

Capítulo 22

El sistema linfático y la inmunidad



**Sistema linfático,
resistencia a las
enfermedades y
homeostasis**

**El sistema linfático contribuye
a la homeostasis proveyendo
un sistema de drenaje
del líquido intersticial junto a
mecanismos de defensa
contra las enfermedades.**



El mantenimiento de la homeostasis corporal implica un continuo enfrentamiento con agentes nocivos presentes en nuestro medio interno y externo. A pesar de la constante exposición a una amplia variedad de **patógenos**, microorganismos causantes de enfermedades como las bacterias y los virus, la mayoría de las personas se mantienen saludables. Asimismo, la superficie corporal soporta cortaduras y golpes, exposición a rayos ultravioleta presentes en la luz solar, sustancias químicas tóxicas y quemaduras menores mediante un conjunto de estrategias defensivas. La **resistencia** es la capacidad de resguardarnos de las lesiones y de las enfermedades por medio de nuestras defensas, mientras que la vulnerabilidad o la falta de resistencia se denomina **susceptibilidad**.

Los dos tipos de resistencia son: 1) resistencia inespecífica o defensa innata y 2) resistencia específica o inmunidad. La **resistencia inespecífica (defensa innata)** se encuentra presente desde el momento del nacimiento y comprende los mecanismos que confieren protección *inmediata* aunque *general* o inespecífica contra la invasión por una amplia variedad de patógenos. Las barreras mecánicas

y químicas de la piel y mucosas constituyen la primera línea defensiva en la respuesta inespecífica. La acidez del jugo gástrico del estómago, por ejemplo, elimina muchas de las bacterias presentes en los alimentos. La segunda línea defensiva de la respuesta inespecífica está conformada por las proteínas antimicrobianas (interferones, complemento y transferrinas), los fagocitos (principalmente neutrófilos y macrófagos), las células citotóxicas naturales (natural killers, NK), la inflamación y la fiebre. La **respuesta específica (inmunitaria)** se pone en marcha ante el contacto con un invasor *en particular*. Se desarrolla más lentamente que la respuesta inespecífica e incluye la activación de linfocitos específicos que puedan combatir un determinado invasor.

El sistema orgánico responsable de la respuesta específica (así como también de algunos aspectos de la respuesta inespecífica) es el sistema linfático. Este sistema guarda una estrecha relación con el sistema cardiovascular, y también actúa junto al aparato digestivo en la absorción de las grasas contenidas en la dieta. En este capítulo estudiaremos los mecanismos que proveen las defensas contra los invasores y los que promueven la reparación de los tejidos dañados.

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL SISTEMA LINFÁTICO

▶ OBJETIVOS

Mencionar los componentes y las funciones principales del sistema linfático.

Describir la organización de los vasos linfáticos.

Explicar la formación y los mecanismos de circulación de la linfa.

Comparar la estructura y funciones de los órganos y tejidos linfáticos primarios y secundarios.

El **sistema linfático** está compuesto por un líquido llamado linfa, los vasos denominados linfáticos, diversas estructuras y órganos formados por tejidos linfáticos y la médula ósea roja, donde las células precursoras se diferencian a distintos tipos de células sanguíneas, incluidos los linfocitos (fig. 22-1). Este sistema permite la circulación de los líquidos corporales y ayuda a defender al organismo de aquellos agentes que provocan enfermedades. Como se verá en breve, la mayor parte de los componentes del plasma sanguíneo se filtran a través de las paredes capilares para formar el líquido intersticial. Una vez que el líquido intersticial ingresa a los vasos linfáticos, se denomina **linfa** (de *lymph*, líquido claro). La principal diferencia entre el líquido intersticial y la linfa es su ubicación: el líquido intersticial se ubica entre las células, mientras que la linfa lo hace en el interior de los vasos y tejidos linfáticos.

El **tejido linfático** es una forma especializada de tejido conectivo reticular (véase cuadro 4-4e) que contiene un gran número de linfocitos. Recuérdese del capítulo 19 que los linfocitos son glóbulos blancos agranulares. Son dos los tipos de linfocitos involucrados en la respuesta inmune: células B (linfocitos B) y células T (linfocitos T).

Funciones del sistema linfático

El sistema linfático cumple tres funciones principales:

1. **Drenaje del exceso de líquido intersticial.** Los vasos linfáticos drenan el exceso de líquido intersticial desde los espacios tisulares y lo devuelven a la sangre.

2. **Transporte de los lípidos de la dieta.** Los vasos linfáticos se encargan del transporte de lípidos y vitamina liposolubles (A, D, E y K), que se absorben desde el tracto gastrointestinal hacia el torrente sanguíneo.

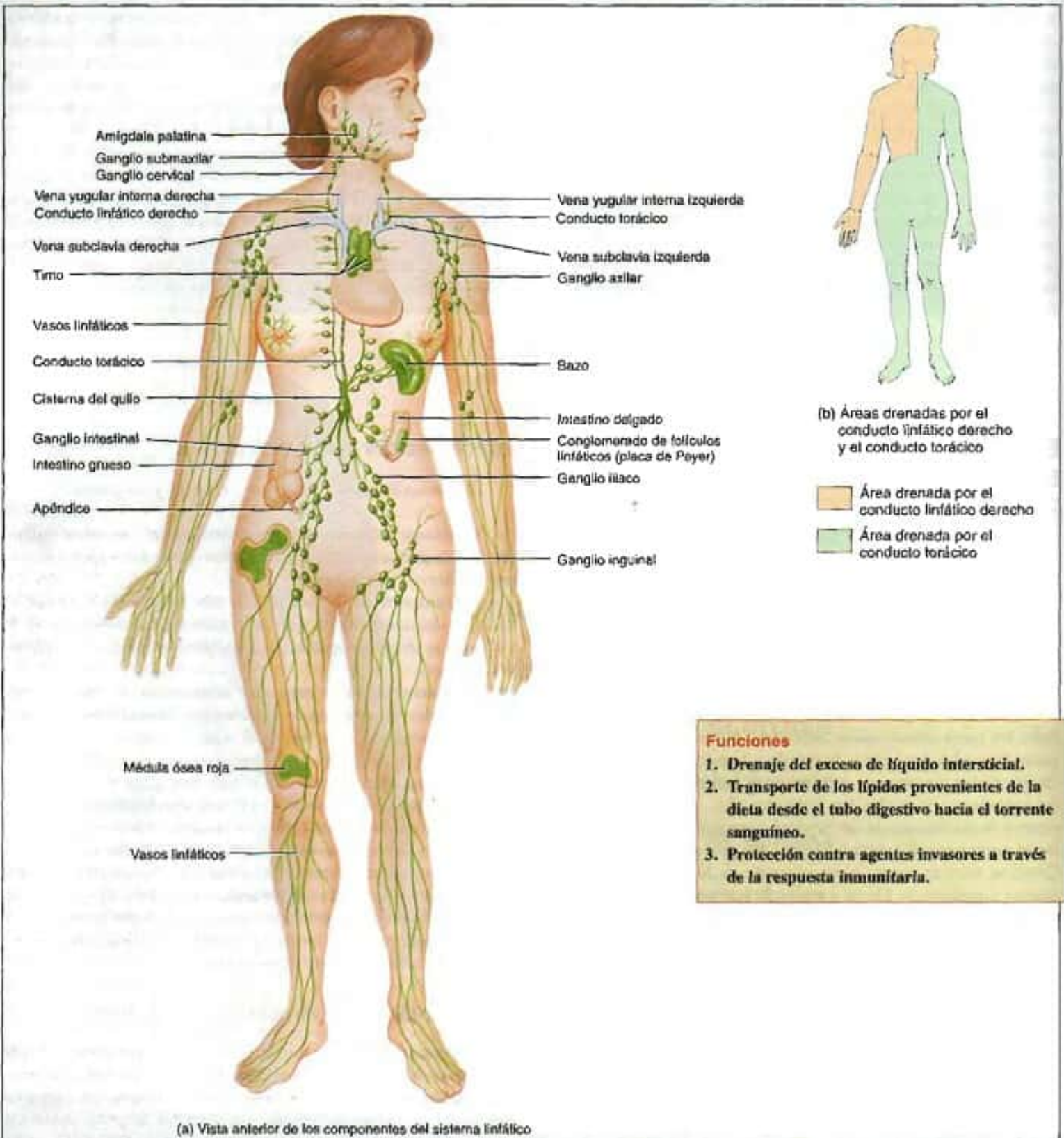
3. **Generación de la respuesta inmunitaria.** El tejido inmunológico inicia la respuesta de elevada especificidad dirigida contra algún microorganismo en particular o alguna célula anormal. Los linfocitos T y B, junto a los macrófagos, reconocen las células extrañas, microorganismos, toxinas y células tumorales y responden a ellas de dos maneras básicas: 1) en la respuesta inmunitaria celular, las células T eliminan a las partículas extrañas promoviendo su ruptura (lisis) o liberando sustancias citotóxicas (citotóxicas). 2) en la respuesta inmunitaria humoral (mediada por anticuerpos), las células B se diferencian a células plasmáticas (plasmocitos), que ejercen su actividad protectora contra enfermedades mediante la producción de anticuerpos, proteínas que se combinan específicamente con las sustancias extrañas y provocan su destrucción.

