

O sistema circulatório é composto pelo sistema vascular sanguíneo e pelo sistema vascular linfático.

1 – SISTEMA VASCULAR SANGUÍNEO

1.1 – Funções

Esse sistema transporta o sangue pelos tecidos, levando oxigênio, nutrientes, hormônios, fatores de coagulação, células de defesa e calor. Gás carbônico e catabólitos produzidos pelas células são recolhidos e conduzidos aos locais onde são eliminados.

1.2 – Constituintes

São os *capilares*, túbulos delgados em cujas paredes ocorre o intercâmbio metabólico entre o sangue e os tecidos; as *artérias*, vasos que saem do coração e levam O₂ e nutrientes aos tecidos; as *veias*, vasos que entram no coração e trazem CO₂ e dejetos dos tecidos, e o *coração*, órgão responsável pela propulsão do sangue.

1.2.1 – Capilares

Consistem em uma camada de células endoteliais, o *endotélio* (epitélio simples pavimentoso), em forma de tubo, com pequeno calibre: uma a três células em corte transversal (Figura 6.1). As células estão unidas por junções de oclusão e de adesão, e elas se comunicam por junções *gap*.

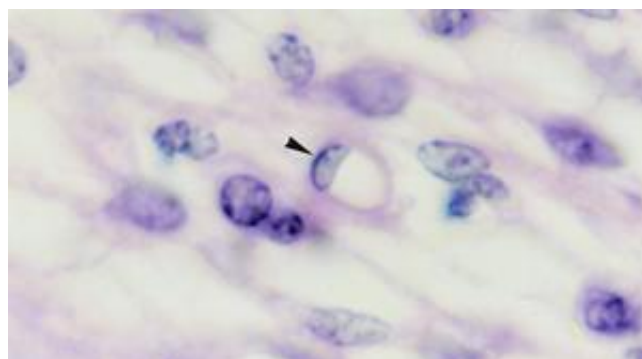


Figura 6.1 - Capilar (►). HE. 1.373x.

Ao redor das células endoteliais, compartilhando a mesma lâmina basal, há os *pericitos*, também de origem mesenquimatosa, com núcleo alongado, prolongamentos citoplasmáticos e junções comunicantes com as células endoteliais. Filamentos de actina e de miosina promovem a sua contração, regulando o fluxo sanguíneo.

Após uma lesão, os pericitos podem se diferenciar em células endoteliais, em células do conjuntivo ou em células musculares lisas.

Quanto à continuidade da parede endotelial, distinguem-se três tipos de capilares: contínuo, fenestrado e sinusóide.

Nos *capilares contínuos*, o espaço intercelular é bem vedado pelas junções de oclusão, e a entrada de substâncias ocorre por pinocitose (Figura 6.2). Localizam-se nos tecidos conjuntivo, muscular e nervoso. Neste último, estabelecem a barreira hematoencefálica ao evitar a passagem de macromoléculas.

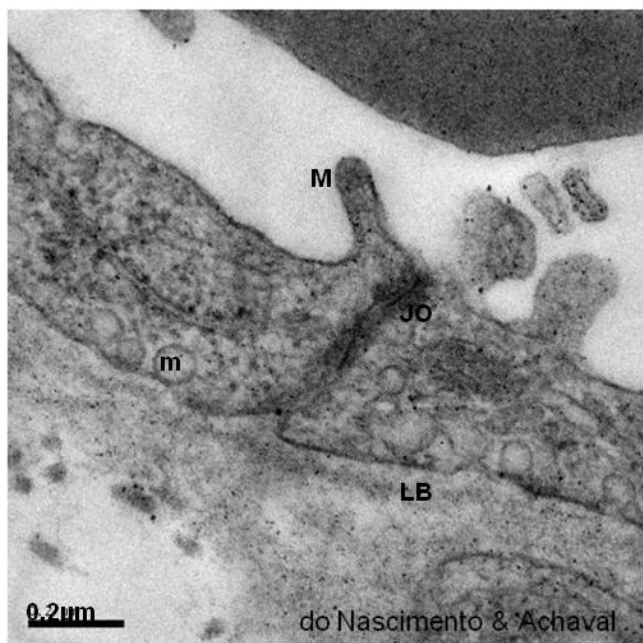


Figura 6.2 - Segmento do capilar contínuo, mostrando as junções de oclusão (JO), a ocorrência de macropinocitose (M) e de micropinocitose (m) e a lâmina basal (LB) subjacente ao endotélio.

