

SISTEM KARDIOVASKULER

Sistem sirkulasi terdiri dari atas sistem kardiovaskuler dan limfe. Sistem kardiovaskuler terdiri dari **struktur-struktur** sebagai berikut:

1. **Jantung**, yang berfungsi untuk memompa darah.
2. **Pembuluh darah** yang berfungsi untuk mengalirkan darah menuju ke jaringan dan sebaliknya.
3. **Cairan darah** yang berfungsi mengangkut O₂ dan CO₂, zat-zat makanan dsb ke jaringan dan sebaliknya.

Jantung

Jantung merupakan organ muskuler yang dapat berkontraksi secara ritmis, dan berfungsi memompa darah dalam sistem sirkulasi. Secara struktural dinding jantung terdiri atas 3 lapisan (tunika) yaitu,

1. **Endokardium** terletak pada lapisan subendotel. Sebelah dalam dibatasi oleh **endotel**. Endokardium tersusun atas jaringan penyambung jarang dan banyak mengandung vena, syaraf (nervus), dan cabang-cabang sistem penghantar impuls.
2. **Miokardium** terdiri atas sel-sel **otot jantung**. Sel-sel otot jantung dibagi dalam 2 kelompok; sel-sel kontraktil dan sel-sel yang menimbulkan dan menghantarkan impuls sehingga mengakibatkan denyut jantung.
3. **Epikardium** merupakan membran serosa jantung, membentuk batas viseral perikardium. Sebelah luar diliputi oleh epitel selapis gepeng (mesotel). Jaringan adiposa yang umumnya meliputi jantung terkumpul dalam lapisan ini.

Katup-katup jantung terdiri atas bagian sentral yang terdiri atas jaringan fibrosa padat menyerupai aponeurosis yang pada kedua permukaannya dibatasi oleh lapisan endotel.

Persyarafan jantung tersusun atas sistem yang menimbulkan dan menghantarkan impuls pada jantung. Sistem yang menimbulkan dan menghantarkan impuls dari jantung terdiri atas beberapa struktur yang memungkinkan bagi atrium dan ventrikel untuk berdenyut secara berurutan dan memungkinkan jantung berfungsi sebagai pompa yang efisien. Sistem ini terdiri atas:

1. **Simpul sinoatrial** (dari Keith dan Flack) sebagai alat pacu (*pace maker*) jantung.
2. **Simpul atrioventrikuler** (dari Tawara).
3. Juga terdapat berkas atrioventrikuler (**berkas His**) yang berasal dari simpul atrioventrikuler dan berjalan ke ventrikel, bercabang dan mengirimkan cabang-cabang ke kedua ventrikel.

Otot jantung mempunyai kemampuan **autostimulasi**, tidak tergantung dari impuls syaraf. Sel-sel otot jantung yang telah diisolasi dapat berdenyut dengan iramanya sendiri. Pada otot jantung, sel-sel ini sangat erat berhubungan dan terjadi pertukaran informasi dengan adanya *gap junction* pada discus interkalaris.

Bagian parasimpatis dan simpatis sistem autonom mempersyarafi jantung membentuk pleksus-pleksus yang tersebar luas pada basis jantung. Pada daerah-daerah yang dekat dengan simpul sinoatrial dan atrioventrikuler, terdapat sel-sel

syaraf ganglion dan serabut-serabut syaraf. Syaraf-syaraf ini mempengaruhi irama jantung, dimana perangsangan bagian parasimpatis (*nervus vagus*) menimbulkan **perlambatan** denyut jantung, sedangkan perangsangan syaraf **simpatis** mempercepat irama *pace maker*.

Pembuluh Darah

Struktur Umum Pembuluh-Pembuluh Darah

Pembuluh darah biasanya terdiri atas lapisan-lapisan sebagai berikut:

1. **Tunika intima** (tunika interna) terdiri atas selapis sel endotel yang membatasi permukaan dalam pembuluh. Di bawah endotel adalah lapisan subendotel, terdiri atas jaringan penyambung jarang halus yang kadang-kadang mengandung sel otot polos yang berperan untuk kontraksi pembuluh darah.
2. **Tunika media** terdiri dari sel-sel **otot polos** yang tersusun melingkar (sirkuler). Pada arteri, tunika media dipisahkan dari tunika intima oleh suatu membrana elastik interna. Membran ini terdiri atas elastin, biasanya berlubang-lubang sehingga zat-zat dapat berdifusi melalui lubang-lubang yang terdapat dalam membran dan memberi makan pada sel-sel yang terletak jauh di dalam dinding pembuluh. Pada pembuluh besar, sering ditemukan membrana elastika externa yang lebih tipis yang memisahkan tunika media dari tunika adventitia yang terletak di luar.
3. **Tunika adventitia** terdiri atas jaringan penyambung dengan serabut-serabut elastin. Pada pembuluh yang lebih besar, vasa vasorum (pembuluh dalam pembuluh) bercabang-cabang luas dalam adventitia.
4. **Vasa vasorum** memberikan metabolit-metabolit untuk adventitia dan tunika media pembuluh-pembuluh besar, karena lapisan-lapisannya terlalu tebal untuk diberi makanan oleh difusi dari aliran darah.

Aorta

- Tunica intima: endothelium - sel berbentuk poligonal selapis, subendothelium - serabut elastis, kolagen, fibroblast, sel-sel otot polos. Serabut elastis membentuk membrana elastica interna, tidak sejelas pada arteri ukuran medium, dan terlihat berlubang-lubang.
- Tunica media: membrana fenestrata - dibentuk oleh serabut elastis, sel-sel otot polos tampak pada jaringan ikat diantara membrana fenestrata.
- Tunica adventitia: jaringan ikat longgar tipis vasa vasorum

Arteri

Berdasarkan ukurannya, arteri dapat diklasifikasikan menjadi (1) arteri besar atau arteri elastis; (2) arteri ukuran sedang, arteri muskuler, dan (3) arteriola.

1. Arteri besar (arteri elastin) termasuk aorta dan cabang-cabang besarnya. Arteri jenis ini mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: (1) Intima, dibatasi oleh sel-sel endotel. Pada arteri besar membrana basalis subendotel kadang-kadang tidak terlihat. Membrana elastika interna tidak selalu ada. (2) Lapisan media terdiri atas serangkaian membran elastin yang tersusun konsentris. (3) Tunika

adventitia tidak menunjukkan membrana externa, relatif tidak berkembang dan mengandung serabut-serabut elastin dan kolagen.

2. Arteri ukuran sedang dan kecil memiliki lapisan muskuler yang tebal. Sel-sel ini bercampur dengan sejumlah serabut elastin serta kolagen dan proteoglikan.
3. Arteriola merupakan pembuluh arteri yang paling kecil (halus), bergaris tengah kurang dari 0,5 mm dan relatif mempunyai lumen yang sempit. Memiliki tunika intima dengan tanpa lapisan subendotel dan umumnya tidak mempunyai membrana elastik interna. Lapisan media adalah lapisan sel-sel otot polos yang tersusun melingkar. Lapisan adventitia tipis, tidak berkembang dengan baik dan tidak menunjukkan adanya membrana elastik externa.