Vasos linfáticos y circulación de la linfa

Los vasos linfáticos se originan como capilares linfáticos. Estos pequeñísimos vasos, que se localizan en los espacios intercelulares, presentan un extremo cerrado (fig. 22-2). Así como los capilares sanguíneos convergen para formar las vénulas y luego las venas, los capilares linfáticos se reúnen para formar vasos linfáticos de mayor calibre (véase fig. 22-1), los cuales se asemejan en su estructura a las

Fig. 22-1 Componentes del sistema linfático.

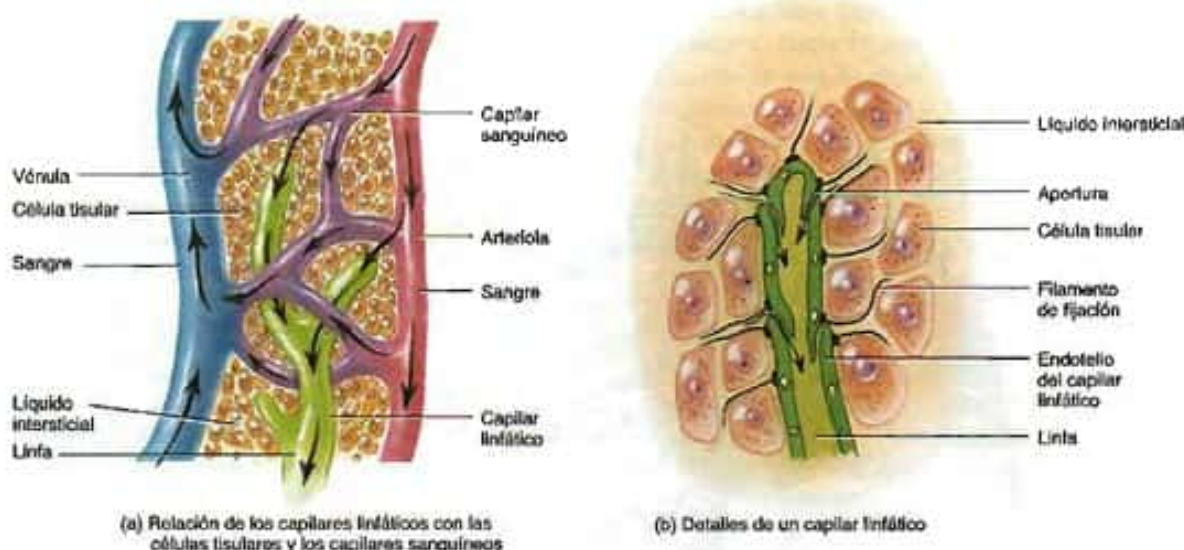
El sistema linfático consiste en linfa, vasos linfáticos, tejidos linfáticos y la médula ósea roja.



¿Qué tejido contiene células madres (*stem cells*) capaces de desarrollar linfocitos?

Fig. 22-2 Capilares linfáticos.

Los capilares linfáticos se encuentran distribuidos por todo el organismo, con excepción de los tejidos avasculares, el sistema nervioso central, porciones del bazo y médula ósea.



(a) Relación de los capilares linfáticos con las células tisulares y los capilares sanguíneos

(b) Detalles de un capilar linfático

¿A qué se asemeja más la linfa, al plasma sanguíneo o al líquido intersticial? ¿Por qué?

venas, pero difieren de ellas en el menor espesor de su pared y su mayor cantidad de válvulas. A lo largo de los vasos linfáticos, la linfa fluye a intervalos a través de los ganglios linfáticos, órganos encapsulados en forma de alubias, constituidos por masas de células B y células T. En la piel, los vasos linfáticos se disponen en el tejido subcutáneo y suelen seguir el mismo trayecto que las venas; los vasos linfáticos viscerales siguen la misma dirección que los vasos arteriales, formando redes que se disponen alrededor de ellos. Los tejidos que carecen de capilares linfáticos comprenden los tejidos avasculares (como el cartilago, la epidermis y la córnea), el sistema nervioso central, parte del bazo y la médula ósea roja.

Capilares linfáticos

Los capilares linfáticos tienen un diámetro ligeramente mayor que el de los capilares sanguíneos y presentan una estructura única que le permite al líquido intersticial ingresar en ellos pero no retornar al espacio intersticial. Los extremos de las células endoteliales que forman las paredes de los capilares linfáticos se superponen (fig. 22-2b). Cuando la presión del líquido intersticial supera a la de la linfa, las células se separan levemente, como la apertura de una puerta van de un solo sentido, permitiendo que el líquido intersticial ingrese en ellos. Cuando la presión en el interior de los capilares linfáticos aumenta, las células endoteliales se adhieren más fuertemente entre sí, evitando la salida de la linfa hacia el espacio intersticial. A medida que la linfa fluye a través de los capilares linfáticos, la presión disminuye. Junto a los capilares linfáticos hay *filamentos de fijación* compuestos por fibras elásticas. Se extienden por fuera de las células endoteliales de los capilares linfáticos, manteniéndolos unidos a los tejidos circundantes. Cuando se acumula líquido intersticial en exceso y se produce

edema tisular, los filamentos son traccionados y hacen que las brechas entre las células endoteliales de los capilares linfáticos sean más grandes, de esta forma ingresa mayor cantidad de líquido a ellos.