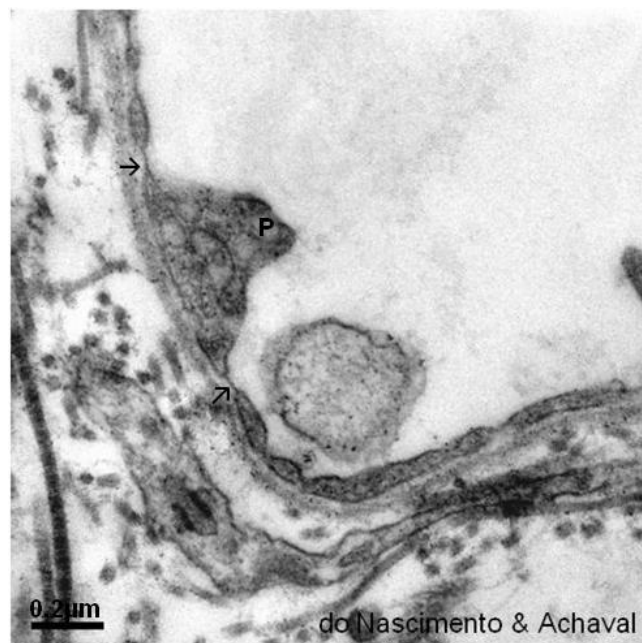


Figura 6.3 - Eletromicrografia da parede de capilar fenestrado, onde são visíveis as fenestras (→) e as vesículas de pinocitose (P).

Nos *capilares fenestrados*, as células endoteliais apresentam poros (fenestras), geralmente recobertos por um diafragma mais delgado que a membrana plasmática, facilitando a difusão de metabólitos (Figura 6.3). São encontrados em órgãos onde há intensa troca de substâncias entre as células e o sangue, como nas glândulas endócrinas, nos rins e nos intestinos.

Os *capilares sinusoides* têm trajeto tortuoso (sinuoso) e calibre aumentado, sendo de 30 a 40 μm. O calibre dos outros tipos é de 5 a 10 μm. Além de poros sem diafragma, há amplos espaços entre as células endoteliais, e a lâmina basal é descontínua. Há macrófagos em torno da parede (Figura 6.4).

As características do capilar sinusoide possibilitam um intenso intercâmbio de substâncias entre o sangue e os tecidos e a entrada ou a saída de células sanguíneas. Estão presentes no fígado e em órgãos hematopoéticos, como na medula óssea e no baço.

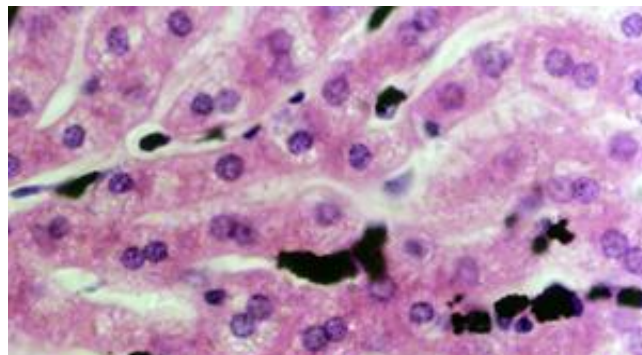


Figura 6.4 - Capilares sinusoides no fígado de um coelho injetado com nanquim. Os macrófagos são identificados por terem fagocitado as partículas de nanquim. HE. 550x.

O leito capilar é feito pelo brotamento das células endoteliais a partir dos capilares existentes: as células endoteliais emitem pseudópodos e, pelo surgimento de vacúolos no seu citoplasma, originam o tubo capilar. Os componentes da lâmina basal, como a laminina, fatores de crescimento e proteínas produzidas pelas células em resposta à baixa tensão de O₂, estimulam a angiogênese.

