



Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales

CARDIOVASCULAR

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Enero 2019)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs5.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

| | | |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 1 | Circulatorio | 1 |
| 2 | Imagen; arteria elástica | 7 |
| 3 | Imagen; arteriola | 8 |
| 4 | Imagen; capilares | 10 |
| 5 | Imagen; músculo cardiaco | 13 |

1 Circulatorio

El sistema circulatorio está formado por el sistema cardiovascular: el corazón y los conductos por los que circula la sangre, y por el sistema linfático: conductos, estructuras y órganos por donde circula la linfa. El sistema cardiovascular conduce a la sangre y está formado por arterias, venas, capilares y por el corazón. El sistema linfático es más heterogéneo y está formado por los vasos linfáticos, por los ganglios linfáticos, además de por órganos tales como el bazo y el timo.

El sistema cardiovascular es el gran sistema de comunicación de los animales. Se encarga de encauzar y propulsar la sangre para que irrigue todo el cuerpo. La sangre es esencial como transportador de alimentos, productos de desecho, oxígeno, dióxido de carbono, hormonas, células del sistema inmune, etcétera. Pero también tiene otras funciones como por ejemplo regular la temperatura corporal.

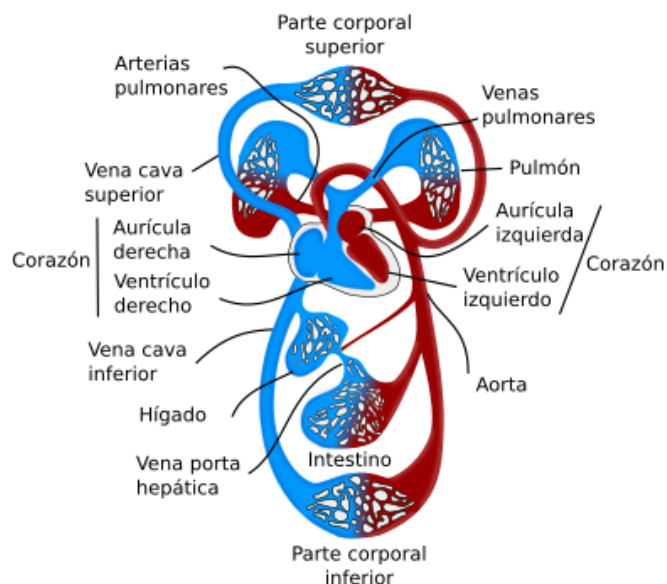


Figura 1: Circuito doble del sistema cardiovascular en mamíferos.

El sistema cardiovascular tiene un doble circuito, uno que irriga los pulmones y otro que irriga el resto del cuerpo. Ambos tienen su origen y fin en el corazón, el órgano que se encarga de mantener a la sangre en constante movimiento. Los vasos sanguíneos por los que circula la sangre presentan el mismo

patrón en ambos circuitos: corazón, arterias, arteriolas, red de capilares, vénulas, venas y corazón. En algunas ocasiones una arteriola o una vénula puede estar entre dos redes capilares, formando lo que se denominan sistemas porta, como los del digestivo e hígado.

Tanto arterias como venas están formadas por tres capas o tunicas: túnica íntima, túnica media y túnica adventicia. La túnica íntima es la más interna, más próxima a la sangre, y está formada por un epitelio simple plano (endotelio), una lámina basal y una capa de tejido conectivo laxo. La túnica media está formada sobre todo por fibras de músculo liso. La túnica adventicia es la capa más externa y está formada por tejido conectivo. Las arterias y las arteriolas tienen las paredes más gruesas que las venas y vénulas ya que tienen que soportar mayor presión sanguínea por estar más cerca del corazón. Las arterias suelen tener menor diámetro que las venas, lo que junto con el mayor grosor de sus paredes les da un aspecto más redondeado, es decir, el contorno de las venas es más irregular que el de las arterias.

Las arterias y venas grandes contienen a su vez vasos sanguíneos que irrigan sus paredes. A este conjunto de vasos se les denomina "vasa vasorum" (vasos de los vasos). Esta red es más externa en las arterias, mientras que puede encontrarse más próxima a la luz en las venas. Las arterias son más sensibles a enfermedades que las venas porque sus capas musculares más próximas a la luz están relativamente alejadas del riego sanguíneo. Tanto en las paredes de las arterias como de las venas hay terminaciones nerviosas que controlan la dilatación y contracción de su musculatura.

Arterias

Las arterias son conductos que conducen la sangre desde el corazón hasta otros órganos y sus paredes son generalmente gruesas para contrarrestar la presión sanguínea provocada por los latidos del corazón. Se suelen clasificar en función de su tamaño en grandes o elásticas, medianas o musculares y pequeñas o arteriolas.

