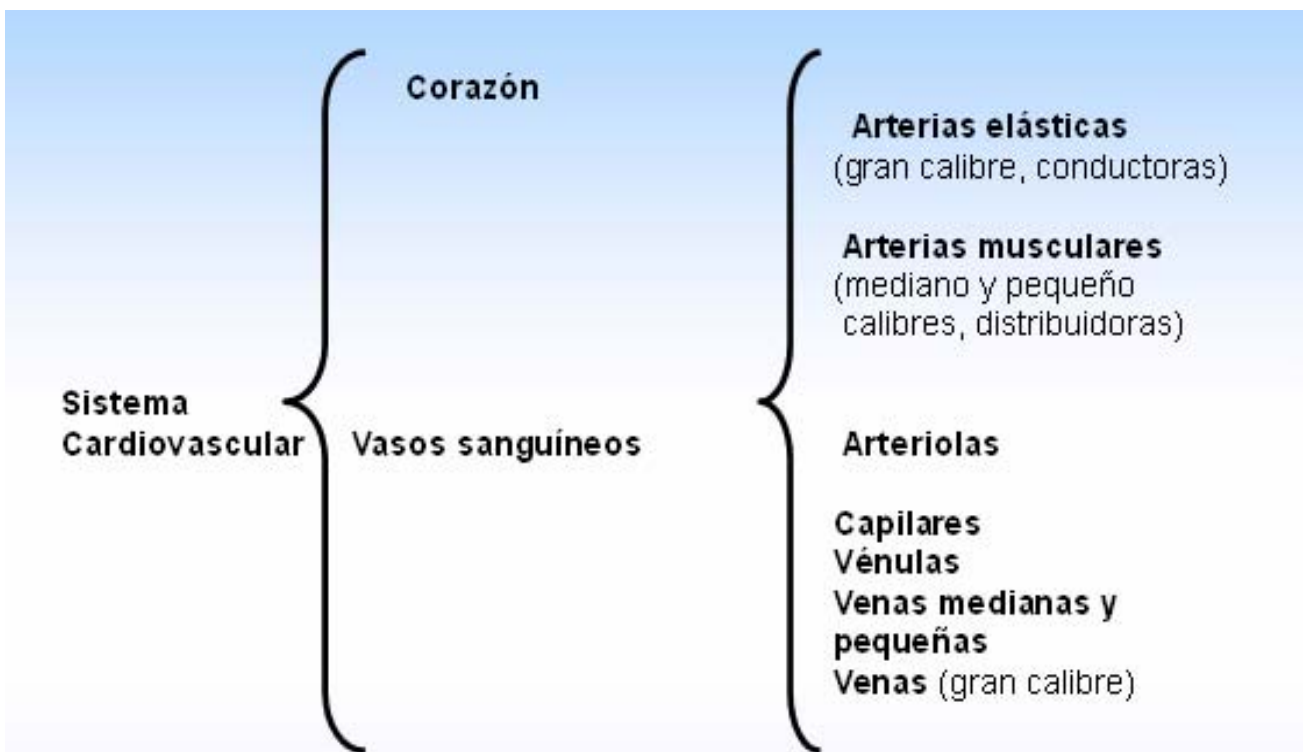


SISTEMA CARDIOVASCULAR

El estudio del sistema cardiovascular es de gran importancia, no sólo porque realiza en el organismo una función vital, sino también porque las enfermedades cardiovasculares constituyen en el adulto la primera causa de muerte, de ahí la necesidad de profundizar en el estudio de las estructuras que lo integran.

El sistema cardiovascular (SCV) está constituido por órganos tubulares: el corazón y los vasos sanguíneos (arterias, capilares y venas), estos últimos son de variada constitución histológica y de diferentes calibres y funciones.

Es por ello que podemos establecer su clasificación aunque el estudiante debe tener en cuenta que en el sistema cardiovascular existen formas transicionales entre los vasos sanguíneos, por lo cual no debemos establecer estrictamente estos criterios de clasificación.



El sistema cardiovascular es el encargado de distribuir la sangre en todo el organismo (fig. 10.1). De ella y a través del líquido tisular que se forma en los capilares es que las células obtienen los nutrientes, el oxígeno y otras sustancias necesarias para el metabolismo celular. En su trayectoria, la sangre recoge a su vez los productos de desecho del metabolismo y estos son eliminados por los órganos de excreción. Por tanto podemos decir que la principal función del sistema cardiovascular estriba en mantener la cantidad y calidad del líquido tisular.

PLAN ESTRUCTURAL GENERAL

El corazón y los vasos sanguíneos muestran un plan estructural general representado por tres capas o tónicas concéntricas: una capa interna, una media y otra externa. Los requerimientos biofísicos y metabólicos en las diferentes partes del sistema difieren, por lo

que en cada una de las partes del mismo, existen características relacionadas con la función que realizan, lo que modifican el plan estructural general. Estas diferencias se irán destacando en la medida que vayamos estudiando las estructuras que integran el sistema cardiovascular. Así observaremos que algunos de sus componentes tisulares se reducen o desaparecen, otros se acentúan y algunos de ellos son exclusivos de determinadas partes del sistema; sin embargo, debemos señalar que la estructura básica de organización concéntrica en tres capas prevalece en todas sus partes.