1.2.2 – Artérias e Veias

De modo geral, os vasos sanguíneos apresentam as seguintes camadas:

– *túnica íntima*, constituída pelo endotélio, pela camada subendotelial de tecido conjuntivo frouxo e pela lâmina elástica interna de material elástico;

As células endoteliais formam uma superfície lisa, diminuindo a fricção do fluxo sanguíneo. Essa superfície tem propriedades não trombogênicas, relacionadas com a secreção de substâncias anticoagulantes, como o fator ativador de plasminogênio, a trombosmodulina, o glicosaminoglicano heparan sulfato, que se fixa à membrana plasmática, e o derivado de prostaglandina prostaciclina (PGI₂) e o óxido nítrico (NO), que inibem a adesão das plaquetas. A PGI₂ e o NO ainda induzem o relaxamento das células musculares lisas através da produção do AMPc e do GMPc, respectivamente.

Em condições patológicas, as células endoteliais produzem fatores trombogênicos, incluindo o fator tecidual, o fator de Von Willebrand e o fator ativador de plaquetas.

– *túnica média*, que possui células musculares lisas dispostas circularmente, substâncias secretadas por essas células, como colágeno (principalmente do tipo III, que corresponde às fibras reticulares), elastina, proteoglicanas e glicoproteínas, e a lâmina elástica externa de material elástico;

A perda da elasticidade da túnica média da artéria pode gerar um *aneurisma*: o vaso permanece dilatado, e a pressão diastólica diminui. A artéria pode se romper, tendo-se hemorragia e, frequentemente, sendo fatal.

– *túnica adventícia*, composta por tecido conjuntivo denso não modelado e por tecido conjuntivo frouxo, com fibras colágenas (colágeno do tipo I), fibras elásticas e proteoglicanas sintetizadas pelos fibroblastos. A túnica adventícia continua-se com o

tecido conjuntivo dos órgãos vizinhos. Há a presença de pequenos vasos sanguíneos, denominados *vasa vasorum*, isto é, vasos dos vasos, que desempenham função nutridora.

Os vasos são nutridos pela difusão de metabólitos do sangue que passa na sua luz, mas as túnicas média e adventícia dos vasos de grande calibre, especialmente das veias, onde corre sangue venoso, não são alcançadas, por isso a importância dos *vasa vasorum*.

Devido à pressão sistólica, a túnica íntima das artérias próximas ao coração, com o tempo, lesa-se, espessando-se pela infiltração com material lipídico e pela deposição de fibras colágenas e elásticas (*ateroma*). A lesão pode atingir a túnica média, com destruição do tecido elástico e/ou das células musculares e substituição por colágeno. O espessamento e enrijecimento da parede das artérias constituem a *arteriosclerose* ou, em consequência do ateroma, a *aterosclerose*.

O ateroma prejudica o fluxo do sangue e contribui para a formação de *trombos*. Estes resultam da agregação plaquetária sobre a superfície lesada e podem obstruir o vaso, causando necrose (*infarto*) do tecido. Um fragmento do trombo pode entrar na circulação e obstruir pequenos vasos (*embolia*), como as arteríolas do cérebro.

Conforme o calibre dos vasos ou se são veias ou artérias, alguns constituintes das camadas podem estar ausentes ou variar na sua espessura e composição (Quadro 6.1, Figuras 6.5 a 6.10).

Entre as células endoteliais das arteríolas e das artérias, há junções de oclusão, e a entrada de substâncias ocorre por endocitose. Prolongamentos dessas células estendem-se pela lâmina elástica interna e acoplam-se metabolicamente, através de junções comunicantes, às células musculares da túnica média.

A túnica média muscular das artérias de médio calibre (Figuras 6.7 e 6.8) controla o afluxo de sangue aos vários órgãos, enquanto as numerosas lâminas elásticas nas artérias de grande calibre (Figura 6.9) suportam a elevada pressão do sangue proveniente do

coração. Essas artérias, em virtude do material elástico, cedem e retornam ao calibre normal.