Arterias elásticas

La sangre que parte del corazón lo hace a través

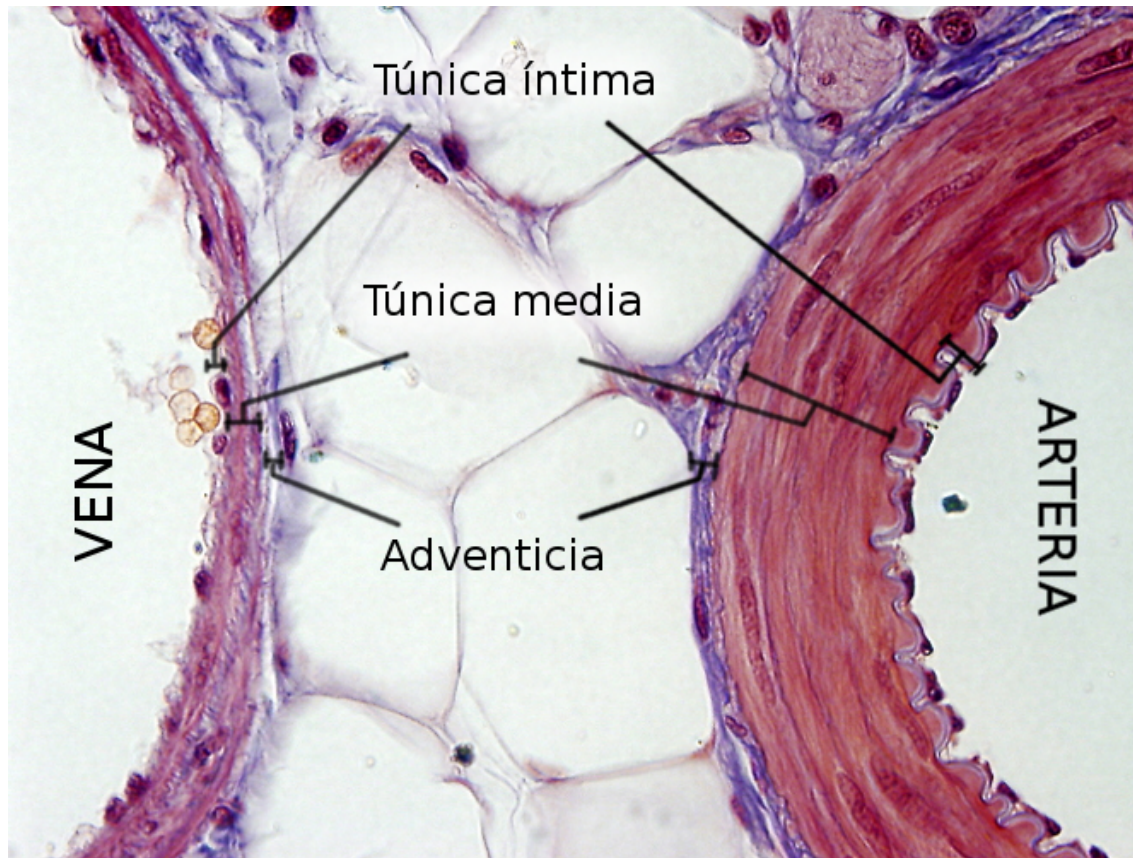


Figura 2: Organización de las diferentes capas que componen una vena (a la izquierda) y una arteria (a las derecha), ambas de tamaño medio. Nótese la diferencia de la túnica media entre ambos tipos de vasos.

de las arterias aorta y pulmonar. Ambas se ramifican en las proximidades del corazón. Estas dos arterias y sus primeras ramas se clasifican como arterias elásticas. Poseen una gran cantidad de fibras elásticas en sus túnicas que les permiten recuperar su tamaño tras una expansión. Presentan una túnica íntima gruesa. Su endotelio está formado por células que orientan sus ejes paralelos a la dirección del flujo sanguíneo y poseen uniones estrechas y desmosomas que mantienen la cohesión entre sus células. La capa subendotelial está formada por tejido conectivo que contiene tanto colágeno como abundantes fibras elásticas, pero además algunas células musculares lisas. La membrana elástica, que separa la túnica íntima de la túnica media, es muy fina y a veces indistinguible. La túnica media es muy gruesa y está formada por elastina, colágeno y por células musculares lisas. La túnica adventicia es una capa de conectivo donde no aparecen células musculares sino

fibroblastos. Hay que destacar que las células musculares lisas de las arterias elásticas, además de producir movimientos contráctiles, son las encargadas de secretar las fibras elásticas y las de colágeno. Es decir, sustituyen a los fibroblastos en lo que a producción de matriz extracelular se refiere.

Arterias musculares

Son arterias de tamaño medio pero muy variable y se dice que su organización histológica está entre la de las arterias elásticas y la de las arterias pequeñas. Su diámetro suele variar entre 0,1 y 10 mm. El que se parezca a unas u otras depende de su diámetro, pero no existe una característica histológica que las diferencie claramente de las elásticas o de las arterias pequeñas. Se distinguen de las arterias elásticas en que proporcionalmente tienen menos fibras elásticas y más fibras musculares.

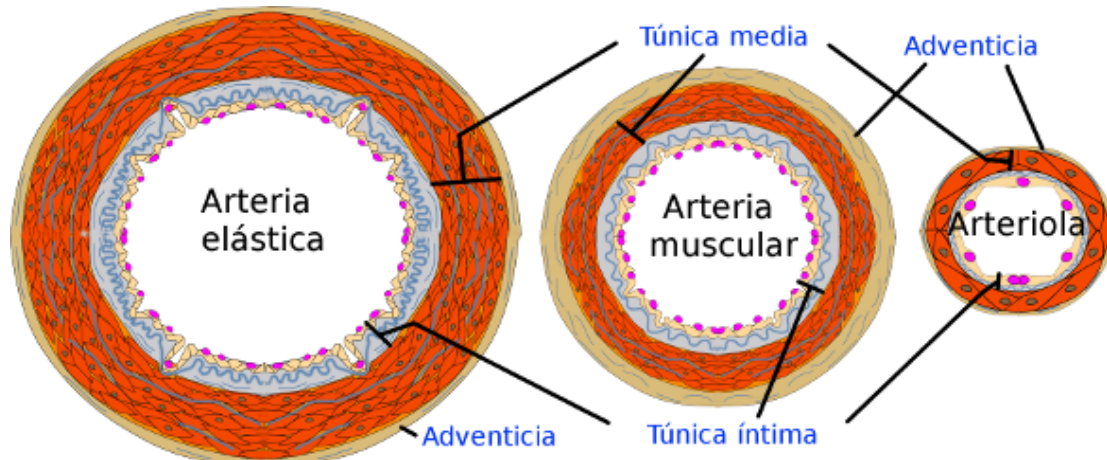


Figura 3: Organización de las capas de los diferentes tipos de arterias.

Arterias pequeñas y arteriolas

El diámetro de las arterias pequeñas y arteriolas es muy variable y se suelen distinguir unas de otras por el número de capas de células musculares lisas. Las arterias pequeñas poseen desde 2 hasta 8 capas de músculo liso. Se suelen llamar arteriolas cuando poseen una o dos capas de células musculares lisas y su diámetro está en torno a $30 \mu\text{m}$. Las arteriolas controlan el flujo sanguíneo hacia la red capilar mediante la actividad de su músculo liso. Su musculatura está ligeramente contraída de manera que regulan la presión sanguínea hacia los capilares. De hecho son las principales responsables de la regulación de esta presión. Su estructura histológica presenta las mismas tres túnicas que se observan en el resto de las arterias.