En el intestino delgado, capilares linfáticos especializados llamados vasos *quilíferos* (-fero, de *ferre*, lleva) transportan los lípidos provenientes de la dieta hacia los vasos linfáticos y en última instancia hacia la sangre. La presencia de lípidos hace que la linfa drenada desde el intestino delgado tenga un aspecto blanquecino y cremoso; esta linfa se denomina *quilo* (de *khylos*, jugo). En los demás sectores, la linfa aparece como un líquido pálido amarillento y claro.

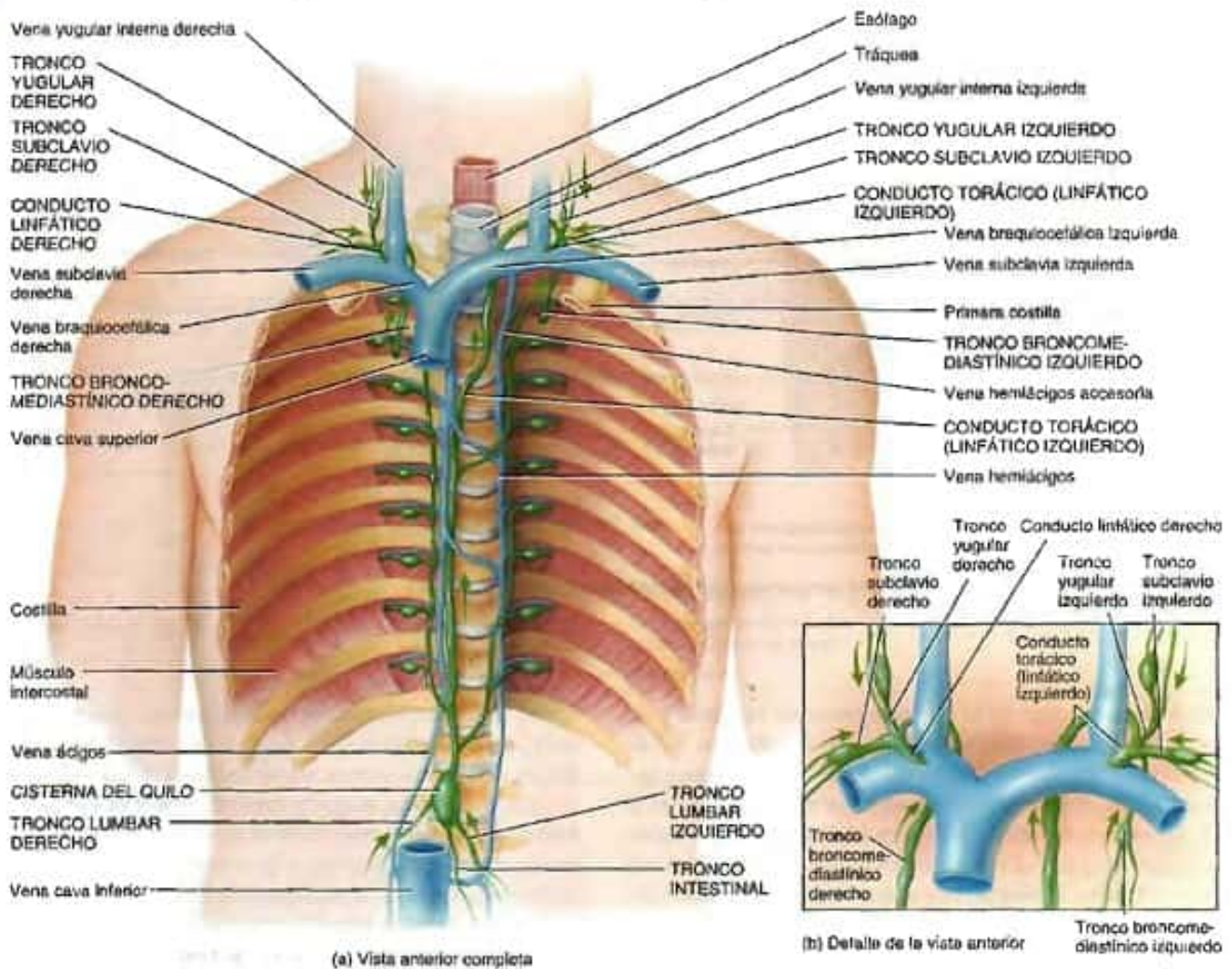
Troncos y conductos linfáticos

Como ya vimos, la linfa pasa de los capilares linfáticos a los vasos linfáticos para luego atravesar los ganglios linfáticos. Cuando los vasos linfáticos salen del ganglio en ciertos sectores del organismo, se reúnen para formar los **troncos linfáticos**. Los troncos principales son el lumbar, intestinal, broncomediastínico, subclavio y el tronco yugular (fig. 22-3). El **tronco lumbar** se encarga de recolectar la linfa que proviene de los miembros inferiores, las paredes y órganos de la pelvis, los riñones, las glándulas suprarrenales y la pared abdominal. Los **troncos intestinales** drenan la linfa del estómago, intestinos, páncreas y parte del hígado. El **tronco broncomediastínico** recolecta la linfa de la pared torácica, pulmones y corazón. El **tronco subclavio** transporta la linfa de los miembros superiores, mientras que el **tronco yugular** se encarga de transportar la linfa proveniente de la cabeza y cuello.

Desde los troncos linfáticos la linfa se drena a dos conductos principales, el conducto torácico y el conducto linfático derecho (o conducto torácico derecho) que descargan a su vez en la sangre venosa. El **conducto torácico** (conducto linfático izquierdo) mide de 38

Fig. 22-3 Vías de drenaje de la linfa desde los troncos linfáticos hacia el conducto torácico y conducto linfático derecho.

Toda la linfa retorna al torrente sanguíneo a través de los conductos torácico y linfático derecho.



¿Qué vasos linfáticos son los que drenan en la cisterna del quilo, y qué conducto es el que recibe la linfa proveniente de la cisterna del quilo?

a 45 cm de longitud y comienza como una dilatación, la **cisterna del quilo** (de Pequet) (cisterna = cavidad o reservorio), la cual se ubica por delante de la segunda vértebra lumbar. El conducto torácico es el principal conducto mediante el cual la linfa retorna a la sangre. La cisterna del quilo recibe la linfa de los troncos lumbares derecho e izquierdo así como también de los troncos intestinales. En el cuello, el conducto torácico también recibe la linfa del tronco yugular izquierdo, del tronco subclavio izquierdo y del tronco broncomediastínico izquierdo. Por lo tanto, el conducto torácico lleva la linfa de la porción izquierda de la cabeza, cuello y tórax, miembro superior izquierdo y todo el sector comprendido por debajo de las costillas (véase **fig. 22-1b**). El conducto torácico transporta la linfa hacia la sangre venosa desembocando en la unión entre la vena yugular interna izquierda y la vena subclavia (ángulo o confluente yúgulo-subclavio izquierdo.)

