



Guía de lectura: Unidad Temática 4

Autores:

Dr. MSc. MV. Carlos Pereyra
Esp. Méd. Vet. Damián Parola
Esp. Méd. Vet. Verónica Venegas.
Esp. Méd. Vet. Andrés Martínez
Srta. Bosco Justina



Año 2023



*Unidad temática IV: Aparato de la locomoción.
Angiología. Estudio Descriptivo y Comparado en las
especies domésticas.*

MÓDULO I: INTRODUCCIÓN A LA ANGIOLOGÍA. GENERALIDADES.

DEFINICIÓN, ETIMOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Angiología es la rama de la anatomía sistemática encargada del estudio del aparato cardiovascular. Este comprende órganos encargados de hacer circular la sangre y linfa por todo el organismo.

La **angiología** (*Angiologia*) — del griego *ἀγγεῖον*, 'vaso o conducto' y *-λογία*, 'estudio'— llamado así porque rige el flujo y la distribución en el cuerpo de los líquidos que proporcionan nutrición y defensa al organismo.

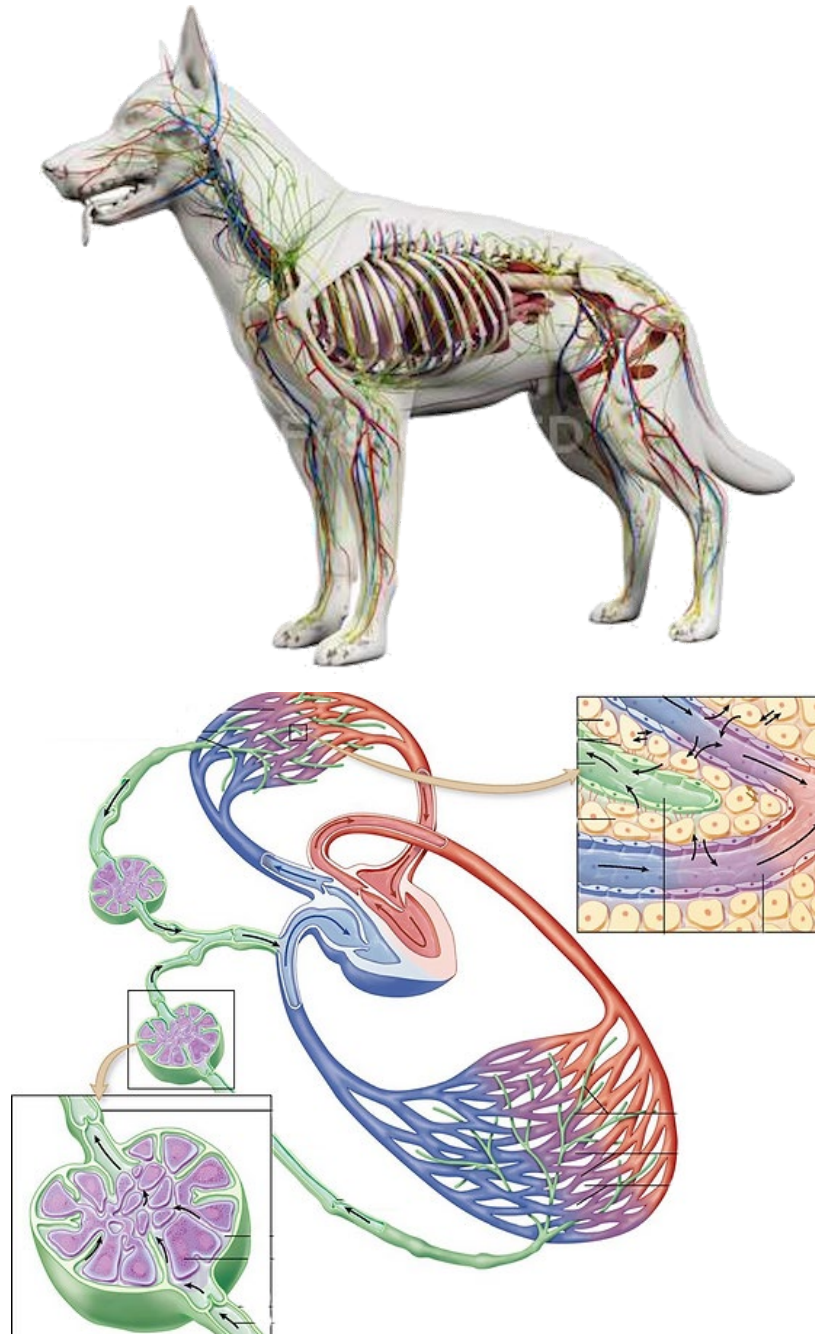
Estos líquidos se dividen en dos sectores o compartimientos del organismo, entre los cuales se producen incesantes intercambios. Uno es intersticial o extravascular que baña directamente todas las células en la intimidad misma de los tejidos, y que les aporta las sustancias necesarias (nutrientes) para su actividad o metabolismo y recibe las que producen (desechos). El otro está canalizado y contenido en el aparato circulatorio, donde un órgano contráctil central, el corazón, le imparte un movimiento constante y orientado en una compleja red de vasos o conductos que constituyen un circuito cerrado. En este curso conduce a los líquidos a través de las vísceras encargadas de su purificación y su regeneración. También asegura una distribución funcionalmente adecuada en todas las regiones del organismo. El líquido circulante es denominado plasma y transporta una carga celular característica. Dependiendo de la naturaleza de este último, se presenta en dos formas, sanguínea y linfática, cada una de las cuales circula en una red vascular particular.

ORGANIZACIÓN GENERAL DEL APARATO CIRCULATORIO

Este comprende, además del propio **corazón**: a) las **arterias** (*Arteriae*), vasos centrífugos a través de los cuales se distribuye la sangre en el organismo; b) los **capilares** (*Vasa capillaria*), son la continuación de las últimas divisiones arteriales y forman en el interior de los órganos y tejidos una red, a cuyo nivel tienen lugar la mayor parte de los intercambios entre el plasma y los tejidos; c) las **venas** (*Venae*), son vasos centrípetos que

se originan por continuación de la red capilar y devuelven la sangre al corazón y d) una red capilar inicial, completamente distinta a la de los capilares sanguíneos y muchos vasos **linfáticos** (*Vasa linfática*) que convergen como venas y cuyo camino es interrumpido por varios niveles de linfonódulos (*Nodi linfatici*).

Figura 1 Esquema del aparato cardiovascular.

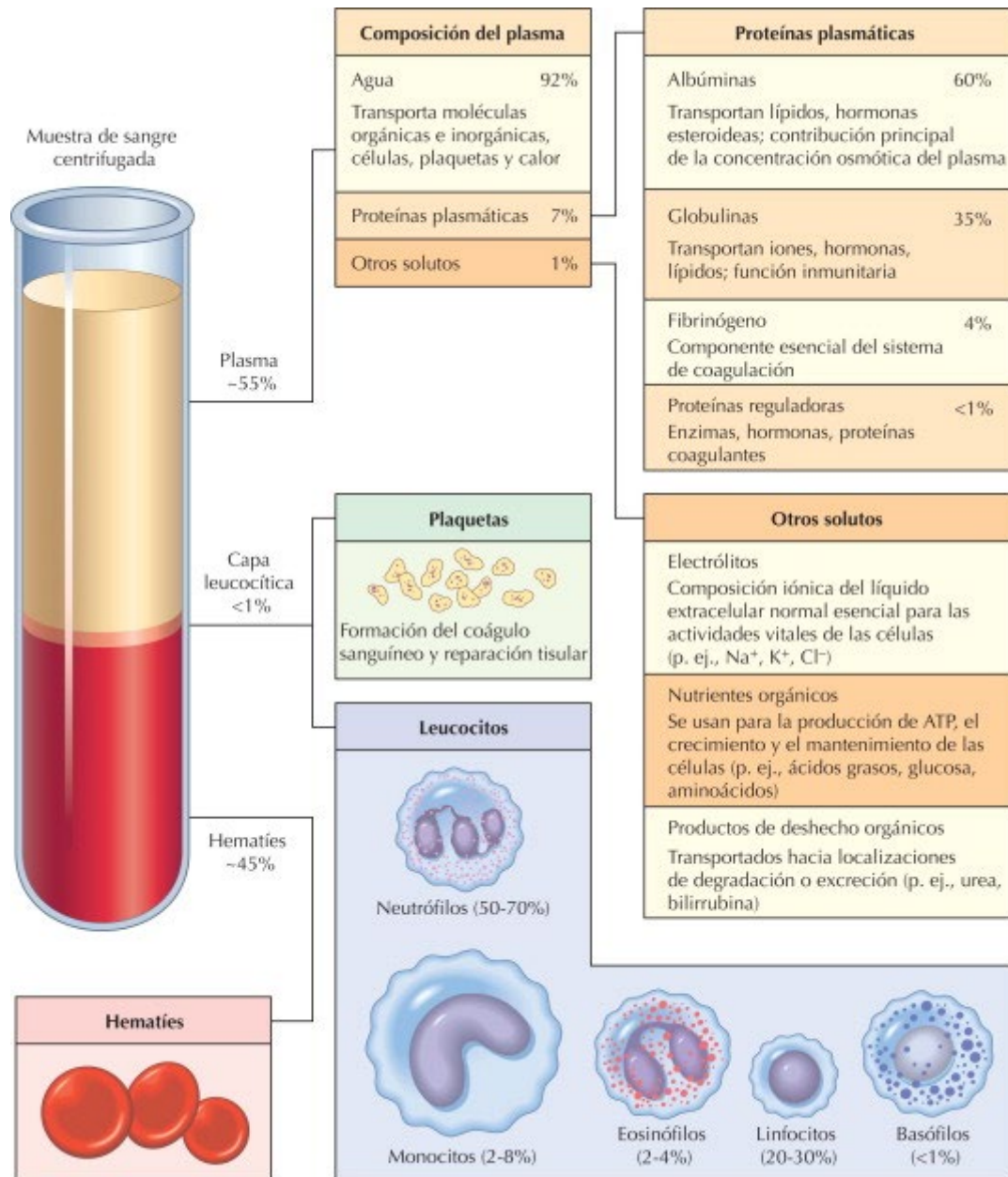




La **sangre** (*Sanguis*) se caracteriza por una abundante población de células muy modificadas, normalmente anucleadas en los individuos adultos, y especializadas en el transporte de oxígeno: los **eritrocitos** (*Erythrocyti*). Son células provistas para este fin de un pigmento muy particular, la hemoglobina, que les da un tono rojo pálido y debido a su gran número determina el color de la sangre. No pueden cruzar el revestimiento endotelial del corazón y de los vasos que constituyen el sistema circulatorio sanguíneo.

Además de los eritrocitos, la sangre tiene una población mucho menor (de 4000 a 20000 por milímetro cúbico, según la especie y las condiciones) pero más variada de **leucocitos** (*Leucocyti*), células no pigmentadas nucleadas y móviles (también denominadas células blancas), que son los agentes activos de defensa del organismo. Son capaces de migrar a través de las paredes de los capilares, de discurrir por la intimidad de los tejidos y posiblemente regresar a la sangre por la misma vía. A este nivel también se produce la filtración de parte del plasma hacia los tejidos. Cumplida su función, el plasma y los leucocitos migratorios pueden ser absorbidos directamente por los capilares sanguíneos nuevamente. Pero una parte importante de ellos es captada por una red vascular diferente, en la que constituye la **linfa** (*Lympha*). Se diferencia de la sangre por la ausencia de glóbulos rojos y por una población más abundante de leucocitos. De hecho, vuelve a la sangre después de haber recorrido el **sistema linfático** (*Systems linfaticum*), en el que se enriquece con linfocitos, una variedad particular de leucocitos (Linfocitos). Este sistema comprende, más allá de la red capilar inicial, completamente distinta a la de los capilares sanguíneos, muchos **vasos linfáticos** (*Vasa linfática*) que convergen como venas y cuyo camino es interrumpido por varios niveles de **linfonódulos** (*Nodi linfatici*). La linfa se filtra a través de estos linfonódulos, donde varias cepas de células se multiplican y liberan linfocitos maduros. Los linfonódulos forman parte de un sistema de defensa mayor, el sistema linfoide, que asegura la defensa inmunitaria del organismo y pone en juego, además de las formaciones linfoides del aparato digestivo, del aparato respiratorio, los senos paranasales, el aparato urogenital, a los órganos que aseguran su funcionamiento como la médula ósea, timo y bazo. Todas las funciones de este sistema de defensa son estudiadas en detalle por la Inmunología.

Figura 2 Elementos que constituyen la sangre.



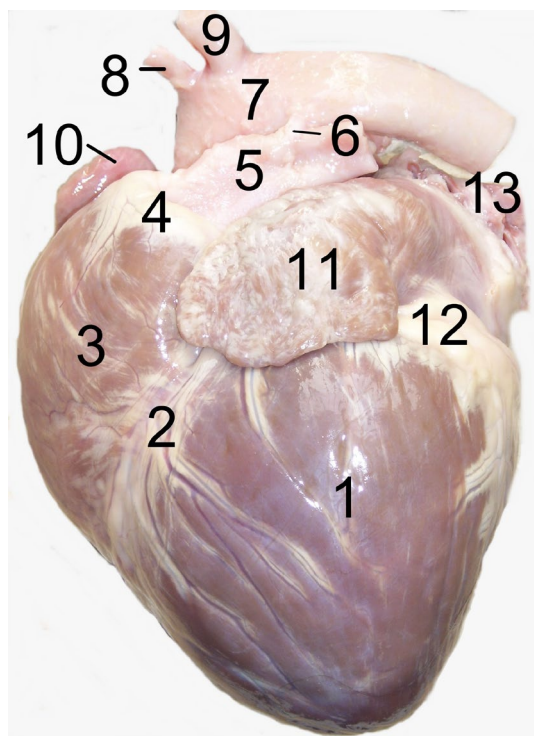
Referencias: La sangre está compuesta en un 55% por plasma y en un 45% por elementos formes, que incluyen glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Debido a estas células vivas suspendidas en el plasma, la sangre se considera un tejido conectivo líquido (no un fluido). Es el único tejido fluido del cuerpo.

El **corazón** (*Cor*) es el órgano central de la circulación. Es de estructura muscular, hueco con contracciones rítmicas e involuntarias. En un breve *descanso* (o diástole) que separa dos contracciones, sus cavidades se llenan de sangre proveniente de las venas. La siguiente *contracción* (o sístole) eyecta la sangre hacia las arterias. La eficacia en la propulsión de la sangre está asegurada por la contracción sucesiva y coordinada de las

cámaras cardiacas, cuyos orificios de salida están provistos de válvulas que se oponen al reflujo de la sangre.

Las *circulaciones general y pulmonar* están completamente separadas en los mamíferos adultos, un tabique imperforado divide el corazón en dos partes, cada una de las cuales tiene dos cámaras: una aurícula, donde se abocan las venas y un ventrículo del cual emerge un gran tronco arterial. Debido a la orientación del órgano, la parte que impulsa la sangre venosa hacia los pulmones se denomina comúnmente corazón derecho; el que recibe sangre oxigenada y da origen a la gran circulación es el corazón izquierdo.

Figura 3 Corazón de perro vista izquierda.



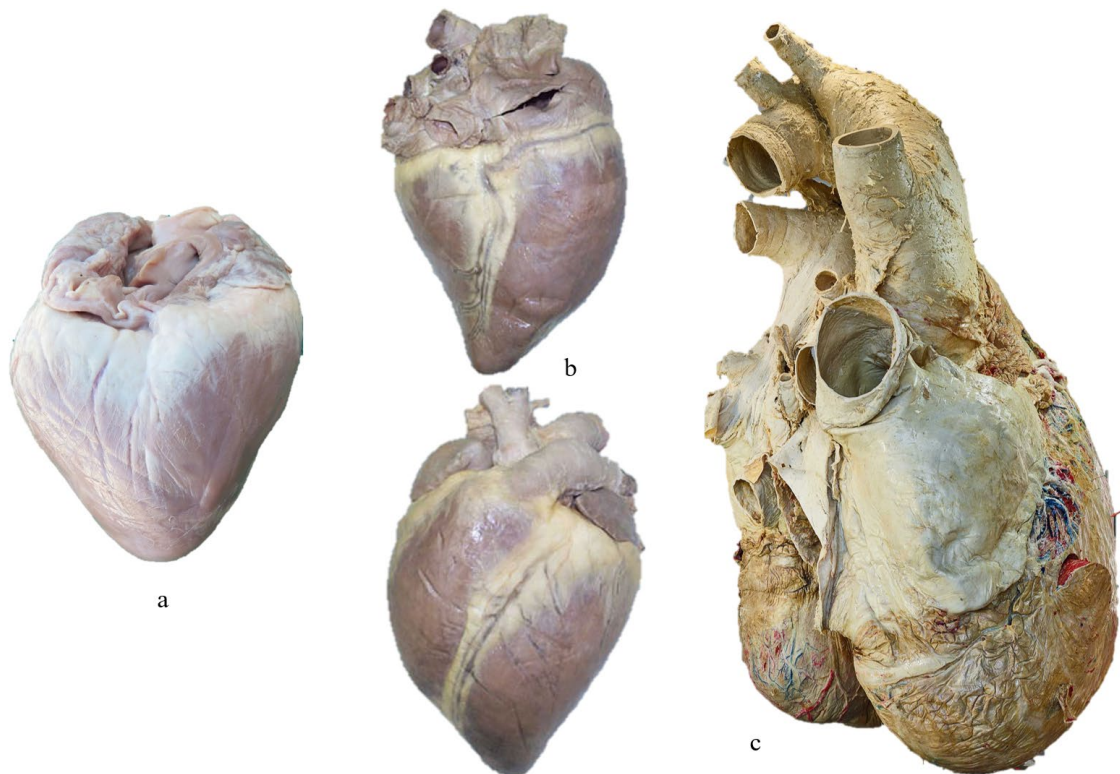
Referencias: 1- ventrículo izquierdo, 2- surco interventricular paraconal, 3- ventrículo derecho, 4- cono arterial, 5- tronco pulmonar, 6- ligamento arterial, 7- arco aórtico, 8- tronco braquiocefálico, 9- arteria subclavia izquierda, 10- aurícula derecha, 11- aurícula izquierda, 12- surco coronal, 13- venas pulmonares.

El corazón tiene forma de cono irregular, con la punta más o menos obtusa según la especie y dirigido ventrocaudalmente. Envuelto por el pericardio, se sitúa en el mediastino medio, entre los dos pulmones, que lo recubren casi por completo y están íntimamente unidos a él por sus hilios.

La conformación del corazón depende de múltiples factores, la mayoría específicos, otros individuales. Los más importantes son el nivel de actividad física y la conformación del tórax.

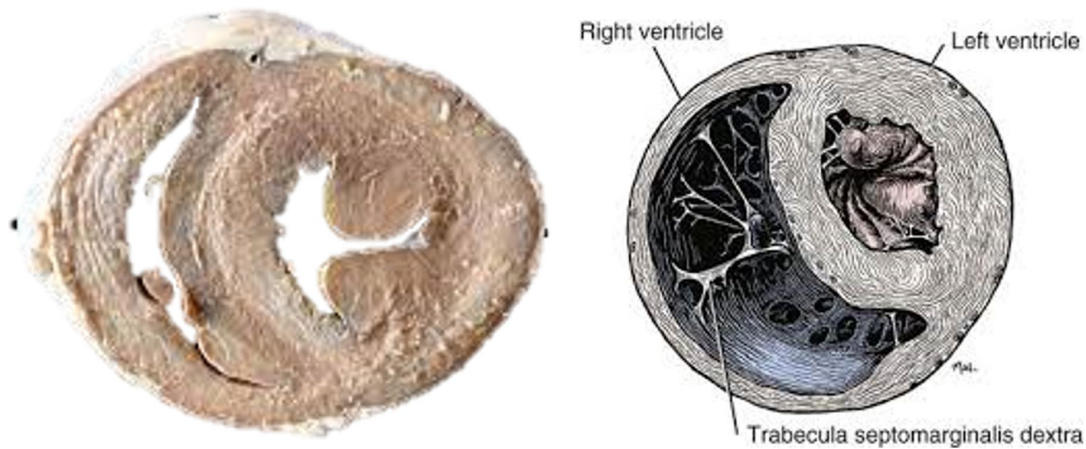
Dado que las paredes del corazón están formadas casi en su totalidad por tejido muscular cardíaco, su grosor es proporcional al trabajo realizado. Esta correlación es particularmente evidente cuando se comparan los dos ventrículos. El ventrículo izquierdo, que eyecta la sangre a todo el cuerpo, tiene una pared mucho más gruesa que el derecho, que eyecta la sangre solo a los pulmones y es el que determina la forma general del órgano, presenta variaciones claramente ligadas a la mecánica respiratoria y a la presión intrapulmonar. Por lo tanto, está muy desarrollado y es casi tan grueso como el izquierdo en los mamíferos acuáticos (cetáceos), donde las necesidades del buceo conducen a una sobrepresión pulmonar significativa. En las ballenas se extiende incluso hasta el vértice del corazón, que tiene un aspecto bilobulado, un amplio surco que separa los dos ventrículos a ese nivel. Por otro lado, en los mamíferos terrestres, el vértice solo lo ocupa el ventrículo izquierdo. El ventrículo derecho queda a mayor o menor distancia de éste y en los cortes transversales se observa como una media luna que abraza la cara craneal y derecha de la base del corazón y la parte media del ventrículo izquierdo.

Figura 4 Corazones de canino, equino y ballena.



Referencias: a- canino, b- equino, c- ballena, nótese la diferencia en desarrollo de los ventrículos y el vértice cardíaco.

Figura 5 Corazón de canino corte transversal.



La musculatura del ventrículo izquierdo es a su vez más potente en especies e individuos con actividad física intensa. Pero el desarrollo relativo de su pared, que determina esencialmente su forma y la del corazón, está más relacionado con las exigencias de la irrigación de las regiones craneales y caudales del organismo. En especies donde la musculatura cérvico-cefálica y la de los miembros torácicos son potentes o cuyo cerebro está muy desarrollado, el corazón está más apoyado sobre el esternón y la aorta describe un arco muy claro. Las arterias destinadas a las partes craneales del cuerpo, emitidas por este arco, reciben preferentemente la sangre expulsada por el corazón y por esto la musculatura del vértice está particularmente desarrollada y la forma del corazón tiende a ser globular. Este es el caso de los primates y los carnívoros. Por el contrario, en especies especializadas en correr o saltar, como los équidos, cuya musculatura de los miembros pélvicos son propulsores muy importantes, el corazón está más erguido sobre el esternón, el arco de la aorta está muy abierto y el ventrículo presenta su musculatura más desarrollada cerca de la base que en el ápice. En este caso, este último es puntiagudo y el corazón claramente cónico.

La orientación del corazón es por lo tanto de importancia funcional, es correlativa a la conformación general del tórax. En el hombre, el tórax se ensancha transversalmente y se aplanada en dirección dorsoventral, el vértice del corazón está marcadamente desviado hacia la izquierda, el corazón se ensancha transversalmente y sus dos partes son claramente izquierda y derecha, aunque esta última un poco más craneal. Por el contrario, en los equinos y los rumiantes, el tórax está fuertemente aplanado de laterolateralmente,

y el corazón se extiende poco más a la izquierda que a la derecha del plano medio, su eje forma un ángulo muy agudo con respecto al plano medio, además el corazón se aplana laterolateralmente y el corazón derecho se vuelve claramente craneal y se extiende hacia la derecha. El corazón de los Carnívoros presenta disposiciones intermedias entre las recién enunciadas.

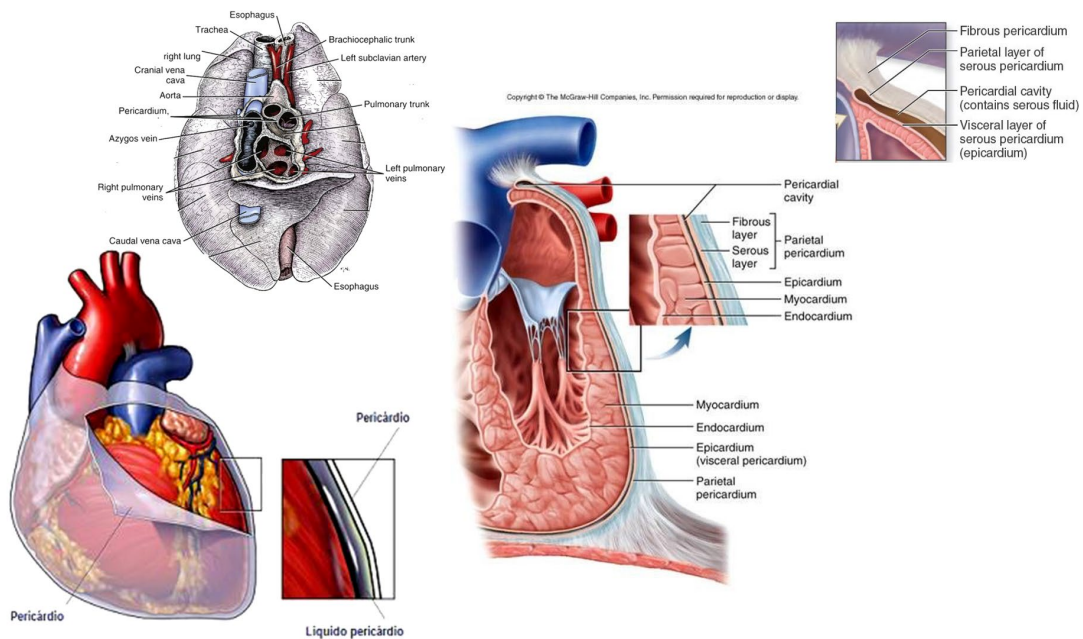
La topografía del corazón es de gran importancia por sus aplicaciones médico-quirúrgicas. Por lo tanto, ha sido objeto de muchas investigaciones.