Capilares

Son vasos sanguíneos que tienen un diámetro muy pequeño, a veces más pequeño que las dimensiones de un glóbulo rojo. En ellos se produce el intercambio de moléculas entre las células de los tejidos y la sangre, gracias a que están formados sólo por una capa endotelial y una lámina basal. Forman redes vasculares enormemente extensas en el organismo que irrigan todos los órganos. A este tipo de irrigación se le denomina perfusión.

Según las características del endotelio los capilares se denominan continuos, fenestrados y discontinuos. Los continuos son los capilares más abundantes. En

ellos las células de la capa endotelial sellan los espacios intercelulares de manera que sólo moléculas pequeñas pueden pasar entre ellas. Dichas células endoteliales poseen numerosas vesículas en su citoplasma lo que indica que los procesos de endocitosis y exocitosis son frecuentes. Los capilares fenestrados están formados por células endoteliales que presentan canales o pasajes en su citoplasma, los cuales conectan directamente a la sangre con la membrana basal. Son frecuentes en glándulas endocrinas y tubo digestivo, lugares donde el paso de sustancias a la sangre es muy intensa. Los capilares discontinuos o sinusoidales son poco frecuentes. Sus endotelios no están totalmente sellados, es decir, existen espacios entre las células del endotelio donde las sustancias y las células pueden difundir libremente. Son típicos del hígado, médula ósea y el bazo.

Venas

Las venas tienen la misma estructura histológica que las arterias pero la túnica media no está tan desarrollada y presentan diámetros más grandes. Además, en muchas venas, sobre todo las de las extremidades, aparecen válvulas en la luz de sus conductos que impiden que la sangre viaje en dirección contraria por efecto de la gravedad o por una menor presión. Las venas se clasifican por su tamaño en venas grandes, venas medianas y vénulas o venas pequeñas.

Venas grandes

Tienen un tamaño superior a unos 10 mm. Su

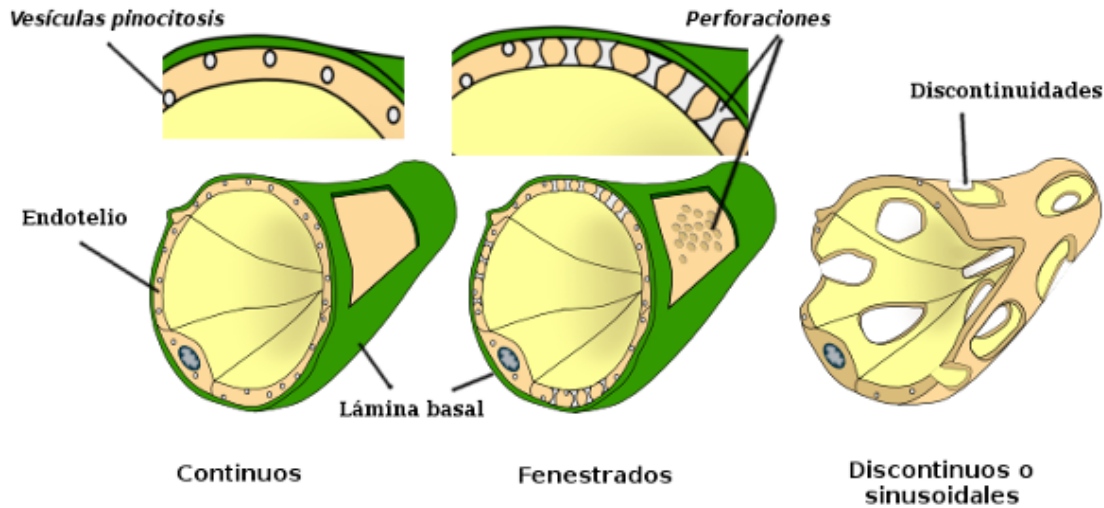


Figura 4: Organización de los distintos tipos de capilares.

túnica íntima está formada por un endotelio, poco tejido subendotelial y pocas fibras musculares lisas. La diferencia entre la túnica íntima y la media no es fácilmente distinguible. La túnica media es delgada con fibras musculares lisas dispuestas perpendicularmente al eje del vaso. La túnica adventicia es la capa más gruesa de la pared de la vena grande y está formada por tejido conectivo y fibras musculares lisas dispuestas longitudinalmente.

Venas medianas

Son venas más pequeñas, con unos 10 mm de diámetro, y representan a la mayoría de las venas del cuerpo humano. El contorno de las venas es más irregular que el de las arterias. Las tres túnicas de sus paredes son claramente distinguibles. La túnica íntima presenta endotelio, lámina basal y una capa delgada de conectivo con fibras musculares. En algunos casos se observa una membrana elástica interna. La túnica media es más delgada que la de las arterias medianas y posee varias capas de células musculares lisas dispuestas entre tejido conectivo. La túnica adventicia es más gruesa que la túnica media y está formada por conectivo.

Vénulas

Hay dos tipos de vénulas: las postcapilares y las musculares. Las postcapilares son las que recogen la sangre de los capilares. Tienen un diámetro muy

pequeño, hasta unos 0.1 mm. El endotelio es muy sensible a señales y cambia sus propiedades de adhesión fácilmente para dejar pasar a los linfocitos o para la extravasación de suero. No poseen una verdadera túnica media. Las venas musculares se sitúan a continuación de las postcapilares y tienen aproximadamente 1 mm de diámetro. Éstas sí poseen una túnica media formada por una o dos capas de células musculares. También presentan una túnica adventicia delgada.

Corazón

Es el órgano encargado de propulsar la sangre por el sistema circulatorio, aunque es ayudado por los movimientos corporales. Está formado principalmente por células musculares estriadas cardíacas, las cuales sólo se encuentran en este órgano.