El **conducto linfático derecho** (conducto torácico derecho o gran vena linfática) (**fig. 22-3**) mide aproximadamente 1.2 cm de largo y recibe la linfa de los troncos yugular derecho, subclavio de-

recho y broncomediastínico derecho. De esta manera, recoge la linfa de la parte superior derecha del cuerpo (véase **fig. 22-1b**). Desde el conducto linfático derecho, la linfa llega a la sangre venosa en la unión entre las venas yugular interna derecha y subclavia derecha (a nivel del ángulo yúgulo-subclavio derecho.)

Formación y circulación de la linfa

La mayoría de los componentes del plasma sanguíneo filtran libremente a través de las paredes capilares para formar el líquido intersticial; sin embargo, es mayor la cantidad de líquido que filtra desde los capilares sanguíneos que la que retorna a ellos por reabsorción (véase **fig. 21-7**). Los vasos linfáticos drenan el líquido filtrado en exceso —cerca de tres litros por día— para transformarlo en linfa. Debido a que las proteínas plasmáticas son demasiado grandes como para atravesar los capilares sanguíneos, el líquido intersticial sólo contiene una pequeña fracción de ellas. Aquellas proteínas que sí pueden

salir del plasma, no pueden retornar al torrente sanguíneo por difusión, ya que el gradiente de concentración (mayor cantidad de proteínas en los capilares sanguíneos y menor cantidad afuera) se opone a dicho movimiento. Las proteínas pueden, sin embargo, moverse fácilmente a través de aquellos capilares linfáticos que tienen mayor permeabilidad y así formar parte de la linfa. Por lo tanto, una función importante de los vasos linfáticos es devolver las proteínas perdidas del plasma, de nuevo al torrente sanguíneo.

Al igual que las venas, los vasos linfáticos contienen válvulas que aseguran el desplazamiento de la linfa en un solo sentido. Como se vio antes, la linfa llega a la sangre venosa a través del conducto linfático derecho y del conducto torácico, los cuales desembocan en el ángulo o confluente yugulo-subclavio (fig. 22-3). De esta manera, la forma en que circula la linfa es la siguiente: capilares sanguíneos (sangre) → espacio intersticial (líquido intersticial) → capilares linfáticos (linfa) → vasos linfáticos (linfa) → conductos linfáticos (linfa) → ángulo yugulo-subclavio (sangre.) La figura 22-4 ilustra esta secuencia, junto con las relaciones entre el sistema linfático y el sistema cardiovascular.

Las mismas dos "bombas" que colaboran en el retorno de la sangre venosa hacia el corazón mantienen el flujo linfático.

1. **Bomba muscular esquelética.** El "efecto de ordeño" que ejerce la musculatura esquelética (véase fig. 21-9) provoca la com-

presión de los vasos linfáticos (así como de las venas) facilitando que la linfa fluya hacia el confluente yugulo-subclavio.

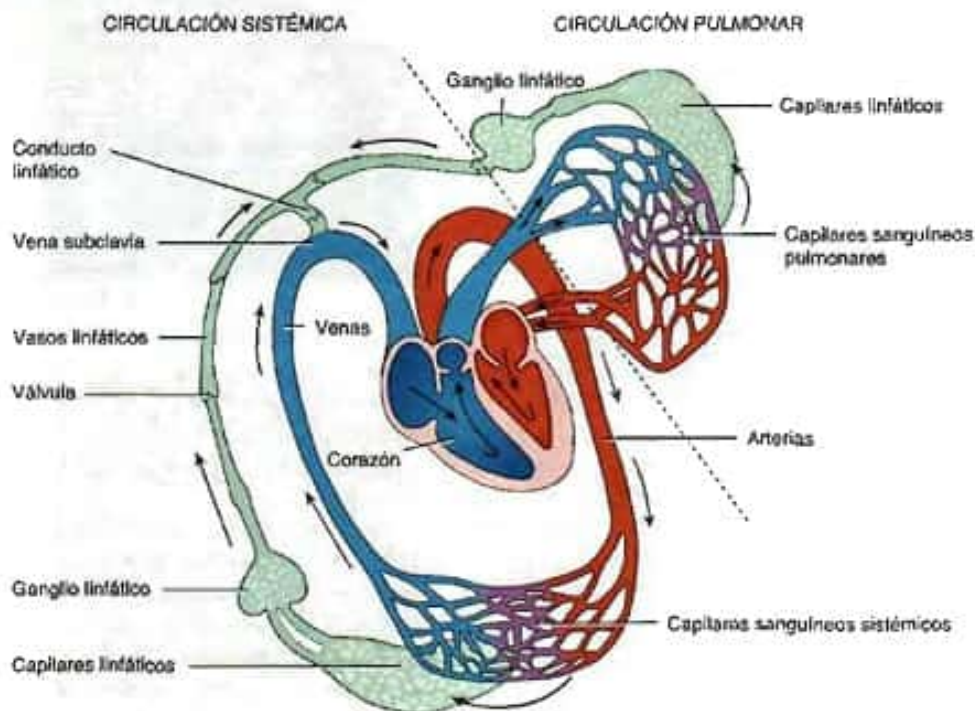
2. **Bomba respiratoria.** El flujo linfático también se mantiene gracias a los cambios de presión que tienen lugar durante la inspiración. La linfa fluye desde la región abdominal, donde la presión es mayor, hacia la región torácica, donde la presión es menor. Cuando la presión se revierte durante la espiración, las válvulas previenen el reflujo de la linfa. Además, cuando los vasos linfáticos se distienden, el músculo liso de sus paredes se contrae, permitiendo que la linfa se dirija desde un segmento del vaso hacia el siguiente.

Órganos y tejidos linfáticos

Los órganos y tejidos linfáticos se distribuyen ampliamente y se clasifican en dos grupos de acuerdo con sus funciones. Los **órganos linfáticos primarios** son aquellos donde las células madre (*stem cells*) se dividen y diferencian a células **inmunocompetentes**, esto es, capaces de montar una respuesta inmunitaria eficaz. Los órganos linfáticos primarios comprenden la médula ósea roja (en los huesos planos y en las epífisis de los huesos largos de personas adultas) y el timo. Las células madre pluripotenciales de la médula ósea roja dan origen a células B maduras y a células pre-T, que migran al timo para diferenciarse en células T inmunocompetentes. Los órganos lin-

Fig. 22-4 Esquema que muestra la relación existente entre el sistema linfático y el aparato circulatorio. Las flechas indican la dirección que siguen el flujo sanguíneo y el flujo linfático.

El camino que sigue el flujo es: capilares sanguíneos (sangre) → espacios intersticiales (linfa intersticial) → capilares linfáticos (linfa) → vasos linfáticos (linfa) → conductos linfáticos (linfa) → ángulo o confluente yugulo-subclavio (sangre).



¿La inspiración facilita o retrasa la circulación de la linfa?

fáticos secundarios y **tejidos linfáticos** son aquellos sitios donde se llevan a cabo la mayor parte de las repuestas inmunitarias. Comprenden a los ganglios linfáticos, bazo y nódulos linfáticos (folículos). El timo, los ganglios linfáticos y el bazo se consideran órganos debido a que cada uno de ellos se encuentra rodeado por una cápsula de tejido conectivo; los nódulos linfáticos, en cambio, no son considerados órganos ya que carecen de dicha cápsula.