El corazón se aloja en el pericardio, dentro del cual puede realizar desplazamientos de cierta amplitud. Este lo fija en el interior de la cavidad torácica juntamente a los grandes troncos vasculares que nacen de su base o que terminan allí, relacionándose con los órganos y las paredes torácicas. De estos medios de fijación depende toda su eficacia funcional.

El **pericardio** es una serosa que rodea el corazón completamente y produce el líquido pericárdico, está desprovista de un meso real. Posee dos capas: una visceral y otra parietal, que sólo se continúan entre sí alrededor de los grandes vasos de la base del corazón, quedando así el corazón libre en la cavidad del pericardio, pero mantenido por la solidez del tejido fibroso que recubre la capa parietal. Al estar esta bolsa alojada en el mediastino, a través de este, firmemente unido al esternón, al diafragma y a la columna vertebral, el corazón queda suspendido en la región mediastínica media de forma sólida y muy flexible.

Los grandes vasos unen con mayor eficacia la base del corazón y el pericardio con las paredes y los órganos del tórax. Los vasos pulmonares aseguran una íntima unión entre la base del corazón y los pulmones. El hilio de este último incluso se adhiere en muchas especies sobre un área pequeña a la aurícula izquierda, las venas pulmonares prácticamente no tienen trayecto extrapulmonar. La aorta y sus primeras grandes ramas unen el bloque cardiopulmonar a la columna torácica de forma remota, pero de la manera más fuerte. Finalmente, las venas cavas, debido a su respectiva unión a la abertura craneal del tórax y al centro tendinoso del diafragma, suspenden la base del corazón en cierto modo en el eje craneocaudal del tórax.

Figura 6 Pericardio.



La base del corazón está separada de la bifurcación de la tráquea y del nacimiento de los bronquios principales por el tronco pulmonar, que se divide poco después de dejar el pericardio para dar lugar a las dos arterias pulmonares. Las venas pulmonares se encuentran un poco más caudales y ventrales a estas arterias. El tronco pulmonar recorre superficialmente a la aurícula izquierda, discurriendo caudalmente y de izquierda a derecha. Su origen está enmarcado por las aurículas, se sitúa precisamente a la izquierda, donde oculta en parte el origen de la arteria aorta, ya que esta se ubica entre el tronco pulmonar y la concavidad de la masa auricular antes de pasar al lado izquierdo de la tráquea. Estas relaciones se establecen entre las dos pleuras, dentro de un abundante tejido conjuntivo en el que se alojan linfonódulos variables con las especies (linfonódulos mediastínicos medios y traqueobronquiales) así como múltiples nervios. Los nervios cardíacos forman plexos importantes en la superficie ventral de la tráquea y contra las partes iniciales de los grandes vasos; los nervios vagos se ubican más dorsalmente, el derecho discurriendo a lo largo de la tráquea y el izquierdo cruzando la aorta por la izquierda.

La cara auricular que se relaciona al pulmón derecho es por donde pasa el nervio frénico derecho, que acompaña a la vena cava craneal por la derecha y la vena cava caudal.

La superficie auricular se relaciona con el pulmón izquierdo, generando una muesca en el borde ventral del pulmón, esto facilita la auscultación del corazón en el lado izquierdo del tórax. El nervio frénico izquierdo cruza el tronco pulmonar y la aurícula izquierda, en la superficie del pericardio.

El vértice del corazón está libre en el pericardio, el cual solo está unido al esternón y al diafragma.

Las proyecciones del corazón se determinan principalmente en los mamíferos domésticos en las paredes laterales del tórax, cuyo esternón muy estrecho también está cubierto ventralmente por gruesos músculos pectorales. También interviene el volumen relativo y la orientación específica del corazón.

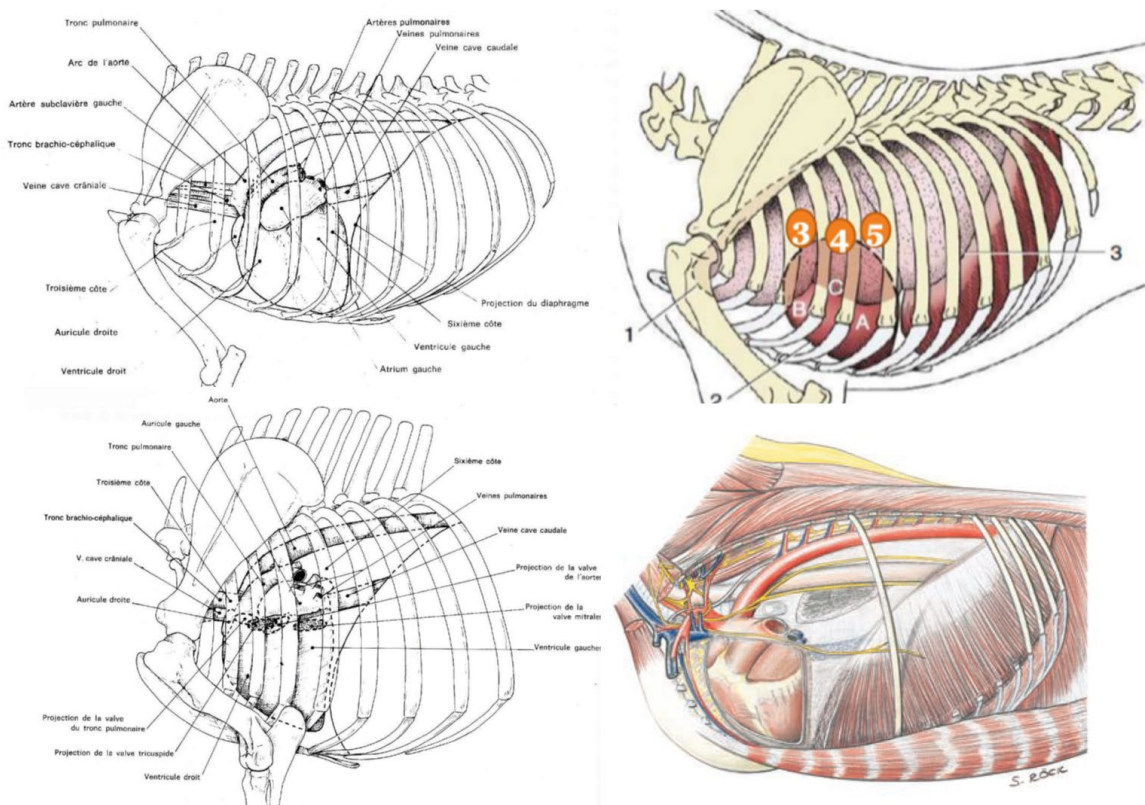
En todas las especies, siendo este órgano más extenso a la izquierda del plano medio que a la derecha, un pulmón de menor espesor lo separa de la pared izquierda. Es por ello que su auscultación se practica preferentemente de este lado.

La superficie delimitada por la transferencia del contorno del órgano sobre la piel del tórax se denomina "área de proyección cardíaca". Esta zona de proyección dibuja un triángulo irregularmente curvilíneo sobre la pared lateral del tórax, cuya cara dorsal corresponde al contorno de la base y las otras dos a los bordes ventriculares. El borde dorsal se sitúa aproximadamente en la mitad de la altura del tórax, superando claramente la base del corazón la mitad de la altura de la cavidad torácica. Este límite se sitúa un poco más alto en los Carnívoros (donde es más bien dorso-craneal) que en los Ungulados. En cuanto a la extensión cráneo-caudal del área cardíaca, se puede definir aproximadamente diciendo que ocupa el lugar de cuatro espacios intercostales, desbordando más o menos sobre los espacios intercostales adyacentes y que la más craneal de estas costillas es la tercera en el Caballo, la cuarta en los Carnívoros y la segunda en el Conejo. El límite caudal, que corresponde al borde del ventrículo izquierdo, sigue aproximadamente la última de las costillas correspondientes, mientras que la línea que corresponde al borde del ventrículo derecho es muy oblicua en sentido ventrocaudal, situándose el vértice junto al espacio intercondral del mismo número que esta costilla. Es un poco por encima del nivel del vértice que el choque precordial es perceptible en la pared, en cada sístole ventricular. Finalmente, nótese que el área cardíaca está parcialmente cubierta, casi completamente en Ungulados y muy incompleta en Carnívoros, por la masa de los músculos caudales del brazo. En consecuencia, la

extremidad torácica debe llevarse lo más craneal posible para realizar una correcta auscultación del corazón.

En todas las especies, la proyección de los ostium y sus válvulas se realiza según un orden constante sobre el área cardiaca. Desde la parte dorsal del borde craneal hasta el borde caudal de este último se proyectan sucesivamente los ostium pulmonar, aórtico y atrioventricular izquierdo. En los mamíferos domésticos, estos orificios están más cerca de la pared izquierda del tórax que de la derecha y son mejor auscultables desde este lado, mientras que el ostium auriculoventricular derecho se encuentra más a la derecha, en una alineación diferente: su proyección está intercalada entre las de los ostium pulmonares y aórticos.

Figura 7 topografía cardiaca del canino y equino.



VÍAS DE CONDUCCIÓN

I – ARTERIAS

Las **arterias** (*Arteriae*) son los conductos que distribuyen la sangre expulsada por el corazón al cuerpo y por lo tanto la circulación es centrífuga.

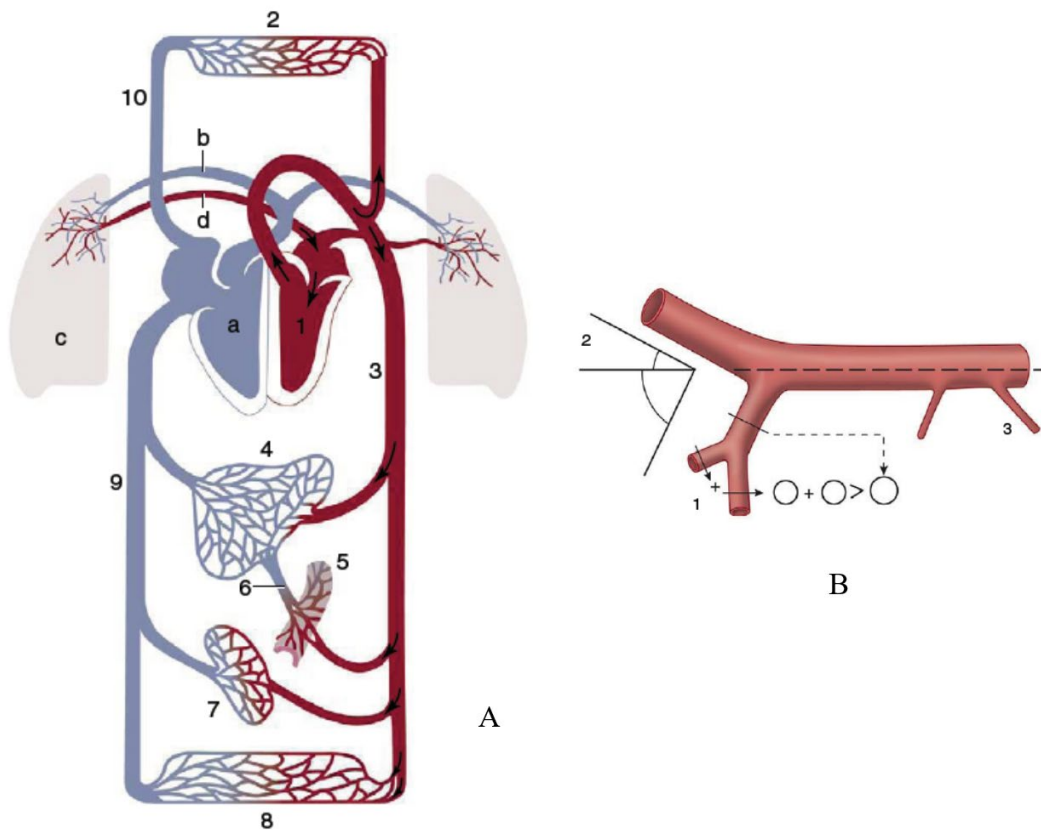
Los mamíferos y las aves tienen dos sistemas distintos de arterias, uno especialmente asignado a los pulmones y el otro que irriga el resto del cuerpo. Cada uno de estos sistemas procede de un voluminoso tronco arterial que emerge de uno de los ventrículos. El primero, que irriga la pequeña circulación (circulación pulmonar), es el tronco pulmonar, que se origina en el ventrículo derecho. El otro es el origen de la gran circulación (circulación general), es la aorta, que emerge del ventrículo izquierdo.

En cada circulación y evidentemente de forma mucho más compleja en la gran circulación, la distribución de la sangre se realiza por ramas irregularmente subdivididas y cada vez más finas en su calibre, las últimas de las cuales, llamadas precapilares, irrigan dando origen a una red de capilares. Estos participan en la intimidad misma de los tejidos y son el lugar de los intercambios, que tienen lugar en dos direcciones a través de su pared entre la sangre y el líquido intercelular. De esta forma, en cada uno de los árboles arteriales, las ramas son cada vez más pequeñas en su calibre y más numerosas a medida que se alejan del tronco original. Este cambio en el tamaño y calibre va acompañado de cambios en el espesor y estructura de sus paredes que se corresponde a las distintas funciones.

Cuando una arteria se bifurca, el área total del corte de las dos ramas es significativamente mayor que la del vaso inicial. A pesar de la reducción del calibre de las sucesivas ramas, el árbol arterial presenta una capacidad cada vez mayor a medida que se aleja del corazón. Como resultado, la presión y la velocidad de la sangre disminuyen en la misma dirección y son mínimas a nivel de los capilares, lo que facilita los intercambios a través de las delgadas paredes de estos últimos.

El calibre de las arterias permanece siempre uniforme siendo cilíndrico y resiste la compresión ya que sus paredes elásticas soportan sin dificultad las deformaciones útiles al funcionamiento de los órganos y recuperan una forma regular en reposo. La superficie interna de las arterias es perfectamente lisa.

Figura 8 Esquema de la circulación y de la ramificación de las arterias.



Referencias: A- Los vasos que transportan sangre oxigenada se muestran en rojo y los que transportan sangre desoxigenada en azul. Circulación sistémica: 1- corazón izquierdo, 2- Vasos de la parte craneal del cuerpo, 3- aorta, 4- red vascular del hígado, 5- red vascular de los intestinos, 6- vena porta, 7- red vascular de los riñones, 8- vasos de la parte caudal del cuerpo, 9- vena cava caudal, 10- vena cava craneal. Circulación pulmonar: a- corazón derecho, b- arteria pulmonar, c- pulmón, d- venas pulmonares. B- Tenga en cuenta que la suma de las áreas transversales de las ramas (1) siempre excede la del tronco principal; (2) las ramas grandes salen del tronco principal en ángulos más agudos que las ramas más pequeñas; y (3) las ramas más pequeñas salen de forma errática.

Como regla general, las arterias tienen un curso más o menos recto, sin embargo, la disposición de los planos anatómicos o las diferencias de orientación de las regiones atravesadas imponen a algunas de ellas curvaturas a veces importantes. Sólo las arterias destinadas a órganos susceptibles de grandes desplazamientos, alargamientos o dilataciones importantes presentan flexuosidades más o menos marcadas en todo o parte de su recorrido. Tal es el caso de las arterias del bazo, de la lengua, del estómago, del pene. También se observan numerosas flexiones antes de acercarse a órganos delicados, como el cerebro, el testículo o el ovario, que están destinadas a moderar la velocidad y presión de la corriente sanguínea pero también a multiplicar las superficies de contacto



con las venas adyacentes, que a menudo son muy voluminosas, para permitir una cierta regulación térmica de la sangre aferente.

El estudio de las relaciones de las arterias tiene importantes aplicaciones médicas y quirúrgicas. Estas relaciones se establecen a través de una vaina de tejido conjuntivo generalmente abundante y rico en fibras elásticas, resistentes y muy flexibles, que les da gran movilidad a las arterias, evitando las compresiones.

Sólo las arterias de pequeño calibre ocupan una posición superficial. Las más importantes, por el contrario, se sitúan profundamente en las cavidades esplácnicas o en los intersticios musculares mejor protegidos de los miembros. Sin embargo, en la cara y en las regiones distales de las extremidades, algunas arterias de mediana importancia pueden discurrir en el tejido conectivo subcutáneo, donde la palpación permite percibir las, especialmente cuando descansan en un plano resistente (hueso).

Las principales relaciones de las arterias se establecen con las venas, los nervios y los músculos, las articulaciones y los huesos.

Aunque los grandes troncos arteriales o venosos pueden tener un curso independiente (ejemplos: aorta torácica, vena cava caudal, arteria carótida externa, vena yugular), la mayoría de las arterias están acompañadas de venas y estas últimas se encuentran incluidas en la misma vaina conectiva perivascolar. Cuando una arteria tiene una sola vena satélite, suele ser más superficial. Si hay varias venas, la arteria va entre ellas.

Los nervios corren a menudo a lo largo de los vasos, con los que forman paquetes vasculares-nerviosos, cada uno de los cuales tiene una posición definida e invariable en relación con los demás. Los nervios del sistema nervioso autónomo forman redes complejas alrededor de las arterias, estrechamente unidas a sus paredes. Estos plexos periarteriales son particularmente grandes y evidentes en las arterias de las vísceras abdominopélvicas.

Como la mayoría de los haces vasculares-nerviosos viajan en los espacios intermusculares, los músculos y los planos conectivos que los separan constituyen puntos de referencia importantes para el cirujano. Lo mismo ocurre con los tendones, a los que las arterias suelen acompañar en sus vainas o discurren bajo las fascias de sostén. Muchos haces vasculares-nerviosos, especialmente en el cuello y las extremidades, están contenidos en vainas fibrosas específicas (p. ej., vaina carotídea y canal femoral)

formadas por superposición o división de fascias. Cuando las arterias deben cruzar un músculo, están rodeadas por un anillo fibroso que las protege de la compresión durante las contracciones.

Muchas articulaciones están bordeadas por grandes vasos. Este es especialmente el caso de las extremidades, donde las arterias principales, para pasar de un segmento al siguiente del miembro, se sitúan siempre el ángulo de la flexión, lo que evita su estiramiento en movimientos extremos.

Muchas arterias presionan contra los huesos, como es el caso de la aorta y las arterias intercostales, vertebrales, braquiales y femorales. Estas relaciones en puntos de contacto generan las impresiones de los surcos vasculares en la superficie de los huesos. Algunos pueden usarse para tomar el pulso o posiblemente para la compresión vascular con el fin de interrumpir temporalmente la circulación regional.

La ramificación arterial se organiza para asegurar la óptima distribución de la sangre. A tal fin, el modo de división de las arterias presenta muchas variedades: bifurcación en ángulo más o menos abierto, emisión de una rama en ángulo recto, o incluso de una rama retrógrada. Por regla general, la oblicuidad depende del calibre de las divisiones. En una bifurcación, la rama más grande tiende a prolongar el tronco original y la otra es más oblicua. Si las dos ramas son iguales, la bisectriz de su ángulo prolonga el calibre del vaso sanguíneo de origen. A estas divisiones se las denomina arterias colaterales y terminales. Las colaterales tienen siempre un tamaño menor al del tronco del que proceden. Las terminales a menudo marcan claramente el final de un tronco arterial, cuyo extremo forma una bifurcación o una trifurcación. En otros casos, la arteria simplemente cambia de nombre en su recorrido por las diferentes regiones anatómicas. Esta nomenclatura topográfica prevalece en general en los miembros, como ejemplo la arteria ilíaca externa es así continuada por la femoral y esta última prolongada por la poplítea.

La verdadera terminación de las arterias es su arborización en forma de *red capilar dentro de los órganos* a los que están destinadas. Pero la descripción anatómica de los vasos se detiene por convención en la entrada de los órganos, cuya propia red vascular se estudia con la estructura de estos. Las arterias son realmente de tipo terminal cuando sus territorios de irrigación son independientes entre sí y no siendo posible su sustitución en caso de oclusión. En la mayoría de los órganos la distribución es de tipo anastomótico o

reticular, con numerosas comunicaciones que posibilitan la sustitución entre territorios vecinos. Estas diferencias tienen consecuencias importantes para la fisiología y la patología.

Una **anastomosis** (*Anastomosis, s. vas anastomoticum*) pone en comunicación vasos vecinos entre los que permite intercambios, sustituciones o el equilibrio de presiones. En cuanto a las arterias, existen dos tipos de anastomosis muy diferentes en estructura y función: las anastomosis interarteriales y las anastomosis arteriovenosas.

Las **anastomosis interarteriales**, son relativamente escasas en las arterias de mediano calibre, se vuelven cada vez más abundantes en las arterias periféricas, entre las cuales establecen verdaderas redes arteriales (*Retia arteriosa*). Las más grandes y visibles a simple vista, se dan por convergencia de dos arterias que se unen angularmente para formar un nuevo vaso, por lo general más voluminoso. Por ejemplo: en ventral del tronco del encéfalo, la arteria basilar se forma por la convergencia de las dos arterias vertebrales y en el feto, la unión del conducto arterioso y la aorta.

En las **anastomosis de arco**, dos vasos de igual calibre se unen para formar un arco arterial (*Arcus arteriosus*) del que parten múltiples ramas más pequeñas. Es el caso de las innumerables arcadas vasculares que recorren las vísceras digestivas o las que se encuentran en la mano o el pie de muchas especies.

Las **anastomosis transversales** constituyen una especie de puente entre arterias paralelas sin modificar su trayecto. Se encuentran de este tipo entre las arterias metacarpianas, metatarsianas o digitales de varias especies.

Las **anastomosis mixtas** pueden combinar varios de los tipos anteriores. A menudo múltiples, preceden a la formación de redes arteriales (*Retia arteriosa*) destinadas a brindar soporte circulatorio en regiones de gran movilidad. Esto es lo que se observa por ejemplo a nivel de un círculo vascular articular (*Circulus articularis vasculosus*).

Las **anastomosis colaterales** son las ramas que, tras un determinado recorrido, se reincorporan nuevamente al tronco principal del que se originaron.

Una **red admirable** (*Rete mirabile*) es un tipo de anastomosis en forma de plexo intrincado constituido por las divisiones de una arteria donde la sangre es absorbida, sin la interposición de capilares, por una o más arterias nuevas. Las redes admirables no existen en todas las especies y parecen tener funciones definidas: protección de órganos frágiles, intercambios térmicos, suministro de sangre y regulación circulatoria. Pueden

encontrarse en partes muy diferentes del cuerpo, pero su topografía es fija para cada especie. Se encuentran en la cara ventral del cerebro y en el fondo de la órbita ocular (rumiantes, felinos) y se asocian a formaciones venosas importantes.

Una ***anastomosis arteriovenosa*** (*Anastomosis arteriovenosa*) es un orgánulo que regula la circulación local en función de la actividad de un órgano. Por lo tanto, solo existe entre vasos de pequeño calibre. Las comunicaciones que a veces se encuentran entre vasos voluminosos no tienen ni el mismo papel ni la misma estructura: constituyen anomalías (shunt arteriovenosos). Las anastomosis arteriovenosas propiamente dichas se encuentran en la piel, la mucosa nasal, la lengua, las vísceras digestivas, los pulmones, los órganos eréctiles del aparato genital y la glándula tiroides. Generalmente tienen la apariencia de un haz vascular o glomus alimentado por una arteriola aferente corta y muy delgada. Este surge en ángulo recto desde una arteriola ordinaria o un vaso precapilar. Pronto se curva, o forma un bucle, a menudo después de dividirse en dos o tres ramas. Estos bucles tienen una pared engrosada por el desarrollo de células musculares dispuestas en varios cursos, a las que se asocia una red apretada de fibrillas nerviosas. A la salida del glomus, el calibre disminuye y la estructura se convierte en la de una vénula, que desemboca en un afluente de la red venosa. La contracción de la pared produce la oclusión del glomus, que se completa con la protrusión de una pequeña almohadilla endotelial en la luz vascular; su relajación permite, por la diferencia de presión, el paso de la sangre de la arteria a la vena. Esta desviación reduce el flujo de sangre a los órganos en reposo. Cuando estos entran en actividad, la oclusión de las anastomosis provoca un rápido aumento del suministro de sangre arterial. Se observará que en la mayoría de los órganos se delega un papel complementario a sectores especializados de la red capilar que constituyen, según las condiciones fisiológicas, vías de flujo preferenciales o zonas de reducción circulatoria.

