, produce un dolor difuso en las regiones lumbar o abdominal. La irritación de las partes de la pleura diafragmática inervadas por el frénico producen un dolor, referido normalmente en el cuello o en el hombro.

La pleura pulmonar es insensible, sin embargo contiene fibras nerviosas, algunas de éstas derivan de la parte simpática del sistema nervioso autónomo y son vasomotoras en cuanto a su función. Otras derivan del parasimpático y tienen una función desconocida. (6, 10, 17).

T R A Q U E A

Es un tubo cilíndrico un poco aplanado; situado entre la laringe y los bronquios que se originan de la bifurcación de la tráquea. Está formada por una serie de anillos cartilagosos incompletos por la cara dorsal, unidos por un tejido músculo-membranoso. El número de anillos por especie es: en caballos 48 - 60; en bovinos 48 - 60; en cerdos 32 - 46; en perros 42 - 46, y en gatos 38 - 43.

En la porción cervical, la tráquea se desvía un poco hacia la derecha, relacionándose dorsalmente con el esófago, lateralmente con la glándula tiroides y con los músculos del cuello.

En la porción torácica está situada en el mediastino anterior y se relaciona con la aorta, y ventralmente con la vena cava anterior.

La bifurcación queda localizada a la altura de la quinta costi-

11a.

Los anillos cartilagosos están unidos entre sí por los ligamentos anulares traqueales.

El interior de la tráquea está recubierta de una membrana mucosa pálida y presenta numerosos pliegues longitudinales muy finos.

Vasos y Nervios. La pared traqueal se encuentra irrigada por ramas de las arterias carótidas comunes y las broncoesofágicas.

La sangre regresa mediante venas tributarias de las yugulares y broncoesofágicas.

Los vasos linfáticos drenan dentro de los nódulos linfáticos adyacentes, principalmente el cervical, esternal, mediastínico y traqueo-bronquial.

La tráquea está inervada por nervios del sistema nervioso autónomo. El nervio vago proporciona fibras preganglionares parasimpáticas ya sea directamente, o a través de los nervios laríngeos recurrentes. Estas fibras hacen sinapsis en la pared de la tráquea, y las fibras posganglionares se distribuyen en la musculatura lisa y en las glándulas. Su función es producir la contracción de los músculos y la secreción de las glándulas. Las fibras simpáticas posganglionares del tronco simpático y del ganglio cervical medio también están presentes en las paredes de la tráquea; su función es opuesta a la de las fibras parasimpáticas. (10, 1)

Los impulsos procedentes de terminaciones nerviosas sensoriales situados en la mucosa, son transmitidos por fibras que se derivan al nervio vago. La estimulación de estas terminaciones produce dolor, tos y en casos extremos puede interferir en la respiración.

Ramificación de las vías aéreas. Los bronquios se diferencian de la tráquea por su estructura, ya que en lugar de anillos tiene placas cartilaginosas. Son dos los bronquios primarios, uno derecho y otro izquierdo, correspondientes a cada pulmón; se relacionan con la arteria pulmonar y con la arteria bronquial.

Los bronquios primarios ramifican dando lugar a los bronquios secundarios y posteriormente a los terciarios, estos últimos también reciben el nombre de bronquios intralobulillares, los cuales se dividen, dando lugar a los bronquiolos primarios que se ramifican en bronquiolos terminales o secundarios, y éstos se dividen, dando lugar a los bronquiolos respiratorios o terciarios, los cuales por medio de los canales alveolares llevan el aire a los alveolos, éstos están situados en filas y forman racimos, separados únicamente por un delgado tabique, constituido por una fina membrana conjuntiva que sirve de soporte a la densa red capilar, reforzada por numerosas fibras elásticas. (15, 22, 17)

Ramificación de las arterias, venas, vasos linfáticos y nervios. La arteria pulmonar transporta sangre venosa al pulmón, acompaña a los bronquios en sus ramificaciones y llega a formar ricos plexos venosos en las paredes de los alveolos, donde la sangre se oxigena y es devuelta al corazón por las venas pulmonares. Las arterias bronquiales son vasos de

pequeño calibre que transporta sangre arterial para la nutrición de los pulmones. Se ramifican progresivamente hasta los conductos alveolares, pero no se extienden hasta los alveolos.

Las arterias que provienen del tronco bronquialesofágico y gástrico-pulmonar proporcionan ramas pulmonares (en el caballo), estas ramas varían de tamaño y se ramifican principalmente en el tejido subpleural de los pulmones.

Los vasos linfáticos son numerosos y están dispuestos en dos series: la superficial que forma retículos muy compactos en la pleura y por debajo de la misma, y la serie profunda que acompaña a los bronquios y a los vasos pulmonares. La mayor parte de estos vasos convergen hacia la raíz del pulmón y penetran en los ganglios linfáticos bronquiales y otros en los ganglios mediastinales.

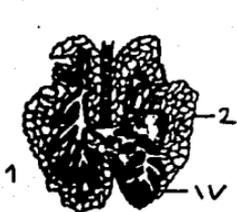
Los nervios pulmonares proceden del parasimpático (vago) y del simpático. Penetran por hilio y emiten ramificaciones que acompañan a las arterias bronquiales y a los bronquios.

P U L M O N E S

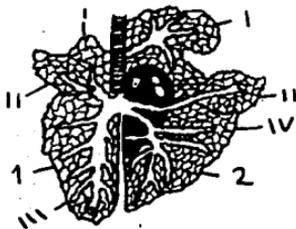
Son dos órganos (derecho e izquierdo) que ocupan la mayor parte de la cavidad torácica y se adaptan exactamente a las paredes de la cavidad y a los demás órganos contenidos en la misma.

Representan la parte fundamental del aparato respiratorio y son órganos blandos, esponjosos, de color rosado; están formados de tejido elástico y envueltos por los sacos pleurales viscerales.

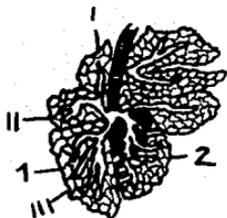
PULMONES EN DIFERENTES ESPECIES



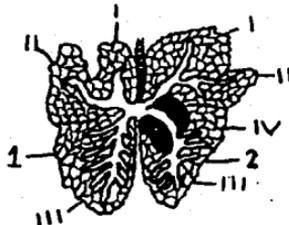
CABALLO



OVEJA



BOVINO



CERDO

- 1 IZQUIERDO
- 2 DERECHO
- I LOBULO APICAL
- II LOBULO CARDICO
- III LOBULO DIAFRAGMATICO
- IV LOBULO INTERMEDIO

Figura # 7

Los pulmones tienen una configuración cónica. Los estudiaremos dividiéndolos en: caras, bordes, vértices, base e hilio.

La base se apoya en el diafragma y el vértice en la parte anterior del tórax; el hilio de cada pulmón está situado a la mitad del lóbulo intermedio, lugar donde penetra el bronquiolo, la arteria pulmonar y los nervios, así como por donde salen las venas pulmonares y los vasos linfáticos. (21, 22)

Los pulmones puede ser divididos por la pleura pulmonar, en lóbulos separados por fisuras profundas que comienzan en la porción ventral.

En la vaca, la oveja, el cerdo y el perro, el pulmón izquierdo se divide en los siguientes lóbulos: apical (craneal), cardíaco (medio) y diafragmático (caudal). En estas especies el pulmón derecho consta de un lóbulo accesorio, además de los ya mencionados. Los pulmones en los caballos no tienen subdivisiones externas, excepto por la presencia del lóbulo intermedio del lado derecho. (Figura 7)

La porción lateral, cara externa o costal del pulmón está en contacto con la pared torácica, por lo cual en su superficie se aprecian las impresiones de las costillas y músculos intercostales, al igual que en su cara interna se observan las impresiones, que se marcan como surcos: el aórtico, el esofágico, de la vena cava anterior y la cardíaca. En la cara posterior encontramos la impresión diafragmática.

Vasos y Nervios. La sangre que se va a oxigenar sale por la ven

trículo derecho del corazón y pasa al tronco pulmonar. Este se divide en las arterias pulmonares derecha e izquierda, que penetran en los pulmones derecho e izquierdo, respectivamente.

Los tejidos pulmonares están nutridos por la sangre que llevan las arterias bronquiales. La mayor parte de la sangre de los pulmones retorna al corazón por las venas pulmonares, que son más gruesas, fuertes y elásticas que otras, a fin de soportar los cambios de presión intrapulmonar.

A diferencia de las otras venas, las pulmonares no se anastomosan, excepto las cercanas a la periferia del pulmón. Las venas pulmonares no tienen válvulas, por lo cual un aumento de presión en la aurícula izquierda es acompañado por un aumento de presión en las venas pulmonares.

Excepto en el caballo, la sangre de las paredes de los bronquios largos, la de la pleura pulmonar en la región del hilio y la de los nódulos linfáticos hiliares, regresa por venas bronquiales que desembocan en las venas ácigos, derecha e izquierda o las intercostales; estas estructuras drenan por las venas pulmonares. (6, 11, 22)

Arterias pulmonares. El tronco pulmonar se forma a partir del conus arteriosus del ventrículo derecho y de los arcos dorsales y caudales derechos. Se relaciona cranealmente con la aurícula derecha, caudalmente con la izquierda, y por la parte derecha con el arco aórtico. Del lado izquierdo el tronco pulmonar se divide de la bifurcación traqueal.

La arteria pulmonar derecha cruza a la derecha del plano medio, el área ventral por la bifurcación traqueal y entra en el pulmón respectivo por el hilio ventral al bronquio principal. En las especies en que existe un bronquio traqueal, la arteria pulmonar derecha proporciona una rama apical que pasa ventralmente a la tráquea y entra en el pulmón ventral al bronquio lobar apical. La arteria pulmonar izquierda pasa caudalmente, hacia la izquierda de su origen, en la bifurcación del tronco pulmonar, y entra en el pulmón por el hilio, craneoventralmente, al bronquio principal izquierdo. Las arterias pulmonares derecha e izquierda se curvan alrededor de las caras laterales de los bronquios principales, con el fin de alcanzar los planos dorsolaterales de sus respectivos bronquios lobares diafragmáticos. La arteria derecha pasa dorsalmente al bronquio lobar medio derecho, y la izquierda pasa dorsalmente al bronquio lobar apical izquierdo.

Las ramas de las arterias pulmonares acompañan a bronquios y bronquiolos y terminan en una red capilar que rodea los conductos y sacos alveolares y alveolos. En el perro y en el gato las ramas de las arterias pulmonares asientan en las láminas de tejido conectivo de los bronquios y bronquiolos, donde están parcialmente rodeadas de vasos linfáticos. Por regla general se encuentran sobre la cara craneal del bronquio, que transversal y oblicuamente va al eje longitudinal del pulmón y sobre la cara medial del bronquio, paralela y cranealmente a su eje longitudinal.

Venas Pulmonares. Las venas pulmonares reciben la sangre arterial de la verdadera parte respiratoria del pulmón y la sangre venosa de la pleura visceral y los bronquios. Las venas pulmonares drenan en la au

- | | | | |
|---|------------------|---|----------|
| 1 | ARTERIAS | 5 | ESTERNON |
| 2 | VENAS PULMONARES | 6 | TRAQUEA |
| 3 | PULMONES | 7 | RIÑÓN |
| 4 | DIAFRAGMA | | |

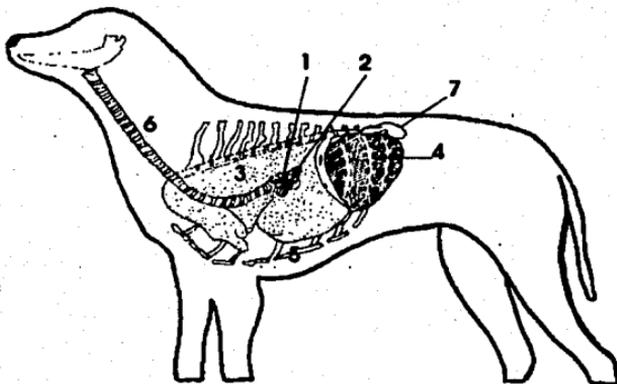


Figura # 8.

rícula izquierda del corazón.

La disposición de las venas pulmonares dentro de los pulmones, a diferencia de las arterias pulmonares, está sujeta a algunas variaciones según las especies. Esto parece depender de la disposición de la parte terminal del árbol bronquial y del grado de desarrollo del septum interlobular. Las venas están dentro del tejido conectivo y normalmente acompañadas de vasos linfáticos.

En los pulmones del bovino, la oveja, la cabra y el cerdo, los bronquiolos respiratorios están pobremente desarrollados, o pueden estar ausentes, de tal forma que las unidades respiratorias individuales son relativamente pequeñas, y el septum interlobular está bien desarrollado.

