



PREPARATORIA ABIERTA PUEBLA

SISTEMA CIRCULATORIO

Preparatoria

ELABORÓ

abierta

LUZ MARÍA ORTIZ CORTÉS

Sistema circulatorio

- La mayoría de las células animales necesitan un aporte continuo de nutrientes y oxígeno, así como la eliminación constante de sus productos de desecho. Organismos pequeños que habitan bajo el agua realizan ambos fenómenos por difusión simple por lo que no necesitan estructuras circulatorias adecuadas. En organismos de mayor tamaño, la difusión no basta para enviar suficientes materias primas a todas las células, por lo que son necesarios otros mecanismos para el transporte de materiales hacia y desde ellas, cuando no están en contacto con el medio acuoso dentro del cual vive el organismo. En animales complejos, sean acuáticos o terrestres, hay estructuras especializadas en el transporte interno; dichas estructuras componen el sistema circulatorio.

Sistema circulatorio

- Un sistema circulatorio consta de lo siguiente:
 1. Sangre: un tejido conectivo líquido formado por células y fragmentos celulares dispersos en un líquido.
 2. Un dispositivo de bombeo, denominado usualmente corazón.
 3. Un sistema de vasos sanguíneos o espacios a través de los cuales circula la sangre.

Muchos animales presentan un sistema circulatorio cerrado en el que la sangre pasa a través de una red continua de vasos sanguíneos. En los artrópodos y la mayoría de los moluscos, el sistema circulatorio es un sistema circulatorio abierto, cual recibe ese nombre porque el corazón bombea sangre hacia vasos sanguíneos cuyos extremos están abiertos.

Sistema circulatorio

- La sangre, por tanto, escurre hacia afuera de ellos, llenando una cavidad del cuerpo y bañando de esa manera las células. La sangre regresa al corazón a través de unos orificios de la pared de éste, (o a través de vasos sanguíneos de extremo abierto que conduce al corazón). El movimiento de la sangre, a través de un sistema abierto no es tan rápido y eficaz como el que ocurre en el interior de un sistema cerrado.

Sistema circulatorio

- El sistema circulatorio realiza las siguientes funciones:
 1. Transporta nutrientes desde el aparato digestivo y los sitios de almacenamiento hasta todas las células del cuerpo.
 2. Transporta oxígeno desde las estructuras respiratorias (piel, branquias o pulmones) hasta las células del cuerpo, y dióxido de carbono desde las células hasta las estructuras respiratorias.
 3. Acarrea desechos desde cada una de las células hasta los órganos de excreción.
 4. Transporta hormonas desde las glándulas endocrinas hasta los tejidos blancos.

Sistema circulatorio

5. Ayuda a mantener el equilibrio hídrico del organismo.
6. Defiende el cuerpo contra organismos invasores.
7. Ayuda a regular la temperatura del cuerpo en los animales homeotermos (de sangre caliente).

Los sistemas circulatorios de todos los vertebrados es básicamente igual, desde los peces, anfibios, y reptiles, hasta las aves y mamíferos. Todos poseen un corazón muscular que bombea la sangre hasta el interior de un sistema de vasos sanguíneos cerrados.

Sistema circulatorio

- Las arterias son vasos sanguíneos que se ramifican y vuelven a ramificar, llevando la sangre desde el corazón hasta los diversos órganos del cuerpo. Las ramificaciones más pequeñas, arteriolas, envían sangre hacia los capilares, vasos cuyas paredes son tan delgadas que los nutrientes y el oxígeno pueden difundirse a través de ellos hasta las células del cuerpo.
- Los desechos celulares también se difunden hacia la sangre, que los conduce hasta los órganos de excreción. Después de pasar por la red capilar, la sangre fluye hacia las venas, los vasos que la conducen de regreso al corazón.

Sistema circulatorio



Sistema circulatorio

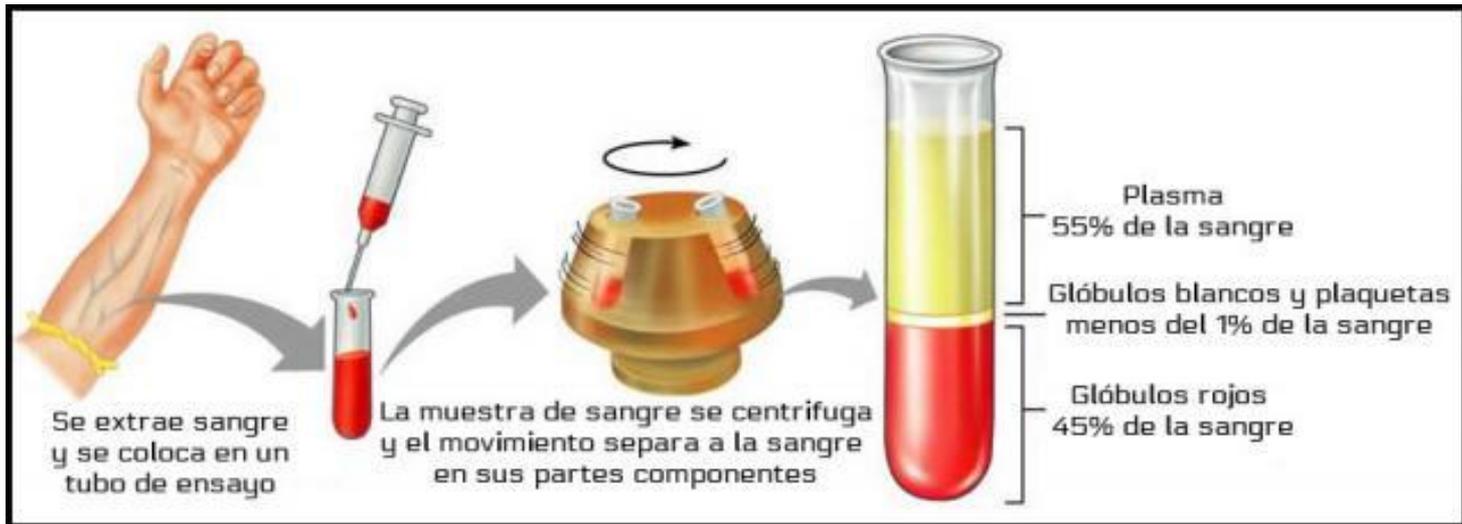
Sistema circulatorio

- Sangre: en el humano, el volumen total de sangre en circulación equivale aproximadamente a 8 % del peso del cuerpo; unos 5.6 L en una persona de 70 kilos de peso. Aunque la sangre se observa como un líquido rojo homogéneo, en realidad está formada por un líquido de color amarillo claro, el plasma, en el cual se encuentran suspendidos los glóbulos rojos y blancos, y las plaquetas.
- Alrededor del 55 % de la sangre está constituida por el plasma y un 45 % restante está formado por los glóbulos y plaquetas. La pérdida de agua durante una sudoración profusa llega a reducir el volumen de plasma hasta 50 % de la sangre, por el contrario, si se beben grandes cantidades de agua, el volumen puede aumentar hasta un 60 %.

