

3. A circulação

Introdução

Todos têm conhecimento de que o sangue é fundamental para a manutenção da vida, e essa importância resulta de suas múltiplas funções no organismo. Algumas são bastante conhecidas, como a de transporte de oxigênio aos tecidos. No entanto, aqui você verá como o sangue participa do transporte de várias substâncias, incluindo nutrientes aos tecidos, hormônios que regulam o funcionamento de diferentes células e produtos de degradação do metabolismo celular que precisam ser eliminados pelos rins. Os componentes do sangue também participam do equilíbrio do pH sanguíneo, através do tamponamento de ácidos formados pelo metabolismo celular, além de atuarem na formação do coágulo, impedindo o extravasamento de sangue quando o vaso é lesado.

Agora que já relacionamos as várias funções do sangue, podemos então defini-lo como um tecido especial, constituído por células suspensas em um líquido denominado plasma.

O plasma e seus constituintes

O componente líquido do sangue é chamado plasma, onde as células são transportadas, além de nutrientes, produtos de degradação do metabolismo celular, hormônios e outros mensageiros químicos.

O plasma é constituído por 90% de água, 6,5 a 8% de proteínas e 2% de várias outras moléculas menores. O quadro 3.1 apresenta os diferentes componentes do plasma e seus respectivos percentuais.

Perceba, nesse quadro, que as proteínas são os solutos mais abundantes do plasma. Elas são sintetizadas no fígado, em sua grande maioria. As principais proteínas do sangue são albumina, globulina e fibrinogênio.

Quadro 3.1: Composição do plasma.

Plasma	% do Volume Plasmático	Descrição dos componentes
Água	90-91%	
Proteínas: Albumina Globulina Fibrinogênio	6,5 – 8%	54% das proteínas plasmáticas 38% das proteínas plasmáticas 7% das proteínas plasmáticas
Outras substâncias	1 – 2%	Carboidratos, lipídios, aminoácidos, hormônios, eletrólitos, uréia, creatinina, ácido úrico.

A albumina corresponde a 54% das proteínas plasmáticas e, por não se difundir através do endotélio dos vasos, permanece no sangue, propiciando que a água também fique retida no compartimento vascular, contribuindo para a pressão osmótica do sangue. A pressão osmótica, devido à presença de albumina, denominada pressão coloidosmótica, contribui para manter o volume sanguíneo. Quando a pressão coloidosmótica do plasma cai, ocorre saída de água dos vasos para o espaço entre as células (espaço intersticial), causando o edema (inchaço) no corpo.

A albumina também tem como função, o transporte de várias substâncias no sangue, como por exemplo, os hormônios sexuais.

Volume sanguíneo

O volume total do sangue é o somatório do volume das células e do volume plasmático. Fisiologicamente, o sangue pode variar de acordo com a idade, sexo, peso corporal e altitude onde o indivíduo vive.

Para indivíduos jovens e saudáveis, vivendo ao nível do mar, há diferença entre homens e mulheres. Estima-se que os homens tenham 62,4 mL/Kg de peso corporal e as mulheres tenham 61,8 mL/Kg de peso corporal.

Células sanguíneas

Do volume total de sangue, 55% é constituído pelo plasma e 45% pelas células sanguíneas, hemácias, leucócitos e plaquetas, também chamados elementos figurados do sangue. Veja na Figura 3.1, imagens de um esfregaço de sangue em lâmina de vidro, observada ao microscópio óptico.