Estructura

Las paredes arteriales se destacan por su espesor, su resistencia y su elasticidad. Después de la muerte, su contracción fuerza la sangre hacia los capilares y las venas. Es por esto que generalmente aparecen vacíos en el cadáver.

Sin embargo, estas características no aparecen uniformemente en todas las arterias. Las condiciones funcionales (presión, resistencia, velocidad del flujo de la sangre) varían considerablemente y la estructura de las paredes cambia para responder exactamente a



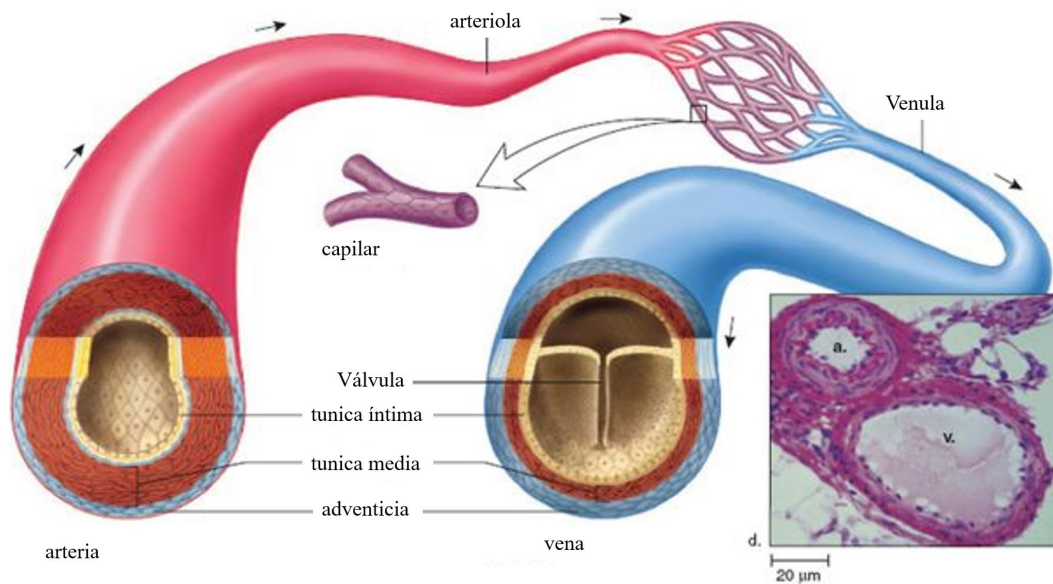
estas diferencias. Así podemos reconocer varios tipos de arterias, pero todas tienen una organización común, a través de la cual se realizan las variaciones. Todas están formadas por tres túnicas superpuestas: íntima, media y adventicia.

La **íntima** (*túnica íntima*), es la capa más interna, directamente en contacto con la sangre. Es muy fina, lisa y perfectamente continua desde el endocardio hasta los capilares, es un endotelio cuyas células, delgadas y planas, de contorno irregular, se alargan paralelas al eje del vaso.

La **túnica media** (*túnica media*) es la túnica más gruesa de las arterias de mediano y gran calibre, pero la más variable según el tipo de arterias. Está formada por laminillas elásticas fenestradas concéntricas, entre las cuales se alojan miocitos lisos orientados circularmente y fibras colágenas y elásticas. Su límite externo está marcado por una concentración de láminas elásticas que constituyen la membrana elástica externa. La proporción y disposición de los elementos elásticos y musculares varían mucho según el calibre, ubicación y función. En las arterias más cercanas al corazón (y calificadas como "grandes arterias", cualquiera que sea el tamaño de la especie) el tejido elástico es muy abundante y estas se denominan **arterias elásticas** (*Arteriae elastotypicae*). Por el contrario, las arterias periféricas tienen una media muy rica en miocitos y se las denomina **arterias musculares** (*Arteriae myotypicae*). Las **arterias intermedias** son de tipo mixto (*Arteriae mixtotypicae*).

La **adventicia** (*Túnica adventicia*) está formada por tejido conjuntivo denso, que rodea la periferia del vaso y está conectada a la vaina periarterial a la que envuelve a los órganos vecinos. Es relativamente delgado en los grandes troncos y más grueso en las arterias de mediano calibre, a las que da su movilidad. Forma una capa resistente que debe ser preservada durante los procedimientos quirúrgicos.

Figura 9 Estructura de los vasos sanguíneos.



La vascularización de las paredes arteriales es muy parcial. Las arteriolas más pequeñas se nutren directamente de la sangre que contienen. La pared de las otras arterias más gruesas está irrigada por pequeños vasos, los *vasa vasorum*, que provienen de la propia arteria o de una arteria cercana. La distribución de estos prácticamente no va más allá de la adventicia y las dos túnicas internas están desprovistas de ellos. La íntima y las partes adyacentes de la media efectúan sus intercambios con la sangre de la luz del vaso por difusión. Las modificaciones estructurales y físico-químicas que se producen con la edad en las dos túnicas internas tienden a dificultar estos mecanismos de difusión y provocan los fenómenos de degeneración.

Los nervios pertenecen al sistema autónomo y forman plexos muy laxos en la adventicia. Muchos forman arborizaciones terminales de tipo adrenérgico alrededor de grupos de miocitos. Parece que las arterias están desprovistas de verdaderas fibras vasodilatadoras: la dilatación resulta de una inhibición de las fibras constrictoras, que aseguran el tono vascular en reposo. Las fibras sensoriales, que son mucho menos numerosas, solo sirven a la íntima en áreas particulares, conocidas como reflexogénicas (control de la presión arterial).

Las peculiaridades estructurales que caracterizan a los distintos tipos de arterias afectan de manera desigual a las tres capas.



Las grandes arterias, como el tronco pulmonar, la aorta y la mayoría de sus colaterales primarias, son de tipo elástico. Funcionalmente son arterias de conducción, es decir, vasos que reciben a alta presión y de forma discontinua la sangre proyectada en cada sístole por los ventrículos y tras cerrar su válvula inicial, la expulsan durante la diástole a los vasos periféricos. Inicialmente distendidos por su llegada, luego vuelven sobre sí mismos, asegurando así su progresión constante.

En estas arterias la íntima es más gruesa que en los siguientes tipos y las células de su endotelio están menos aplanadas. La hoja elástica es mucho más gruesa, en realidad está constituido esencialmente por láminas elásticas y los miocitos son pocos. La adventicia es relativamente delgada, rica en fibras de colágeno y pobre en fibras elásticas. Está provista de muchos vasa vasorum.

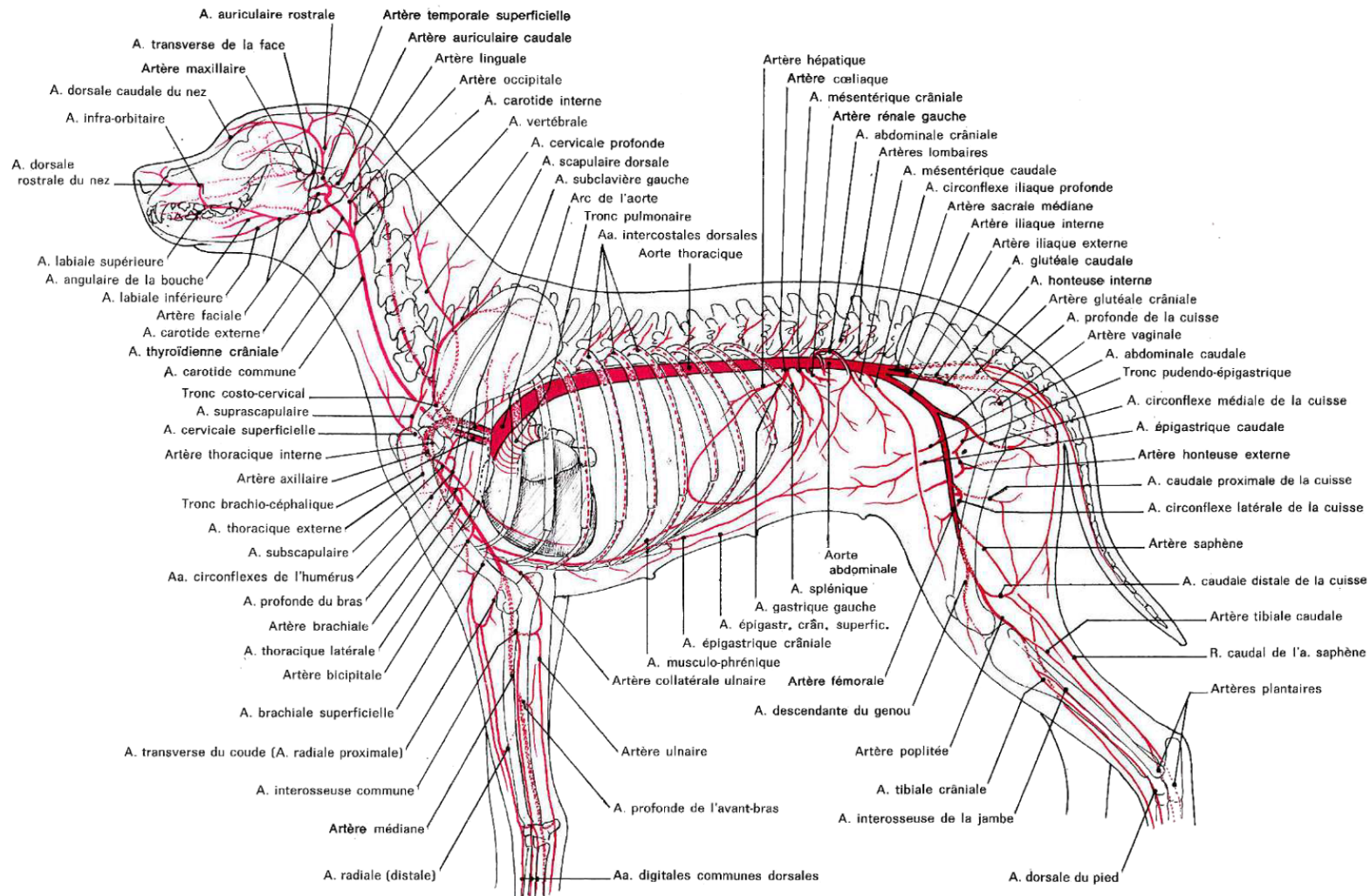
Las arterias de tipo muscular son de mediano o pequeño calibre. Se les puede llamar arterias de distribución porque distribuyen la sangre a los órganos. Capaces de contraerse o relajarse, controlan y regulan su flujo según las necesidades locales o regionales. Su íntima es delgada, con un endotelio de células muy planas y un estrato subendotelial con miocitos lisos, especialmente presentes en las arterias de regiones muy móviles (carótida común y arterias axilares). La contracción lenta de los miocitos reduce el calibre del vaso. La adventicia, más gruesa que en el tipo anterior, está provista de fibras elásticas longitudinales mezcladas con fibras de colágeno. Los vasa vasorum, más débiles y menos numerosos, faltan en las arterias más pequeñas.

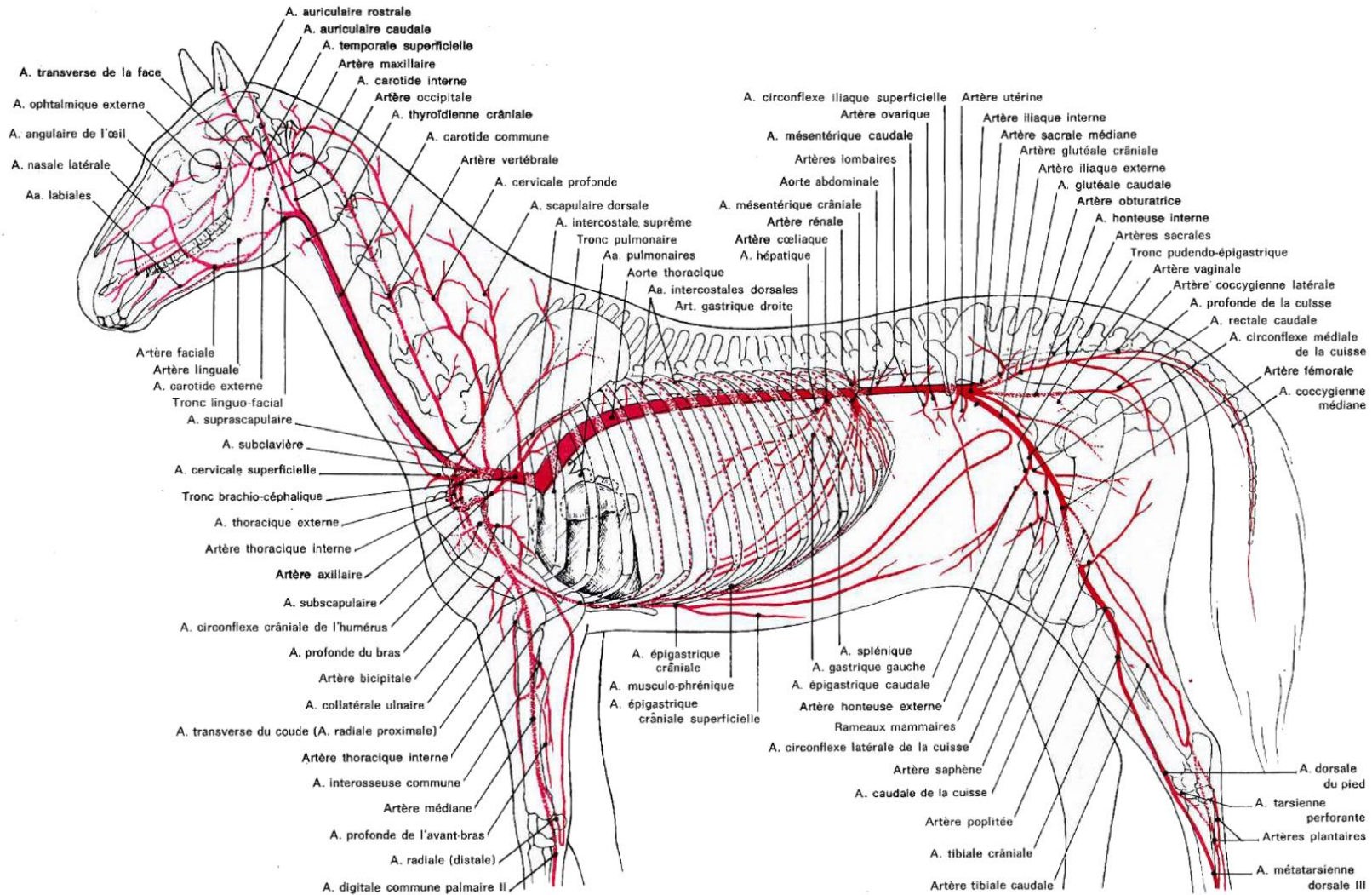
La transición entre las arterias elásticas y las arterias musculares suele ser gradual, sin una delimitación clara. Sin embargo, hay algunas excepciones: las arterias renales, que son musculares, se conectan casi a la perfección con la pared elástica de la aorta.

Las arterias más pequeñas son sucedidas por las **arteriolas** (*Arteriolae*), caracterizadas por la progresiva reducción y simplificación de la media y la adventicia. La media, cada vez más delgada, contiene cada vez menos miocitos y estos ya no forman una sola capa en las arteriolas terminales. La adventicia se reduce a una red muy delgada de fibras de colágeno acompañadas de fibroblastos.

En las **arteriolas precapilares o metarteriolas** (*Metarteriolae*) la estructura es aún más simple. Los miocitos lisos ya no forman una capa continua, sino solo grupos dispuestos en anillos, cada uno de los cuales es un *esfínter precapilar* (*Sphincter precapillaris*) que controla el acceso de la sangre a la red capilar.

Figura 10 Esquema del sistema arterial del canino y equino.





II – VENAS

Las **venas** (*Venae*) se continúan de los capilares. Regresan la sangre de los órganos al corazón; por lo tanto, la circulación es centrípeta.

Al igual que las arterias, están organizadas en dos sistemas separados. Uno de estos pertenece a la pequeña circulación; drena los pulmones a través de las venas pulmonares y termina en la aurícula izquierda. El otro lleva sangre de todas las demás partes del cuerpo a la aurícula derecha. En la gran circulación, la sangre que ha salido del corazón por la aorta es devuelta a él por dos o incluso tres grandes troncos venosos: la vena cava craneal, la vena ácigos y la vena cava caudal.

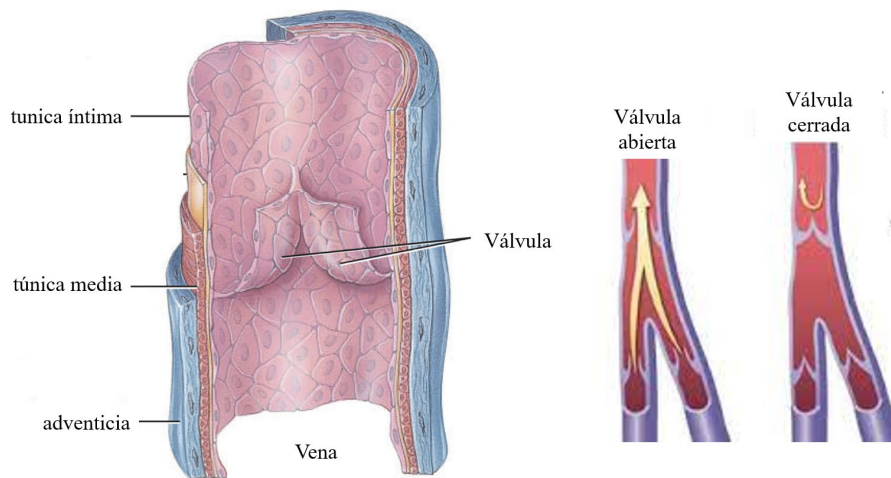
El sistema venoso tiene una capacidad cuatro veces mayor que el sistema arterial. La sangre circula más lentamente con una presión mucho más baja, lo que determina las peculiaridades de la conformación y estructura de las venas.

La mayoría de las venas tienen una pared delgada, depresible y de aspecto fibroso. En el estado de vacío, son flácidas y se aplanan. En plenitud o repleción, tienden a ser cilíndricos y se amoldan a los órganos vecinos. Distendidas, suelen tener un aspecto nudoso, con partes hinchadas separadas por estrechamientos anulares determinados por la presencia interna de válvulas.

Las **válvulas** (*Vaivulae*) son pliegues de la túnica interna de la vena sostenidos por una extensión fibrosa muy delgada de la túnica media, la válvula se opone al reflujo de la sangre. El pequeño espacio delimitado por la superficie parietal de la válvula y la pared adyacente de la vena es el *seno de la válvula* (*Sinus vaivulae*). Según su localización, reconocemos válvulas ostiales, situadas en la desembocadura de un afluente en otra vena y válvulas parietales que son las más numerosas, situadas a otros niveles del trayecto de la vena y la mayoría de las veces dispuestas en pares.

No todas las venas están valvuladas, ejemplo de esto son las venas pulmonares, las pequeñas venas periféricas y las venas cavas que están completamente desprovistas de válvulas. En otras venas son rudimentarias o ausentes como en el sistema de la vena porta y poco desarrolladas en las venas ácigos. Por el contrario, son numerosas y bien desarrolladas en las venas de los miembros, por donde la sangre circula contra la gravedad.

Figura 11 Esquema de la estructura de una vena y sus válvulas.



Las venas más grandes son más o menos rectas, pero las de calibre mediano o pequeño suelen ser flexuosas y sus sinuosidades aumentan con la edad.

Finalmente, un tipo particular de vena está formada por los *senos de la duramadre* (*Sinus durae matris*), que son irregulares, inextensibles y desprovistos de válvulas, alojados en el espesor de esta meninge, que representa a la adventicia.

Las venas de la gran circulación se dividen en dos grandes sistemas comunicantes, uno profundo y otro superficial.

Las venas profundas, son las más numerosas, en su mayor parte satélites de las arterias y por lo tanto comparten su recorrido. Sólo la vena cava caudal no tiene, entre el diafragma y el hígado, y en su recorrido torácico, un satélite arterial. En las extremidades, las arterias principales suelen ir acompañadas de dos o incluso tres venas que se anastomosan entre ellas. En general, el conjunto se aloja en una vaina conjuntiva común. En varias regiones las venas ricamente anastomosadas pueden formar una densa red alrededor de las arterias que se denominan senos venosos, generalmente ubicados en la base del cráneo. Estas disposiciones tienen importantes implicaciones funcionales a nivel de órganos particularmente delicados (glándulas genitales) y favorecen un relativo estancamiento sanguíneo que muchas veces permiten intercambios contra corriente; intercambios térmicos cuando la sangre venosa de áreas enfriadas baja la temperatura de la sangre arterial (senos venosos de la base del cráneo, cordón espermático), intercambios



iónicos (*venas rectas de los riñones*), incluso hormonales (pedículo ovárico). Las pulsaciones arteriales también tienen una acción mecánica sobre la circulación venosa.

Las *venas superficiales o subcutáneas* en su mayor parte no tienen satélite arterial, pero las más grandes son a menudo satélites de ramas nerviosas. Por su anastomosis con las venas profundas, permiten una derivación o una sustitución de estas últimas en caso de obstáculo momentáneo en el funcionamiento normal de los órganos o duradero en condiciones patológicas. Pueden ser exploradas y fácilmente accesibles en el sujeto vivo, que se utiliza para la toma de muestras de sangre, inyecciones e incluso la introducción de sondas.

El sistema venoso se origina a partir de innumerables **vénulas postcapilares** (*Venulae postcapillares*) que como su nombre indica, siguen directamente a la red capilar. Estos vasos muy delgados (de 20 a 25 μm de diámetro), que también absorben parte del plasma intersticial, convergen en **vénulas colectoras** (*Venulae colligentes*) que hacen transición a las venas propiamente dichas. Sólo estas últimas tienen un recorrido definido y convergen a su vez en troncos cada vez más grandes, que son satélites de las arterias, y comparten sus nombres. Así como estas últimas se distribuyen por ramas colaterales y terminales, en las venas la sangre circula en sentido contrario, por lo tanto, se forman de capilares y reciben afluentes.

Siendo la superficie de la sección de cada vena menor que la suma de las de sus orígenes, el volumen del árbol venoso decrece regularmente desde la periferia hacia el corazón. Sin embargo, la presión disminuye en el mismo sentido, siendo esta condición necesaria para toda circulación. Como resultado, la velocidad de la sangre aumenta a medida que se acerca al corazón, pero con amplias variaciones dependiendo de las condiciones fisiológicas. Los troncos venosos terminales experimentan pasivamente cambios de presión en su entorno. La progresión de la sangre venosa se logra por múltiples mecanismos. La mayor parte de las venas posee una pared depresible, la pulsación de las arterias vecinas las comprime rítmicamente y la presencia de las válvulas obliga a la sangre a progresar hacia el corazón. Se asigna un papel mucho más importante a los músculos, cuyas contracciones producen el mismo efecto, pero con mucha más energía. Finalmente, cada movimiento inspiratorio crea una corriente de sangre hacia el tórax. La adhesión de la vena cava a las formaciones fibrosas con las que se relaciona y al entrar en ellas las mantiene abiertas para este fin.



Estructura

Como la de las arterias, la pared de las venas tiene tres capas.