Histofisiologi Arteri

Arteri besar juga dinamakan pengangkut karena fungsi utamanya adalah mengangkut darah. Fungsi arteri ukuran sedang sebagai arteri penyalur yaitu untuk menyediakan darah pada berbagai organ.

Perubahan arteriosklerosis pada umumnya mulai pada lapisan subendotel, berjalan ke tunika media. Lesi lapisan intima dan lapisan tengah yang ditemukan pada arteriosklerosis yang disertai dengan destruksi jaringan elastin dan akibatnya kehilangan elastisitas adalah akibat gangguan sirkulasi yang berat.

Anastomosis Arteriovenosa

Hubungan langsung antara sirkulasi arteri dan vena. Anastomosis arteriovenosa ini tersebar di seluruh tubuh dan umumnya terdapat pada pembuluh-pembuluh kecil berfungsi mengatur sirkulasi pada daerah tertentu, terutama pada jari, kuku, dan telinga. Sistem ini mempunyai peranan pengaturan sirkulasi pada berbagai organ dan berperanan pada beberapa fenomena fisiologi seperti menstruasi, perlindungan terhadap suhu yang rendah, dan ereksi. Anastomosis arteriovenosa banyak dipersyarafi oleh sistem syaraf simpatis dan parasimpatis. Selain mengatur aliran darah pada berbagai organ, anastomosis ini mempunyai fungsi termoregulator yang khususnya terbukti pada kulit ekstremitas.

Vena

- Tunica intima: endothelium - selnya pipih selapis, subendothelium - jaringan ikat tipis langsung berhubungan dengan tunica adventitia.
- Tunica media: tidak ada.
- Tunica adventitia: jaringan ikat longgar dengan serabut kolagen yang membentuk berkas-berkas longitudinal, sel fibroblast tampak diantaranya. sel-sel otot polos tampak pula.

Vena biasanya digolongkan menjadi:

1. Venula, garis tengah 0,2 – 1 mm, ditandai oleh tunika intima yang terdiri atas endotel, tunika media tebal yang terdiri atas lapisan sel otot polos, dan lapisan adventitia merupakan lapisan yang paling tebal, terdiri atas jaringan penyambung yang kaya akan serabut-serabut kolagen.
2. Vena ukuran kecil atau sedang dan mempunyai garis tengah 1 – 9 mm. Tunika intima biasanya mempunyai lapisan subendotel yang tipis, tetapi hal ini pada

suatu saat mungkin tidak ada. Tunika media terdiri atas berkas-berkas kecil otot polos yang bercampur dengan serabut-serabut kecil kolagen dan jala-jala halus serabut elastin. Lapisan kolagen adventitia berkembang dengan baik.

3. Vena besar mempunyai tunika intima yang berkembang dengan baik. Tunika media jauh lebih kecil, dengan sedikit sel-sel otot polos dan banyak jaringan penyambung. Tunika adventitia adalah lapisan yang paling tebal dan pada pembuluh yang paling besar dapat mengandung berkas-berkas longitudinal otot polos. Di samping perbedaan lapisan ini, vena ukuran-kecil atau sedang menunjukkan adanya katup-katup di dalamnya. Struktur ini terdiri atas 2 lipatan semilunaris dari lapisan dalam pembuluh yang menonjol ke dalam lumen. Mereka terdiri atas jaringan penyambung elastin dan dibatasi pada kedua sisinya oleh endotel. Katup-katup khususnya banyak pada vena anggota badan (lengan dan tungkai). Mereka mendorong darah vena ke arah jantung--- berkat kontraksi otot-otot rangka yang terletak di sekitar vena.

Kapiler

Kapiler tersusun atas **selapis sel endotel** yang berasal dari mesenkim, melingkar dalam bentuk tabung, mengelilingi ruang silindris, garis tengah rata-rata kapiler berkisar dari 7 sampai 9 μm . Kapiler dapat dikelompokkan dalam 3 jenis menurut struktur dinding sel endotel.

1. Kapiler **kontinu**. Susunan sel endotel rapat.
2. Kapiler **fenestrata** atau **perforata** ditandai oleh adanya pori-pori diantara sel endotel. Kapiler perforata biasanya ditemukan dalam jaringan-jaringan dimana terjadi pertukaran-pertukaran zat dengan cepat antara jaringan dan darah, seperti yang terdapat pada **ginjal, usus, dan kelenjar endokrin**.
3. **Kapiler sinusoid**, berkelok-kelok dan garis tengahnya sangat besar (30-40 μm), sirkulasi darah lambat, tidak memiliki dinding yang dibatasi kontinu oleh sel-sel endotel, tetapi terbuka pada ruang-ruang antara sel, dan adanya sel dengan dinding bulat selain sel endotel yang biasa dengan aktivitas fagositosis. Kapiler sinusoid terutama ditemukan pada **hati** dan organ-organ hemopoetik seperti **sumsum tulang** dan **limpa**. Struktur ini diduga bahwa pada kapiler sinusoid pertukaran antar darah dan jaringan sangat dipermudah, sehingga cairan darah dan makromolekul dapat berjalan dengan mudah bolak-balik antara kedua ruangan tersebut.

Kapiler-kapiler beranastomosis (berhubungan satu dengan lainnya) membentuk jala-jala antar arteri-arteri dan vena-vena kecil. Arteriol bercabang menjadi pembuluh-pembuluh kecil yang mempunyai lapisan otot polos yang tidak kontinu, yang disebut metarteriol. Metarteriol bercabang menjadi kapiler-kapiler yang membentuk jala-jala. Konstriksi metarteriol membantu mengatur, tetapi tidak menghentikan sama sekali sirkulasi dalam kapiler, dan mempertahankan perbedaan tekanan dalam dua sistem. Suatu cincin sel-sel otot polos yang disebut sfinkter, terdapat pada tempat asal kapiler dari metarteriol. Sfinkter prekapiler ini dapat menghentikan sama sekali aliran darah dalam kapiler. Seluruh jala-jala tidak berfungsi semua secara serempak, dan jumlah kapiler yang berfungsi dan terbuka tidak hanya tergantung pada keadaan kontraksi metarteriol tetapi juga pada

anastomosis arteriovenosa yang memungkinkan metarteriol langsung mengosongkan darah ke dalam vena-vena kecil. Antar hubungan ini banyak sekali pada otot rangka dan kulit tangan dan kaki. Bila pembuluh-pembuluh anastomosis arteriovenosa berkontraksi, semua darah harus berjalan melalui jala-jala kapiler. Bila ia relaksasi, sebagian darah mengalir langsung ke vena bukan mengalir ke dalam kapiler. Sirkulasi kapiler diatur oleh rangsang syaraf dan hormon.

Tubuh manusia luas permukaan jala-jala kapiler mendekati 6000 m². Garis tengah totalnya kira-kira 800 kali lebih besar daripada garis tengah aorta. Suatu unit volume cairan dalam kapiler berhubungan dengan luas permukaan yang lebih besar daripada volume yang sama dalam bagian sistem lain. Aliran darah dalam aorta rata-rata 320 mm/detik; dalam kapiler sekitar 0,3 mm/detik. Sistem kapiler dapat dimisalkan dengan suatu danau di mana sungai-sungai masuk dan keluar; dindingnya yang tipis dan alirannya yang lambat, kapiler merupakan tempat yang cocok untuk pertukaran air dan solut antara darah dan jaringan-jaringan.

