

Universidad del Sureste.

Campus Tuxtla Gutiérrez.

Iris Rubí Vázquez Ramírez.

Lic. En medicina humana.

Segundo semestre.

Aparato cardiovascular: la sangre.

Fisiología.

Dra. Magalli Guadalupe Escarpulli Siu.

Lunes 17 de mayo del 2021.

APARATO

• Cardiovascular:

la sangre

1. Funciones y propiedades

La sangre es un tejido conectivo compuesto por una matriz extracelular de líquido llamada plasma, en la cual se disuelven diversas sustancias y se encuentran numerosas células y fragmentos celulares en suspensión. El líquido intersticial es el que baña las células del organismo y es constantemente renovado por la sangre.

La sangre tiene tres funciones generales:

- **Transporte:** transporta oxígeno, desde los pulmones hacia las células del cuerpo y dióxido de carbono desde las células hacia los pulmones, para exhalarlo con la espiración. También lleva nutrientes desde el

Tracto gastrointestinal hacia las células y hormonas desde las glándulas endocrinas hacia otras células. Por último, transporta calor y productos de desecho hacia diferentes órganos para que sean eliminados del cuerpo.

- **Regulación:** la sangre circulante ayuda a mantener la homeostasis de todos los líquidos corporales. Ayuda a regular el pH por medio de la utilización de sustancias amortiguadoras. También contribuyen en el ajuste de la temperatura corporal a través de las propiedades refrigerantes y de absorción de calor del agua presente en el plasma y su flujo variable a través de la piel.

Scribe

Asimismo, la presión osmótica de la sangre influye en el contenido de agua de las células, principalmente por las interacciones entre los iones disueltos y las proteínas.

- **Protección:** La sangre puede coagularse, lo cual previene su pérdida excesiva del sistema circulatorio tras una lesión. Sus glóbulos blancos nos protegen de las enfermedades llevando a cabo la fagocitosis.

Características.

La sangre es más densa y viscosa que el agua, y al tacto resulta levemente pegajosa. Su temperatura es de 38°C , y tiene un pH ligeramente alcalino cuyo valor se encuentra entre 7,35 y 7,45.

El calor en la sangre varía con su contenido de oxígeno. Cuando está saturada es rojo brillante, y cuando está insaturada es rojo oscuro. Constituye aproximadamente el 20% del líquido extracelular, y alcanza el 8% de la masa corporal total. El volumen sanguíneo varía entre 4 y 6 litros promedio.

Diversas hormonas, reguladas por mecanismos de retroalimentación negativa aseguran que tanto el volumen como la presión osmótica de la sangre se

mantengan relativamente constante las hormonas aldosterona, antidiurética y el péptido natriurético auricular tienen especial importancia al regular la cantidad de agua excretada en la orina.

Componentes

La sangre tiene dos componentes:

- **Plasma sanguíneo**: es un líquido citrino que constituye en un 55% de la sangre. Está compuesto por alrededor de un 91,5% de agua, y un 8,5% de solutos, la mayoría de los cuales son proteínas, denominadas proteínas plasmáticas.

Los hepatocitos sintetizan gran parte de las proteínas plasmáticas, como la albúmina, las globulinas y el fibrinógeno. Ciertas células de la sangre se transforman en células productoras de gammaglobulinas, un tipo importante de globulina.

Estas proteínas plasmáticas también se llaman anticuerpos o inmunoglobulinas porque se producen durante respuestas inmunitarias.

Otros solutos plasmáticos incluyen electrolitos, nutrientes, sustancias reguladoras como enzimas y hormonas.

gases, y productos de desecho como urea, ácido úrico, creatinina, amoníaco y bilirrubina

• Elementos morposculares.

Incluyen tres componentes principales: glóbulos rojos (GR) o eritrocitos, glóbulos blancos (GB) o leucocitos y plaquetas. Los GR y las plaquetas tienen tan sólo unas pocas funciones, pero los GB tienen un gran número de funciones especializadas. Hay distintos GB (neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos) cada uno con su diferente aspecto microscópico.