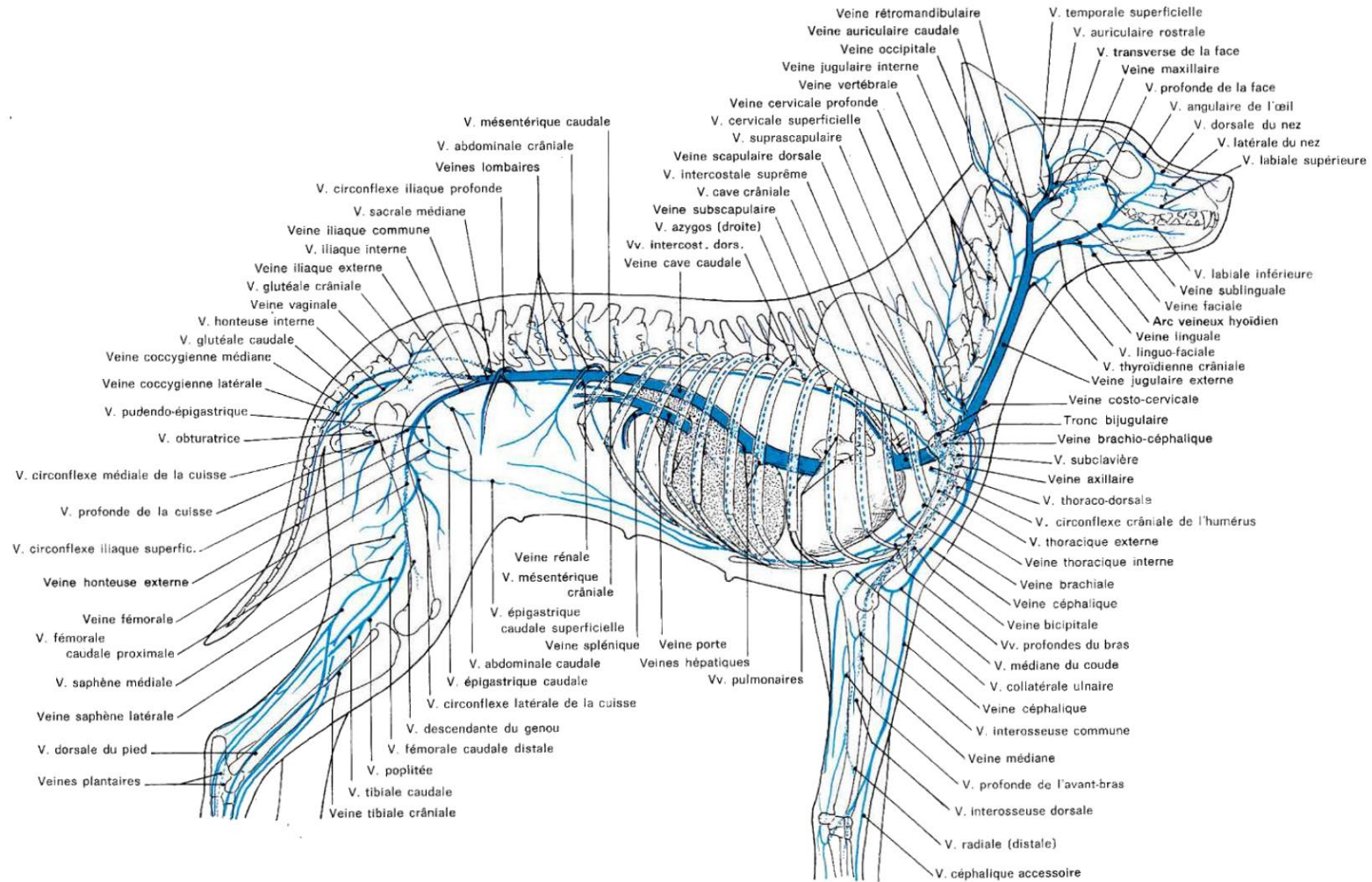
La **túnica interna o íntima** es un endotelio continuo que descansa sobre una delgada lámina basal revestida con una capa muy delgada de fibras de colágeno longitudinales. Constituye la pared de las vénulas postcapilares, y particularmente permeable a los intercambios y migración de linfocitos. En las venas propiamente dichas, la capa subendotelial tiene más fibras colágenas y fibras elásticas, lo que la hace especialmente clara en las venas de mayor calibre.

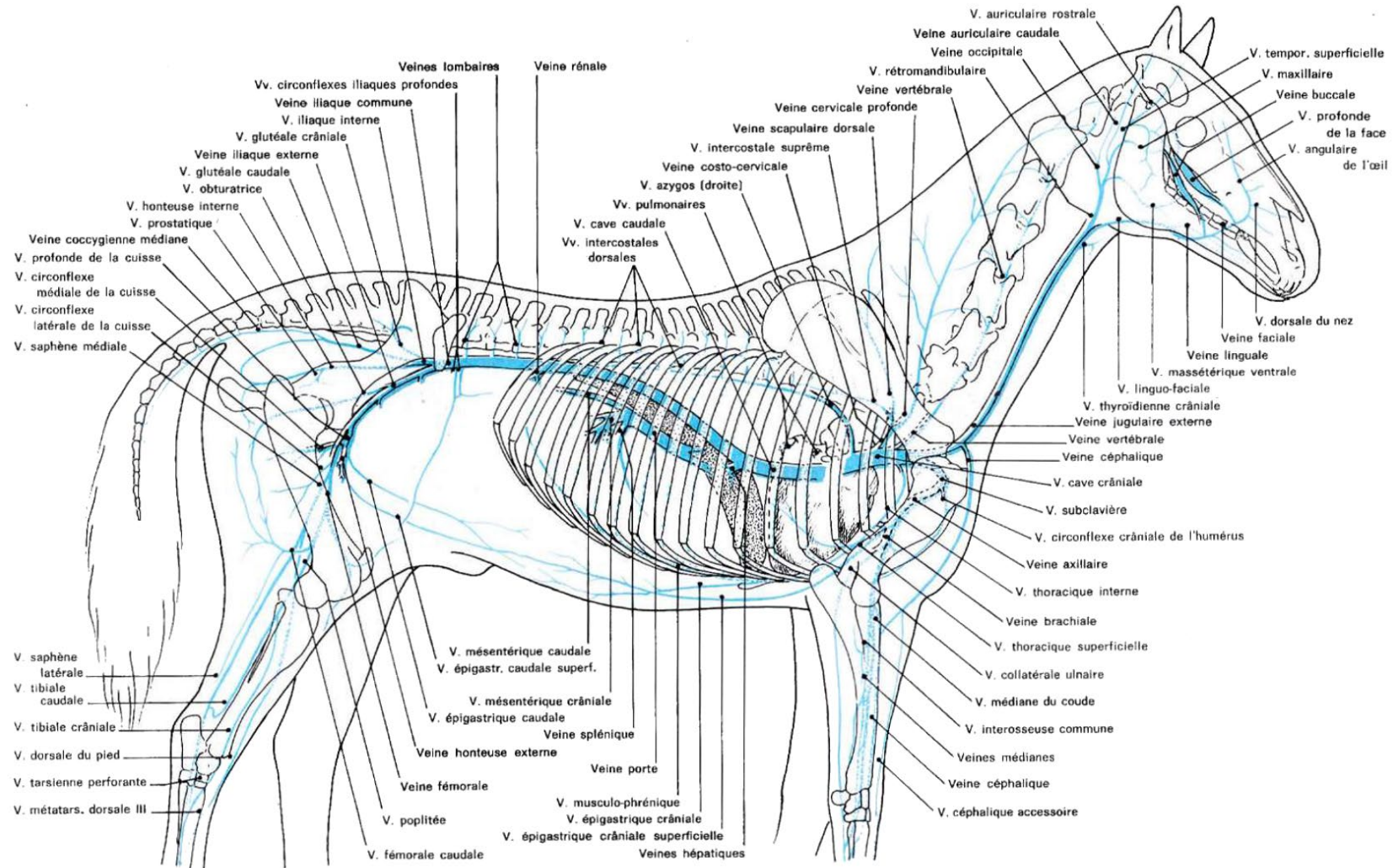
La **túnica media** es casi en todas partes mucho más delgada que en las arterias. Aparece en las vénulas colectoras en forma de una capa incompleta de fibras musculares lisas transversales que califican a estos vasos como "vénulas musculares". La cantidad de fibras musculares varía mucho según los requisitos funcionales locales. Las fibras musculares son tan abundantes en las venas digitales de los ungulados que sus paredes llegan a igualar a las de las arterias. Existe una musculatura circular similar pero más débil en las venas de la piel y el intestino grueso.

Las venas más grandes y en particular la vena cava, son del tipo fibroso. En su pared, la túnica media se vuelve muy delgada. Las fibras musculares lisas son muy raras o están ausentes y las fibras de colágeno predominan fuertemente. También falta la capa intermedia en las venas de los huesos, retina, meninges, placenta y en los senos de la duramadre.

La capa externa o **adventicia** es sólo un tejido conjuntivo rico en colágeno y fibras elásticas. Se vuelve cada vez más diferenciado y desarrollado a medida que estos vasos se hacen más grandes.

Figura 12 Esquema del sistema venoso del canino y equino.





CIRCULACIÓN FETAL Y SISTEMAS PORTA

Circulación fetal y neonatal

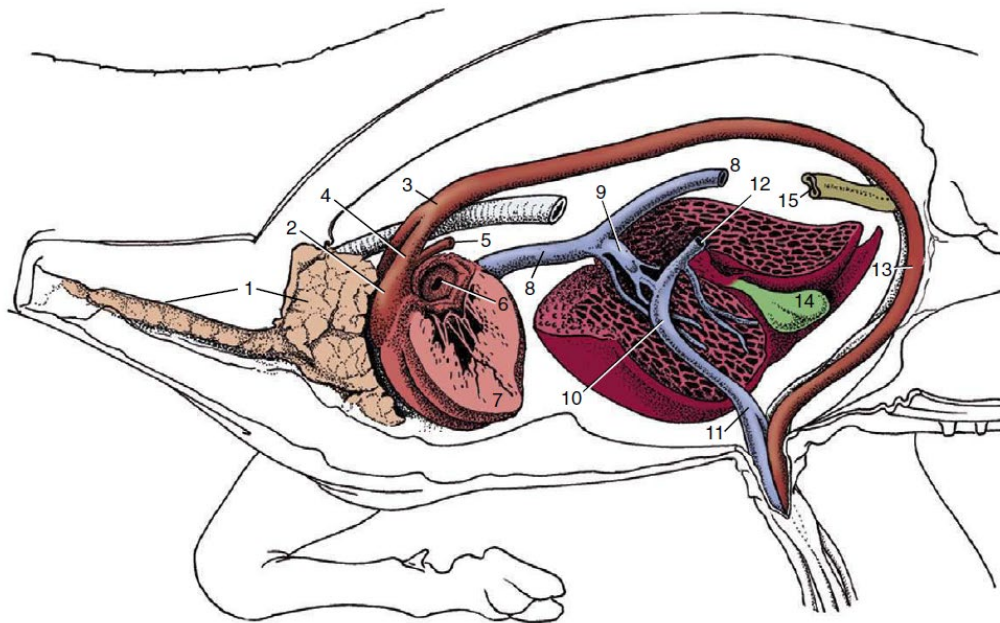
Indispensable para cualquier vida organizada, el sistema circulatorio aparece muy temprano, desde el período embrionario de la vida. Deriva enteramente del mesodermo, el mesodermo cardiogénico, forma un tubo axial, primero doble luego unificado y contráctil, el *corazón primordial (Cor primordiale)*, del cual derivará el corazón definitivo. Las contracciones rítmicas de este tubo establecen una circulación inicialmente orientada en dirección caudo-craneal, que luego modela la red capilar: la parte caudal drena colectores que son los primeros elementos del sistema venoso; del extremo opuesto parte un tronco aórtico casi inmediatamente bifurcado, del que procede el sistema arterial.

Con el desarrollo de la alantoides y la placenta comienza el período de circulación placentaria. Todos los intercambios necesarios para la vida del embrión y luego del feto están asegurados por la placenta, irrigada por los vasos umbilicales, provenientes de la circulación general materna. Durante este período, los pulmones se organizan y el corazón se reparte para brindarles una circulación distinta de la circulación general. Pero los pulmones todavía son afuncionales, por lo que la separación de los dos circuitos (pulmonar y general) nunca es total en este periodo para permitir un apoyo respiratorio por la sangre procedente de la placenta (oxigenada). Entonces la circulación se duplica de forma incompleta. Después del nacimiento, cuando se han establecido la respiración pulmonar y la actividad digestiva, la circulación pulmonar o circulación pequeña queda completamente aislada de la circulación general. Esta disposición definitiva, peculiar de los mamíferos y las aves, permite que dos flujos sanguíneos paralelos y distintos circulen a través del corazón simultáneamente.

Dado que los pulmones y el sistema digestivo no entran en funcionamiento hasta después del nacimiento, la respiración y la nutrición del feto están aseguradas por la placenta. Hasta el nacimiento, los vasos pulmonares son muy pequeños, al igual que los del intestino. Las **arterias umbilicales**, provenientes de la aorta a través de las arterias ilíacas internas que son de gran calibre al igual que la **vena umbilical**, cuya sangre se dirige al hígado por la vena cava caudal. Por lo tanto, la circulación menor es insignificante y la placenta sustenta la circulación general.

Durante la vida fetal, la placenta combina las funciones que luego realizan los pulmones, el tracto digestivo y los riñones. Por lo tanto, la sangre se oxigena, se le proporciona nutrientes y se depura de desechos en su circulación a través de la placenta. Por esto la placenta, actúa como un órgano de intercambio gaseoso que suministra sangre oxigenada al embrión en desarrollo.

Figura 13 Dibujo de la circulación fetal (ternero).



Referencias: 1- Timo, 2- tronco pulmonar, 3- arco aórtico, 4- conducto arterioso, 5- arteria pulmonar, 6- foramen oval, 7- pared del ventrículo izquierdo, 8- vena cava caudal, 9- conducto venoso, 10- unión de las venas umbilical y porta dentro del hígado, 11- vena umbilical, 12- vena porta, 13- arteria umbilical izquierda, 14- vesícula biliar, 15- colon descendente.

La sangre oxigenada procedente de la placenta ingresa al feto por medio de dos grandes **venas umbilicales** que se enrollan dentro del cordón umbilical y se unen antes de ingresar al feto por el orificio umbilical de la línea alba (ombbligo). La única vena umbilical intraabdominal corre cranealmente para penetrar el hígado en la fisura umbilical y emite ramas colaterales que vascularizan las porciones izquierdas (fracción umbilical) del hígado (donde la mayor parte del flujo evita los sinusoides hepáticos a través del conducto venoso), mientras que otra rama se dirige hacia la derecha para establecer una amplia anastomosis con la vena porta, que vasculariza las porciones derechas (fracción portal) del hígado, un pequeño volumen de sangre de la vena umbilical

izquierda pasa a través de los sinusoides hepáticos y se mezcla con la sangre desoxigenada de la vena porta. La continuación directa del tronco umbilical es el conducto venoso que atraviesa el parénquima del hígado, sin participar de la circulación hepática, para unirse directamente a la vena cava caudal. La división del hígado en fracciones umbilical y portal tiene una importancia funcional y posiblemente también clínica debido a que la fracción portal recibe menos oxígeno y esto estimula una hematopoyesis más activa; la fracción umbilical tiene más probabilidades de sufrir infecciones adquiridas en el útero. Por todo lo expuesto, el grado de oxigenación de la sangre que llega a la aurícula derecha se reduce en relación con la tensión de oxígeno en la vena umbilical.

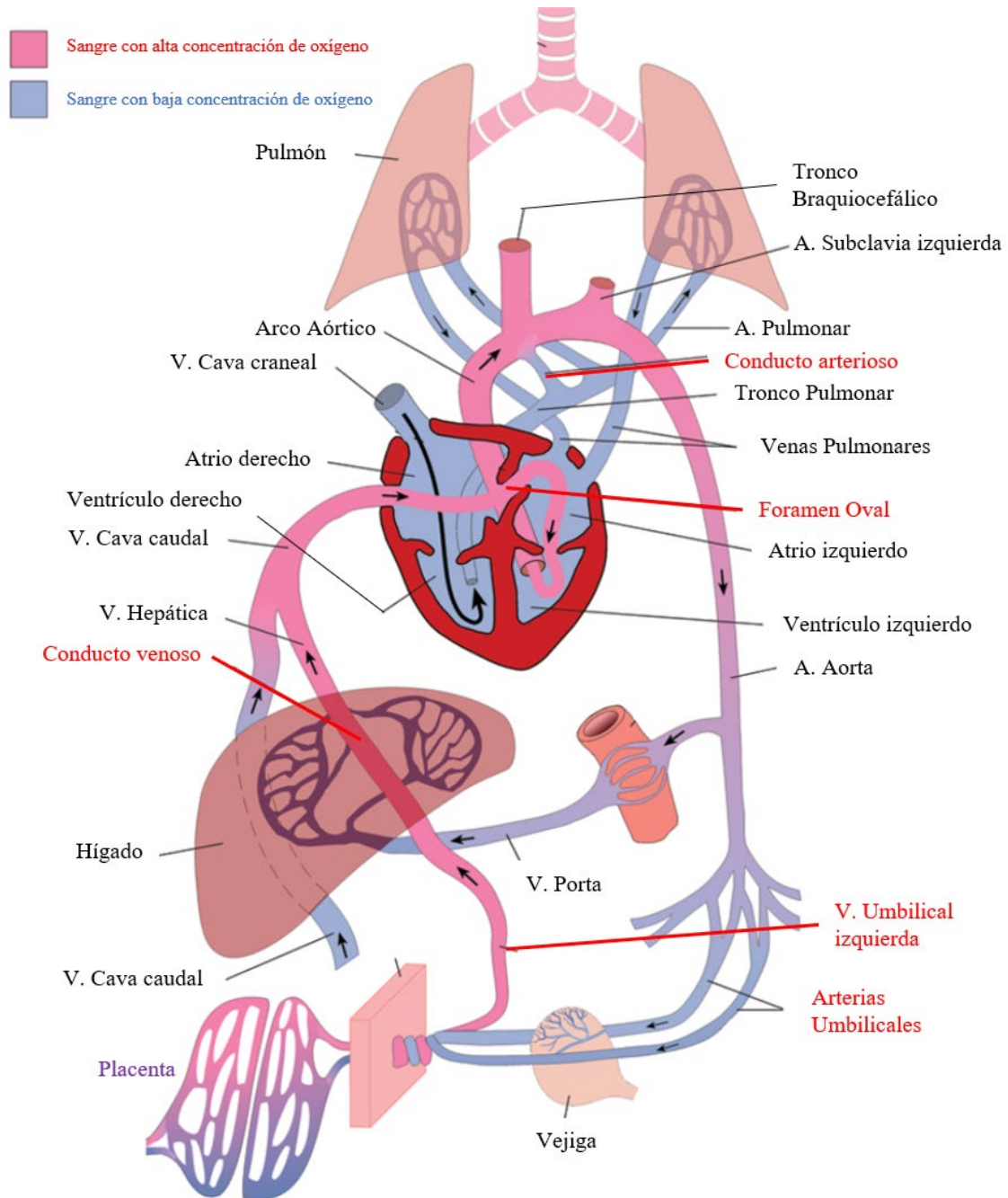
La **vena cava caudal** recibe la sangre umbilical después de su paso por el hígado sumando así a la sangre desoxigenada que regresa de la parte caudal del cuerpo. Por lo tanto, el contenido de oxígeno está reducido comparado con el del retorno placentario antes de llegar al corazón (aurícula derecha), donde el flujo sanguíneo choca contra el borde craneal del **foramen oval**, que es un orificio en el septo interatrial. Esto divide al flujo en dos caminos: una parte continúa hacia la aurícula derecha, la otra pasa a través del foramen oval hacia la aurícula izquierda. Los tamaños relativos de las dos corrientes cambian a medida que avanza la gestación: un desplazamiento continuo del margen del foramen hacia la izquierda aumenta el flujo hacia la aurícula derecha. El flujo derecho se mezcla con el retorno de otras venas sistémicas y, por lo tanto, el contenido de oxígeno de la sangre que pasa al ventrículo derecho disminuye aún más. La mayor parte de la sangre que ingresa a la aurícula derecha a través del foramen oval hacia la aurícula izquierda, donde se mezcla con un pequeño volumen de sangre con menor concentración de oxígeno que regresa de los pulmones no funcionales a través de las venas pulmonares. Esta sangre se expulsa hacia el **tronco pulmonar**, que en el feto se comunica con la aorta a través de un conducto ancho, el **conducto arterioso** que aboca en la aorta caudal al origen del tronco braquiocefálico y es tan ancho como el tronco pulmonar (de hecho, es su continuación directa). El conducto arterioso recibe la mayor parte de la salida del ventrículo derecho porque el lecho vascular de los pulmones no expandidos ofrece una resistencia considerable al flujo sanguíneo. La sangre del ventrículo derecho es bombeada al tronco pulmonar donde, debido a la resistencia de los vasos pulmonares, el mayor volumen pasa a través del conducto arterioso hacia la aorta.



El pequeño flujo que regresa a la aurícula izquierda desde los pulmones se mezcla allí con el mayor volumen de sangre que pasó por el foramen oval. Por lo tanto, la sangre que ingresa a la aorta está relativamente bien oxigenada, esta sangre ingresa al ventrículo izquierdo y es bombeada a todo el cuerpo por la red arterial. Como las arterias coronarias y el tronco braquiocefálico son las primeras ramas que desprende la aorta, la musculatura cardíaca y el cerebro reciben sangre oxigenada con alta concentración de oxígeno. En comparación a los órganos abastecidos por las ramas de la aorta que nacen distales a la entrada del conducto arterioso; estas últimas ramas reciben sangre proveniente de ambos ventrículos. Cabe remarcar que parte de la sangre de la vena cava caudal, que entra en la aurícula derecha se dirige al ventrículo derecho y se mezcla con la sangre desoxigenada que regresa de la cabeza a través de la vena cava craneal y del miocardio a través de las venas coronarias.

La mayor parte de la sangre de la aorta regresa a la placenta para su oxigenación a través de las arterias umbilicales. La placenta recibe la mayor parte del flujo a través de la aorta abdominal a través de las arterias umbilicales que se originan de las arterias ilíacas internas y salen del feto en el ombligo, junto con el *conducto alantoideo* (uraco). El torrente sanguíneo fetal se pone en estrecha aposición con el torrente sanguíneo materno dentro de la placenta, aunque la barrera tisular placentaria intermedia varía en espesor y permeabilidad entre las especies (se estudiara en detalle en histología).

Figura 14 Esquema de la circulación fetal en el útero.



Referencias: Las flechas indican la dirección del flujo sanguíneo.

Cambios circulatorios al nacer

Debido a la sustitución de la placenta como órgano de intercambio respiratorio por los pulmones en funcionamiento del animal recién nacido, se producen importantes cambios circulatorios al nacer. Los cambios en la circulación que siguen al nacimiento

no se completan tan rápido como muchos creen pudiendo ser necesarias algunas horas, o incluso días, antes de que se establezca una circulación estable del patrón adulto. El cierre permanente de los conductos y orificios fetales requiere mucho más tiempo. La detención de la circulación placentaria puede preceder o seguir al inicio de la ventilación pulmonar según las circunstancias del parto.

Como resultado de la compresión del tórax durante el parto, el líquido amniótico del árbol bronquial es expulsado y reemplazado por aire a medida que los pulmones se expanden. Una serie de eventos importantes ocurren en el sistema cardiovascular al nacer:

1- Inmediatamente antes del nacimiento, las arterias umbilicales se contraen, impidiendo el paso de sangre a la placenta. Después de la ruptura del cordón, la contracción del músculo liso y el retroceso de las fibras elásticas en la túnica media sellan la luz de las arterias evitando hemorragias. Los vasos umbilicales son mordidos por la madre (carnívoros) o se rompen ya que no pueden soportar el peso de la descendencia (grandes especies).

2- La contracción de las venas umbilicales fuerza la sangre de la placenta a la circulación del animal recién nacido. La sangre placentaria puede aportar hasta un 30% del volumen sanguíneo total del animal recién nacido. El flujo de sangre a través del conducto venoso se detiene por la contracción del músculo liso de su pared. El cierre del conducto venoso se vuelve permanente después de dos o tres semanas. Al momento del parto, el cordón umbilical no debe pinzarse o cortarse inmediatamente para que se transfiera la mayor cantidad posible de sangre placentaria al animal recién nacido.

3- Inmediatamente después del nacimiento, la contracción de la musculatura de la pared del conducto arterioso estrecha este shunt fetal. Como consecuencia, la sangre de las arterias pulmonares se dirige a los pulmones en funcionamiento. Puede ocurrir un flujo inverso temporal, dando lugar a un soplo cardíaco transitorio. El cierre completo puede demorar hasta dos meses, el cual se produce por el plegamiento del endotelio y la proliferación de la capa de tejido conjuntivo. Los factores que pueden contribuir al cierre fisiológico del conducto arterioso incluyen el aumento del contenido de oxígeno de la sangre que pasa a través de él y la producción de la amina vasoactiva bradicinina, que provoca la contracción del músculo liso. La contracción de la pared muscular del conducto arterioso no se hace inmediatamente y durante algunas horas o días la sangre puede desviarse en cualquier dirección según las presiones relativas en la aorta y en la

arteria pulmonar. La expansión de los pulmones reduce la resistencia de su lecho vascular, y la caída de la presión arterial pulmonar hace que el flujo a través del conducto proceda normalmente de la aorta. El paso de la sangre a través del tubo constreñido provoca la vibración de su pared, que puede detectarse en la auscultación como un soplo continuo durante el primer o segundo día de vida posnatal. Los cambios estructurales permanentes eventualmente obliteran la luz, convirtiendo el conducto en una estructura fibrosa (ligamento arterioso).

4- Antes del nacimiento, la mayor parte de la sangre de la vena cava caudal es dirigida a través del foramen oval hacia la aurícula izquierda. Una estructura similar a una válvula, que se mantiene abierta por la mayor presión de la sangre en la aurícula derecha que en la aurícula izquierda. Al nacer, la presión en la aurícula derecha disminuye debido en parte al cese del flujo sanguíneo desde la placenta, mientras que la presión en la aurícula izquierda aumenta debido al aumento del flujo pulmonar. Como resultado, el colgajo en forma de válvula del septum interauricular se presiona, cerrando el foramen oval. Todo esto se debe al aumento del retorno venoso desde los pulmones que eleva la presión dentro de la aurícula izquierda y esto fuerza a la válvula del foramen oval contra el tabique auricular, lo que cierra al foramen. Aunque la fibrosis eventualmente sella la válvula en su lugar, esto toma algún tiempo y no es raro que la abertura sea permeable durante meses o incluso años; tal permeabilidad rara vez es significativa.

5- El conducto venoso se cierra en poco tiempo, en horas o días. Su eliminación de la circulación permite que la vena porta perfunda completamente el hígado.