Sangre

- Los glóbulos y plaquetas se pueden separar por centrifugación ya que son más densos que el plasma.
- El plasma no se separa normalmente de los glóbulos porque está remezclándose constantemente al circular en los vasos sanguíneos.
- Plasma: el plasma está formado por agua (alrededor de 92 %), proteínas (un 7 %), sales y una variedad de materiales de transporte como gases, nutrientes, desechos y hormonas disueltos.
- El plasma está en equilibrio dinámico con el líquido intersticial que baña las células y con los líquidos intracelulares.

SANGRE



PLASMA

- El plasma contiene varios tipos de proteínas, cada una con propiedades y funciones específicas: fibrinógeno, albúmina, lipoproteínas y gammaglobulinas alfa y beta. El fibrinógeno es una de las proteínas relacionadas con el proceso de coagulación. Cuando estas proteínas se extraen del plasma, el líquido resultante se denomina suero.
- La fracción de gammaglobulina contiene muchos tipos de anticuerpos, los cuales brindan al cuerpo inmunidad contra enfermedades como el sarampión y hepatitis infecciosa. En ocasiones se emplea gammaglobulina humana purificada para el tratamiento de algunas enfermedades o para reducir las probabilidades de contraerlas. Las albúminas y globulinas ayudan a regular el equilibrio de los líquidos.

PLASMA

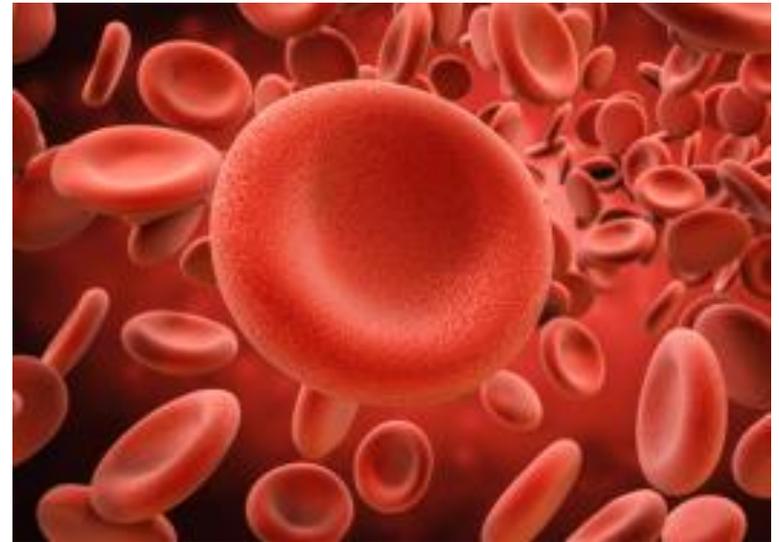
- Las proteínas del plasma son demasiado grandes para poder atravesar con facilidad las paredes de los vasos sanguíneos, por lo que ejercen cierta presión osmótica, la cual es importante para el mantenimiento de un volumen sanguíneo adecuado. Por tanto, esas proteínas son necesarias en la regulación de la distribución del líquido entre el plasma y los líquidos tisulares.
- Las proteínas plasmáticas (junto con la hemoglobina de los glóbulos rojos) también son amortiguadores de acidez importantes, los cuales ayudan a mantener el pH de la sangre entre límites muy estrechos; en su estado normal, la sangre tiene un pH de 7.4 que es ligeramente alcalino.

ERITROCITOS

- Los eritrocitos también son llamados glóbulos rojos o hematíes. Son células altamente especializadas en el transporte de oxígeno. En todos los vertebrados, con excepción de los mamíferos, los eritrocitos tienen núcleo. Durante el desarrollo de un eritrocito de mamífero, el núcleo es empujado hacia el exterior de la célula.
- Los glóbulos rojos se forman dentro de la médula ósea roja de ciertos huesos (vértebras, costillas, esternón, cráneo y huesos largos). Conforme los eritrocitos se desarrollan producen grandes cantidades de hemoglobina, el pigmento de transporte de oxígeno que confiere a la sangre de los vertebrados su color rojo. La duración de la vida de un eritrocito humano es de unos 120 días.

Eritrocitos

- Cada eritrocito es un disco flexible bicóncavo de 7 a 8 μm de diámetro y 1 a 2 μm de espesor. En el humano hay unos 30 billones de eritrocitos en circulación con la sangre, lo que equivale aproximadamente a unos 5.4 millones de ellos por cada μl (microlitro) en un varón adulto y 5 millones por μl en la mujer adulta.



Eritrocitos

- Conforme la sangre circula a través del hígado y el bazo, ciertas células fagocitarias eliminan los eritrocitos débiles. Luego, dichos glóbulos se degradan y algunos de sus componentes se reciclan. En el cuerpo humano se destruyen unos 2.4 millones de eritrocitos cada segundo, por lo que un número equivalente debe ser producido en la médula ósea cada segundo para reemplazarlos.
- La anemia es una deficiencia de hemoglobina (acompañada a menudo por una reducción en el número de glóbulos rojos. Cuando la hemoglobina es insuficiente, la cantidad de oxígeno transportada no basta para satisfacer las demandas del organismo, de modo que las personas anémicas se quejan de debilidad y se fatigan fácilmente.

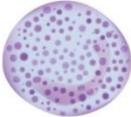
Anemia

- La anemia puede ser ocasionada por pérdida de sangre, baja producción de hemoglobina, (como sucede en la anemia por deficiencia de hierro) o rápida destrucción de los glóbulos rojos (como en las anemias hemolíticas), del tipo de anemia drepanocítica.

Leucocitos

- Los glóbulos blancos o leucocitos son células especializadas en defender al organismo contra las bacterias o cualquier otro intruso que lo amenace. Los leucocitos son células ameboides capaces de moverse por sí mismas, por lo que pueden desplazarse contra la corriente sanguínea y algunos tipos de ellos pueden pasar a través de las paredes de los vasos sanguíneos para luego deambular por los tejidos. La sangre humana tiene cinco tipos de leucocitos, los cuales pueden clasificarse como granulares o agranulares.

Tipos de leucocitos

GLÓBULOS ROJOS Y DISTINTOS TIPOS DE GLÓBULOS BLANCOS		
Glóbulos rojos (Eritrocitos)	Glóbulos blancos (Leucocitos)	
 Entre 7 y 8 micrómetros	Agranulocitos	Granulocitos
	Monocitos  Entre 15 y 21 micrómetros	Neutrófilos  Entre 12 y 14 micrómetros
	Linfocitos  Entre 6 y 9 micrómetros	Eosinófilos  Entre 12 y 17 micrómetros
		Basófilos  Entre 14 y 16 micrómetros

Leucocitos

- Los leucocitos granulares se forman en la médula ósea roja y presentan gránulos muy notorios en su citoplasma. Las tres variedades de leucocitos granulares son: neutrófilos, eosinófilos y basófilos. Los neutrófilos son las principales células fagocitarias de la sangre, están especialmente adaptados para buscar y fagocitar bacterias, aunque también ingieren los restos de las células tisulares muertas, tarea de limpieza que debe realizarse después de una lesión infecciosa. Los eosinófilos poseen gránulos muy voluminosos que se colorean de rojo vivo con la eosina, un colorante ácido. El número de esas células aumenta cuando hay reacciones alérgicas y durante las infecciones parasitarias, como las infecciones por tenias.

