

## CONCEITOS SOBRE HEMORREOLOGIA E MICROCIRCULAÇÃO HUMANAS.

J. Martins e Silva<sup>1</sup>

### TEMA 3 -SISTEMA CARDIO-VASCULAR

O sistema circulatório é constituído pelo sistema cardiovascular e pelo sistema linfático. O sistema cardiovascular distribui o sangue, em circuito fechado, através de uma rede tubular de *artérias, veias, capilares*. O sistema linfático é um sistema aberto, constituído por *vasos e gânglios e linfa*, sendo esta um filtrado de plasma em excesso que passa do sangue para o espaço intersticial ao nível dos capilares sanguíneos. Os vasos linfáticos transportam a linfa até às veias subclávias, onde se mistura com o sangue.

Sistema cardiovascular – é constituído por dois tipos de circulação, a pulmonar (ou pequena circulação) e a sistémica (ou grande circulação). A circulação pulmonar inclui a artéria pulmonar, circuito intrapulmonar e artéria pulmonar. O sangue proveniente da veia cava, depois de fluir da aurícula para o ventrículo direito, é expelido por este para a veia pulmonar até à interface alvéolo-capilar pulmonar; a este nível ocorre a oxigenação do sangue e, por troca, a eli-

minação de dióxido de carbono e de algumas substâncias voláteis, do sangue para o ar atmosférico; deste processo de trocas resulta o controlo respiratório do pH. Depois de oxigenado, o sangue arterializado é transportado à aurícula esquerda pela veia pulmonar, passando ao ventrículo esquerdo, que o bombeia para a aorta e restante circulação sistémica. A circulação sistémica, muito mais extensa que a pulmonar, engloba a rede vascular que, pelas artérias, transporta o sangue do coração esquerdo até aos tecidos periféricos e órgãos corporais e, destes, através das veias, promove o seu retorno até ao coração direito (Fig.1).

Artérias – As artérias têm por principal função transportar sangue, oxigénio e nutrientes a todos os sectores corporais periféricos, em função das respectivas necessidades metabólicas e actividades. Esta função beneficia das características de alta pressão que caracteriza o sector arterial da circulação sistémica, que varia entre um pico elevado, coincidente à contracção ventricular esquerda (*pressão sistólica*), e um valor mínimo (*pressão diastólica*), que corres-

<sup>1</sup> Professor catedrático aposentado e ex-director do Instituto de Bioquímica Fisiológica/Biopatologia Química da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Sócio fundador e 1º presidente da SPHM.

ponde ao período intercalar, em que ocorre a distensão e o re-enchimento ventricular. Desta variação tensional resulta o *pulso*, indicador da actividade cardíaca.

Na generalidade, o sangue transportado pelas artérias é oxigenado, excepto no caso das artérias pulmonares e umbilicais, em que está desoxigenado. No conjunto, o sangue assegura a homeostasia corporal, em que se inclui, também, o controlo do pH e da temperatura e o transporte de elementos constituintes do sistema imunitário.

O diâmetro médio das artérias é de 4mm, com espessura média de 1 mm. No trajecto do coração aos referidos tecidos e órgãos, as artérias ramificam-se sucessivamente, enquanto o seu diâmetro se reduz, até à formação de capilares. As artérias podem ser subdividas em três categorias, em função do seu calibre: largas, médias e pequenas. As artérias mais largas (p.ex., aorta e ramos emergentes) muito elásticas, dão passagem ao sangue sob pressão elevada; as arté-

rias médias distribuem o sangue aos órgãos e outras estruturas principais; as artérias mais pequenas, designadamente as arteríolas (através de uma ou duas camadas de músculo liso) são o local electivo da resistência vascular.

Por seu lado, individualizam-se na parede arterial três camadas ou túnicas que, do exterior para o interior do vaso, formam a *adventícia* (constituída por tecido conjuntivo), a *média* (composta por tecido muscular liso e tecido elástico, delimitada da anterior pela limitante elástica externa) e a *íntima* (constituída por uma monocamada de células endoteliais achatadas, separada da túnica média pela limitante elástica interna). A túnica adventícia confere e mantém a forma dos vasos e inclui ramificações nervosas sensitivas (associadas a percepções dolorosas em casos de isquemia local). A constituição da túnica média, devido à abundância de fibras elásticas, em particular nas artérias de maior calibre (mais de 10 mm de diâmetro), possibilita a distensão da