Em comparação com as artérias de diâmetro externo semelhante, as veias apresentam a luz maior e

a parede mais delgada, geralmente colapsada nos cortes histológicos, devido à pequena quantidade de material elástico e à camada muscular pouco desenvolvida (Figuras 6.10 e 6.11).

Quadro 6.1 - Constituintes dos ramos arteriais e venosos:

	Túnica Íntima			Túnica Média		Túnica Adventícia
	endotélio	camada subendotelial	lâmina elástica interna		lâmina elástica externa	
Arteriola (0,3 a 0,4mm de diâmetro)	presente	ausente	ausente ou presente	1 a 3 camadas de células musculares	ausente	presente
Artéria de médio calibre (ou muscular) (0,5mm a 1cm de diâmetro)	presente	presente	presente	3 a 40 camadas de células musculares, fibras reticulares e elásticas, proteoglicanas	presente	presente, com <i>vasa vasorum</i>
Artéria de grande calibre (ou elástica) ex: aorta e seus grandes ramos	presente	presente	presente	tecido elástico (40 a 70 lâminas elásticas), células musculares, fibras reticulares e colágenas, proteoglicanas e glicoproteínas	presente	presente, com <i>vasa vasorum</i>
Vênula (10µm a 1mm de diâmetro)	presente	ausente	ausente	com pericitos ou com 1 ou 2 camadas de células musculares	ausente	presente
Veia de médio calibre (1 a 9mm de diâmetro) ex: veia safena	presente	presente	ausente	presente	ausente	espessa, com <i>vasa vasorum</i>
Veia de grande calibre (10mm a 4cm de diâmetro) ex: veia cava inferior	presente	presente	presente	presente	ausente	espessa, com feixes musculares, fibras colágenas, fibras elásticas e <i>vasa vasorum</i>

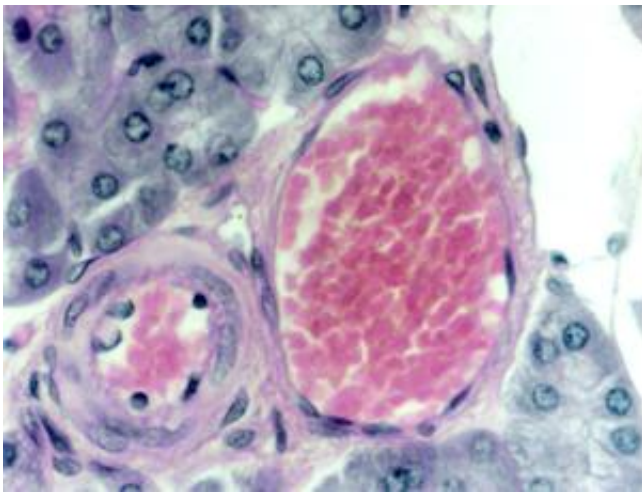


Figura 6.5 - Arteriola e vênula. HE. 550x.

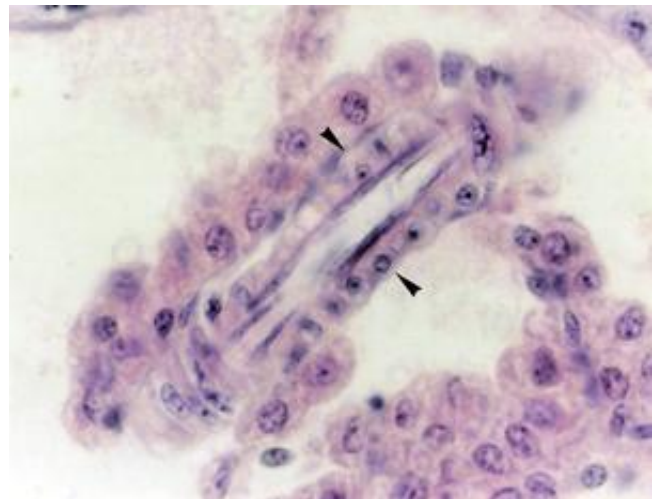


Figura 6.6 - Corte longitudinal de arteriola, cujas células endoteliais estão dispostas longitudinalmente e as células musculares da túnica média são cortadas transversalmente (►). HE. 550x.