La descripción de la organización y de los componentes que integran las capas o tunicas del sistema, lo haremos partiendo de la capa más interna (íntima) que está contigua a la luz del vaso y en contacto con la sangre.

Interna

A esta capa se le denomina **endocardio** en el corazón, e **íntima** en los vasos sanguíneos. Por su especial constitución y función se plantea que es la unidad o parte metabólica del vaso; en ella se distinguen:

1. Endotelio, integrado por células endoteliales que tapizan la luz del vaso que actúan a modo de barrera. El corazón y la mayor parte de los vasos sanguíneos de los tejidos somáticos (arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas), muestran un endotelio continuo, los capilares viscerales presentan fenestras en su pared. En los órganos donde el intercambio transcelular es intenso, como ocurre en el hígado, el bazo y la médula ósea, el endotelio es discontinuo, sitio por donde pasan las macromoléculas. El endotelio descansa sobre una membrana basal que varía en grosor y continuidad.
2. Subendotelio, constituido por tejido conjuntivo donde se localizan fibras colágenas, fibroblastos, células cebadas y elementos del sistema de macrófagos; estos últimos actúan renovando los elementos caducos de esta capa interna.

Media

Se le denomina **miocardio** en el corazón y en los vasos sanguíneos se denomina de acuerdo a su característica histológica predominante.

La constitución histológica está en estrecha relación con la función que realiza cada parte del sistema. En general encontramos fibras musculares lisas y tejido conjuntivo con predominio de fibras elásticas, algunas fibras colágenas finas y glucosaminoglucanos.

En los vasos sanguíneos las fibras musculares lisas están dispuestas en láminas concéntricas helicoidales bien desarrolladas; por ejemplo, en las arterias musculares y arteriolas.

En el corazón la capa media está integrada por fibras musculares estriadas involuntarias (cardiacas).

Externa

En el corazón esta capa constituye el **epicardio** (serosa) y en los vasos sanguíneos es una capa de tejido conjuntivo, denominada **adventicia**.

En el tejido conjuntivo, se pueden observarse algunas fibras musculares lisas, vasos sanguíneos (**vasa vasorum**), linfáticos y nervios. Los elementos fibrilares están embebidos en una matriz de sustancia amorfa (glucosaminoglucano). En el epicardio está cubierta por una capa de células mesoteliales que representan la hoja visceral del pericardio.

En el cuadro 8 que se encuentra al finalizar el capítulo, se resumen las características más notables de los diferentes segmentos y tejidos del sistema, así como sus funciones.

Células Endoteliales

Constituyen un epitelio simple plano de origen mesodérmico. Las células están muy unidas entre sí, por complejos de unión.

Su citoplasma es delgado y muestran un núcleo que sobresale hacia la luz.

Presentan vesículas pinocíticas relacionadas con el transporte de sustancias.

Secretan algunos factores que intervienen en la coagulación y en el control de la presión arterial, tales como: prostaciclina, óxido nítrico, activador del plasminógeno, trombomodulina, tromboplastina, factor activador de las plaquetas.

ELEMENTOS CONSTITUYENTES

CORAZÓN

Es básicamente un segmento del sistema cardiovascular altamente especializado en propulsar la sangre, compuesto por cuatro cavidades: las aurículas o atrios y los ventrículos, separados por un tabique intermedio y dos orificios con válvulas, cuyas paredes están constituidas por el músculo cardíaco, capaz de realizar contracciones rítmicas espontáneas que proyectan la sangre hacia los vasos sanguíneos. Sus paredes, según expresamos anteriormente, se encuentran constituidas por tres tunicas: una interna o endocardio, una media o miocardio y una externa o epicardio.

Endocardio

El **endocardio** reviste las cavidades, las válvulas y las cuerdas tendinosas de inserción de los músculos papilares cardíacos. Como puede apreciarse en la figura 10.2 está constituido por el endotelio, que "descansa" sobre una membrana basal que lo separa del subendotelio de tejido conjuntivo laxo y que en la medida que se aproxima al miocardio se hace más denso y rico en fibras elásticas y colágenas, constituyendo la parte más profunda del endocardio o subendocardio, donde se pueden apreciar vasos sanguíneos, nervios, algunas células adiposas y parte del sistema de conducción de impulsos cardíacos (fibras de Purkinje). El tejido conjuntivo de esta capa se continúa con el perimio del miocardio.

Válvulas cardíacas

Estas estructuras están constituidas por un repliegue del endocardio y un núcleo de tejido conjuntivo denso que se continúa con el tejido conjuntivo de los anillos fibrosos. Las válvulas podemos encontrarlas en los orificios auriculoventriculares (tricúspide y mitral) y en los orificios de salida de las arterias aorta y pulmonar (válvulas semilunares). Las válvulas están formadas por tres hojuelas en las semilunares y tricúspide y por dos en la mitral (fig. 10.3a).