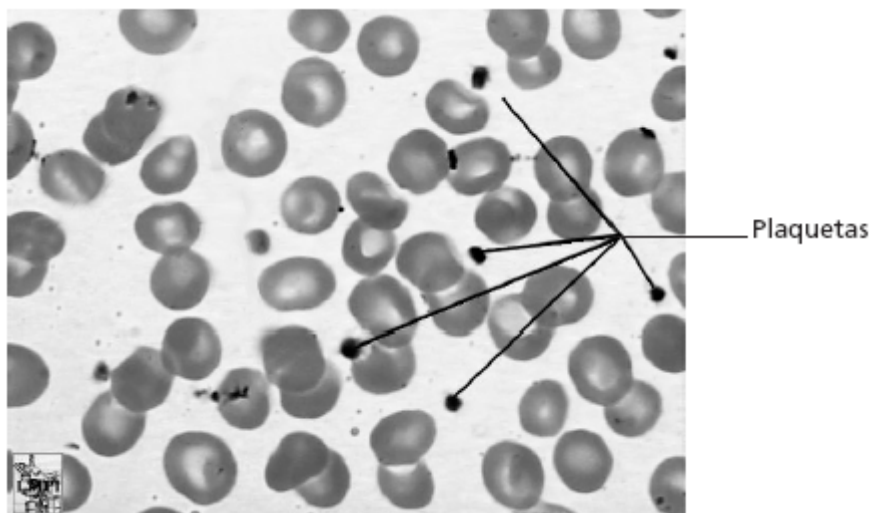


Figura 3.1: Esfregaço de sangue em lâmina de vidro, observado em microscópio sob objetiva de imersão a óleo. Observam-se inúmeros eritrócitos (hemácias) e, no centro da lâmina, um leucócito neutrófilo. As estruturas menores, densas, são as plaquetas.

A maior parte das células do sangue é constituída por hemácias, que além de mais numerosas são mais volumosas. O percentual de células em determinado volume de sangue é denominado hematócrito. Esse nome foi empregado porque 99% do volume celular sangüíneo é formado por hemácias enquanto apenas 1% é constituído de leucócitos e plaquetas. Por isso, a determinação do hematócrito pode ser utilizada como parâmetro para avaliar a quantidade de hemácias em um indivíduo.

A quantificação do hematócrito é um exame relativamente simples, que pode ser feito em laboratório, para alunos do Ensino Médio. Veja como você pode realizar a quantificação do hematócrito com seus futuros alunos.

Prática: determinação do hematócrito

Material necessário:

Tubo de ensaio (ou microtubos capilares para hematócrito, se a escola puder obter), microcentrífuga (não é obrigatório), régua milimetrada, massa de modelar, lanceta ou agulha para punção na polpa digital (ponta do dedo), algodão, álcool e luvas descartáveis.

Procedimento:

- Limpe a polpa digital do indivíduo com água e sabão;*
- Com a lanceta ou agulha descartável, faça uma punção na polpa digital e colete o sangue encostando o microtubo à gota de sangue. (Se não houver microtubo capilar, colete sangue da veia do braço do indivíduo a ser analisado, com a seringa, e coloque em um tubo de ensaio pequeno (nesse caso, 2 ou 3 mL de sangue são suficientes);*
- Quando o microtubo encher por capilaridade, coloque uma pequena quantidade de massa de modelar na extremidade por onde o sangue fluiu;*
- Coloque na centrífuga, tomando o cuidado para equilibrar com tubo de igual volume, com sangue ou com água. Centrifugue por dez minutos na velocidade de 2.500 rotações por minuto. Caso não tenha centrífuga deixe, os tubinhos com sangue em repouso por uma hora, até que haja separação entre plasma e células.*

Após esse procedimento, o sangue terá dois compartimentos; um mais escuro, constituído pelas células (hemácias, em sua maioria), que se depositam no fundo do tubo por ação da gravidade; a parte líquida e amarelada é constituída pelo plasma. Agora é só medir com uma régua, para saber quantos centímetros têm o volume total de sangue e o compartimento celular. Atribuindo 100% ao volume total, o percentual ou os centímetros correspondentes ao compartimento celular são o hematócrito.