6- La pérdida del retorno umbilical reduce tanto el volumen como la presión del flujo caudal de la cava.

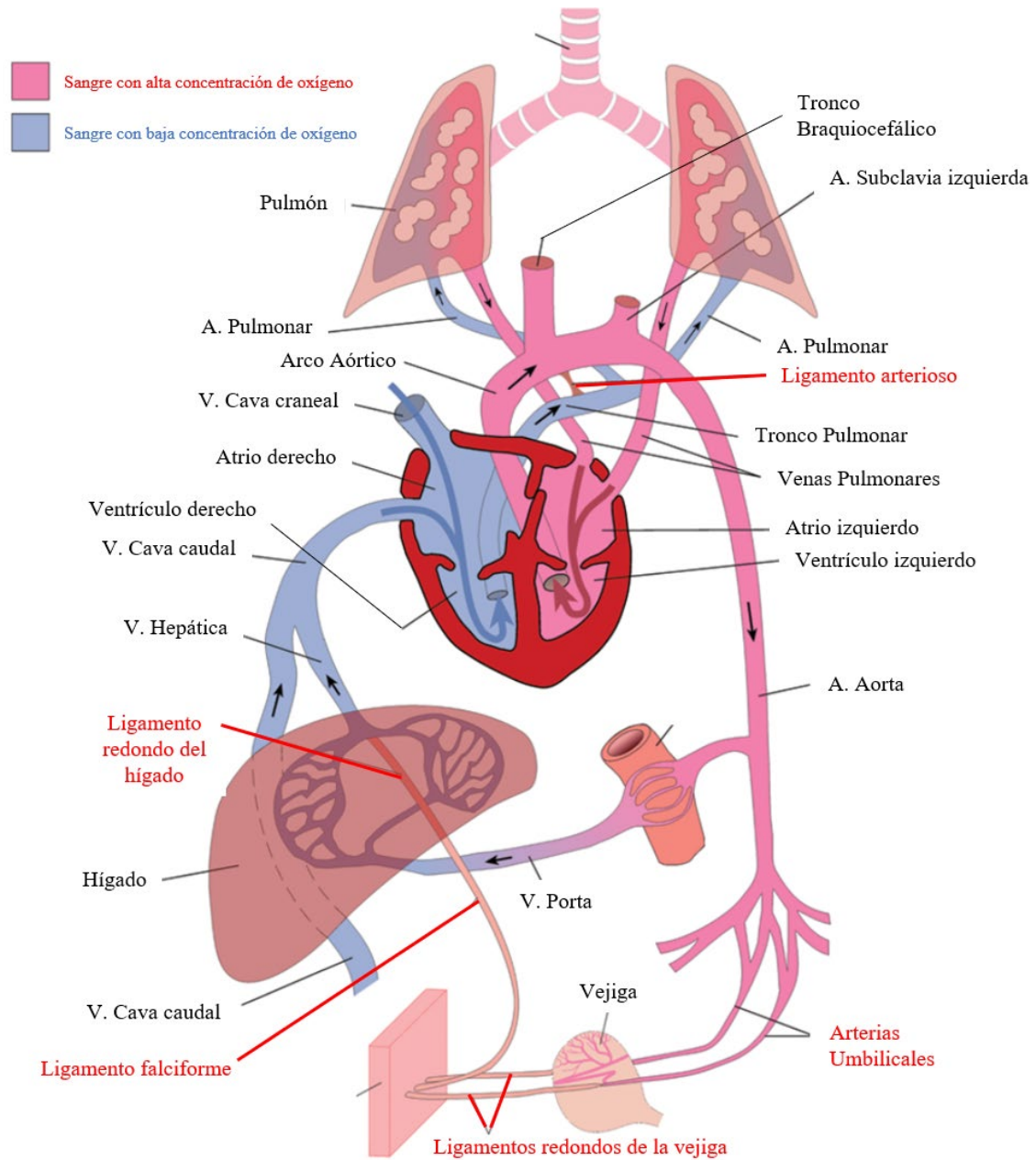
7- La hipertrofia de la pared del ventrículo izquierdo ocurre como respuesta al aumento de la carga de trabajo que ahora se coloca en esa cámara, el engrosamiento relativo significativo de la pared del ventrículo izquierdo ya es evidente al final de la primera semana posnatal en los cachorros.

Derivados de vasos sanguíneos fetales y estructuras asociadas en animales maduros:

- I. El remanente de la porción intraabdominal de la vena umbilical izquierda persiste en el animal adulto como el ligamento redondo del hígado (ligamento falciforme).
- II. El conducto venoso se convierte en el ligamento venoso.
- III. Después del cierre anatómico, el foramen oval está representado por una depresión conocida como fosa oval.
- IV. Las porciones intraabdominales de las arterias umbilicales forman los ligamentos redondos de la vejiga que se ubican en los ligamentos laterales de la vejiga. Los restos del uraco persisten en el ligamento mediano de la vejiga.
- V. El conducto arterioso se convierte en el ligamento arterioso (Ligamentum arteriosum).

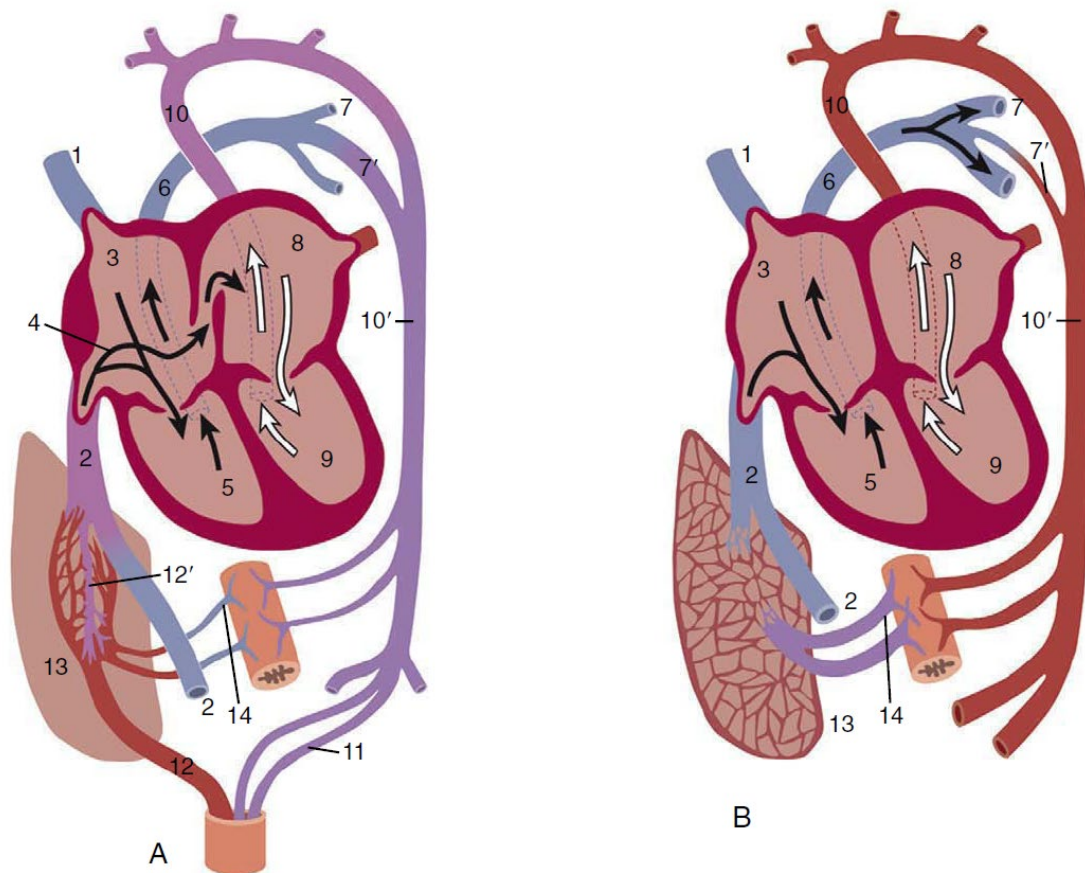
Las superficies umbilicales expuestas al medio pueden ser una entrada potencial de gérmenes que generen una infección (enfermedad del ombligo), transformándose en vías de entrada para una diseminación generalizada.

Figura 15 Esquema de los cambios en la circulación que ocurren después del nacimiento.



Referencias: Las flechas indican la dirección del flujo sanguíneo.

Figura 16 Esquema de los sistemas circulatorios fetal (A) y posnatal (B).

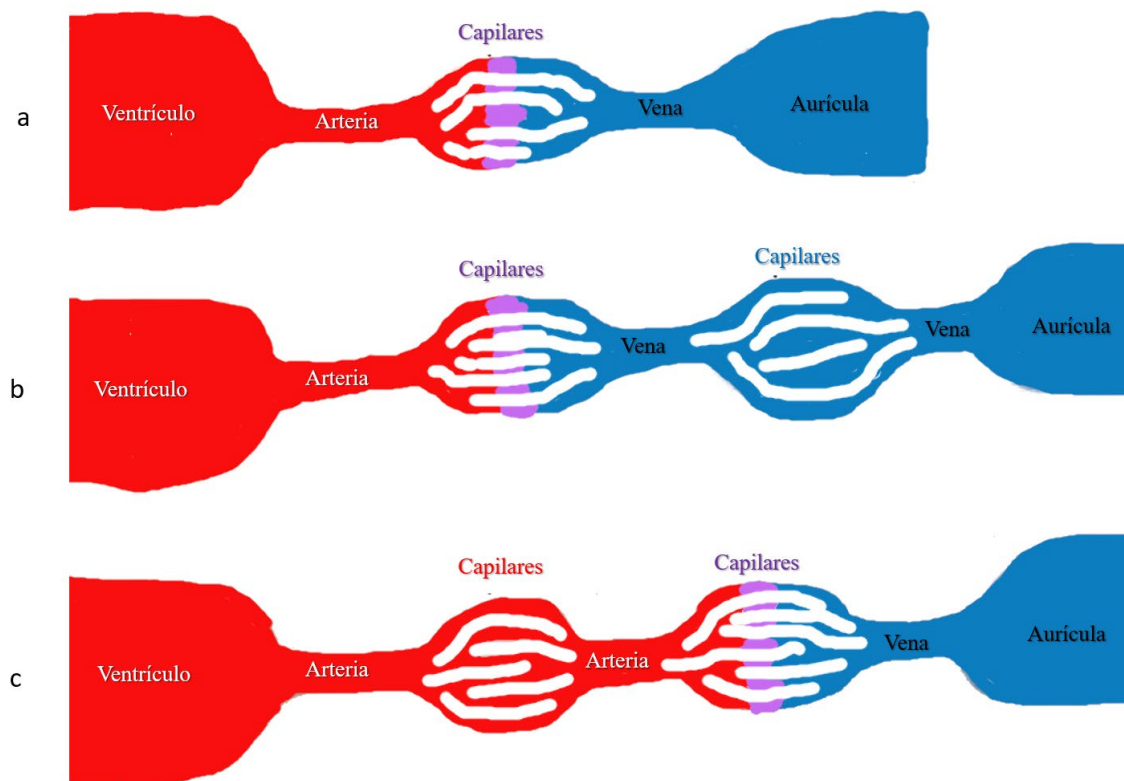


Referencias: 1, vena cava craneal, 2- vena cava caudal, 3- aurícula derecha, 4- flecha entrando en el foramen oval, 5- ventrículo derecho, 6- tronco pulmonar, 7- arteria pulmonar, 7'- conducto arterioso (en B, ligamento arterioso), 8- aurícula izquierda, 9- ventrículo izquierdo, 10- arco aórtico, 10'- aorta abdominal, 11- arteria umbilical, 12- vena umbilical, 12'- conducto venoso, 13- hígado, 14- vena porta.

Sistemas Porta

En la mayoría de los territorios vasculares la secuencia típica de circulación es ventrículo, arteria, capilares, vena y aurícula esto se cumple tanto en la circulación general como en la circulación pulmonar. Sin embargo, en algunos casos la secuencia es diferente: ventrículo, arteria, capilares, vena, capilares, nuevamente vena y aurícula o ventrículo, arteria, capilar, arteria, nuevamente capilar, vena y aurícula. A estas secuencias se las denominan sistemas porta, que también pueden explicarse como un vaso sanguíneo que se ramifica en capilares y estos luego convergen para formar un vaso del mismo tipo estos sistemas representan una vía preferencial o alternativa para que ciertas sustancias lleguen de una parte a otra del cuerpo antes de pasar por el corazón evitando que se mezcle con el resto de la sangre del organismo en el cuerpo.

Figura 17 Esquema del sistema circulatorio en los territorios vasculares de los tejidos.



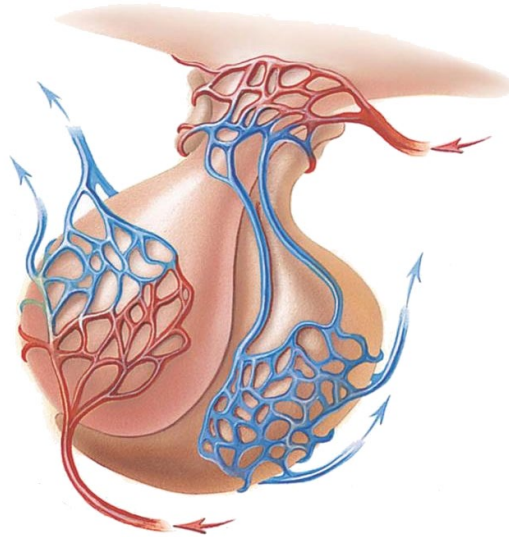
Referencias: a, distribución general de la circulación sanguínea en los tejidos, b y c- distribución sanguínea de los sistemas porta.

Hay tres sistemas porta, el más grande involucra al *hígado* y lo relaciona con varios órganos abdominales y pélvicos; otro relaciona al hipotálamo con la *glándula hipófisis* y el último se encuentra íntegramente dentro del *riñón*.

El **sistema porta hipofisario** muy importante porque la glándula hipófisis secreta diferentes hormonas que tienen acción en distintos órganos dianas, algunos de los cuales son a su vez glándulas endocrinas. La hipófisis está formada por distintas porciones algunas de origen epitelial y otras de origen nervioso estas porciones se distribuyen formando dos lóbulos y un tallo que relaciona a la hipófisis con el hipotálamo. La irrigación de la hipófisis cumple una función de nutrición como en cualquier órgano, pero también de regulación de la actividad hormonal, a la glándula hipófisis llegan las arterias hipofisarias, la arteria hipofisaria caudal ingresa a la parte nerviosa se capilariza y los capilares convergen para formar venas hipofisarias caudales. La arteria hipofisaria rostral llega al tallo neural (infundido) y forma así capilares que convergen en venas y estas venas se ramifican nuevamente formando capilares y originando venas porta que forman

un sistema porta cuyos dos plexos capilares se encuentran cerca y comunicados por las venas porta hipofisarias y sus capilares convergen en las venas rostrales de la hipófisis en el hipotálamo

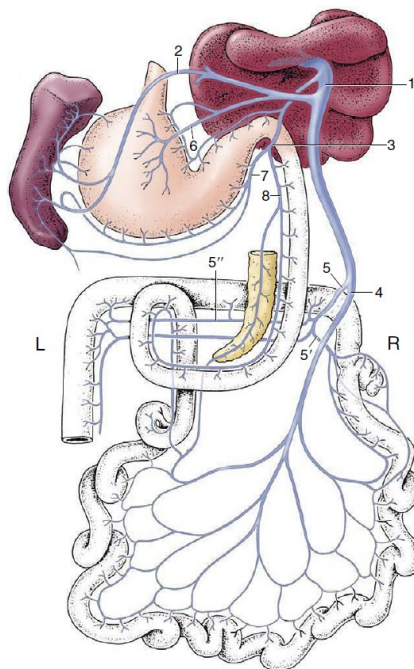
Figura 18 Esquema del sistema porta hipofisiario.



El **sistema porta hepático** es el más voluminoso ya que involucra a los capilares sanguíneos de varios órganos, el hígado es un órgano parenquimatoso que pertenece al aparato digestivo y cumple muchas funciones vitales una de ellas consiste en modificar moléculas que se encuentran en la sangre que proviene principalmente del tubo digestivo antes de que esta sangre se mezcle con la del resto del cuerpo, funcionando así como una especie de filtro metabólico que retiene, deja pasar o modifica las sustancias en función de su naturaleza química y del estado metabólico del individuo. Este sistema porta posee el primer plexo capilar que aboca a la vena porta y dónde se genera el segundo plexo capilar. El primer plexo capilar está distribuido entre varias vísceras impares del abdomen: bazo, estómago, intestino delgado, intestino grueso, páncreas y vesícula biliar. El mayor volumen de sangre de este primer plexo corresponde a porciones del tubo digestivo y del vaso que pertenece al sistema linfático, los capilares de estos órganos convergen en venas a medida que estas venas van abandonando los órganos convergen en otras de manera relativamente constante para formar tres grandes venas: la vena esplénica, la vena mesentérica craneal y la vena mesentérica caudal, que por su confluencia dan origen a la vena porta hepática que recibe algunas pequeñas afluentes de la vesícula y luego ingresa al hígado. El hígado recibe sangre de dos orígenes, sangre

desoxigenada a través de la vena porta y por otro lado sangre oxigenada a través de la arteria hepática; la mayor fracción de sangre es aportada por la vena porta y a través de esta llegan al hígado las sustancias que se absorbieron por vía sanguínea en la mayor parte del tubo digestivo, otras que provienen de la degradación de glóbulos rojos en el bazo y otras sustancias como hormonas del páncreas; una vez en el hígado la vena porta y la arteria hepática se ramifican en el parénquima, las ramificaciones microscópicas de la arteria hepática y de la vena porta se comunican para formar capilares del tipo discontinuo estos capilares forman el segundo plexo capilar y permiten que las sustancias que llegaron al hígado por la vena porta abandonen la sangre e ingresen a los hepatocitos que pueden modificar estas sustancias para almacenarlas o distribuir las hacia la sangre nuevamente o hacia la vía biliar y luego estos capilares dan origen a las venas hepáticas que emergen del parénquima hepático y desembocan en la vena cava caudal, de esta manera el sistema porta hepático forma una vía preferencial entre los órganos que contienen el primer plexo capilar y el hígado, permitiendo que este procese ciertas moléculas antes de mezclarse con el resto de la sangre del cuerpo.

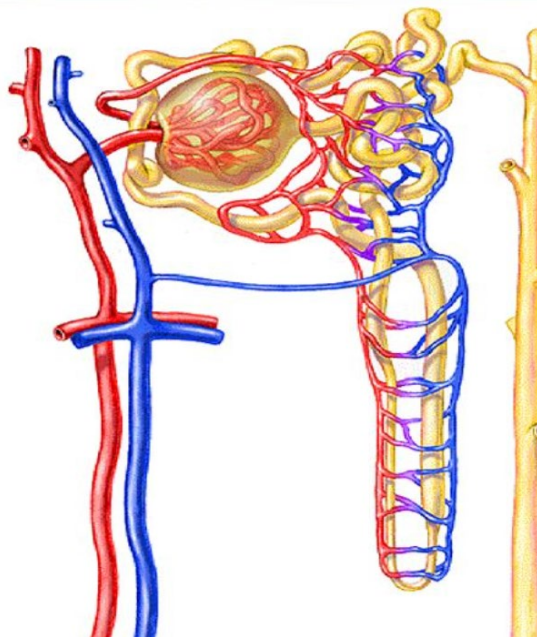
Figura 19 Esquema de la formación de la vena porta (perro), vista dorsal.



Referencias: 1- vena porta, 2- vena esplénica, 3- vena gastroduodenal, 4- vena mesentérica craneal, 5- vena mesentérica caudal, 5'- vena ileocólica, 5''- vena cólica media, 6- vena gástrica izquierda, 7- vena gastroepiploica derecha, 8- vena pancreaticoduodenal craneal.

El **sistema porta renal** se encuentra dentro del riñón ya que la circulación sanguínea renal es muy particular porque la sangre además de nutrir al órgano sirve como materia prima para formar la orina y que con ella se eliminan numerosas sustancias de manera muy controlada, este proceso es muy complejo y comienza con la ultrafiltración. El ultrafiltrado se realiza gracias a la disposición particular de los vasos sanguíneos y a las relaciones de éstos con los glomérulos y conductos colectores. La sangre llega al riñón por la arteria renal que se ramifica dentro del órgano hasta dar la arteria aferente que entra al corpúsculo renal para capitalizarse en el glomérulo (que es un ovillo de capilares fenestrados) que representa el primer plexo capilar de este sistema porta, estos capilares convergen para formar arteriolas que se llaman eferentes, estas se capitalizan en la corteza renal alrededor de los túbulos contorneados por lo que se llaman capilares peritubulares. Los capilares que se forman luego de las arteriolas eferentes o de los vasos arteriales rectos constituyen el segundo plexo capilar del sistema porta renal de esta manera el sistema tiene un primer plexo en los glomérulos vasos porta que son arteriales y están dados por las arteriolas eferentes y los vasos rectos arteriales y un segundo plexo capilar cortical alrededor de los túbulos contorneados y otra porción en la médula entre las asas de Henle y los conductos colectores. La circulación renal se continúa con vénulas y venas que convergen hasta salir del riñón como vena renal.

Figura 20 Esquema del sistema porta renal.



Como se mencionó los sistemas porta son vías anatómicas preferenciales de comunicación vascular entre distintas partes del cuerpo con una ventaja histológica que facilita el transporte de sustancias a través de la pared capilar, debido a que los capilares son del tipo fenestrados

Se describió mínimamente a los tres sistemas portas del cuerpo, pero para comprenderlo mejor hará falta estudiar en más profundidad la anatomía, la histología y fisiología de la hipófisis, del aparato digestivo y del riñón, para poder entenderlo en el contexto de cada sistema porta.

III - SISTEMA LINFÁTICO

El **sistema linfático** (*Systema linfaticum*) es responsable del drenaje de la linfa y del control de sus constituyentes. Para ello dispone de una riquísima red de **vasos linfáticos** (*Vasa linfática*), que se originan de capilares distribuidos por todo el cuerpo y cuyos últimos vasos colectores desembocan en las grandes venas del tórax. A lo largo del recorrido de estos vasos, los mamíferos desarrollan en varios niveles pequeños órganos, denominados **linfonódulos** (*Nodi linfatici*), en los que se filtra la linfa y, se renueva y regula su población celular. Este sistema asegura, en estrecha cooperación con la médula ósea, el timo, el bazo y las formaciones linfoides difusas del tubo digestivo con el fin de mantener la defensa inmunitaria del organismo.

El sistema linfático presenta en los mamíferos el máximo de desarrollo y complejidad. Su desarrollo responde al del sistema inmunitario, por el cual el organismo reacciona de forma específica ante la presencia de una sustancia u organismo extraño.

Los agentes que provocan las reacciones inmunitarias suelen ser exógenos (moléculas extrañas, virus, bacterias o sus toxinas, parásitos o sus secreciones, células o tejidos trasplantados). Otros son endógenos, resultantes de la desviación de los procesos normales de la vida (proteínas modificadas o células anormales, por ejemplo, cancerosas o infectadas por un virus), a todos se los denomina antígenos.

Esquemáticamente, podemos reconocer tres niveles de mecanismos de defensa ante los antígenos que aseguran una respuesta inmune cada vez más rápida y precisa. Los mecanismos desarrollados en cada nivel se mantienen en los niveles superiores, a los que se integran. El primer nivel es carente de especificidad (respuesta inmune inespecífica), es el de la fagocitosis por macrófagos. Los otros dos son los de la inmunidad específica,

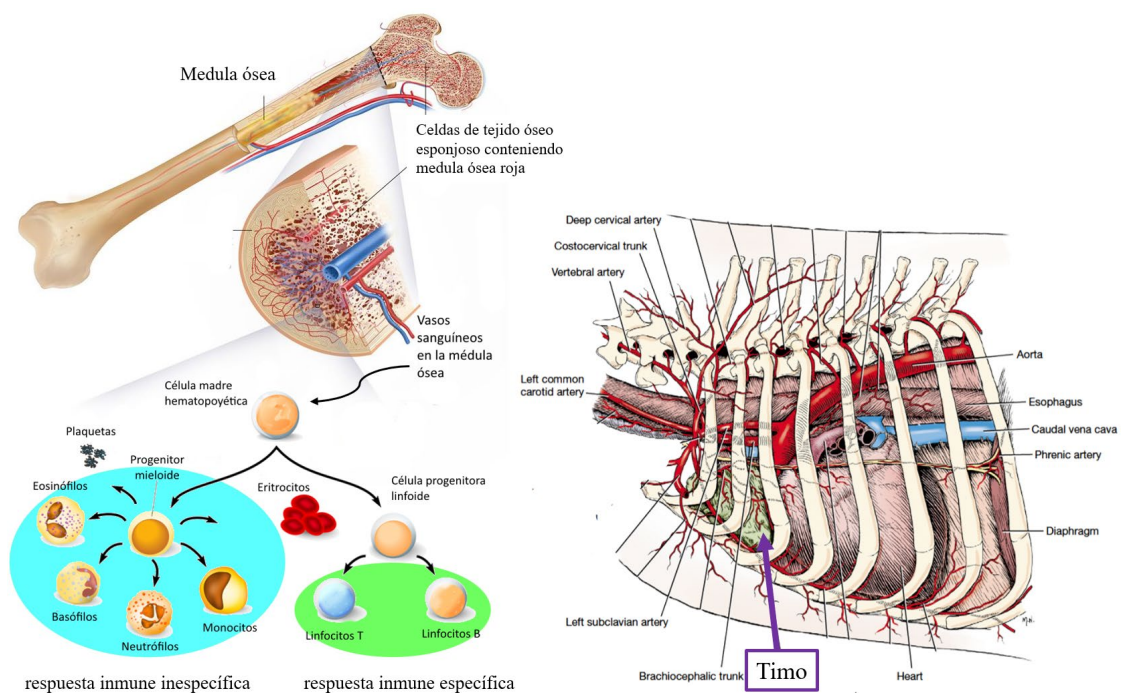
que es la intervención directa de linfocitos especializados, mientras que el último nivel, el más específico, se caracteriza por la mediación humoral (con producción de anticuerpos).

