



Tema 4. Nutrición II: El sistema cardiovascular.

4.1. EL MEDIO INTERNO.

Los organismos unicelulares obtienen el alimento y el oxígeno que necesitan para respirar del medio acuoso en el que viven (medio externo), al que expulsan también los productos de desecho de su metabolismo.

La pluricelularidad conlleva indudables ventajas, pero a su vez implica nuevas necesidades: las células del interior del organismo ya no pueden realizar sus intercambios directamente con el medio externo por lo que precisan un **medio interno** que sustituya al externo y que, como aquél, las rodee.

A su vez, el medio interno debe renovarse continuamente para mantener constantes sus condiciones: composición, temperatura, pH, etc. Los complejos procesos fisiológicos coordinados que tienen lugar para mantener este **equilibrio dinámico**, reciben el nombre de **homeostasis** (de *homeos*, igual y *stasis*, estado).

Equilibrio dinámico: todo cambia para que todo permanezca. Por ejemplo, nuestras células retiran glucosa del medio para obtener energía, sin embargo, la concentración de esta sustancia en sangre no varía porque los mecanismos de la homeostasis hacen que el hígado libere la que tiene almacenada para mantener dicha concentración. Otro ejemplo: si la concentración de dióxido de carbono aumenta en sangre por encima de un determinado valor, los mecanismos de homeostasis actuarán de modo que se incrementará la ventilación pulmonar y la frecuencia cardíaca con el fin de expulsar este gas con más eficacia. La situación se mantendrá hasta que se hayan alcanzado los valores adecuados.

El medio interno en el ser humano está formado fundamentalmente por el **plasma intersticial** (líquido intercelular o líquido tisular), la **linfa** y la **sangre**, existiendo una interdependencia entre ellos (ver esquema).

El plasma intersticial se origina a partir de la sangre, por filtración a través de los capilares sanguíneos. Como su nombre indica, se encuentra en los intersticios o huecos presentes entre las células, bañándolas. La porción de plasma, fundamentalmente agua, que no retorna a los capilares, es recogida y canalizada (drenada) por los vasos linfáticos y constituye la linfa, que será vertida posteriormente a la sangre.

El volumen normal de la sangre en un individuo (normovolemia) es de unos 5 litros. Dicha cantidad puede disminuir (hipovolemia) como consecuencia de hemorragias o tras un estado prolongado de sudoración, diuresis (orina) o diarrea, o bien puede aumentar, como en los individuos que viven a alturas elevadas o durante el embarazo.

La sangre circula por un **círculo cerrado** de conductos y es impulsada por una bomba muscular. Por su parte, la linfa circula por otro sistema de tubos y no posee un sistema impulsor semejante al corazón [Las ranas sí tienen corazones linfáticos].

4.2. LA SANGRE: COMPOSICIÓN Y FUNCIONES

Funciones de la sangre:

1) Suministra a las células los nutrientes y el oxígeno que necesitan para su crecimiento, reparación y demás actividades vitales.

2) Transporta desechos metabólicos: para su eliminación transporta el dióxido de carbono y otros productos de desecho del metabolismo celular (urea, bilirrubina...).

3) **Transporta hormonas:** las hormonas (mensajeros químicos) son elaboradas por las células de las glándulas endocrinas que las vierten directamente a la sangre, que las distribuirá por todo el organismo.

4) **Termorreguladora:** ayuda a mantener y regular la temperatura corporal al distribuir el calor desde donde se produce hasta donde se necesite, o bien lo lleva a la superficie del cuerpo para que sea eliminado y refrigerado al organismo. Esto es así gracias a los cambios de diámetro de muchos vasos sanguíneos que permiten "llevar" la sangre a determinadas zonas y "retirla" de otras en función de las necesidades. Como la sangre está constituida en parte por agua, este líquido por su alto calor específico tiene mucha inercia a la hora de ganar o perder calor y ayuda a mantener estable la temperatura corporal.

5) **Defensiva:** los glóbulos blancos, los anticuerpos y sustancias protectoras que contiene y transporta la sangre, defienden al organismo contra las infecciones y lesiones.