Las venas pulmonares en estos pulmones forman nódulos que siguen al bronquio y se encuentran, por lo general, en el lado opuesto del bronquio en el que se encuentra la arteria. Reciben tributarias que cursan por el septum interlobular y la pared intersegmental, y drenan zonas adyacentes al tejido pulmonar.

En los pulmones del caballo, la disposición de la parte terminal del árbol bronquial es similar a la del bovino, la oveja, la cabra y el cerdo, pero los septum interlobulares no están completamente desarrollados.

En las partes periféricas de los pulmones, las venas están ligeramente relacionadas con el árbol bronquial y situadas al lado opuesto

del árbol de las arterias. Sin embargo, en las partes centrales de los pulmones, las venas pulmonares tienen un camino más independiente hacia el hilio y descansan entre los segmentos, hasta que alcanzan los bronquios lobares, allí nuevamente se relacionan con los bronquios.

En el perro y el gato, los bronquiolos respiratorios están bien desarrollados y en consecuencia cada unidad respiratoria es relativamente grande. La pleura es delgada y los septum interlobulares están pobremente desarrollados. Las venas pulmonares no se relacionan con las ramas del árbol bronquial, excepto en el bronquio lobar, pero se localizan más o menos equidistantes de los bronquios y bronquiolos adyacentes, así también reciben tributarias de cada uno de éstos. (10, 6, 15, 17) (Figura # 8).

Arteria broncoesofágica. Las ramas bronquiales derecha e izquierda (arterias) surgen de la arteria broncoesofágica, o bien independientemente de la aorta, o de las primeras arterias intercostales aórticas. Las ramas irrigan estructuras de esta área, incluida la bifurcación traqueal, los nódulos linfáticos pulmonares y la pleura pulmonar en la región hilar. Las ramas bronquiales, derecha e izquierda, entran en el pulmón por el hilio, sobre el plano dorsal de los respectivos bronquios principales; siguen estrictamente el árbol bronquial, circulan por su alrededor e irrigan totalmente la pared de los bronquios y bronquiolos; van colaterales a las paredes de las arterias y venas pulmonares, y, con excepción del perro y el gato, existen verdaderas anastomosis bronquio-arteriolares-pulmonares a nivel de los bronquiolos terminales. La distribución periférica de las ramas bronquiales varía según la especie.

En el bovino, la oveja, la cabra y el cerdo, animales en los que los septum interlobulares se hallan bien desarrollados, las ramas abandonan las terminaciones bronquiales y después de irrigar el septum interlobular, ingresan en el tejido conectivo subpleural, donde forman una rica red de vasos. Estos se anastomosan con las ramas pleurales, surgidas de las ramas bronquiales en la región hilar.

Las ramas bronquiales terminan, en la porción distal de los bronquiolos terminales, en una red capilar común a las arterias pulmonares. En el caballo, se encuentran distribuidas en los septum interlobulares y en el tejido conectivo subpleural, como en el bovino, la oveja, la cabra y el cerdo. Además de las ramas asociadas al árbol bronquial, existen ramas bronquiales que siguen a las arterias pulmonares e irrigan, con sangre arterial, la red capilar alveolar. Esta recibe también sangre arterial de las ramas bronquiales que acompañan al árbol bronquial, por intermedio de ramas pleurales y del septum interlobular.

El perro y el gato, animales en los que los septum interlobulares están pobremente desarrollados o ausentes, tienen arterias bronquiales que no proporcionan ramas al tejido conectivo interlobular y no irrigan la pleura, con excepción de una pequeña zona situada alrededor del hilio. Hay que reconocer que las ramas de las arterias pulmonares irrigan al resto de la pleura. Las ramas bronquiales terminan en una red capilar, común a las arterias pulmonares, a nivel de los bronquiolos respiratorios.

Venas bronquiales. Las venas bronquiales drenan la sangre de las paredes de los grandes bronquios. Se comunican libremente, en los

pulmones, con las venas pulmonares; y por fuera, con los sistemas ácigos venosos. Las válvulas se encuentran presentes en estas venas sistémicas.

Las venas bronquiales también drenan los nódulos linfáticos y la pleura en la región del hilio pulmonar, se anastomosan con vasos que drenan las estructuras mediastínicas de esta cavidad. Las venas bronquiales están ausentes en el caballo.

Inervación. El vago, el simpático y posiblemente los nervios frénicos contribuyen a la inervación pulmonar, así forman un plexo pulmonar que está relacionado con las raíces de los pulmones.

Cada plexo pulmonar se puede dividir en las paredes dorsal y ventral, la primera está relacionada con la porción dorsal de los bronquios principales, y la ventral con los vasos pulmonares. Dentro del pulmón, los plexos pulmonares se dividen en ramas muy finas que se asocian al árbol bronquial y a los vasos sanguíneos. Microscópicamente estas fibras nerviosas alcanzan la periferia del pulmón y su cubierta pleural.

En los plexos, especialmente en la región de los bronquios, se encuentran asociados también con los bronquios grandes, medianos y pequeños, así como con los bronquiolos. Los ganglios están localizados extracardialmente y en los bronquios grandes y pequeños también se encuentran subcardialmente fuera de la capa muscular. Muchos de estos ganglios se hallan en estrecha asociación con las glándulas bronquiales. En la adventicia y submucosa del gato se han encontrado ganglios bronquiales.

Los impulsos con efectos son conducidos a lo largo de las fibras parasimpáticas preganglionares hasta las ganglionares intrapulmonares y de éstas al músculo liso y glándulas del árbol bronquial, donde producen efectos broncoconstrictores y secretomotores. Hay una posibilidad de que alguno de estos impulsos pueda ser conducido dentro del pulmón a lo largo de fibras posganglionares parasimpáticas, originadas en células ganglionares localizadas en el tronco vagal; se cree que estos impulsos, conducidos a lo largo de las fibras parasimpáticas, causan la dilatación de los vasos pulmonares.

Los impulsos sensoriales que se conducen a lo largo de las vías parasimpáticas llevan impulsos que se inician por las terminaciones nerviosas sensoriales en el árbol bronquial. Estos son impulsos de dolor, tacto y estiramiento. La vía simpática conduce impulsos iniciales por terminaciones nerviosas sensoriales en la pleura visceral, estos son de dolor y receptores de estiramiento.

La vía parasimpática lleva también impulsos iniciados por receptores de presión, los cuales se localizan en la capa subendotelial de las venas pulmonares, se cree que en éstas se localizan quimiorreceptores en el glomus pulmonare, localizado en la pared dorsal del tronco pulmonar - cerca de su bifurcación. (10, 22, 20, 17).

Los receptores de estiramiento están estimulados por el aumento de tamaño de los pulmones, durante la inspiración; o se hallan, por tanto, relacionados al control reflejo de la respiración.

La estimulación de las terminaciones nerviosas sensoriales, localizadas en la mucosa bronquial, inducirá el acto reflejo de la tos.

Los presorreceptores y quimiorreceptores detectan cambios de presión y de composición química en la sangre, así también están relacionados con el control reflejo de la circulación y de la respiración. (10,6)

CAPITULO III

HISTOLOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS DOMESTICOS

CAVIDAD NASAL

Se divide en tres regiones histológicamente distintas: región vestibular, región respiratoria y región olfatoria.

La extensión de la región vestibular varía según la especie. En realidad representa el punto de reflexión del tegumento como membrana mucosa de la cavidad nasal. La lámina epitelial es de epitelio plano escamoso, estratificado no queratinizado. Puede haber células con pigmento. La lámina propia de la túnica mucosa es de tejido conjuntivo laxo y se mezcla con la fascia subyacente de músculo en la capa fibrosa de los recubrimientos relacionados al hueso o cartílago. Las vellosidades pilosas (vibrios), glándulas sudoríparas y glándulas sebáceas se encuentran en la porción cutánea. También puede haber glándulas tubuloalveolares ramificadas (serosas y mixtas) que auxilian el humedecimiento del aire inspirado. (18)

La membrana de la región vestibular cambia en forma gradual respecto a la región respiratoria. Esta última comprende la mayor parte de la cavidad nasal. La lámina epitelial es un epitelio cilíndrico pseudoestratificado cilíado, presenta células caliciformes que humedecen y limpian el aire. La lámina propia de la túnica mucosa es de tejido conjuntivo areolar; en esta capa se encuentra, dispersas, numerosas glándulas tubuloalveolares mixtas ramificadas y glándulas nasales por lo general serosas. En esta área también puede haber tejido eréctil, el cual está formado de cavidades revestidas por endotelio, las que se continúan con vasos sanguíneos de un área en particular; aunque por lo general, es-

tán colapsados, porque se llenan de sangre bajo una estimulación nerviosa apropiada. El tejido glandular humedece el aire, mientras que el eréctil, lleno, lo enfría o calienta, al utilizar la membrana mucosa como instrumento para transferir calor. El tejido conjuntivo de esta región se continúa con el subyacente, relacionado con el hueso o cartilago.

Los senos aéreos paranasales se continúan con la cavidad nasal; son espacios ubicados dentro de los huesos maxilar, frontal, etmoides y esfenoides. El epitelio varía de cuboideo o escamoso a cilíndrico ciliado, pseudoestratificado y delgado. Con menos frecuencia que en la cavidad nasal, en este también se encuentran células caliciformes y glándulas nasales; no hay tejido eréctil. Tanto el tejido conjuntivo restante como las relaciones con el hueso se parecen a las de la cavidad nasal. Dada la estrecha vinculación de la mucosa con el hueso subyacente, estas estructuras se denominan en conjunto mucoperiostio.

La región olfatoria es un área especializada para la olfacción, ubicada sobre los cornetes etmoidales, adyacentes a los nasales y al tabique nasal. Estudios macroscópicos indican que puede ser amarilla, parda, gris o negra, por la acumulación de pigmento. La lámina epitelial consta de un epitelio cilíndrico pseudoestratificado no ciliado. Este es muy grueso y puede tener hasta 15 estratos con núcleos muy visibles. Dicha región está formada de tres tipos celulares: células sustentaculares basales y olfatorias. Las sustentaculares son altas, con ápices anchos y bases angostas. Los núcleos vesiculares son ovales y se hallan hacia el ápice celular; tienen gránulos de pigmento, a éstos se debe el color de la región. Las células basales son típicas de este tipo de epitelio. Las olfatorias son neuronas modificadas, cuyos procesos basales continúan al

cerebro como axones del primer nervio craneal. El ápice celular se modifica como una proyección bulbosa de la vesícula olfatoria, desde la que se proyectan cilios modificados y vellocidades olfatorias, receptores del estímulo olfatorio. Los núcleos vesiculares redondos están en el centro o en la base. La lámina propia subyacente es típica y tiene glándulas serosas tubuloalveolares ramificadas (de Bowman). A éstas se debe la limpieza de la superficie olfatoria y la solubilización de sustancias productoras de olor.

En el perro, el área de olfacción es de 7000 mm^2 y contiene 2.8×10^8 células, mientras que en el hombre es de 500 mm^2 y con 2×10^7 células; por lo tanto la gran capacidad del perro para la olfacción, comparada con la del hombre, se encuentra vinculada directamente con la extensión - del epitelio olfatorio, la cual proporciona al perro una mayor sensibilidad en la detección de los olores. (2, 3, 18)

N A S O F A R I N G E

Es la porción de la faringe que está sobre el paladar blando; - conecta la cavidad nasal con la orofaringe.

La lámina epitelial consta de epitelio cilíndrico ciliado, pseudoestratificado, con células caliciformes. La lámina propia de la túnica submucosa se constituye del tejido conjuntivo areolar, con mucho tejido linfático difuso y en forma agregada, así como de amígdalas. Las fibras elásticas son prominentes en el espacio tisular conjuntivo. En esta región hay glándulas tubuloalveolares ramificadas (mucosas, serosas y mixtas). La túnica muscular está compuesta de músculo esquelético en orien-

taciones variadas. En esta área, la túnica adventicia se encuentra a la fascia. (2, 3)

F A R I N G E

La faringe constituye una cavidad de forma casi cónica que sirve a los aparatos respiratorio y digestivo. Cuando se respira por la nariz, deja pasar el aire desde las cavidades nasales a la laringe y trompas de Eustaquio. También lleva el alimento desde la boca hasta el esófago, órgano en cuya parte superior se continúa. Como la faringe es común a ambos sistemas, cuando la nariz se encuentra obstruida, permite la respiración por la boca o cuando la boca está inmobilizada, por motivo quirúrgico, posibilita la alimentación mediante una sonda que pase por la nariz.