En mamíferos consta de 4 cavidades, dos ventrículos que propulsan la sangre, y dos aurículas, una que recoge la sangre de los pulmones y la otra del resto del cuerpo. Las aurículas están separadas por un tabique interauricular y los ventrículos por un tabique interventricular. El reflujo de la sangre se evita con las válvulas que se encuentran en las salidas de las diferentes cavidades.

Las paredes de las aurículas y de los ventrículos están formadas por tres capas, que de fuera a dentro se denominan epicardio, miocardio y endocardio.

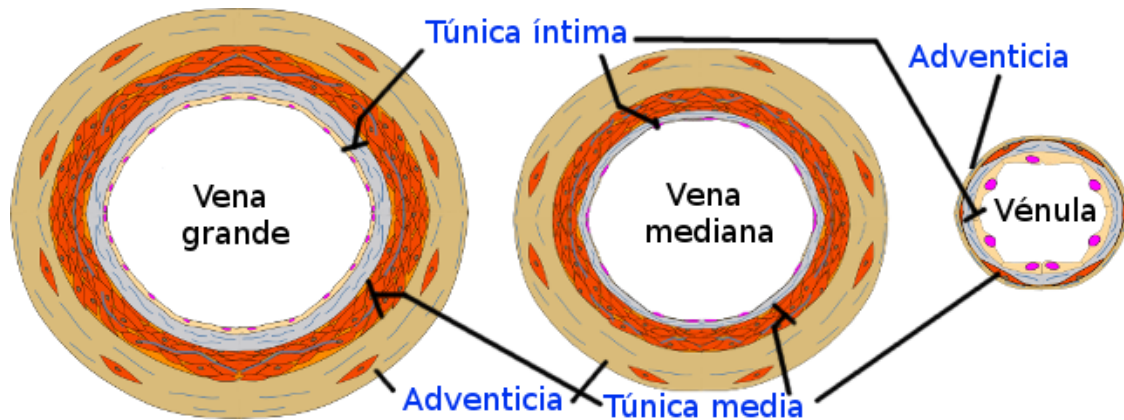


Figura 5: Organización de las capas de los diferentes tipos de venas. Las válvulas no se han representado.

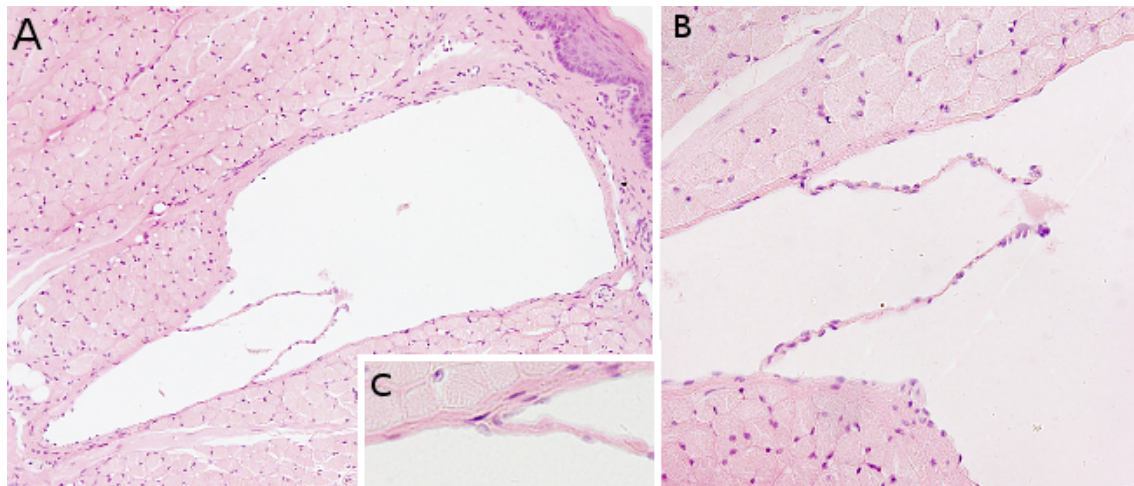


Figura 6: Imagen de una válvula entre dos venas de diferente calibre. Las imágenes B y C son detalles de la imagen A. El flujo de sangre es de izquierda a derecha.

El epicardio consta de células mesoteliales y tejido conectivo, con las células mesoteliales recubriendo al tejido conectivo superficialmente. Nervios y vasos sanguíneos que inervan e irrigan el corazón se encuentran en el tejido conectivo del epicardio, además de numerosas células adiposas. El miocardio está formado por las células musculares cardíacas, más algo de tejido conectivo entre ellas. En los ventrículos esta capa es más gruesa que en las aurículas, y consta de dos capas, una externa y otra interna. La capa externa se dispone en espiral, mientras que la profunda lo hace circularmente en torno al ventrículo. El endocardio consiste de una capa de endotelio y tejido conectivo con algunas células musculares lisas. El tejido conectivo del endocardio que está en contacto con el micardio contiene vasos sanguíneos y nervios.

El tabique interventricular está formado por tejido muscular cardíaco, que está tapizado en ambas caras por endocardio. El tabique interauricular es más delgado y posee la misma distribución tisular que el interventricular, aunque en algunas zonas es básicamente una estructura fibrosa.

Las válvulas cardíacas están formadas por tejido conectivo y están rodeadas por endotelio. Cada válvula está formada, desde el interior al exterior, por tres capas: fibrosa, esponjosa y ventricular. Estas capas se diferencian por el tipo de conectivo, siendo denso, laxo y denso, respectivamente.