Las paredes de los capilares sanguíneos son permeables al agua y a los componentes plasmáticos de bajo peso molecular (pequeño tamaño). A su través se producen continuos intercambios de sustancias con el plasma intersticial. Se calcula que en un minuto se intercambia cerca del 70% de fluido plasmático. Debido a su tamaño los glóbulos rojos, las plaquetas y las proteínas plasmáticas no pueden atravesar los capilares. Sin embargo sí pueden hacerlo los glóbulos blancos, como se verá más adelante. El resto de los conductos del sistema circulatorio sanguíneo, arteriolas y arterias, vénulas y venas así como el mismo corazón, son absolutamente impermeables y no dejan salir ni entrar componente alguno de la sangre.

Composición de la sangre:

La sangre está constituida por una fracción líquida, el **plasma sanguíneo**, que es una disolución acuosa de proteínas más otras sustancias (cientos de ellas), y de **células sanguíneas:** eritrocitos (glóbulos rojos), leucocitos (glóbulos blancos) y trombocitos (plaquetas). La proporción de eritrocitos por unidad de volumen de sangre se denomina **hematocrito** y su valor normal es de aproximadamente un 45% (en realidad el hematocrito incluye a los glóbulos blancos y a las plaquetas que son minoritarios); el 55% restante corresponde al plasma sanguíneo.

CÉLULAS SANGUÍNEAS:

Glóbulos rojos o eritrocitos o hematíes. (Del griego *Eritros*= rojo; *Hemo*=*hemato*= sangre).

Son células cuyo aspecto es el de un disco bicóncavo; carecen de núcleo y su color es rojo, por contener en su citoplasma miles de moléculas de hemoglobina, una molécula compleja que contiene a su vez cuatro cadenas de proteína (globinas) y cuatro grupos hemo, que poseen en su interior un átomo de hierro cada uno con una gran afinidad por el oxígeno. La misión de los glóbulos rojos consiste en transportar oxígeno y parte del dióxido de carbono. Por el hecho de no poseer núcleo, los eritrocitos no son células vivas y se mantienen en la sangre unos 120 días, hasta que los deterioros sufridos en su incesante movimiento y su incapacidad para repararse, los hace inservibles. Entonces son destruidos en el hígado y el bazo. Ciertos componentes, como el hierro, se reciclan y otros como la bilirrubina y biliverdina, procedentes de la descomposición de la hemoglobina, se excretan por el aparato digestivo (forman parte de la bilis).

A pesar de que la hemoglobina capta con gran facilidad el oxígeno, la unión es **lábil** (provisional que no débil), lo cual quiere decir que cuando el glóbulo rojo llega a un capilar situado en un tejido en el que hay muy poco o nada de oxígeno, cederá el que lleva, ya que este gas pasa de donde hay mayor concentración hacia donde hay menos (difusión simple). La razón entonces de su existencia es lograr que en los alvéolos pulmonares, el intercambio de gases sea extraordinariamente rápido y ocurra de manera eficiente a pesar de que la sangre no se detiene en ningún momento.

[→ Hemoglobina fetal: razón de su existencia; fenómeno de ictericia en recién nacidos].

Leucocitos o glóbulos blancos. (Del griego *Leucos*= blanco)



Son células incoloras, dotadas de núcleo, metabólicamente muy activas y que pueden desplazarse mediante pseudópodos. Tan sólo un pequeño porcentaje de ellos se encuentra en el torrente sanguíneo, localizándose la mayor parte en la médula ósea, en los ganglios linfáticos o en los tejidos (conjuntivo normalmente), desempeñando diferentes funciones.

Por la afinidad a distintos colorantes, los leucocitos se clasifican en dos grupos:

a) Granulocitos: presentan gránulos en el citoplasma, que se tiñen de modo distinto, al utilizar diferentes colorantes:

- Los neutrófilos se tiñen con colorantes neutros. Pueden atravesar las paredes de los capilares sanguíneos y pasar al tejido conjuntivo, donde fagocitan las partículas extrañas y los gérmenes que hayan podido penetrar.

- Los eosinófilos o acidófilos se tiñen con la eosina, colorante ácido. Fagocitan las proteínas extrañas y los complejos antígeno-anticuerpo.