Timo

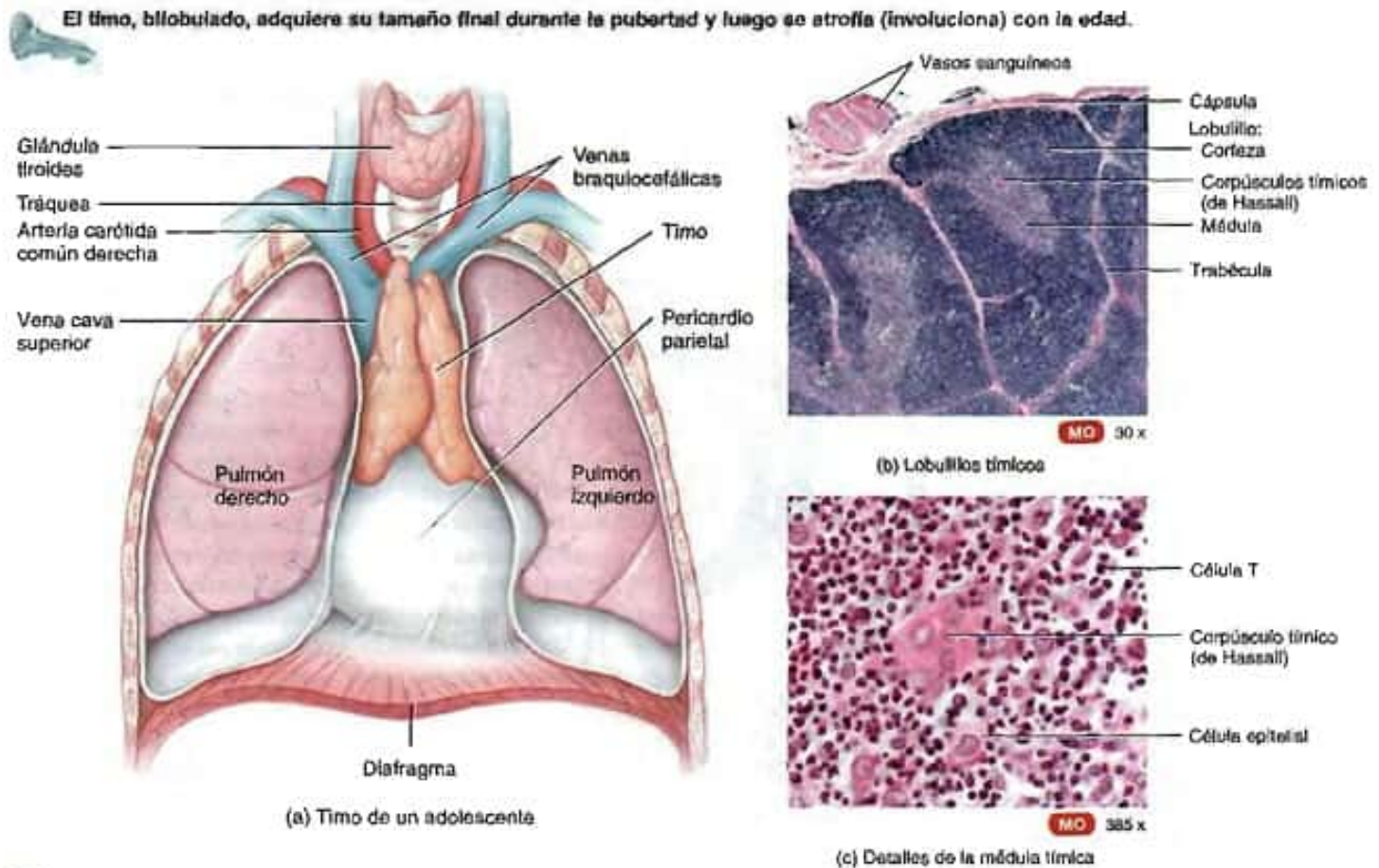
El **timo** es un órgano bilobulado que se localiza en el mediastino, entre el esternón y la aorta (fig. 22-5a). Los lóbulos se mantienen juntos gracias a una capa de tejido conectivo, pero están separados por una **cápsula** de tejido conectivo. Desde la cápsula se extienden prolongaciones llamadas **trabéculas** (pequeñas barras), que penetran en el espesor de cada lóbulo, dividiendo estos últimos en lobulillos (fig. 22-5b).

Cada lóbulo tímico está formado por una zona externa, más teñida, la **corteza**, y una zona interna central, de tinción más clara, la **médula** (fig. 22-5b). La **corteza** está compuesta por un gran número de linfocitos T y células dendríticas, células epiteliales y macrófagos que se distribuyen en forma dispersa. Las células T inmaduras

(células pre-T) migran a la corteza desde la médula ósea roja, donde proliferan e inician el proceso de maduración. Las **células dendríticas** (de *déndron*, árbol), llamadas así por sus largas proyecciones ramificadas que asemejan a las dendritas neuronales, contribuyen al proceso de maduración. Como se verá en breve, las células dendríticas presentes en otros sectores del cuerpo, como los ganglios linfáticos, cumplen un importante papel en la respuesta inmune. Cada una de las **células epiteliales** especializadas que se encuentran en la corteza tiene gran cantidad de prolongaciones que rodean y sirven como plataforma a un número de hasta 50 células T. Estas células epiteliales colaboran en la "educación" de las células pre-T, en un proceso conocido como selección positiva (véase fig. 22-20). También se encargan de la producción de hormonas tímicas que podrían servir para la maduración de las células T. Sólo el 2% de las células T en desarrollo sobrevive en la corteza. El resto es eliminado por apoptosis (muerte celular programada). Los **macrófagos** tímicos ayudan a limpiar los restos celulares de las células muertas o que están muriendo. Las células T que sobreviven ingresan a la médula.

La **médula** está formada por linfocitos T maduros, células epiteliales, células dendríticas y macrófagos, dispersos en una gran superficie (fig. 22-5c). Algunas de las células epiteliales se agrupan formando capas concéntricas de células planas que degeneran y se

Fig. 22-5 Timo.



¿Qué tipo de linfocitos son los que maduran en el timo?

transforman en células cargadas de gránulos queratohialinos y queratina. Éstos son los **corpúsculos tímicos (de Hassall)**. Aunque su función es incierta, pueden servir como sitios de muerte de células T presentes en la médula. Las células T que salen del timo a través de la sangre migran hacia los ganglios linfáticos, bazo y otros tejidos linfáticos donde colonizan parte de estos órganos y tejidos.

En los lactantes el timo es grande, con una masa aproximada de 70 g. Después de la pubertad, el tejido tímico comienza a ser reemplazado por tejido adiposo y tejido conectivo areolar. Para la adultez, la glándula se ha atrofiado en forma considerable y puede pesar sólo 3 g en los ancianos. Antes de producirse la atrofia del timo, los linfocitos T colonizan los órganos linfáticos secundarios y los tejidos linfáticos. Sin embargo, algunas células T continúan proliferando en el timo durante toda la vida del individuo.

Ganglios linfáticos

Aproximadamente 600 **ganglios linfáticos**, cuya forma se asemeja a la de una alubia, se localizan a lo largo de los vasos linfáticos. Éstos se distribuyen por todo el cuerpo, tanto en la superficie como en la profundidad (véase **fig. 22-1**). Cerca de las glándulas mamarias, axila e ingle, hay grandes grupos ganglionares.

