Unidad 4

Aparato circulatorio

Objetivos

Al finalizar la unidad, el alumno:

- Identificará los órganos que constituyen el aparato circulatorio y el sistema linfático.
- Conocerá los componentes del tejido sanguíneo.
- Diferenciará la circulación mayor de la menor, así como sus principales funciones.
- Conocerá los principios de higiene del aparato circulatorio.
- Comprenderá la necesidad de ejercicio y una dieta equilibrada para el buen funcionamiento del aparato circulatorio.

Introducción

Todos los seres pluricelulares necesitan un mecanismo que les permita realizar con eficacia y rapidez la distribución hacia las células, tejidos y órganos, de oxígeno, sustancias nutritivas, hormonas, anticuerpos y otras moléculas fundamentales. Este mecanismo de distribución tiene como finalidad proporcionar el oxígeno y los nutrientes necesarios para que se realicen las funciones vitales de los seres pluricelulares y extraer, de sus lugares de producción, el dióxido de carbono y otros productos metabólicos de desecho, transportándolos hacia los órganos de excreción para su posterior eliminación. En la especie humana, el conjunto de órganos encargados de realizar estas funciones integra el aparato circulatorio.

El aparato circulatorio está relacionado directamente con:

1. El aparato digestivo, que realiza la absorción de las sustancias nutritivas.
2. El aparato respiratorio, el cual permite el acceso de oxígeno y la expulsión de dióxido de carbono.
3. El aparato urinario, a través del cual se excretan los productos metabólicos de desecho y se regula la cantidad de agua y electrolitos del medio interno.

El aparato circulatorio realiza las funciones mencionadas mediante una serie de órganos y estructuras: corazón, vasos sanguíneos arteriales y venosos, y vasos linfáticos, utilizando como vías de transporte la sangre y el líquido linfático (linfa), respectivamente.

Todas las células del organismo tienen acceso, a través del líquido intersticial, al contenido de los vasos sanguíneos, y la supervivencia de estas células depende de que la circulación sanguínea sea adecuada y eficiente.

4.1. Estructura general del aparato circulatorio

El aparato circulatorio está constituido por un conjunto de órganos y estructuras que se agrupan en:

1. El **aparato circulatorio sanguíneo**, encargado del transporte de la sangre. Está formado por el corazón, las arterias, los capilares y las venas (figura 4.1). El corazón es el centro del sistema circulatorio.
2. El **aparato circulatorio linfático**, a través del cual circula la linfa. Lo constituyen los vasos capilares y los linfáticos (figura 4.1).

Relacionado con los vasos linfáticos desempeña su función un conjunto de órganos y estructuras: los **ganglios linfáticos** (**linfonodos**), el bazo, el timo, las amígdalas y las placas de Peyer (asociación de folículos linfáticos situados en el intestino).

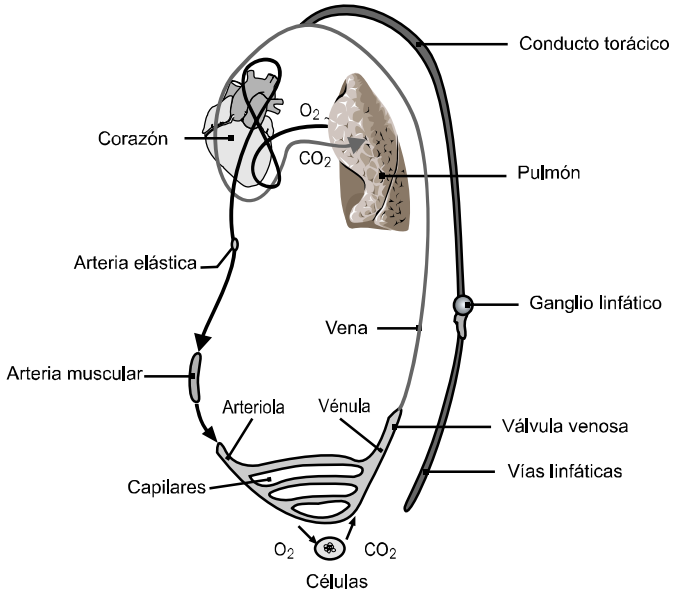

Figura 4.1 Esquema general del aparato circulatorio.

4.1.1. Aparato circulatorio sanguíneo. Principales componentes

El aparato cardiovascular (aparato circulatorio sanguíneo) está integrado por un órgano central: el corazón, impulsor de la sangre hacia un conjunto de conductos: los vasos sanguíneos arteriales y los vasos sanguíneos venosos, que se ramifican y distribuyen en todo el organismo (figura 4.2).

1. **Vasos sanguíneos arteriales**: arterias, arteriolas y capilares, conducen la sangre oxigenada hacia las células y tejidos.
2. **Vasos sanguíneos venosos**: vénulas y venas, encargados de transportar la sangre no oxigenada hacia el corazón.

El término **cardio** *se refiere al corazón y el término* **vasculare** *se refiere a los vasos sanguíneos.*

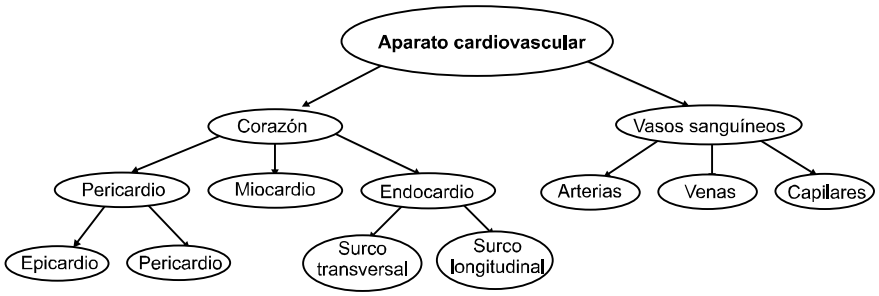

Figura 4.2 Esquema que representa los elementos estructurales del aparato cardiovascular (aparato circulatorio sanguíneo).

El corazón

¿Cuáles son las características generales del corazón?

El corazón es un órgano impar, situado en el plano superior inmediato al diafragma cerca de la línea media del tórax, el extremo puntiagudo es el vértice y está dirigido hacia la izquierda (figura 4.3). Aproximadamente dos tercios del corazón se sitúan a la izquierda de la línea media del cuerpo humano, en la cavidad que forma el pulmón izquierdo (escotadura cardiaca). La punta del corazón descansa en el diafragma. La posición del corazón se mantiene gracias a los grandes vasos que salen de él (arterias aorta y pulmonar) y el saco conjuntivo fibroso que lo envuelve, llamado **pericardio**.

El corazón posee un color rojo oscuro. En el individuo adulto tiene el tamaño de un puño cerrado (mide de 10 a 12 centímetros de ancho y de 5 a 6 centímetros en el vértice. Pesa aproximadamente unos 300 gramos).

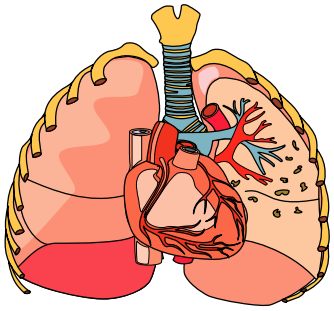

Figura 4.3 Representación del corazón y su relación con los órganos de la cavidad torácica.

El corazón está constituido por tres componentes: el pericardio, el miocardio y el endocardio.

1. **Pericardio**. Bolsa formada por tejido conjuntivo fibroso denso, resistente y de color blanquecino-transparente que alberga el corazón (figura 4.4 a).

2. **Miocardio**. Masa de tejido muscular cardiaco que forma la parte principal del corazón, dispuesto en forma de fibras. Las fibras se anastomosan entre sí, es decir, los extremos de una fibra se pueden unir con los extremos de otras fibras vecinas, constituyendo así una red muscular que de manera anatómica y funcional se contrae rítmicamente sin el control de la voluntad.

   El miocardio, exteriormente, tiene dos surcos: uno transversal o **surco atrioventricular** y otro longitudinal o **surco interventricular** (figura 4.4 b). En ellos se alojan las arterias y venas coronarias, y los nervios del corazón. Los surcos dividen el miocardio en cuatro superficies: dos superiores, irregulares, y dos inferiores, más grandes y lisas. Las cuatro superficies del miocardio corresponden con las cuatro cavidades que existen en el interior del corazón, separadas entre sí por tabiques. Las dos cavidades superiores del miocardio son las aurículas o atrios, separadas ente sí por el tabique interauricular o interatrial; y las dos inferiores son los ventrículos, divididos por el tabique interventricular (figura 4.5).