En cada hojuela el núcleo central fibroso forma un engrosamiento en el borde libre, denominado **nódulo de Arancio**. Las válvulas están conectadas a los músculos papilares mediante las cuerdas tendinosas o fibrosas que sirven para estirar las válvulas e impedir su eversión al contraerse los ventrículos.

Miocardio

El **miocardio** o capa media del corazón contiene principalmente tres tipos de estructuras: el miocardio propiamente dicho, el sistema conductor de impulsos y el esqueleto cardíaco.

El **miocardio** es la capa más gruesa del corazón, su espesor es mayor en los ventrículos que en las aurículas, sobre todo en el ventrículo izquierdo. Su constitución corresponde a

la que hemos estudiado al considerar el tejido muscular estriado cardíaco y forman parte el tejido conjuntivo, grasa y numerosos capilares para satisfacer sus requerimientos energéticos.

El miocardio, como puede apreciarse en la figura 10.4, está organizado en capas y haces de fibras de un patrón complejo.

Células musculares cardíacas secretoras de hormona atrial natriurética.

Las células musculares del atrio son más pequeñas que las del ventrículo y presentan pequeños gránulos neuroendocrinos que contienen la hormona atrial natriurética.

Esta hormona incrementa la excreción de agua, sodio y potasio por los tubos contorneados del riñón y disminuye la presión por inhibición de la renina.

Sistema de conducción de impulsos

Está constituido por fibras musculares cardíacas modificadas, ya que se especializan no en la contractilidad, sino en la más rápida conducción de impulsos. En los mamíferos, el miocardio posee este sistema para iniciar y conducir rítmicamente los impulsos electroquímicos que generan la contracción coordinada y la relajación de las cuatro cámaras cardíacas (ventrículos y aurículas). Este sistema conductor está representado por **el nodo senoauricular, el nodo aurículoventricular y el haz de His**. El nodo senoauricular está representado por una masa pequeña en la aurícula derecha, cerca del orificio de la vena cava superior. Desde este marcapaso, los impulsos se inician y diseminan a través del músculo cardíaco a una velocidad de 1 m/s; de esta forma la onda de despolarización es conducida al nodo aurículoventricular, localizado en la pared interna de la aurícula derecha.

Su baja conducción produce un retraso de 0.08-0.12 s. durante los cuales se completa la contracción auricular. Los impulsos pasan rápidamente (4-5 m/s) al haz aurículoventricular (haz de His), localizado en el tabique interventricular que da una rama a cada ventrículo.

Las fibras musculares modificadas que constituyen este sistema son de tres tipos: nodales, de Purkinje y de transición, de acuerdo a su localización y características histológicas, ya sea en los nodos senoauricular o aurículoventricular, el haz de His, especialmente en sus ramificaciones en cada ventrículo, en que penetran hasta el miocardio donde terminan, en las fibras musculares cardíacas típicas o corrientes mediante las fibras de transición.

Fibras nodales

Son más delgadas y poseen menos miofibrillas que las fibras musculares cardíacas normales de los atrios (aurículas) a las cuales están conectadas mediante uniones de hendidura. En ambos nodos estas fibras especializadas forman una masa pequeña y más clara que el resto de los miocitos auriculares (atriales) tejido conjuntivo fibroelástico y una arteria nodal.

El nodo senoauricular (senoatrial) funciona como un verdadero marcapaso. El nodo atrio ventricular se conecta en el lado atrial con fibras atriales comunes y cerca del tabique atrioventricular con las células especializadas del haz atrioventricular y no funciona como marcapaso sino como células de inducción que retardan moderadamente la transición de impulsos aunque en algunas circunstancias patológicas pueden actuar también como marcapaso.

Fibras de Purkinje

Poseen un diámetro mayor que las fibras cardíacas normales. Al M/O se observan estrías transversales en menor proporción y el núcleo central, las miofibrillas tienden a situarse hacia la periferia, por lo que en cortes teñidos con H/E se ven de un color rosado mas claro sobre todo alrededor del núcleo por su gran contenido de glucógeno.

Las fibras de Purkinje se distribuyen primero a los músculos papilares y después a las paredes laterales de los ventrículos donde aparecen como una red subendocárdica.

Al M/E estas células especializadas en la conducción de impulsos, además de las pocas miofibrillas se observan abundantes mitocondrias, el retículo sarcoplásmico está menos desarrollado y muy pocos túbulos T.

Células de transición

Son células cuyas características histológicas tienen un aspecto intermedio entre las fibras de Purkinje y la célula cardíacas normales, sirven de unión entre las fibras de Purkinje y los miocitos de ambos ventrículos.

Esqueleto cardíaco

Es el sistema central de sostén y está formado por tejido conjuntivo fibroso denso, en el que se insertan los músculos y válvulas cardíacas. Consta de tres elementos: **tabique membranoso, trígono fibroso y anillos fibrosos** (fig. 10.3b).