Los ganglios linfáticos miden entre 1 y 25 mm de longitud y, al igual que el timo, se encuentran cubiertos por una densa **cápsula** de tejido conectivo denso que se extiende hacia el interior del ganglio (**fig. 22-6**). Estas prolongaciones de la cápsula, denominadas **trabéculas**, dividen al ganglio en compartimientos, actúan como sostén y guían a los vasos sanguíneos que se dirigen hacia el interior del ganglio. Por debajo de la cápsula se dispone una red de sostén formada por fibras reticulares y fibroblastos. La cápsula, trabéculas, fibras reticulares y fibroblastos constituyen el **estroma** (tejido conectivo de sostén) del ganglio linfático.

El **parénquima** (porción funcional) ganglionar se divide en una zona superficial, la corteza, y una zona profunda, la médula. La corteza, a su vez, se encuentra formada por una porción interna y otra externa. En la **zona cortical externa** se encuentran agregados ovoides de células B, llamadas **nódulos (folículos) linfáticos**. Un nódulo linfático formado en su mayor parte por linfocitos B recibe el nombre de **nódulo linfático primario**. La mayoría de los nódulos linfáticos que encontramos en la zona externa de la corteza corresponden a **nódulos linfáticos secundarios** (**fig. 22-6**), los cuales surgen en respuesta a la estimulación antigénica y representan el sitio donde se forman las células plasmáticas y los linfocitos B de memoria. Una vez que las células B reconocen al antígeno en el nódulo linfático primario, éste evoluciona a nódulo linfático secundario. La zona central del nódulo linfático secundario consiste en una región de células claras, llamada **centro germinal**. El centro germinal se compone de células B, células foliculares dendríticas (un tipo especial de células dendríticas) y macrófagos. Cuando las células foliculares dendríticas "presentan" al antígeno (descrito más adelante en este capítulo), las células B proliferan y se diferencian a células plasmáticas productoras de anticuerpos o a células B de memoria. Las células B de memoria persisten luego de la respuesta inmunitaria inicial y "recuerdan" su encuentro inicial con un antígeno específico. Aquellas células B que no se desarrollan en forma normal, mueren por apoptosis (muerte celular programada) y son destruidas por los macrófagos. La porción del nódulo linfático secundario que ro-

dea el centro germinal está formada por densos cúmulos de células B que migraron desde sus sitios de origen en el nódulo.

La **zona cortical interna** no contiene nódulos linfáticos. Está formada principalmente por células T y células dendríticas que arribaron al ganglio linfático desde otros tejidos. Las células dendríticas presentan antígenos a las células T, induciendo su proliferación. Así, las células T recién formadas salen del ganglio linfático para dirigirse a aquellas regiones del organismo que presentan actividad antigénica.

La **médula** del ganglio contiene células B, células plasmáticas productoras de anticuerpos provenientes de la corteza, y macrófagos. Todas estas células están embebidas en una red de fibras y células reticulares.

Como ya se ha visto, la linfa fluye a través de los ganglios sólo en una dirección (**fig. 22-6a**). Ingresa por medio de **vasos linfáticos aferentes** (de *afferens*, que lleva), los cuales penetran en distintos puntos de la superficie convexa del ganglio. Los vasos aferentes tienen válvulas que se abren hacia el centro del ganglio, dirigiendo la linfa hacia su *interior*. En el ganglio, la linfa ingresa en los **sinusoides**, una serie de canales irregulares que contienen fibras reticulares ramificadas, linfocitos y macrófagos. Desde los vasos linfáticos aferentes, la linfa circula hacia los **sinusoides subcapsulares**, que se ubican inmediatamente por debajo de la cápsula. Desde aquí la linfa atraviesa los **sinusoides trabeculares**, que se disponen paralelos a las trabéculas presentes en la corteza, y se dirige hacia los **sinusoides medulares**, que se extienden a través de la médula. Los sinusoides medulares descargan en uno o dos **vasos linfáticos eferentes** (de *ex-*, fuera de, y *ferre*, llevar), los cuales son más anchos pero menos numerosos que los linfáticos aferentes. Éstos también contienen válvulas que se abren desde el centro del ganglio para transportar la linfa, los anticuerpos producidos por las células plasmáticas y las células T activadas, *hacia afuera* de los ganglios. Los vasos linfáticos eferentes emergen del ganglio a través de una leve depresión ubicada en uno de sus lados, llamada **hillo**. Los vasos sanguíneos también entran y salen del ganglio a través de él. Los ganglios linfáticos actúan como una especie de filtro. A medida que la linfa ingresa por un extremo del ganglio, las sustancias extrañas quedan atrapadas por las fibras reticulares en los sinusoides. Luego los macrófagos eliminan algunas sustancias por fagocitosis mientras que los linfocitos destruyen otras mediante mecanismos inmunológicos. La linfa, así filtrada, abandona el ganglio linfático por el extremo opuesto.