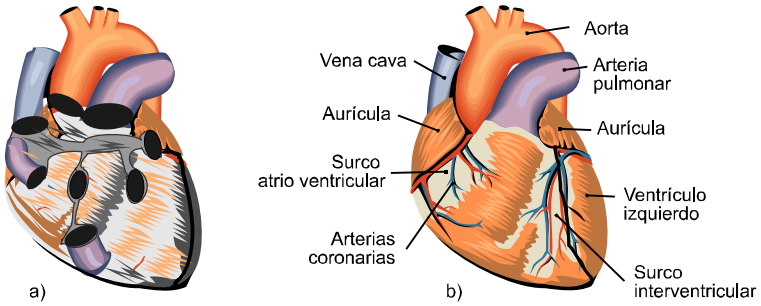

Figura 4.4 Esquema que representa: a) pericardio con los grandes vasos, b) vista superficial del corazón anterior.

Las **aurículas** o **atrios** son estructuras con superficie irregular y paredes delgadas; por su posición se denominan derecha e izquierda. Los ventrículos tienen sus paredes gruesas; particularmente el izquierdo. Externamente sus superficies son lisas y en su parte interna son irregulares. La punta del corazón corresponde únicamente con el ventrículo izquierdo (figura 4.5).

Las aurículas no se comunican entre sí por la presencia del tabique interauricular, tampoco ocurre con los ventrículos, debido al tabique interventricular. Las aurículas se comunican con los ventrículos correspondientes a través de los orificios auriculoventriculares derecho e izquierdo. Por esta razón, en el corazón humano existen dos compartimentos: uno formado por la aurícula y el ventrículo derechos, denominado corazón derecho (figura 4.5 a), y otro formado por la aurícula y el ventrículo izquierdos, conocido como corazón izquierdo (figura 4.5 b).

Los orificios auriculoventriculares, derecho e izquierdo, están cubiertos por membranas de tejido conjuntivo de forma triangular (**valvas**), cuya base se inserta alrededor de los orificios y el vértice se dirige hacia el ventrículo correspondiente. Las membranas o valvas, en conjunto, se conocen con el nombre de **válvulas cardiacas** (figura 4.6); regulan el paso de la sangre: se abren cuando el corazón está relajado (**diástole**) y se cierran cuando el corazón se contrae (**sístole**).

La válvula del ventrículo derecho está formada por tres membranas, y se le denomina válvula tricúspide. A la del ventrículo izquierdo la integran sólo dos, y se llama válvula bicúspide o mitral (figura 4.6).

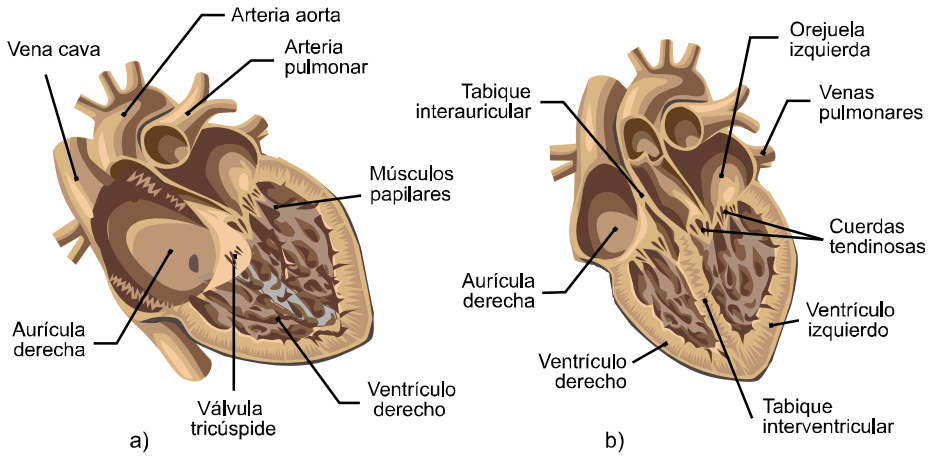

Figura 4.5 Vista del interior del corazón: a) aurícula y ventrículo derechos, b) aurícula y ventrículo izquierdos.

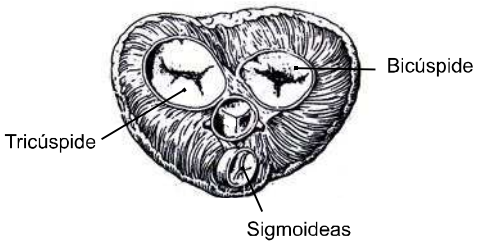

Figura 4.6 Vista de las válvulas del corazón desde el interior de los ventrículos.

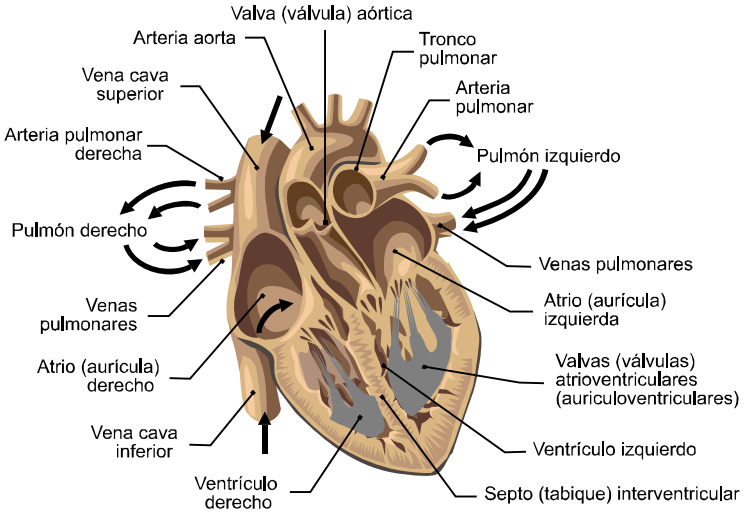

Figura 4.7 Vista del corazón con los componentes vasculares que entran y salen de él.

¿A través de qué estructuras se comunican las aurículas y los ventrículos correspondientes? ¿Cómo están constituidas estas estructuras?

Los ventrículos poseen orificios de donde nacen vasos arteriales. La arteria que se origina en el ventrículo izquierdo es la aorta, y la que nace del ventrículo derecho es la pulmonar. Los orificios antes citados están cerrados por válvulas llamadas sigmoideas o sigmoides; cada una de ellas está formada por tres membranas, cuya forma semeja un nido de golondrinas y se insertan en los orificios arteriales (figura 4.6). Las paredes de las aurículas tienen orificios donde llegan grandes venas que llevan sangre hacia el corazón. Estos orificios auriculares carecen de válvulas. En la aurícula izquierda desembocan las cuatro venas pulmonares (dos de cada pulmón), y en la aurícula derecha las venas cava inferior, cava superior y el seno coronario (figuras 4.5 y 4.7).

3. **Endocardio**. Es la capa interna del corazón, una membrana delgada y transparente formada por epitelio plano simple (**endotelio**) en contacto directo con la sangre. Por debajo de él se sitúa el tejido conectivo laxo que se relaciona estrechamente con el miocardio. El endocardio recubre todas las cavidades cardiacas, tabiques y válvulas.

Sistema de conducción autónomo del corazón

En el miocardio existen haces de fibras musculares cardiacas especializados en la conducción de impulsos nerviosos que se encargan de regular y coordinar el funcionamiento automático del corazón (automatismo). Aunque el corazón se contrae de modo automático y rítmico, su frecuencia y volumen por latido son regulados por dos grupos de fibras nerviosas: uno corresponde al sistema parasimpático y el otro al sistema simpático.

Las fibras musculares cardiacas, autoexcitables en conjunto, reciben el nombre de sistema de **conducción autónomo del corazón** (figura 4.8), el cual funciona como marcapasos, regulando el ritmo de las contracciones cardiacas, que son modificadas por los impulsos nerviosos enviados por los centros cardiorreguladores del cerebro.

El sistema de conducción autónomo del corazón está integrado por:

1. El **nodo senoatrial** o **sinusal** (**SA**), conocido también con el nombre de **marcapaso**, se localiza en la pared posterior de la aurícula derecha, cerca de la desembocadura de la vena cava superior (figura 4.8). Este nodo inicia cada contracción y establece un paso básico para el ritmo del corazón, generando impulsos de contracción con una velocidad de 70 veces por minuto.

¿Cómo está constituido anatómicamente el sistema de conducción autónomo del corazón?

2. El **nodo atrioventricular** o **auriculoventricular** (AV), situado en la pared derecha del tabique auriculoventricular, constituye el único puente de conducción entre la musculatura auricular y la ventricular.
3. El **nodo interventricular** o **haz de His**, se localiza en la parte superior del tabique interventricular, el cual recorre dividiéndose en dos ramas: derecha e izquierda y, a la mitad de este tabique, las dos ramas del haz se convierten en fascículos de fibras musculares anchas y gruesas que conducen impulsos con rapidez.

4. Las **fibras de Purkinje**, que son resultado de la división del haz de His en fascículos derecho e izquierdo, se caracterizan porque son de mayor diámetro que las normales del miocardio, y porque durante su recorrido pasan por debajo del endocardio del tabique y de los dos ventrículos, para luego introducirse en la masa miocárdica, y ponerse en contacto con los haces de fibras musculares cardiacas (figura 4.8).