El **tabique membranoso** es la porción fibrosa del tabique interventricular. El trígono fibroso es una masa de tejido fibroso entre orificios arteriales y conductos auriculoventriculares y por último, los anillos fibrosos del esqueleto cardíaco rodean los orígenes de las arterias aorta y pulmonar, así como de los conductos auriculoventriculares.

Epicardio

El pericardio es la capa serosa que recubre al corazón y está constituida por dos hojas, visceral y parietal, entre las cuales se encuentra una cavidad que contiene un líquido para facilitar el deslizamiento cardíaco en el mediastino durante las contracciones. Este espacio está revestido por células mesoteliales. Al pericardio visceral se le conoce también como epicardio. En él se distinguen dos capas: la externa, localizada por dentro de las células mesoteliales y constituida por fibras elásticas y la interna, subepicardio, que está en relación con el miocardio y está constituida por tejido conjuntivo laxo con abundantes vasos sanguíneos y linfáticos, nervios y tejido adiposo.

Vasos sanguíneos

El corazón recibe sangre de las arterias coronarias y el drenaje está a cargo de las venas cardíacas que desembocan en el seno coronario o en las aurículas.

Linfáticos cardíacos

Son abundantes, se disponen en el subendocardio y están en asociación con fibras musculares cardíacas.

Nervios cardíacos

La inervación proviene del IX par craneal, neumogástrico y del simpático. Las fibras del primero tienen acción inhibitoria y, las del segundo, excitatoria. Estas fibras entran en relación con el sistema conductor de impulsos y con los vasos coronarios; entre ellas, hay

fibras sensitivas y motoras. En relación con el sistema conductor de impulsos hay ganglios nerviosos autónomos.

Arterias

Como vimos en la clasificación, hay tres tipos principales de arterias, aunque todas conducen sangre, cada tipo de arteria ejecuta funciones específicas e importantes para la cual se adapta su estructura histológica.

Por ello se dividen en:

- 1) Arterias de gran calibre o elásticas;
- 2) Arterias de mediano o pequeño calibre, musculares o de distribución y
- 3) Arteriolas

Aunque debemos señalar que salvo algunos casos típicos podemos encontrar elementos transicionales en la estructura histológica de las arterias.

La **íntima** consta de un revestimiento endotelial, un subendotelio y de la membrana elástica interna; esta última, constituida por una condensación de fibras elásticas.

La **media** presenta músculo liso dispuesto es espiral, fibras elásticas y colágenas en proporción variable, y la **adventicia** está constituida por tejido conjuntivo principalmente.

Arterias elásticas

A estos vasos pertenecen las arterias de gran calibre: aorta y pulmonar, que reciben y conducen sangre a altas presiones. En ellas se distinguen las tres tunicas ya mencionadas (figura 10.6).

La íntima mide de 100-130 μm de espesor y contiene células endoteliales que tienen vesículas membranosas y filamentos. Los endotelioцитos están unidos a otros por uniones ocludens (estrechas) y uniones espaciadas intercaladas. La membrana basal es fina.

La capa subendotelial, la cual contiene tejido conjuntivo laxo, fibras elásticas orientadas longitudinalmente, fibroblastos diseminados y algunas fibras musculares lisas en su parte profunda. Al M/O es difícil observar la membrana elástica interna, pero al M/E estas aparece como la primera lámina elástica adherida a la túnica media.

La media es la túnica mas gruesa, en los humanos mide 500 μm y está compuesta esencialmente por 40 a 70 láminas de elastina concéntricas y fenestradas, de las cuales salen redes de fibras elásticas` anastomosadas entre sí. Entre las láminas de elastina fenestradas hay sustancia amorfa, fibroblastos y fibras musculares lisas.

La adventicia es una capa delgada de tejido conjuntivo laxo, que no distingue fácilmente del tejido conjuntivo circundante. Las fibras colágenas y elásticas se disponen en una espiral abierta.

En esta túnica observamos los vasa vasorum, capilares linfáticos y nervios que se extienden hasta el 1/3 externo de la hoja media. No hay una lámina elástica externa precisa que delimite esta túnica de la capa media.

La constitución de esta capa media explica la distensibilidad de la pared arterial al recibir la sangre a gran presión que se eyecta de ambos ventrículos durante el sístole y como se mantiene la presión durante la diástole ventricular.

Arterias musculares

El componente más abundante de este tipo de arteria es el tejido muscular y su diámetro es variable, desde 0.4-1mm (figura 10.6).

En la capa íntima el endotelio es similar al de las arterias elásticas, observándose en las células endoteliales dos tipos de uniones: espaciadas y estrechas. La membrana basal es delgada y continua en las grandes arterias.

La capa subendotelial desaparece al disminuir el calibre del vaso, y comprende fibras colágenas y elásticas. La membrana elástica interna es prominente y fenestrada.

Por su parte, la capa media es principalmente muscular y en los humanos consta de 10 a 40 capas. Las células musculares están rodeadas por una membrana basal, fibras colágenas, las cuales están entremezcladas con fibras elásticas y sustancia intercelular amorfa, principalmente elastina.