La faringe se divide en tres partes. La faringe nasal es la que se encuentra por encima del nivel del paladar blando. El límite posterior de la boca queda indicado por los arcos glosopalatinos. La parte de la faringe situada por detrás constituye la faringe bucal. La faringe laríngea es la continuación de la faringe bucal, desde el nivel del hioides hasta el esófago. (3)

La faringe está revestida de epitelio. Este difiere según las partes y su correspondencia con diversas funciones. En los lugares donde hay desgaste y frotamiento, como el ocasionado por el paso de alimento o por el deslizamiento de una superficie sobre otra, existe epitelio plano estratificado no queratinizado. Donde el epitelio de revestimiento no tiene contacto con el aire es cilíndrico ciliado pseudoestratificado. Se

encuentra epitelio cilíndrico estratificado en algunos lugares, sobre todo en las zonas de transición entre los dos tipos.

El revestimiento de epitelio se apoya en una membrana conectiva bastante densa, que contiene fibras colágenas y fibras elásticas. En la parte que está más alejada del epitelio suele haber una capa gruesa de fibras elásticas. Por fuera de ésta se encuentra una fibra muscular estriada, los músculos constrictores y longitudinales de la faringe, y por afuera del músculo hay otra capa fibrosa que une a la faringe con las estructuras vecinas.

En la profundidad del epitelio de la faringe hay tejido glandular, sobre todo cerca de las aberturas de las trompas de Eustaquio. En algunos casos puede observarse que las glándulas penetran en la capa muscular. Una ligera elevación a lo largo de la línea media de la nasofaringe señala la localización de la única amígdala faríngea (llamada en ocasiones adenoide, particularmente cuando está hipertrofiada). Se compone de un grupo de nódulos linfáticos laxos ubicados debajo del epitelio cilíndrico pseudoestratificado que recubre la nasofaringe. (2, 14, 18)

L A R I N G E

La laringe es el segmento del aparato respiratorio que une a la faringe y la tráquea. Además de funcionar como parte del sistema de conducción respiratoria, interviene de forma importante en la fonación. En sus paredes hay un "esqueleto" de cartilago hialino y elástico, algo de tejido conectivo y músculos estriados, así como una mucosa que contiene -

glándulas serosas y mucosas. Los cartílagos de mayor tamaño de la laringe (tiroides, cricoides y aritenoides) son hialinos; los más pequeños (corniculados, cuneiformes y extremos de los aritenoides) son elásticos, al igual que el cartílago de la epiglotis. Los cartílagos están unidos al hueso hioides, por tres grandes membranas aplanadas: la membrana tiroidea, las membranas cuadradas y la cricovocal. Estas se constituyen de tejido fibroconectivo denso en el cual se encuentran varias fibras elásticas, especialmente en la membrana cricovocal, las cuerdas vocales verdaderas y falsas (ligamento vocal y vestibular), que son respectivamente, los bordes superiores libres de la membrana cricovocal (cricotiroidea) y los bordes inferiores libres de las membranas cuadradas (arriepiglóticas). Entre las cuerdas falsas y verdaderas se extiende por fuera, a cada lado del seno y en el sáculo de la laringe, un pequeño divertículo sacciforme. el cartílago cricoides tiene forma de anillo de sello, más ancho por detrás que por delante, y su cavidad continúa con la luz de la tráquea. Por detrás de los cartílagos cricoides y aritenoides, la pared posterior de la faringe está formada por músculos estriados, que son los músculos constrictores de la faringe, y se continúa con el borde inferior del cartílago cricoides y con la musculatura intrínseca del esófago. Cuando la laringe tiene esta forma, la vía aérea se extiende entre las cuerdas vocales (rimaglottidis), por la cavidad cricoidea, hasta la tráquea, y el alimento pasa sobre la cara posterior del cricoides a la luz del esófago.

El epitelio de la membrana mucosa que reviste la laringe varía según su ubicación. En la cara anterior y tercio superior distal de la cara posterior de la epiglotis, los pliegues arriepiglóticos (bordes superiores de las membranas arriepiglóticas) y las cuerdas vocales que son su-

perificiales, humedecidas y sometidas a desgaste, presentan epitelio estratificado plano y no queratinizado. En el resto de laringe se encuentra - epitelio seudoestratificado ciliar cilíndrico con células caliciformes, - es decir epitelio típico del aparato respiratorio. Aunque el epitelio - por arriba de las cuerdas vocales normalmente es de tipo seudoestratificado ciliado cilíndrico, suelen encontrarse placas de epitelio estratificado plano. En las cuerdas vocales, la lámina propia del epitelio estratificado plano es densa y se encuentra unida firmemente al tejido conectivo subyacente del ligamento vocal. No hay submucosa verdadera de la laringe, pero la lámina propia de la membrana mucosa es gruesa y contiene numerosas fibras elásticas, en su interior hay glándulas tubuloalveolares, la - mayor parte de éstas son mucosas. Algunos acinos incluyen semilunas serosas y se encuentran algunas unidades pluralmente serosas. En la epigló--
tis aparecen predominantemente, en ambas caras, glándulas salivales mixtas, en mayor número en la cara posterior, a menudo en depressiones irregulares en el cartílago elástico. En la cara posterior o laringea hay algunas yemas gustativas, situadas en el epitelio superficial. También se encuentran ganglios linfáticos diseminados en la lámina propia.(14)

Los cilios del epitelio laríngeo, al igual que en todas las -
vías respiratorias, se mueven hacia la faringe.

En cualquier corte de la laringe se encontrarán fibras de músculo estriado. En las paredes posterior y postero laterales hay fibras de los músculos constrictores. Con relación a las membranas arriepiglótica y cricotiroidea, hay fibras de la musculatura intrínseca de la laringe, músculos asociados con la fonación, respiración y deglución. (3, 14, 2, 18)

T R A Q U E A

Es un tubo rígido de diferente diámetros y largos, según la especie, el cual cranealmente se continúa con el anillo cricoideo. Se extiende por debajo de la parte inferior del cuello, zona superior del mediastino y en el torax, donde termina al dividirse en los bronquios principales derecho e izquierdo. Tiene una pared bastante delgada que es pliable y puede alargarse con los movimientos respiratorios y posturales.

La apertura de la tráquea está mantenida por una serie de cartílagos, casi en forma de herradura de contornos irregulares, orientados - uno arriba del otro, con zonas incompletas por atrás. Estos cartílagos, en el corte longitudinal, son planos por fuera y convexos por dentro. Entre los anillos adyacentes de cartílago hialino, los orificios bastante angostos están llenos de tejido fibroconectivo, que se une con el pericondrio de los anillos. Se encuentran numerosas fibras elásticas en este tejido conectivo y los haces de fibras colágenas están orientadas en forma tal que proporcionan elasticidad adicional al tubo. Por detrás, en las zonas donde no hay unión entre las puntas de cada cartílago en forma de herradura, se encuentran haces comunicantes de fibras musculares lisas - (músculo traqueal), orientados principalmente en sentido transversal y fijados a los cartílagos y tejido conectivo elástico para disminuir el diámetro de la tráquea durante la contracción. Por fuera del tubo se encuentra tejido fibroconectivo laxo que contiene pequeños vasos sanguíneos y nervios (autónomos) que riegan e inervan la tráquea. A este proceso se le ha denominado adventicia. (Figura # 9)

ESQUEMA DE UN CORTE TRANSVERSAL DE LA TRAQUEA

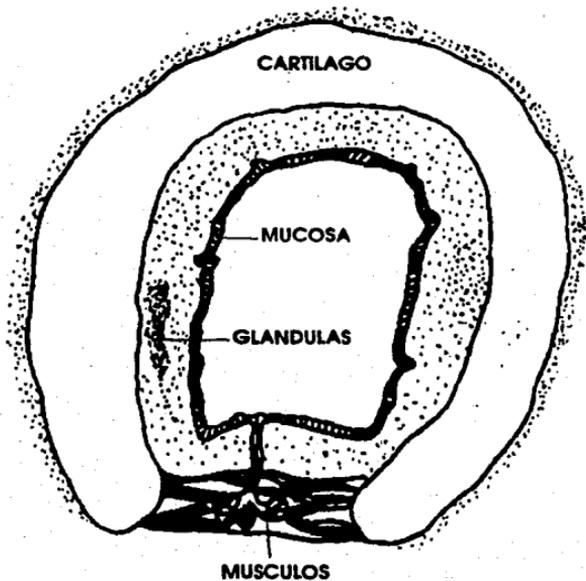


Figura # 9

Por dentro de los cartílagos se encuentra la submucosa, capas - de tejido fibroconectivo areolar laxo que contiene numerosas glándulas pequeñas y mixtas y algunas unidades serosas. Estas glándulas se localizan principalmente entre los anillos cartilagosos adyacentes y por detrás, dentro y fuera de la musculatura lisa. Sus conductos que atraviezan la - lámina propia de la mucosa para desembocar en la superficie, en esta capa son notables los capilares sanguíneos y linfáticos.

La membrana mucosa que reviste la tráquea incluye epitelio seu- do estratificado ciliado o cilíndrico, con células caliciformes que se encuentran en una lámina basal gruesa, con una lámina propia de sostén. En el epitelio se distinguen cuatro tipos de células: células cilíndricas - simples, cuyo movimiento ciliar asciende hacia la faringe; células cilíndricas con borde estriado y microvellosidades; células caliciformes secre- toras de moco, y células basales que pueden representar linfocitos o ma- crófagos emigrando por el epitelio; la lámina propia es bastante delgada. No se encuentra muscularis mucosae, pero en su lugar hay condensación de fibras elásticas de la lámina propia para formar una capa elástica inde- pendiente, cuyas fibras se dirigen principalmente en sentido longitudinal. Son frecuentes en la lámina propia los acúmulos pequeños de linfocitos. - La Luz de la tráquea en su forma característica parece una D, en el corte transversal. (14, 2, 18, 19)

BRONQUIOS EXTRAPULMONARES O PRIMARIOS

Se originan en la bifurcación de la tráquea y su estructura es similar a ésta.

P U L M O N

Con base a su estructura, el pulmón puede considerarse una glándula tubalveolar compuesta. Su producto de "excreción" es el bióxido de carbono, que es "secretado" a través de la superficie alveolar, en intercambio por la introducción de oxígeno. Ello se facilita dadas las propiedades elásticas del pulmón. Una gran red de fibras elásticas posibilita, en parte, la respuesta contráctil ante una alteración del tamaño de la cavidad torácica. Esta última es controlada por la expansión y contracción del diafragma y caja torácica. (18, 19)

El pulmón consta de dos medios-pulmones. Con frecuencia cada medio pulmón se conoce simplemente como tal y se subdivide en diferente número de lóbulos, según la especie. Los lóbulos se dividen en lobulillos. En los rumiantes y los cerdos, las divisiones lobulillares se observan con facilidad en la superficie del pulmón. En el caballo y en el hombre las subdivisiones lobulillares son menos notorias. En el perro y en el gato no hay subdivisiones.

El pulmón está cubierto por una membrana serosa (pleura visceral). El tejido conjuntivo subseroso, a menudo denominado cápsula del pulmón, consta de una capa delgada de tejido conjuntivo aereolar con fibras elásticas abundantes. Esta membrana serosa sigue el contorno superficial de los lóbulos. El tejido conjuntivo interlobulillar es laxo y abundante en fibras elásticas. El espacio intralobulillar o intersticial está ocupado por tejido conjuntivo reticular, también hay fibras elásticas.

El desarrollo embiológico del pulmón requiere contribuciones - del endodermo y mesodermo. Al endodermo se debe el revestimiento de las porciones conductivas y alveolar, en tanto que el mesodermo origina todos los elementos intersticiales. Hay tres estados distintos pero continuos_ en el desarrollo del pulmón: glandular, cunicular y alveolar. El glandular se caracteriza por la arborización extensa de la parte alta de las - vías respiratorias. El estado cunicular se caracteriza por un descenso - inicial de las células de revestimiento y la diferenciación de dos tipos de células de revestimiento. El estado alveolar representa la formación completa de la barrera funcional aereosanguínea. (2, 3, 19)

BRONQUIOS INTRAPULMONARES

Este sistema es una modificación de los bronquios extrapulmonares. Las fibras elásticas de éstos suelen estar dispuestos en el área - ocupada por la lámina muscular de la mucosa y se relacionan íntimamente - con la lámina propia de la membrana en los bronquios intrapulmonares. Las fibras musculares lisas del musculo traqueal se disponen como la lámina - muscular de la mucosa. Sin embargo el cartílago permanece en la posición que casi siempre ocupa la túnica muscular.