- Los basófilos se tiñen cuando se utilizan colorantes básicos. Sus gránulos contienen heparina (anticoagulante sanguíneo), histamina (vasodilatador) y otros compuestos que parecen estar involucrados en las reacciones de inflamación.

b) Agranulocitos. Dentro de este grupo, en el que no se aprecian gránulos, tenemos:

- Monocitos, macrófagos o histiocitos: Son las células sanguíneas de mayor tamaño. Poseen un núcleo grande. Pasan de la sangre a los tejidos (se sitúan a menudo en el tejido conjuntivo) donde fagocitan grandes partículas, como restos celulares o glóbulos rojos lesionados. En algunos órganos pueden tener nombre propio como células de Puffer en el hígado.

- Linfocitos: Presentan un núcleo esférico y grande, rodeado por una pequeña porción de citoplasma. Sólo un 1% de los linfocitos se encuentra en la circulación sanguínea; el resto se localiza en los órganos linfoides: médula ósea, timo, ganglios linfáticos, amígdalas y bazo. Poseen abundantes ribosomas y una activa síntesis proteica: los anticuerpos que elaboran son proteínas. Desempeñan un papel fundamental en la defensa inmunológica del organismo.

Trombocitos o plaquetas:

Son fragmentos de células de gran tamaño llamadas *megacariocitos* de la médula ósea que contienen los factores plaquetarios, sustancias fundamentales en la coagulación. (mega-cariocitos= células de núcleo grande)

Ante la lesión de un vaso sanguíneo, las plaquetas se adhieren a la zona liberando diversos factores de coagulación que determinan: a) la constricción del vaso, disminuyendo así el orificio de salida y ello el flujo de sangre, haciendo disminuir la hemorragia, b) la formación del coágulo por adherencia de nuevas plaquetas, originando en principio un tapón laxo que será reforzado posteriormente. c) el comienzo de una serie de reacciones encadenadas que concluirá con la formación de **fibrina**. La fibrina es una proteína plasmática que deriva del **fibrinógeno**. Las moléculas de fibrina son muy pegajosas y se adhieren a las paredes de la zona lesionada reforzando el tapón formado por las plaquetas. Para llegar a la fibrina a partir del fibrinógeno (forma inactiva y no pegajosa) presente en el plasma tienen que darse multitud de reacciones encadenadas en las que intervienen enzimas, iones y sustancias o factores plaquetarios así como otras sustancias de los tejidos lesionados. La razón de esta complejidad es la de evitar la coagulación fortuita o accidental de la sangre en los vasos sanguíneos [la formación de trombos o coágulos móviles, resulta ser un problema muy grave ya que pueden atascarse en un vaso sanguíneo (trombosis o embolia) y producir una isquemia o infarto, términos que vienen a significar falta de riego en una zona corporal].

La importancia del sistema de coagulación es tal que si falla, las consecuencias son muy graves. Se conocen anomalías congénitas como la *hemofilia* que consiste en la no fabricación de

uno de los más de diez factores (casi todos proteínas) desencadenantes del proceso. La diabetes también afecta al proceso de coagulación (problemas de cicatrización de heridas).

HEMATOPOYESIS: (De *Hematos* = sangre y *Poiein* = hacer)

Todas las células sanguíneas proceden de un mismo tipo de célula precursora, los **hemocitoblastos o células madres de las células sanguíneas**, que se localizan en la médula roja de los huesos (**médula ósea** roja). Algunas de estas células se dividen sin parar por mitosis, originándose dos de ellas a partir de otra inicial. Una volverá a dividirse y la otra tomará el camino de la diferenciación o especialización, transformándose en uno de los más de diez tipos celulares sanguíneos. Tras el proceso, estas nuevas células pasan a la sangre.

Algunos linfocitos pasan a la sangre en estado inmaduro, para alcanzar otros órganos linfoides, como el timo, el bazo y los ganglios linfáticos, donde maduran y adquieren sus propiedades funcionales.

Tras un periodo de vida más o menos largo, según el tipo, las células sanguíneas son destruidas en el hígado, el bazo, los ganglios linfáticos y la propia médula ósea por células fagocitarias cuyo conjunto constituye una unidad funcional (aunque dispersa por el organismo) denominada **sistema retículo endotelial**.