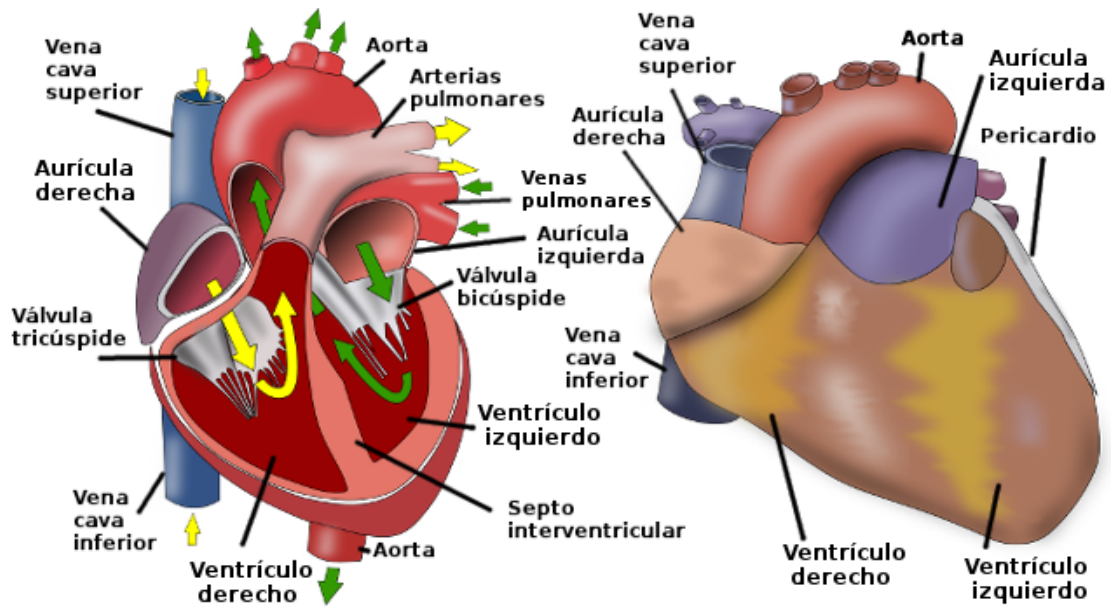


Figura 7: Partes principales de un corazón de mamíferos.

2 Imagen; arteria elástica

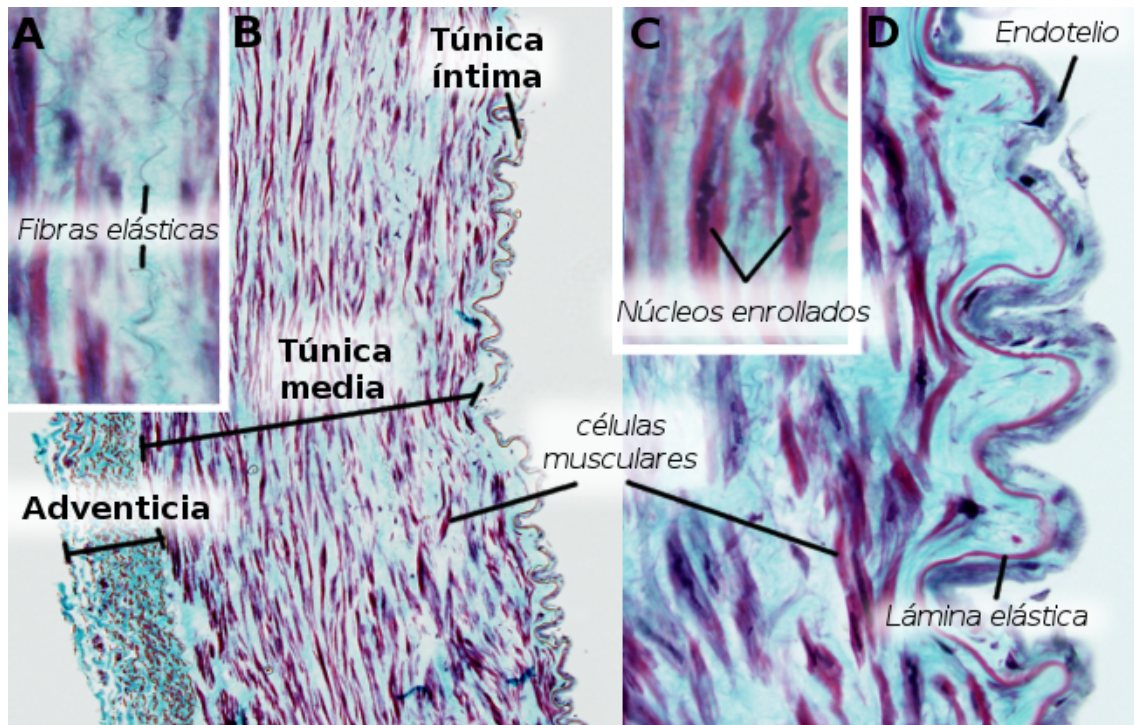


Figura 8: Órgano: arteria elástica. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*. Mamífero). Técnica: secciones de parafina teñidas con tricrómico de Masson

Las arterias elásticas son las arterias más grandes próximas al corazón, tales como la aorta o la pulmonar. Están formadas por una túnica íntima, una túnica media y una capa adventicia. Sobre todo la túnica media y la adventicia contienen una gran cantidad de fibras elásticas, lo que permite a estos vasos resistir la presión sanguínea generada por el corazón, y por muchas células musculares, que mantienen la presión en el conducto cuando los ventrículos cardiacos se distienden en la diástole.

La túnica íntima está formada por un endotelio, por tejido conectivo subendotelial y por la lámina elástica. Las células endoteliales tienen funciones adicionales a las de formar la capa limitante con la sangre tales como liberar citocinas, factores de crecimiento, moléculas vasoconstrictoras y vasodilatadoras, etcétera.

La túnica media es muy gruesa y está formada por numerosas capas de células musculares lisas orienta-

das de manera paralela a la superficie interna (endotelio) de la arteria. Estas células se contraen y se relajan con los cambios de diámetro de la arteria. Estas células se contraen cuando se reduce el diámetro y sus núcleos se enrollan a modo de espiral dando una imagen típica de núcleos en forma de sacacorchos. En la túnica media no hay fibroblastos por lo que toda la matriz extracelular, muy rica en fibras elásticas, está producida por las propias células musculares. Al contrario de lo que ocurre con las células musculares cardiacas, las células musculares lisas de las arterias pueden proliferar y reparar posibles daños en sus paredes.

La capa adventicia está formada principalmente por matriz extracelular formada sobre todo por colágeno y fibras elásticas. Las células que encontramos en esta capa son mayoritariamente fibroblastos y macrófagos. Además, se pueden observar capilares sanguíneos que forman lo que se denomina el vasa vasorum (vasos de los vasos), algunos de los cuales pueden penetrar distancias cortas en la túnica media. También en la adventicia se pueden encontrar terminales nerviosos formando una red denominada nervi vascularis.