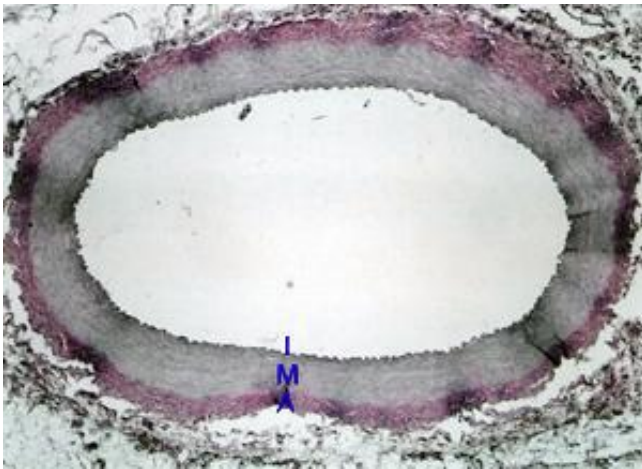


Figura 6.7 - Artéria de médio calibre, constituída pelas túnicas íntima (I), média (M) e adventícia (A). HE. 34x.

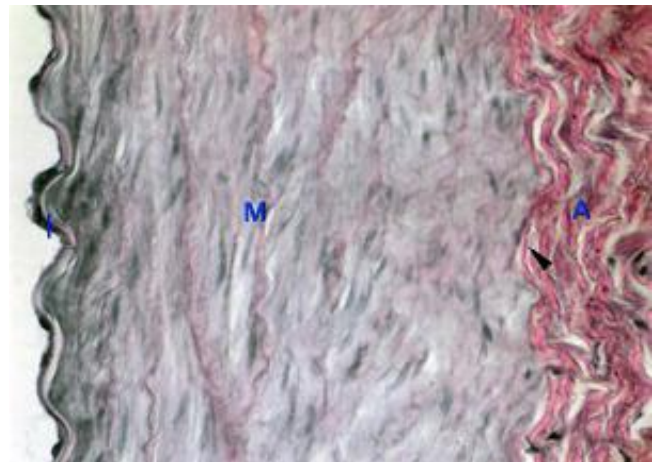


Figura 6.8 - Aumento maior das túnicas da artéria, onde é possível observar as células endoteliais e a lâmina elástica interna da túnica íntima (I), o músculo liso, as fibras elásticas e a lâmina elástica externa (►) na túnica média (M) e o tecido conjuntivo denso não modelado da túnica adventícia (A). HE. 340x.

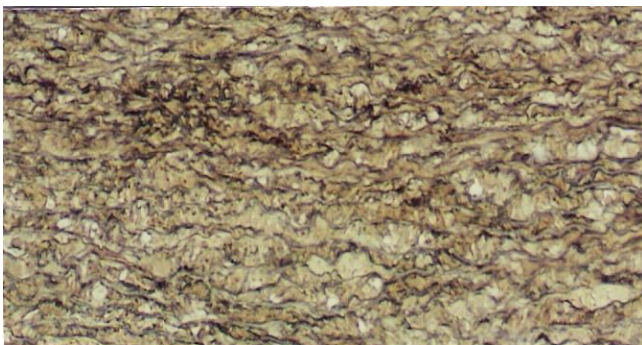


Figura 6.9 - Tecido elástico da aorta. Orceína. 137x.

Como as veias nos braços e nas pernas transportam o sangue contra a gravidade, elas possuem valvas, projeções da túnica íntima com um eixo de fibras elásticas, apontadas na direção do coração, que impedem o refluxo do sangue.



Figura 6.10 - Veia de grande calibre, composta pelas túnicas íntima (I), média (M) e adventícia (A). HE. 34x.