Existen factores que inducen a la fabricación de una o más formas celulares. Así, una infección promoverá la formación de muchos glóbulos blancos que serán de uno u otro tipo en función del agente invasor. Una menor concentración de oxígeno, promueve la secreción de la *eritropoyetina*, una hormona que induce a las células madres de la médula ósea a fabricar más glóbulos rojos. Esto sucede de modo natural si por ejemplo permanecemos a gran altitud durante más de una semana. Hoy día esa hormona se puede sintetizar. Se la conoce con el nombre de **EPO**. ¿Os suena de algo si la relacionamos con el ciclismo profesional y las pruebas antidoping?

PLASMA SANGUÍNEO:

El plasma sanguíneo es un líquido transparente, de color ligeramente amarillento, formado por agua en un 90 por 100, en el que se hallan disueltas diversas sustancias. El plasma se puede separar de las células haciendo la sangre incoagulable (añadiéndole una sustancia como el citrato sódico) y dejándola reposar, con lo cual los glóbulos, por su mayor densidad, quedan debajo y el plasma encima. Cuando la sangre se extrae, al cabo de unos minutos se coagula: si la hemos colocado en un recipiente observaremos una parte líquida, el suero sanguíneo, y una sólida, el coágulo. Este coágulo está formado por todas las células sanguíneas rodeadas por una red de fibrina. Así pues, el suero sanguíneo es el plasma desprovisto del fibrinógeno. (No debe confundirse este suero con el suero fisiológico).

Dentro de los componentes del plasma destacan por su importancia los siguientes:

Los **gases** tales como el oxígeno (aunque se encuentra en el interior de los hematíes en mayor proporción, combinado con la hemoglobina), el nitrógeno y el anhídrido carbónico.

Las **sales minerales**, como cloruros, fosfatos y bicarbonatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, encontrándose en una concentración total del 9 por 1.000 (9 gramos/litro). Su función principal es la de mantener una cierta presión osmótica en la sangre. (→ Suero fisiológico).

La **glucosa**, cuya concentración normal es del 1 por 1.000 (se consideran valores normales los comprendidos entre 0,8 y 1,2 g/l), cifra que se mantiene constante gracias a un mecanismo regulador en el que interviene la hormona insulina.

Las **proteínas**, que se hallan en el plasma en una proporción del 7 por 100 y de las que se conocen tres tipos: el **fibrinógeno**, principal responsable de la coagulación sanguínea; las **globulinas** que desempeñan un importante papel en la defensa del organismo (anticuerpos), y las



albúminas. Las albúminas tienen como función principal, al igual que las sales, crear una presión osmótica. (→ Explicación del porqué. Ejemplo de dieta pobre en proteínas).

Además de estos componentes mayoritarios, el plasma contiene todo tipo de sustancias orgánicas: nutrientes (como triglicéridos, aminoácidos, colesterol); metabolitos de desecho (urea, bilirrubina, dióxido de carbono); hormonas; vitaminas; enzimas; medicamentos; alcohol, etc. (→ pruebas antidopaje).

4.3. PRINCIPIOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS. CORAZÓN, VASOS SANGUÍNEOS, CIRCUITOS CIRCULATORIOS

El aparato circulatorio sanguíneo del hombre consta de un órgano principal, el corazón y de una serie de tubos o vasos sanguíneos que son las arterias, las venas y los capilares. Todos ellos ampliamente ramificados. Dentro de estos órganos circula la sangre, impulsada por el corazón.

4.3.1. CORAZÓN

El corazón es un órgano formado mayoritariamente por tejido muscular, tiene el tamaño de un puño y se sitúa en el tórax entre los dos pulmones. Su forma es cónica, con el vértice dirigido hacia abajo y un poco ladeado a la izquierda. Se halla envuelto por una especie de saco de paredes dobles, denominado **pericardio**. (Hay un pericardio externo en contacto con las pleuras y el diafragma y un pericardio interno adherido al propio miocardio).

El corazón es un órgano hueco, que presenta interiormente cuatro cavidades: dos superiores, pequeñas y de paredes finas llamadas **aurículas** (derecha e izquierda) y dos inferiores, los **ventrículos** (derecho e izquierdo) de paredes muy gruesas. El ventrículo izquierdo tiene las paredes mucho más gruesas que el derecho.

Cada aurícula comunica con el ventrículo que tiene debajo mediante un orificio provisto de una válvula que impide el retroceso de la sangre. La válvula situada entre la aurícula y el ventrículo derechos se llama **tricúspide** por constar de tres lengüetas triangulares; la situada entre la aurícula y el ventrículo izquierdos se llama **mitral** por estar formada solamente de dos lengüetas o laminillas y recordar en su forma a una mitra. (→ soplo; sustitución de válvulas).