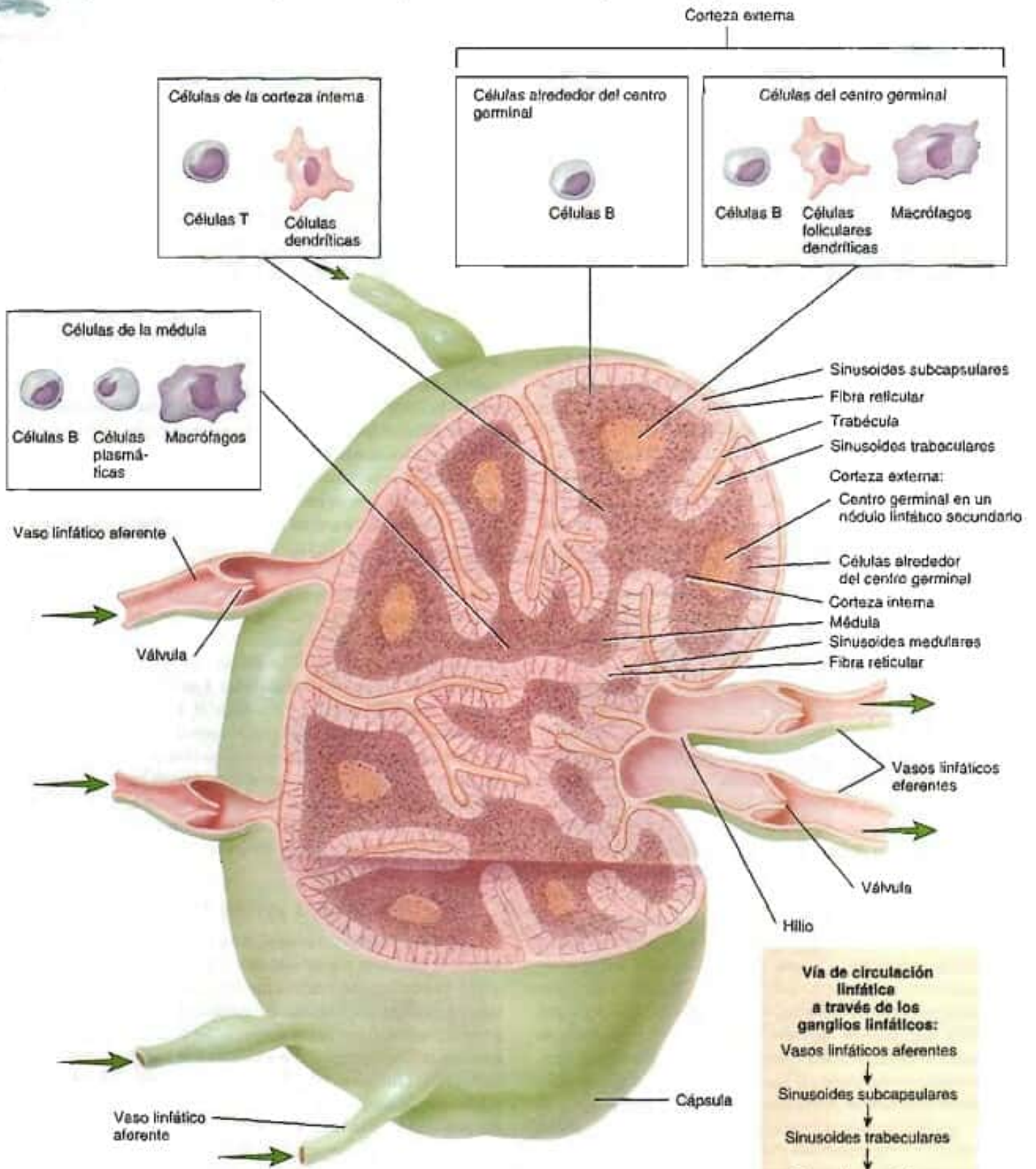


Metástasis por vía linfática

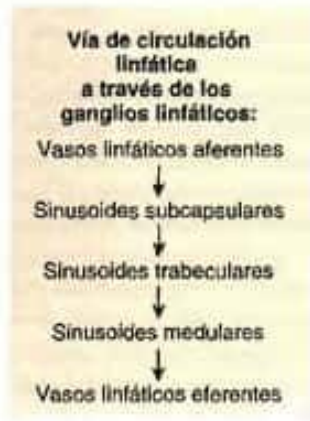
Metástasis (meta-, de *metá*, más allá, y estasis, de *stasis*, establecerse), la diseminación de una enfermedad desde un lugar del cuerpo a otro, puede llevarse a cabo a través de los vasos linfáticos. Todos los tumores malignos en última instancia metastatizan. Las células cancerosas pueden viajar por la sangre o por la linfa y dar lugar a nuevos tumores en los lugares donde asientan. Cuando la metástasis se produce por vía linfática, la ubicación de los tumores secundarios puede predecirse de acuerdo con la dirección en que circula la linfa a partir del sitio donde se localiza el tumor primario. Los ganglios cancerosos se agrandan, aumentan su consistencia, se hacen más firmes y se fijan a las estructuras subyacentes. Por el contrario, la mayoría de los ganglios linfáticos que sufren agrandamiento por algún proceso infeccioso, son blandos, dolorosos a la palpación y móviles. ■

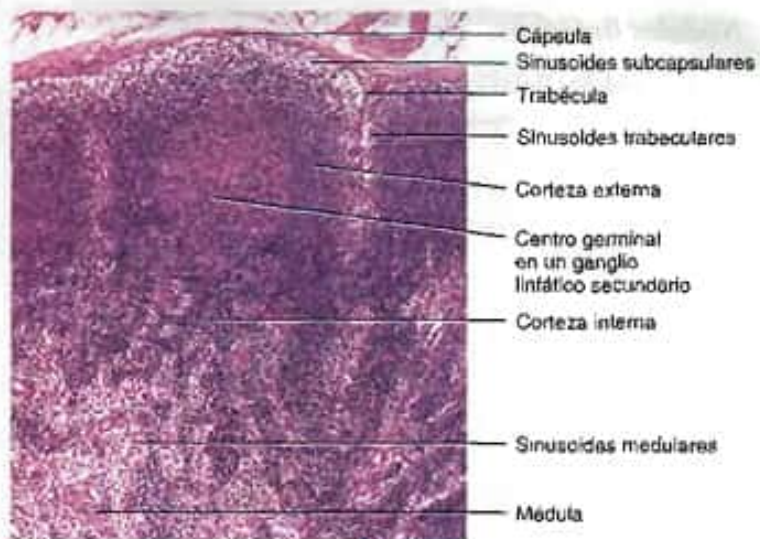
Fig. 22-6 Estructura del ganglio linfático. Las flechas indican la dirección que sigue el flujo de linfa a través del ganglio linfático.

Los ganglios linfáticos se distribuyen en todo el organismo, habitualmente dispuestos en grupos.



(a) Corte parcial de un ganglio linfático en el que se observa su estructura completa





MO 55 x

(b) Porción de un ganglio linfático



(c) Vista anterior de un ganglio linfático

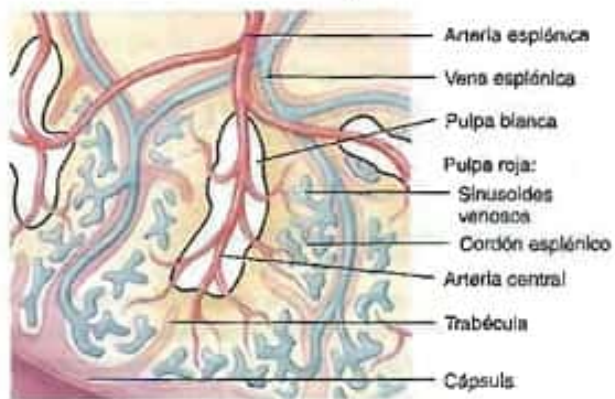
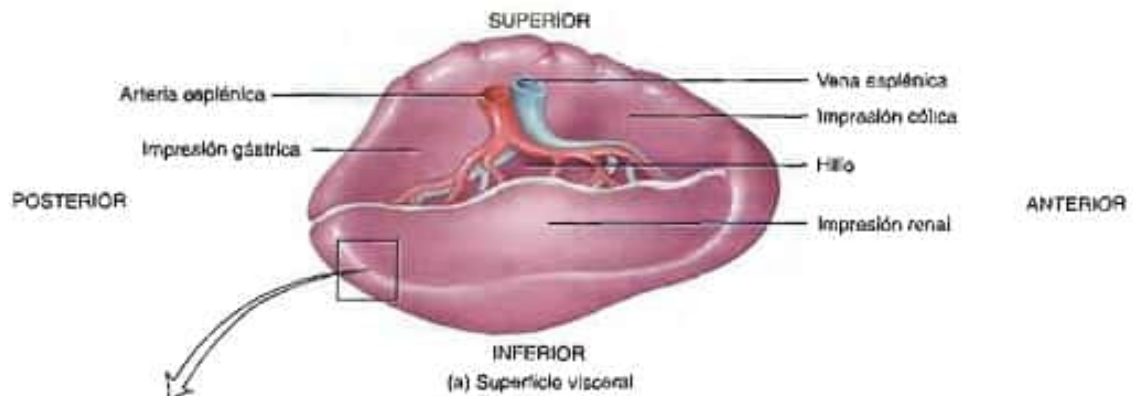


¿Qué sucede con las sustancias extrañas que ingresan con la linfa en los ganglios linfáticos?