El porcentaje del volumen de la sangre ocupado por GR se denomina hematocrito; un hematocrito de 40 indica que el 40% del volumen sanguíneo está compuesto por GR. El rango normal de hematocrito es de 38 - 54% (promedio = 42 en mujeres y 47 en hombres). La testosterona estimula la síntesis de eritropoyetina (EPO), que a su vez estimula la producción de GR; por eso hay mayor hematocrito en hombres. Valores más bajos en las mujeres durante la etapa productiva puede deberse a la pérdida de sangre durante la menstruación.

Una caída significativa del hematocrito indica anemia, mientras que la politemia es anormalmente alta. Esto incrementa la viscosidad de la sangre, aumentando la resistencia al flujo y dificultando su bombeo por parte del corazón. También puede constituir a la hipertensión arterial y al riesgo aumentado de accidentes vasculares.

2- Formación de las células sanguíneas.

La mayoría de los elementos corpusculares de la sangre viven sólo horas, días o semanas, y deben ser continuamente reemplazados.

Los GB y plaquetas se regulan por sistema de retroalimentación negativa que permiten que los valores permanezcan estables. La abundancia de los diferentes tipos de GB varía según la exposición a patógenos invasores y otros antígenos exógenos.

El proceso por el cual los elementos corpusculares sanguíneos se desarrollan es por hematopoyesis. Antes del nacimiento la hematopoyesis se produce primero en el saco vitelino embrionario, y más tarde en el hígado, el bazo, el timo y

los ganglios linfáticos fetales. La médula ósea roja se convierte en el órgano hematopoyético primario durante los últimos tres meses antes del nacimiento, y continúa como la fuente principal de células sanguíneas después del nacimiento y durante toda la vida.

La médula ósea roja es un tejido conectivo altamente vascularizado localizado en los espacios microscópicos entre las trabéculas del hueso esponjoso. Está presente casi exclusivamente en los huesos del esqueleto axial, en la cintura escapular y pelviana, y en las epífisis proximales del húmero y fémur. Las células de la médula ósea roja derivan de células mesenquimatosas llamadas células madre pluripotenciales, y tienen la capacidad de diferenciarse en diversos tipos celulares. En determinadas circunstancias como hemorragia, la médula ósea amarilla puede convertirse en médula ósea roja por extensión de esta última sobre la primera, y repoblarla de células pluripotenciales.

Las células madre de la médula ósea roja se reproducen, proliferan y se diferencian en células que dan origen a las células de la sangre, macrófagos, células reticulares, mastocitos y adipocitos. Una vez producidas las células sanguíneas

en la médula ósea, entra en los vasos sanguíneos y abandonan el hueso a través de las venas nutricias y periosteicas. Exceptuando a los linfocitos, los elementos corpusculares no se dividen después de abandonar la médula. Para formar células sanguíneas, las células madre pluri potenciales o troncales de la médula producen células madre mieloides y linfoides, que tienen la capacidad de transformarse en varios tipos celulares.

Durante la hematopoyesis, algunas de las células mieloides se diferencian en células progenitoras. Otras células mieloides y las células linfoides desarrollan directamente células precursoras. Las células progenitoras no son capaces de reproducirse y están comprometidas a dar origen a elementos más especializados.

Algunas células progenitoras son conocidas como unidades formadoras de colonias (UFC). La UFC-E produce eritrocitos (GR), la UFC-Meg produce megacariocitos, fuentes de las plaquetas, y la UFC-GM produce granulocitos y monocitos.
Las células de la siguiente generación

se conocen como células precursoras o blastos. Tras varias divisiones celulares, estas últimas desarrollan los elementos corpusculares de la sangre.

Los factores de crecimiento hematopoyéticos regulan la diferenciación y proliferación de determinadas células progenitoras.

La eritropoyetina o EPO aumenta el número de precursores de GR. Se produce principalmente en células situadas entre los túbulos renales.