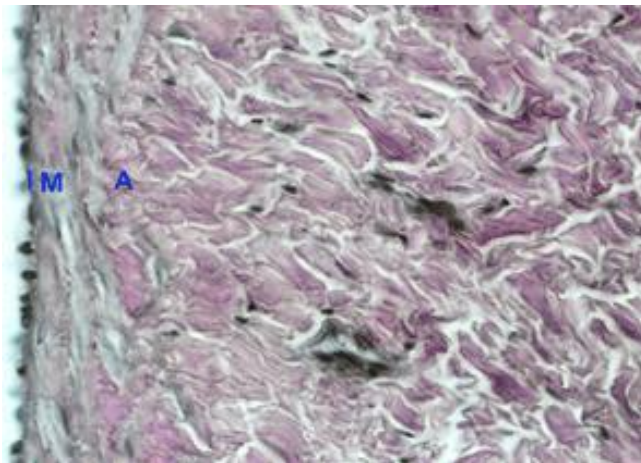


Figura 6.11 - Aumento maior das túnicas da veia: endotélio na túnica íntima (I), músculo liso na túnica média (M) e feixes musculares na túnica adventícia (A). HE. 340x.

As *varizes* são veias anormalmente alargadas e tortuosas, por causa da incompetência das válvulas, da degeneração da parede do vaso ou da perda do tônus muscular, pois a contração dos músculos estriados esqueléticos sobre as paredes das veias é importante para impulsionar o sangue.

Os vasos são inervados por fibras mielínicas e amielínicas. As fibras mielínicas atingem a túnica

íntima, e as amielínicas, a túnica média e a adventícia. As fibras amielínicas liberam noradrenalina na túnica média e são responsáveis pela vasoconstrição.

As artérias que suprem a musculatura esquelética recebem nervos que liberam acetilcolina, responsável pela vasodilatação. Esse neurotransmissor faz com que o endotélio libere óxido nítrico, que se difunde para as células musculares lisas, promovendo o seu relaxamento.

As *vênulas pós-capilares* respondem a agentes farmacológicos, como a histamina e a serotonina, e permitem a passagem de substâncias e de leucócitos. A migração dos leucócitos pelo vaso envolve as proteínas transmembranas selectinas e integrinas.

As *selectinas* ligam-se a oligossacarídeos de glicoproteínas e glicolipídios da superfície endotelial. A adesão é fraca, e os leucócitos rolam ao longo da superfície do vaso propelidos pelo fluxo do sangue.

Quando os leucócitos ativam suas *integrinas*, ligam-se fortemente às moléculas de adesão intercelular (ICAMs) das células endoteliais e realizam diapedese, atravessando a lâmina basal do endotélio com a ajuda de enzimas digestivas. Nos locais de inflamação, as células endoteliais expressam selectinas que reconhecem os oligossacarídeos dos leucócitos e das plaquetas.

Na *deficiência de adesão leucocitária*, uma doença autossômica recessiva, os leucócitos não aderem às células endoteliais dos vasos sanguíneos e não conseguem migrar ao local da inflamação, porque não há a síntese normal das integrinas.

1.2.3 – Coração

Devido à origem embriológica a partir de dois vasos que se fusionam, o coração apresenta três túnicas semelhantes às dos vasos: o endocárdio, o miocárdio e o epicárdio.

O *endocárdio* é constituído pelo endotélio, que está em contato direto com o sangue, e por uma

camada subendotelial de tecido conjuntivo frouxo. Há ainda o *estrato subendocárdico* de tecido conjuntivo frouxo, onde correm vasos, nervos e ramos do sistema condutor de estímulos.

O *miocárdio*, de músculo estriado cardíaco, é responsável pelo bombeamento do sangue.

O *epicárdio* consiste em tecido conjuntivo denso e em tecido conjuntivo frouxo coberto por epitélio simples pavimentoso, o mesotélio (*pericárdio visceral*), produzindo uma superfície externa lisa. O conjunto de tecido conjuntivo frouxo e de mesotélio é a serosa. O tecido conjuntivo frouxo contém fibras elásticas, vasos sanguíneos e linfáticos, gânglios nervosos e nervos.