No existe comunicación, ni entre las dos aurículas, ni entre los dos ventrículos, de tal manera que cada mitad del corazón, formada por una aurícula y un ventrículo, es totalmente independiente de la otra, de modo que puede decirse que existe un «corazón derecho» y un «corazón izquierdo». El tabique que separa ambas mitades se denomina **septo** [Pero nuestro corazón deriva del de los anfibios, que contiene dos aurículas y un ventrículo. La "chapuza" evolutiva ha mejorado el diseño tabicando el ventrículo por la mitad, pero esto se lleva a cabo durante la embriogénesis y una vez completado el resto del miocardio. En ocasiones, no se produce la terminación de este tabique, y la sangre de ambas partes del corazón se mezcla. Por suerte, hoy día puede corregirse el problema quirúrgicamente].

Las paredes de las aurículas y de los ventrículos presentan diversos orificios por donde nacen las arterias (ventrículos) o a donde van a parar las venas (aurículas). La aurícula derecha tiene dos, que corresponden a las venas cavas; la izquierda tiene cuatro por donde desembocan las correspondientes venas pulmonares. Del ventrículo derecho sale la arteria pulmonar y del izquierdo la arteria aorta. Ambas arterias (pulmonar y aorta) presentan en su nacimiento unas **válvulas sigmoideas** (pulmonar y aórtica respectivamente) que impiden el retroceso de la sangre y su vuelta al corazón. Todos los vasos sanguíneos mencionados salen del extremo superior del corazón, de modo que este se encuentra libre para latir dentro de la cavidad pericárdica situada en la parte baja del tórax.

El corazón está compuesto básicamente por **tejido muscular cardíaco** formando lo que conocemos como **miocardio** (*mio*= referido a muscular). Las cavidades están tapizadas por

endotelio y exteriormente está recubierto por tejido conjuntivo que es el que constituye el **pericardio interno**. Como en el caso de las pleuras pulmonares, un **pericardio externo** y un **líquido pericárdico** entre ambas hojas de tejido conjuntivo reducen el rozamiento de este órgano móvil.

El tejido muscular cardíaco tiene las siguientes propiedades: sus células son alargadas y presentan varias prolongaciones (dibujo), poseen varios núcleos, tienen estriaciones, no pueden ser controladas voluntariamente pero se contraen y relajan automáticamente sin estímulo externo; su contracción es rápida y no presentan fatiga muscular (algo que sí les sucede a los músculos estriados). Ver final del tema.

El miocardio, posee una pequeña masa de células responsable de que el corazón se contraiga rítmicamente y de manera coordinada de forma autónoma, independiente de los estímulos nerviosos cerebrales; estas células musculares modificadas constituyen el **marcapasos cardíaco**.

El marcapasos se localiza en una pequeña zona de la aurícula derecha: el **nódulo seno-auricular** (o nódulo sinusal), éste envía impulsos de forma rítmica que se propagan por las aurículas de arriba a abajo, originando su contracción (sístole auricular); al mismo tiempo, el impulso activa el nódulo **aurículo-ventricular**, situado entre los ventrículos y las aurículas y el cual estimula la contracción de los ventrículos (sístole ventricular), para que el vaciado sea eficaz. Para adaptar el ritmo cardíaco a las necesidades del organismo en cada instante, además del movimiento generado por el marcapasos, el corazón puede acelerar el ritmo (taquicardia) o retrasarlo (bradicardia) por acción del sistema nervioso autónomo (sistema simpático y parasimpático) y por acción hormonal (adrenalina). Si la contracción no se realiza de forma coordinada y progresiva, empezando por las aurículas y siguiendo por los ventrículos (de arriba abajo), no es eficaz. (→ Arritmias, fibrilación, marcapasos artificial).

Aunque el corazón está lleno de sangre, las células del miocardio no pueden servirse de ella y por esto presenta un sistema propio de arterias, capilares y venas. Esta red recibe el nombre de sistema **coronario** (arterias y venas coronarias junto con capilares). Este término procede del hecho de que estos vasos rodean el corazón como si de una corona se tratara (por supuesto, arterias, venas y capilares penetran hasta lo más profundo del miocardio. Las dos arterias coronarias principales parten de la arteria aorta a la salida misma del corazón. (Las arterias importantes como la mencionada aorta, también poseen en sus paredes vasos que nutren a las células que forman el tubo, son vasos de los vasos ("*vasa vasorum*").