Organización del sistema linfoide

Al igual que en el sistema nervioso, el sistema linfoide tiene una parte central y una parte periférica. Pero esta distinción aquí se relaciona más con las funciones que con la morfología.

A - Los **órganos centrales o primarios** son aquellos en los que tiene lugar la diferenciación inicial de los linfocitos. La **médula ósea** se considera como el tejido central primordial. En el período fetal y en los individuos jóvenes, algunas de las células madre migran a través de la sangre hasta el timo, donde su división repetida produce los linfoblastos precursores de los linfocitos T. El **timo** es así el segundo órgano central. Una migración similar ocurre en las aves a la **bolsa cloacal** para los precursores de células B. Después de la regresión del timo y en las aves, de la bolsa cloacal, la médula ósea genera linfoblastos, pero esta función normalmente está reducida o latente. La maduración de los linfoblastos continúa su evolución a los linajes de linfocitos en los órganos periféricos.

Figura 21 Sistema linfático - órganos primarios.



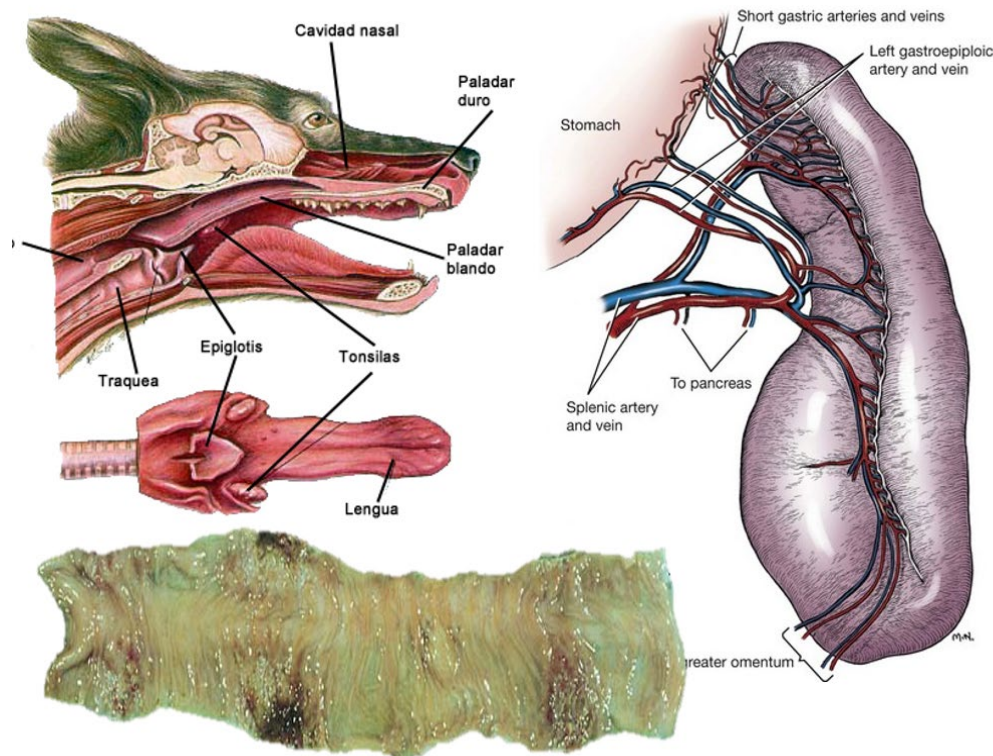
B - Los **órganos periféricos o secundarios** incluyen los cúmulos linfoides adheridos a las mucosas del sistema digestivo, respiratorio y genitourinario. Además del bazo y los linfonódulos.

1) El **tejido linfoide de las mucosas** asegura la defensa inmunitaria de los órganos cuyas cavidades se comunican con el exterior y cuyas mucosas están expuestas a los antígenos. Los linfocitos y macrófagos se encuentran diseminados en folículos primarios o nódulos linfáticos primarios (*Noduli linfatici primarii*). Desde el primer contacto con los antígenos, los linfocitos aumentan de tamaño y dan lugar a linfoblastos que se multiplican. Así forman los folículos o nódulos linfáticos secundarios (*Noduli linfatici secundarii*), que son mucho más grandes.

Los nódulos linfáticos pueden permanecer aislados o agruparse en grupos a veces grandes, como **las tonsilas** (amígdalas) y los **nódulos linfáticos agregados** (placas de Peyer) del intestino. Estos grupos funcionan como sensores de antígenos. Los nódulos están formados por linfoblastos y linfocitos B, mientras que el tejido internodular agrupa a los linfocitos T. Numerosos macrófagos que circulan en contacto con el epitelio son los responsables de capturar antígenos y presentarlos a los linfocitos subyacentes.

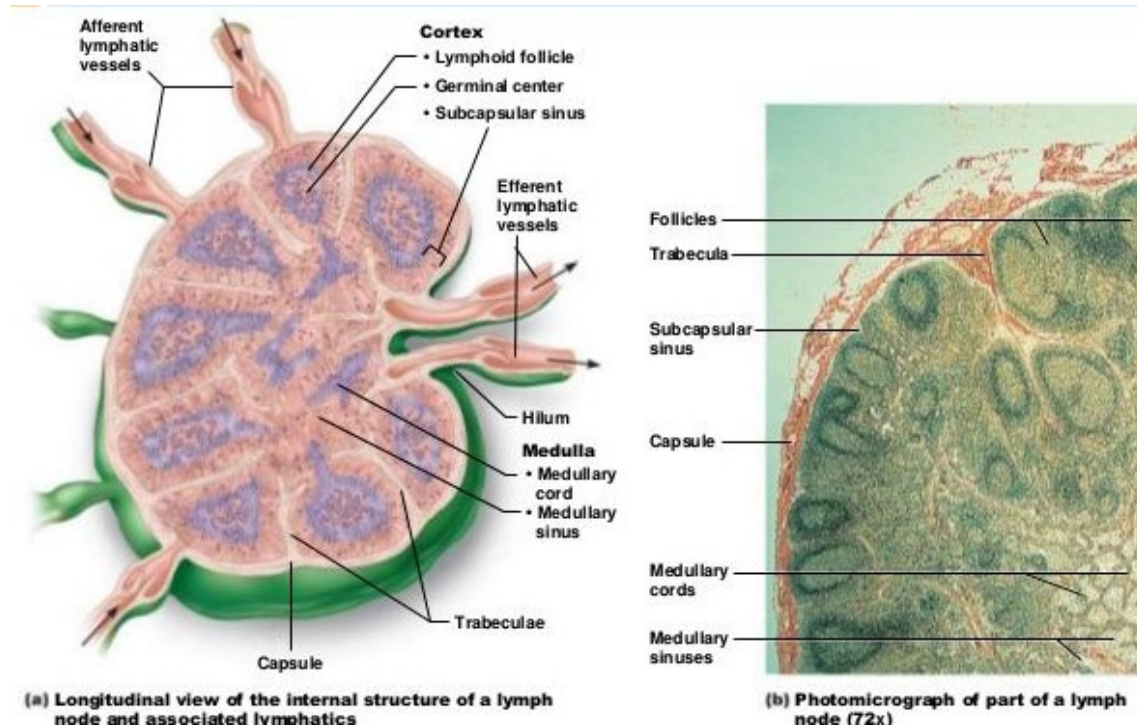
2) En el **bazo** el tejido linfoide constituye la pulpa blanca de este órgano e infiltra la adventicia de las arterias pulpares, se forman numerosos nódulos linfáticos esplénicos que están poblados principalmente por linfocitos B, mientras que los linfocitos T ocupan las vainas perivasculares, los macrófagos son abundantes sobre todo en su periferia, en relación con la pulpa roja del bazo y su actividad es intensa. Fagocitan los antígenos llevados por la sangre a la pulpa roja y los presentan a los linfocitos subyacentes.

Figura 22 Sistema linfático - órganos secundarios (tonsilas, bazo y placas de Peyer).



3) En cuanto a los *linfonódulos* interpuestos en curso de los vasos linfáticos, muestran una distribución topográfica definida. La actividad de los linfocitos se ve facilitada en gran medida por la filtración que experimenta la linfa en estos órganos. Este recoge los antígenos en territorios más o menos extensos y atraviesa al menos un linfonódulo, la mayoría de las veces varios, antes de unirse al torrente sanguíneo. En cada uno de ellos la linfa se filtra a través de un apretado retículo que prácticamente impone el encuentro de los microorganismos con los macrófagos y los linfocitos. Las partículas inertes (por ejemplo, las inhaladas y luego capturadas por los macrófagos pulmonares) también se detienen y almacenan allí. Finalmente, los linfocitos que se forman continuamente en estos órganos son retenidos allí mientras que muchos otros son liberados y pasan a la linfa.

Figura 23 Regiones y estructura de un linfonódulo.

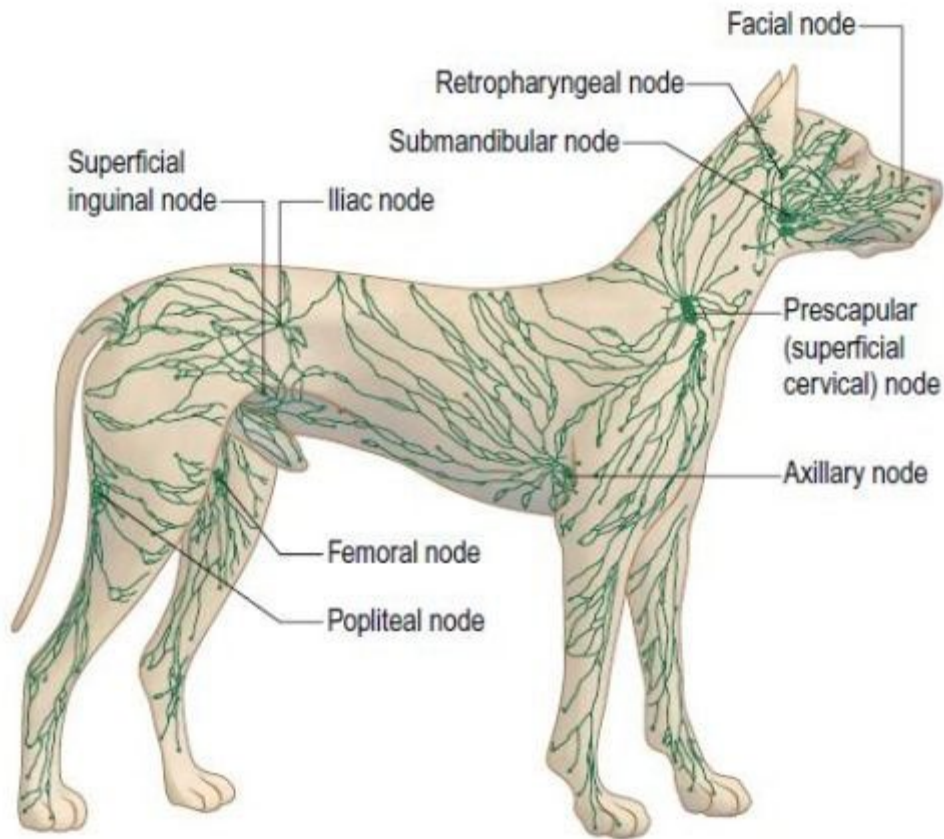


El papel principal de los tejidos linfoides es poner en contacto a los diversos actores celulares de la inmunidad y facilitar su interacción. Los linfocitos y los anticuerpos pueden producirse allí en abundancia y rápidamente. Luego son transportados por la linfa al torrente sanguíneo, que los distribuye por todo el organismo, por lo que la respuesta inmunitaria, inicialmente local, puede extenderse muy rápidamente y generalizarse. Hay que recordar que los linfocitos que circulan en la sangre pasan allí poco tiempo antes de pasar a los tejidos o ser absorbidos por los órganos linfoides. Esta circulación constante permite, además de la distribución de anticuerpos y células activadas, la detección de cualquier antígeno introducido en cualquier tejido de organismo.

El conocimiento de los territorios de drenaje de los linfonódulos y sus vasos aferentes, así como el recorrido de la linfa hasta las venas es de gran importancia. En el ámbito clínico, permite predecir el camino seguido por la propagación de infecciones o células que escapan de un foco canceroso y asegurar su prevención o tratamiento. A partir de la observación de una lesión en un linfonódulo, se puede volver al órgano enfermo,

que es una investigación común en términos de necropsia y muy especialmente, de inspección de carnes en frigorífico.

Figura 24 territorios de drenaje de los linfonódulos superficiales del canino.



Los vasos linfáticos son apenas perceptibles debido a su calibre generalmente pequeño y a la transparencia de su pared delgada, con la excepción de los colectores principales. De los más pequeños, solo unos pocos se vuelven visibles en condiciones especiales, como es el caso de los del intestino delgado, que se vuelven lactescentes (vasos "quilíferos") cuando se digieren los alimentos grasos. En condiciones habituales, para poder visualizar los vasos linfáticos y demostrar sus territorios drenados por los linfonódulos, se requiere del uso de técnicas anatómicas muy específicas.

Drenaje y circulación linfática

La linfa además del transporte de linfocitos, de antígenos y macrófagos, también absorbe alrededor de una décima parte del líquido intersticial que pasa entre los lechos arterial y venoso de la red de capilares sanguíneos. Entre la sangre venosa y la linfa hay

una distribución selectiva de las sustancias absorbidas, recibiendo la linfa casi todas las proteínas y las sustancias de alto peso molecular, que no son absorbidas en los capilares venosos. Esta diferencia está ligada a las particularidades de la estructura de los capilares linfáticos. La concentración de proteínas es particularmente alta en los vasos que provienen del intestino y más aún del hígado. Todavía hay variaciones más amplias para las sustancias grasas, cuya mayor concentración se observa en los linfáticos mesentéricos durante la digestión de las grasas. La linfa que los colectores finales vierten en la sangre es la mezcla de las diversas linfas regionales.

El flujo de los vasos linfáticos es mucho menor que el de las venas. La linfografía ha demostrado que solo unos segundos después de la inyección de una sustancia radiopaca difusible en la mano o el pie, se visualizan los linfonódulos en proximal de la extremidad. Muy rápidamente, sus vasos eferentes son entonces visibles y los linfonódulos del siguiente nivel se ven afectados también. Si la visualización de los vasos es fugaz, la de los linfonódulos persiste durante mucho tiempo debido a la fijación de la sustancia inyectada por los macrófagos.

Es raro que la linfa pase por un solo linfonódulo antes de desembocar en la sangre. Por lo general, los vasos eferentes de un linfonódulo periférico se dirigen a uno más central. Por lo tanto, la mayoría de las veces hay varios relevos linfáticos entre los órganos y la circulación sanguínea.

Cada linfonódulo o grupo de estos recibe vasos de un territorio según su ubicación, y este territorio se superpone más o menos a los de los linfonódulos vecinos.

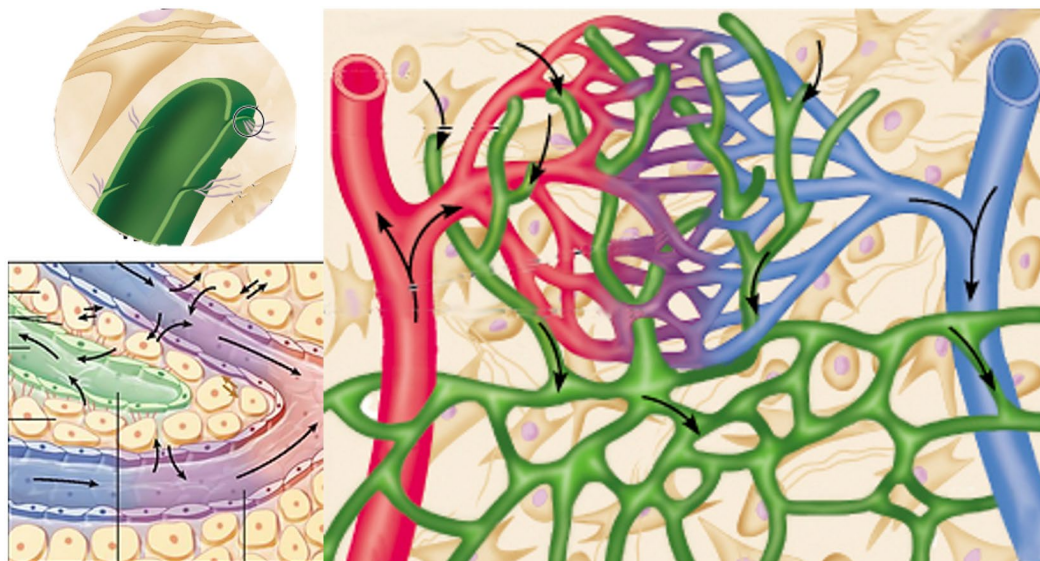
A pesar de las variaciones individuales y aún más interespecíficas, los territorios y los linfonódulos que los drenan tienen esencialmente una disposición comparable en los diversos mamíferos. El conjunto de linfonódulos que comparten el drenaje de un territorio comparable en todas las especies y tienen una topografía similar, constituye lo que se conoce como linfocentro (Lymphocentrum). La mayoría de las veces tienen uno o dos linfonódulos principales, o incluso más, y otros accesorios. Dentro de un mismo linfocentro, el orden de los relevos linfáticos puede variar de una especie a otra. Por esto es aconsejable en la práctica tener muy en cuenta las peculiaridades específicas de cada especie.

II - VASOS LINFÁTICOS

Podemos reconocer en la red vascular linfática tres partes que difieren en estructura, disposición y funciones: los capilares, los vasos intermedios y los colectores terminales, que desembocan en las venas.

Los **capilares linfáticos** (*Vasa lymphocapillaria*) difieren de los capilares sanguíneos en varias características relacionadas con su función. En primer lugar, son completamente independientes de los capilares arteriovenosos y forman una red con mallas más grandes que se mezclan con las de la red sanguínea. Esta red cerrada posee muchas digitaciones en forma de fondo de saco, siendo su origen como un dedo de guante. Los capilares linfáticos difieren principalmente en su estructura ya que la membrana basal suele faltar o ser muy delgada y fenestrada, lo cual es raro en los capilares sanguíneos. Y por esto son capaces de admitir moléculas voluminosas provenientes del plasma intersticial, o incluso partículas inertes o bacterias.

Figura 25 Esquema de las redes capilares y origen del capilar linfático.



Los capilares linfáticos están presentes en casi todo el cuerpo, pero su distribución es muy desigual y faltan en ciertos tejidos. Al igual que los capilares sanguíneos, están ausentes en los epitelios, cartílago hialino, cristalino y córnea. Pero también ausentes en los parénquimas con predominio epitelial, como los lóbulos hepáticos, testicular y renal. Por otra parte, la piel y las mucosas, que ejercen más activamente las funciones de protección y absorción, tienen en su dermis una red linfática particularmente rica, la

mayoría de las veces unida por muy numerosas anastomosis a una segunda red, subcutánea o submucosa. Las redes subserosas de la pleura y el peritoneo también son muy densas, en consonancia con la gran capacidad de absorción de estas serosas.

Finalmente, las redes linfáticas pueden presentar grandes variaciones según el estado funcional de los órganos. Pueden estar casi vacíos o distendidos y deformados e incluso proliferar en determinados períodos. Esto es lo que sucede en la pared uterina durante la gestación y en la ubre durante la lactancia.

Los **vasos linfáticos** (*Vasa lymphatica*) conducen la linfa desde las redes capilares a los ganglios linfáticos y de estos a los colectores terminales. De calibre generalmente pequeño, de orden milimétrico pero variable con el nivel y la especie, son mucho más numerosos que las venas, a las que acompañan generalmente.

Su conformación es irregular, son muy flexibles y depresibles, se moldean sobre los órganos vecinos. Cuando están llenos, su aspecto suele ser varicoso por la presencia de válvulas que segmentan su luz y se oponen al reflujo de la linfa. La delgadez de las paredes y la transparencia de la linfa hacen que estos vasos sean diáfanos y muchas veces difíciles de ver.

El curso es generalmente sinuoso, estos vasos discurren casi paralelos entre sí. Se dividen en dos grupos. Uno es superficial que acompaña a las venas subcutáneas, son particularmente largos en las extremidades a menudo llegan hasta proximal del miembro antes de unirse a los linfonódulos. El segundo grupo es el de los vasos profundos, situados bajo la fascia y alojados en su mayor parte en los intersticios musculares, por donde discurren con las arterias y las venas. Hay pocas anastomosis entre los dos grupos de vasos, en cambio son frecuentes entre los vasos del mismo grupo.

En cuanto a la estructura, no es uniforme, en los primeros vasos que drenan los capilares el endotelio se dobla y forma la primera válvula. Más adelante, unos miocitos lisos y luego fibras elásticas aparecen, delineando así una túnica media.

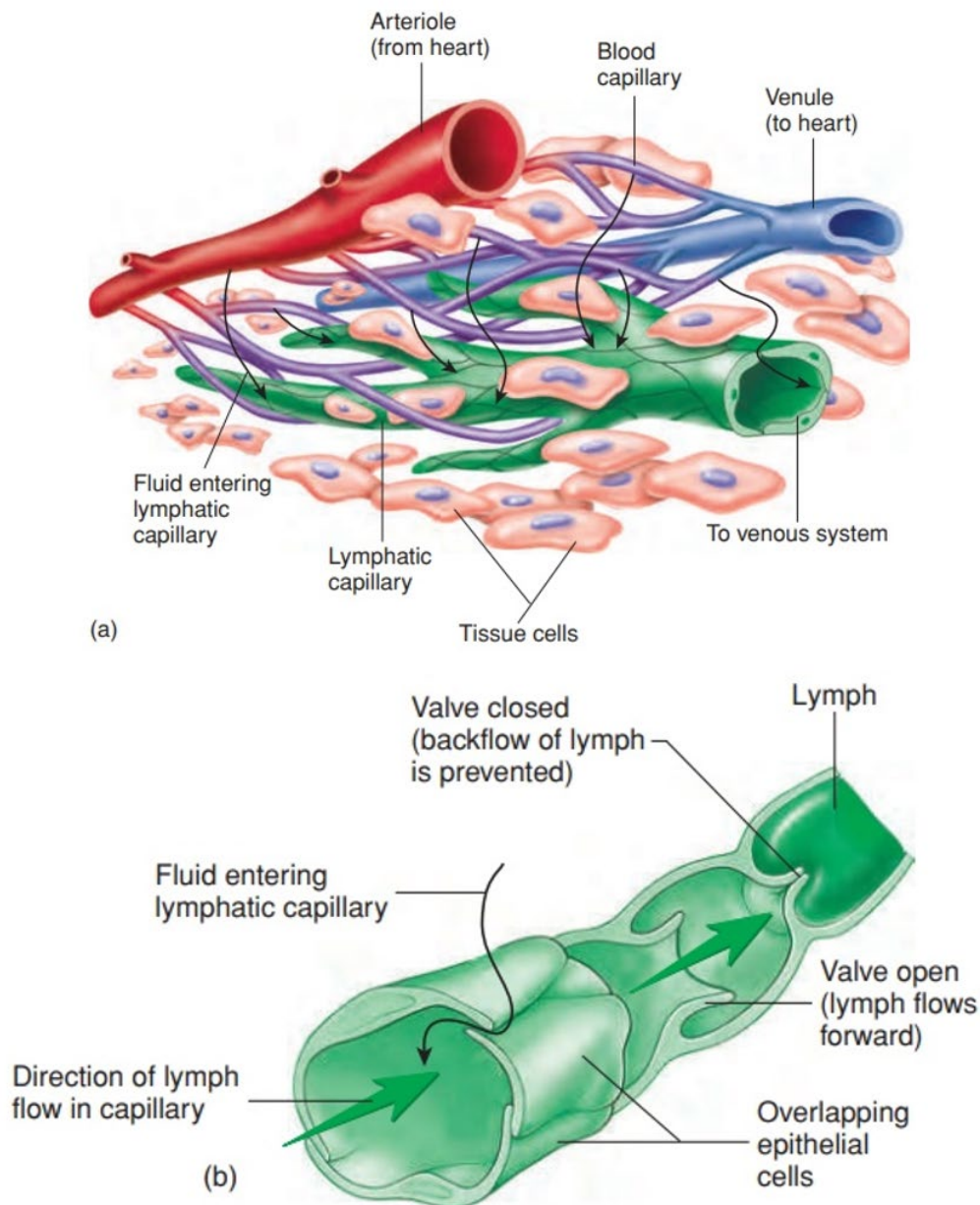
Los vasos de mediano y gran calibre tienen una pared trilaminar a pesar de su delgadez. La íntima es un endotelio simple, presentan numerosas válvulas, generalmente dispuestas de dos en dos, que marcan el curso de los vasos. Tienen fibras musculares lisas. En cuanto a la adventicia, compuesta por colágeno y fibras elásticas, está mal delimitada, confundiéndose con el tejido conjuntivo circundante.



