

Sistema Linfático

Sistema imunológico, vasos e órgãos linfoides: estrutura, drenagem e defesa do organismo

Material de apoio para estudantes de medicina · Baseado no resumo da Profa. Roberta Paresque — UFES, Campus São Mateus

Visão geral do sistema imunológico e linfático

O sistema imunológico é o conjunto complexo de células e órgãos que destrói ou neutraliza os patógenos que, de outra forma, causariam doença ou morte. Para a maioria das pessoas, o sistema linfático está tão associado ao sistema imunológico que os dois se tornam quase indistinguíveis. O sistema linfático é a rede de vasos, células e órgãos que transporta o excesso de fluidos para a corrente sanguínea e filtra os patógenos do sangue.

O inchaço dos gânglios linfáticos durante uma infecção e o transporte de linfócitos pelos vasos linfáticos são apenas dois exemplos das muitas conexões entre esses dois sistemas de órgãos críticos.

NOTA

Pense no sistema linfático como uma "segunda circulação" de mão única: ele recolhe o excesso de líquido dos tecidos e devolve-o à corrente sanguínea, filtrando patógenos pelo caminho.

Funções do sistema linfático

Uma das principais funções do sistema linfático é drenar os fluidos corporais e devolvê-los à corrente sanguínea. A pressão arterial causa vazamento de fluido dos capilares, resultando no acúmulo de fluido no espaço intersticial (os espaços entre células individuais nos tecidos).

Etapa da drenagem	Volume aproximado / dia
Plasma filtrado para o espaço intersticial pelos capilares	20 litros
Reabsorvido diretamente pelos vasos sanguíneos	17 litros
Drenado pelo sistema linfático (excedente)	3 litros

Uma vez fora da corrente sanguínea e nos espaços de tecido, esse filtrado é chamado de fluido intersticial. É esse líquido excedente — os três litros restantes — que o sistema linfático drena, devolvendo-o à circulação por meio de uma série de vasos, troncos e dutos. **Linha** é o termo usado para descrever o líquido intersticial depois que ele entra no sistema linfático.

APLICAÇÃO CLÍNICA

Quando o sistema linfático é danificado — por exemplo, bloqueado por células cancerosas ou destruído por lesão — o fluido intersticial rico em proteínas se acumula nos espaços de tecido (às vezes "faz backup" dos vasos linfáticos). Esse acúmulo inadequado de fluido é conhecido como **linfedema** e pode levar a sérias consequências médicas.

Conforme o sistema imunológico dos vertebrados evoluiu, a rede de vasos linfáticos tornou-se uma via conveniente para transportar as células do sistema imunológico. Além disso, o transporte de lipídios dietéticos e vitaminas lipossolúveis absorvidos no intestino também usa esse sistema. As células do sistema imunológico não apenas usam os vasos linfáticos para retornar dos espaços intersticiais à circulação, mas também usam os nódulos linfáticos como principais áreas de estadiamento para o desenvolvimento de respostas imunológicas críticas. Um **linfonodo** é um dos pequenos órgãos em forma de feijão localizados em todo o sistema linfático.

Estrutura do sistema linfático

Os vasos linfáticos começam como capilares abertos, que se alimentam em vasos cada vez maiores e, por fim, desembocam na corrente sanguínea por uma série de dutos. Ao longo do caminho, a linfa viaja pelos nódulos linfáticos, comumente encontrados perto da virilha, axilas, pescoço, tórax e abdômen. Os humanos têm cerca de 500–600 linfonodos em todo o corpo.

A principal distinção entre os sistemas linfático e cardiovascular é que a linfa não é bombeada ativamente pelo coração, mas é forçada através dos vasos pelos movimentos do corpo, pela contração dos músculos esqueléticos e pela respiração. Válvulas unilaterais (válvulas semilunares) nos vasos linfáticos mantêm a linfa se movendo em direção ao coração. A linfa flui dos capilares linfáticos, através dos vasos linfáticos, e é despejada no sistema circulatório através dos ductos linfáticos localizados na junção das veias jugular e subclávia, no pescoço.

Capilares linfáticos

Os capilares linfáticos, também chamados de linfáticos terminais, são vasos onde o fluido intersticial entra no sistema linfático para se tornar fluido linfático. Localizados em quase todos os tecidos do corpo, estão entrelaçados entre as arteríolas e vênulas do sistema circulatório, nos tecidos conjuntivos moles do corpo.

ATENÇÃO

Exceções importantes: sistema nervoso central, medula óssea, ossos, dentes e córnea do olho **não contêm** vasos linfáticos.