4.3.2. VASOS SANGUÍNEOS

Arterias. Conducen la sangre desde el corazón a todos los órganos. Por ello, la sangre arterial está sometida a elevada presión, producida por la sístole ventricular. Para soportar esta presión las paredes de las arterias son gruesas y ligeramente elásticas. La presión que se genera en cada contracción ventricular produce cierta distensión de las paredes arteriales, que ceden un poco, aumenta el volumen de los conductos y la sangre se expande momentáneamente. Debido a su elasticidad tienden a volver a su diámetro normal colaborando en el movimiento de la sangre. Esta dilatación-contracción rítmica de las arterias se percibe aplicando el dedo sobre una arteria superficial que se apoye sobre el hueso y es lo que denominamos pulso. Esta característica de las arterias es de vital importancia ya que consigue que un impulso intermitente, el del corazón, se convierta en un flujo continuo de sangre con dos ventajas: por una parte es mucho más eficaz el sistema de intercambio y por otra hace que el corazón trabaje de forma más descansada ya que no es lo mismo impulsar un líquido que está en movimiento que tener que vencer la inercia de un líquido en reposo cada vez que se produce una sístole. Cuando las arterias se hacen rígidas (arterioesclerosis) hay riesgo de tener un infarto de miocardio por sobrecarga del corazón: este no es ayudado por la expansión pasiva de las paredes de las arterias. Tejidos que constituyen las arterias: ver esquema.



La presión o tensión arterial es la presión hidráulica que ejerce la sangre sobre las paredes del vaso sanguíneo. Su valor decrece conforme aumenta la distancia al corazón. En condiciones normales (individuo sentado con el codo apoyado en una mesa), los valores medios en la arteria humeral (en el brazo) son: presión máxima o sistólica (correspondiente a la sístole ventricular) de 12 a 14 cm. de mercurio y mínima o diastólica (correspondiente a la diástole ventricular) de 7 a 9 cm. de mercurio. La tensión sanguínea es diferente según la edad y el sexo; varía también según estemos en reposo o realizando ejercicio y muchas veces se ve alterada en función del estado psicológico. (→ Hipertensión, tensión baja, tensión descompensada).

Las arterias se ramifican en pequeños vasos, cuyos segmentos finales se llaman **arteriolas**. La musculatura lisa de las paredes de las pequeñas arterias y de las arteriolas puede contraerse (**vasoconstricción**) o dilatarse (**vasodilatación**) por acción del sistema nervioso autónomo y por acción hormonal, regulándose así el flujo de sangre que llega a los órganos. Las grandes arterias, no tienen capacidad de variar su diámetro, destacando en su histología la gruesa envoltura de tejido conjuntivo elástico. El cambio de diámetro de las arteriolas permite redistribuir la sangre por diferentes partes del organismo en función de las necesidades concretas de cada órgano en particular y en un momento dado: si hacemos un ejercicio físico fuerte, hay que aumentar el flujo de sangre en los músculos esqueléticos y, como la cantidad de sangre es limitada, deberemos disminuir la cantidad circulante, por ejemplo en el digestivo, en los riñones o bajo la piel. (→ corte de digestión).

Venas. La mayor parte de la presión arterial se pierde en el proceso de filtración a través de los capilares; por eso la presión de la sangre venosa es menor y las paredes de las venas, que se dilatan o se estrechan para ajustar el volumen de sangre que pasa por ellas, son más delgadas. Para compensar la falta de presión que empuje la sangre, el retorno venoso al corazón se consigue por efecto de masaje de los músculos cercanos a las venas y por la presencia de **válvulas semilunares**, en forma de cazoletas, que impiden el retroceso de la sangre que se dirige al corazón (hay que tener en cuenta que a la falta de presión se suma el efecto de la gravedad en las venas situadas más abajo que el corazón). Además de los mecanismos mencionados hay que añadir que en posición bípeda, la normal, la gravedad colabora en aquellos vasos situados más arriba del corazón. Por último, el movimiento de diástole aurículo-ventricular crea una succión que también favorece el retorno venoso.