El funcionamiento de los vasos linfáticos está asegurado por la conjunción de varios mecanismos. 1) La presencia de las válvulas impone una progresión centrípeta sobre la linfa, sin posibilidad de reflujo. 2) Los segmentos intervalvulares son espontáneamente contráctiles, cuando la reposición distiende los miocitos de la media la contracción suele ser rítmica. 3) La contracción de los músculos vecinos, la pulsación de las arterias, los movimientos pasivos, todo lo que ejerce una compresión temporal, vacía el segmento vascular correspondiente. 4) Para los vasos más grandes, los movimientos respiratorios ejercen una aspiración rítmica que vacía los segmentos más centrales y atrae hacia ellos la linfa desde la periferia.

Los vasos colectores terminales son los más voluminosos del sistema linfático, no presentan en su trayecto linfonódulos intercalados pero están abundantemente valvulados. Descargan la linfa a la sangre en la confluencia de las venas subclavia y yugular. Son dos, el conducto torácico y conducto linfático derecho. El conducto torácico es el más importante, se origina en un reservorio denominado cisterna del quilo, que debe describirse en primer lugar.

Figura 26 Esquema de la estructura y relaciones de los vasos linfáticos.



La **cisterna del quilo** (*Cisterna chyli*) se continúa por su extremo craneal con el conducto torácico. Como su nombre lo indica, recibe la linfa del intestino, pero su territorio de drenaje es mucho mayor. De hecho, recoge la linfa de los voluminosos grupos de ganglios linfáticos que drenan los miembros pélvicos, la pelvis y las partes adyacentes de la pared abdominal, así como todas las vísceras del abdomen.

Situada dorsal a la aorta y un poco a su derecha, en contacto con los pilares del diafragma atraviesa el hiato aórtico, y se modela sobre los órganos vecinos. Su forma varía mucho según las especies y los individuos. La mayoría de las veces es fusiforme u

ovalada, estrechada en ambos extremos. A veces claramente ensanchado (Carnívoros). A ella abocan en principio dos troncos linfáticos lumbares y un tronco visceral.

Los **troncos lumbares** (*Trunci lumbales*) abocan en su extremo caudal y enmarcan la aorta. Cada uno de ellos recoge eferentes de los ganglios linfáticos de la pelvis y de la pared lumbar, especialmente en su propio lado, pero también, en pequeña medida, en el lado opuesto. Existen múltiples anastomosis entre los ambos lados y especialmente en los Carnívoros, el conjunto forma un verdadero plexo. También reciben afluentes directos de las glándulas genitales y los riñones.

El **tronco visceral** (*Truncus visceralis*) voluminoso, relativamente corto, está formado por la confluencia de varios afluentes que pueden conducir por separado a la cisterna del quilo. Este tronco suele no estar presente en los equinos y a veces en conejos. Los aferentes son en principio dos, intestinal y celíaco. A veces se anastomosan y en los carnívoros forman incluso un plexo que sujeta el tronco visceral. El tronco intestinal (*Truncus intestinalis*) es voluminoso, drena el linfocentro mesentérico craneal a través de un afluente particular, el tronco cólico (*Truncus colicus*) y el linfocentro mesentérico caudal. Este último tronco puede ir aislado del tronco visceral y a veces es doble, incluso triple en el Carnívoros y Conejo. En cuanto al tronco celíaco (*Truncus coeliacus*), drena el linfocentro del mismo nombre, generalmente por dos raíces, una gástrica y otra hepática. Va directamente a la cisterna del quilo en el equino, pero generalmente al tronco visceral en otras especies. La linfa de los ganglios hepáticos y sus accesorios pasa por el tronco hepático (*Truncus hepaticus*), y va directamente al tronco intestinal. El tronco gástrico (*Truncus gastricus*), que drena los ganglios linfáticos del estómago y el bazo, forma la segunda raíz del tronco celíaco.

El **conducto torácico** (*Ductus thoracicus*) es el colector más largo y grande. Recibe linfa de todo el cuerpo excepto de la mitad derecha de la cabeza, el cuello y el tórax, así como del miembro torácico derecho. De calibre relativamente pequeño (8 a 10 mm en equinos y bovinos, 3 a 4 mm perros), se extiende desde la región lumbar craneal hasta el ángulo venoso axilo-yugular izquierdo. Acompaña a la aorta para cruzar el diafragma y en el tórax se sitúa entre la aorta y la vena ácigos derecha, cruza lateralmente las arterias intercostales dorsales derechas. A la altura de quinta vértebra torácica, el conducto se disocia del arco de la aorta, cruza la vena ácigos derecha por la izquierda e ingresa al mediastino craneal discurriendo a la izquierda del esófago, luego por la tráquea hasta la

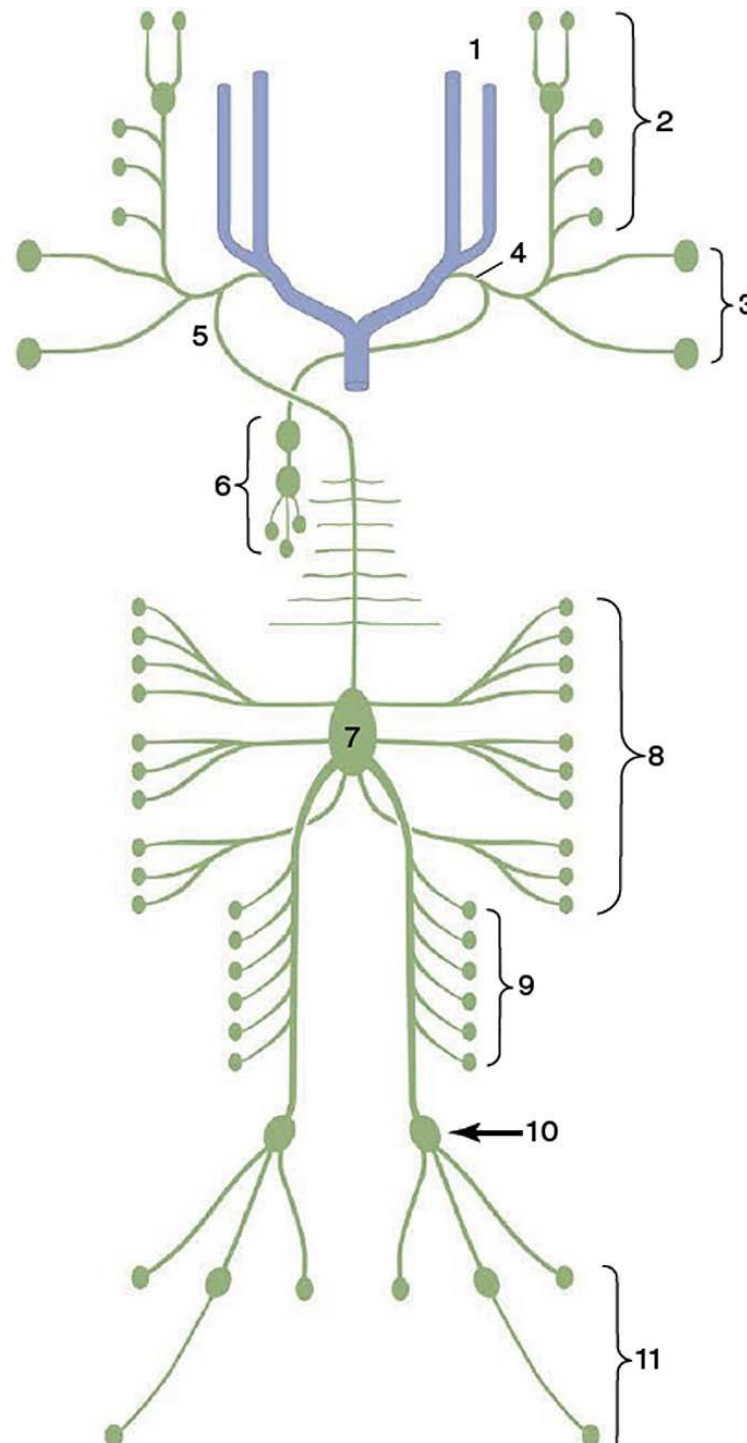


entrada del tórax, cruzando el lado medial de la vena subclavia izquierda. La parte terminal se coloca un poco craneal al nivel de la primera costilla izquierda y se dilata hasta convertirse en un bulbo. No es raro que el conducto se divida a este nivel en dos o más ramas que pueden describir uno o dos bucles antes de abocar por separado en las venas.

La desembocadura siempre está cerca del ángulo formado por las venas subclavia y yugular izquierdas, en la terminación de una de estas venas o en el ángulo mismo. Generalmente presenta una válvula ostial bigeminada, pero la válvula a veces es simple.

Los afluentes proceden de las vísceras y de la pared izquierda del tórax, así como del miembro torácico izquierdo y de la mitad izquierda de la cabeza y el cuello. En el trayecto yuxta-aórtico, muchas tributarias de pequeño calibre proceden de los ganglios linfáticos de la pared torácica (n.l. intercostales y toraco-aórticos) y por otro lado de los del mediastino. Muy cerca de su terminación, el conducto torácico recibe los eferentes del linfocentro axilar y finalmente el tronco traqueal o yugular izquierdo (*Truncus trachealis, s. jugularis sinister*). Este último drena el lado correspondiente de la cabeza y el cuello. Comienza en las proximidades de la faringe, de forma variable según la especie por la confluencia de los vasos que drenan la retrofaringe izquierda y los ganglios cervicales profundos. Discurre a la izquierda del esófago, luego de la tráquea en la vecindad de la arteria carótida común y recibe, en niveles y modos variables según la especie, los eferentes de los otros ganglios linfáticos cervicales. Termina en el conducto torácico, pero puede permanecer aislado y abrirse directamente en el ángulo axilo-yugular o en sus inmediaciones.

Figura 27 Esquema generalizado de la distribución de los Vasos linfáticos (vista dorsal) y circulación centripeta de la linfa.



Referencias: 1- venas yugulares externas e internas, 2- linfa región de la cabeza, 3- linfa región de la espalda y miembro torácico, 4- conducto traqueal, 5- conducto torácico, 6- linfa región de la tórax, 7- cisterna del quilo, 8- linfa de los órganos abdominales, 9- linfa de la región lumbar y riñones, 10- ganglios linfáticos de la pelvis y 11- linfa de la región del miembro pélvico.

El diafragma cumple un rol fundamental en la respiración e interviene por varios mecanismos en el flujo de la linfa. En la inspiración, el aumento de la presión abdominal comprime la cisterna del quilo y expulsa la linfa hacia el conducto torácico, al mismo tiempo que es succionada, como la sangre de las venas, por la caída de la presión intratorácica. En la exhalación, el conducto se comprime y las válvulas impidiendo el reflujo, la linfa es expulsada hacia las venas.

El **conducto linfático derecho** (*Ductus lymphaticus dexter*) es muy corto (un centímetro como máximo en perros, cuatro en caballos). A menudo falta y es la extensión o el segmento terminal simple del tronco traqueal o yugular derecho (*Truncus trachealis, s. jugularis dexter*). Éste, dispuesto más o menos como el izquierdo, se sitúa a la derecha de la tráquea y acompaña a corta distancia a la arteria carótida común derecha y a sus vasos y nervios satélites. Se origina igual que el de la izquierda y termina en el ángulo venoso axilo-yugular derecho o no lejos de él, en una de sus venas constituyentes, o incluso en la vena braquiocefálica derecha. Su boca suele estar valvulada.

III - LINFONODULOS

Los **linfonódulos** (*Nodi lymphatici*) -antes denominados "ganglios linfáticos"- son pequeños órganos interpuestos en el trayecto de los vasos linfáticos y encargados de filtrar la linfa para retener elementos extraños y aportar su población celular.

La conformación es muy variable en la forma, el color y las dimensiones de estos órganos, de una especie a otra, dentro de una misma especie y sobre un mismo individuo.

Las dimensiones pueden variar desde un milímetro a diez centímetros, o incluso mucho más. En el caballo, estos órganos son pequeños y están agrupados, mientras que en el perro suelen ser voluminosos pero aislados. Inflammaciones e infecciones pueden aumentar mucho su volumen.

El color puede variar desde un blanco grisáceo o rosado hasta un gris más o menos oscuro. Los linfonódulos hemales, tienen la apariencia de pequeños bazos aberrantes y son rojizos o marrones. No deben confundirse con linfonódulos infectados y congestionados. Algunos pueden cargarse con partículas inertes y colorearse. Este es particularmente el caso de aquellos que drenan el sistema respiratorio, retienen los granos microscópicos de polvo o humo inhalado y gradualmente se vuelven de color gris oscuro o negruzco.

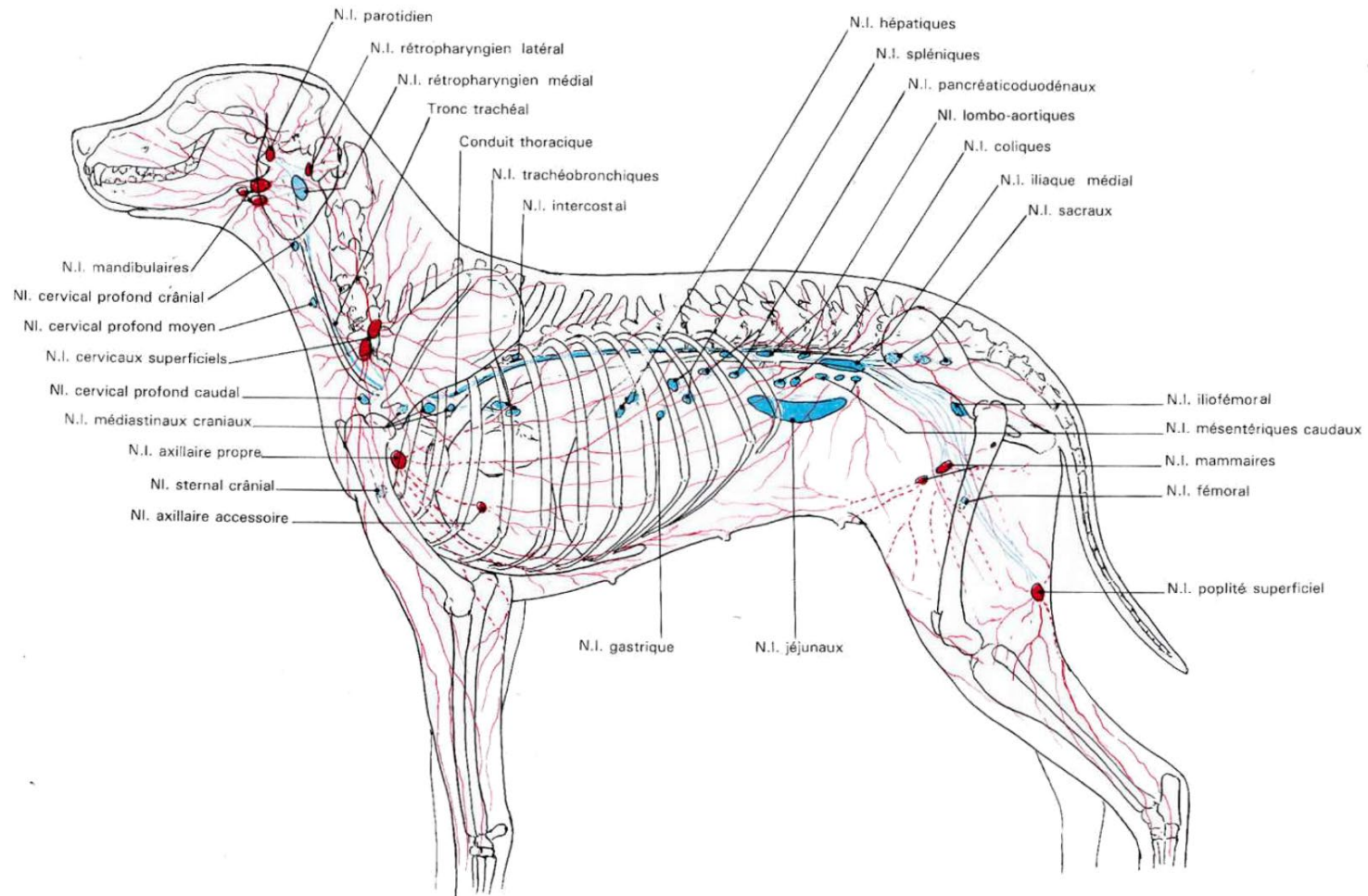


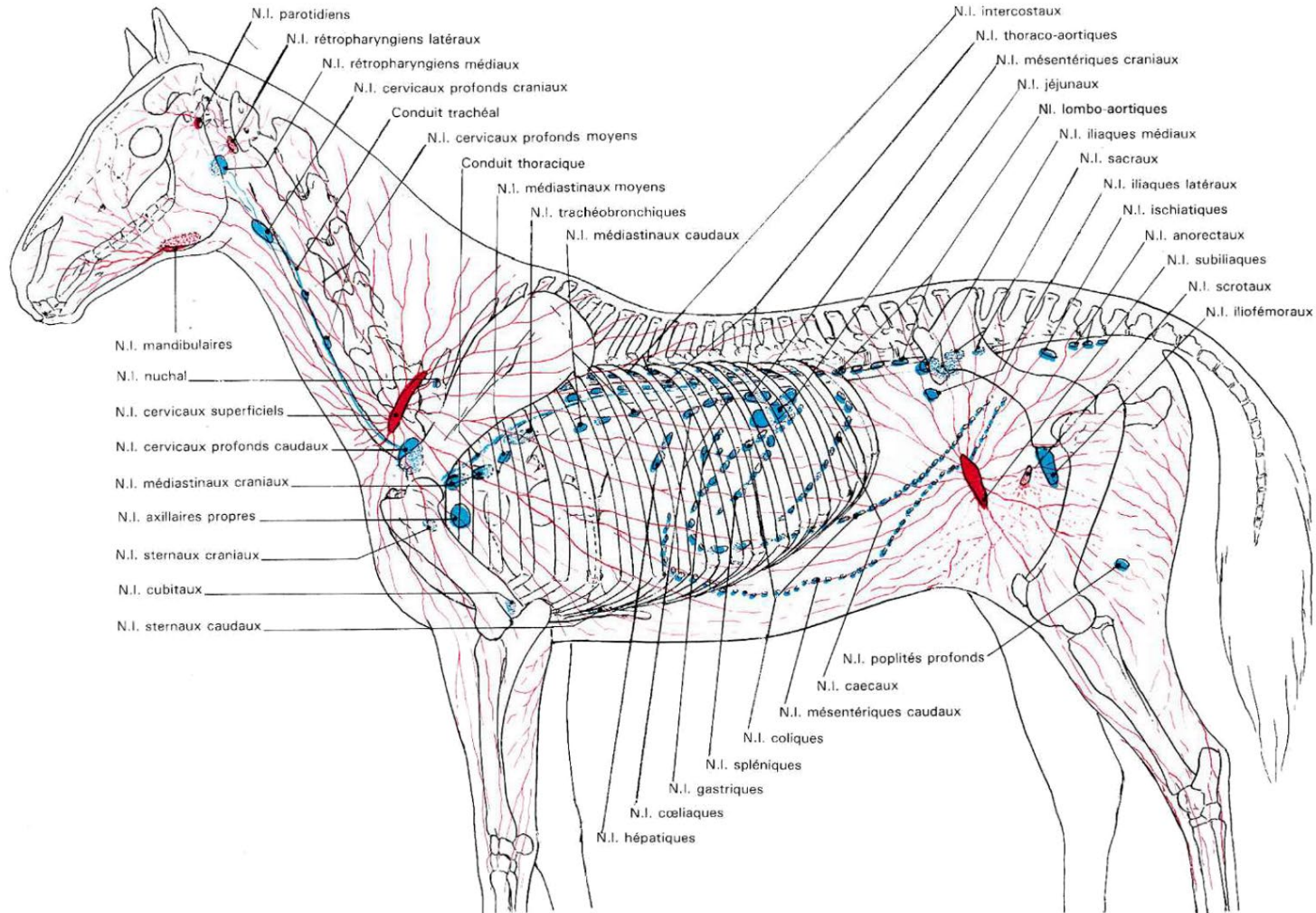
La forma suele ser redondeada u ovalada, pero también hay aplanados o alargados, incluso con forma de cinta. Aunque a menudo están incluidos en un tejido conjuntivo más o menos graso y pueden moldearse en órganos vecinos. La mayoría de las veces, los vasos linfáticos aferentes abocan a ellos en múltiples puntos de su periferia, mientras que los vasos eferentes, en menor número y de mayor tamaño, los abandonan por una región deprimida, el hilio, por donde también pasan los vasos sanguíneos del órgano.

Según su ubicación, los linfonódulos se pueden clasificar en dos categorías. Algunos son superficiales y generalmente explorables en los individuos vivos. Otros son profundos, inabordables en las condiciones clínicas habituales. No obstante, los métodos modernos de investigación (complementarios Rx, TAC, etc), permiten la exploración. Su examen, a menudo útil en la necropsia, es particularmente importante en la inspección de la carne.

Por último, cabe señalar que la propia topografía y las proporciones de los ganglios linfáticos varían de una especie a otra y, aunque de forma limitada, de un individuo a otro, incluso de un lado a otro.

Figura 28 Esquema generalizado de la distribución de los Vasos linfáticos y linfonódulos en el canino y equino.





Referencias: En rojo esta esquematizado el sistema de superficial y en azul el sistema profundo.

Estructura

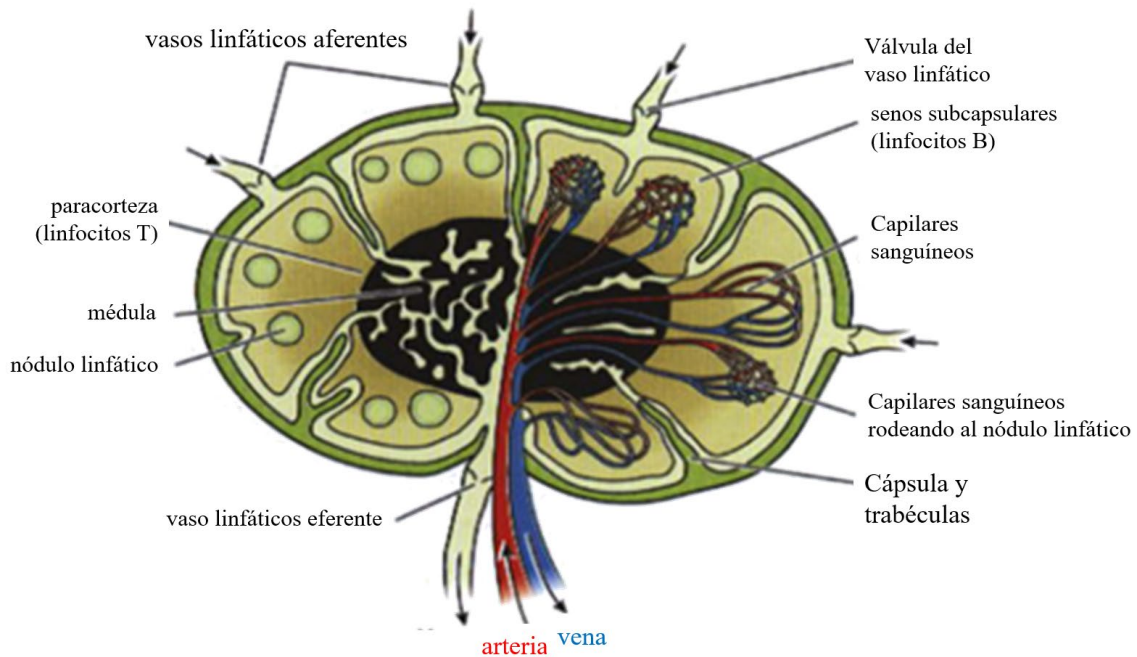
La organización interna de los ganglios linfáticos es relativamente uniforme en los mamíferos. Sin embargo, existen tipos muy particulares, que requieren descripciones separadas como es en el Cerdo y para un pequeño número, en los Rumiantes.

Esencialmente, los linfonódulos están formados por un tejido conectivo que alberga un conjunto de células, la gran mayoría de las cuales están representadas por linfocitos. El soporte conectivo forma una cápsula periférica, tabiques y un retículo, este último participa con las células asociadas a la organización de un parénquima divisible en corteza y médula.