Los bronquios intrapulmonares pueden dividirse en primarios, se_ cundarios y terciarios, con base en sus ramificaciones, tamaño luminal y constituyentes murales. Hay un cambio gradual y continuo de los primarios a los terciarios. Los bronquios intrapulmonares primarios son la continua_ ción de los extrapulmonares primarios. Sus constituyentes murales se parecen. La Lámina epitelial es de epitelio cilíndrico pseudoestratificado,

**DIAGRAMA DE LOS COMPONENTES DE TRANSICION Y
DE INTERCAMBIO DEL PULMON.
NO HAY BRONQUIOS RESPIRATORIOS O NO
ESTAN DESARROLLADOS IGUAL
EN TODAS LAS ESPECIES
DOMESTICAS**

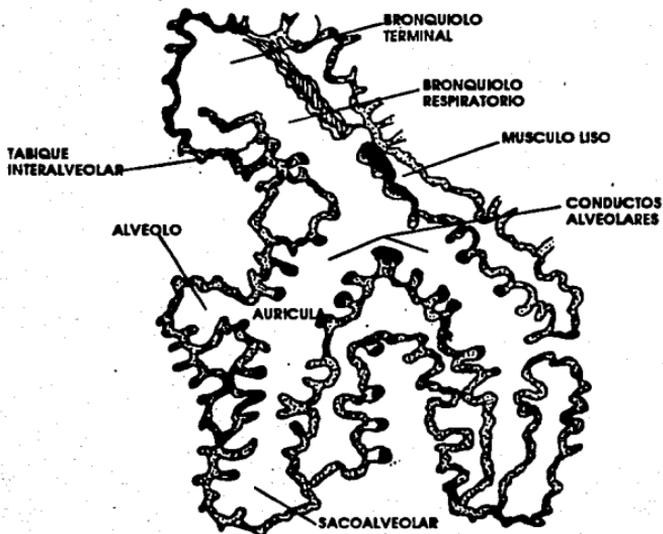


Figura # 10

ciliado, y tiene muchas células caliciformes. La lámina propia que continúa con el tejido conjuntivo del hilio, es aereolar, y tiene numerosas fibras elásticas. Hay lámina muscular de la mucosa dispuesta de igual manera que las fibras elásticas. La configuración espiral de estos componentes origina una mucosa muy replegada. La túnica submucosa también consta de tejido conjuntivo aereolar y tiene glándulas mucosas tubuloalveolares espirales. De manera usual, estas glándulas disminuyen en número conforme se acercan a los bronquios terciarios. No obstante, en el gato pueden extenderse hasta los bronquiolos primarios. En algunas especies, sólo aparecen en los bronquios extrapulmonares o se extiende en un corto trecho del pulmón. Los anillos cartilaginosos de los bronquios grandes disminuyen en tamaño, y se convierten en placas cartilaginosas que desaparecen en el espacio de transición hacia los bronquiolos primarios. El tejido conjuntivo periférico es aereolar y continuo con el espacio intersticial. (3, 14, 19)

B R O N Q U I O L O S

Son las divisiones más pequeñas de las porciones de conducción no respiratorias del pulmón. La lámina epitelial consta de células cilíndricas simples o cuboideas y carece de células caliciformes. Las células de revestimiento son ciliadas en los bronquiolos primarios. Los cilios disminuyen en los bronquiolos distales y se pierden en los bronquiolos terciarios. Es importante subrayar que después los cilios se extienden más hacia la parte inferior del árbol respiratorio, de lo que lo hacen las glándulas. La lámina propia consta de fibras colágenas finas y elásticas. *Se encuentra también la lámina muscular de la mucosa, la cual es *(Figura 10)

**UNIDAD RESPIRATORIA QUE ILUSTRA LA ANATOMIA
DE LAS SUPERFICIES RESPIRATORIAS**

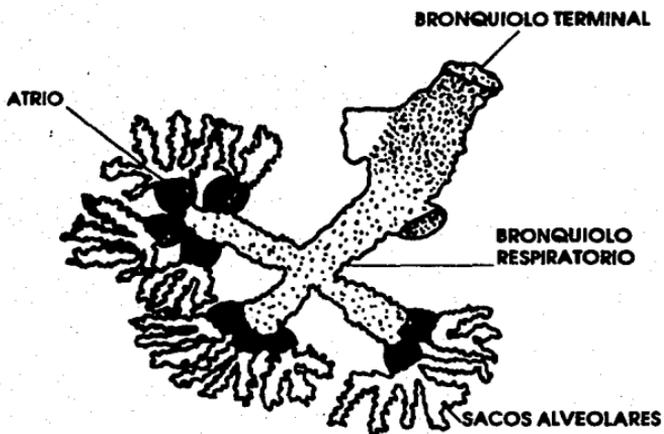


Figura # 11.

continua. El tejido conjuntivo periférico se parece a la lámina propia, pero no es muy extenso. No se presenta cartílago. Los bronquiolos terminales o terciarios son los elementos de conducción primaria a los lobulillos secundarios y se dividen en varios bronquiolos respiratorios.

BRONQUIOS RESPIRATORIOS.

Son las porciones iniciales del pulmón, encargadas del intercambio de gases. La lámina epitelial consta de células cuboideas, algunas - pueden ser ciliadas. Las células cuboideas no son de revestimiento continuo, sino que se interrumpen por alveólos que forman bolsas a partir de las paredes de este bronquiolo. La lámina propia es indistinta, pero las fibras colágenas y elásticas sostienen a las células de revestimiento. (Figura 11).

Hay músculo liso, pero está laxamente organizado junto al epitelio cuboideo.

Los bronquiolos respiratorios no se desarrollan igual, ni se encuentran en todas las especies. A menudo se hallan bien desarrollados en carnívoros y monos; son poco frecuentes en ruminantes y cerdos; se desarrollan mínimamente en el hombre y caballo, y no existen en el ratón. En las especies que no los tienen, los bronquiolos terminales se abren de manera directa en varios conductos alveolares.

Algunas de las células cuboideas de estos bronquiolos, células cláras, pueden estar implicadas en el metabolismo de las sustancias superficie-activas (surfactantes); aunque en un principio se creyó que produ-

**ESQUEMA DE UN ALVEOLO COMO SE APRECIARIA
CON POCO AUMENTO EN UN MICROSCOPIO**

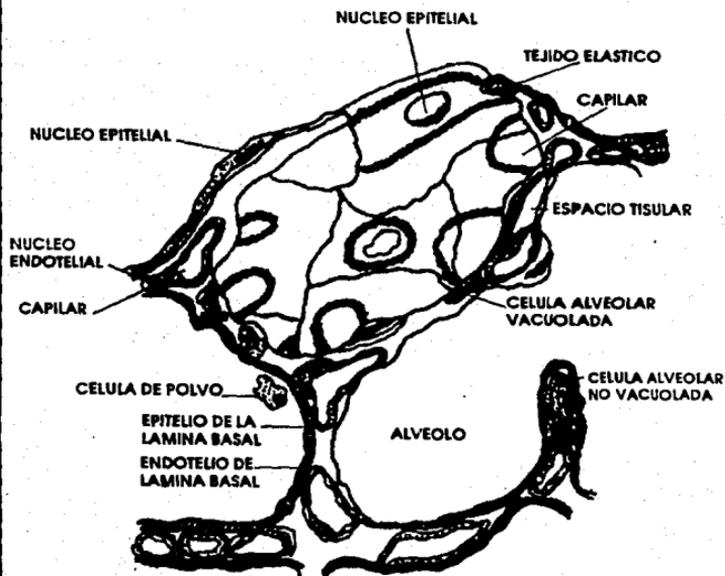


Figura # 12

ción dichas sustancias, ahora se ha demostrado que lo hacen otras células, por lo tanto la función de las claras no es muy precisa.

Conductos alveolares, sáculos y atrios

Los bronquiolos respiratorios de un lobulillo (bronquiolo terminal de éste), se dividen en numerosos conductos alveolares.

Estos túbulos están revestidos completamente por alveolos, puede haber músculo liso a lo largo del borde luminal, en los ápices entre los alveolos adyacentes. Los conductos alveolares se dividen y expanden periféricamente en sáculos que se revisten de alvéolos. La abertura común de los sáculos se denomina atrio. (Figura # 11)

Neumocitos y alvéolos.

El revestimiento de los alvéolos consta de dos tipos de células neumocitos membranosos agranulares (tipo I) y neumocitos granulares (tipo II), y células gigantes alveolares.

Los neumocitos membranosos (agranulares) son los constituyentes primarios del revestimiento alveolar. Son endoteliales, con citoplasma disminuido, el cual se reduce al límite de resolución del microscopio de luz. Su núcleo se aprecia y se proyecta hacia la luz alveolar. El examen del alvéolo con microscopio electrónico permitió concluir que de hecho el alvéolo está revestido de células.

ESQUEMA DE UN LOBULILLO PULMONAR

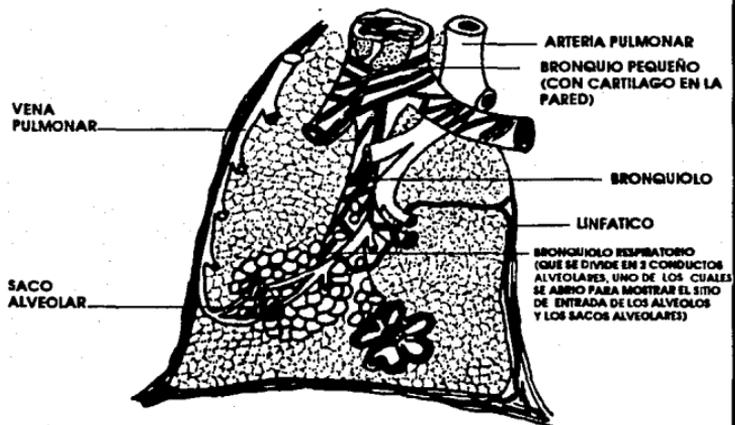


Figura # 13

Hasta hace poco, el neumocito tipo II había sido objeto de mucha controversia. aunque se consideró macrófago, pruebas actuales respaldan su función secretora, así como de que se encarga de elaborar el surfactante, material de tipo detergente que reduce la tensión superficial del alvéolo y evita el colapso alveolar en la espiración. Independientemente de los nombres dados a esta célula, el más preciso es el de neumocito tipo II o granular; se presenta en cantidades variables de una o varias por alvéolo, estas células son redondeadas o cuboides y revisten en forma intermitente la superficie alveolar. Los cuerpos celulares son esponjosos y proyectan en la luz alveolar, los procesos celulares de estas células se conectan por uniones apretadas con los procesos de los neumocitos membranosos. Los cuerpos lamelares, esmiofílicos, son una característica diagnóstica de estas células cuando se observan al microscopio electrónico. (2, 3, 14, 18)

Algunas veces los alvéolos adyacentes se comunican por poros. - Estos pueden distribuir los gases homogéneamente, y originan la presión - en los alvéolos. También pueden transmitir líquidos, partículas, bacterias y macrófagos alveolares entre los alveolos. (Figura 12)

Barrera aereosanguínea.

Las células tipo I y II están sostenidas por una lámina basal y fibras colágenas muy finas, reticulares o elásticas. La proximidad de - los alvéolos adyacentes delimitan con claridad un espacio septal o intersticial distintivo, pero muy reducido, que contiene las fibras mencionadas, además fibroblastos, macrófagos y capilares sanguíneos.

La barrera aereosanguínea (vía aereosanguínea) consta de: reves
timiento celular alveolar, lámina basal alveolar, espacio septal, lámina
basal relacionada con el endotelio y célula endotelial. No obstante, su
grosor es variable. Esta barrera se constituye al menos por el revesti-
miento celular alveolar, la lámina basal fusionada y la célula endotelial,
esta es la más delgada y eficaz de las vías de difusión; la más gruesa y
eficaz estaría constituida por una expansión de la región septal.

Dado que el pulmón está expuesto durante la inspiración a mate-
riales extraños, existen varios métodos para limpiar el aire, mediante -
las células caliciformes, cilios y macrófagos. Estos son los mediadores_
primarios de dicha actividad, en la porción baja del árbol respiratorio.-
La migración transalveolar de estas células (histiocitos) de las áreas -
septales, así como las de la sangre (monocitos), pueden prouirse hacia_
la luz del alvéolo, entre las células de revestimiento, y residir sobre -
éstas o quedar libres en la luz. Muy rara vez se encuentra como constitu-
yentes de las células residentes del revestimiento, sobre la lámina basal.
Estas y las células de relación comprenden la población celular alveolar_
transitoria, en tanto que los neumocitos constituyen la población celular
alveolar residente. (14, 18, 19) (Figura # 13)

C A P I T U L O I V

FISIOLOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO DE LOS MAMIFEROS DOMESTICOS

La respiración es el conjunto de absorción, transporte y expulsión de sustancias gaseosas. En el intercambio gaseoso intervienen principalmente el oxígeno (O_2) y el dióxido de carbono (CO_2). El oxígeno es necesario para que muchas sustancias sean oxidadas en las células, mientras que el CO_2 es un producto final de metabolismo. El eslabón de unión entre el intercambio gaseoso en los pulmones y el intercambio gaseoso en las células lo constituye la sangre, en su función respiratoria, íntimamente unida a la función de la circulación. El oxígeno es transportado por la sangre, gracias a la circulación, hasta las células más alejadas, donde tiene un papel decisivo en los procesos de oxidación. (Figura 14)

La fisiología de la respiración comprende también el metabolismo gaseoso en las células, el transporte O_2 y CO_2 por la sangre, y la función de los órganos respiratorios.