Leucocitos

- Los basófilos presentan gránulos de color intenso cuando se les aplican colorantes básicos. Al igual que los eosinófilos, estos leucocitos participan supuestamente en las reacciones alérgicas. Los basófilos contienen grandes cantidades de una sustancia que se libera en los tejidos dañados y durante las reacciones alérgicas, llamada histamina. Se piensa que los basófilos participan en la prevención de la coagulación de la sangre dentro de los vasos sanguíneos, ya que contienen el anticoagulante heparina.
- Los leucocitos agranulares carecen de gránulos distintivos notables. En estas células, el núcleo es redondo o en forma de riñón. Los linfocitos y monocitos son leucocitos agranulares.

Leucocitos

- Algunos linfocitos se especifican en la producción de anticuerpos mientras que otros atacan directamente a los microorganismos invasores, como bacterias y virus.
- Los glóbulos blancos de mayor tamaño en el cuerpo son los monocitos, ya que alcanzan diámetro hasta de 20 μm . Estos leucocitos se forman en la médula ósea.
- Después de pasar unas 24 h. en la sangre, los monocitos salen de la circulación y completan su desarrollo dentro de los tejidos, donde crecen y se convierten en macrófagos, células depredadoras gigantes. Todos los macrófagos tisulares se forman de esa manera. Los macrófagos engloban vorazmente las bacterias, células muertas y cualquier otro resto que ensucie los tejidos.

Leucocitos

- El número normal de leucocitos en la sangre humana es de unos 7000 por cada μ litro de sangre (sólo uno por cada 700 eritrocitos); sin embargo, durante las infecciones bacterianas, ese número puede aumentar repentinamente, por lo que la cuenta de leucocitos sirve como un instrumento útil de diagnóstico.

Leucemia

- La leucemia es un tipo de cáncer en la que cualquiera de los tipos de leucocitos proliferan rápidamente en el interior de la médula ósea. Muchas de esas células no llegan a madurar y su enorme número obstaculiza a los glóbulos rojos y plaquetas, provocando anemia y mala coagulación. Una causa común de muerte por leucemia es la hemorragia interna, sobretodo en el cerebro, otra causa común, son las infecciones, pues aunque hay gran cantidad de leucocitos en la sangre, éstos son inmaduros y anormales, por lo que no son capaces de defender al organismo contra los organismos patógenos.

Plaquetas

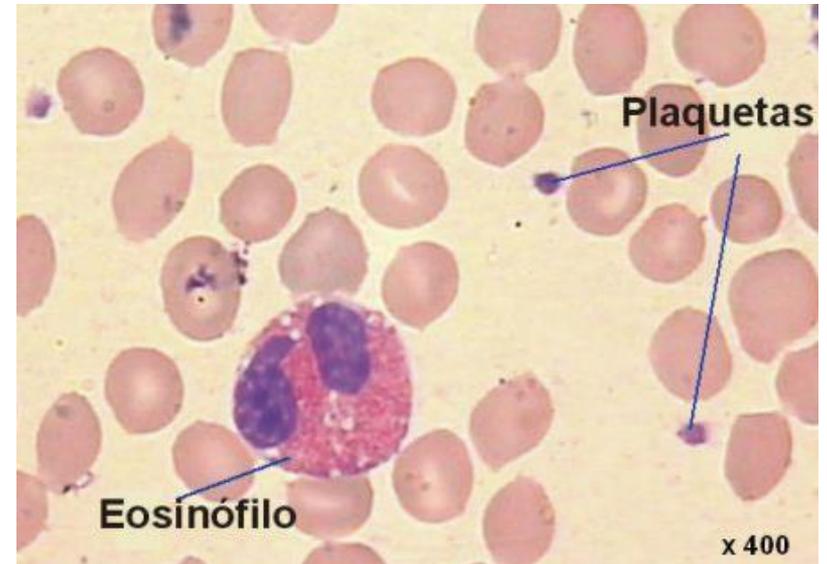
- Plaquetas y coagulación sanguínea.

En casi todos vertebrados, excepto los mamíferos, la sangre contiene pequeñas células ovaladas a las que se denomina trombocitos y que presentan núcleos. En los mamíferos, los trombocitos son pequeños fragmentos esféricos de citoplasma, sin núcleo; por lo general se les denomina plaquetas. En la sangre humana existen unas 300 000 plaquetas por cada μl .

Las plaquetas se forman a partir de fragmentos de citoplasma que se desprenden de ciertas células de gran tamaño (megacariocitos) de la médula ósea. Así, las plaquetas no son células completas sino trozos de citoplasma rodeados por una membrana celular.

Plaquetas

- Las plaquetas son fundamentales para la coagulación sanguínea.



Plaquetas

- Estos elementos sanguíneos desempeñan una importante función en la hemostasia (el control del sangrado). Cuando un vaso sanguíneo se rompe, lo primero que sucede es que se constriñe, reduciendo así la pérdida de sangre. Luego las plaquetas se adhieren a los bordes ásperos e irregulares del vaso, parchando físicamente la pared rota. Conforme dichas plaquetas se acumulan, van liberando ADP, el cual atrae otras plaquetas. De esa manera, unos 5 minutos después de la lesión, ya se ha formado un parche de plaquetas o coágulo temporal.

Plaquetas

- Al mismo tiempo que se forma el coágulo temporal, empieza a formarse un coágulo más fuerte y permanente. En ese proceso tan complejo interactúan más de 30 sustancias químicas distintas. La serie de reacciones que conduce a la coagulación de la sangre es desencadenada cuando uno de los factores de coagulación se activa por contacto con el tejido lesionado. En las personas hemofílicas, uno de los factores de coagulación no está presente en el organismo a causa de una mutación genéticamente transmitida.

Plaquetas

- La protombina es una globulina producida en el hígado y requiere de vitamina K para su síntesis. Cuando están presentes los factores de coagulación, los iones de calcio y los compuestos liberados de las plaquetas, la protombina se convierte en trombina. La trombina cataliza la conversión de la proteínas plasmáticas soluble fibrinógeno en una proteína insoluble, la fibrina. Una vez formada, la fibrina se polimeriza generando largos filamentos que se adhieren a la superficie dañada del vaso sanguíneo y de esa manera forman la malla sobre la cual se estructura el coágulo. Esos filamentos atrapan glóbulos y plaquetas, con los cuales se refuerza el coágulo.

Componentes celulares de la sangre

	Límites normales	Función	Patología
Glóbulos rojos	Varón 4.2-5.4 millón/ μ l Mujer: 3.6-5 millón/ μ l	Transporte de oxígeno, transporte de dióxido de carbono	Demasiado pocos: anemia; demasiados: policitemia.
Glóbulos blancos (en total)	5000-10000/ μ l		
Neutrófilos	Alrededor de 60 % de la cuenta total.	Fagocitosis	Demasiados: probable infección bacteriana, inflamación, leucemia (mielógena).
Eosinófilos	1 a 3 % de la cuenta total	En las reacciones alérgicas.	Demasiados: probable reacción alérgica o infección parasitaria.