La adventicia es una capa gruesa, con una parte interna densa y una externa laxa. Contiene haces de colágeno y fibras elásticas, fibroblastos y adipocitos y escasas fibras musculares lisas. La lámina elástica externa está presente. La capa adventicia posee los vasa vasorum, linfáticos y fibras nerviosas, los cuales penetran hasta el tercio externo de la túnica media.

Las arterias musculares al aumentar de calibre aumentan sus elementos elásticos y se convierten en las arterias músculo elásticas.

Arteriolas

A este tipo pertenecen las arterias musculares con un diámetro de 100µm o menos (figura 10.7).

La íntima no posee capa subendotelial y sí aparece la lámina elástica interna que la separa de la túnica media que puede contener hasta tres capas circulares de fibras musculares lisas que realmente se disponen en espiral.

La adventicia, de tejido conjuntivo laxo está constituida principalmente por fibras colágenas y elásticas y en las arteriolas de mayor diámetro es evidente la membrana elástica externa separando la adventicia de la túnica media.

En la medida que disminuye el diámetro de la arteriola, su pared se adelgaza, haciéndose menos evidentes las membranas elásticas externa e interna y disminuyendo las capas de células musculares lisas de la capa media, así como la adventicia.

La sangre que circula por el interior del sistema vascular arterial debe llegar con menor presión al lecho capilar, ya que la pared de los capilares es muy delgada para permitir la difusión e intercambio constante con las células, tejidos y órganos, por lo que la pared muscular relativamente desarrollada de las arteriolas y su luz estrecha y angosta ofrecen notable resistencia al paso de la sangre y permite que se generen presiones importantes en todo el árbol arterial anterior y la sangre llegue con menos presión a los capilares.

El tono de las células musculares lisas de la pared de las arteriolas está regulado por el Sistema Nervioso Autónomo y por hormonas, por lo que si éste aumenta por encima de lo normal aparece hipertensión.

Arterias especializadas

Ciertas arterias reflejan cambios en sus paredes, de acuerdo con el tipo de requerimiento funcional. Las arterias cerebrales, al estar protegidas por el cráneo, poseen una pared delgada y una membrana elástica interna desarrollada. En las arterias uterinas y en las del pene, las papilares del corazón y la del cordón umbilical, las fibras musculares se disponen en dos capas.

Por su importancia describiremos la estructura de la capa íntima de las arterias coronarias, pues difiere del resto de las arterias musculares. Ello se debe a que en el recién nacido, en

los sitios de ramificación de las arterias coronarias, emigren a la túnica íntima células musculares lisas indiferenciadas de la túnica media, pasando por las fenestraciones de la lámina elástica interna, formando a partir de la secreción de elastina que generan estas células indiferenciadas unas "almohadillas" músculo elásticas, que favorecen el depósito de colesterol a este nivel y la formación de placas de ateroma, y que además se va extendiendo a lo largo de la túnica íntima, lo que hace más angosta la luz de las arterias coronarias facilitando la formación de trombos por agregación plaquetaria.

Capilares sanguíneos

Los capilares (capix, cabello) son tubos endoteliales muy finos, de paredes delgadas que se anastomosan y cuya función es la de realizar el intercambio metabólico entre la sangre y los tejidos. Estos pueden disponerse en diferentes formas, según los órganos en los que se encuentren, por lo cual aparecen formando redes, haces y glomérulos.

El diámetro de los capilares sanguíneos varía de 6-8 μm y la cantidad de ellos en un órgano está relacionada con la función de dicho órgano. En el miocardio la densidad de capilares por mm^2 es de 2 000, mientras en el tejido conjuntivo cutáneo es de 50.

En el hombre, el área total superficial se ha estimado en 100 m^2 : 60 para los capilares sistémicos y 40 para los pulmonares.

Estudio histológico de la pared de un capilar, observado al M/O y al M/E.

A pesar de su delgada pared, en un capilar se distinguen dos capas fundamentalmente: una interna o íntima (endotelial), constituida por el endotelio, la membrana basal y los pericitos o células adventicias, y una externa de tejido conjuntivo pericapilar.

La capa íntima o endotelial está compuesta solamente por endotelio, es decir, células aplanadas que mediante técnicas de impregnación de plata muestran forma poligonal. Estas células aplanadas muestran una región central más gruesa, debido a la presencia del núcleo y se orientan siguiendo el eje longitudinal del capilar (figura 10.8).

Al M/E lo más notable es la presencia de numerosos pliegues de membrana plasmática que miden de 60-70 μm de diámetro, denominados vesículas membranosas. Estas vesículas abren a cada lado del capilar y algunas aparecen libres en el citoplasma de las células endoteliales. Su función está relacionada con el transporte transendotelial y en ocasiones, forman fenestras.

La mayoría de los organitos citoplasmáticos se observan próximos al núcleo. La presencia de filamentos finos o gruesos es ocasional cerca de la zona de unión con células vecinas o en la membrana abluminal, es decir, en la cara celular contraria a la luz capilar.