La trombopoyetina o TPO es una hormona producida por el hígado que estimula la formación de plaquetas por parte de los megacariocitos. Diversas citocinas regulan el desarrollo de los diferentes tipos de células sanguíneas. Las citocinas son glucoproteínas producidas por células de la médula ósea roja, leucocitos, macrófagos, fibroblastos y células endoteliales. Actúan como hormonas locales.

3- Glóbulos rojos

Los GR o eritrocitos contienen la proteína transportadora de oxígeno, la hemoglobina, el pigmento que le da a la sangre su color rojo.

Una persona adulta tiene en promedio de 4,8 a 5,4 millones de glóbulos rojos por microlitro (μL) de sangre. Para mantener el número normal de GR, deben entrar a la circulación nuevas células maduras, por lo menos 2 millones por segundo, equiparando la destrucción de GR.

Anatomía de los GR.

Los GR son discos biconcavos de un diámetro de 7-8 μm . Los GR maduros tienen una estructura simple. Su membrana plasmática es resistente y flexible, lo que le permite deformarse sin romperse mientras se comprimen en su recorrido por los capilares estrechos. Ciertos glucolípidos de la membrana plasmática de los GR son los antígenos determinantes de los diversos grupos sanguíneos, como ABO y el Rh. Los GR carecen de núcleo y otros orgánulos y no pueden reproducirse ni llevar a cabo actividades metabólicas complejas.

Fisiología de los GR

Están muy especializados para su función de transporte de oxígeno. No tienen núcleo, todo su espacio interno está disponible para esta función. Como carecen de mitocondrias y generan ATP en forma anaeróbica, no utilizan nada de lo que transportan. Cada GR contiene al rededor de 280 millones de moléculas de hemoglobina. Mientras la sangre fluye por los capilares tisulares, la reacción hierro-oxígeno se revierte. La hemoglobina libera el oxígeno, el cual difunde primero al líquido intersticial y luego hacia las células.

La hemoglobina también transporta al rededor del 23% del todo el dióxido de carbono. La circulación de la sangre a través de los capilares tisulares capta el dióxido de carbono, parte del cual se combina con los aminoácidos de la porción globínica de la hemoglobina.

Mientras la sangre fluye a través de los pulmones, el dióxido de carbono es liberado de la hemoglobina y luego exhalado. La hemoglobina también está involucrada en la regulación del flujo sanguíneo y la tensión arterial. El óxido nítrico (NO), un gas con función hormonal producido por las células endoteliales que revisten los vasos sanguíneos, se une a la hemoglobina.

En ciertas circunstancias, la hemoglobina libera NO. Esto causa vasodilatación, un aumento del diámetro del vaso sanguíneo que se produce por la relajación del músculo liso vascular. La vasodilatación mejora el flujo sanguíneo y aumenta el aporte de oxígeno a las células en el sitio de liberación del NO.

Ciclo vital de los GR

Los glóbulos rojos circulan aproximadamente 120 días una vez que salen de la médula ósea roja y luego son fagocitados por los macrófagos. El ciclo se produce de la siguiente manera:

- 1- Los macrófagos del bazo, hígado o médula ósea roja fagocitan GR lisados y envejecidos.
- 2- La porción de la globina y del hemo se separan.
- 3- La globina se degrada a aminoácidos, los cuales pueden ser reutilizados para sintetizar otras proteínas.
- 4- El hierro se elimina de la porción hemo en Fe^{3+} .
- 5- En las fibras musculares, C. hepa-

licas y macrófagos del bazo e hígado, el Fe^{3+} se libera de la transferrina y se asocia con una proteína de depósito (ferritina).

6- El Fe^{3+} se vuelve a combinar con la transferrina.

7- El Fe^{3+} es transportado hacia la médula ósea roja, donde es captado por endocitosis mediada por receptores para la síntesis de hemoglobina.

8- La eritropoyesis en la médula ósea roja induce a la producción de GR, y entran a la circulación.

9- Cuando el hierro es eliminado del hemo, su porción férrica se convierte en biliverdina y se transporta al hígado.

10- En el hígado, la biliverdina es liberada por células hepáticas en la bilis, la cual pasa al intestino delgado y grueso.