Nessa camada, pode se acumular tecido adiposo, o que ocorre em torno das grandes artérias, como as artérias coronárias, e das veias que irrigam a parede cardíaca. O pericárdio visceral e o pericárdio parietal, também de mesotélio, delimitam a *cavidade pericárdica*, preenchida por um fluido seroso que evita o atrito das superfícies durante as contrações.

O coração tem quatro câmaras: o *átrio direito*, que recebe sangue desoxigenado da circulação sistêmica; o *ventrículo direito*, que recebe o sangue do átrio direito e o bombeia para os pulmões, onde é oxigenado; o *átrio esquerdo*, que recebe o sangue dos pulmões e o envia para o *ventrículo esquerdo*, que, por sua vez, o bombeia para a circulação sistêmica. Nos átrios, por causa do fluxo turbulento do sangue, o endocárdio é espesso, enquanto, nos ventrículos, o miocárdio é mais desenvolvido para a propulsão do sangue para fora do coração.

Nos átrios e no septo interventricular, há células musculares que secretam polipeptídeos, como o *hormônio natriurético atrial*. Essas substâncias vão atuar sobre órgãos, como os rins e as adrenais, contribuindo para o controle hídrico e eletrolítico e, conseqüentemente, para regular a pressão sanguínea.

O coração possui uma porção central de tecido conjuntivo denso, com algumas regiões de cartilagem

fibrosa: é o esqueleto fibroso que, além da sustentação estrutural, permite a inserção do músculo cardíaco.

Para o direcionamento do fluxo sanguíneo, apresenta valvas, formadas por uma porção central de tecido conjuntivo denso, extensão do esqueleto fibroso, revestida por tecido elástico e endotélio. Assim, o sangue é impedido de retornar para os átrios durante a contração dos ventrículos e de retornar aos ventrículos após a sua saída.

Contém ainda um sistema próprio para gerar e transmitir estímulos. Na junção da veia cava superior com o átrio direito, há o *nodo sinoatrial*, cujas células sofrem cerca de 70 despolarizações por minuto. As despolarizações propagam-se por feixes específicos de músculo atrial até o *nodo atrioventricular*, e daí para os ventrículos, através do *feixe atrioventricular*. Essas estruturas consistem em células musculares cardíacas especializadas, pobres em filamentos contráteis. O coração contrai-se, batendo cerca de 70 vezes por minuto. O ritmo cardíaco pode ser alterado em situações emocionais ou no exercício, pela influência do sistema nervoso. Há plexos na base do coração e gânglios nervosos próximos aos nodos sinoatrial e atrioventricular.

Entre as células do miocárdio, há terminações nervosas livres relacionadas com a sensibilidade à dor, por isso, a percepção de dor quando há deficiência de oxigênio pela obstrução parcial das artérias coronárias (*angina*) ou no infarto.

2 – SISTEMA VASCULAR LINFÁTICO

2.1 – Funções

Esse sistema recolhe o líquido tecidual gerado em nível dos capilares e das vênulas e o devolve ao sangue nas grandes veias perto do coração. Esse líquido, a *linfa*, é claro e incolor e corre em uma direção: dos órgãos para o coração. Permite a circulação dos linfócitos e transporta os lipídios absorvidos no intestino delgado. A linfa que drena do

intestino é de aspecto leitoso devido ao seu alto teor de lipídios e é chamada *quilo*.

2.2 – Constituintes

O sistema vascular linfático inicia-se no tecido conjuntivo com túbulos de fundo cego, os *capilares linfáticos* (Figura 6.12), constituídos pelo endotélio, com espaços entre as células e com uma lâmina basal descontínua, o que permite a entrada de líquido e moléculas do fluido intersticial, inclusive proteínas e triglicérides, além de células, como os linfócitos.