Mediante investigaciones citoquímicas cuantitativas se ha demostrado en las células endoteliales un gran espectro enzimático, relacionado con la glicólisis anaeróbica, la fosforilación oxidativa y la desulfación. Algunas de estas enzimas se encuentran en las vesículas membranosas (ATPasa, fosfatasa y nucleotidasa), y en las zonas de unión (adenilciclase sensible a catecolaminas).

La superficie endotelial contiene, además, sitios receptores para la angiotensina. Otras de las propiedades de las células endoteliales es sintetizar y secretar glucosaminoglucanos sulfatados del tipo de heparina.

Las superficies luminal y abluminal capilares están polarizadas: la superficie luminal está cargada negativamente, y evita la agregación y aglutinación intravascular. En la superficie luminal pueden observarse pliegues.

Por fuera de la superficie abluminal existe una matriz amorfa de 30-50 nm que separa el endotelio de la membrana basal; esta matriz se piensa que es producida por los endotelios.

Membrana basal

Es una fina capa microfibrilar que mide de 40-80 nm de grosor. Está compuesta principalmente por fibras colágenas (tipo III y IV) y presenta un alto contenido de carbohidratos.

Pericitos

La célula endotelial puede establecer relación estrecha con las prolongaciones de los pericitos vecinos. Los pericitos son células de citoplasma claro con múltiples prolongaciones. Poseen un núcleo biconvexo que protruye hacia la parte externa de la célula, de cromatina, finamente granular. Su citoplasma posee microfilamentos. Los pericitos poseen capacidad fagocítica.

Clasificación de los capilares

Basada fundamentalmente en las variaciones en su apariencia y la continuidad del endotelio y su lámina basal, al M/E se observan tres tipos principales de capilares: **continuos (tipo I), fenestrado (tipo II) y discontinuos o sinusoides (tipo III)** Cuadro.7

Cuadro No. 7

Tipos de capilares	Calibre en μm	Características	Localización
Tipo I	7	Endotelio continuo, membrana basal continua	SNC, piel, pulmón, músculos, gónadas, Páncreas exocrino
Tipo II	7-11	Endotelio fenestrado, membrana basal continua	Glomérulo renal, mucosa gastrointestinal, glándulas endocrinas, cuerpo ciliar del ojo, plexo coroideo,
Tipo III (sinusoide)	20-30	Capa interna formada por endotelio discontinua y células fagocíticas, membrana basal interrumpida	Bazo, médula ósea, hígado, hipófisis

En los capilares continuos el endotelio es continuo y la membrana basal también.

En los capilares fenestrados los endotelios poseen un citoplasma atenuado que muestra aberturas circulares denominadas fenestras, con un diámetro de 60-68 nm.

Cada fenestra está usualmente cerrada por un diafragma de 4-6 nm con un nudo central.

Los capilares discontinuos o sinusoides son vasos de paredes finas y calibre regular, formados por endotelios vecinos. El endotelio deja espacios vacíos, a cientos de nanómetros (nm) de diámetro y la membrana basal puede ser discontinua o estar ausente.

En algunos órganos formando parte de la pared de estos capilares, podemos encontrar células fagocíticas pertenecientes al SMF.

Capilares arteriales, precapilares y metarteriolas

Estas son transiciones entre las arteriolas y los capilares que controlan el riego sanguíneo en el lecho capilar y constituyen esfínteres capilares. Poseen una luz más amplia que la de los capilares o incluyen fibras musculares lisas en sus paredes. Por su parte externa la adventicia se continúa con el tejido conjuntivo de los órganos vecinos (figura 10.9).

Capilares venosos o postcapilares

Poseen un diámetro de 8 a 30 μm . Su pared está constituida por endotelio, membrana basal y tejido conjuntivo fino con algunos pericitos. Representan la transición entre los capilares y las vénulas e intervienen en el intercambio de agua y metabolitos.

Venas

Las propiedades estructurales de la pared de las venas dependen también de las condiciones hemodinámicas. La baja presión en ellas y la velocidad disminuida con que circula la sangre, determinan el débil desarrollo de los elementos musculares en las venas. De la misma forma, el desarrollo muscular es desigual y depende de que la sangre circule bajo la acción de la gravedad o en contra de ella. Todo esto determina diferencias estructurales.

Las venas se clasifican en dependencia del calibre del vaso, en: venilla o vénulas, venas de pequeño, mediano y gran calibre.

Vénulas

Poseen un diámetro de 30 a 50 μm que progresivamente se incrementa hasta alcanzar, en las mayores, 300 μm . Se caracterizan por presentar un endotelio continuo y ocasionalmente fenestrado que se apoya en una membrana basal continua y poseer pericitos que se hacen más numerosos en la medida que aumenta de diámetro.