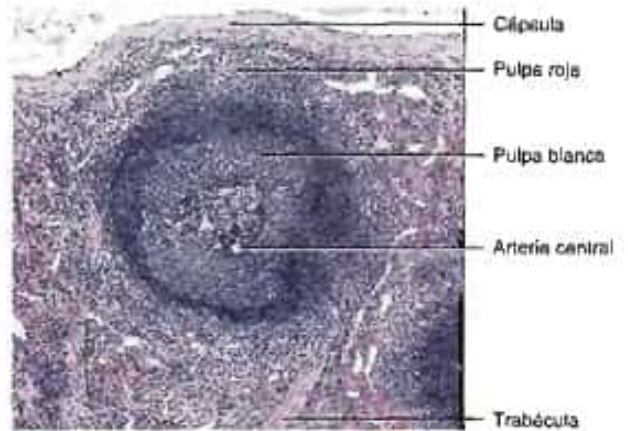
Fig. 22-7 Estructura del bazo.



El bazo es la masa única de tejido linfático más grande en el organismo.



(b) Estructura interna



MO 50 x

(c) Porción del bazo



¿Cuáles son las funciones principales del bazo luego del nacimiento?

Bazo

El **bazo**, una estructura ovoide que mide aproximadamente 12 cm de longitud es la mayor masa de tejido linfático presente en el cuerpo (véase **fig. 22-7a**). Está ubicado en el hipocondrio izquierdo entre el diafragma y el estómago. El borde superior del bazo es una superficie lisa, convexa, que se relaciona con la porción cóncava del diafragma. Los órganos vecinos dejan improntas sobre la cara visceral: la **impresión gástrica** (estómago), la **impresión renal** (riñón izquierdo) y la **impresión cólica** (ángulo esplénico o flexura cólica izquierda del colon.) Al igual que los ganglios linfáticos, el bazo presenta un hilio a través del cual ingresan la arteria esplénica, la vena esplénica y los vasos linfáticos eferentes.

El bazo se encuentra envuelto por una cápsula de tejido conectivo denso que está, a su vez, rodeada por serosa, el peritoneo visceral. A partir de la cápsula se extienden trabéculas hacia el interior del bazo. La cápsula y las trabéculas, las fibras reticulares y los fibroblastos constituyen el estroma del bazo; el parénquima, por su parte, está formado por dos tipos diferentes de tejidos, la pulpa blanca y la pulpa roja (**fig. 22-7c**). La **pulpa blanca** es tejido linfático constituido en su mayor parte por linfocitos y macrófagos dispuestos alrededor de las ramas de la arteria esplénica, las **arterias centrales**. En la **pulpa roja** encontramos sinusoides venosos (cargados de sangre) y cordones de tejido esplénico, llamados **cordones esplénicos** (de Billroth). Los cordones esplénicos son estructuras formadas por glóbulos rojos, macrófagos, linfocitos, células plasmáticas y granulocitos. Las venas están en estrecha asociación con la pulpa roja.

La sangre circula hacia el bazo a través de la arteria esplénica e ingresa a las arterias centrales de la pulpa blanca. Una vez allí, las células B y las células T ponen en marcha procesos inmunológicos, similar a lo que ocurre en los ganglios linfáticos, mientras que los macrófagos esplénicos eliminan a los patógenos que circulan por la sangre mediante fagocitosis. En la pulpa roja se llevan a cabo tres procesos relacionados con las células sanguíneas: 1) eliminación de células sanguíneas y plaquetas defectuosas, senescentes o fragmentadas; 2) almacenamiento de hasta una tercera parte de las plaquetas del organismo; y 3) producción de células sanguíneas (hematopoyesis) durante la vida fetal.

Ruptura esplénica

El bazo es el órgano que más a menudo sufre daños en casos de traumatismo abdominal. Los traumatismos importantes a nivel de la porción inferior izquierda del tórax o en la porción superior del abdomen pueden causar la fractura de las costillas que sirven de protección. Estos procesos traumáticos pueden resultar en una **ruptura esplénica**, la cual puede producir una importante hemorragia y shock. Su rápida extirpación, la **esplenectomía**, es necesaria para evitar la muerte del paciente debida a una hemorragia masiva. Otras estructuras, en particular la médula ósea roja y el hígado, pueden encargarse de algunas de las funciones que realiza el bazo en condiciones normales. Las funciones inmunológicas, sin embargo, disminuyen en su ausencia. También se verifica un aumento del riesgo de sufrir **sepsis** (infección en la sangre) causado por la pérdida de la función de filtro y de la fagocitosis que media el bazo. Para disminuir el riesgo de sepsis, los pacientes sometidos a una esplenectomía requieren tratamiento antibiótico profiláctico (preventivo) antes de cualquier procedimiento invasivo. ■

Nódulos linfáticos

Los **nódulos linfáticos** (folículos) son masas de tejido linfático, de forma ovoide, no encapsuladas. Debido a que se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la lámina propia (tejido conectivo) de las membranas mucosas que cubren la superficie interna de los tractos gastrointestinal, urinario y reproductor, así como de las vías respiratorias, los nódulos linfáticos de estas áreas, también se conocen con el nombre de **tejido linfático asociado a la mucosa** (**MALT**, – mucosa associated lymphatic tissue.) A pesar de que muchos de los nódulos linfáticos son pequeños y por lo general son solitarios, otros se disponen en grandes grupos en sitios específicos del cuerpo. Entre éstos se destacan las amígdalas de la región faríngea y los folículos linfáticos del íleon (placas de Peyer). También hay agregados linfáticos en el apéndice. En general, se encuentran cinco **amígdalas**, las cuales forman un anillo en la unión entre la cavidad bucal y la orofaringe, y en la unión entre la cavidad nasal y la nasofaringe (véase **fig. 23-2b**). Las amígdalas están estratégicamente ubicadas de manera tal que generan las respuestas inmunitarias frente a las partículas extrañas inhaladas o ingeridas. La **amígdala faríngea** o **adenoide** es una estructura única que se localiza en la pared posterior de la nasofaringe. Las dos **amígdalas palatinas** se ubican en la parte posterior de la cavidad bucal, una a cada lado; éstas son las que suelen extirparse en la amigdalectomía. El par de **amígdalas linguales**, situadas en la base de la lengua también puede requerir su extirpación durante este procedimiento.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿En qué se asemejan y en qué difieren el líquido intersticial y la linfa?
2. ¿Qué diferencias estructurales hay entre los vasos linfáticos y las venas?
3. Diagrame la vía de la circulación linfática.
4. ¿Cuál es el papel que cumple el timo en la inmunidad?
5. ¿Qué función llevan a cabo los vasos linfáticos, el bazo y las amígdalas?



DESARROLLO DE LOS TEJIDOS LINFÁTICOS

OBJETIVO

Describir el desarrollo de los tejidos linfáticos.

Los tejidos linfáticos comienzan a desarrollarse hacia fines de la quinta semana de vida embrionaria. Los **vasos linfáticos** se forman a partir de los **sacos linfáticos** que nacen de las venas en desarrollo, derivadas del **mesoderma**.

Los primeros sacos linfáticos que se forman son el par de sacos **linfáticos yugulares**, en la unión entre las venas yugular interna y subclavia (**fig. 22-8**). A partir de los sacos linfáticos yugulares, los **plexos capilares** se distribuyen por el tórax, miembro superior, cue-