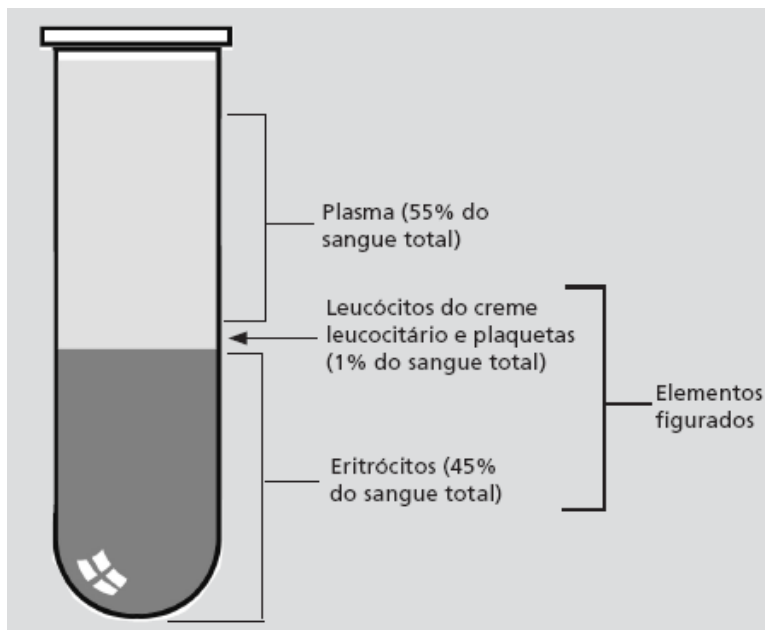


Figura 3.2: Compartimentos do sangue. Observe a porção celular e o plasma, quando o sangue é colocado em um tubo de ensaio. O percentual de células no sangue é o hematócrito

Características do sangue

Você já percebeu que o sangue não é um compartimento homogêneo, pois apresenta uma porção líquida e uma celular. Assim, ele será mais líquido ou mais viscoso dependendo do número de células e da composição química do plasma. A viscosidade do sangue é uma característica importante, pois permite maior ou menor fluidez através dos vasos. Portanto, há uma relação inversa entre viscosidade e fluidez do sangue, para determinado vaso. Imagine-se ingerindo mate de um copo com um canudo fino e, com o mesmo tipo de canudo, ingerindo um *milk-shake*. Certamente, você faz mais força para sugar o *milk-shake* e, conseqüentemente, demora mais tempo para acabar de beber. O mesmo acontece com os vasos: quando a viscosidade é maior, o atrito do sangue nas paredes do vaso aumenta e a velocidade do fluxo de sangue diminui. A viscosidade do sangue contribui para a determinação da pressão diastólica, embora a resistência periférica e diâmetro vasculares sejam também importantes.

Outra característica interessante do sangue é o posicionamento das suas células dentro da corrente sanguínea, que obedece às leis físicas e é

determinado pela diferença de densidade entre os diferentes tipos de células. As mais densas são centrais e as menos densas são periféricas. Os eritrócitos situam-se na porção central, mantendo uma coluna contínua que fica separada da parede vascular por um envoltório de plasma. Os leucócitos e plaquetas circulam ocupando a porção lateral à coluna de hemácias, próximos à parede vascular. As hemácias, ocupando uma posição central, estão mais protegidas dos traumatismos; enquanto os leucócitos, situados próximos aos vasos, conseguem fazer diapedese (movimentação ativa através da parede dos vasos) e atingir rapidamente os tecidos quando ocorre um processo infeccioso ou inflamatório. As plaquetas por estarem mais próximas à parede dos vasos, respondem mais rapidamente quando há ruptura da parede dos vasos, participando ativamente no processo de coagulação do sangue.