En virtud de que la respiración es en esencia un intercambio de gases entre un organismo y su medio ambiente, se deben recordar algunos principios físicos de los gases. Un gas o mezcla de gases se comporta como mezcla de pequeñas partículas. Estas partículas (moléculas de gas) están separadas por distancias más o menos grandes y están en continuo movimiento al azar (browniano). Las partículas no ejercen ninguna fuerza entre sí, a menos que choquen, y aún así la pérdida de energía es intransigente ya que las moléculas se comportan como objetos elásticos. (19)

Existen cuatro leyes sobre los gases: de Boyle, de Charles, de Henry y de Dalton. La Ley de Boyle dice que a temperatura constante, el volumen de un gas varía inversamente con respecto a la presión a la que -

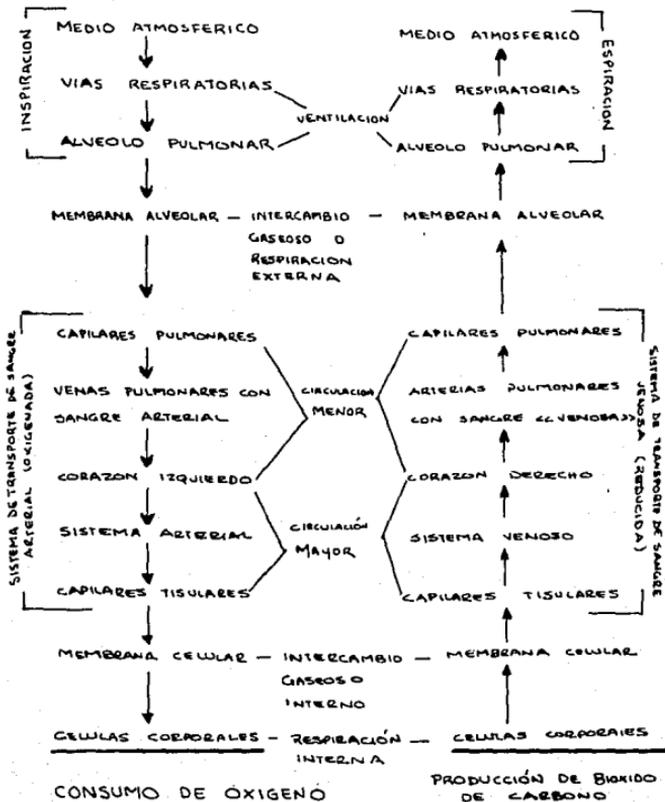
se somete dicho gas. La de Charles establece que a presión constante el volumen de un gas varía directamente con respecto a la temperatura y proporcionalmente a la temperatura absoluta. La de Henry establece que a una temperatura constante, la cantidad de gas disuelto en un líquido sin afinidad por el gas, varía directamente con la presión del gas en el medio. La de Dalton dice que la presión ejercida por cada componente de una mezcla de gases es independiente de los otros gases en la mezcla. Un corolario de la ley de Dalton trata de las presiones parciales (tensión) de un gas y establece que la presión parcial de un gas cuando abandona una solución es igual a la presión parcial del mismo gas entrando a la solución, el sistema está en equilibrio para ese gas. (5, 4)

La respiración se hace más compleja a medida que es más complejo el animal. En las formas unicelulares simples, la respiración es un proceso relativamente simple, ya que el organismo está en contacto directo con su medio ambiente, y el intercambio gaseoso es directo entre el medio y la célula. Esta forma de respiración se conoce como directa y solamente es posible si todas las células de un organismo están en contacto con su medio ambiente. En las formas complejas de vida multicelular, es imposible la respiración directa, ya que las células de un organismo se han especializado y la gran mayoría de ellas no está en contacto con el medio ambiente externo. Por tanto, debe haber manera de proporcionarle oxígeno a estas células. Los mamíferos superiores han desarrollado un sistema de órganos respiratorios cuyo propósito es llevar oxígeno a las células del organismo recogiendo bióxido de carbono, agua y otros productos de desecho de naturaleza gaseosa o de vapor. Aunque las estructuras difieren entre las especies de animales, todas poseen una característica membrana del-

Figura # 14

APORTE DE OXIGENO

ELIMINACION DE BIXIDO DE CARBONO



gada húmeda y semipermeable que separa el medio que contiene el oxígeno de un lado y la sangre en circulación del otro.

Se puede observar, ya que el término "respiración" se refiere a un intercambio gaseoso, que hay dos tipos de respiración en el organismo - de los animales superiores: externa, que incluye los órganos de la respiración y la corriente sanguínea; y la interna, que es un intercambio de gases entre la corriente sanguínea y las células del cuerpo. En cada tipo ocurre un intercambio de productos útiles y de desecho.

RESPIRACION INTERNA

La respiración celular constituye una cadena de reacciones bioquímicas. La esencia de la cadena respiratoria consiste en un transporte de electrones desde una sustancia oxidable a otra que al captar los electrones queda reducida. La sustancia reducida cede electrones a otra nueva sustancia, de forma que primeramente es reducida y después oxidada. Cada paso de este proceso respiratorio consiste en una oxidación y una reducción simultánea de dos productos intermedios. Como hay liberación de hidrógeno, a la sustancia oxidada se le llama dador de hidrógeno, y a la reducida receptor de hidrógeno.

El CO_2 procede de la escisión de grupos carboxilos con la ayuda de descarboxilasas. Así tiene lugar la descarboxilación de los ácidos grasos por las cetoácidosdescarboxilasas y la de los aminoácidos por las aminoácidosdescarboxilasas.

(Determinando el contenido en oxígeno y en dióxido de carbono - de la sangre arterial y venosa de un órgano se puede tener una indicación del consumo de oxígeno y de la producción de carbónico de los tejidos. El consumo de oxígeno de los órganos en reposo del perro, expresado en ml. - por minuto y kilo de peso del órgano, es de 19 en el intestino, 27 en el hígado, 50 en el bazo, 40 en el páncreas y 28 en las glándulas salivales. La producción de CO_2 en el músculo estriado en reposo oscila entre 2 y 7 ml. por minuto y kilo de peso).

El intercambio gaseoso entre la sangre capilar y las células de pende de la presión del gas en la sangre y de la extensión de la superficie de contacto. La magnitud de esta superficie de contacto para la difu sión de gases entre el capilar y las células está en función de diversos factores. (16, 12, 13)

RESPIRACION EXTERNA

Vías de conducción aérea.

Las vías de conducción aérea tienen la misión de llevar el aire exterior hasta los alveólos, que es lugar donde se realiza el intercambio de gases con la sangre. Están formados por las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea y los bronquios. A su paso por estas estructuras, revestidas en parte por epitelio vibrátil, el aire exterior se calienta y humedece. El epitelio ciliado expulsa a los cuerpos extraños que pueden penetrar con el aire. A excepción del caballo, todos los animales do mesticos pueden tomar y expulsar el aire tanto a través de la nariz como

de la boca. En el caballo el velo del paladar es muy largo y en el curso de la inspiración y de la espiración se coloca de tal forma, en la epiglotis abierta, que la corriente de aire no puede atravesar la cavidad bucal.

MECANICA DE LA RESPIRACION

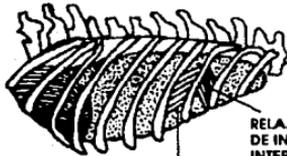
Durante la inspiración, la cavidad torácica se agranda por contracción del diafragma, por el movimiento lateral y hacia adelante de las costillas y los músculos del pecho y por la relajación del músculo liso - que rodea a los alveolos y bronquiolos. Esto crea un vacío parcial dentro del árbol bronquial y el aire es introducido hasta los alveolos.

La contracción de los músculos diafragmáticos provoca el aplano de la forma de domo del diafragma e incrementa el espacio intratorácico. Además de la contracción diafragmática está la relajación abdominal, lo que permite el desplazamiento de las vísceras hacia abajo y posteriormente. La contracción de los músculos diafragmáticos está controlada por los nervios frénicos. Si se les secciona, sobreviene parálisis diafragmática. (Figura # 15)

En los perros, la parálisis del diafragma no perjudica a la función pulmonar, ya que se puede lograr la expansión y contracción de la cavidad torácica con el movimiento de las costillas y los músculos torácicos.

Durante la espiración se reduce el tamaño del tórax y el aire - se expulsa mientras se contraen los pulmones. Se pueden dividir en tres

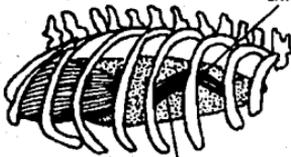
INSPIRACION



RELAJACION
DE INTERCOSTALES
INTERNOS

CONTRACCION
DE INTERCOSTALES
EXTERNOS

ESPIRACION



INTERCOSTALES
EXTERNOS

INTERCOSTALES
EXTERNOS

Figura # 15

clases los músculos que participan en la espiración: músculos de la pared abdominal, músculos del pecho y músculos lisos que rodean a los bronquiolos. Los músculos de la pared abdominal se contraen, presionando a las víceras abdominales, esta presión se transfiere a la cara posterior del diafragma empujándolo hacia adelante para que adopte su posición de descanso. Los músculos del tórax provocan la rotación de la caja costal hacia atrás y hacia adentro. Se contraen los músculos lisos que rodean a los bronquiolos, reduciendo el tamaño de estas estructuras y forzando la salida del aire de los pulmones. (16)

Los músculos intercostales, los transversos torácicos, los elevadores costales y las costillas, forman el principal grupo de estructuras que pueden substituir al diafragma. Otros músculos torácicos y abdominales pueden, y de hecho lo hacen, participar en el proceso de la respiración, pero son de menor importancia. Los músculos elevadores costales y los intercostales externos hacen rotar a las costillas sobre sus ejes longitudinales, pasando por las cabezas de las costillas y sus sitios articulares en las vertebras. Esto hace que las costillas se desplacen hacia afuera, adelante y arriba, aumentando así la cavidad torácica. Los músculos intercostales internos hacen rotar a las costillas para que regresen a sus posiciones de reposo y los músculos torácicos transversos comprimen lateralmente a la cavidad torácica, completando el movimiento espiratorio. Los movimientos de las 4 ó 5 costillas anteriores son muy limitados, pero los de las costillas posteriores pueden ser muy amplios. En el animal normal se utiliza con frecuencia el movimiento de las costillas posteriores para ayudar al diafragma a realizar un llenado y un vaciado pulmonar más acentuado, ya sea para incrementar el contenido de oxí

geno en la sangre circulante o para "sacar" el exceso de bióxido de carbono, o para ambas cosas.

Durante la respiración pausada, los músculos de la inspiración no se contraen al máximo y los de la espiración (excepto el liso alveolar) no se contraen para nada, pues son suficientes el regreso a posición de descanso de la pared torácica y el colapso de los pulmones expandidos. Al final de la espiración normal, con todos los músculos en reposo, el pulmón tiene la tendencia a colapsarse aún más, pero esto se evita por la presión negativa existente entre su superficie y la pleura parietal.

Asociada a la inspiración y espiración se encuentra la presión intrapulmonar (presión de aire de los pulmones). Durante la inspiración, el aire que está dentro de los pulmones se enrarece y el aire externo entra rápidamente para igualar la presión. Durante la espiración, los pulmones en contracción aumentan la presión hasta que ésta es mayor que la del exterior, por tanto, el aire se desplaza hacia afuera. Durante la pausa entre la inspiración y la espiración, la presión intrapulmonar y la atmósfera son iguales ya que hay una libre comunicación entre los pasajes pulmonares y el ambiente exterior. En virtud de que durante este momento las presiones son iguales, no hay movimiento de aire hacia afuera o adentro de los pulmones.

Por lo general, los cambios en la presión respiratoria intrapulmonar son mínimos. Durante la respiración pausada la presión en los espacios aéreos alveolares solamente sube y baja ligeramente durante la inspiración, lo que produce pequeñas variaciones de la presión que alcanzan a

desplazar el aire hacia afuera y adentro. Cuando se obstruye la respiración, como en el asma y la neumonía, son mayores los cambios en la presión del aire.