Morfologi Dasar Permeabilitas Kapiler

Tempat pertukaran zat-zat antara darah dan jaringan dan sebaliknya. Permeabilitas kapiler dalam berbagai organ berbeda bermakna. Misalnya, pada glomerulus ginjal, mereka kira-kira 100 kali lebih permeabel daripada kapiler-kapiler jaringan otot. Pada keadaan-keadaan abnormal, seperti peradangan, penyuntikan bisa ular atau lebah, dan sebagainya, permeabilitas kapiler sangat meningkat. Keadaan ini jelas merubah permeabilitas hubungan antara sel-sel endotel. Dalam keadaan seperti ini, zat-zat koloid setebal elektron dapat ditemukan berjalan dari lumen kapiler dan venula kecil masuk ke jaringan sekitarnya dengan menembus hubungan sel-sel endotel. Leukosit dapat meninggalkan aliran darah dengan lewat antara sel-sel endotel, dan masuk ruang jaringan dengan proses yang dinamakan diapedesis.

Sistem Vaskuler Limfe

Pembuluh limfe, merupakan saluran tipis yang dibatasi endotel berperan dalam pengumpulan cairan dari ruang-ruang jaringan dan mengembalikannya ke darah. Cairan ini dinamakan cairan limfe. Limfe hanya beredar dalam satu arah, yaitu ke arah jantung.

Kapiler limfe berasal dari berbagai jaringan sebagai pembuluh tipis dengan ujung buntu. Mereka terdiri atas satu lapisan endotel. Pembuluh yang tipis ini bergabung dan berakhir sebagai 2 batang besar, yaitu ductus thorasicus dan ductus lymphaticus dexter, yang mengosongkan limfe ke dalam peralihan vena jugularis interna dengan vena jugularis interna dexter. Di antara pembuluh-pembuluh limfe terdapat kelenjar-kelenjar limfe. Dengan pengecualian sistem syaraf dan sumsum tulang, sistem limfe ditemukan pada hampir semua organ.

Pembuluh limfe mempunyai struktur yang mirip dengan vena kecuali mereka mempunyai dinding yang lebih tipis dan tidak mempunyai batas yang nyata antara ketiga lapisan (intima, media, dan adventitia). Seperti vena, mereka mempunyai banyak katup-katup interna. Akan tetapi, katup-katup ini lebih banyak

pada pembuluh limfe. Antara katup-katup pembuluh limfe melebar dan mempunyai bentuk noduler.

Seperti vena, sirkulasi cairan limfe dibantu oleh kerja gaya eksterna (misalnya kontraksi otot-otot sekitarnya) pada dindingnya. Gaya-gaya ini bekerja secara tidak kontinu, dan aliran limfe terutama terjadi sebagai akibat adanya banyak katup dalam pembuluh ini dan irama kontraksi otot-otot polos yang terdapat dalam dindingnya.

Duktus limfaticus ukuran besar mempunyai struktur yang mirip dengan vena dengan penguatan otot polos pada lapisan media. Pada lapisan ini, berkas-berkas otot tersusun longitudinal dan sirkuler, dengan serabut-serabut longitudinal lebih banyak. Tunika Adventitia relatif kurang berkembang.

SEL-SEL DARAH

Darah dibentuk dari 2 bagian yaitu: elemen atau sel-sel darah, dan plasma. Elemen tersusun atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan trombosit. Darah adalah jaringan penyambung khusus yang terdiri atas sel-sel dan banyak interstitial ekstrasel. Serum darah susunannya sama seperti plasma kecuali bahwa ia tidak mempunyai fibrinogen dan beberapa faktor-faktor protein yang diperlukan untuk pembentukan bekuan dan mengandung serotonin yang jumlahnya bertambah.

Darah yang dikumpulkan dan dicegah dari pembekuan dengan menambahkan antikoagulan (heparin, sitrat, dan sebagainya), bila disentrifuge akan terpisah, menjadi lapisan-lapisan yang menggambarkan heterogenitasnya. Hasil yang diperoleh dengan sedimentasi ini, yang dilakukan dalam tabung gelas ukuran standard adalah hematokrit.

Hematokrit memungkinkan memperkirakan volume kumpulan eritrosit per unit volume darah. Nilai normalnya adalah **40-50%** pada laki-laki dewasa, **35-45%** pada perempuan dewasa, kira-kira **35%** pada anak-anak sampai berusia 20 tahun, dan **45-60%** pada bayi yang baru lahir. Cairan translusen, kekuningan dan sedikit kental yang terletak di atas bila hematokrit diukur adalah plasma darah. Bentuk elemen darah terpisah dalam 2 lapisan yang mudah dibedakan. Lapisan bawah menyatakan **42-47%** seluruh volume darah terdapat dalam tabung hematokrit. Ia berwarna merah dan dibentuk dari eritrosit. Lapisan tepat di atasnya (**1%** volume darah) yang berwarna putih atau kelabu, dinamakan **buffy coat** yang terdiri atas **leukosit dan trombosit**.

Leukosit, sebagian diantaranya adalah **fagositik**, merupakan salah satu dari pertahanan utama terhadap infeksi dan beredar ke seluruh tubuh melalui sistem vaskuler darah. Dengan menembus dinding kapiler, sel-sel ini terkonsentrasi dengan cepat dalam jaringan dan berpartisipasi pada peradangan.

Sistem vaskuler darah juga merupakan alat transport oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2); yang pertama terutama terikat pada hemoglobin eritrosit, sedangkan yang terakhir, selain terikat pada protein eritrosit (terutama hemoglobin), juga diangkut dalam bentuk larutan dalam plasma sebagai CO_2 atau dalam bentuk HCO_3 .

Plasma mentransport metabolit-metabolit dari tempat absorpsi atau sintesisnya, menyalurkannya ke berbagai daerah organisma. Ia juga mentransport sisa-sisa metabolisme, yang dibuang dari darah oleh organ-organ ekskresi. Darah, merupakan alat distribusi hormon-hormon, memungkinkan pertukaran pesan-pesan kimia antara organ-organ yang jauh untuk fungsi normal sel. Selanjutnya ia berperan dalam pengaturan distribusi panas dan keseimbangan asam-basa dan osmotik.

Susunan plasma

Plasma adalah suatu larutan aqueous yang mengandung zat-zat dengan berat molekul besar dan kecil yang merupakan 10% volumenya.

1. **Protein-protein plasma** merupakan 7%
2. Garam-garam anorganik 0,9%
3. Sisanya yang 10% terdiri atas beberapa senyawa organik dari berbagai asal – **asam amino, vitamin, hormon, lipid**, dan sebagainya.

Melalui dinding kapiler plasma berada dalam keadaan keseimbangan dengan cairan interstitial jaringan. Susunan plasma biasanya merupakan indikator susunan rata-rata cairan ekstrasel pada umumnya.

Protein-protein plasma dapat dipisahkan pada ultrasentrifuge atau dengan elektroforesis menjadi albumin; alfa, beta dan gama globulin; dan fibrinogen. Albumin adalah komponen utama dan mempunyai peranan utama mempertahankan tekanan osmotik darah. Gama globulin adalah antibodi dan dinamakan imunoglobulin. Fibrinogen diperlukan untuk pembentukan fibrin dalam langkah terakhir pembekuan.