Componentes celulares de la sangre

	Límites normales	Función	Patología
Basófilos	1 % de la cuenta total	Pueden participar en la prevención de la coagulación en el cuerpo.	
Linfocitos	25 a 35 % de la cuenta total	Producen anticuerpos; destruyen células extrañas	Los linfocitos atípicos aparecen en la mononucleosis infecciosa; el exceso puede deberse a leucemia o ciertas infecciones virales.
Monocitos	6 % de la cuenta total	Se diferencian para formar macrófagos.	Puede aumentar su número en la leucemia monocítica, la tuberculosis y las infecciones por hongos.

Componentes celulares de la sangre

	Límites normales	Función	Patología
Plaquetas	150000-400000/ μ l	Fundamentales para la coagulación sanguínea	Malfunciones de la coagulación; sangrado, propensión a moretones.

Vasos sanguíneos

- El sistema circulatorio de un vertebrado posee tres tipos principales de vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares.
- La pared de un vaso sanguíneo como la pared del corazón, tiene tres capas. La capa más interna (túnica íntima) que recubre la luz del vaso, consta principalmente de endotelio, un tejido parecido al epitelio escamoso.
- La capa media (túnica media) consta de tejido conectivo y células de músculo liso, en tanto que la capa externa, túnica (adventicia), está compuesta de tejido conectivo rico en fibras elásticas y de colágena.

Arterias

- En casi todas las arterias, además del recubrimiento endotelial, su capa interna presenta una membrana elástica interna muy fuerte, lo que proporciona resistencia extra a las paredes. En las arterias de mayor calibre la capa media es la más gruesa y contiene varias capas de fibra elástica que les permite estirarse cuando el vaso se llena de sangre al latir el corazón. Esas arterias elásticas se ramifican hasta convertirse en arterias de distribución más delgadas, las cuales llevan sangre hasta los diferentes órganos del cuerpo.

ARTERIAS

- Dentro de cada órgano o tejido, las arterias de distribución se ramifican para dar origen a unas arterias muy delgadas, las **arteriolas**, que son importantes en la determinación del volumen de sangre enviado a cada tejido y en el mantenimiento de la presión arterial. El músculo liso presente en la pared de las arteriolas se contrae o relaja, modificando el diámetro del vaso y en consecuencia, el volumen de sangre que puede pasar a través de éste. La contracción arteriolar se conoce como **vasoconstricción**, el relajamiento se llama **vasodilatación**.

Arterias

- Esos cambios de flujo sanguíneo arterial están bajo el control del sistema nervioso y ayudan a mantener una presión arterial adecuada y a regular la cantidad de sangre que es enviada a cada órgano específico. Como ejemplo: en condiciones de reposo, el músculo esquelético sólo recibe el 15 % de la sangre, pero durante el ejercicio recibe el 70 % de la misma.

Vasos sanguíneos

- Venas: en los mamíferos, aproximadamente el 50 % de la sangre se encuentra dentro de las venas en cualquier momento dado. La paredes de venas son más delgadas y menos elásticas que las de las arterias. Para el momento en que la sangre sale de los capilares e ingresa en las venas, su presión ya es muy baja.
- La respiración y otras formas de actividad muscular contribuyen el flujo venoso. Cuando los músculos se contraen, las venas que hay dentro de ellos se comprimen, lo que ayuda a empujar la sangre que las llena. La mayor parte de las venas de más de 2 mm de diámetro que conducen la sangre contra la fuerza de gravedad están equipadas con válvulas que impiden que la sangre vuelva a fluir hacia abajo.

Vasos sanguíneos

- Esas válvulas suelen estar formadas por dos cúspides, que son extensiones de la pared de la vena hacia dentro de ella. Cuando una persona se mantiene de pie por mucho tiempo, la sangre tiende a acumularse en las venas de sus piernas.
- La excesiva acumulación de sangre puede estirar la venas hasta el punto en que las cúspides de sus válvulas ya no coinciden. Este fenómeno es mucho más probable en las personas cuyas ocupaciones demandan estar de pie durante muchas horas cada día.
- Las venas varicosas son el resultado de la dilatación de las venas, sobre todo en aquellos individuos que tienen exceso de peso, cuyas paredes venosas son débiles por alguna causa hereditaria.

Venas

- Las venas varicosas se ven dilatadas, retorcidas y alargadas. Las hemorroides son venas varicosas de la región anal. Estas venas se deforman cuando la presión venosa en esa región se eleva anormalmente, como sucede durante el estreñimiento crónico, (debido al esfuerzo por defecar) o el embarazo, cuando el útero expandido hace aumentar la presión de las venas de las piernas y de la región baja del abdomen.

Capilares

- Las arteriolas envían sangre hacia los capilares, que son vasos sanguíneos microscópicos cuyas paredes tienen apenas una célula de espesor. Solo las paredes de los capilares son suficientemente delgadas para permitir el intercambio de nutrientes, gases y desechos entre la sangre y los tejidos. Las paredes de los capilares constan de una sola capa de células, el endotelio, que es continuo con el recubrimiento endotelial de la arteria y la vena que se localiza en uno y otro lado del capilar. Cada capilar tiene 1 mm de longitud aproximadamente, pero el gran número de ellos asegura que casi cada célula del cuerpo se localice a una distancia de apenas dos o tres células de un capilar, lo suficientemente cerca para que el oxígeno y los nutrientes se difundan desde la sangre hasta cada célula.

Capilares

- Es casi imposible calcular el número de capilares que existen en el cuerpo. Se sabe que en los tejidos con intensidad de metabolismo alta se encuentran muy cerca entre sí. Se estima que el número de capilares en los músculos es de unos 240 000/cm².
- Los pequeños vasos que conectan las arteriolas con las vénulas (venas delgadísimas) son las metarteriolas. Los capilares verdaderos se ramifican a partir de las metarteriolas y luego vuelven a unirse en ellas, también existe conexión entre los capilares.