Como el objetivo de la respiración es llevar cierta cantidad de aire fresco a la corriente sanguínea en un período dado, se hace la siguiente pregunta: ¿Qué es más eficiente, una respiración rápida o una respiración lenta y profunda? Para contestar recordemos que el intercambio gaseoso ocurre solamente en los alveolos y no entre los espacios muertos de la tráquea y el árbol bronquial. Por tanto, a más respiraciones por minuto, mayor ventilación útil de los espacios muertos. Desde este punto de vista, es más económico respirar profundamente una cuantas veces que muchas pequeñas. Por otro lado, el trabajo que se realiza para cada respiración aumenta como el cuadrado del volumen. Tomando en cuenta esto, y en lo que a gasto de energía se refiere, es más barato respirar muchas veces (pequeñas respiraciones) por minuto. Es aparente que la mayor eficiencia radicara en un punto medio entre estos dos extremos. Los cálculos para el hombre y los mamíferos domésticos revelan que cada especie tiene una frecuencia respiratoria que realiza el trabajo con el menor esfuerzo. En general, la frecuencia de la respiración varía inversamente al tamaño del animal y la profundidad varía directamente.

El flujo del aire hacia adentro y afuera de los pulmones puede ser laminar o turbulento. El flujo laminar pasa por el árbol respiratorio durante la respiración pausada normal de un animal en reposo. El flujo turbulento puede ocurrir durante la actividad respiratoria máxima, o en caso de bloqueo parcial de las vías respiratorias. Durante el flujo -

laminar, el aire tiende a desplazarse suavemente y en línea recta, y la frecuencia del flujo aumenta o disminuye en proporción directa a los cambios de presión. El flujo turbulento se caracteriza por remolinos y la frecuencia del flujo está generalmente poco relacionada con los cambios de presión. (15, 4, 6, 8)

FRECUENCIA RESPIRATORIA

La frecuencia respiratoria varía con las especies y se expresa como el número de respiraciones por minuto para animales normales en reposo. Aparentemente, los factores físicos que afectan la frecuencia respiratoria se correlacionan con la talla corporal, por ejemplo, casi siempre las hembras respiran más rápido que los machos de la misma especie, los animales pequeños tienen mayores frecuencias respiratorias que los grandes y los animales inmaduros tienen frecuencias respiratorias más rápidas que los adultos. En estados patológicos (como neumonía o anemia), cuando están reducidas el área pulmonar o la capacidad sanguínea, la respiración será más rápida.

Número de movimientos respiratorios por minuto, en los mamíferos domésticos.

<u>especie</u>	<u>valor medio</u>	<u>límites</u>
caballo	12	8-16
vaca	20	carne 12-20 leche 18-28
cordero	15	12-25
cabra	15	12-25
cerdo	13	8-18
perro grande	15	10-20
perro pequeño	25	15-30
gato	25	20-30

(4)

ESPACIOS MUERTOS ANATOMICOS Y ALVEOLARES

El término de espacio muerto se usa para describir los pasajes aéreos situados entre las fosas nasales y los alveolos. En el espacio - muerto no hay intercambio entre el aire y la sangre. El espacio muerto - representa aproximadamente un tercio del volumen tidal o aproximadamente 2000 centímetros cúbicos en el caballo. El contenido en estos pasajes se mezcla con el nuevo aire inhalado con cada inspiración, se calienta y humedece evitando alteraciones súbitas en la temperatura y composición del aire que llega a los alveolos. Esto es necesario para proteger las delicadas estructuras terminales, ya que cambios rápidos en su ambiente pueden producir inflamación u otras condiciones que conducirían a una neumonía o alguna otra enfermedad pulmonar.

Existe una segunda forma de espacio muerto, que es el que se refiere al de los alveolos que no se usan. Esto puede representar una gran proporción de los pulmones en el animal en reposo, pero esta proporción - disminuye al aumentar la actividad. Puede ser de cero en animales sometidos a un fuerte esfuerzo respiratorio, para eliminar el exceso de bióxido de carbono proveniente de una intensa deuda de oxígeno.

El espacio muerto de los órganos respiratorios sirve para el desempeño de diversas funciones fisiológicas:

1. La producción de sonidos, para lo cual existen formaciones especiales, como la laringe.

2. Regulación de la temperatura corporal. La cesión de calor mediante evaporación de agua en los órganos respiratorios cuando hay elevadas temperaturas ambientales, desempeña un importante papel, sobre todo en el perro y en el cerdo.

3. Captación de sustancias olorosas y con ello transmisión de información desde los receptores olfativos.

4. Calentamiento y limpieza del aire inspirado. También cuando hay bajas temperaturas ambientales alcanza así el aire inspirado casi a la temperatura corporal antes de llegar a los alveolos. (5, 16)

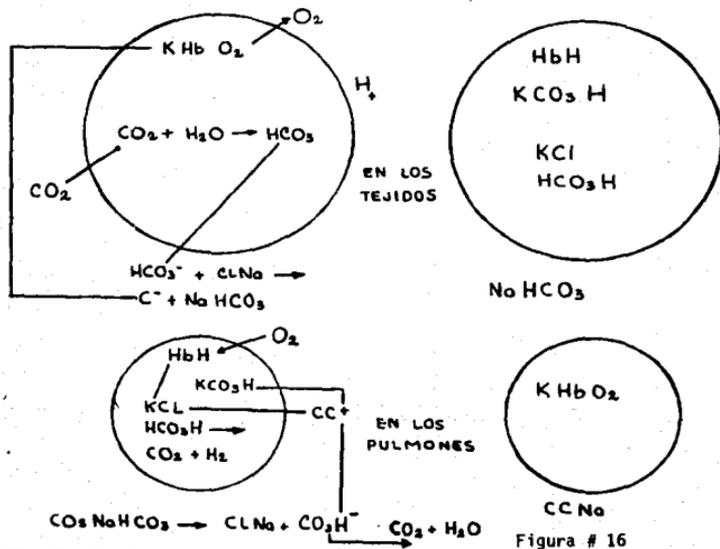
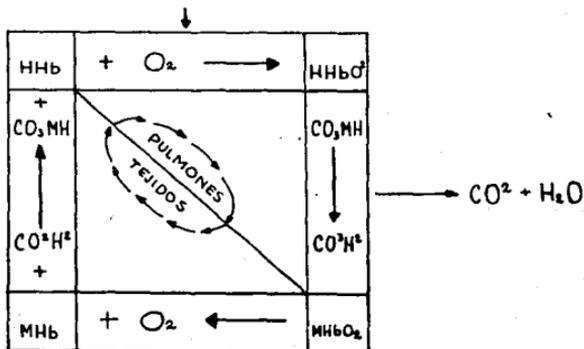
PROCESO FISICO-QUIMICOS DURANTE LA RESPIRACION

El aire basal está formado por las diversas porciones de los volúmenes respiratorios. Se trata de una mezcla gaseosa de composición muy distinta a la del aire exterior, que varía de acuerdo con diversos factores extrínsecos e intrínsecos.

En los alveolos tiene lugar un intercambio gaseoso entre el aire y la sangre de los capilares pulmonares. Para que se realice el intercambio entre el O_2 y el CO_2 es indispensable que exista una diferencia de presión, como sucede en condiciones normales. La presión parcial de oxígeno en el aire alveolar es superior a la que este gas tiene en los capilares venosos y, en cambio con el dióxido de carbono pasa lo contrario. A causa de estas diferencias de presión, el paso de los gases a través del epitelio alveolar y de la pared capilar puede explicarse por un simple fenómeno de difusión. El CO_2 se difunde con más facilidad que el O_2 y así con una diferencia de presión menor se puede realizar el intercambio. Además de la diferencia de presiones entre los alveolos y la sangre, en el intercambio gaseoso intervienen también el tiempo de permanencia del aire en los pulmones y la velocidad de paso de la sangre por los capilares, de donde se deduce que es necesaria una estrecha coordinación entre la circulación y la respiración.

En el transcurso de los intercambios gaseosos respiratorios se alcanza prácticamente una saturación máxima de oxígeno en los pulmones. La presión parcial media de O_2 en el aire alveolar es de 100mm. Hg; la de la sangre venosa, de los capilares es de 40 mm Hg. Con esta diferen--

INTERCAMBIO GASEOSO A NIVEL DE PULMONES Y TEJIDOS



cia de presión de 60 mm. Hg se alcanza una saturación de la hemoglobina - de 98% aproximadamente.

Pero el intercambio de oxígeno no se realiza aisladamente, al mismo tiempo tiene lugar cambios de contenido de CO_2 del aire alveolar y de la sangre que influyen sobre la capacidad fijadora de oxígeno de la hemoglobina.

A medida que la hemoglobina se va saturando con O_2 aumenta la - concentración de H^+ en los eritrocitos ya que la HbO_2 es un ácido más - fuerte que la hemoglobina. Los iones H^+ que se van formando son fijados por el $\text{CO}_3 \text{H}^-$ para formar CO_3H_2 . Entonces se cede mayor cantidad de CO_2 al plasma sanguíneo y aire alveolar. Por otro lado, el aumento de la concentración de iones H^+ en los tejidos, que, por ejemplo, se eleva al subir la presión parcial de CO_2 hace que disminuya la saturación de O_2 en - la hemoglobina. La entrada de CO_2 en la sangre de los capilares causa en - tonces liberación de O_2 en los tejidos. (9, 12, 13, 16) (Figura 16)

REGULACION QUIMICA

En la regulación química de la respiración intervienen el conten - nido en dióxido de carbono y en oxígeno de la sangre, y el pH de ésta. Es - tos tres factores están íntimamente ligados entre sí. La excitación quí - mica del centro respiratorio, puede efectuarse directamente, por las vías - sanguíneas que llegan a sus neuronas, o bien, indirectamente, a través de quimiorreceptores situados en determinados lugares del aparato circulato - rio.

El aumento de la presión parcial de CO_2 en la sangre que riega el bulbo raquídeo, produce una hiperventilación bien por excitación de los quimiorreceptores sensibles al CO_2 situados en el propio centro, o bien por la creciente concentración de hidrogeniones. La desviación del pH hacia la zona ácida que se produce al elevarse la presión parcial de CO_2 conduce también al aumento de la ventilación pulmonar. Al acelerarse la respiración aumenta la expulsión de CO_2 por los pulmones con lo que se normaliza su concentración en sangre y el pH de ésta. Por el contrario la disminución de la presión parcial de CO_2 y la elevación del pH (derivación hacia el lado básico) tiene como consecuencia una hipoventilación, con lo que disminuye la expulsión de CO_2 a través de los pulmones.

La influencia directa sobre el centro respiratorio de una disminución no muy marcada de la presión parcial de O_2 en los capilares que lo irrigan, no es muy intensa. Si la escasez de oxígeno se mantiene, acaba por paralizar el centro respiratorio.

La regulación química indirecta de la respiración se hace por conducto de receptores situados en el seno carotídeo constituido por terminaciones sensibles del nervio glosofaríngeo. Las variaciones tanto de la presión parcial de O_2 como la de CO_2 en la sangre, producen una variación en los impulsos originados en estos receptores. Cuando la presión parcial de O_2 en la sangre arterial que pasa por el seno carotídeo es normal, los quimiorreceptores envían impulsos constantemente que llegan hasta el centro respiratorio. Cuando la presión parcial de O_2 se eleva y la sangre se satura de este gas, desaparecen los impulsos. Siempre que la presión parcial de O_2 disminuye se produce un aumento en la frecuencia de

impulsos y con ello una aceleración de la respiración, también cuando la presión parcial de CO_2 en la sangre arterial se eleva, se intensifica la respiración por acción sobre los receptores del arco aórtico. (5, 7, 8)

CONTROL NERVIOSO DE LA RESPIRACION

La respiración está regulada por la compleja interacción de los diferentes músculos de la respiración. Los músculos del tórax, diafragma, pecho y los del pulmón mismo, funcionan tan íntegramente que es evidente que están coordinados por un mecanismo regulatorio. Mucho antes de su descubrimiento, se postuló la existencia de un centro respiratorio. Su localización se determinó a groso modo, seccionando el tallo cerebral y el cordón espinal de animales de experimentación.

La sección del cordón espinal, que está por debajo del origen de los nervios frénicos, paraliza los músculos intercostales y abdominales, pero afecta al diafragma. La sección del cordón espinal a nivel del foramen magno paraliza los músculos intercostales, abdominales y diafragmáticos. La sección del tallo cerebral que está por arriba del bulbo raquídeo, no causa efecto o muy poco en los movimientos respiratorios. De los resultados obtenidos de estas secciones resulta evidente que el centro del control radica en cierto lugar del bulbo raquídeo.