Beberapa zat yang tidak larut, atau hanya sedikit larut dalam air dapat ditransport oleh plasma karena mereka berikatan dengan albumin atau dengan alfa dan beta globulin. Misalnya, lipid tidak larut dalam plasma, tetapi berikatan dengan bagian hidrofobik molekul protein. Karena molekul ini juga mempunyai bagian hidrofilik, kompleks lipid-protein larut dalam air.

Sel-sel darah umumnya dipelajari dalam sediaan apus atau sediaan dengan menyebarkan setetes darah dengan tipis di atas slide mikroskop. Darah harus tersebar rata di atas slide dan dibiarkan mengering dengan cepat di udara. Pada lapisan seperti ini sel-sel terlihat dengan jelas dan berbeda satu sama lain. Sitoplasmanya terentang, sehingga mempermudah observasi inti dan organisasi sitoplasmanya.

Elemen-Elemen Darah

1. Eritrosit

Eritrosit mamalia tidak memiliki inti, dan pada manusia berbentuk cakram bikonkav dengan garis tengah 7,2 μm (gambar 13-4). Eritrosit dengan garis tengah yang lebih besar dari 9 μm dinamakan makrosit, dan yang mempunyai garis tengah kurang dari 6 μm dinamakan mikrosit. Bentuk bikonkav menyebabkan eritrosit mempunyai permukaan yang luas sehingga mempermudah pertukaran gas. Eritrosit manusia dapat hidup (*life span*) dalam sirkulasi sekitar 120 hari. Eritrosit yang tidak digunakan dibuang dari sirkulasi oleh sel-sel limpa dan sumsum tulang.

Konsentrasi normal eritrosit dalam darah sekitar 4,5-5 juta/ μL pada wanita dan 5 juta/ μL pada pria. Eritrosit kaya akan hemoglobin. Molekul hemoglobin (suatu conjugated protein) terdiri atas 4 subunit, masing-masing mengandung gugus heme yang dihubungkan dengan suatu polipeptida. Gugus heme adalah suatu derivat porfirin yang mengandung besi dalam bentuk ferro (Fe^{2+}).

2. Leukosit

Berdasarkan granula (butiran-butiran) spesifik pada sitoplasmanya, sel-sel darah putih digolongkan dalam 2 kelompok: granulosit dan agranulosit. Berdasarkan morfologi inti leukosit juga dapat dibagi dalam sel-sel polimorfonuklear dan mononuklear dipandang. Selain itu, mereka dapat digolongkan berdasarkan asal mula sebagai sel-sel mieloid atau limfoid, tergantung dari asalnya.

Granulosit mempunyai bentuk inti tidak teratur, dalam sitoplasma terdapat granula spesifik yang dinamakan – neutrofil, eosinofil, basofil. Agranulosit mempunyai inti dengan bentuk teratur, sitoplasma tidak mempunyai granula-granula nonspesifik, tetapi mungkin mempunyai granula-granula nonspesifik khas seperti granula azurofilik yang juga terdapat dalam leukosit lainnya. Tergantung pada bentuk intinya dan sifat pewarnaan sitoplasma, agranulosit dapat digolongkan sebagai limfosit atau monosit.

Leukosit berperan dalam pertahanan seluler dan humoral organisme terhadap zat-zat asing. Bila tersuspensi dalam sirkulasi darah mereka berbentuk sferis tetapi mampu berubah menjadi seperti amoeba bila menemukan substrat padat. Melalui proses diapedesis leukosit dapat meninggalkan kapiler dengan menerobos antara sel-sel endotel dan menembus ke dalam jaringan penyambung. Jumlah leukosit dalam jaringan penyambung demikian banyak sehingga mereka dianggap merupakan komponen seluler normal jaringan tersebut. Jumlah leukosit per mikroliter (μL) darah pada orang dewasa normal adalah 4-11 ribu.

3. Neutrofil

Neutrofil memiliki satu inti yang terdiri atas 2-5 lobus (bersegmen) biasanya 3 lobus satu sama lain saling dikaitkan oleh benang-benang halus kromatin. Neutrofil berperan didalam garis depan pertahanan seluler terhadap invasi kuman-kuman. Neutrofil mengfagosit partikel-partikel kecil dengan aktif, dan hal ini mungkin disebabkan spesialisasi membrannya untuk proses ini. Sel-sel yang tidak aktif berbentuk sferis, tetapi waktu beredar bentuknya berubah, dimana mereka bermigrasi dengan pseudopodia.

4. Eosinofil

Eosinofil jumlahnya jauh lebih sedikit daripada neutrofil, hanya 1- 4% leukosit dalam darah normal. Inti biasanya berlobus dua. Ciri khas eosinofil adalah adanya granula ovoid yang diwarnai merah oleh eosin (granula asidofilik). Eosinofil mampu melakukan gerakan amoeboid dan mampu melakukan fagositosis, walaupun fagositosisnya lebih lambat tetapi lebih selektif daripada neutrofil. Fungsi

eosinofil untuk melakukan fagositosis selektif terhadap kompleks antigen-antibodi. Infeksi oleh parasit.

5. Basofil

Jumlah basofil hanya 0-1% dari leukosit darah. Basofil mempunyai satu inti besar dengan bentuk pilinan ireguler, umumnya dalam bentuk huruf S. Sitoplasma basofil terisi oleh granula-granula yang lebih besar daripada granula yang terdapat dalam granulosit lainnya. Granula-granula ini bentuknya ireguler. Dalam keadaan tertentu, basofil merupakan jenis sel utama pada tempat peradangan. Keadaan ini dinamakan hipersensitivitas kulit (alergi) basofil. Seperti granulosit lainnya, basofil mampu bergerak amoeboid dan melakukan fagositosis, walaupun dalam hal ini mereka tidak sangat aktif.

6. Limfosit

Limfosit merupakan sel sferis dengan garis tengah 6-8 μm , dikenal sebagai limfosit kecil. Sitoplasma limfosit kecil sedikit sekali, dan pada sediaan apus darah tampak sebagai lingkaran sekitar inti. Klasifikasi limfosit berdasarkan tanda-tanda molekuler khusus pada permukaan membran sel-sel tersebut. Beberapa diantaranya membawa reseptor seperti **imunoglobulin** yang mengikat antigen spesifik pada membrannya yang tidak terdapat pada lainnya, dan mereka juga menunjukkan perbedaan letak dan kelas imunoglobulin yang mereka kandung.

Terdapat pembagian fungsi limfosit. Sel-sel prekursor yang terdapat dalam sumsum tulang pada kehidupan fetus yang lanjut dan postnatal mampu mengadakan perbedaan dan menjadi sel-sel imunokompeten pada tempat-tempat di luar sumsum tulang. Pada burung, diferensiasi ini terjadi dalam 2 tempat yang berbeda : bursa Fabricius dan timus. Bursa Fabricius merupakan suatu massa jaringan limfoid dalam kloaka burung progenitor limfosit berdiferensiasi menjadi sel-sel plasma, yang menghasilkan **antibodi – imunoglobulin** – terhadap antigen spesifik. Mereka berperan dalam kekebalan humoral tubuh. Limfosit-limfosit ini dinamakan **limfosit B (bursa-dependent)**. Pada mamalia, bursa Fabricius tidak ada, tetapi sel-sel progenitor sumsum berdiferensiasi menjadi sel-sel B dalam daerah yang bursa ekuivalen, suatu daerah yang belum diketahui dengan pasti yang dihubungkan dengan saluran pencernaan atau dengan sumsum tulang itu sendiri. Sel plasma dan sel memori yang dapat menghasilkan antibodi (immunoglobulin).