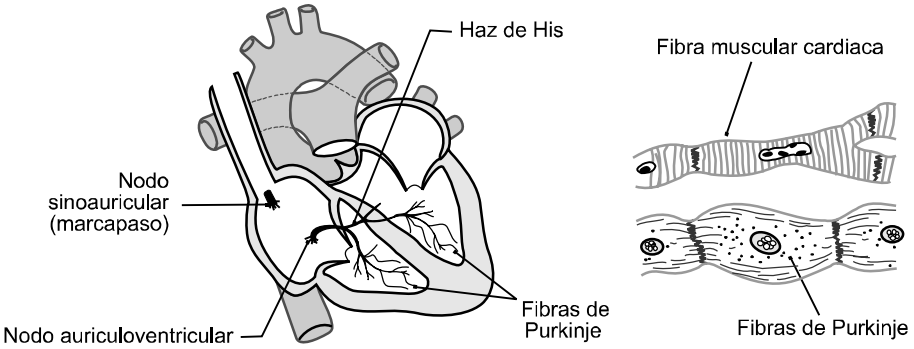

Figura 4.8 Esquema del sistema de conducción autónomo del corazón.

Función del corazón

La principal función del corazón es impulsar la sangre, lo que se logra debido al aumento de presión que se genera dentro de los ventrículos que hace que la sangre sea expulsada hacia las grandes arterias elásticas (aorta y pulmonar) y luego hacia los vasos de menor calibre, que la distribuyen hacia los tejidos. La arteria aorta inicia la circulación mayor o nutricia, y la arteria pulmonar la circulación menor o de oxigenación.

Las paredes musculares del corazón se contraen y relajan en forma rítmica, automática e involuntaria, recibiendo y expeliendo sangre continuamente. La aurícula derecha se llena de sangre a través de las venas cavas y la aurícula izquierda de las venas pulmonares y ambas la envían por los orificios y válvulas auriculoventriculares hacia los ventrículos correspondientes. Cuando los ventrículos se contraen, las válvulas auriculoventriculares se cierran para impedir el retorno de la sangre hacia las aurículas, y las válvulas sigmoideas se abren permitiendo el paso de sangre hacia las arterias.

Ejercicio 1

1. Menciona tres funciones del aparato circulatorio:

_____

_____.

2. El corazón se localiza:

a) En la cavidad abdominal.
b) En el lado derecho del tórax.
c) Debajo del músculo diafragmático.
d) En la parte media del tórax.

3. Son vasos relacionados directamente con el corazón:

a) Arteria axilar y vena pulmonar.
b) Vena cava superior y arteria femoral.
c) Arteria aorta y vena yugular.
d) Arteria aorta y vena cava superior.

4. Es componente del sistema autónomo del corazón, excepto:

a) Fibras de Purkinje.
b) Nodo interarterial.
c) Nodo sinusal.
d) Haz de His.

Vasos sanguíneos

Los vasos sanguíneos forman una red tubular que lleva sangre lejos del corazón, la transportan hacia los tejidos y las células y luego la regresan al corazón (figura 4.9).

Existen tres tipos de vasos sanguíneos:

¿Cuál es la función de cada uno de los diferentes vasos sanguíneos?

1. **Arterias**, encargadas de conducir la sangre que sale del corazón.
2. **Venas**, retornan la sangre al corazón.
3. **Capilares**, los cuales conectan las ramificaciones arteriales con las venosas. A través de ellos se efectúa el intercambio de sustancias contenidas en la sangre y en las células.

El flujo sanguíneo se puede observar en el siguiente esquema:

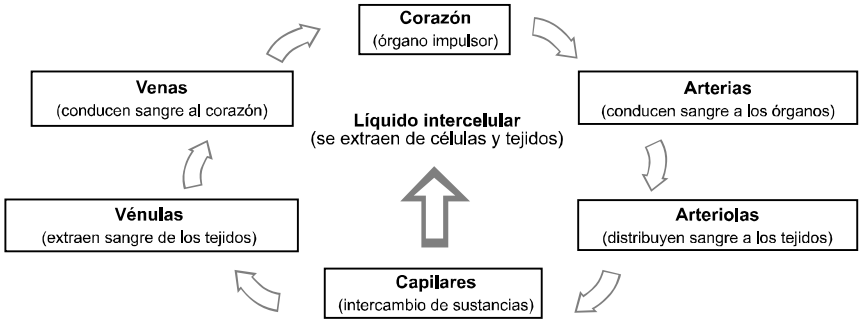

Figura 4.9 Esquema que representa el ciclo de la circulación sanguínea.

Arterias

Las arterias son vasos sanguíneos cuyas paredes son más gruesas que los otros vasos. Tienen dos propiedades principales: elasticidad y contractibilidad, lo que permite que se dilaten (vasodilatación) o contraigan (vasoconstricción). Asimismo, en caso de hemorragias, permite el espasmo muscular como función interruptora de la hemorragia. Las arterias se ramifican continuamente, y por la distribución que adoptan son semejantes a un árbol cuyo tronco lo forma la arteria aorta.

Las propiedades principales de las arterias son: elasticidad y contractibilidad.

Los tipos de arterias se designan según el tamaño y el tipo de tejido que forma la capa media:

a) **Arterias de gran calibre**, **elásticas o de conducción**: se denominan así porque conducen la sangre del corazón hacia las arterias musculares de tamaño medio; el ejemplo principal lo constituye la arteria aorta.
b) **Arterias medianas**, **musculares** o **de distribución**: son las encargadas de irrigar determinadas estructuras y órganos; como ejemplo tenemos las arterias axilar, femoral, o aquellas que penetran en los órganos, como la renal, la ovárica, etcétera.

¿Cómo se clasifican los vasos sanguíneos?

Las arterias musculares continúan ramificándose en ramas de calibre más pequeño para transformarse en:

- Arteriolas: vasos sanguíneos de calibre angosto (0.5 mm de diámetro, aproximadamente) (figura 4.10).
- Capilares: las arteriolas se ramifican y disminuyen de calibre, constituyendo de esta manera los capilares, los cuales son vasos sanguíneos que forman una red vascular abundante y profusa (figura 4.10); su calibre es sumamente reducido, la mayoría de ellos alcanza un diámetro ligeramente superior al de un eritrocito.

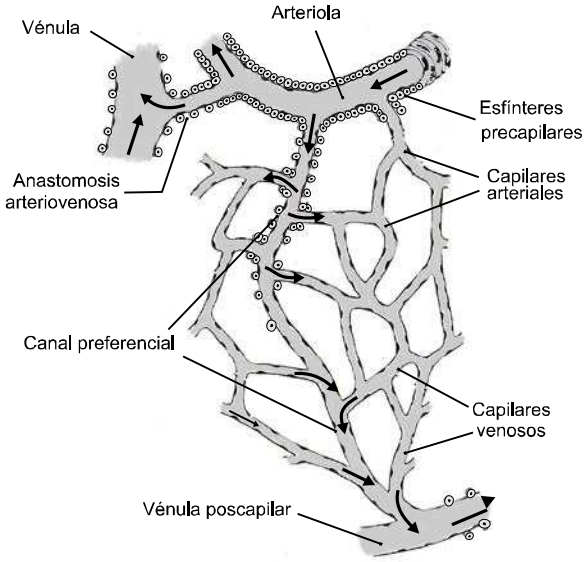

Figura 4.10 Esquema que representa la circulación sanguínea capilar.

Los capilares son considerados los integrantes más importantes del árbol circulatorio, pues funcionalmente, a través de sus paredes, se realiza el intercambio de sustancias nutritivas, gases y productos de desecho del metabolismo, entre la sangre y las células del organismo.

Principales arterias del cuerpo humano

Las principales arterias del cuerpo humano (figura 4.11) son:

¿Cómo se produce la ramificación de la arteria pulmonar?

a) La **arteria pulmonar**, que nace del ventrículo derecho y después de un corto recorrido emite dos ramas, derecha e izquierda, éstas continúan ramificándose, acompañando las bifurcaciones de bronquios y bronquiolos hasta generar, en el nivel de los alvéolos pulmonares, los capilares alveolares.

b) La **arteria aorta** es el tronco arterial más grueso de todo el organismo, tiene un diámetro de 2.5 cm en su nacimiento, se origina en el ventrículo izquierdo y se dirige, en línea recta hacia arriba, formando la aorta ascendente, luego se curva constituyendo el cayado de la aorta, después desciende verticalmente para formar la aorta descendente, que discurre por detrás del corazón y atraviesa el diafragma para continuar como la aorta abdominal hasta llegar a la región pélvica (figura 4.12).