El control respiratorio está influido tanto por los nervios sensoriales como por los cambios químicos en la sangre, que controlan la frecuencia y profundidad de la respiración. El centro es fundamentalmente automático, ya que seguirá mandando impulsos rítmicos por las vías moto-

ras a los músculos, aún después del corte de los nervios sensoriales que van al centro. Las fibras motoras abandonan el centro y bajan por el cordón espinal para emerger como nervios motores periféricos que inervan los músculos respiratorios en las regiones torácica y abdominal. Los nervios frénicos derecho e izquierdo emergen de la parte cervical posterior del cordón espinal a nivel de la séptima vértebra cervical y atraviesan la abertura torácica y el mediastino para activar el diafragma, también emergen otras fibras motoras de las regiones torácica y abdominal del cordón espinal, que van a inervar otros músculos torácicos y abdominales involucrados con la inspiración y la expiración. Los impulsos motores del centro respiratorio deben su carácter automático a dos orígenes, la estimulación vagal a través del reflejo inhibitorio de la inspiración y los impulsos del centro neumotáxico en la protuberancia que inhibe periódicamente los impulsos inspiratorios del centro.

El centro respiratorio tiene una conexión potencial a casi todas las partes del cuerpo, vía nervios sensoriales. El dolor, sin importar el origen, puede provocar un aumento del número y la profundidad de las respiraciones, así como hacer exagerados los movimientos espiratorios. Golpes en ciertos plexos nerviosos, como en el plexo solar, pueden provocar un bloqueo completo del centro. Hay un reflejo vagal respiratorio específico de los pulmones y el tórax (el reflejo de inhibición respiratoria) cuando los nervios sensoriales son estimulados por la expansión pulmonar. Los nervios sensoriales de estas estructuras alcanzan el centro por medio del nervio vago durante el pico respiratorio e inhiben al centro. Esto para momentáneamente la descarga de impulsos motores a los músculos inspiratorios y sobreviene la expiración.

NEURONAS RESPIRATORIAS DEL TALLO CEREBRAL VISTA DORSAL DEL TALLO CEREBRAL

CEREBRO EXTIRPADO. TAMBIEN SE MUESTRAN LOS EFECTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL TALLO CEREBRAL A DISTINTOS NIVELES. LOS TRASOS ESPIROMÉTRICOS DE LA DERECHA INDICAN LA PROFUNDIDAD Y FRECUENCIA DE LA RESPIRACION GDR GRUPO DORSAL DE LAS NEURONAS RESPIRATORIAS, GVR GRUPO VENTRAL DE LAS NEURONAS RESPIRATORIAS, NPBL NÚCLEO PARABRANQUIAL (CENTRO NEUMOTÁXICO), CAP CENTRO APNEÚSTICO 4o. ven. CUARTO VENTRÍCULO, TCI TUBERCULO CUADRIGEMINO INFERIOR, PCM PEDUNCULO CEREBELO MEDIO

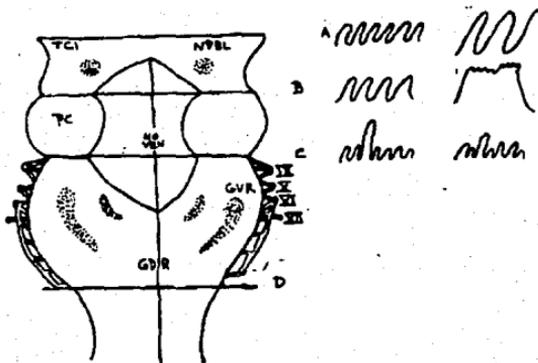


Figura # 17

Como la espiración es esencialmente un mecanismo de recobro, no se mandan impulsos espiratorios específicos del centro. Estos sólo están presentes en hipernea y polipnea. Durante la espiración, cuando la distensión pulmonar disminuye, lo hace también la frecuencia de impulsos, que alcanza su mínimo al final de esta fase. En este momento el centro respiratorio inicia una nueva inspiración. Esta autorregulación de la respiración mediante, del nervio vago se conoce igualmente como reflejo de Hering Brewer. El corte de los nervios vagos evita estos reflejos, provocando una respiración más lenta y profunda. Con la eliminación del control vagal, toma el mando el centro neumotáxico, dando un carácter diferente a los movimientos respiratorios. (Figura 17)

Además de transportar los impulsos sensoriales de los reflejos de Hering Brewer, el nervio vago también lleva impulsos nerviosos del cuerpo aórtico, a los barorreceptores aórticos (receptores de precisión) que pueden inhibir los mensajes inspiratorios del centro respiratorio y dominan los impulsos del centro neumotáxico. Si se quitan ambos, la estimulación vagal y neumotáxica del centro respiratorio, los movimientos respiratorios se pararán durante la inspiración.

SISTEMA DE QUIMIORECEPTORES PARA EL CONTROL DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA.

Aparte de la sensibilidad directa del propio centro respiratorio para factores humorales, receptores químicos especiales denominados quimiorreceptores, situados afuera del sistema nervioso central, originan cambios considerables de las concentraciones de oxígeno, bióxido de carbo

no y iones de hidrógeno. Estos transmiten señales al centro respiratorio para ayudar a regular la actividad respiratoria. Estos quimiorreceptores están ubicados primariamente en las grandes arterias de tórax y cuello; - la mayor parte se hallan en los cuerpos carotídeo y aórtico. Los cuerpos carotídeos se hallan en la bifurcación de la arteria carótida primitivas; sus fibras nerviosas aferentes siguen por el nervio de Hering y de allí, por el glossofaríngeo, hasta el bulbo. Los cuerpos aórticos se encuentran a lo largo del arco de la aorta; sus fibras nerviosas aferentes llegan al bulbo siguiendo a los N.vagos. Cada uno de estos cuerpos recibe su riego sanguíneo especial por una pequeña arteria directamente desde el tronco arterial vecino respectivo.

Los cambios de concentración de oxígeno arterial casi no ejercen acción directa sobre el propio centro respiratorio, pero cada vez que la concentración de oxígeno en la sangre arterial disminuye por debajo de la normal, los quimiorreceptores son estimulados enérgicamente.

Un aumento en la concentración de bióxido de carbono, o de iones de hidrógeno, también excita los quimiorreceptores, y en esta forma aumenta indirectamente la actividad respiratoria. Sin embargo los efectos directos de ambos factores sobre el propio centro respiratorio son mucho más poderosos que el efecto transmitido por los quimiorreceptores, de manera que en la práctica puede prescindirse de los efectos indirectos que actúan por medio de los quimiorreceptores. Por otra parte, en el caso del oxígeno esto no es así, porque la disminución de oxígeno en la sangre arterial sólo puede afectar la respiración actuando a través de los quimiorreceptores. (12, 13) (Figura 18)

AREAS QUIMIOSENSIBLES (AQS) EN LA SUPERFICIE VENTRAL DEL BULBO RAQUIDEO

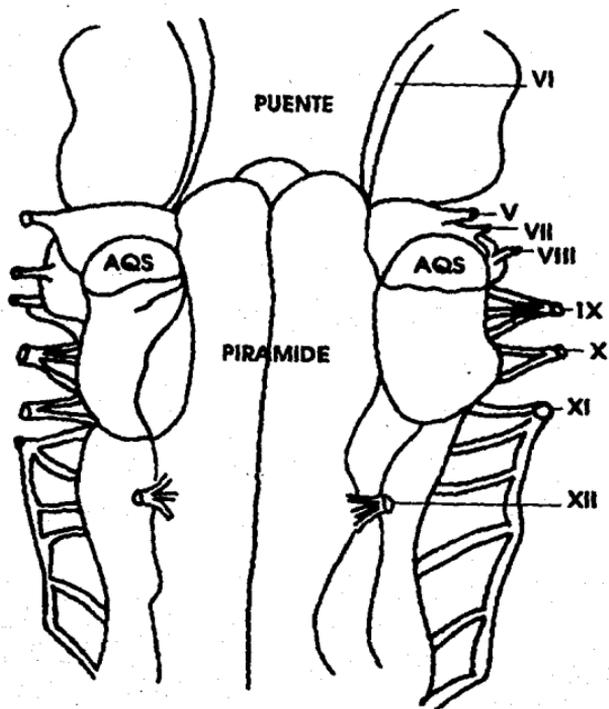


Figura # 18

AIRE ATMOSFERICO, INTERCAMBIO GASEOSO Y TRANSPORTE SANGUINEO

El aire atmosférico normal tiene una composición aproximada de 79% de nitrógeno, 20% oxígeno y una cantidad variable de bioxido de carbono, gases y vapor de agua, que componen el porcentaje restante. El aire espirado contendrá aproximadamente 79% de nitrógeno, 16% de oxígeno, 4% de bióxido de carbono y estará saturado de vapor de agua, que se obtiene principalmente del agua tisular y no es parte de la respiración, excepto porque tiende a humedecer las membranas mucosas del tracto respiratorio.

La sangre venosa que llega a los pulmones tiene un contenido relativamente alto en bióxido de carbono y bajo en oxígeno. Hay difusión a través de la membrana alveolar. El oxígeno se absorbe por los eritrocitos y el bióxido de carbono se libera de ellos. El principal medio de transporte es la hemoglobina, un pigmento que contiene hierro, y que está formado por la unión de cuatro moléculas de hierro-porfirina con un polipéptido llamado globina. Los niveles normales de hemoglobina varían desde aproximadamente 10 gramos por 100 mililitros de sangre hasta 17 grams por 100 mililitros. La hemoglobina tiene la capacidad de combinarse en forma poco estable con el oxígeno y el bióxido de carbono. Es parte del sistema tope de la sangre que mantiene el pH del cuerpo aproximadamente 7.4 ó ligeramente en el lado alcalino de la neutralidad. Cuando está completamente saturada, un gramo de hemoglobina puede combinarse fácilmente con otros compuestos químicos, como el cianuro y el monóxido de carbono, para formar la metahemoglobina, que es incapaz de acarrear oxígeno. (6,7,9)

INTEGRACION DEL APARATO RESPIRATORIO CON OTROS SISTEMAS
(REGULACION DEL pH)

El aparato respiratorio sólo cumple las dos primeras fases de la respiración (ventilación y difusión) que corresponde respectivamente a la entrada y salida del aire de los pulmones y el paso de O_2 y CO_2 a través de la membrana alveolocapilar. La tercera fase la realiza la sangre, que impulsada por el corazón recorre los vasos sanguíneos y su función es la de proveer a los tejidos de los elementos necesarios para su nutrición y funcionamiento; de ellos, el más importante es el O_2 , ya que su carencia es mortal en pocos minutos. Los sistemas respiratorios, circulatorio, nervioso, musculoesquelético, urinario y endocrino, todos íntimamente relacionados, integran sistemas homeostáticos de retroalimentación negativa y pasiva. La respiración se lleva a cabo con determinadas características, mientras los gases y el pH sanguíneos se mantienen entre ciertos límites. Si los niveles hemáticos de dichos factores cambian, el sistema nervioso recibe la información y envía impulsos motores al sistema musculoesquelético y al corazón, y la frecuencia y amplitud de los movimientos respiratorios y cardiovasculares se modifican, si esto no es suficiente y el cambio de gases (CO_2) modifica el pH sanguíneo, interviene el riñón, eliminando radicales ácidos y básicos para llevar a los límites normales el pH alterado. El pH puede alterarse independientemente de la concentración de CO_2 , entonces los impulsos nerviosos modifican la frecuencia y profundidad de la ventilación en un esfuerzo por equilibrar el pH. El sistema endocrino, a través de la liberación de sustancias hormonales que modifican el metabolismo, determina cambios respiratorios, para que los gases sean adecuados a los requerimientos tisulares. (15, 20)

VOLUMENES PULMONARES

Los volúmenes pulmonares se pueden subdividir en varios compartimientos:

Capacidad residual funcional (CRF) es el volumen de aire en los pulmones en la posición de descanso normal al final de la fase expiratoria. Volumen tidal (VT) se le denomina al volumen de aire que es inhalado durante la inspiración y la respiración tranquila que permite que abandone a los pulmones en forma pasiva durante la expiración. Capacidad inspiratoria (CI), es el volumen máximo de aire que puede ser llevado hacia el interior de los pulmones desde o a partir de la capacidad residual funcional. La capacidad inspiratoria se forma con el volumen final al cual se añade el volumen de reserva inspiratorio (VRI). Capacidad pulmonar total (CPT) es el llamado volumen de aire que se presenta en los pulmones al final de una inspiración máxima. El volumen de aire que se puede exhalar de una manera forzada desde el momento en que la capacidad residual se hace evidente, o sea después de completar una inspiración tranquila, se conoce como la reserva expiratoria (VRE). El volumen de aire que permanece en los pulmones luego de esta expiración máxima forzada se conoce como volumen residual (VR). Capacidad vital (CV) representa el volumen máximo que puede ser exhalado tras de la inspiración máxima y ésta es la diferencia entre la capacidad pulmonar total y el volumen residual.