11- En el intestino grueso, las bacterias la convierten en urobilinoígeno, que luego se convierte en urobilina que es excretada en la orina y heces.

Eritropoyesis

Empieza en la médula ósea roja con proeritoblastos, los cuales se dividen varias veces, produciendo células que empiezan a sintetizar hemoglobina. Finalmente una célula se deshace de su núcleo y se convierte en reticulocito. La pérdida del núcleo provoca la hendidura del centro de la célula.

Los reticulocitos retienen algunas mitocondrias, ribosoma y retículo endoplasmático. Pasan de la médula ósea roja hacia la circulación, desplazándose entre las células endoteliales de los capilares sanguíneos. Los reticulocitos maduran y se transforman en glóbulos rojos 1 o 2 días después de salir de la médula ósea.

Su control depende del oxígeno aportado a los tejidos. La deficiencia celular de oxígeno, se llama hipoxia.

4- Glóbulos blancos.

Tienen núcleo y otros orgánulos pero contienen hemoglobina y se dividen:

Leucocitos granulocitos

- Neutrófilos: son pequeños, se

distribuyen en forma pareja y son de color violeta claro. El núcleo presenta de 2-5 lóbulos conectados por finas hebras de cromatina. A medida que las células envejecen, el número de lóbulos nucleares aumenta. Dado que los neutrófilos más antiguos tienen lóbulos nucleares de forma polimorfo nucleares.

- **Eosinófilos:** Los gránulos grandes y uniformes de los eosinófilos presentan eosinofilia. Los gránulos normalmente no cubren u ocultan el núcleo, el cual suele mostrar dos lóbulos conectados por una gruesa hebra de cromatina.

- **Basófilos:** Los gránulos redondeados y de variable tamaño de los basófilos presentan basofilia. Sus gránulos carecen de núcleo, el cual tiene dos lóbulos.

Leucocitos agranulares.

- **Linfocitos:** Su núcleo es redondo o levemente hendido y se tñe de forma intensa. Se clasifica como pequeños o grandes según su diámetro celular. El número de linfocitos grandes tiene

importancia diagnóstica en infecciones virales agudas y en ciertas inmunodeficiencias.

- **Monocitos.** El núcleo tiene forma de riñón o herradura, y el citoplasma es azul-grisáceo y de apariencia espumosa. El color y la apariencia es debido a sus gránulos azurófilos. La sangre transporta monocitos desde la circulación a los tejidos, donde aumentan de tamaño y se diferencian a macrófagos (fijos o circulantes).

Funciones de los GB

Durante el periodo de infección, los GB fagocíticos pueden llegar a vivir apenas unas horas.

Una vez que los patógenos ingresaron al cuerpo, la función general de los glóbulos blancos es combatirlos a través de la fagocitosis. Para ello muchos GB abandonan la circulación y se acumulan en el sitio de invasión del patógeno o de inflamación.

Los neutrófilos y macrófagos; pueden ingerir bacterias y desechos de materia inanimada.

Los eosinófilos liberan enzimas, como

la histamina que combate los efectos de la histamina y otras sustancias involucradas en la inflamación durante las reacciones alérgicas. También atacan complejos antígeno-anticuerpo y son efectivos ante ciertos parásitos.

La función de los basófilos es similar a la de los mastocitos, liberan sustancias que intervienen en la inflamación, como heparina, histamina y proteasa. Están ampliamente distribuidos por el cuerpo, particularmente en los tejidos conectivos de la piel y membranas mucosas de los tractos respiratorios y digestivo.

Los linfocitos son los soldados destacados en la batalla del sistema inmunitario.

La mayoría se mueve constantemente entre los tejidos linfoides, la linfa y la sangre. Los tres tipos principales son: las células B, T y las citolíticas naturales (NK). Las células B son efectivas en la destrucción de bacterias e inactivación de sus toxinas. Las células T atacan virus, hongos, células transplantadas, células cancerosas y algunas bacterias, y son responsables de las reacciones transfuncionales, las reacciones alérgicas y el rechazo de órganos transplantados. Las células NK atacan a una amplia variedad de microbios infecciosos.

y otras células tumorales de surgimiento espon-áneo.