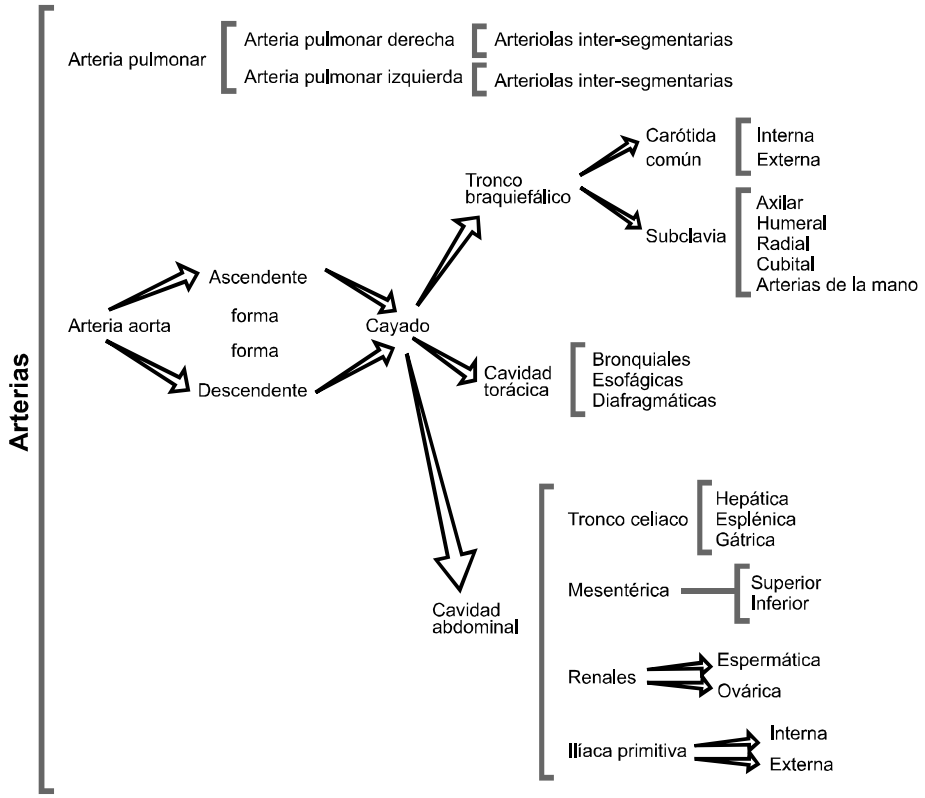

Figura 4.11 Principales arterias del cuerpo humano.

Ramas colaterales de la arteria aorta

La aorta ascendente emite las arterias coronarias, encargadas de nutrir las paredes musculares del corazón. El arco o cayado de la aorta origina:

- A la derecha, el tronco braquiocefálico, que se subdivide a su vez en la carótida común derecha y la subclavia derecha; la carótida común derecha asciende por el lado derecho del cuello y se bifurca en la carótida interna y en la externa.
- La subclavia derecha pasa por debajo de la clavícula, se dirige hacia la axila con el nombre de arteria axilar, continúa hacia el brazo donde se denomina arteria humeral, y al llegar al codo se bifurca en dos ramas: las arterias radial y cubital, relacionadas con los huesos del antebrazo; estas dos arterias se subdividen para constituir las arterias de la mano.
- Del lado izquierdo del cayado de la aorta se origina la arteria carótida primitiva izquierda y la subclavia izquierda, ambas se ramifican y realizan un recorrido similar al de las arterias del lado derecho.

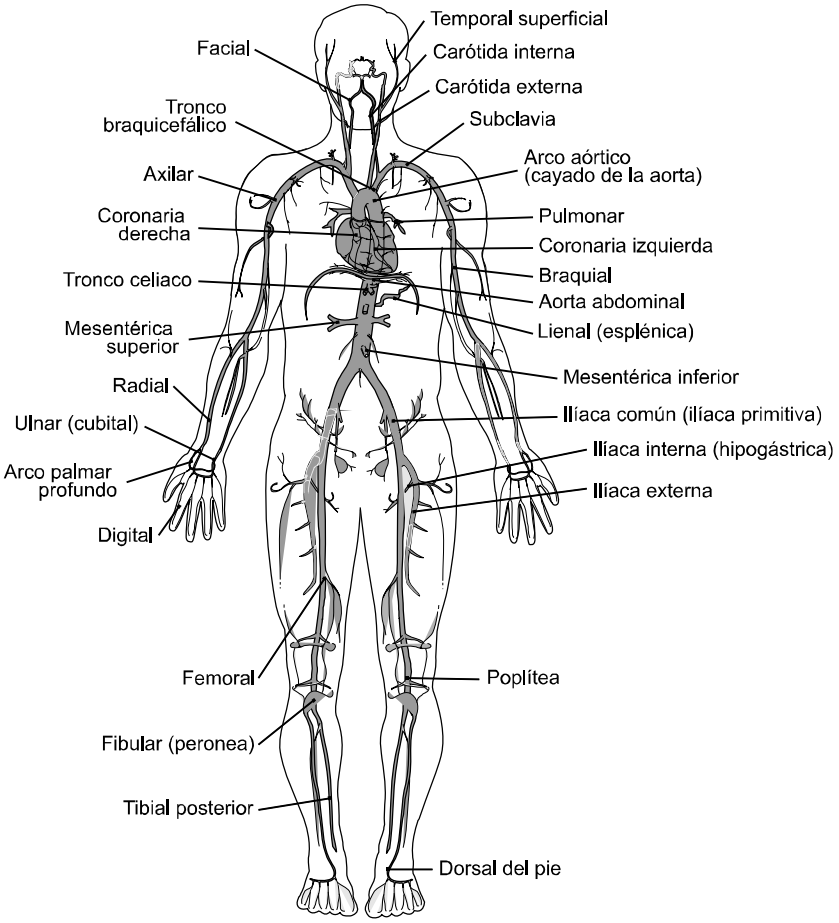

Figura 4.12 Representación anatómica de las principales arterias del cuerpo humano.

En la cavidad torácica, la aorta descendente origina:

- Las arterias bronquiales (nutricias), que irrigan los bronquios y el parénquima pulmonar.
- Las arterias esofágicas y diafragmáticas, que irrigan respectivamente al esófago, el diafragma y las paredes de la cavidad torácica.

En la cavidad abdominal, la aorta descendente origina:

¿Cuáles son las ramificaciones del tronco celiaco?

- El tronco celiaco, vaso arterial grueso que se subdivide a su vez en tres ramas: 1) la arteria hepática, que se dirige e irriga el hígado, 2) la arteria esplénica, que irriga el bazo, y 3) la arteria gástrica, que nutre el estómago.
- La arteria mesentérica superior, encargada de irrigar el mesenterio y los intestinos delgado y grueso.
- La arteria mesentérica inferior, que conduce la sangre hacia una porción del colon y el recto.
- Las arterias renales, que se introducen en los riñones.

En la cavidad pélvica, la aorta descendente o abdominal se bifurca y origina las arterias ilíacas primitivas. Éstas se dividen en dos ramas:

- La arteria ilíaca interna, que irriga los diferentes órganos de la pelvis.
- La arteria ilíaca externa, que se dirige hacia los miembros inferiores.

En el muslo, la arteria ilíaca externa recibe el nombre de femoral; continúa en la rodilla y se denomina arteria poplítea, la cual es la encargada de la irrigación de la pierna. En el nivel del tobillo forma la arteria pedia, que se ramifica en las arterias del pie.

Venas

Las **venas** se caracterizan porque sus paredes son más delgadas. Se diferencian de las arterias en que tienen un diámetro mayor.

La presión de la sangre en las venas es baja, la sangre retorna al corazón por la presión que ejerce en sus paredes la contracción de los músculos, especialmente los de las extremidades. Las porciones terminales de los capilares se unen para formar las vénulas y éstas confluyen entre sí para constituir las venas medianas, que dan origen a las venas grandes.

Principales venas del cuerpo humano

Existen dos grandes sistemas venosos que se encargan de recoger la sangre de todo el cuerpo humano y la transportan hacia el corazón:

a) **Sistema venoso pulmonar**: la reunión de los capilares pulmonares origina las vénulas que acompañan en sentido inverso a las arteriolas; las vénulas se reúnen y constituyen las venas pulmonares en número de cuatro, dos para cada pulmón, desembocando en la aurícula izquierda; las venas pulmonares son las únicas venas posnatales que llevan sangre oxigenada.
b) **Sistema venoso corporal**: todos los otros capilares del cuerpo se reúnen en vénulas que luego originan venas que siguen un trayecto similar al de las ramificaciones arteriales, pero ahora en sentido inverso; terminan por desembocar en dos gruesos troncos venosos, llamados **vena cava superior** y **vena cava inferior** (figura 4.13), los cuales vierten la sangre en la parte superior e inferior de la aurícula derecha; en esta aurícula desemboca también el seno coronario, que recoge sangre de todo el músculo cardiaco.