Os capilares linfáticos são formados por uma camada de células endoteliais com a espessura de uma célula e representam a extremidade aberta do sistema, permitindo que o fluido intersticial flua para eles por meio de células sobrepostas. Quando a pressão intersticial é baixa, os retalhos endoteliais se fecham para evitar o refluxo. Conforme a pressão intersticial aumenta, os espaços entre as células se abrem, permitindo a entrada do fluido — processo também facilitado por filamentos de colágeno que ancoram os capilares às estruturas circundantes e, ao serem tracionados, abrem ainda mais os retalhos das células endoteliais.

No intestino delgado, os capilares linfáticos são essenciais para o transporte de lipídios da dieta e vitaminas lipossolúveis para a corrente sanguínea. Ali, os triglicerídeos da dieta combinam-se com outros lipídios e proteínas e entram nos vasos lácteos, formando um líquido leitoso chamado **quilo**. O quilo viaja pelo sistema linfático até entrar no fígado e, depois, na corrente sanguínea.

Vasos, troncos e dutos linfáticos maiores

Os capilares linfáticos esvaziam-se em vasos linfáticos maiores, semelhantes às veias quanto à estrutura de três túnicas e à presença de válvulas. Essas válvulas unidirecionais estão localizadas bem próximas umas das outras, e cada uma causa uma protuberância no vaso, dando-lhe uma aparência de "contas".

Os linfáticos superficiais e profundos eventualmente se fundem para formar vasos maiores, os **troncos linfáticos**. A drenagem geral do corpo é assimétrica:

Região do corpo	Via de drenagem	Desemboca em
Lado direito da cabeça, tórax e membro superior direito	Ducto linfático direito	Veia subclávia direita
Restante do corpo (lado esquerdo + abdome inferior, pelve, membros inferiores)	Ducto torácico maior	Veia subclávia esquerda

O próprio ducto torácico começa logo abaixo do diafragma, na **cisterna do quilo** — uma câmara semelhante a um saco que recebe a linfa do abdome inferior, da pelve e dos membros inferiores por

meio dos troncos lombares esquerdo e direito e do tronco intestinal. Em geral, os vasos linfáticos superficiais (do tecido subcutâneo da pele) seguem as mesmas rotas das veias, enquanto os vasos linfáticos profundos das vísceras seguem os caminhos das artérias.

A organização da função imune

O sistema imunológico é um conjunto de barreiras, células e proteínas solúveis que interagem de maneiras extraordinariamente complexas. O modelo moderno de função imunológica é organizado em três fases, com base no tempo de seus efeitos:

- **Barreiras de defesa**, como a pele e as membranas mucosas, que agem instantaneamente para evitar a invasão patogênica nos tecidos do corpo.
- **Resposta imune inata**, rápida mas inespecífica, que consiste em uma variedade de células especializadas e fatores solúveis.
- **Resposta imune adaptativa**, mais lenta, porém mais específica e eficaz, controlada principalmente por leucócitos conhecidos como linfócitos, que ajudam a coordenar as respostas imunológicas.

As células do sangue, incluindo todas as envolvidas na resposta imune, surgem na medula óssea por meio de várias vias de diferenciação das células-tronco hematopoéticas. Diferentemente das células-tronco embrionárias, as células-tronco hematopoéticas estão presentes durante toda a idade adulta e permitem a diferenciação contínua de células sanguíneas para substituir as perdidas com a idade ou função. Essas células podem ser divididas em três classes, com base na função:

- **Células fagocíticas**, que ingerem patógenos para destruí-los.
- **Linfócitos**, que coordenam especificamente as atividades da imunidade adaptativa.
- **Células com grânulos citoplasmáticos**, que ajudam a mediar as respostas imunes contra parasitas e patógenos intracelulares, como vírus.

Órgãos linfoides primários e desenvolvimento de linfócitos

Os órgãos linfoides primários são a **medula óssea** e o **timo**. Neles, os linfócitos amadurecem, proliferam e são selecionados, o que os permite atacar patógenos sem prejudicar as células do próprio corpo.

Medula óssea

No embrião, as células sanguíneas são produzidas no saco vitelino. Conforme o desenvolvimento avança, essa função é assumida pelo baço, nódulos linfáticos e fígado, e posteriormente pela medula óssea, que assume a maioria das funções hematopoéticas. A medula óssea vermelha é uma coleção frouxa de células onde ocorre a hematopoiese; a medula óssea amarela é um local de armazenamento

de energia, composto principalmente de células de gordura. A célula B passa por quase todo o seu desenvolvimento na medula óssea vermelha, enquanto a célula T imatura (chamada de **timócito**) deixa a medula óssea e amadurece amplamente no timo.