Timus, “undifferentiated lymphosites” yang berasal dari sumsum tulang dirangsang menjadi sel-sel progenitor yang berfungsi dalam kekebalan seluler organisma. Limfosit-limfosit ini dinamakan **limfosit T (Thymus dependent)**.

Timus dan bursa ekuivalen pada mamalia dinamakan organ limfoid sentral, dan limfosit berdiferensiasi dalam daerah-daerah koloni organ tubuh lain ini di mana jaringan limfoid ditemukan berkapsul, difus, atau dalam bentuk organ.

Dalam darah, sebagian besar limfosit adalah sel-sel T dan bertanggung jawab terhadap reaksi-reaksi imun yang diperantarai sel tidak tergantung pada antibodi yang beredar bebas.

Penolakan cangkokan adalah suatu contoh reaksi imun yang diperantarai sel. Pada jenis respon imun ini. Limfosit T langsung mengikat sel-sel asing dan menghasilkan faktor-faktor yang bekerja pada cangkokan sel yang terdapat di

sekitarnya. Berdasarkan alasan ini, reaksi-reaksi yang diperantarai sel yang berlangsung bila limfosit T itu sendiri terdapat mengeluarkan faktor-faktor tersebut dalam lingkungan sekitarnya. Limfosit T memegang peranan penting dalam penentuan tipe dan jumlah antibodi yang dihasilkan oleh beberapa limfosit B.

Limfosit B menimbulkan **memory cells**. Ini adalah limfosit yang sebelumnya telah terkena antigen tetapi tidak berdiferensiasi menjadi sel-sel plasma. Bila mereka kelak mengadakan kontak dengan antigen yang sama lagi, sel-sel yang teraktivitas ini dengan cepat membelah beberapa kali secara mitosis dan menghasilkan sel-sel plasma yang mensintesis antibodi terhadap antigen.

Memory cells menerangkan mengapa penyuntikan ke dua antigen diikuti oleh suatu pembentukan antibodi yang lebih tinggi dan lebih cepat daripada penyuntikan pertama. Memory cells juga berasal dari limfosit T, yang juga bereaksi dan proliferasi setelah kontak dengan suatu antigen yang sebelumnya mereka pernah berkontak. Ringkasnya, limfosit T dan B keduanya berperanan dalam immunologic memory.

7. Monosit

Agranulosit yang berasal dari sumsum tulang ini mempunyai garis tengah yang berkisar dari 9-12 μm . Inti oval, berbentuk tapal kaki kuda, atau berbentuk ginjal dan umumnya terletak konsentris. Sitoplasma monosit adalah basofilik dan sering kali mengandung granula azurofilik yang sangat halus, sebagian diantaranya dalam batas-batas resolusi mikroskop optik. Granula-granula ini dapat tersebar di seluruh sitoplasma, memberikan warna abu-abu kebiru-biruan pada sediaan hapus yang diwarnai. Granula azurofilik monosit adalah lisosom. Aparatus Golgi yang berkembang dengan baik berperanan dalam sintesis granula-granula yang menyerupai lisosom terdapat dalam sitoplasma. Biasanya ditemukan mikrofilamen dan mikrotubulus pada daerah dekat identasi inti. Ditemukan banyak mikrovilli dan vesikel-vesikel pinositotik pada permukaan sel.

Monosit ditemukan dalam darah, jaringan penyambung, dan rongga-rongga tubuh. Mereka tergolong sistem fagositik mononuklear (sistem retikuloendotel) dan mempunyai tempat-tempat reseptor pada permukaan membrannya untuk imunoglobulin dan komplemen. Monosit beredar melalui aliran darah dan mampu menembus dinding kapiler, masuk ke dalam jaringan penyambung, dan berdiferensiasi menjadi sel-sel fagositik sistem makrofag.

TROMBOSIT

Kepingan darah (trombosit) adalah sel tak berinti, berbentuk cakram dengan garis tengah 2-5 μm . Kepingan darah berasal dari pertunasan sel raksasa berinti banyak megakariosit yang terdapat dalam sumsum tulang. Jumlah normal berkisar dari **150.000 – 300.000** μL darah. Sebagai indikator demam berdarah dengue (DBD). Setelah masuk aliran darah, kepingan darah mempunyai masa hidup sekitar 8 hari.

Fungsinya untuk penjendalan darah. Mekanismenya: Setelah pembuluh darah pecah, trombosit pecah dalam daerah cedera mengeluarkan granula yang mengandung serotonin. Serotonin akan menyebabkan mengakibatkan

vasokonstriksi kontraksi otot polos vaskuler, menghambat atau menghentikan aliran darah dalam daerah cedera. Trombosit dengan mudah melekat pada kolagen yang terbuka pada tempat cedera dan, bersamaan dengan kerusakan sel-sel endotel, mengeluarkan enzim **tromboplastin (trombokinase)**. Dalam suatu rangkaian reaksi, tromboplastin secara enzimatik mengubah **protrombin plasma menjadi trombin**, yang selanjutnya mengubah **fibrinogen menjadi fibrin**. Protrombin dan fibrinogen keduanya disintesis oleh hati dan dikeluarkan ke dalam darah. Setelah pembentukannya, fibrin berpolimerisasi menjadi matriks fibriler yang menangkap trombosit-trombosit dan sel-sel darah dan menimbulkan sumbatan hemostatik, dasar dari bekuan darah (trombus).

Trombosit juga mengeluarkan trombotenin, suatu protein kontraktil yang digabungkan dalam bekuan dan menyebabkan retraksi bekuan. Lisosom trombosit selanjutnya dapat memegang peranan dalam lisis bekuan setelah penyembuhan

SISTEM FAGOSIT MONOKULER (Sistem retikuloendotel, RES)

Sel-sel sistem fagosit mononuklear yang mempunyai tempat-tempat reseptor bagi imunoglobulin pada membran plasmanya, berasal dari sumsum tulang dalam bentuk promonosit dan monosit. Apakah sel-sel mikroglia jaringan syaraf sebaiknya dimasukkan sebagai bagian dari sistem fagositik mononuklear masih belum pasti. Sel-sel fagositik bulat yang ditemukan dalam jaringan syaraf yang meradang diduga berasal dari sel-sel mikroglia, tetapi pandangan ini tidak diterima secara universal. Sebagian besar bukti menunjukkan bahwa sel-sel fagositik ini adalah makrofag yang berasal dari monosit darah yang bermigrasi melalui dinding pembuluh darah.

Sistem Limfe

Sistem limfe tersusun atas:

1. Saluran-saluran berujung buntu, kapiler-kapiler limfe yang lambat laun beranastomosis dalam pembuluh-pembuluh yang secara teratur ukurannya bertambah dan berakhir pada sistem vaskuler darah, bermuara ke dalam vena-vena besar dekat jantung.
2. Fungsi dari limfe adalah untuk mengembalikan cairan dari pada ruang-ruang jaringan ke dalam darah, yang pada penembusan kapiler-kapiler limfe menambah pembentukan bagian cair limfe dan dengan melewati melalui organ-organ limfoid, menambah limfosit dan faktor-faktor imunologis lain ke dalam sirkulasi.