Eritrócitos ou hemácias

As hemácias ou eritrócitos são células incomuns por serem anucleadas; possuem um citoesqueleto que lhes garante mudança de forma ao passar por pequenos vasos, sem que haja ruptura de sua membrana. As hemácias humanas têm cerca de $7\mu\text{m}$, mas são capazes de passar através de espaços com $3\mu\text{m}$ de diâmetro. Tal deformabilidade diminui a viscosidade do sangue. As hemácias produzem a proteína hemoglobina, que transporta oxigênio aos tecidos e também uma fração do dióxido de carbono aos pulmões. Seu formato de disco bicôncavo, demonstrado na Figura 3.3, permite que tenham uma área maior, facilitando a troca de oxigênio.

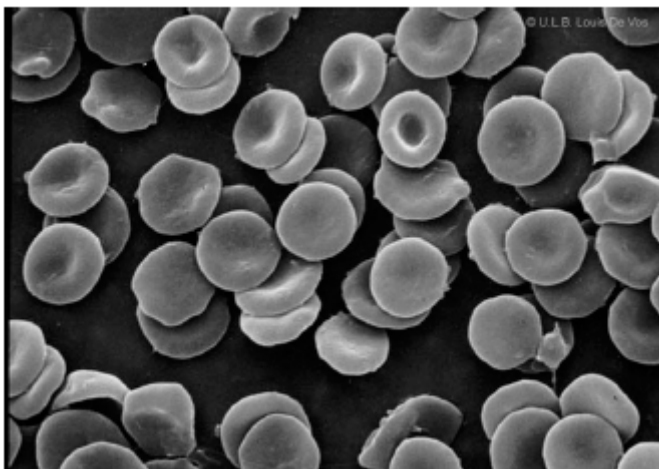


Figura 3.3: Fotomicrografia de uma hemácia. Observe a sua forma bicôncava.

Leucócitos

Os leucócitos são células sanguíneas que protegem o organismo contra invasões de agentes estranhos. No sangue, existem cerca de 4 a 10 mil por mililitro. Os leucócitos circulam em quantidade menor do que as hemácias, numa proporção de 1 leucócito para cada 660 eritrócitos. Podem ser divididos em vários tipos celulares com características específicas. Os leucócitos granulócitos, assim denominados por possuírem grânulos ricos em enzimas, podem ser classificados em neutrófilos, eosinófilos e basófilos. Os leucócitos agranulócitos são classificados em monócitos e linfócitos. Veja, na Figura 3.4, os diferentes tipos de leucócitos.

Os leucócitos constituem o principal mecanismo de defesa contra as infecções. Os granulócitos e monócitos são células móveis que migram para o local da lesão, atraídos por substâncias denominadas quimiotáxicas, liberadas dos microrganismos ou por destruição celular. Quando eles as alcançam, promovem fagocitose, destruindo-as por ação enzimática.

Os neutrófilos são os mais abundantes leucócitos no sangue. Existem dois tipos de neutrófilos: os bastonetes (imatuos) e os segmentados (maduros). Os neutrófilos ajudam o organismo a combater infecções bacterianas e fúngicas, fagocitando partículas estranhas. Quando a infecção bacteriana é aguda, há maior solicitação dos neutrófilos da medula e ocorre aumento dos neutrófilos imatuos no sangue, os bastonetes.

Os eosinófilos são encarregados de matar parasitas e destruir células cancerosas; estão envolvidos nas respostas alérgicas.

Os basófilos também participam em respostas alérgicas.

Os linfócitos são divididos em dois tipos principais: os linfócitos T, que auxiliam na proteção contra as infecções virais e conseguem detectar e destruir algumas células cancerosas, e os linfócitos B, que se transformam em células produtoras de anticorpos (células plasmáticas ou plasmócitos). Os linfócitos são células com núcleo grande e sem grânulos citoplasmáticos. São responsáveis pela imunidade humoral, através dos linfócitos B, produtores de anticorpos contra diversos agentes estranhos ao organismo e pela imunidade celular, através dos linfócitos T.

Os monócitos fagocitam células mortas ou lesadas e proporcionam defesas imunológicas contra muitos organismos infecciosos.