5- Plaquetas

Bajo la influencia de la trombopoietina, las células madre mieloides se convierten en unidades formadoras de colonias megacarioblastos, los cuales se transforman en megacariocitos. Cada fragmento, encerrado por una porción de membrana plasmática, es una plaqueta. Son liberadas desde los megacariocitos en la médula ósea roja, y después entran a la circulación sanguínea. Sus gránulos contienen sustancias que promueven a la coagulación de la sangre. Las plaquetas contribuyen a frenar la pérdida de sangre en los vasos sanguíneos dañados formando un "tapón". Su promedio de vida es breve, entre 5 y 9 días. Las plaquetas muertas y envejecidas son eliminadas por los macrófagos esplénicos y hepáticos.

6- Hemostasia

Es una reacción que detiene el sangrado. Ocurre cuando los vasos sanguíneos se dañan o rompen, la respuesta hemostática debe ser rápida, directa al foco de la lesión y cuidada de manera controlada pero efectiva, se divide en tres mecanismos:

1- **Vasoespasmo**. Ocurre cuando una arteria o arteriolas se lesionan, el músculo liso de sus paredes se contrae en forma inmediata. Mediante este proceso se reduce la pérdida de sangre durante varios minutos y hasta varias horas, tiempo en el cual los mecanismos homeostáticos se ponen en marcha.

2- Formación del tapón plaquetario.

a) adhesión plaquetaria: las plaquetas entran en contacto y se adhieren a las partes lesionadas de un vaso sanguíneo.

b) liberación plaquetaria: las plaquetas se activan y sus características cambian drásticamente, y comienzan a liberar contenidos de sus vesículas la serotonina y el tromboxano TX_2 funcionan como vasoconstrictores, que producen y mantienen la con-

tracción del músculo liso vascular, con lo que disminuye el flujo sanguíneo por el vaso lesionado.

d) Agregación plaquetaria: es la liberación de ADP y hace que otras plaquetas circundantes se vuelven más adherentes. Finalmente, la acumulación y el acoplamiento de grandes números de plaquetas forman una masa (tapon plaquetario).

3- **Coagulación** La sangre se mantiene en forma líquida siempre y cuando permanezca dentro de los vasos. Pero si se extrae del cuerpo, se espesa y forma un gel que es separado del suero, el gel se denomina coágulo. Y está formado por fibrina en la cual quedan atrapados en los elementos corpusculares.

a) factores de coagulación: incluye iones de calcio (Ca^{2+}), enzimas inactivas sintetizadas por hepatocitos y liberadas la circulación, y varias moléculas asociadas a las plaquetas o liberadas por tejidos dañados.

Proceso de coagulación:

- a) La vía extrínseca y la vía intrínseca llevan a la formación de la protrombinasa.
- b) La protrombinasa convierte a la protrombina en la enzima trombina.
- c) La trombina convierte el fibrinógeno soluble en fibrina insoluble. Esta forma la trama del coágulo.

Vía extrínseca.

El factor tisular (Ff), también conocido como tromboplastina, se filtra en las células del exterior de los vasos hacia la sangre e inicia la formación de protrombinasa.

Vía intrínseca.

Sus activadores están en contacto directo con la sangre o se encuentran en ella, no es necesario que el tejido circundante esté lesionado.

Vía común

Se inicia por la formación de protrombinasa. En la 2da etapa, junto con el Ca^{2+} catalizan la conversión de protrombina en

trombina. En la 3ra etapa, la trombina y el Ca^{2+} , convierten el fibrinógeno soluble en insoluble.

Vitamina K

La coagulación depende de los niveles adecuados de vitamina K. Es necesario para la síntesis de 4 factores de coagulación.

Es producida por bacterias que colonizan el intestino grueso, es una vitamina liposoluble que se absorbe a través de la mucosa intestinal hacia la sangre.