La **cápsula** (*Capsula*) cubre toda la superficie del linfonódulo. Está atravesado en múltiples puntos por los **vasos linfáticos aferentes** (*Vasa lymphatica aferentes*). También da paso a los **vasos linfáticos eferentes** (*Vasa lymphatica eferentes*), escasos en número, a nivel del **hilio** (*Hilum*), por donde pasan también los vasos sanguíneos. La cara profunda delega trabéculas (*Trabeculae*) finas e incompletas conjuntivas que se sumergen en la corteza y parecen dividirla en lóbulos. Cápsula y trabéculas anclan las innumerables y delicadas fibras del retículo que aloja entre sus mallas las células del parénquima, del que constituye el soporte. En la corteza se organiza como una red de contención alrededor de cada nódulo, pero se vuelve muy discreta en su interior.

Los **senos linfáticos** (*Sinus lymphatici*) son espacios preferentemente utilizados por la linfa durante su paso por el ganglio linfático. Los principales se disponen entre la cápsula o las trabéculas y el parénquima cortical. Podemos reconocer en los senos linfáticos tres niveles comunicantes, cuya disposición es laberíntica. Los senos subcapsulares (*Sinus subcapsulares*), colocados directamente debajo de la cápsula, son aquellos en los que se abren los vasos linfáticos aferentes. Se extienden sobre las caras de las trabéculas y estas dependencias a veces se denominan senos trabeculares. Desde estos espacios, la linfa se filtra hacia el parénquima, donde se forman senos perinodulares muy estrechos (*Sinus perinodulares*) alrededor de los nódulos linfáticos. Finalmente, la linfa desemboca entre los cordones medulares, en los senos medulares (*Sinus medullares*), que drenan los vasos linfáticos eferentes.

Figura 29 Esquema de la estructura de un linfonódulo (canino y equino).



La corteza, dividida de forma incompleta en lóbulos por las trabéculas, está formada por un agregado de linfocitos a los que se añaden macrófagos y unos pocos granulocitos. El conjunto es transportado por el retículo y la linfa se filtra lentamente a través de él. Es divisible en dos zonas, una superficial y otra profunda.

La parte superficial, donde predominan los linfocitos B, se caracteriza por la presencia, cerca de los senos subcapsulares, de nódulos linfáticos o linfonódulos (*Noduli linfático, s. linfonódulo*), primarios y secundarios, en todos los aspectos similares a los que se han descrito en relación con el sistema linfoide difuso. El número y el tamaño de los nódulos aumentan, al igual que la vascularización, cuando el ganglio linfático responde a una infección en el área que drena.

La parte profunda, más gruesa que la superficial, constituye la paracorteza, está formada principalmente por linfocitos T. Su estructura es más uniforme, pero muestra grupos más densos e irregulares de linfocitos.

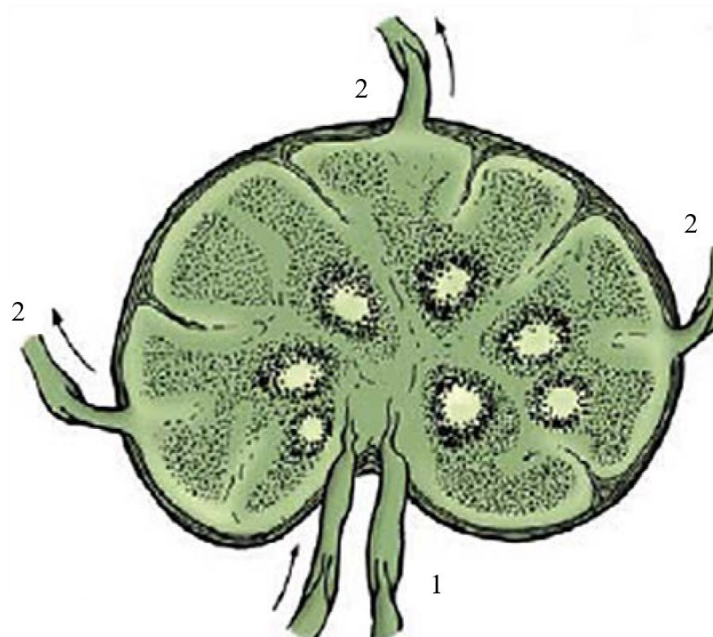
La médula, que está al ras del hilio, tiene una disposición irregular. Está formado, en continuidad con la parte profunda de la corteza, por médulas espinales (*Chordae medullares*), bandas de parénquima ramificadas y anastomosadas de forma irregular. Los linfocitos y plasmocitos que los constituyen se mezclan con macrófagos más numerosos

que en la corteza y algunos granulocitos. El endotelio de los senos medulares es finalmente continuado por el de los vasos linfáticos eferentes.

Los vasos sanguíneos ingresan al ganglio linfático o salen a través del hilio. Las arterias poco después de su penetración en el hilio delegan pequeñas divisiones a la médula y luego divisiones que penetran en las trabéculas y desde allí irrigan la red capilar de la corteza que se vuelve más denso alrededor de cada nódulo y también junto a los senos subcapsulares. De este conjunto proceden las vénulas poscapilares a cuyo nivel salen de la corriente sanguínea muchísimos linfocitos, insinuándose entre las células del endotelio. Las vénulas luego convergen hacia la médula, desde donde las venas eferentes alcanzan el hilio.

Los linfonódulos del cerdo son diferentes en apariencia de los de otras especies. Como resultado, su estructura aparece invertida, la corteza queda profundamente enterrada bajo la médula que se ha vuelto periférica. Este tipo, específico de los cerdos, se denomina *linfonódulo invertido (Nodus linfaticus inversus)*. En cuanto a los vasos sanguíneos, ingresan desde su periferia y acompañan a las aferentes en las trabéculas antes de irrigar la red capilar. Algunas venas siguen a los vasos linfáticos eferentes.

Figura 30 Esquema de la estructura de un linfonódulo de porcino.



Referencias: En el cerdo, los nódulos linfáticos se encuentran en el centro. Las flechas indican la dirección del flujo linfático. 1- vasos linfáticos aferentes; 2- vasos linfáticos eferentes.

Linfonódulo hemal

Los linfonódulos hemales (*Nodus linfaticus hemalis*) se reconocen solo en rumiantes y, con algunas diferencias, en varios roedores, incluida la rata. Coexisten en pequeño número con el tipo general y suelen acompañar a los linfonódulos en la vecindad de los grandes vasos sanguíneos del abdomen y el tórax, incidentalmente en el cuello o incluso en otras regiones del cuerpo. Tienen un color rojo más o menos oscuro, a veces pardusco. No deben confundirse con el tipo común de ganglios linfáticos que, en todas las especies, pueden congestionarse e infiltrarse con sangre durante las infecciones. Se caracteriza, además de la presencia de eritrocitos en sus senos y parénquima, por la ausencia de vasos linfáticos aferentes o eferentes. El hilio da paso sólo a los vasos sanguíneos y nervios. La función aún no se conoce por completo, pero se dice que es comparable a la del bazo y podrían considerarse como pequeños bazos accesorios con una topografía aberrante.

IV - TOPOGRAFÍA COMPARATIVA DEL SISTEMA LINFÁTICO

Para evitar repeticiones excesivamente largas, nos limitaremos a un esquema muy general de la organización de los flujos linfáticos en cada región, sus variaciones más características y relaciones se estudiarán en cada apartado específico debido a la importancia de las aplicaciones prácticas también hace necesaria una descripción precisa y completa de cada especie.

1 – Drenaje linfático y linfonódulos de la cabeza

La linfa de la cabeza es drenada por tres linfocentros, dos de los cuales (mandibular y parotídeo) son superficiales y uno (retrofaríngeo) profundo.

Linfocentro mandibular

Este linfocentro (*Lymphocentrum mandibulare*) incluye un grupo principal constante de nl. y grupos accesorios cuyo número y ubicación varían con la especie. El linfonódulo principal es el nl. mandibular e incluye a los linfonódulos bucal, submentoniano, pterigoideo y mandibular accesorio.

El territorio drenado por el linfocentro es extenso e incluye todas las partes superficiales de la cara, con su piel y los músculos subyacentes, así como la mayoría de los órganos profundos: mucosa y huesos de la nariz y boca (excepto sus partes caudales más profundas), órbita, lengua, dientes, músculos masticatorios e intermandibulares y

glándulas salivales (excepto la parótida). Los accesorios mandibulares participan en este drenaje; también reciben aferentes de las regiones superficiales de la faringe y especialmente las eferentes de la nl. mandibular

Los vasos eferentes de nl. mandibular y mandibular accesorio drenan en el sistema profundo en el linfocentro retrofaríngeo medial en carnívoros y en lateral en rumiantes, en linfocentro cervical craneal profundo en équidos y a los nl. cervicales superficiales ventrales en cerdos y conejos.

Linfocentro parótido

Este linfocentro (*Lymphocentrum parotideum*) tiene un solo grupo de linfonódulos., el nl. parótideo (nl. parotidei), cuyo desarrollo varía mucho de una especie a otra. Presente en todos los mamíferos, estos nl. se alojan entre el borde caudal de la mandíbula y el músculo masetero y el borde rostral de la glándula parótida, ventral a la articulación temporomandibular. La glándula parótida los cubre más o menos según la especie.

El territorio drenado se extiende al menos (Équidos) sobre la región parotídea y las regiones adyacentes; parte caudal de la mejilla, párpados y frente, articulación temporomandibular, oído externo y huesos de estas regiones. En especies donde estos nl. son voluminosos, como en Rumiantes y Cerdos, el drenaje se extiende sobre toda o casi toda la mitad dorsal de la cabeza y hasta la región mastoidea.

Los vasos eferentes van a nl. retrofaríngeo (principalmente medial en perros y cerdos, lateral en rumiantes y gatos, lateral y medial en equinos).

Linfocentro retrofaríngeo

Este linfocentro (*Lymphocentrum retropharyngeum*) comprende dos grupos principales de nl, uno medial y otro lateral.

El territorio drenado se extiende a todos los planos profundos de la cabeza y a la parte craneal del cuello. En general permanece centrado en la faringe, la base de la lengua, así como en la parte caudal de la cavidad nasal. Debido a que reciben de forma variable según la especie, los vasos eferentes de los linfocentros mandibular y parotídeo.

Los vasos eferentes del linfocentro retrofaríngeo (nl. retrofaríngeos mediales en carnívoros, cerdos y conejos, nl. retrofaríngeos laterales en rumiantes) forman las raíces del tronco traqueal.

2 - Drenaje linfático y linfonódulos del cuello

Hay dos linfocentros, uno superficial y otro profundo, comparten el drenaje de la linfa del cuello y las partes adyacentes de la cabeza y las paredes torácicas. Podemos esquematizar su disposición diciendo que el linfocentro superficial está situado en el plano de la vena yugular externa y sus principales afluentes, mientras que el linfocentro profundo es satélite de la arteria carótida común, el nervio vago y vena yugular interna cuando está presente. Existen múltiples conexiones entre estos dos conjuntos de ganglios linfáticos.

Linfocentro cervical superficial

Este linfocentro (*Lymphocentrum cervicale superficiale*) tiene dos conjuntos de ganglios linfáticos. Uno es satélite o cercano a la vena yugular externa. El otro acompaña a algunos de los afluentes dorsales de esta vena y son los nl. cervicales dorsales superficiales. Ninguna especie tiene estas dos series completas. La serie dorsal es dominante, está presente en équidos, rumiantes y carnívoros. La serie ventral es la principal en conejos y cerdos.

El territorio drenado por el nl. cervical superficial incluye todas las regiones superficiales del cuello, pero también las partes caudales de la cabeza, gran parte del tórax e incluso, en équidos, las partes cráneo-dorsales del abdomen. Los cervicales superficiales ventrales drenan, además de la pared ventral del tórax, las mamas torácicas. Finalmente, los grupos caudales (dorsal y ventral) reciben vasos aferentes no solo de la piel y planos superficiales del miembro torácico, sino también de los músculos y huesos de la espalda y brazo e incluso de los órganos profundos de la mano.

En cuanto a los vasos eferentes de nl. cervicales superficiales, drenan en el tronco traqueal o en linfocentro cervical profundo en équidos.

Linfocentro cervical profundo

Este linfocentro (*Lymphocentrum cervicale profundum*) se continúa al grupo retrofaríngeo medial por el lado de la porción cervical de la tráquea, a lo largo de la vena yugular interna o, en su defecto, la carótida común y el nervio vago. Se reconoce que tiene tres grupos de nl.: Craneal, medio y caudal, cuyo desarrollo respectivo es casi tan variable como el de los grupos superficiales.

El territorio drenado incluye todos los órganos profundos del cuello: músculos, vértebras, laringe, tráquea, esófago, glándula tiroides y timo. Los nls. craneales (o medios,

según la especie) también reciben aferentes de las partes caudales de la cabeza (lengua, músculos masticatorios, glándulas salivales), y el nl. caudal lo recibe de partes adyacentes de las paredes torácicas y también de la espalda, brazo y codo.

Cuando la serie de nl. cervicales profundos es completa, los más craneales envían sus vasos eferentes a los más caudales. En équidos y rumiantes, el grupo caudal recibe las eferencias del linfocentro axilar.

Los vasos eferentes de los nl. cervicales caudales profundos drenan al tronco traqueal o, según el lado, al conducto torácico.

3 - Drenaje linfático y linfonódulos de los miembros torácicos

Con excepción del contingente de vasos linfáticos de la mano y los planos superficiales que van a los linfocentros cervicales caudales superficiales o profundas, todo el miembro torácico es drenado, así como gran parte de las paredes torácicas, por el linfocentro axilar.

Linfocentro axilar

Podemos reconocer dos grupos de desigual importancia en este linfocentro (*Lymphocentrum axillare*): uno cercano al codo (nl. cubital) y el otro ubicado en la región axilar. Este último, además presenta nl. axilares "propios" y nl. axilares "de la primera costilla" que están inmediatamente adyacentes a la arteria y vena axilares. Y otro grupo de accesorios, ubicados en una posición más caudal o más dorsal, contra la pared torácica.

Los nl. Cubital (*nl. cubital*) son constantes solo en équidos, no son voluminosos, se ubican cerca del epicóndilo medial del húmero. Reciben sus vasos aferentes de la mano, el antebrazo y las partes distales del brazo. Sus vasos eferentes drenan al nl. axilar propio.

Los nl. axilares "propios" (*nl. axillares proprii*) están ubicados en caudal de la articulación escapulohumeral, cerca del extremo distal del músculo redondo mayor y la unión de las venas subescapular y axilar. Sus vasos aferentes proceden, en una distribución que varía según la especie, del miembro torácico y de las partes superficiales de las paredes torácicas. En equinos y carnívoros, el territorio se extiende incluso hasta la pared abdominal. También incluye la ubre torácica y la más craneal de las ubres abdominales cuando existen.

Los vasos eferentes conducen al nl. axilar "de la primera costilla" (Rumiantes y Gato), hasta nl. cervical caudal profundo (Caballo, Bovino), tronco traqueal o conducto

torácico según el lado (Perro) e incluso directamente en el ángulo venoso yugulo-subclavio (Carnívoros, Conejo).

Los nl. axilares "de la primera costilla" (*Nil. axillares primae costae*) faltan en équidos, perros y conejos, donde se complementan con los precedentes. Por otro lado, resumen todo el linfocentro en el cerdo. Están cerca de la terminación de la vena axilar y, como su nombre lo indica, de la primera costilla. Sus vasos aferentes proceden del miembro torácico, compartidos con el grupo precedente cuando ambos coexisten, de los músculos pectorales, de la región costal y de los planos cutáneos de las regiones lateral y ventral del tórax.

4 - Drenaje linfático y linfonódulos del tórax

Hay dos linfocentros, uno dorsal y otro ventral que drenan las paredes del tórax y otros dos, llamados mediastínico y bronquial, drenan la linfa de las vísceras torácicas.

Linfocentro torácico dorsal

Éste (*Lymphocentrum thoracicum dorsale*) comprende en principio una doble serie de nl. situados en la cara ventro-lateral de las vértebras, uno dorsalmente al tronco del nervio simpático, en el origen de los espacios intercostales, y el otro ventralmente, entre las vértebras y la aorta.

Linfocentro torácico ventral

Este linfocentro (*Lymphocentrum thoracicum ventrale*) se sitúa en la superficie dorsal del esternón, en la vecindad de los vasos torácicos internos y reconocemos nl. esternales craneales y esternales caudales. Los nls. epigástricos craneales continúan la serie en algunas especies.

Linfocentro mediastínico

Este linfocentro (*Lymphocentrum mediastinal*) se constituye por todos los vasos y linfonódulos contenidos en el mediastino, a excepción de aquellos que, situados cerca de la bifurcación traqueal, se clasifican en el linfocentro traqueobronquial. La distribución y nomenclatura de los diversos grupos se modelan a partir de las divisiones topográficas del mediastino y su delimitación suele ser difícil.

Linfocentro bronquial

Este linfocentro (*Lymphocentrum bronchale*) corresponde al importante conjunto de nl. traqueobronquiales. Tiene múltiples grupos de linfonódulos, unos ubicados en la

bifurcación de la tráquea y otros contra los propios bronquios, más o menos profundos en los pulmones.

5 - Drenaje linfático y linfonódulos del abdomen

Los vasos linfáticos cutáneos del abdomen, incluida la región lumbar, son drenados por linfocentros pertenecientes a otras regiones del cuerpo: linfocentros axilares y cervicales superficiales (Equinos) y linfocentros inguino-femorales. Lo mismo ocurre con los planos más profundo de la pared abdominal (músculos). Sólo la región lumbar y parte del flanco envían su linfa al único linfocentro parietal del abdomen, el linfocentro lumbar. Los linfonódulos de vísceras son mucho más numerosos y acompañan a cada uno de los tres grandes troncos colaterales de la aorta y sus ramas: estos son los linfocentros celíaco, mesentérico craneal y mesentérico caudal.

Linfocentro lumbar

Este linfocentro (*Lymphocentrum lumbale*) tiene un grupo principal de nl. colocado en el curso de la aorta abdominal y el segmento correspondiente de la vena cava caudal.

Linfocentro celíaco

Es el linfocentro (*Lymphocentrum coeliacum*) el que drena todas las vísceras irrigadas por el tronco celíaco. Los grupos de linfonódulos que lo constituyen están dispuestos a lo largo de las ramas del troco celíaco y llevan sus nombres. Sus variaciones interespecíficas se basan en las de la morfología de las vísceras y sus vasos.

Linfocentro mesentérico craneal

Este linfocentro (*Lymphocentrum mesentericum craniale*) recibe la linfa de las vísceras irrigadas por la arteria mesentérica craneal, es decir, de todo el intestino, excluyendo la parte inicial del duodeno, la mitad caudal del colon descendente y el recto. Siempre es el que tiene el mayor número y volumen de los linfonódulos, que está relacionado con la extensión, función y carácter séptico de la mucosa intestinal. Se distribuyen a lo largo de las diversas ramas de la arteria mesentérica craneal, y como ellas, presentan grandes diferencias de disposición impuestas por las peculiaridades específicas del intestino. Sin embargo, su organización puede volver a un diagrama común, que comprende los grupos de nl. craneal, yeyunal, ileocólico (o cecal, según la especie) y cólico mesentérica.

Linfocentro mesentérico caudal

Drena un territorio que se corresponde aproximadamente al de la arteria homónima, este linfocentro (*Lymphocentrum mesentericum caudale*) tiene un solo grupo de linfonódulos.

6 - Drenaje linfático y linfonódulos de los miembros pélvicos y cavidad pelviana

Al igual que su homólogo torácico, el miembro pélvico carece de nl. en sus partes distales. Los vasos linfáticos del pie, de la mayor parte de la pierna y parte del muslo son recogidos por el nl. poplíteo, situado en la región la región homónima. Desde el linfocentro poplíteo, la linfa es conducida por dos vías distintas hacia el linfocentro ilio-sacro, situado cerca de la articulación lumbosacra. La vía principal sigue los vasos ilíacos externos y femorales drenando en el linfocentro iliofemoral, que también recibe los vasos linfáticos de la pared abdominal. La segunda vía es caudal y drena en el linfocentro isquiático, la linfa de las regiones caudal del muslo y las paredes de la cavidad pelviana. Además, la piel y planos superficiales de la mayor parte de la extremidad, pelvis y abdomen, los genitales externos y las mamas abdominales e inguinales son drenados por el linfocentro inguino-femoral, que a su vez es afluente del linfocentro ilio-sacro directamente o través del linfocentro iliofemoral.

Linfocentro iliosacro

Este conjunto muy importante (*Lymphocentrum iliosacral*) incluye grupos mal delimitados de linfonódulos ubicados alrededor de las divisiones terminales de la aorta y origen de la vena cava caudal. Dos de estos grupos, constantes en todas las especies, son dominantes. Uno llamado "ilíaco medial", drena directa o indirectamente todo el miembro pélvico, las paredes de la pelvis y el abdomen. El otro, más pequeño, es sacro y recoge la linfa de las vísceras de la pelvis. Cada uno se completa con uno o dos pequeños grupos accesorios, sólo presentes en algunas especies.

Linfocentro ilio-femoral

Este linfocentro (*Lymphocentrum iliofemorale*) también se denomina linfocentro inguinal profundo (*Lymphocentrum inguinale profundum*) porque está representado principalmente por el grupo de nl. inguinales profundos que acompañan a los vasos ilíacos externos y femorales y, por lo tanto, no se limitan únicamente a la región inguinal. El término apropiado para todos sus componentes, independientemente de su ubicación, es

el de linfonódulos iliofemorales (*nl. iliofemorales*). Los nl. inguinales profundos (*nl. inguinales profundi*) rodean la arteria y la vena femorales en la mitad proximal del triángulo femoral. Los carnívoros también poseen un pequeño nl. femoral (*nl. femoralis*) ubicado profundo contra los vasos femorales en el extremo distal del triángulo femoral.

Los vasos aferentes al linfocentro ilio-femoral drenan directamente el muslo y región proximal de la pierna o indirectamente a través del linfocentro poplíteo casi todo el miembro pélvico y la parte adyacente de los músculos abdominales. Sus vasos eferentes se dirigen al linfocentro ilio-sacro, de este a los troncos lumbares.

Linfocentro inguino-femoral

Este linfocentro (*Lymphocentrum inguinofemorale*) todavía se llama inguinal superficial (*nl. inguinale superficial*) porque está representado por el gran grupo de nl. inguinales superficiales (*nl. inguinales superficiales*). En los mamíferos domésticos, la oblicuidad del muslo, flexionado sobre el tronco, su expansión craneal y el cierre del hueco inguinal dislocan este conjunto en dos grupos distintos, trasladándolos fuera del propio pliegue de la inguinal. Los linfonódulos del grupo lateral drenan la piel y los planos superficiales de la grupa, las porciones craneolaterales del muslo y la parte distal de la pierna. El grupo medial hace lo mismo para la cara medial del muslo, la pared abdominal, la piel, tejidos subcutáneos de los genitales externos y el periné. El grupo lateral, se traslada cranealmente, contra el músculo tensor de la fascia lata, mientras que el grupo medial se desplaza caudal y medialmente al cordón testicular, al borde dorso-lateral del pene y dorsalmente a la ubre inguinal en la hembra. Al ser superficiales, son fácilmente explorables en individuos vivos.

Linfocentro isquiático

Este linfocentro (*Lymphocentrum ischiadicum*) está ausente en el Perro, incluye un grupo principal de nl. constante en todas las demás especies y dos pequeños nl. accesorios, sólo en cerdos y rumiantes.

Linfocentro poplíteo

Este linfocentro (*Lymphocentrum popliteum*) comprende sólo dos grupos de nl., superficial y profundo, que coexisten sólo en el Cerdo entre las especies domésticas. Cuando coexisten, los dos grupos intercambian vasos linfáticos. En todas las especies domésticas sus vasos aferentes provienen del pie, la pierna y las porciones caudales del



muslo. Los principales vasos eferentes son satélites de la arteria y la vena femorales para drenar en el nl. ilio-femoral o directamente al linfocentro ilio-sacro.

BIBLIOGRAFÍA

- Barone, R. (2011). *Anatomie Comparee des mamiferes domestiques. Tome cinquième Angiologie* (segunda ed). Editions Vigot Frères.
- Budras, K.-D., McCarthy, P. H., Horowitz, A., & Berg, R. (2007). *Anatomy of the Dog* (Fifth, rev). Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Dyce, K., Sack, W., & Wensing, C. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy* (4 th ed.). Saunders ELSEVIER.
- Getty, R. (2005). *Anatomía de los Animales Domésticos - SISSON Y GROSSMAN*, Tomos 1 y 2. (C. Ellenport Rosenbaum, N. G. Ghoshal, & D. Hillmann (eds.); Quinta ed.). Masson.
- International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (I.C.V.G.A.N.). (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria* (Sixth Edit). Editorial Committee Hanover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO (U.S.A.), Rio de Janeiro (Brazil). With permission of the World Association of Veterinary Anatomists (W.A.V.A.).