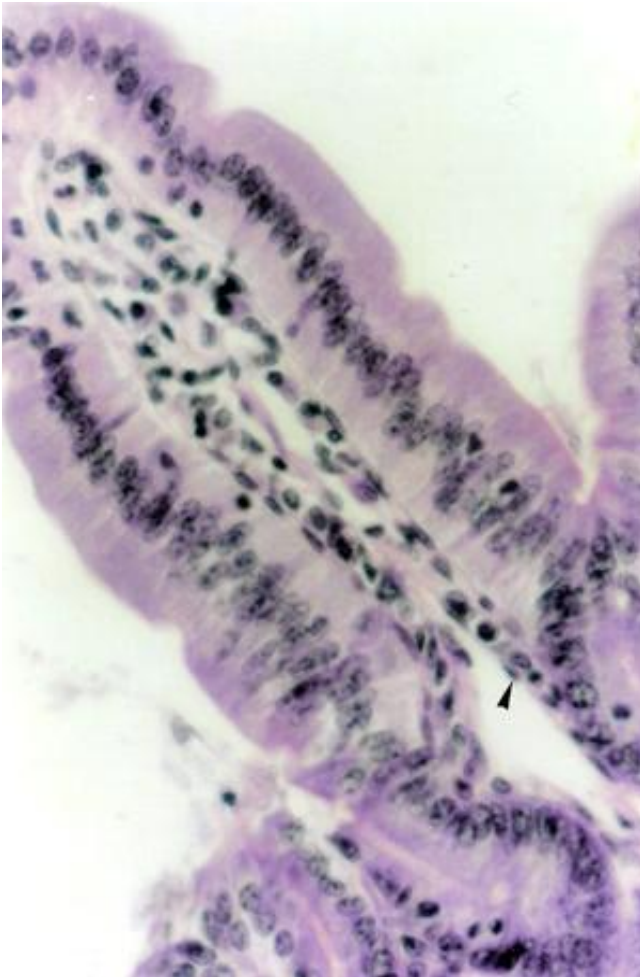


Figura 6.12 - Capilar linfático (►) no tecido conjuntivo do intestino delgado. HE. 550x.

Os capilares linfáticos anastomosam-se em vasos de maior calibre, os *vasos linfáticos*, semelhantes histologicamente às vênulas e às veias de médio calibre, inclusive com valvas para evitar o refluxo da linfa. Há linfonodos interpostos no trajeto, que filtram a linfa e adicionam os linfócitos.

Os vasos linfáticos terminam em dois grandes troncos: o ducto torácico e o ducto linfático direito, que desembocam nas veias próximas ao coração. Assim, a linfa entra na corrente sanguínea. Os *ductos linfáticos* são estruturalmente semelhantes às veias de grande calibre.

As células cancerosas podem entrar nos capilares linfáticos e, ao serem transportadas pela linfa, podem ser retidas no linfonodo que está no trajeto, onde se multiplicam e produzem *tumores secundários*. Isso é comum no *câncer de mama*, sendo importante a palpação e a biópsia dos linfonodos axilares como parte do exame para o seu diagnóstico.

3 – QUESTIONÁRIO

- 1) Descreva os tipos de capilares quanto à sua estrutura, importância funcional e ocorrência.
- 2) Compare os vasos arteriais e venosos de diferentes calibres segundo à sua constituição e espessura.
- 3) Relacione o papel das artérias de médio e de grande calibres no organismo com a composição da sua túnica média.
- 4) O que são e para que servem as valvas presentes nas veias e nos vasos linfáticos?
- 5) Quais são as funções do sistema vascular linfático?

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. *Molecular Biology of the cell*. 4.ed. New York: Garland Science, 2002. p.1085-1086; 1281; 1286-1287.

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. *Tratado de Histologia em cores*. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. p.257-277.

GENESER, F. *Histologia: com bases moleculares*. 3.ed. Rio de Janeiro: Médica Panamericana/ Guanabara Koogan, 2003. p.299-317.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.204-220.

KIERSZENBAUM, A. L. *Histologia e Biologia celular: uma introdução à Patologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p.355-374.

STEVENS, A.; LOWE, J. *Histologia humana*. 2.ed. São Paulo: Manole, 2001. p.137-158.

_____. *Patologia*. São Paulo: Manole, 1998. p.122-147.

ZANESCO, A.; ANTUNES, E. Células endoteliais. In: CARVALHO, H. F.; COLLARES-BUZATO, C. B. *Células: uma abordagem multidisciplinar*. Barueri: Manole, 2005. p.184-191.