3 Imagen; arteriola

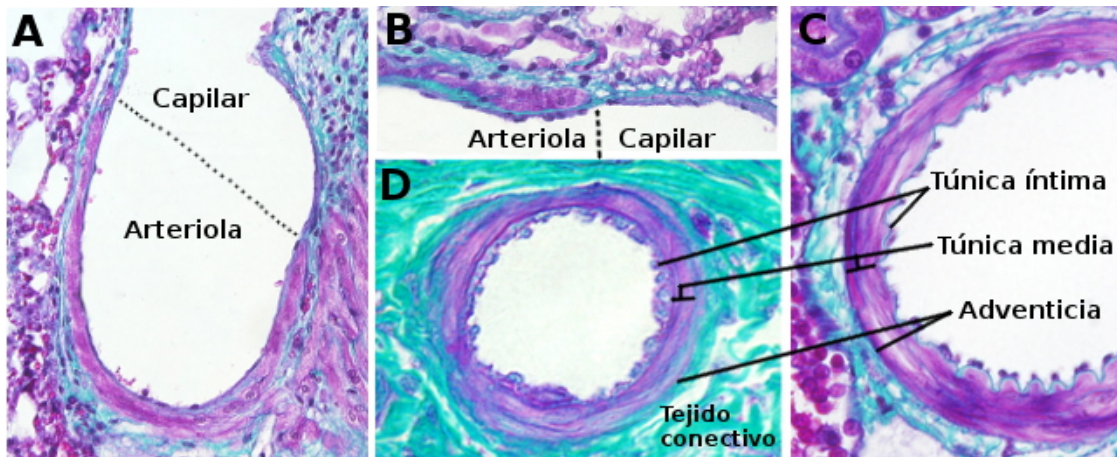


Figura 9: Órgano: arteriola. Especie: rata. (*Ratus norvegicus*). Técnica: secciones de parafina teñidas con tricrómico de Masson. A y B: pulmón de rata; C: riñón de rata; D: intestino delgados de rata.

Las arterias, los vasos sanguíneos que conducen la sangre desde el corazón hasta los órganos, presentan diverso calibre. Las más grandes se denominan elásticas y las de tamaño medio arterias musculares. Las arteriolas presentan un diámetro más pequeño, de menos de $100\ \mu\text{m}$, y van reduciendo este diámetro aun más hasta desembocar en los capilares.

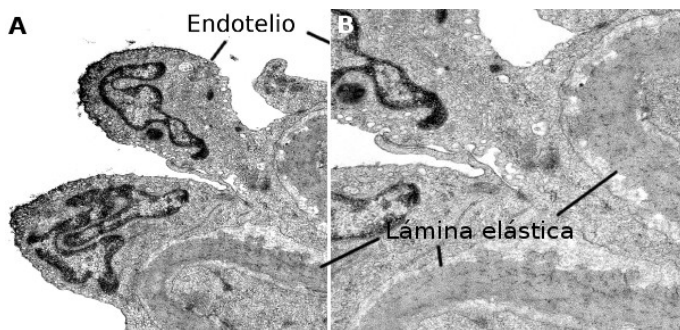


Figura 10: Imagen del endotelio de una arteriola tomada con un microscopio electrónico de transmisión. La imagen B es una ampliación de la imagen A.

Al igual que las otras arterias de mayor calibre, las arteriolas están formadas por tres capas. La más interna, en contacto con la sangre, es la túnica íntima, formada por endotelio y una capa de tejido conectivo. Después está la túnica media, formada por tejido mus-

cular liso, cuyas células se disponen orientadas perpendicularmente al eje longitudinal del vaso, y por tejido conectivo fibroelástico. En las arteriolas, al contrario que en otras arterias más grandes, la capa de músculo liso está poco desarrollada y presenta pocas células de espesor. Por definición, las arteriolas son aquellas que presentan hasta un máximo de 2 capas de células en la túnica media, mientras que las arterias denominadas pequeñas son aquellas que presentan más de dos y menos de 8-10 capas de células. La adventicia es la capa más externa y está formada por conectivo fibroelástico, aunque es muy fina y a veces es difícil distinguirla.

Las arteriolas tienen la misión de distribuir la sangre a los redes capilares y son las responsables de la tensión arterial. El músculo que poseen puede contraerse para disminuir el caudal de la red capilar. Hay un leve engrosamiento de la musculatura en el inicio de la red capilar denominado esfínter precapilar. Mediante la regulación del diámetro de las arteriolas el organismo es capaz de redirigir la sangre donde se necesita. Por ejemplo, al digestivo durante la digestión, al músculo esquelético durante el ejercicio físico o a distintas regiones del encéfalo según que actividad cerebral se esté llevando a cabo.

En la patología de hipertensión la luz de las arteriolas y arterias pequeñas está reducida. En algunos casos esta reducción se debe al aumento del grosor de la capa muscular por una acumulación de lípidos en las células musculares. En otros se produce un aumento del número de células musculares lisas. Ambos casos pueden darse simultáneamente.