No poseen túnica media. La adventicia es delgada y contiene fibroblastos, macrófagos, plasmocitos y mastocitos. Desempeñan una función importante en el intercambio de lípidos con los tejidos circundantes, sobre todo en la inflamación, ya que son muy lábiles a la histamina, serotonina y bradiquina, las cuales inducen la abertura y el debilitamiento de las uniones de sus endotelios (de tipo ocludens) facilitando la salida de los leucocitos y el plasma en los sitios de inflamación.

Las vénulas de mayor diámetro (más de 50 μm) poseen una capa media compuesta por una o dos capas de células musculares lisas aplanadas. Los endotelios descansan sobre una membrana basal, de sustancia amorfa y una malla delicada de colágeno y fibras elásticas (riñón y bazo). Su adventicia es relativamente gruesa y contiene elementos del tejido conjuntivo, tales como fibroblastos y fibras nerviosas amielínicas. A estas vénulas se les suele denominar vénulas musculares.

Venas de pequeño y mediano calibre

Las venas pequeñas miden aproximadamente de 0,2 a 1 mm de diámetro. La íntima está formada por endotelio y una fina membrana basal, mientras que la media contiene de dos a cuatro capas de fibras elásticas y colágenas. La adventicia posee haces de fibras colágenas y elásticas orientadas longitudinalmente, pocos fibroblastos y macrófagos y vasa vasorum (figura 10.10).

Las de mediano calibre desde 1 hasta 10 mm todas las venas de los órganos y de la parte distal de las extremidades pertenecen a esta categoría. La íntima es delgada al igual que la membrana basal y la capa subendotelial contiene colágeno y fibras elásticas diseminadas. Las venas que conducen sangre en contra de la fuerza de gravedad (en las extremidades inferiores) poseen una capa elástica pobremente definida, y la íntima envía hacia la luz varios pares de pliegues semilunares denominados valvas o válvulas, formadas por un centro de tejido conjuntivo cubierto de endotelio. Estas válvulas poseen márgenes libres dirigidos hacia el corazón y ayudan a evitar el flujo retrógrado en la sangre. La media es más delgada que en las arterias de calibre similar y poseen pocas fibras musculares lisas entretejidas con fibras colágenas y elásticas.

La adventicia es más gruesa que la media y está compuesta por tejido conjuntivo laxo y fibras musculares lisas. Poseen también vasa vasorum (muy abundantes), vasos linfáticos y nervios mielínicos.

Venas de gran calibre

En los humanos estas venas miden de 9 a 19 mm de diámetro (yugular externa, innominada, pulmonar, iliaca externa, renal, adrenal, mesentérica superior, esplénica, portal y vena cava) y sus paredes son extremadamente finas (figura 10.10).

La íntima posee la misma configuración que las de mediano calibre. Las células endoteliales están unidas por dos tipos de uniones: estrechas y espaciadas. La membrana basal es delgada en comparación con el resto de la íntima y poseen una elástica interna fenestrada.

La media es delgada, con muy pocas fibras musculares lisas y tejido conjuntivo laxo y está muy reducida en algunas zonas de la vena cava. Poseen pocas capas de fibras musculares; y la membrana elástica interna esta pobremente definida o está ausente. La adventicia representa la mayor parte de la pared y contiene tejido conjuntivo laxo con haces gruesos de fibras colágenas y elásticas orientados longitudinalmente, fibras musculares lisas, vasa vasorum, linfáticos y un rico plexo nervioso.

Venas especializadas

Las adaptaciones funcionales han provocado un aumento de los elementos estructurales, especialmente en la comparación muscular de algunas venas.; por ejemplo, las venas coronarias tienen los haces musculares de la capa media dispuestos longitudinalmente. En la vena porta existen dos capas musculares, una interna circular y una externa longitudinal.

Las venas de las fosas nasales, el pene y otras poseen esfínteres musculares que regulan el flujo de sangre. En las suprarrenales la íntima está desarrollada a modo de almohadillas que hacen prominencia en la luz.

Anastomosis arteriovenosas

Las anastomosis arteriovenosas son conexiones directas entre las arterias y venas, que posibilitan el paso directo de la sangre sin pasar por los capilares y que son muy abundantes sobre todo en la piel, donde contribuyen a la conservación del calor, ya que estas anastomosis poseen una gran actividad vasomotora y reaccionan a estímulos térmicos, mecánicos y químicos. Según Afanasiev estas anastomosis arteriovenosas pueden clasificarse como músculo epitelioides simples, glomeruliformes y almohadillas de cierre.

Las músculo epitelioides simples parten de la arterias, formando ángulos rectos y tienen una trayectoria en espiral hasta llegar a la vena. Las células musculares se acortan y

redondean tomando un aspecto epitelial, de ahí su nombre de epitelioideas. En la glomeruliformes o glomus las arterias se dividen en dos a cuatro ramas antes de llegar a la vena; todas las ramas están rodeadas por una vaina común de tejido conjuntivo. Presentan también carácter epitelioide en la musculatura.

Este grupo de anastomosis arteriovenosa es frecuente en la piel de los extremos de los dedos.