Sistem Limfoid

Sistem limfoid terdiri atas sel-sel dan organ-organ yang melindungi lingkungan interna dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing, sehingga sel-sel sistem ini dikenal sebagai sel-sel imunokompeten, karena mempunyai kemampuan membedakan miliknya sendiri dari yang bukan miliknya sendiri (benda-benda asing) dan menyelenggarakan inaktivasi atau destruksi benda-benda asing. Sistem ini terdiri atas sel-sel yang bergerak dan menetap. Limfosit dan makrofag

merupakan sel-sel utama yang bergerak, sedangkan retikuloendotel dan sel-sel plasma adalah unsur utama sel yang menetap. Organ-organ limfatik umumnya terdiri atas jaringan penyambung yang diliputi jala-jala sel dan serabut-serabut retikuler di mana di dalamnya terdapat limfosit, sel-sel plasma, makrofag, dan dalam arti yang lebih sempit, sel-sel imunokompeten lainnya.

Sistem imun terdiri atas organ limfatik (timus, limpa, tonsil, kelenjar limfe), limfosit darah dan cairan limfe, dan kumpulan limfosit dan sel-sel plasma yang tersebar di seluruh jaringan penyambung tetapi paling menyolok pada pembatas saluran pencernaan dan pernapasan. Sistem ini melindungi tubuh terhadap benda-benda asing (bukan miliknya sendiri) yang menembus barier pertahanan lain (misalnya, kulit) dan masuk sebagai molekul-molekul bebas atau sebagai bagian dari mikroorganisme invasif. Ia juga mengenal struktur-struktur yang menyimpang dari kebiasaan yang bukan miliknya sendiri yang berasal dalam tubuh seperti sel-sel maligna. Akibat dari makromolekul yang tidak biasa ini (bukan miliknya sendiri) sistem ini menimbulkan reaksi imun.

Jaringan Limfoid

Noduli limfatisi—juga dinamakan folikel-folikel limfatik—dapat ditemukan terisolasi dalam jaringan penyambung jarang beberapa jaringan, terutama dalam lamina propria saluran pencernaan, saluran pernapasan bagian atas, dan saluran kemih. Noduli tidak mempunyai kapsul jaringan penyambung dan dapat ditemukan dalam kelompokan yang membentuk timbunan seperti agmen Peyer dalam ileum. Nodus adalah struktur sementara dan dapat menghilang dan timbul kembali pada tempat yang sama.

Tiap-tiap noduli limfatisi adalah suatu struktur bulat yang dapat mempunyai garis tengah 0,2-1 mm (gambar 15-1 dan 15-2). Pada potongan histologis, noduli sangat diwarnai oleh hematoksilin sebagai akibat adanya limfosit dalam jumlah yang banyak, mempunyai inti basofilik dengan kromatin padat dan korona dari sitoplasma basofilik yang sempit. Bagian dalam nodulus sering menunjukkan daerah yang lebih pucat pada pewarnaan yang dinamakan sentrum germinativum (gambar 15-1). Perbedaan dalam pewarnaan pada sentrum germinativum ini disebabkan karena adanya limfosit yang aktif (imunoblast) yang menunjukkan sitoplasma yang banyak, berwarna pucat pada pewarnaan dan inti yang besar, aktif, eukromatik; berdasarkan alasan ini, ia berbeda dengan limfosit yang lebih kecil yang mempunyai inti yang lebih gelap dan menyolok di pinggir nodulus, yang tidak berbatas jelas. Sekarang, banyak sel-sel dalam sentrum germinativum dapat menunjukkan gambaran mitosis. Adanya sentrum germinativum dapat timbul dan hilang dari nodulus sesuai dengan tingkat fungsionalnya.

Dalam nodulus yang fase kematangannya berbeda, terdapat sel-sel bebas yang menyolok, terutama limfoblast; limfosit kecil, sedang, dan besar; imunoblast; dan sel-sel plasma.

Aktivitas nodulus limfatikus tergantung pada beberapa faktor termasuk efek flora bakteri. Pada binatang yang diletakkan dalam keadaan steril, noduli dengan sentrum germinativum jarang ditemukan. Keadaan yang berlawanan terjadi pada

beberapa infeksi, di mana pembentukan limfosit meningkat dan sentrum germinativum sering ditemukan.

Pada bayi yang baru lahir serta pada binatang yang tumbuh dalam lingkungan aseptik, noduli limfatisi sangat jarang, yang menunjukkan bahwa pembentukannya tergantung pada rangsang antigenik. Pada peradangan lokal, terdapat peningkatan jumlah noduli limfatisi yang dekat dengan tempat yang meradang, dan sebagian besar noduli mempunyai sentrum germinativum.

Kelenjar Limfe

Kelenjar limfe adalah organ berkapsul yang berbentuk seperti kacang yang terdiri atas jaringan limfoid. Kelenjar limfe tersebar di seluruh tubuh, sepanjang perjalanan pembuluh limfe yang membawa cairan limfe ke dalam duktus thoracicus dan duktus limphaticus dexter. Kelenjar limfe ditemukan dalam axilla dan skrotum, sepanjang pembuluh-pembuluh besar leher, dan dalam jumlah besar dalam thorax, abdomen dan khususnya dalam mesenterium.

Kelenjar limfe terdiri atas serangkaian garis-garis filter, di mana semua cairan jaringan yang berasal dari cairan limfe difiltrasi paling tidak pada satu kelenjar, sebelum ia kembali ke sistem sirkulasi. Kelenjar limfe berbentuk ginjal mempunyai bagian yang konveks dan suatu depresi, hilus, melalui mana arteri dan syaraf menembus dan vena meninggalkan organ. Cairan limfe menembus kelenjar limfe melalui pembuluh limfe aferen yang masuk pada permukaan konveks organ, dan cairan limfe ke luar melalui pembuluh limfe eferen hilus. Tiap nodus limfatikus mempunyai bagian korteks dan medula. Korteks nodus limfatikus mengandung kelompokan limfosit dan sel-sel retikuler yang padat, yang dikenal sebagai noduli limfatisi. Di samping daerah korteks dan medula yang merupakan 2 daerah yang secara klasik dikemukakan, terdapat zona parakorteks, secara morfologis sukar didefinisikan tetapi secara fungsional jelas. Pada dasarnya, zona parakorteks terdiri atas jaringan limfoid padat yang terletak pada daerah juxtamedula (yaitu pada perbatasan korteks dan medula). Limfosit zona parakorteks—limfosit T—mempunyai sifat-sifat khusus yang membuat mereka berbedar dari limfosit-limfosit nodus limfatikus lainnya, limfosit B.

Histofisiologi

Nodus limfatikus berperan sebagai suatu filter yang mana limfe mengalir dan dibersihkan dari partikel-partikel asing sebelum ia kembali ke sistem sirkulasi. Karena nodus limfatikus tersebar di seluruh tubuh, cairan limfe yang terbentuk dalam jaringan paling tidak harus melalui satu nodus limfatikus sebelum masuk dalam aliran darah. Tiap-tiap nodus menerima cairan limfe dari daerah tubuh tertentu, karena itu ia dinamakan nodus satelit. Tumor ganas sering mengadakan metastatis melalui nodus satelit.