4 Imagen; capilares

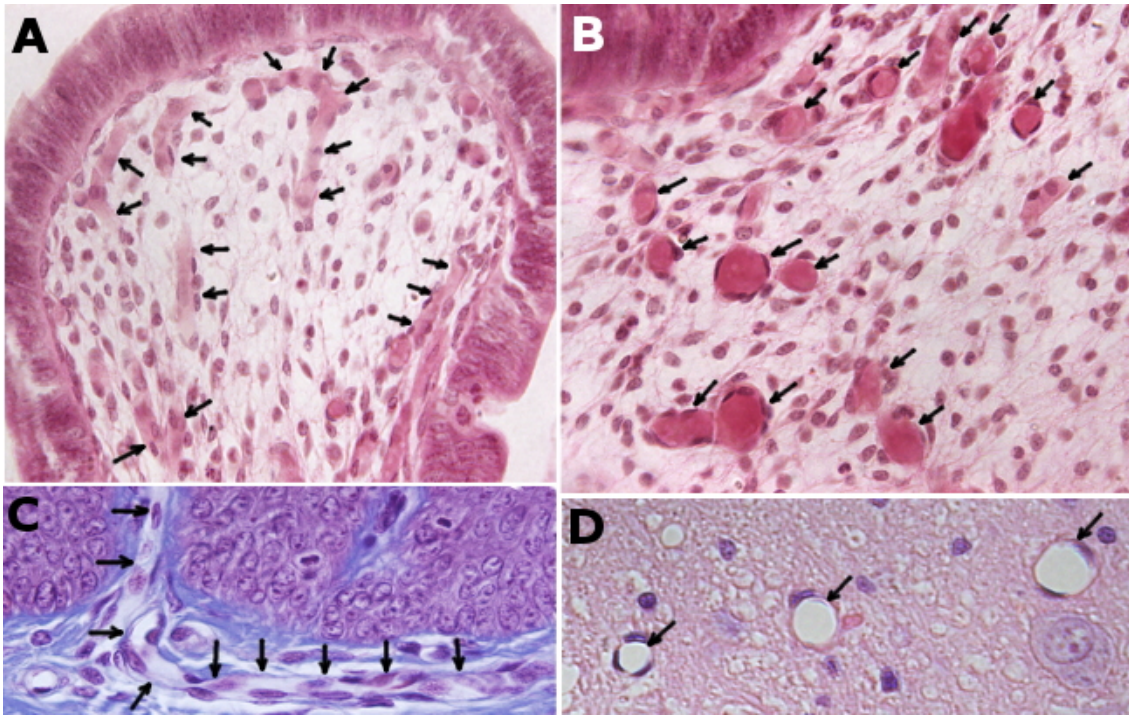


Figura 11: Sistema cardiovascular: Capilares. Especie: Rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: A y B) Secciones de pared de útero teñidos con hematoxilina y eosina; B) Sección de piel gruesa teñidas con tricrómico de Masson; D) Sección de médula espinal teñida con hematoxilina y eosina.

Los capilares son conductos sanguíneos con un diámetro muy pequeño, de unas pocas micras. Están formados por epitelio simple plano denominado endotelio. Bajo el endotelio aparece una lámina basal que lo separa del tejido conectivo circundante. El grosor tan pequeño de las células endoteliales permite el intercambio de moléculas entre los tejidos y la sangre. Los capilares forman redes vasculares que irrigan todos los órganos.

Según las características del endotelio los capilares se denominan continuos, fenestrados o discontinuos. Los continuos son los capilares más abundantes. La capa endotelial posee células que sellan los espacios intercelulares de manera que sólo moléculas pequeñas pueden pasar entre ellas. Dichas células endoteliales poseen numerosas vesículas en su citoplasma, lo que indica que los procesos de endocitosis y exocitosis

son frecuentes. Los capilares fenestrados están formados por células endoteliales que presentan canales o pasajes en su citoplasma, los cuales conectan directamente a la sangre con la membrana basal. Son frecuentes en glándulas endocrinas y tubo digestivo, lugares donde el paso de sustancias a la sangre es muy intensa. Los capilares discontinuos o sinusoidales son poco frecuentes. Sus endotelios no están totalmente sellados, es decir, existen espacios entre las células del endotelio donde las sustancias y las células pueden difundir libremente. Son típicos del hígado, médula ósea y el bazo, entre otros.

Los endotelios son los encargados de regular la trombosis, trombolisis, adherencia de las plaquetas, el tono vascular y el flujo sanguíneo. Además, son el elemento al cual se adhieren las células sanguíneas cuando tienen que abandonar la sangre hacia otros

tejidos. Las células endoteliales son también responsables de la liberación de numerosas sustancias que afectan a otros tipos celulares.

La red de capilares es maleable, es decir, se adapta a las necesidades de los órganos y tejidos en cada momento. Ello implica que la proliferación de las células endoteliales y su organización en capilares está sometida constantemente a señales celulares y gracias a estas propiedades es posible la regeneración de tejidos o el crecimiento del organismo durante el desarrollo. La generación de nuevos conductos vasculares se denomina angiogénesis. Los capilares nuevos en los organismos adultos se crean por ramificación de otros preexistentes y las células endoteliales nuevas se generan a partir de las preexistentes por división celular.

Casi todas las células del organismo están a unas 50 a 100 μm de un capilar lo que implica que cuando un órgano crece en tamaño sus células deben liberar señales que facilitan la formación de nuevos capilares, entre las que destacan el factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF). Un ejemplo de la importancia de conocer el mecanismo de angiogénesis es la necesidad de los tumores de crear una red capilar para su crecimiento, de otra manera las células internas del tumor morirían por falta de alimento u oxígeno.

Asociados a los capilares se encuentra un tipo celular denominado pericito. Su función principal es regular el flujo sanguíneo puesto que son células contráctiles que pueden hacer variar el diámetro de los capilares. Estas células se forman a partir de células mesenquimáticas próximas a los vasos sanguíneos.