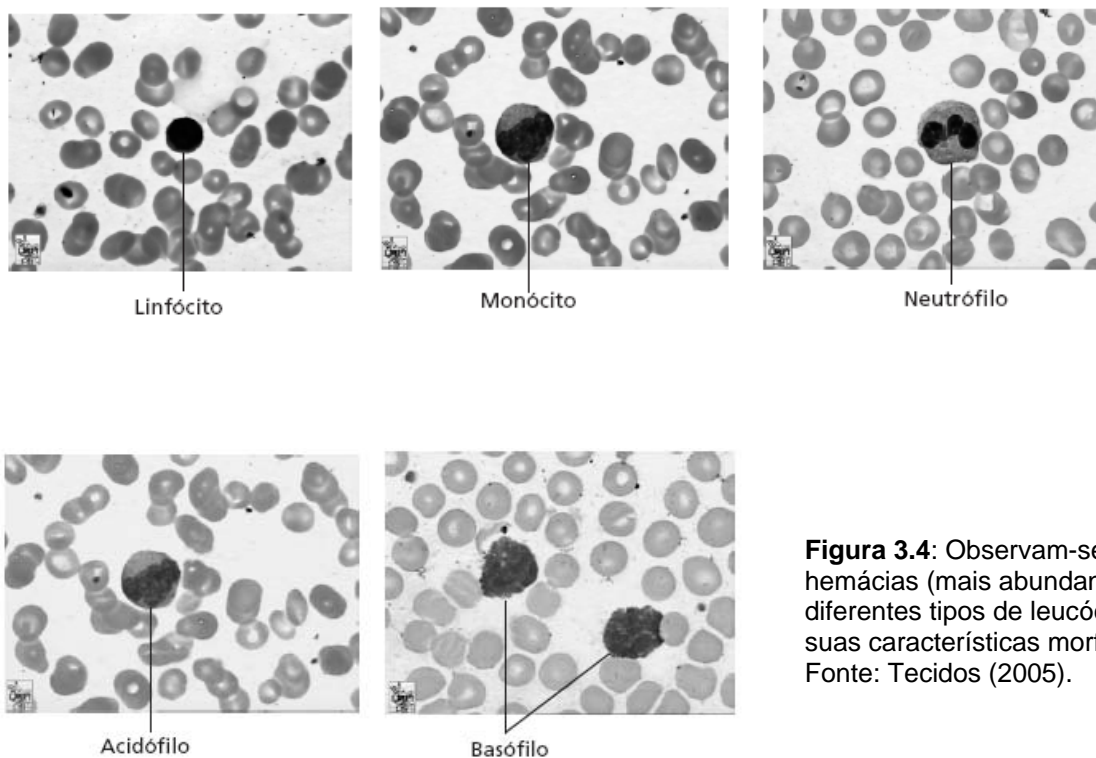


Figura 3.4: Observam-se hemácias (mais abundante) e os diferentes tipos de leucócitos com suas características morfológicas. Fonte: Tecidos (2005).

Plaquetas

As plaquetas são células resultantes da fragmentação dos megacariócitos na medula óssea. Têm vida média em torno de 3 a 4 dias. O seu número normal no sangue é de 150 mil a 450 mil por milímetro cúbico e participam ativamente na formação do coágulo. Uma diminuição acentuada do seu número leva à hemorragia espontânea ou à dificuldade de coagulação, devendo ser um exame obrigatório antes de cirurgias.

Para quê o aparelho circulatório?

A troca de substâncias com o meio é um processo essencial para todos os organismos, pois eles recebem do meio substâncias de que necessitam e que não conseguem produzir e cedem para este mesmo meio, o que produzem. Minimamente captam substrato para a “produção de energia

metabólica”, oxigênio e elementos constitutivos, e liberam produtos de sua atividade metabólica como o gás carbônico.