Pada noduli limfatikus, antigen yang jumlahnya besar diproses oleh makrofag, dan sebagian antigen terjebak pada permukaan sel-sel retikuler khusus yang dikenal sebagai sel-sel dendritik. Antigen yang terikat ini tidak difagositosis tetapi dikenakan pada permukaan sel-sel dendritik dimana ia mungkin dikenal dan ditindak oleh limfosit yang kompeten secara imunologik. Bila sel B mengenali

antigen, dalam keadaan yang sesuai (yang mungkin membutuhkan peranan sel-sel T) limfosit B dapat diaktifkan. Sel-sel ini selanjutnya membelah dan menghasilkan sel-sel plasma dan limfosit B aktif. Sel-sel plasma kemudian secara aktif mensintesis antibodi spesifik dan mengeluarkannya ke dalam cairan limfe yang sedang mengalir melalui sinus-sinus medula. Sel-sel B aktif, yang dapat mengsekresi beberapa antibodi dan juga mengikat sebagian antibodi ini pada permukaannya, meninggalkan medula dan mengalir dengan cairan limfe untuk masuk kembali dalam sistem sirkulasi. Bila dalam perjalanannya sel-sel B menemukan antigen perangsang yang lebih banyak, ia dapat meninggalkan darah, masuk ke dalam jaringan penyambung, dan berdiferensiasi menjadi sel-sel plasma bersekresi yang tidak bergerak. Sebagai akibat infeksi dan perangsangan antigen nodus limfatikus yang terserang menunjukkan pembengkakan, menggambarkan pembentukan banyak sentrum germinativum dan proliferasi aktif sel-sel. Pada nodus yang istirahat, sel-sel plasma merupakan 1-3% populasi sel; akan tetapi, jumlah mereka sangat meningkat dan mereka berperanan sebagian akan pembesaran nodus limfatikus yang terangsang.

Sel-sel dalam cairan limfe kembali ke aliran dan melalui ductus thoracicus. Limfosit yang berasal dari darah dapat mendiami kembali nodus limfatik dengan meninggalkan melalui vena spesifik dalam zona parakorteks nodus limfatikus. Pembuluh-pembuluh ini, vena postkapilaris, menunjukkan endotel yang terdiri atas sel-sel kubis tinggi yang tidak seperti pada umumnya. Limfosit mampu berjalan antara sel-sel endotel pembuluh tersebut. Diduga bahwa kemampuan migrasi ini dihubungkan dengan interaksi spesifik reseptor-reseptor (mungkin polisakarida) pada permukaan limfosit dan sel-sel endotel vena postkapiler. Limfosit yang menembus antara sel-sel endotel vena menembus zona parakortikal sinus-sinus medula dan meninggalkan nodul melalui eferen pembuluh limfatik bersama-sama dengan limfosit yang baru dibentuk. Dengan jalan ini, sebagian besar limfosit T beresirkulasi banyak kali.

Tonsila

Tonsila adalah organ yang terdiri atas sekelompok jaringan limfoid berkapsul tidak sempurna yang terletak di bawah tetapi bersentuhan dengan epitel usus. Menurut lokasinya, tonsila dalam mulut dan pharynx dinamakan tonsila palatina, tonsila pharyngea, dan tonsils lingualis. Pada usus, noduli limfatis yang terletak dibawah epitel usus merupakan satu bentuk "tonsila usus" yang dikenal sebagai agmen Peyer. Appendix vermiformis, juga terdiri atas noduli limfatis yang berhubungan dengan epitel, menggambarkan bentuk tonsila usus lain. Berbeda dengan nodus limfatikus, tonsila tidak terletak sepanjang perjalanan pembuluh-pembuluh limfe. Tonsila menghasilkan limfosit, banyak diantara mereka menembus epitel dan terkumpul dalam mulut, pharynx, dan usus.

1. Tonsila palatina, terdiri atas 2 buah yang terletak pada pars oralis pharynx.
2. Tonsila pharyngea, tunggal yang terletak pada bagian superoposterior pharynx.
3. Tonsila lingualis lebih kecil dan lebih banyak daripada tonsila lain, terletak pada dasar lidah.

Timus

Timus merupakan organ limfoid utama yang terletak didekat mediastinum kira-kira setinggi pembuluh-pembuluh besar jantung. Timus terdiri atas lobulus-lobulus tidak sempurna, tidak memiliki pembuluh limfe aferen atau nodulus limfatikus. Tiap-tiap lobulus mempunyai zona perifer dari jaringan limfoid korteks yang terdiri atas kelompokan timosit atau limfosit T.

Pada zona korteks terdapat limfosit-limfosit kecil, bagian ini merupakan tempat yang sangat aktif dalam pembentukan limfosit. Disamping sel-sel tersebut, timus mempunyai sedikit sel-sel retikuler mesenkim dan banyak makrofag.

Pada zona medula banyak ditemukan limfoblas-limfoblas, limfosit-limfosit muda, dan sel-sel retikuler. Medula juga mengandung badan-badan Hassel, yang merupakan gambaran khas timus. Badan-badan Hassel terdiri atas lapisan-lapisan konsentris dari sel-sel retikuler epitel.

Histofisiologi

Limfosit T meninggalkan timus melalui pembuluh-pembuluh darah dalam medula, menembus daerah-daerah tertentu dari organ-organ limfoid lain yang dinamakan organ-organ limfoid sekunder atau perifer. Limfosit T adalah sel yang hidup lama dan merupakan bagian populasi sel limfosit dari timus, sebagian besar limfosit limfe dan darah, dan limfosit yang terdapat pada semua zona timus-dependen.

Timektomi waktu lahir

Bila binatang yang baru lahir dilakukan timektomi - atau pada kasus dimana timus tidak berkembang selama kehidupan embrional - ditemukan efek-efek sebagai berikut: (1) tidak ada pembentukan limfosit T, dengan akibat pengurangan jumlah limfosit dalam darah dan limfe serta pengurangan zona timus dependen jaringan limfoid. (2) Tidak terdapat reaksi hipersensitivitas terlambat, dan penolakan cangkokan tidak terjadi. (3) Terdapat atrofi semua organ-organ limfoid. (4) Akhirnya, setelah berusia 3-4 bulan, binatang yang dilakukan timektomi menjadi lemah, pengurangan berat badan, dan mati. Pada manusia, banyak penyakit dengan gejala-gejala yang dikaitkan dengan keadaan-keadaan yang telah dikemukakan, dan pada kasus-kasus seperti ini kematian biasanya terjadi segera setelah lahir.

Pool limfosit T tidak terdapat pada binatang yang dilakukan timektomi. Akibatnya, mereka tidak menunjukkan respon-respon imun yang diperantarai sel karena limfosit T mungkin mensintesis faktor-faktor spesifik dan mempertahankan mereka melekat pada membrannya.

Sebaliknya, pool limfosit B pada binatang yang dilakukan timektomi hampir normal. Mereka bereaksi terhadap sebagian besar antigen, membentuk sel plasma yang mensintesis antibodi.