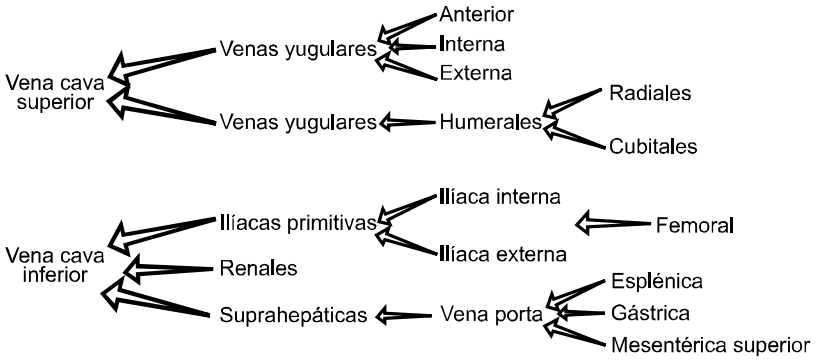

Figura 4.13 Esquema de las principales venas del cuerpo humano.

La vena cava superior se origina de los dos troncos venosos braquicefálicos, derecho e izquierdo. Cada uno de los cuales proviene, a su vez, de las venas yugular y subclavia. Estas venas yugulares recogen la sangre de la cabeza (figura 4.14). Las venas de la mano se unen y forman las venas radial y cubital, las cuales también se unen y forman la vena humeral, que continúa como vena subclavia; esto ocurre en ambos brazos.

La vena cava inferior asciende por el lado derecho de la columna vertebral y atraviesa el diafragma para penetrar en el tórax. Se origina por la reunión de varias venas, las principales son: las dos venas ilíacas primitivas, las dos renales y las suprahepáticas.

Cada vena ilíaca primitiva procede de la unión de la vena ilíaca interna y la vena ilíaca externa. La primera recoge la sangre de algunos órganos de la pélvis, y la segunda es originada por la vena femoral, la que a su vez proviene de las venas poplíteas, y éstas de las venas del pie. Las venas superficiales del pie y de la pierna se reúnen y forman las dos venas safenas que desembocan en la vena poplítea o femoral.

¿Cómo se forma la vena porta?

La vena porta está constituida por la reunión de las venas esplénica, gástrica y mesentérica superior, y penetra en el hígado, donde se divide en numerosos capilares. Después, forma las venas suprahepáticas (sistema porta) que salen del hígado y desembocan en la vena cava inferior.

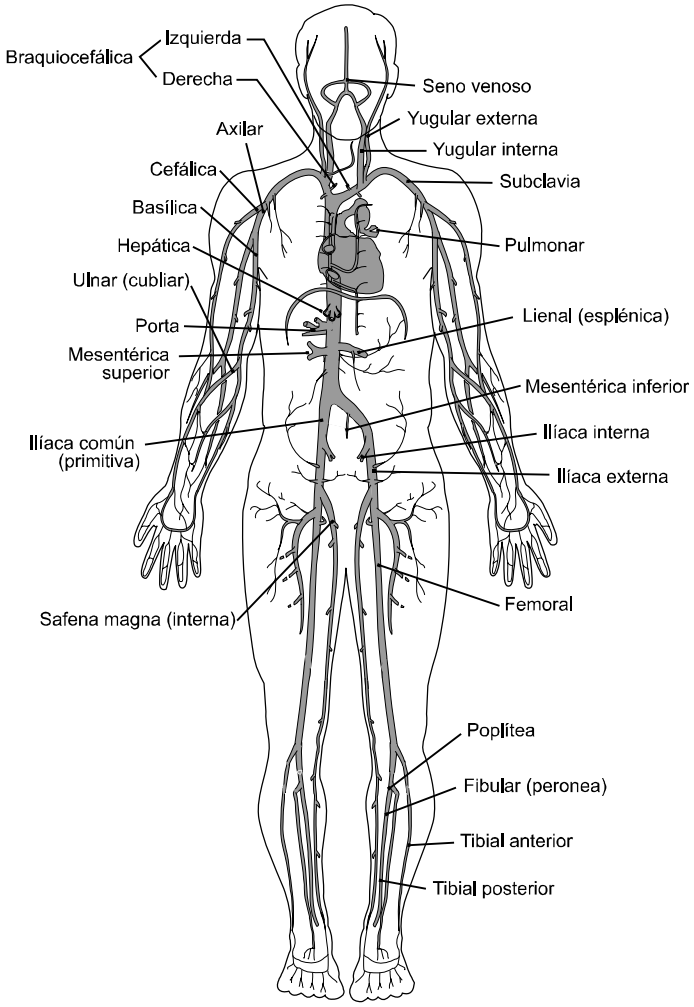

Figura 4.14 Representación anatómica de las principales venas del cuerpo humano.

Ejercicio 2

1. Las venas se diferencian de las arterias por:

a) Ser de mayor calibre.
b) Transportar sangre hacia los tejidos.
c) Ser de mayor desarrollo.
d) Tienen gránulos en su capa interna.

2. ¿En qué parte del aparato circulatorio se lleva a cabo el intercambio de sustancias entre las células del organismo y la sangre? _____.

3. La arteria aorta nace de:

a) Ventrículo derecho.
b) Aurícula izquierda.
c) Ventrículo izquierdo.
d) Aurícula derecha.

4. Es la única vena posnatal que lleva sangre oxigenada:

a) Vena ilíaca.
b) Vena axilar.
c) Vena femoral.
d) Venas pulmonares.

Sangre o tejido sanguíneo. Componentes de la sangre

¿Por qué se afirma que la sangre es un tejido conectivo?

La **sangre**, llamada también **tejido sanguíneo**, es un tejido conectivo especializado. Aunque en sentido estricto no contribuye a unir físicamente un tejido con otro, sí los relaciona, pues transporta una serie de sustancias de un tejido a otro. A través de una extensa e intrincada red de vasos que constituyen el aparato circulatorio sanguíneo.

La sangre es un tejido que se caracteriza por tener consistencia líquida. Tiene un color rojo brillante en el interior de las arterias y rojo oscuro cuando circula por las venas. El color rojo brillante de la sangre arterial se debe a la cantidad de oxígeno que transporta. Su consistencia es densa y viscosa. Es 4 a 5 veces más viscosa que el agua. Posee un olor sui generis. El sabor es ligeramente salado. La cantidad de sangre de un individuo se calcula en 8% del peso corporal.

Está compuesta por el plasma, que es una sustancia intercelular líquida, así como por un conjunto de células que se encuentran suspendidas en él. La mayor parte de las células de la sangre migran de los vasos sanguíneos hacia el espacio intercelular del tejido conectivo y allí ejercen sus funciones (figura 4.15).

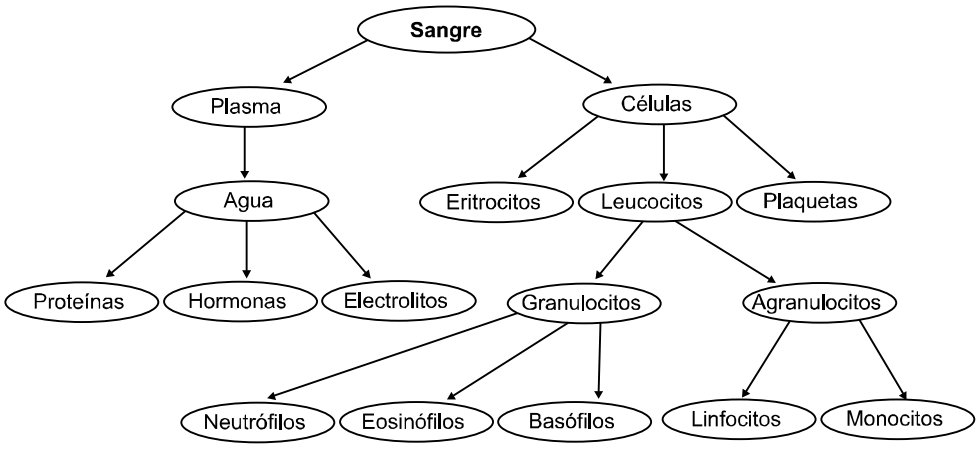

Figura 4.15 Representación esquemática de los componentes de la sangre.

Plasma sanguíneo

El plasma sanguíneo es la sustancia intercelular de la sangre. Comprende 55% del volumen total de la sangre. Es de un color ambarino claro, con un pH ligeramente alcalino con valores de 7.3 a 7.4. El plasma sanguíneo está constituido por las siguientes sustancias inorgánicas y orgánicas:

a) **Sustancias inorgánicas**: agua y sales (denominadas también electrolitos, cloruro de sodio, bicarbonato, cloro, sodio, potasio, calcio).
b) **Sustancias orgánicas**: proteínas plasmáticas (albúmina, globulina, fribrinógeno); sustancias nutritivas (aminoácidos, glucosa, ácidos grasos, glicerol (grasas neutras) y vitaminas); **gases** (oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno); productos del metabdismo de las proteínas (ácido úrico, urea, creatinina); hormonas (sustancias secretadas por las glándulas endócrinas, utilizan la sangre como medio para ser transportadas y llegar rápidamente a los órganos donde ejercerán su acción), y anticuerpos (sustancias proteínicas que neutralizan y destruyen los agentes extraños causantes de daños en el organismo, por ejemplo, bacterias y virus).

¿Qué sustancias se conocen como productos del metabolismo de las proteínas?