El tipo de anastomosis almohadillas en cierre se caracteriza por tener una capa muscular desarrollada en disposición longitudinal en el subendotelio de la íntima. Esta capa puede rodear la luz del vaso y disponerse en "parches" o "almohadillas". Se encuentran en pleura, pulmones, diafragma y mesenterio.

Resumiendo, la función de las anastomosis arteriovenosas es servir como grifos o llaves específicas del torrente vascular y desempeñan una función importante en los mecanismos compensatorios relacionados con los espasmos capilares provocados por factores mecánicos.

En el cuadro 8 se exponen las características mas notables de los diferentes segmentos y tejidos del sistema cardiovascular y sus funciones.

Vasa vasorum

Durante el desarrollo del capítulo nos hemos referido a los *vasa vasorum*. Las arterias de diámetro mayor que 1 mm poseen en sus paredes vasos nutrientes o vasa vasorum (vasos de los vasos). Ellos penetran hasta la región profunda de la capa media.

La íntima y parte de la túnica media se nutren por difusión de sustancias de la luz del vaso.

En las venas, por contener sangre poco oxigenada, los *vasa vasorum* abastecen de sangre a las tres capas de la pared.

En las paredes de los vasos también encontramos nervios, los cuales pueden ser de dos tipos: mielínicos y amielínicos.

Las fibras mielínicas se relacionan con las fibras musculares lisas de la capa media y las mielínicas pueden ser sensoriales o motoras.

El cuadro 9 establece las diferencias entre las venas y las arterias de mediano calibre.

Cuadro 9

Venas	Arterias
Tienen diámetro y luz total mayores	Tienen diámetros y luz total menores
Sus paredes son más delgadas	Sus paredes son más gruesas
Suelen presentar capilares de baja presión en sus paredes	Las partes internas de sus paredes no contienen capilares de baja presión
Presentan capilares linfáticos en sus paredes	No hay capilares linfáticos en las capas internas de sus paredes
Las células de sus paredes se nutren por difusión, la cual se efectúa a corta distancia a partir de los <i>vasa vasorum</i> -	Las células de sus paredes se nutren por difusión, la cual opera a larga distancia desde la sangre que hay en la luz y los <i>vasa vasorum</i>
La íntima es relativamente delgada	La íntima es más gruesa
La media es generalmente una capa muscular	La media es relativamente más gruesa

delgada

La lámina elástica interna y externa están poco desarrolladas

La adventicia es la capa más gruesa de la pared, compuesta principalmente por fibras.

La pared de las venas de los miembros inferiores presenta válvulas que evitan la circulación retrógrada.

Su estructura es poco constante, hay variaciones en relación con las localizaciones. Sus paredes delgadas sufren colapso *postmortem* si de ellas escapa la sangre, por lo que en los cortes su luz se observa irregular.

La lámina elástica interna y externa están más desarrolladas

La adventicia tiene la mitad del grosor de la media y es rica en fibras elásticas. colágenas

No tienen válvulas.

Su estructura es bastante constante

Sus paredes no se colapsan, su luz es más regular.

CORRELACION HISTOFISIOLOGICA EN EL SISTEMA CARDIOVASCULAR

El sistema cardiovascular presenta un patrón estructural que incluye tres capas de tunicas concéntricas. Las propiedades estructurales (calibre y constitución histológica) que caracterizan a cada uno de los elementos que integran el sistema, depende de las condiciones hemodinámicas de la circulación sanguínea. De ahí que varíen mucho de una región a otra del sistema.

El corazón, cuya función es impulsar rítmicamente la sangre, tiene una gruesa capa muscular que realiza esa función. El segmento arterial que le continúa entre sus funciones, adecuar la presión con que la sangre sale del corazón, y a la vez, regular la cantidad de sangre que llega a la periferia.

Debido a esto, en la primera porción de su trayecto y en su pared predominan las fibras elásticas que pueden resistir gran des presiones.

En la medida que estos vasos arteriales se alejan del corazón disminuyen de calibre y son del tipo muscular, para mantener la circulación y llevar la sangre a los diferentes órganos de nuestra economía. Las arteriolas por las características de su pared y su diámetro menor de 100µm actúan como reguladoras por excelencia de la presión sanguínea de todo el sistema arterial y que la sangre llegue con poca presión al lecho capilar.

Los capilares son las estructuras donde se efectúa el intercambio transcelular de líquidos, gases y nutrientes; presentan una pared muy fina, prácticamente reducida al endotelio y a la membrana basal.

Cuando el intercambio lo exige, por tratarse de macromoléculas, sus paredes son fenestradas (capilares tipo II) o discontinuas (sinusoides).

Las venas realizan una función más pasiva, pues garantizan el retorno de la sangre al corazón, por lo que su pared es de menor consistencia y está formada fundamentalmente por elementos conjuntivos.

Por tanto podemos precisar que el sistema cardiovascular presenta un patrón estructural general, en el cual existen dos elementos constantes, el endotelio y la membrana basal, las características histológicas de cada una de las capas restantes varían de acuerdo a las exigencias fisiológicas, las que condicionan la complicación o simplificación estructural en las diferentes partes del sistema.