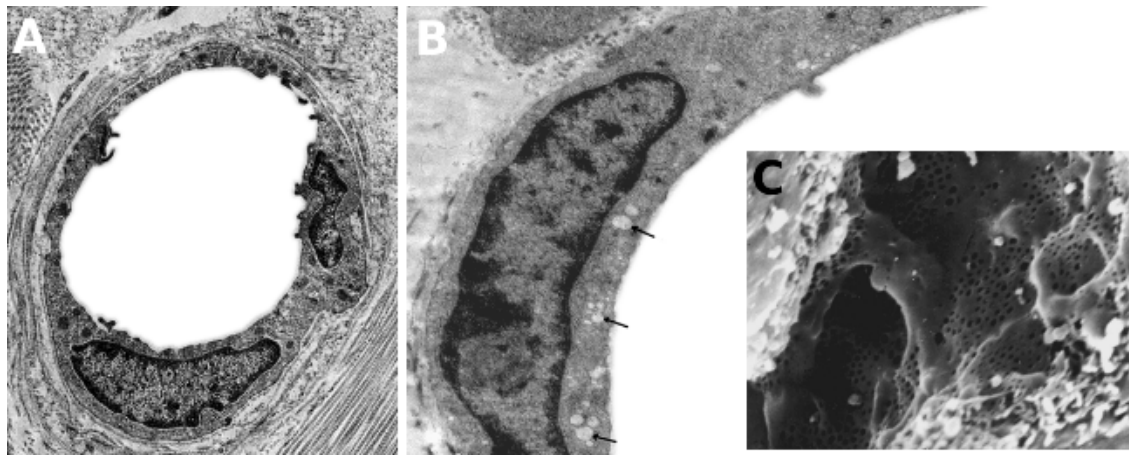


Figura 12: Imágenes de microscopía electrónica de capilares sanguíneos. A) Imagen de microscopía electrónica de transmisión de un capilar cortado transversalmente. Se pueden observar los núcleos de las células endoteliales. B) Imagen de microscopía electrónica de transmisión de una célula endotelial donde se aprecian numerosas vesículas (flechas) de endocitosis. C) Imagen de microscopía electrónica de barrido donde se observa el interior de un capilar fenestrado. Se observan las cavidades que atraviesan la pared endotelial y que comunican directamente el interior del capilar con el tejido circundante.

5 Imagen; músculo cardíaco

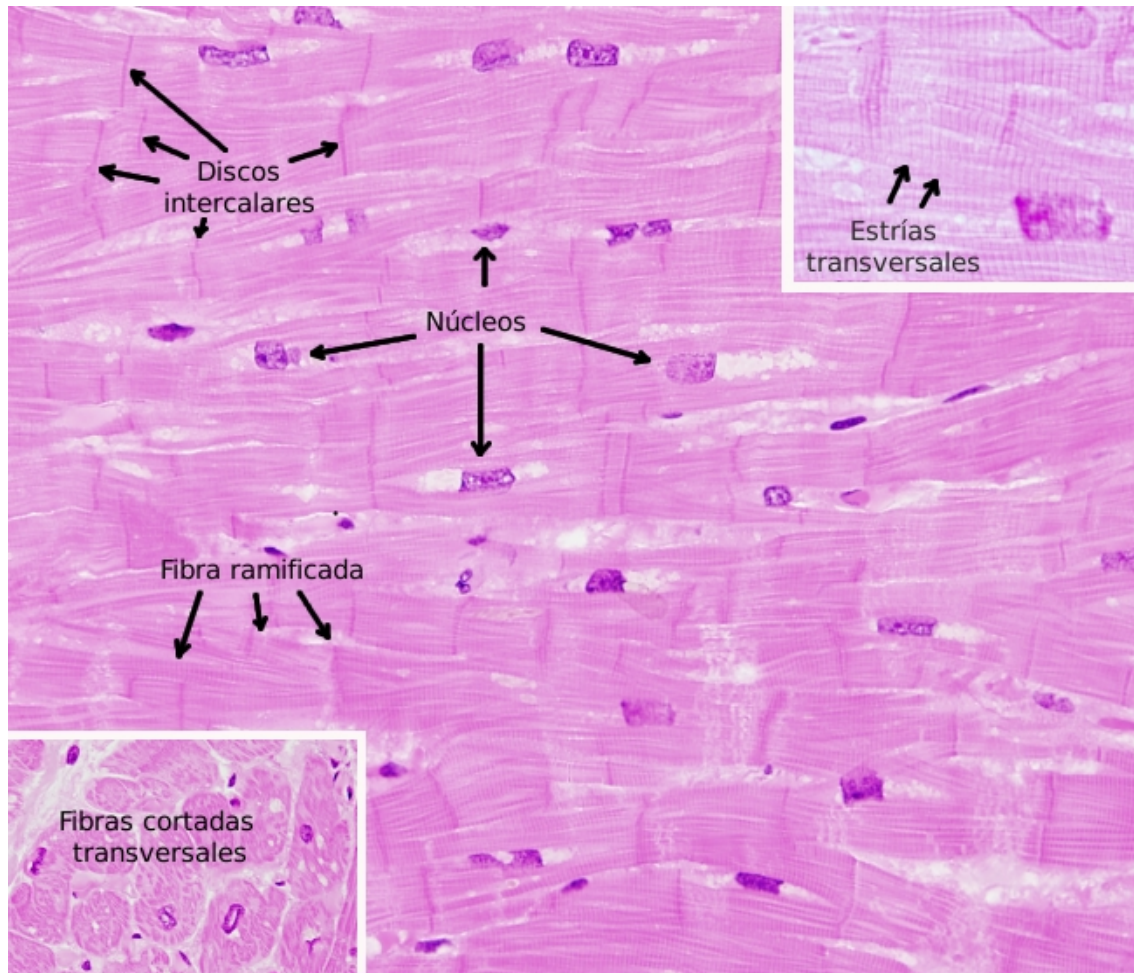


Figura 13: Órgano: corazón, miocardio: músculo cardíaco. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8 micras de parafina.

En esta imagen de la pared del corazón de un ratón se observan las células musculares cardíacas en vista longitudinal, mientras que en el recuadro de abajo aparecen cortadas transversalmente. El recuadro de la esquina superior es una ampliación de la vista longitudinal.

Las células musculares cardíacas, o cardiomiocitos, son mucho más cortas que las musculares esqueléticas. La longitud de las células se puede apreciar por la distancia que hay entre las bandas oscuras denominadas discos intercalares. Estas bandas son realmente áreas, o discos, a modo de láminas que unen dos células contiguas. Son densos porque aquí se

acumulan numerosas proteínas: conjunto de complejos de unión donde se pueden encontrar desmosomas, uniones adherentes y uniones estrechas. Los cardiomiocitos poseen un núcleo, aunque a veces se observan binucleadas, localizado en posición central. En el aumento de la vista longitudinal se observan estrías transversales que corresponden a la superposición de elementos del citoesqueleto y por ello es músculo estriado. Son células ramificadas, al contrario que los otros tipos de células musculares.