Células de la sangre

Las células de la sangre y estructuras similares son: los glóbulos rojos (eritrocitos o hematíes), los glóbulos blancos (leucocitos) y las plaquetas.

a) **Glóbulos rojos, hematíes o eritrocitos**: estas células, en el microscopio, se observan como discos bicóncavos (figura 4.16), tienen un diámetro de 7.5 micrómetros aproximadamente, están constituidos por una membrana celular, agua y un pigmento denominado hemoglobina que es el encargado de transportar oxígeno y dióxido de carbono.

¿Qué características morfológicas presentan los eritrocitos?

En el varón existen de 5 a 5.5 millones de eritrocitos por mililitro de sangre, y 4.5 millones en la mujer. El volumen que tienen los eritrocitos en la sangre es de 44%. Su vida útil es de 100-120 días, después son destruidos por células especializadas que forman parte del bazo. La formación de eritrocitos (hematopoyesis) se realiza en la médula ósea, órgano situado en el interior del tejido óseo. La disminución en el número normal de eritrocitos o la proporción o cantidad de hemoglobina se conoce con el nombre de anemia.

Poseen varias funciones, pero la principal y más importante es la de transportar oxígeno de los pulmones a las células y tejidos; también colaboran en mantener el pH sanguíneo y la viscosidad de la sangre.

Figura 4.16 Eritrocitos: a) vista frontal, b) de perfil.

b) **Glóbulos blancos o leucocitos**: son células que, cuando están suspendidas en el plasma sanguíneo, tienen forma esférica que suele modificarse cuando salen hacia el torrente circulatorio y ejercen sus funciones en el tejido intersticial; a diferencia de los eritrocitos, sí poseen núcleo y una serie de organelos citoplasmáticos. Se les conoce también como glóbulos blancos porque carecen de pigmentos. Cuando están agrupados, exhiben un color blanquecino cremoso.

El número de leucocitos que existe es de 5 000 a 9 000 células por mililitro de sangre. Se originan en la médula ósea, pero algunos de ellos, como los linfocitos, adquieren su capacidad funcional en el bazo, el timo, los ganglios linfáticos, las amígdalas y los folículos linfáticos. El número de leucocitos puede aumentar en las enfermedades infecciosas porque su función es ser un medio de defensa para el organismo, dicho incremento es un signo evidente de infección que ayuda al médico en el diagnóstico de algunas enfermedades. El aumento en el número de leucocitos se conoce con el nombre de leucocitosis, y su disminución se denomina leucopenia.

La vida media de los leucocitos es desde algunas horas hasta 9 o 10 días aproximadamente. Existen cinco tipos de leucocitos (figura 4.17) que se pueden clasificar, por la forma del núcleo y la presencia o ausencia de gránulos específicos, en:

- **Polimorfos nucleares** o **granulocitos**: neutrofilos, eosinofilos y basofilos (figura 4.18).
- **Mononucleares** o **agranulocitos**: linfocitos y monocitos (figura 4.18).

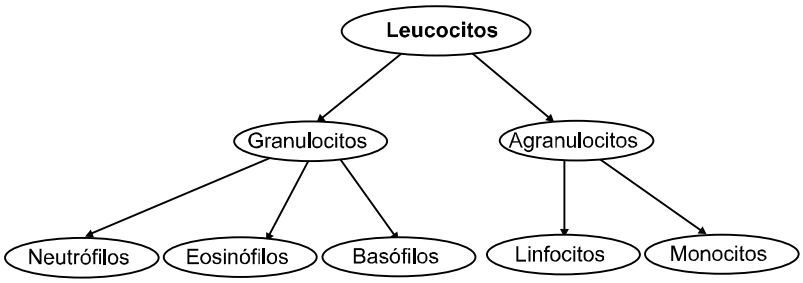

Figura 4.17 Tipos de leucocitos.

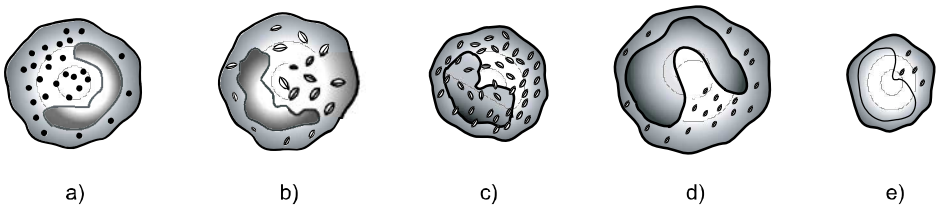

Figura 4.18 Esquema que representa los diferentes tipos de leucocitos: a) neutrófilo, b) eosinófilo, c) basófilo, d) monocito, e) linfocito.

Plaquetas

¿Cuáles son las células de la sangre y qué funciones realizan?

Las **plaquetas** son producto del fraccionamiento de los megacariocitos, células que se desarrollan en la médula ósea además de los eritrocitos y leucocitos, por lo que no se consideran células estrictamente hablando (figura 4.19). El número normal de plaquetas es de 250 000 a 500 000 por mililitro de sangre. Pueden medir de uno a tres micrómetros de diámetro y permanecen en la circulación sanguínea alrededor de cuatro días. Las plaquetas desempeñan un papel básico en la coagulación sanguínea.

a) b)

Figura 4.19 Esquema: a) del megacariocito, b) de las plaquetas.

Ejercicio 3

1. Menciona cuatro características de la sangre:

_____

_____.

2. El plasma es:

a) Una proteína sanguínea.
b) La sustancia intercelular de la sangre.
c) El citoplasma de los eritrocitos.
d) La sustancia intracelular de la sangre.

3. Tienen como función la defensa del organismo:

a) Los eritrocitos.
b) Los leucocitos.
c) Las plaquetas.
d) Los megacariocitos.

4. La función principal de los eritrocitos es:

a) Dar color rojo a la sangre.
b) Hacer viscosa la sangre.
c) Transportar oxígeno.
d) Mantener el pH.

4.1.2. Aparato circulatorio linfático y órganos linfáticos

¿Cómo se incorporan la linfa y los linfocitos en la circulación sanguínea?

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, los órganos linfáticos –bazo, timo, ganglios linfáticos, amígdalas y placas de Peyer– se conectan a través de vasos linfáticos con la circulación sanguínea general para volcar en ella linfa y linfocitos. Los vasos linfáticos forman una red vascular de conductos delgados y delicados, en cuyo interior circula la linfa (figura 4.20).

Los **vasos linfáticos** se forman por la reunión de capilares linfáticos (figura 4.21). Éstos no se unen, sino que recorren el tejido intersticial para reunirse dentro de órganos (linfonodos o ganglios linfáticos) interpuestos en su recorrido.

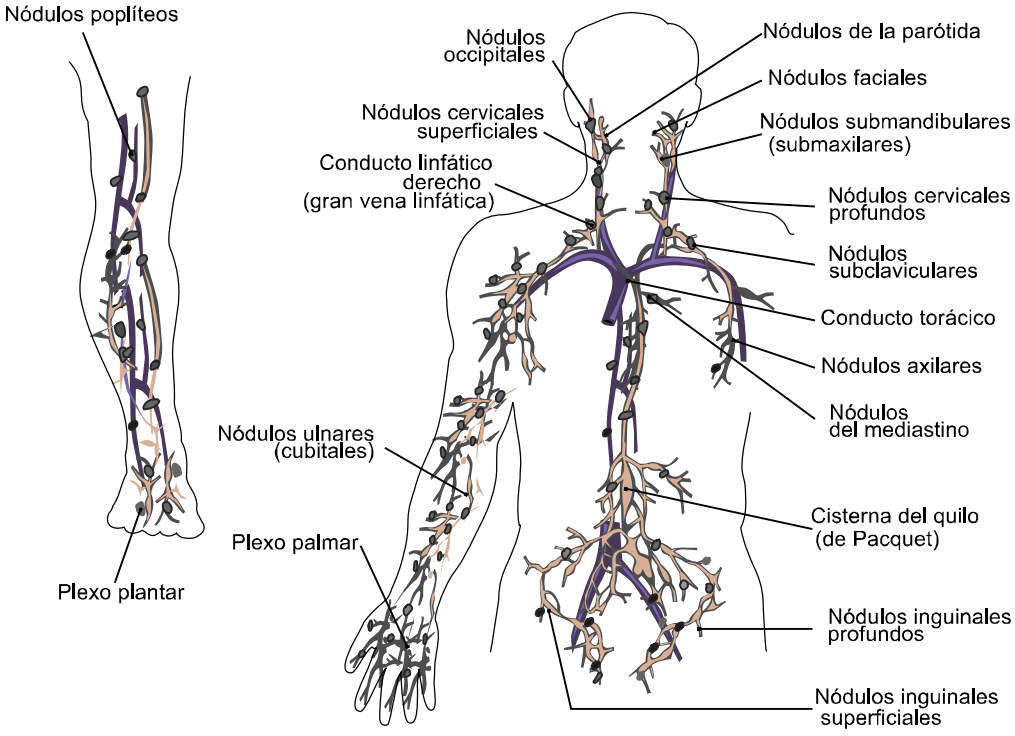

Figura 4.20 Circulación linfática del cuerpo humano y principales cadenas de ganglios linfáticos.