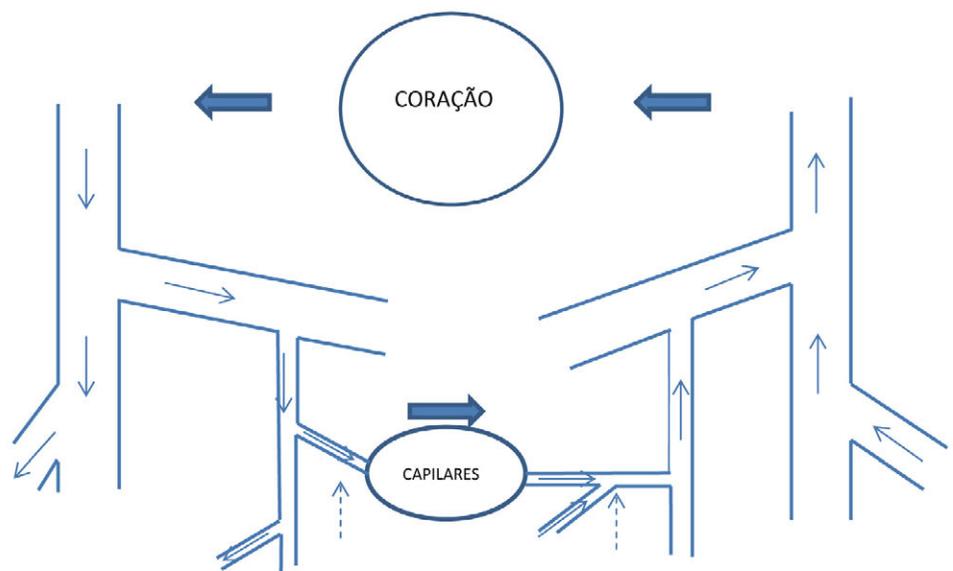


Figura 1 – Esquema de ramificação vascular

parede arterial pela onda de fluxo sanguíneo, resultante à contracção ventricular esquerda, e o relaxamento que se lhe segue, com influência directa nas principais características da hemodinâmica circulatória (padrões de fluxo, pressão e resistência). Deste modo, as artérias também contribuem para o bombeamento do sangue iniciado pelo coração, na sequência de cada sístole. Em contrapartida, a abundância relativa de células de músculo liso nas artérias mais estreitas (10 a 0,1 mm), designadamente nas arteríolas, promove a respectiva contracção e relaxamento. Devido a esta particularidade contráctil, as arteríolas contribuem para o controlo da perfusão do fluxo sanguíneo local (e subsequente distribuição do sangue aos capilares) e da pressão sanguínea corporal.

A íntima, em contacto directo com o sangue pelo revestimento endotelial, inclui ainda outra camada de tecido conjuntivo e uma membrana basal. As células endoteliais, ricas em enzimas e receptores, e como interface entre o sangue (ou linfa) e o resto da parede vascular, estão estrategicamente situadas para a produção e controlo de estímulos locais ou provenientes do sangue e subsequente resposta adaptativa. Por conseguinte, o endotélio é origem e alvo de um conjunto de substâncias, em que se destacam autacóides, factores (de crescimento, fibrinolíticos, hemostáticos e quimiotáxicos) e radicais de oxigénio. Devido à sua propriedade secretora (sintetizando produtos com acção biológica na própria célula, ou células vizinhas ou distanciadas, ao serem transportados pelo sangue), localização e extensão (o revestimento endotelial de cada adulto abrange

todo o revestimento interno do sistema cardiovascular e linfático, totalizando cerca de 320 m<sup>2</sup> com 0,3 µm de espessura), a associação da íntima com o sangue como que constitui um órgão funcional que, entre outras funções, assegura o controlo da hemostase, deste modo impedindo desequilíbrios entre a coagulação e fibrinólise sanguíneas.

A nutrição e oxigenação das túnicas adventícia e média das artérias maiores depende dos *vaso-vasorum*, enquanto a íntima recebe aquele tipo de fornecimentos directamente do sangue. O mesmo processo decorre nas veias mais largas.

Veias – As veias diferenciam-se das artérias em estrutura e funções.

Assim, em geral as veias possibilitam o retorno do sangue desoxigenado daqueles tecidos e órgãos até ao coração, onde se reinicia (ininterruptamente, em condições normais) o ciclo circulatório após as trocas gasosas intrapulmonares. Exceptuam-se deste processo as veias portais, que veiculam o sangue venoso dos capilares mesentéricos para os capilares hepáticos e, só então, depois de drenado até às veias hepáticas, é conduzido ao coração direito..

As veias mais estreitas (vénulas) recebem o sangue dos capilares e transferem-no para veias sucessivamente mais largas. Neste seu percurso, o diâmetro venoso aumenta gradualmente, da periferia ao coração.