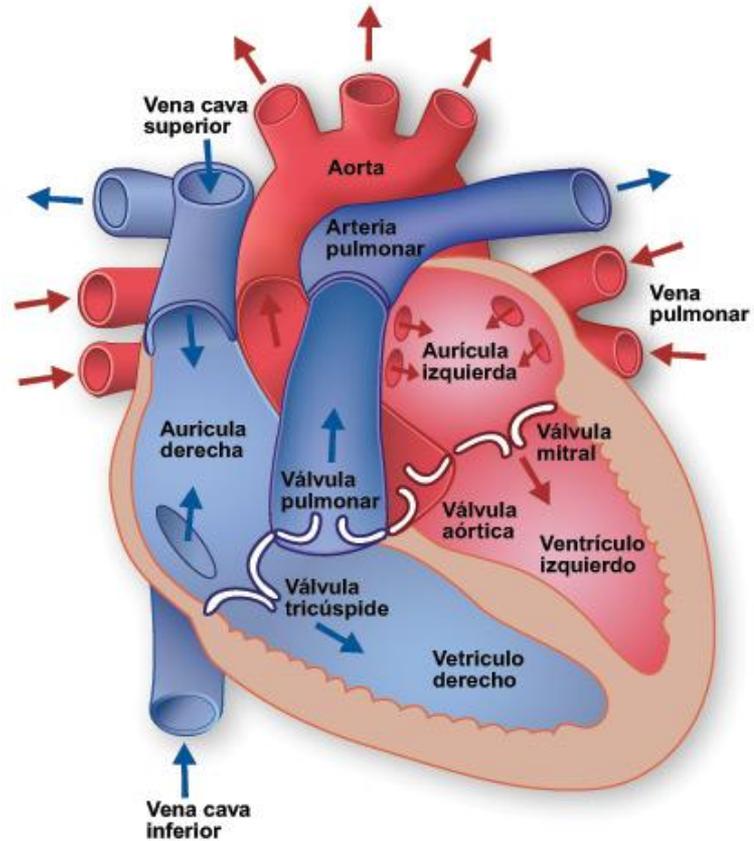
Corazón

- El corazón humano es un órgano muscular hueco, situado en la cavidad torácica, directamente por debajo de esternón. Tiene el tamaño de un puño y pesa unos 400 g. Alrededor del él hay un resistente saco de tejido conectivo, el **pericardio**, cuya superficie interna y la superficie externa del corazón están cubiertas por una capa lisa de células de tejido epitelial. Entre esas dos superficies se encuentra una pequeña cavidad pericárdica llena de líquido, la cual minimiza la fricción cuando el corazón palpita.
- La aurícula y el ventrículo derechos se encuentran separados de los izquierdos por una pared conocida como tabique. Entre las aurículas, dicha pared se conoce como tabique interauricular, mientras que la porción que separa los ventrículos es el tabique interventricular.

Estructura del corazón humano

- Para evitar que la sangre fluya hacia atrás, el corazón está equipado con válvulas que se cierran en forma automática. La válvula situada entre la aurícula y el ventrículo derecho se denomina válvula auriculoventricular derecha (también conocida como válvula tricúspide). La válvula izquierda se denomina mitral.

Estructura del corazón humano



Funcionamiento del corazón

- Un corazón que se extirpa cuidadosamente del cuerpo sigue latiendo por varias horas si se le mantiene dentro de un líquido nutritivo y oxigenado, lo cual es posible porque las contracciones del músculo cardíaco se inician dentro del propio músculo, de modo que pueden ocurrir independientemente de los nervios.
- Para asegurar que el corazón palpite con un ritmo regular y eficaz, existe un sistema de conducción especializado. Cada latido se inicia en el marcapaso, también llamado nodo sinoauricular (SA).

Funcionamiento del corazón

- Dicha estructura es una pequeña masa de músculo cardíaco especializado que se halla en la pared posterior de la aurícula derecha, cerca del orificio de la vena cava superior.
- Los extremos de las fibras del nodo SA están fusionadas con las fibras musculares auriculares ordinarias, de modo que los potenciales de acción se difunden por las aurículas, produciendo la contracción auricular.
- Un grupo de fibras musculares auriculares conduce el potencial de acción directamente hacia el nodo auriculoventricular (AV), localizado en el ventrículo derecho, a lo largo de la región inferior del tabique. Una vez ahí, la transmisión se retrasa un poco, permitiendo que las aurículas terminen su contracción antes de que empiece la de los ventrículos.

Funcionamiento del corazón

- Cada minuto el corazón late unas 70 veces, de modo que cada latido completo, al que se denomina ciclo cardiaco, tiene una duración de 0.8 s. La porción del ciclo en la que ocurre la contracción se denomina sístole, mientras que el periodo de relajamiento es la diástole.

Patrón circulatorio

- Una de las principales funciones de la circulación es llevar oxígeno a todas las células del cuerpo. En el humano y otros mamíferos y aves, la sangre se carga de oxígeno en los pulmones, luego regresa al corazón para bombear la hacia las arterias, que la llevan a los demás órganos y tejidos. Así, existe un doble circuito de vasos sanguíneos:
 - 1) La circulación pulmonar, que conecta corazón y pulmones.
 - 2) Circulación sistémica que conecta el corazón con todos los tejidos del cuerpo.

Circulación pulmonar

- La sangre proveniente de los tejidos retorna a la aurícula derecha del corazón con muy poco oxígeno. Esa sangre pobre en oxígeno y rica en dióxido de carbono se bombea por el ventrículo derecho hacia la circulación pulmonar. Conforme sale del corazón el amplio tronco pulmonar se divide para dar origen a las dos arterias pulmonares, una para cada pulmón. Esas son las dos únicas arterias del cuerpo que conduce sangre pobre en oxígeno. Una vez en los pulmones, las arterias pulmonares se dividen en vasos cada vez más pequeños, que finalmente dan origen a una extensa red de capilares pulmonares, los cuales llevan la sangre a todos los alveolos del pulmón. Conforme la sangre circula a través de los capilares, el dióxido de carbono se difunde hacia afuera de la sangre e ingresa en los alveolos, mientras que el oxígeno presente en estos últimos se difunde hacia la sangre, de modo que cuando ésta

Circulación pulmonar

- Conforme la sangre circula a través de los capilares, el dióxido de carbono se difunde hacia afuera de la sangre e ingresa en los alveolos, mientras que el oxígeno presente en estos últimos se difunde hacia la sangre, de modo que cuando ésta ingresa en las venas pulmonares, que se dirigen hacia la aurícula izquierda del corazón, ya se encuentra cargada de oxígeno. Las venas pulmonares son las únicas venas del cuerpo que transportan sangre oxigenada.

Circulación pulmonar

En resumen, la sangre fluye a través de la circulación pulmonar en la siguiente secuencia:

Aurícula derecha → ventrículo derecho → arteria pulmonar →
Capilares pulmonares → vena pulmonar → aurícula izquierda

Circulación Sistémica

- El ventrículo izquierdo bombea hacia la **aorta**, la arteria de mayor diámetro en el cuerpo, la sangre que ingresa a la circulación sistémica. Las arterias que se derivan de la aorta conducen la sangre hacia todas las regiones del cuerpo.
- Algunas de las principales ramificaciones son las **arterias coronarias** que bañan el propio corazón; las **arterias carótidas**, que van al cerebro, las **arterias subclavias**, que van a la región del hombro, la **arteria mesentérica**, que va al intestino, las **arterias renales**, que bañan los riñones y las **arterias iliacas** que van hacia las piernas. Cada una de estas arterias origina varias ramificaciones de menor calibre, las cuales se subdividen en vasos cada vez más pequeños (como sucede con las ramas de los árboles) hasta que se llega a las redes capilares internas de cada tejido u órgano.