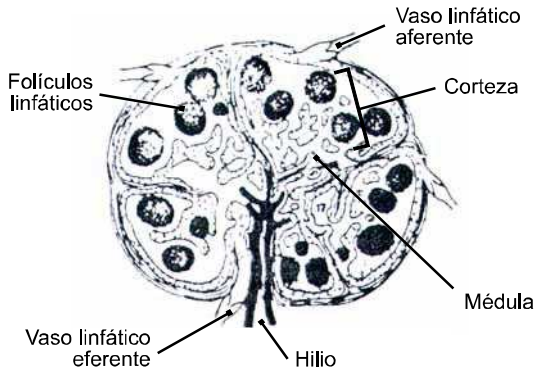

Figura 4.21 Esquema de las estructuras que constituyen un ganglio linfático.

Órganos linfáticos

Los **órganos linfáticos** están constituidos por la agrupación de unidades morfológicas y funcionales denominadas nódulos o folículos linfáticos. Se sitúan en la cavidad bucal y faríngea (amígdalas) y en la mucosa intestinal (placas de Peyer), o rodeados de tejido conectivo, el cual permite que adopten formas características y puedan individualizarse de otros tejidos y órganos (ganglios linfáticos, linfonodos, bazo y timo).

Ganglios linfáticos o linfonodos

Son estructuras ovaladas en forma de frijol, pequeñas, pueden medir desde 1 hasta 25 mm de largo. Se localizan de trecho en trecho a todo lo largo de los vasos linfáticos. Están formados por acumulaciones de folículos linfáticos, rodeados por una cápsula conjuntiva fibrosa.

Las principales agrupaciones ganglionares están en las regiones:

a) **Inguinal**, donde drenan la linfa de las extremidades inferiores y de los órganos genitales.
b) **Axilar**, donde recogen la linfa de las extremidades superiores y del tórax.
c) En el **piso de la boca**, donde drenan la linfa proveniente de nariz, labios y dientes.
d) **Lateral del cuello**, donde reciben la linfa de la cabeza y del cuello.

¿Cuáles son las funciones que desarrollan los ganglios linfáticos?

Los ganglios linfáticos desarrollan una función importante en la defensa del organismo: atrapan bacterias y sustancias dañinas mediante macrófagos que forman parte del tejido linfático. Cuando los ganglios linfáticos efectúan la defensa del organismo contra microorganismos infecciosos, aumentan de tamaño, se endurecen y se vuelven dolorosos.

Bazo

El bazo se considera un órgano linfático porque el parénquima (tejido funcional) está constituido por un conjunto de folículos linfáticos (pulpa blanca) rodeados de grandes cantidades de eritrocitos (pulpa roja) y macrófagos. Las estructuras anatómicas del bazo realizan diferentes funciones: estimular los linfocitos y, por medio de los folículos linfáticos, la pulpa roja del bazo desarrolla dos funciones importantes:

a) Destruye glóbulos rojos (eritrocitos) viejos mediante de macrófagos que fagocitan a los eritrocitos que han cumplido su ciclo vital.
b) Almacena eritrocitos en la pulpa roja (150 a 200 mililitros de sangre) y, en ciertos casos, como por ejemplo, la necesidad de una mayor oxigenación, los vierte a la circulación sanguínea general.

Ejercicio 4

1. Los vasos linfáticos provienen de:

a) Sacos de fondo ciego.
b) La reunión de varios ganglios.
c) La reunión de varios capilares linfáticos.
d) La reunión de varios folículos linfáticos.

2. ¿Qué órgano tiene dentro de sus funciones atrapar bacterias?

a) Bazo.
b) Ganglio linfático.
c) Timo.
d) Vaso linfántico.

4.2. Fisiología del aparato circulatorio

El aparato circulatorio está integrado por: un órgano impulsor, el corazón, y un conjunto de vasos arteriales y venosos. Funciona en un sistema de circuito cerrado, en el cual la sangre es impulsada por el corazón, recorre todo el organismo y vuelve nuevamente al corazón para continuar el ciclo de circulación.

4.2.1. Circulación mayor y menor

El aparato circulatorio está integrado por dos circuitos:

¿Cuáles son las funciones que se desarrollan principalmente en la circulación menor y la circulación mayor?

a) **Circulación mayor** (circulación general o nutricia), la cual se inicia en el ventrículo izquierdo del corazón, continúa en la arteria aorta y las ramas que ésta emite, y retorna a la aurícula derecha a través de las venas cavas (figura 4.22).

b) **Circulación menor** (circulación pulmonar o de oxigenación), se inicia en el ventrículo derecho del corazón, continúa en las arterias pulmonares, y retorna a la aurícula izquierda mediante las venas pulmonares (figura 4.22).

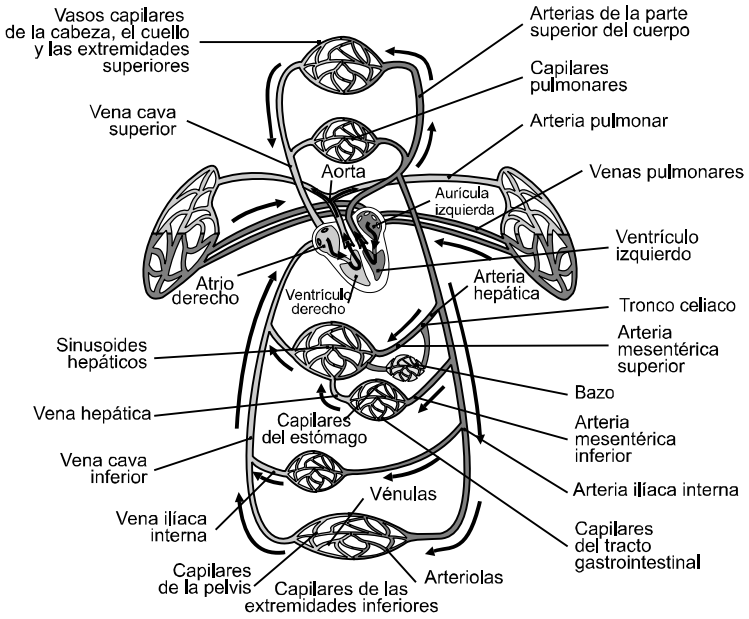

Figura 4.22 Esquema que representa los componentes del aparato circulatorio sanguíneo.

4.2.2. Presión arterial

La fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las aurículas se llama **presión auricular**. En los ventrículos se denomina **presión ventricular**, y en la aorta y el tronco pulmonar se llama **presión arterial**.

Medición de la presión arterial

La presión arterial se mide en términos de milímetros de mercurio (mm de Hg) La presión arterial promedio normal, de un hombre adulto joven, es de 120 mm de Hg, cifra sistólica, y de 80 mm de Hg, cifra diastólica, que suele representarse con las cifras 120/80.

Pulso

El pulso es un índice de la acción del corazón, de la elasticidad de los grandes vasos sanguíneos, la viscosidad de la sangre y la resistencia de las arterias. Existen varios sitios donde puede sentirse el pulso arterial:

a) La arteria radial, en la muñeca.
b) La arteria carótida, en el borde lateral de la tráquea.
c) La arteria humeral, en el brazo.
d) La arteria femoral, en la ingle.
e) La arteria poplítea, detrás de la rodilla.

¿En qué lugares se puede sentir el pulso arterial?

La frecuencia del pulso normal en reposo en adultos es de 60 a 80 por minuto, y en niños es de 80 a 140.

Ejercicio 5

1. La arteria aorta forma parte de la circulación: _____.

2. ¿Dónde se inicia la circulación menor?

a) En el ventrículo izquierdo.
b) En la arteria pulmonar.
c) En el ventrículo derecho.
d) En la aurícula izquierda.

3. La circulación menor tiene como función:

a) Nutrir los pulmones.
b) Transportar CO_2 al ventrículo derecho.
c) Oxigenar la sangre.
d) Desechar los metabolitos.

4.3. Medidas higiénicas para el aparato circulatorio

Todos los órganos y estructuras anatómicas que constituyen el aparato circulatorio requieren estar en condiciones morfológicas normales y funcionar de manera adecuada para que los otros aparatos y sistemas con los que guarda estrecha relación también conserven su integridad anatómica y fisiológica.

¿Por qué es importante no ingerir alimentos que contengan grandes cantidades de colesterol?

Si por alguna causa parte del aparato circulatorio sufre daño, entonces nuestro organismo experimentará deterioro en algún otro órgano o aparato, comprometiendo, en diversos grados, el estado de salud de nuestro cuerpo. Por ejemplo, la ingesta de alimentos ricos en grasas y colesterol, produce daño en las paredes de las arterias, pues éste último, se almacena, incorporándose en ellas y endureciéndolas.