Capilares. Constituyen la red de vasos que conectan arteriolas con vénulas. Poseen paredes muy delgadas, de hecho son solo endotelio (epitelio monoestratificado), a través de las cuales se produce el intercambio de nutrientes y productos de desecho entre el plasma sanguíneo y los líquidos tisulares o el intercambio de gases; entre las células hay huecos por los que pueden entrar y salir los leucocitos. Existen ¡miles de kilómetros! de capilares y salvo en ciertos tejidos como el óseo y el cartilaginoso se puede asegurar que por las proximidades de cada célula pasa un capilar. Solo en los capilares se producen los intercambios, nunca en arterias o venas.

4.3.3. CIRCULACIÓN SANGUÍNEA.

El sistema (aparato) circulatorio de los mamíferos es **cerrado** y la circulación es **doble y completa**. El cómo circula la sangre se comprenderá a la vista de los esquemas fotocopiados. Las principales arterias y venas se deberán conocer también a partir de las fotocopias.

[Curiosidades: origen de los latidos; medición de la "tensión"].

Se denomina **gasto cardíaco** al volumen de sangre impulsada cada minuto por el ventrículo izquierdo del corazón hacia la arteria aorta. Por su parte, retorno venoso indica el volumen de sangre que sale de las venas cavas a la aurícula derecha por minuto. En términos generales y como es obvio, el gasto debe coincidir con el retorno, aunque momentáneamente puedan no hacerlo. El gasto cardíaco normal en adultos en reposo es por término medio de 5 litros / minuto; es mayor en los hombres que en las mujeres, aumenta con la masa corporal y disminuye en la ancianidad.

Cuando una persona acostada o agachada se pone en pie bruscamente, el gasto cardíaco llega a disminuir un 20% hasta que se equilibra todo el sistema. Por esa inercia, la sangre puede abandonar la cabeza y se produce mareo y hasta un ligero desvanecimiento. La sangre tiende a acumularse por acción de la gravedad en la parte baja del cuerpo y por esta causa, si se permanece en reposo mucho tiempo, se pueden hinchar los pies y las pantorrillas, así como las manos cuando se llevan los brazos caídos; incluso podemos sufrir un desvanecimiento por falta de riego cerebral. Cuando caminamos se ve favorecido el retorno venoso y el drenaje llevado a cabo por el sistema linfático. Si aumenta el ejercicio físico, aumenta el gasto cardíaco, llegándose fácilmente a 20 o 25 l/min.; en personas entrenadas son normales gastos de entre 30 y 35 l/min. (7 veces el gasto cardíaco normal) [El corazón entrenado de un atleta puede incrementar su volumen en un 50%].

4.3.4. ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES. (Se comentarán en clase)

El sistema cardiovascular (corazón y vasos) realiza un esfuerzo notable e ininterrumpido durante toda nuestra vida. Hay que pensar que en el mundo desarrollado es una de las tres causas principales de muerte (las tres ces: corazón, cáncer y carretera).

Algunas de las dolencias que pueden darse relacionadas con este aparato son: angina de pecho; infarto (en general); infarto de miocardio; arritmias; insuficiencia cardíaca; arterioesclerosis; aterosclerosis; flebitis; aneurisma; varices; trombosis; hemorroides; derrame; ictus o accidente cerebro vascular; pericarditis; hipertensión; fallo del marcapasos; soplo.

4.3.5. EL APARATO CIRCULATORIO LINFÁTICO.

Su misión fundamental es recoger o **drenar** el plasma que pasó de los capilares sanguíneos a los tejidos y que no fue recuperado por éstos. Aunque parte de este plasma regresa directamente a los capilares y de ahí a las venas, el resto vuelve al torrente sanguíneo por el sistema de los vasos linfáticos, que de esta forma ejercen una **acción de drenaje** que impide el encharcamiento de los tejidos. El mal funcionamiento de este sistema provoca precisamente **edema** en los tejidos. (→ elefantiasis).

VASOS LINFÁTICOS: Los vasos linfáticos son los encargados de transportar la linfa. Comienzan en los capilares linfáticos, que en su origen son siempre cerrados (vasos ciegos), pero permeables como los capilares sanguíneos; poco a poco van reuniéndose y forman los vasos linfáticos, en su mayoría de dimensiones muy reducidas y difíciles de distinguir.