Limpa

Limpa merupakan sekumpulan jaringan limfoid. Pada manusia limpa merupakan organ limfatik terbesar dalam sistem sirkulasi, memiliki banyak sel-sel

fagositik, tempat pertahanan yang penting terhadap mikroorganisme yang menembus sirkulasi dan tempat destruksi banyak sel-sel darah merah.

Struktur umum: Pada preparat limpa tampak bercak-bercak putih dalam parenkim yang merupakan nodulus limfatikus bagian dari pulpa putih. Nodulus-nodulus yang terdapat di dalam jaringan merah (gelap), banyak mengandung darah, dinamakan pulpa merah. Pulpa limpa terdiri atas jaringan penyambung yang mengandung serabut-serabut retikuler, sel-sel retikuler dan makrofag.

Pulpa putih terdiri atas jaringan limfatik. Seperti halnya pada jaringan limfatik pada umumnya, sel-sel retikuler dan serabut-serabut retikuler keduanya ditemukan dan membentuk jala-jala 3-dimensi dan ditempati oleh limfosit-limfosit dan makrofag.

Pulpa merah adalah jaringan retikuler dengan sifat-sifat khusus, pulpa merah sebenarnya merupakan spon, rongga-rongga yang terdiri atas sinusoid-sinusoid. Pulpa merah limpa mengandung makrofag, limfosit, sel-sel plasma, dan banyak unsur-unsur darah (eritrosit, trombosit, dan granulosit).

Histofisiologi

Limpa merupakan organ limfatik dengan sifat-sifat khusus dan fungsi utama sbb.: (1) pembentukan limfosit, (2) destruksi eritrosit, (3) pertahanan terhadap partikel-partikel asing, dan (4) cadangan darah.

1. Penghasil sel-sel darah: Pulpa putih limpa menghasilkan limfosit yang bermigrasi ke pulpa merah. Pada saat fetus, limpa menghasilkan granulosit (neutrofil, basofil, dan eosinofil) dan eritrosit, dan berhenti pada akhir fase fetal. Pada keadaan-keadaan patologis tertentu (misalnya, leukemia), limpa mulai lagi membentuk granulosit dan eritrosit, jadi mengalami proses yang dikenal sebagai metaplasia mieloid (perubahan patologis dari satu jenis sel menjadi sel lainnya).
2. Destruksi eritrosit: Sel-sel darah merah mempunyai masa hidup rata-rata 120 hari, setelah itu mereka dihancurkan, terutama dalam limpa. Makrofag-makrofag dalam pulpa merah menelan seluruh keping-keping eritrosit, kemudian dicerna oleh lisosom. Hemoglobin dicerna menjadi pigmen bilirubin, dan feritin yang mengandung besi. Senyawa-senyawa ini kemudian dikembalikan ke dalam darah. Bilirubin dikeluarkan oleh sel-sel hati bersama dengan empedu. Feritin digunakan oleh eritrosit-eritrosit sumsum tulang untuk sintesis hemoglobin baru.
3. Pertahanan: limfosit B dan T dan makrofag di dalam limpa memiliki peranan penting dalam pertahanan tubuh. Limpa dianggap sebagai “saringan” darah terhadap kuman. Limfosit T yang ditemukan dalam selubung periarterial pulpa putih berproliferasi dan masuk aliran darah berperan dalam mekanisme kekebalan yang diperantarai sel (kekebalan seluler). Limfosit B berproliferasi dan menghasilkan sel-sel plasma yang menghasilkan antibodi (kekebalan humoral). Makrofag limpa paling aktif mengfagosit partikel-partikel hidup (bakteri dan virus) dan partikel-partikel yang tidak berdaya yang mereka temukan dalam perjalanan mereka ke aliran darah. Bila didalam plasma darah

terdapat lipid yang berlebihan (hiperlipemia), maka makrofag limpa mengumpulkan zat ini dalam jumlah yang sangat banyak.

4. Cadangan darah: Karena struktur pulpa merah yang seperti spon, limpa menyimpan darah, yang dapat masuk ke sirkulasi untuk menambah volume darah yang beredar.

Splenektomi (pengambilan limpa), walaupun limpa mempunyai fungsi-fungsi penting, limpa dapat dibuang tanpa membahayakan individu. Organ-organ lain dengan sel-sel yang sama seperti yang ditemukan dalam limpa akan mengkompensasi kehilangan limpa ini. Splenektomi bermanfaat pada penyakit-penyakit dimana terdapat defisiensi fungsi sumsum tulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Benson, U.J., Gunstream, S.E., Talaro, A., and Talaro, K.P. (1999). *Anatomy & Physiology Laboratory Textbook*. 7th ed. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Junqueira, L.C. & Jose Carneiro (1980). *Basic Histology*. Lange Medical Publications, Clifornia.
- Raven, P.H., and Johnson, G.B. (1986). *Biology*. Times Mirror/ Mosby College Publishing.

SOAL LATIHAN:

1. Sebutkan urutan lapisan penyusun pembuluh arteri dari dalam (lumen) ke luar ...
2. Sebutkan urutan lapisan penyusun dinding jantung ...
3. Lapisan pembuluh arteri yang mengalami kerusakan pada arterosklerosis ...
4. Jelaskan tentang sistem pacu jantung (pace maker)
5. Sebutkan susunan cairan darah ...
6. Jelaskan struktur dan fungsi hemoglobin
7. Sebutkan sel-sel yang berperan sebagai makrofag di hati, paru dan ginjal ...
8. Jelaskan tentang hematokrit ...
9. Hormon yang berperan dalam produksi eritrosit...
10. Jelaskan tentang struktur dan fungsi eritrosit
11. Jelaskan tentang struktur dan fungsi leukosit
12. Jelaskan tentang struktur dan fungsi monosit
13. Jelaskan tentang struktur dan fungsi kepingan darah (trombosit) ..
14. Jelaskan tentang struktur dan fungsi sistem retikuloendotelial ...
15. Jelaskan tentang komponen sistem limfoid dan fungsinya ...
16. Sebutkan mengenai struktur sistem limfe, dan kelenjar limfe ...
17. Jelaskan struktur dan fungsi kelenjar limfe ...
18. Jelaskan struktur dan fungsi timus ...
19. Jelaskan perbedaan limfosit T dan B ...
20. Jelaskan struktur dan fungsi limpa ...

1. Jika: 1) Tunika media, 2) endotel, 3) tunika muskularis, 4) tunika adventitia, maka urutan lapisan penyusun pembuluh arteri dari dalam (lumen) ke luar yang benar adalah ...
A, 1-2-3-4
B, 1-3-2-4
C, 2-1-3-4
D, 2-1-4-3
2. Lapisan penyusun dinding jantung yang paling tebal adalah ...
A, Epikardium
B, Myokardium
C, Endokardium
D, Perikardium
3. Asal mula pacu jantung (*pace maker*) terdapat pada ...
A, His
B, NAV
C, NSA
D, Purkinje
4. Secara struktural, ciri karakteristik eritrosit adalah ...
A, Sitoplasma bergranula
B, Tidak memiliki inti sel
C, Bagian tengah cembung
D, Inti berlobus
5. Peran penting limfosit B adalah ...
A, Pembentukan antibodi
B, Fagositosis
C, Melawan kanker
D, Penghasil eritropoetin