Circulación

- La sangre que regresa de las redes capilares del cerebro pasa a través de las venas yugulares.
- La sangre que proviene de los hombros y brazos se vacía en las venas subclavias, las cuales, como otras venas que retornan la sangre de las regiones superiores del cuerpo, se fusionan para integrar la vena cava superior, una vena de grueso calibre que vacía su contenido en la aurícula derecha. Las venas renales provenientes de los riñones, las venas iliacas de las extremidades inferiores, las venas hepáticas del hígado y otras venas de la porción inferior del cuerpo regresan la sangre hasta la vena cava inferior, que la envía también a la aurícula derecha.

Circulación

A manera de ejemplo de circulación a través de los vasos sistémicos, se describe la trayectoria de una gota de sangre desde el corazón hacia la pierna derecha y luego de regreso al corazón:

Aurícula izquierda → ventrículo izquierdo → aorta →
Arteria iliaca común derecha → arterias más delgadas de la pierna →
Capilares de la pierna derecha → venas delgadas de la pierna →
Vena iliaca común derecha → vena cava inferior → aurícula derecha →
Ventrículo derecho → hacia la circulación pulmonar

Circulación hacia el cerebro

- Son cuatro las arterias. Dos carótidas internas y dos vertebrales (ramificaciones de las arterias subclavias) que llevan sangre hacia el cerebro. En la base de éste, las ramificaciones de dichas arterias forman un circuito de arterias llamado circuito de Willis. De esa manera, en caso que alguna de las arterias que riegan el encéfalo se bloquee o dañe de alguna manera, el circuito arterial asegura que las neuronas cerebrales sigan oxigenándose a través de otros vasos. La sangre del cerebro regresa al corazón por la venas yugulares internas que corren a los lados del cuello y desembocan en la vena cava superior.

Circulación

- Sistema porta hepático: casi en todos los casos, la sangre pasa de las arterias a los capilares y luego a las venas. Sin embargo, una excepción de esa regla es el sistema porta hepático, que envía sangre rica en nutrientes al hígado. La sangre es conducida hasta el intestino delgado por la arteria mesentérica superior, luego conforme fluye a través de los capilares de la pared intestinal recoge glucosa, aminoácidos y otros nutrientes y enseguida ingresa en la vena mesentérica que desemboca en la vena porta hepática. En vez de ir directamente al corazón (como sucede con casi todas las venas), la vena porta envía los nutrientes al hígado.

Circulación sanguínea

Dentro de ese órgano, la vena da origen a una extensa red de diminutos senos sanguíneos, por los cuales circula la sangre, mientras las células hepáticas extraen los nutrientes y los almacenan. En última instancia, los senos hepáticos se fusionan para dar origen a las venas hepáticas, que envían su sangre a la vena cava inferior. Aunque está cargada con materiales nutritivos, la sangre llevada por la porta hepática contiene poco oxígeno, por esta razón, el hígado recibe sangre oxigenada a través de la arteria hepática.

Gasto cardiaco

- Cuando se escuchan los latidos del corazón mediante un estetoscopio, lo que se capta son los ruidos cardiacos principales. Algo como un “lup-dup” que se repite en forma rítmica. El primero de los ruidos, lub, es grave y apagado, con una duración bastante larga. Su causa es el cierre de las válvulas AV y marca el inicio de la sístole ventricular. A ese primer ruido le sigue otro más agudo, fuerte, definido y corto, dup, parecido al chasquido de los dedos. Este segundo ruido marca el cierre de las válvulas semilunares y el inicio de la diástole ventricular.
- La calidad de esos sonidos da un médico experimentado, una idea de las condiciones en que se encuentran las válvulas.

Ruidos cardiacos

- Cuando las válvulas semilunares están dañadas se alcanza a percibir un suave sonido (como “lub-shh”) en vez del sonido normal. Esto se conoce como soplo cardiaco y puede tener por causa cualquier lesión que haya afectado las válvulas, las cuales ya no cierran herméticamente al permitir que un poco de sangre fluya hacia atrás, entrando en los ventrículos durante la diástole.

Gasto cardiaco

- El volumen de sangre bombeado por cada ventrículo durante un latido recibe el nombre de volumen sistólico. Si este se multiplica por el volumen de latidos por minuto, el producto es el gasto cardiaco.
- El gasto cardiaco es el volumen de sangre bombeado por cada ventrículo en 1 min. Por ejemplo, es un adulto en reposo, el corazón late unas 72 veces por minuto y bombea unos 70 ml de sangre en cada contracción.

$$\begin{aligned}\text{Gasto cardiaco} &= \text{vol. Sistólico} \times \text{frecuencia cardiaca} = \\ &= \frac{70 \text{ ml}}{\cancel{\text{latido}}} \times \frac{72 \cancel{\text{latidos}}}{\text{minuto}} = 5040 \text{ ml/min}\end{aligned}$$

Un promedio de 5 L por minuto.

Gasto cardiaco

- El gasto cardiaco varía mucho conforme las necesidades del cuerpo. Durante el estrés o el ejercicio físico intenso, un corazón normal late 4 a 5 veces más rápido, de modo que se llegan a bombear hasta 25 L de sangre por min.
- El gasto cardiaco varía con los cambios en el volumen sistólico o la frecuencia cardiaca.
- La frecuencia cardiaca es el número de contracciones ventriculares por minuto.

Regulación de la frecuencia cardiaca

- El ritmo del corazón es controlado de manera muy precisa por el sistema nervioso. Los receptores sensoriales de las paredes de ciertos vasos sanguíneos y cámaras del corazón son sensibles a los cambios en la presión sanguínea. Al ser estimulados, dichos receptores envían mensajes hacia los centros de la médula cerebral. Estos centros mantienen el control de dos juegos de nervios autónomos que van al nodo SA. Los nervios simpáticos liberan noradrenalina, que acelera la frecuencia cardiaca e incrementa la fuerza de contracción. Los nervios parasimpáticos liberan acetilcolina, que reduce la frecuencia de los latidos y reduce la fuerza de cada contracción.

Regulación de la frecuencia cardiaca

- También hay hormonas que influyen en la frecuencia cardiaca. Durante las condiciones de estrés emocional, las glándulas suprarrenales secretan adrenalina y noradrenalina, las cuales aceleran el corazón. La temperatura corporal elevada también incrementa de modo significativo la frecuencia cardiaca, durante la fiebre, el corazón late más de 100 veces por minuto.

Pulso y presión arterial

- Se puede sentir el propio pulso al colocar las yemas de los dedos sobre la arteria de la muñeca o sobre la arteria carótida del cuello. El pulso arterial es la expansión alternante de las arterias. Cada vez que el ventrículo izquierdo bombea sangre hacia la aorta, la pared elástica de esta última se expande para dar cabida al líquido. Dicha expansión se desplaza a lo largo de la aorta y las arterias que se ramifican a partir de ella como si fuera una onda. Cuando la onda pasa, la pared arterial elástica recupera su diámetro normal. Cada vez que el corazón se contrae se inicia una onda de pulsación de modo que el número de pulsaciones que se cuentan por minuto equivale al número de latidos del corazón en ese lapso.