Desde hace algunos años, la legislación sanitaria de muchos países considera que una serie de alimentos ricos en grasas se deben elaborar o refinar, procurando eliminar o disminuir su contenido en colesterol. En el mercado o en los grandes almacenes que expenden alimentos, existen aceites comestibles, mantequillas, margarinas y quesos que exhiben en las etiquetas frases como "productos libres o bajos en contenido de colesterol".

Las venas también se ven afectadas por otros factores que bajo ciertas condiciones dificultan el retorno de la sangre a través de ellas. Utilizar ropa sumamente ajustada en el nivel de la cintura o las piernas o muslos, y en personas que a su vez permanezcan mucho tiempo de pie, ocasionará el retardo en la circulación venosa y, por consiguiente, la dilatación de las paredes de las venas de los miembros inferiores.

Las medidas higiénicas que se deben adoptar para prevenir daños del aparato circulatorio son:

1. Tener una alimentación adecuada, rica en fibras vegetales.
2. Tomar al menos dos litros de agua diariamente.
3. No emplear vestimenta ajustada.
4. Si por necesidades de trabajo o de otras ocupaciones se requiere mantenerse mucho tiempo de pie, realizar ejercicios de flexionamiento y estiramiento de los miembros inferiores para activar la circulación venosa.
5. Hacer ejercicios de caminata o trote algunos minutos al día.
6. Al llegar a casa procurar mantener los miembros inferiores levantados sobre el nivel de la pelvis.
7. Evitar el aumento de peso de manera exagerada (obesidad).
8. En caso de sufrir estreñimiento, procurar, en la medida de lo posible, ingerir alimentos con alto contenido de fibra vegetal y beber abundantes líquidos.

Fumar en exceso, llevar una vida sedentaria sin hacer ejercicio y estar permanentemente sometido a presiones físicas y psicológicas (estrés) en las actividades diarias que desarrollamos, son causas suficientes para que el corazón y los vasos sanguíneos se vean afectados en su funcionamiento normal. Por tanto, es recomendable y necesario no ingerir bebidas alcohólicas en demasía, evitar fumar o permanecer mucho tiempo en los lugares donde existan personas fumadoras, realizar cotidianamente ejercicios físicos, pues éstos fortalecen las fibras cardiacas y mantienen y desarrollan bien los músculos del cuerpo.

Ejercicio 6

1. ¿Qué factor favorece la circulación de la sangre en las venas?

a) La ropa ajustada.
b) Estar de pie.
c) Hacer ejercicio.
d) La dieta rica en grasas.

2. El endurecimiento de las arterias es ocasionado por:

a) Ejercicio excesivo.
b) Exceso de colesterol en la dieta.
c) Aumento de fibras elásticas.
d) Comer fibra.

Autoevaluación

1. Menciona la relación que establece el aparato circulatorio con el:

a) Aparato respiratorio: _____
_____.
b) Aparato digestivo: _____
_____.
c) Aparato renal: _____
_____.

2. El aparato circulatorio se puede agrupar en:
_____.

3. El corazón, vasos arteriales y vasos venosos forman parte del:

a) Aparato circulatorio linfático.
b) Aparato circulatorio mayor.
c) Aparato circulatorio sanguíneo.
d) Aparato sanguíneo menor.

4. El corazón se localiza:

a) Por debajo del diafragma.
b) En la cavidad torácica, a la derecha.
c) En medio de la cavidad torácica.
d) En la porción izquierda del tórax.

5. Los grandes vasos y el pericardio:

a) Mantienen la posición del corazón.
b) Son estructuras linfáticas.
c) Son órganos musculares.
d) Permiten la oxigenación de la sangre.

6. Masa de tejido muscular que forma la parte principal del corazón:

a) Ganglios linfáticos.
b) Miocardio.
c) Pericardio.
d) Diafragma.

7. Las cavidades del corazón son:

a) Corazón derecho y corazón izquierdo.
b) Un atrio y dos ventrículos.
c) Dos atrios y un ventrículo.
d) Dos atrios y dos ventrículos.

8. La válvula mitral se localiza en:

a) Las venas.
b) La arteria aorta.
c) Entre el atrio izquierdo y el ventrículo derecho.
d) Entre el atrio izquierdo y el ventrículo izquierdo.

9. La válvula tricúspide comunica:

a) El ventrículo derecho con la arteria pulmonar.
b) La aurícula izquierda con el ventrículo izquierdo.
c) La aurícula derecha con el ventrículo derecho.
d) El ventrículo izquierdo con la arteria aorta.

10. Indica la secuencia correcta de los componentes del sistema de conducción autónomo del corazón enumerándola del 1 al 4:

a) Fibras de Purkinje. ( )
b) Nodo sinusal. ( )
c) Haz de His. ( )
d) Nodo auriculoventricular. ( )

11. En los paréntesis de la derecha coloca la letra (a) o la letra (v) para indicar si las características enunciadas pertenecen a los atrios (aurículas) o los ventrículos:

i. Tienen paredes delgadas. ( )
ii. Llegan a las venas. ( )
iii. La superficie externa es irregular. ( )
iv. Tienen paredes gruesas. ( )
v. Salen a las arterias aorta y pulmonar. ( )
vi. La superficie externa es lisa. ( )
vii. Llegan a las venas cavas. ( )

12. Los vasos sanguíneos son:

a) Arterias y venas.
b) Venas y capilares.
c) Capilares, arterias y linfáticos.
d) Arterias, venas y capilares.

13. Las arterias tienen como función:

a) Transportar CO_2 a los tejidos.
b) Llevar sangre oxigenada al corazón.
c) Transportar O_2 a los tejidos.
d) Transportar linfa.

14. Menciona tres ramificaciones de la arteria aorta:

_____

_____.

15. La diferencia entre arterias y venas es:

a) Las arterias tienen flujo intermitente.
b) Las venas tienen mayor presión.
c) Las venas tienen mayor diámetro.
d) Las arterias transportan CO_2.

16. Las arterias que se encargan de irrigar las extremidades superiores se originan en la aorta:

a) Ascendente.
b) Cayado de la aorta.
c) Descendente.
d) Abdominal.

17. La aurícula derecha recibe la sangre de las siguientes, excepto:

a) Vena cava inferior.
b) Venas pulmonares.
c) Seno coronario.
d) Vena cava superior.

18. ¿Qué es la hemoglobina?

a) Es un gránulo específico.
b) Un pigmento.
c) Un metabolito de la urea.
d) Un anticuerpo.

19. Los eritrocitos son destruidos principalmente en: _____.

20. ¿Cómo se origina el sistema circulatorio linfático?

_____

_____.

21. Los ganglios linfáticos están formados por:

a) Acumulación de folículos linfáticos.
b) Acumulación de linfocitos.
c) Tejido fibroso y anticuerpos.
d) Monocitos y linfocitos.

22. La circulación mayor se inicia en:

a) Ventrículo derecho.
b) Atrio izquierdo.
c) Atrio derecho.
d) Ventrículo izquierdo.

23. Los capilares pulmonares son parte de la circulación:

a) Mayor.
b) Linfática.
c) Menor.
d) Venosa.

24. Los nutrientes llegan al organismo a través de:

a) Las venas pulmonares.
b) La arteria pulmonar.
c) La circulación mayor.
d) La circulación menor.

25. Las siguientes son medidas de higiene para prevenir daños en el aparato circulatorio, excepto:

a) Alimentación rica en fibra.
b) No emplear vestimenta ajustada.
c) No hacer ejercicio.
d) Eliminar el colesterol de la dieta.

Respuestas a los ejercicios

Ejercicio 1

1. Distribuir en los tejidos y órganos sustancias nutritivas, aportar oxígeno a las células del organismo y extraer el dióxido de carbono de sus lugares de producción.
2. d)
3. d)
4. b)

Ejercicio 2

1. a)
2. En los capilares.
3. c)
4. d)

Ejercicio 3

1. Es líquida, tiene color rojo brillante, consistencia densa y viscosa, y sabor ligeramente salado.
2. b)
3. b)
4. c)

Ejercicio 4

1. c)
2. b)

Ejercicio 5

1. Mayor.
2. c)
3. c)

Ejercicio 6

1. c)
2. b)

Respuestas a la autoevaluación

1. a) Acceso de oxígeno.
b) Absorción de sustancias nutritivas.
c) Excreta de productos metabólicos.
2. Aparato circulatorio sanguíneo y aparato circulatorio linfático.
3. c)
4. c)
5. a)
6. b)
7. d)
8. d)
9. c)
10. a) 4, b) 1, c) 3, d) 2
11. i.(a), ii.(a), iii.(a), iv.(v), v.(v), vi.(v), vii.(a).
12. d)
13. c)
14. Pueden ser algunas de las siguientes: tronco braquiocefálico derecho / subclavia izquierda / bronquiales / tronco celiaco / renales.
15. c)
16. b)
17. b)

18. b)
19. El bazo.
20. Por los capilares linfáticos.
21. a)
22. d)
23. c)
24. c)
25. c)