Estructuralmente los vasos linfáticos son muy parecidos a las venas, pero de paredes más delgadas. También poseen válvulas semilunares que impiden el retroceso de la linfa y, donde se encuentran éstas, presentan unas nudosidades en las paredes, visibles en la superficie, que les confieren su característica forma arrosariada. Los vasos linfáticos desembocan todos en dos principales, una vez recogida la linfa de las distintas regiones del cuerpo. Desembocan en las venas subclavias, cerca de la vena cava superior, a la altura del corazón. Por lo tanto hay una relación entre los dos circuitos (sanguíneo y linfático).

Los vasos linfáticos del intestino comienzan en las vellosidades intestinales; se denominan vasos quilíferos y llevan las grasas absorbidas en la digestión, procedentes del quilo, a las que deben su color lechoso particular, siendo transportadas con el resto de la linfa.

GANGLIOS LINFÁTICOS: Son nudosidades cavernosas (con tejido conjuntivo que deja grandes huecos) que se forman en la confluencia de varios vasos linfáticos y cumplen una misión defensiva, pues en ellos tiene lugar la multiplicación y maduración de los linfocitos B. Están generalmente agrupados en localizaciones fijas, y son particularmente notorios en el cuello, las axilas y las ingles, formando abultamientos cuando se inflaman. [→ peste bubónica]

Resumiendo, hay que considerar tres funciones al sistema linfático: 1- drenaje de plasma intersticial; 2- transporte de la grasa absorbida en las vellosidades intestinales; 3- defensa del



organismo al poseer en los ganglios linfáticos grandes cantidades de linfocitos que eliminan todo tipo de gérmenes que pasen por la linfa.

4.3.6. TIPOS DE TEJIDO MUSCULAR.

Aunque ya fue tratado el tejido muscular de forma somera en el tema de digestivo, conviene aquí hacer una comparación entre los tejidos musculares del organismo.

Existen tres tipos de células musculares que originan otros tantos tipos de tejidos:

Tejido muscular estriado; tejido muscular liso y tejido muscular cardíaco.

Tejido muscular estriado. Sus células son alargadas y con extremos apuntados (forma de huso o ahusadas). Contienen infinidad de proteínas contráctiles de actina y miosina perfectamente empaquetadas, de modo que al microscopio se observan una serie de finas líneas o estrías paralelas al eje mayor de la célula, de ahí el nombre. Poseen varios núcleos.

Forman los músculos esqueléticos.

Las características más destacables de estas células y de estos músculos son las siguientes:

- Están agrupadas en haces muy compactos formando fibras musculares que a su vez se unen para formar los músculos esqueléticos, integrantes del aparato locomotor.
- Son de contracción rápida y se fatigan al cabo de un tiempo (no pueden mantener la contracción).
- Se contraen de forma voluntaria.

Tejido muscular liso. Sus células también tienen forma de huso y son uninucleadas. Aunque poseen fibras de actina y miosina, éstas no dan aspecto estriado a la célula.

Forman los músculos viscerales (tubo digestivo, vejiga urinaria, útero, etc. (excepto el corazón). Las pequeñas arterias y venas poseen una capa de tejido muscular liso que les permite reducir su calibre que, como ya se ha visto, es fundamental para poder redistribuir la sangre de un lugar a otro del organismo.

Otras características:

- Su control es involuntario o automático (sistema nervioso autónomo).
- Son de contracción lenta, pero pueden mantenerse contraídas largo tiempo sin sufrir fatiga.

Tejido muscular cardíaco. Sus células son alargadas y presentan en sus extremos, casi siempre, dos prolongaciones por las que se unen a otras tantas células cardíacas. La unión entre ellas se hace con unos entrantes y salientes que por su aspecto se denominan uniones escaleriformes. Suelen contener dos núcleos.

Se encuentran exclusivamente en el miocardio.

- Son de contracción rápida pero no se fatigan.
- De modo natural una célula cardíaca se contrae y se relaja rítmica y automáticamente. Si se colocan varias células en contacto, todas ellas terminan contrayéndose al mismo ritmo.
- El control del músculo cardíaco es involuntario (sistema nervioso autónomo).