Pulso y presión arterial

- La presión arterial es la fuerza ejercida por la sangre contra las paredes internas de los vasos sanguíneos. Dicha presión tiene por fundamento el riego sanguíneo, el cual depende directamente de la acción de bombeo del corazón. Cuando el gasto cardiaco aumenta, también se eleva el riego, lo cual hace que la presión arterial se incremente; en forma contraria, cuando el gasto cardiaco disminuye, el riego se reduce y eso abate la presión arterial. El volumen de sangre que está fluyendo a través del sistema también afecta la presión arterial.

Pulso y presión arterial

- Cuando dicho volumen se reduce a causa de una hemorragia o un sangrado crónico, la presión disminuye; de manera contraria, cuando el volumen sanguíneo aumenta, la presión arterial asciende. Por ejemplo, cuando se consume mucha sal con los alimentos, el cuerpo tiende a retener más agua, lo que incrementa el volumen de sangre y eleva la presión.

Pulso y presión arterial

- La presión arterial se eleva durante la sístole y disminuye en la diástole. La presión arterial normal de un adulto joven es de aproximadamente 120/80 mmHg. Lo que se determina por medio del esfigmomanómetro. La presión sistólica está indicada por el numerador del cociente, mientras que la diastólica se representa por el denominador. Si la presión diastólica mide consistentemente más de 95 mmHg, lo más probable es que la persona padezca presión arterial alta o hipertensión. La causa de la hipertensión arterial suele ser el aumento de la resistencia vascular, sobre todo en las arterias pequeñas y arteriolas.

Presión arterial

- La presión arterial se eleva durante la sístole y disminuye durante la diástole.
- La presión arterial normal de un adulto joven es de 120/80 mmHg, que se determina por medio del esfigmomanómetro.



Presión arterial

- Eso incrementa la carga de trabajo del corazón, que debe bombear contra una mayor resistencia, lo que da como resultado que el ventrículo izquierdo crezca en forma anormal y pueda llegar a deteriorarse funcionalmente.
- Los factores más importantes que determinan la hipertensión son: hereditarios, obesidad y consumo de excesivo de sal.
- La presión arterial es mucho más elevada en las grandes arterias que en los vasos de pequeño calibre y los capilares. Para el momento en que la sangre entra en las venas, su presión ya es muy baja, casi cero en algunos casos.

Presión arterial

- Una persona que se mantiene de pie durante mucho tiempo y en total quietud, acumula sangre en la venas de la piernas, lo cual se debe a que cuando están repletas de sangre, las venas ya no pueden aceptar más sangre proveniente de los capilares, por lo que la presión dentro de éstos aumenta, lo cual determina la salida de grandes volúmenes de plasma hacia los tejidos a través de las paredes de los capilares. En tan solo unos minutos, hasta 20 % del volumen sanguíneo sale de la circulación de esa manera, lo que tiene efectos drásticos. Primeramente, la presión arterial disminuye en forma notable, de manera que el aporte sanguíneo hacia el cerebro se reduce.

Presión arterial

- En algunos casos, la falta de oxígeno en el cerebro provoca desmayo, lo que es una reacción protectora encaminada a restablecer el riego normal del cerebro.
- Levantar a una persona que se desmayó por esa causa puede ocasionarle un choque circulatorio y hasta la muerte.
- Cada vez que una persona se incorpora desde una posición horizontal hay cambios en la presión arterial, por lo que el cuerpo tiene varios mecanismos complejos que interactúan para mantener la presión arterial estable, ya que de lo contrario habría desvanecimientos cada vez que la persona se levantara de la cama por la mañana o cada vez que cambiara d posición durante el día.

Sistema linfático

Además del sistema circulatorio sanguíneo, los vertebrados poseen un sistema linfático que es un subsistema del sistema circulatorio. El sistema linfático realiza tres funciones importantes:

- 1) Colectar y regresar el líquido intersticial a la sangre.
- 2) Defender al cuerpo contra los organismos patógenos a través de los mecanismos inmunitarios.
- 3) Absorber lípidos del aparato digestivo.

Organización del sistema linfático:

El sistema linfático consta de:

Sistema linfático

- 1) Una extensa red de vasos linfáticos que conducen linfa, el líquido acuoso transparente que se forma a partir del líquido intersticial y
- 2) Tejido linfático, un tipo de tejido conectivo que presenta grandes cantidades de linfocitos.

El tejido linfático está organizado en pequeñas masas que se denominan nódulos linfáticos y nodos linfáticos. Las amígdalas y adenoides son ejemplos de tejido linfático; el timo y el bazo, que constan principalmente de tejido linfático también se consideran parte de ese sistema.

Los diminutos capilares ciegos de sistema linfático se extienden principalmente por todos los tejidos del cuerpo. Dichos capilares convergen para formar vasos linfáticos mayores (venas linfáticas), no existen arterias linfáticas.

Sistema linfático

- El líquido intersticial ingresa en los capilares linfáticos y a través de ellos es conducido hasta los vasos linfáticos. En ciertos puntos del cuerpo, donde los vasos se comunican con los nódulos donde la linfa se filtra; en esas estructuras se eliminan las bacterias y cualquier otra materia dañina. Luego, la linfa fluye a través de los vasos que salen de los nódulos. Los vasos linfáticos provenientes de todas las partes del cuerpo se dirigen hacia la región de los hombros, donde se unen al sistema circulatorio mediante conductos que se localizan en la base de las venas subclavias, el conducto torácico en el lado izquierdo y el conducto linfático derecho en el lado opuesto.

Sistema linfático

- En el caso de los mamíferos, son los vasos linfáticos los que impulsan la linfa a todo su largo. La presencia de válvulas dentro de los vasos linfáticos impide que la linfa fluya hacia atrás.
- La velocidad de flujo de la linfa es baja y variable, pero el aporte linfático total es de unos 100 ml cada hora (una velocidad más lenta en comparación con los 5 L por minuto del sistema vascular sanguíneo).

Enfermedades cardiovasculares

- Las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causas de muerte. En la mayor parte de los casos, los decesos ocurren como resultado de alguna complicación de la aterosclerosis (endurecimiento de las arterias como consecuencia de la acumulación de lípidos en su interior). Aunque la aterosclerosis puede afectar prácticamente cualquier arteria, suele ocurrir en la aorta y en las arterias coronarias y cerebrales. Cuando sucede en las arterias cerebrales el resultado es una apoplejía, a la que se le da el nombre de ataque cerebral.
- Al parecer no existen causas específicas de aterosclerosis, pero se han identificado varios factores importantes de riesgo:

Enfermedades cardiovasculares

1. Concentraciones elevadas de colesterol en la sangre, las cuales suelen relacionarse con dietas ricas en calorías totales, grasas totales, grasas saturadas y colesterol.
2. Hipertensión. Entre más alta es la presión arterial, los riesgos son mayores.
3. Tabaquismo. Los riesgos de contraer aterosclerosis son de dos a seis veces mayores entre quienes fuman que entre quienes no lo hacen, dichos riesgos son directamente proporcionales al número de cigarrillos que se fuman al día.
4. Diabetes sacarina. Un trastorno endocrino en el que la glucosa no es metabolizada normalmente. Los riesgos de aterosclerosis también aumentan con la edad.