(9, 15, 16) (Figura 19)

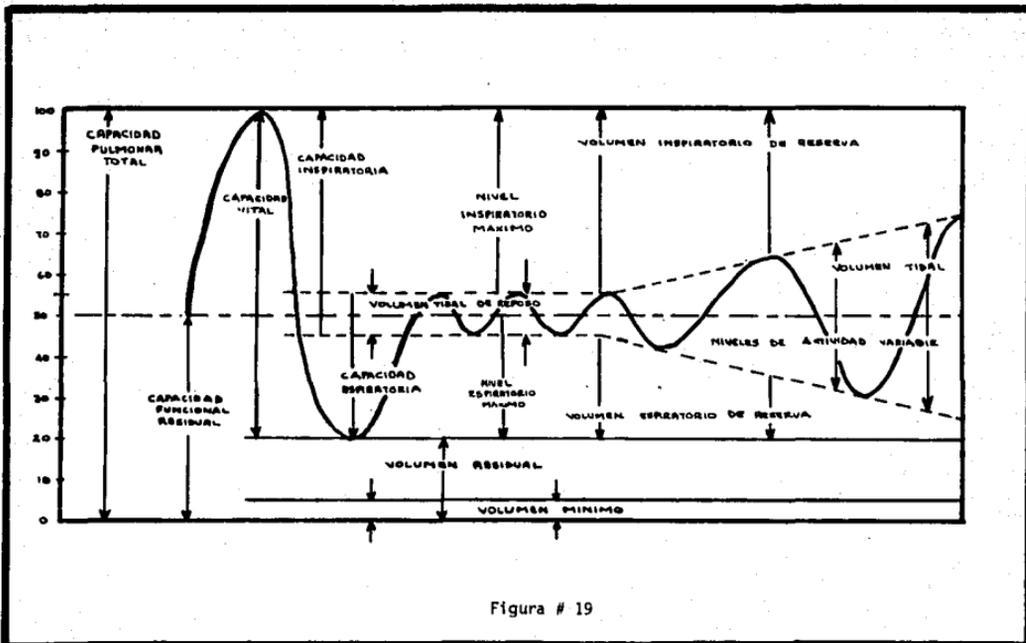


Figura # 19

SONIDOS RESPIRATORIOS

Durante la expiración e inspiración se producen los ruidos respiratorios: el primer ruido (laringo-traqueal), se escucha durante la inspiración y expiración y se debe al roce del aire sobre la laringe y la tráquea. El segundo ruido (murmullo vesicular) se escucha en el último tercio de la inspiración y se debe a la dilatación de los alveolos pulmonares, para poder escucharlo se coloca el estetoscopio en los tres últimos espacios intercostales. (16.)

INSUFICIENCIA RESPIRATORIA

El diagnóstico y el tratamiento de la mayor parte de los trastornos respiratorios, actualmente sólo puede lograrse a base de una buena comprensión de los principios fisiológicos correspondientes. Algunas enfermedades respiratorias resultan de la imposibilidad de lograr una ventilación adecuada; otras de anomalías de la difusión a través de la membrana pulmonar o del transporte desde los pulmones a los tejidos. En cada caso la terapéutica suele ser diferente, de manera que ya no cabe establecer simplemente el diagnóstico de "insuficiencia respiratoria", por lo tanto tenemos las siguientes definiciones:

Eupnea significa respiración normal; taquipnea, respiración rápida; bradipnea, respiración lenta; hiperpnea, una intensidad de ventilación alveolar suficiente para causar respiración excesiva. Sin embargo este término suele utilizarse para indicar simplemente un valor elevado de la ventilación alveolar, sin que obligadamente haya respiración excesi

va; hipopnea es lo opuesto de la hiperpnea, indicando respiración disminu
da.

Hipercapnia significa exceso de bióxido de carbono en los líquidos
corporales; hipocapnia, disminución del bióxido de carbono. El término
apcapnia también se utiliza frecuentemente para indicar hipocapnia, pero
nunca se produce durante la vida.

Disnea: respiración difícil o alterada, acompañada o no de un sonido
silvante. No obstante, en algunos casos existe dificultad respirato
ria que puede manifestarse también acompañada de sensación de ahogo, au
mento de la frecuencia y aumento o disminución de la amplitud de los movimien
tos respiratorios. En la mayoría de los casos se trata de enfermedades
que afectan a los bronquios y los pulmones (bronquitis, enfisema, pleuritis
o pulmonía) pero también por enfermedades cardíacas o de la sangre
como la anemia. En otras ocasiones la disnea suele acompañar a enfermedades
febriles.

Apnea: suspensión voluntaria o patológica de los movimientos respiratorios.
Estos pueden interrumpirse voluntariamente, al menos por un breve tiempo,
por efecto de estímulos que se hacen llegar desde la corteza cerebral
al centro respiratorio, la apnea no puede mantenerse voluntariamente más
de cierto tiempo transcurrido el cual, los movimientos respiratorios se
reanudan. Se puede sufrir apnea transitoria involuntaria, carente de
significado patológico después de movimientos respiratorios profundos y
forzados.

Anoxia significa falta total de oxígeno, pero este término se utiliza más frecuentemente para indicar disminución de oxígeno en la sangre. Tipos de anoxia:

Anoxia anóxica: es causada por una falla en el aporte de oxígeno a la sangre normal, lo que provoca una saturación insuficiente de la hemoglobina y una tensión baja de oxígeno sanguíneo. La condición se asocia a grandes altitudes, respiración de gases inertes, neumonía, parasitismo, cáncer y movimientos respiratorios obstaculizados.

Anoxia anémica: resulta de la escasez de hemoglobina en la sangre, lo que provoca un transporte bajo de oxígeno. Las causas incluyen anemia, hemorragia o metahemoglobinemia.

Anoxia isquémica: resulta de un decremento en la irrigación en los tejidos, o el estacionamiento en ciertas zonas o en toda la circulación. Las causas incluyen enfermedad congestiva del corazón, falla de la aurícula derecha y fibrilación. (13, 15, 16)

Anoxia histotóxica: ocurre cuando las células del organismo están tan dañadas o intoxicadas que no pueden utilizar el oxígeno disponible. Las causas incluyen la intoxicación con cianuro, monóxido de carbono, alcohol, una sobredosis de anestésico y en enfermedades histotóxicas.

MECANISMO DE DEFENSA

El reflejo de la tos.

El reflejo de la tos es casi esencial para la vida, pues constituye el medio gracias al cual las vías aéreas de los pulmones se conservan libres de materias extrañas.

Los bronquios y la tráquea son tan sensibles que cualquier sustancia extraña u otra causa de irritación inicia el reflejo de la tos. La laringe y la carina (el punto donde la tráquea se divide en los bronquios) son particularmente sensibles, y los bronquios terminales y los alveolos son muy sensibles a los estímulos químicos corrosivos, como el bióxido de azufre y el cloro. Impulsos aferentes pasan desde las vías respiratorias principalmente siguiendo el nervio vago, hasta el bulbo. Allí se desencadena automáticamente una serie de acontecimientos creados por los circuitos neuronales del bulbo, que logran los siguientes efectos:

En primer lugar, se inspiran aproximadamente 2.5 litros de aire; en segundo lugar, se cierra la epiglotis y las cuerdas vocales se ponen tensas para aprisionar el aire dentro de los pulmones; en tercer lugar - los músculos abdominales se contraen con fuerza. En consecuencia, la presión en los pulmones aumenta hasta valores de 100 ó más mm de Hg. En cuarto lugar, las cuerdas vocales y la epiglotis se abren bruscamente, de manera que el aire a presión en los pulmones hace "explosión" hacia afuera. Luego el aire es expedido a velocidades de 100 a 160 kilómetros por hora.

Además, un hecho muy importante, la compresión de los pulmones también causa colapso de los bronquios y tráquea (de manera que la parte no cartilaginosa de la tráquea presenta invaginación) y el aire explota -

en realidad atraviesa las hendiduras traqueales y bronquiales. El aire - que se desplaza rápidamente suele llevarse consigo la materia extraña pre sente en bronquios o tráquea.

Estornudo.

El reflejo del estornudo es muy parecido al de la tos, excepto que tiene lugar en las vías nasales en vez de las vías respiratorias infe riores. El estímulo inicial del reflejo del estornudo es la irritación de las vías nasales, los impulsos aferentes pasan siguiendo el quinto par (trigémino) al bulbo, donde el reflejo se integra. Tiene lugar una serie de reacciones similares a las del reflejo de la tos, pero como el velo - del paladar está en posición baja, pasa por la nariz (además del de la bo ca) una rápida corriente de aire que expulsa cuerpos o sustancias extra ñas de las fosas nasales.

Acción de los ciclos para limpiar las vías respiratorias.

Además del mecanismo de la tos, las vías respiratorias de trá-- quea y pulmones tienen un epitelio ciliado, recubierto de moco que ayuda a limpiar las vías, gracias al movimiento ciliar hacia la faringe. De - aquí que pequeñas partículas extrañas y moco se modifican con velocidad - hasta de un centímetro por minuto a lo largo de la superficie de la trá-- quea hacia la faringe, como materias extrañas en las vías nasales se movi lizan también hacia la faringe. Una vez que este material entra en la fa ringe, por la tos o por actividad ciliar es expectorado o deglutido. En pacientes con tuberculosis pulmonar el bacilo tuberculoso puede frecuente

mente no encontrarse en el esputo de los pulmones, pero sí en los lavados gástricos, pues el movimiento constante de material extraño de los pulmones a la garganta, y después al estómago, constituye una buena fuente de bacilos tuberculosos. (16, 20, 9)

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

LITERATURA CITADA:

1. Beck E.: The Canine. From Laboratories.
Wisconsin, U S A., 1976.
2. Banks J.W.: Applied Veterinary Histology.
Willams & Wilkins London England, 1981.
3. Dellman D.H.: Textbook of Veterinary Histology.
Lea & Febiger, Philadelphia U S A, 1976
4. Dukes H.H.: Fisiología de los Animales Domésticos.
2a. ed. Editorial La Habana, Edición Revolucionaria,
La Habana, Cuba, 1966.
5. Dukes H.H.: The Physiology of Domestic Animals.
7th ed. Comstock Publishing Associates,
Ithaca, New York, 1955.
6. Frandson R.D.: Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. 6a. ed. Editorial Interamericana,
México, D.F. 1969.
7. Fuentes V.O.: Artículos Selectos para el Curso de Fisiología Veterinaria. Editado por Victor O. Fuentes,
México, D.F. 1987.
8. Ganong W.F.: Fisiología Médica. 8a. ed.
Editorial El Manual Moderno, México, D.F. 1982.
9. Ganong W.F.: Manual de Fisiología Médica.
4a. ed. Editorial El Manual Moderno, México D.F.
1974.

10. Getty R.: Anatomía de los Animales Domésticos. 5a. ed. Vol I y II. Editorial Salvat, Barcelona, España, 1982.
11. González G.H. y González A.R.: Anatomía Comparada de los Animales Domésticos. 6a. ed. Editorial Juan Pueyo, España, 1949.
12. Guyton A.C.: Fisiología Humana. 4a. ed. Editorial Interamericana. México, D.F., 1975
13. Guyton A.C.: Tratado de Fisiología Médica. 5a. ed. Editorial Interamericana. México, D.F., 1977.
14. Ham A.W.: Histología. 7a. ed. Editorial Interamericana, México, D.F., 1975.
15. Jesaef B.: Fisiología y Anatomía Animal. Editorial El Manual Moderno. México, D.F., 1979.
16. Kolb E.: Fisiología Veterinaria. 2a. ed. Vol II. Editorial Acribia, España, 1975.
17. Langarica L.V.: Atlas Morfológico del Aparato Respiratorio. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1980.
18. Lesson E.T. y Lesson R.C.: Histología. 2a. ed. Editorial Interamericana. México, D.F., 1970.
19. Lucas H. y Otle J.: El Gran Libro de la Salud. Editorial Selecciones Reader's Digest, Madrid, España, 1970.

20. Padilla S.J., Castro M.I. y Lara D.S.: Apuntes de Medicina Enfermedades de los Perros y de los Gatos. Ed. Gráficos J.I. Caballero, Estado de México, 1987.
21. Rodríguez P.M.: Anatomía, Fisiología e Higiene. 8a. ed. Ed. Progreso S.A., México, D.F., 1971.
22. Sisson S.G.: Anatomía de los Animales Domésticos. 4a. ed. Editorial Salvat, Barcelona, España, 1973.