Por outro lado, o diâmetro médio das veias é, em média, mais de sete vezes superior ao das artérias, ou seja, cerca de 30mm, com 1,5 mm de espessura. Tal como as artérias, as veias apresentam três camadas celulares concêntricas com idêntica designação com algumas diferenças.

Assim, enquanto a adventícia e a íntima não apresentam grandes distinções, a túnica média tem uma fina camada de músculo liso (com actividade contráctil secundária) e fibras elásticas escassas. Esta particularidade explica que a parede das veias seja mais fina e distensível do que a das artérias, e colapse facilmente quando o lúmen não contém sangue. A maior distensibilidade da parede (junto com um diâmetro muito superior, em média, ao das artérias) justifica que, em repouso, aproximadamente 60-75% da volemia total (a qual varia entre cerca de 4,5 a 5L) de um adulto saudável em repouso esteja localizada no sistema venoso, sobretudo nas vénulas e veias de menores dimensões; esta distribuição preferencial do sangue corporal (de que resultou a designação das veias como vasos *de capacitância*) funciona como um “reservatório” disponível em situações anormais de carência ou espoliação,

As veias diferenciam-se ainda das artérias por serem em muito maior quantidade, terem uma localização anatómica muito mais variável de indivíduo para indivíduo e disporem de válvulas (com forma semi-lunar) nos sectores de maior declive circulatório (extremidades), de modo a assegurarem o retorno do sangue ao coração (opondo-se à gravidade) e impedirem o seu refluxo. Além das válvulas, também a contracção e relaxamento da camada de músculo liso das veias e a aspiração torácica dependente de cada inspiração contribuem para bombear o sangue venoso até ao coração. Em veias de maior dimensão (p.ex., veia cava, porta, hepática, renal, mesentérica, esplénica e ilíaca comum), desprovidas de válvulas, o fluxo do sangue é propulsado pela

constricção da respectiva camada de músculo liso, por activação nor-adrenérgica.

Contrariamente ao fluxo intra-arterial, o venoso não exerce repercussões directas sobre as funções hemodinâmicas.

Capilares – A estrutura tubular de cada capilar é constituída por uma camada simples e contínua de células endoteliais (uma célula de espessura), sem qualquer revestimento. Esta característica permite a passagem transmembranar das moléculas gasosas e lipofílicas por difusão simples e bidireccional (na dependência de gradientes osmóticos), sem necessidade de sistemas de transporte específicos. O diâmetro interno de cada capilar varia entre 5 a 10  $\mu\text{m}$ , embora, em geral, seja inferior ao diâmetro médio dos eritrócitos (cerca de 7  $\mu\text{m}$ ).

Resultantes da ramificação final das artérias (através das arteríolas), os capilares organizam-se em rede em todos os tecidos do organismo; são responsáveis por trocas de substâncias e gases respiratórios entre o sangue e os tecidos corporais irrigados, de tal modo que estes recebem, sobretudo, nutrientes e oxigénio do sangue, enquanto devolvem à circulação substâncias fisiológicas (a serem utilizadas por outros tecidos) e/ou catabolitos e dióxido de carbono, a eliminar para o exterior. Após as trocas transcapilares, os microvasos aumentam de diâmetro e convergem nas vénulas.

Anastomoses – Existem muitos exemplos de *anastomoses* (conexões por canais colaterais) entre artérias adjacentes, permanentes (p.ex., nas arcadas palmar e plantar) ou potenciais (p. ex., coronária anterior e in-

terventricular posterior). No conjunto, as anastomoses artero-arteriais são vias de comunicação alternativa, particularmente úteis em situações de obstrução circulatória transitória ou definitiva. As artérias terminais não comunicam entre si, pelo que, em situações obstrutivas ou de lesão vascular, não evitam o desenvolvimento de gangrena nos tecidos que irrigariam. Existem muito mais veias que artérias no corpo humano, o que explica que também haja muito mais anastomoses inter-venosas; estas, à semelhança das artero-arteriais, constituem vias alternativas para o fluxo

sanguíneo, perante situações obstrutivas no canal electivo. As anastomoses inter-arteriais e inter-venosas existem, dispersas em condições normais, ao longo sistema circulatório, mas o seu número pode aumentar em determinadas situações patológicas. Situações traumáticas, cirúrgicas ou patológicas podem originar a formação de conexões anormais, sob a forma de *fístulas*, em geral artério-venosas. É de referir a anastomose porto-cava como exemplo patológico de uma anastomose veno-venosa, entre uma veia do sistema porta e outra (s) veia (s) da circulação sistémica.