Timo

O timo é um órgão bilobado localizado no espaço entre o esterno e a aorta do coração. O tecido conjuntivo mantém os lobos juntos, mas também os separa, formando uma cápsula que os divide ainda mais em lóbulos por meio de extensões chamadas trabéculas.

A região externa do órgão é o **córtex**, densamente compactado e rico em timócitos, com algumas células epiteliais, macrófagos e células dendríticas (tipos de células fagocíticas derivadas de monócitos). A **medula**, para onde os timócitos migram antes de deixar o timo, contém uma coleção menos densa de timócitos, células epiteliais e células dendríticas.

Órgãos linfoides secundários

Linfonodos

Os linfonodos funcionam para remover detritos e patógenos da linfa e, por isso, são às vezes chamados de "filtros da linfa". Qualquer bactéria que infecte o fluido intersticial é captada pelos capilares linfáticos e transportada para um linfonodo regional, onde células dendríticas e macrófagos internalizam e matam muitos dos patógenos. O linfonodo também é o local das respostas imunes adaptativas mediadas por células T, células B e células acessórias.

Como o timo, os linfonodos em forma de feijão são circundados por uma cápsula resistente de tecido conjuntivo e separados em compartimentos por trabéculas. O suporte estrutural adicional é fornecido por fibras reticulares depositadas por fibroblastos.

Vasos linfáticos aferentes

Principal via de entrada da linfa no linfonodo.

Vasos linfáticos eferentes

Via pela qual células e fluido linfático deixam o linfonodo.

Seio subcapsular

Ponto de entrada da linfa no linfonodo; ocupado por células dendríticas, macrófagos e fibras reticulares.

Folículos linfoides

Estruturas do córtex do linfonodo com centros germinativos de células B em divisão rápida, circundados por células T e células acessórias.

À medida que a linfa flui através do nódulo, entra na medula, que consiste em cordões medulares de células B e células plasmáticas, e nos seios medulares, onde a linfa é coletada antes de deixar o nódulo pelos vasos linfáticos eferentes.

Baço

Além dos linfonodos, o baço é o principal órgão linfoide secundário. Tem cerca de 12 cm de comprimento e está preso à borda lateral do estômago pelo ligamento gastroesplênico. É um órgão frágil, sem cápsula forte, de cor vermelha escura devido à sua extensa vascularização. É por vezes chamado de "filtro do sangue" devido à presença de macrófagos e células dendríticas que removem micróbios e outros materiais do sangue, incluindo hemácias moribundas. O baço também funciona como local das respostas imunológicas aos patógenos transmitidos pelo sangue.

O baço também é dividido por trabéculas de tecido conjuntivo. Dentro de cada nódulo esplênico há uma área de **polpa vermelha**, composta principalmente de hemácias, e **polpa branca**, que se assemelha aos folículos linfoides dos linfonodos.

Região do baço	Composição / função
Polpa vermelha	Fibras reticulares, macrófagos fixos e livres, demais células sanguíneas; funciona principalmente como filtro do sangue (resposta imune inespecífica)
Polpa branca	Circunda uma arteríola central; centros germinativos de células B, células T e células acessórias; local das respostas adaptativas

Ao entrar no baço, a artéria esplênica se divide em várias arteríolas (cercadas pela polpa branca) e, eventualmente, em sinusoides. O sangue dos capilares acumula-se nos seios venosos e sai pela veia esplênica.

Nódulos linfoides

Os nódulos linfoides têm uma arquitetura mais simples do que o baço e os linfonodos, pois consistem em um aglomerado denso de linfócitos sem cápsula fibrosa circundante. Estão localizados nos tratos respiratório e digestivo, áreas rotineiramente expostas a patógenos ambientais.

As **amígdalas** são nódulos linfoides localizados ao longo da superfície interna da faringe, importantes no desenvolvimento de imunidade a patógenos orais. A tonsila faríngea, localizada na parte posterior da garganta, é chamada de **adenóide** quando inchada — inchaço que indica uma resposta imune ativa à

infecção. Histologicamente, as tonsilas não possuem cápsula completa, e a camada epitelial invagina profundamente formando **criptas tonsilares**. Essas estruturas acumulam materiais introduzidos por meio da alimentação e da respiração, "estimulando" os patógenos a penetrar nos tecidos tonsilares, onde são atacados por numerosos folículos linfóides e eliminados.

APLICAÇÃO CLÍNICA

Essa parece ser a principal função das amígdalas: ajudar o organismo das crianças a reconhecer, destruir e desenvolver imunidade a patógenos ambientais comuns, protegendo-as ao longo da vida. As amígdalas são frequentemente removidas em crianças com infecções recorrentes na garganta, especialmente quando o inchaço das amígdalas palatinas (em ambos os lados da garganta) interfere com a respiração e/ou a deglutição.