Enfermedades cardiovasculares

- Los riesgos de aterosclerosis también aumentan con la edad.
- Se piensa que los estrógenos ofrecen cierta protección a las mujeres hasta que la menopausia, cuando disminuye la concentración de dichas hormonas en el cuerpo.
- Otros factores que se investigan son obesidad, predisposición hereditaria, falta de ejercicio físico, estrés y patrones de comportamiento habitual y dietéticos como los excesos en el consumo de sal o azúcar refinada.
- En la aterosclerosis, los lípidos se depositan en las células musculares lisas de las paredes arteriales, de modo que dichas células proliferan y el recubrimiento interno se vuelve más grueso. Luego, cantidad de lípidos, sobretudo colesterol derivado de las lipoproteínas de baja densidad aumenta en las paredes arteriales.

Enfermedades cardiovasculares

- Por último, comienza a depositarse calcio ahí, lo que contribuye a la lenta formación de una placa dura. Conforme esa placa de va formando, las arterias pierden su capacidad de estirarse cuando las llena la sangre y se van ocluyendo progresivamente (se tapan), como se aprecia en la figura. Al irse estrechando la arteria, cada vez pasa menos sangre a través de ella hacia los tejidos que irriga, los cuales se tornan isquémicos (padecen insuficiencia sanguínea). En tales condiciones, el tejido empieza a carecer de oxígeno necesario para su funcionamiento normal.
- Cuando una arteria coronaria se estrecha, una de las consecuencias probables es la enfermedad cardíaca isquémica.

Enfermedades cardiacas

- En otras palabras, durante la actividad normal llega suficiente oxígeno hasta el tejido cardiaco pero el aumento de la demanda de oxígeno cuando se realiza ejercicio físico o se experimenta estrés emocional da por resultado un dolor que se conoce como angina de pecho. Las personas que padecen esa afección suelen llevar consigo píldoras de nitroglicerina, las cuales se utilizan durante un ataque. Esta substancia dilata las venas, de modo que reduce la cantidad de sangre que retorna al corazón, con lo que el corazón trabaja menos intensamente y, en última instancia se reduce su demanda de oxígeno. La nitroglicerina también dilata un poco las arterias coronarias lo que permite que llegue un poco más de sangre al músculo cardiaco.

Enfermedades cardiovasculares

- El infarto al miocardio es una forma más grave de la enfermedad cardíaca isquémica que en muchos casos provoca la muerte. Esta afección suele ser consecuencia de un repentino descenso del aporte sanguíneo coronario. La porción del músculo cardíaco que ya no recibe oxígeno muere en pocos minutos, lo que se denomina infarto. El término infarto al miocardio es sinónimo de ataque cardíaco. No existe un acuerdo a la fecha en lo que se refiere a los factores que desencadenan la repentina disminución del riego sanguíneo, que es causa del infarto.

Enfermedades cardiovasculares

- Se piensa que en algunos casos, un episodio de isquemia provoca una arritmia mortal, como es la fibrilación ventricular, una condición en la cual los ventrículos se contraen tan rápidamente que ni siquiera bombean sangre.
- En otros casos puede haber formación de un trombo (coágulo interno) en las arterias coronarias enfermas.
- Puesto que la superficie interna de la arteria ya es áspera, las plaquetas se adhieren a ella e inician la coagulación. Si el trombo ocluye una rama importante de las coronarias, el flujo hacia la región cardiaca bañada por dicha rama se suspende parcial o totalmente, lo que se denomina trombosis coronaria.

Enfermedades cardiovasculares

- Si dicha trombosis impide por completo el flujo de sangre hacia una región extensa del músculo cardiaco, lo más probable es que el corazón deje de latir, lo que se denomina paro cardiaco y la persona muere minutos después.
- Cuando solo una parte del corazón se afecta, sin embargo, el oxígeno puede seguir funcionando.
- Las células de la región privada de oxígeno mueren y luego se reemplaza tejido de cicatrización.

Autoevaluación

1. Es la arteria de mayor diámetro en el cuerpo.
2. Es la principal función de la sangre.
3. Pigmento de transporte de oxígeno de la sangre.
4. Células de la sangre encargadas de la defensa del organismo contra organismos invasores.
5. Células sanguíneas que contienen hemoglobina.
6. Fragmentos celulares que participan en la coagulación de la sangre.
7. Órganos donde la sangre se carga de oxígeno.
8. Es el líquido de color amarillo claro de la sangre, en el que se encuentran suspendidas las células sanguíneas.
9. Son vasos sanguíneos que se ramifican y vuelven a ramificar llevando sangre desde el corazón hacia a todos los órganos del cuerpo.

Autoevaluación

10. Vasos sanguíneos que conducen la sangre de regreso al corazón.
11. Arterias que bañan el corazón
12. Arterias que van hacia el cerebro
13. Arterias que van a la región del hombro
14. Arteria que va al intestino
15. Arterias que bañan los riñones
16. Arterias que van hacia las piernas
17. Venas por las que atraviesa la sangre que regresa de las redes capilares del cerebro.

Autoevaluación

18. Sistema cuya función es defender al cuerpo contra los organismos patógenos a través de los mecanismos inmunitarios.
19. La sangre que proviene de los tejidos y retorna a la aurícula derecha del corazón es:
20. Únicas dos arterias del cuerpo que conducen sangre pobre en oxígeno.
21. El volumen de sangre en una persona de 60 es aproximadamente de :
22. Arteria hacia la que el ventrículo izquierdo bombea la sangre:
23. Son cámaras del corazón que reciben la sangre que proviene de los tejidos.
24. Son cámaras del corazón que bombean la sangre hacia las arterias.

Autoevaluación

25. Son vasos sanguíneos minúsculos que se observan en los tejidos y permiten el intercambio de materiales entre éstos y la sangre.
26. Vasos sanguíneos de paredes gruesas encargados de conducir la sangre desde el corazón hasta los órganos del cuerpo.
27. Vaso sanguíneo que conduce la sangre de los tejidos al corazón.
28. Nombre que recibe la válvula auriculoventricular derecha.
29. Saco de tejido conectivo que rodea al corazón.

Respuestas

1. Aorta
2. Llevar oxígeno hacia las células.
3. Hemoglobina
4. Leucocitos o glóbulos blancos.
5. Eritrocitos o glóbulos rojos
6. Plaquetas
7. Pulmones.
8. Plasma
9. Arterias
10. Venas
11. Arterias coronarias
12. Arterias carótidas
13. Arterias subclavias
14. Arteria mesentérica

Respuestas

15. Arterias renales
16. Arterias iliacas
17. Venas yugulares
18. Linfático.
19. Pobre en oxígeno y rica en dióxido de carbono.
20. Arterias pulmonares
21. 4.8 litros.
22. Aorta.
23. Aurículas
24. Ventrículos.
25. Capilares.
26. Arterias
27. Venas.
28. Tricúspide.
29. Pericardio.

Bibliografía

- Biología.

Villee, Claude. Salomon Pearl, Elcka. Martin E, Charles.

Editorial: Interamericana/McGraw-Hill.

1992.