No organismo unicelular que tem vida livre em um meio aquoso, esta troca é realizada diretamente com o ambiente externo. Assim, entram na célula substâncias que estão na sua imediata vizinhança e saem produtos gerados pelo seu metabolismo.

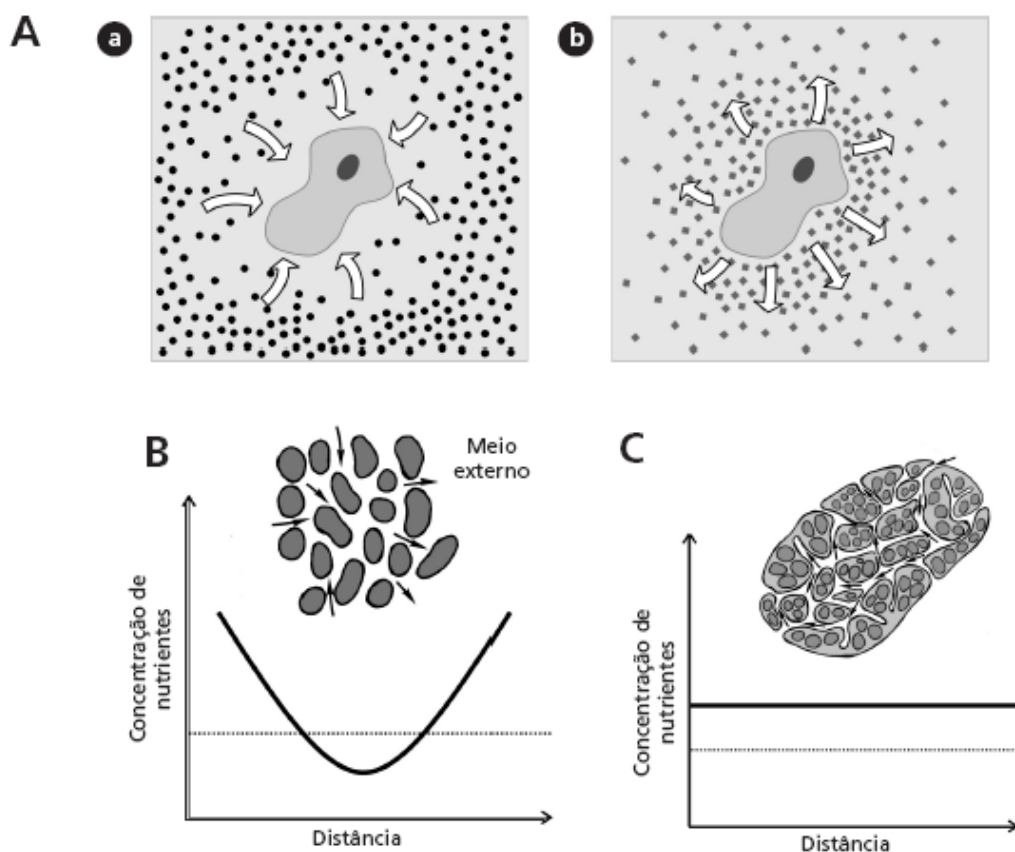


Figura 3.5 A: Organismo unicelular livre em meio aquoso: (a), a concentração de substância consumida pelo organismo diminui no seu entorno; (b), substância produzida ou excretada pelo organismo; quanto mais perto maior a sua concentração. As setas indicam o sentido do fluxo, dos locais de maior concentração para os de menor concentração, por difusão. **B:** Numa colônia constituída por muitos seres unicelulares há pouca renovação do meio na região central, pois a difusão através dos estreitos espaços entre os indivíduos é lenta. Isto pode inviabilizar a vida dos indivíduos situados no centro da colônia, devido à escassez de nutrientes, como mostrado pela linha grossa no gráfico da figura. A linha pontilhada indica o nível mínimo de nutrientes necessários no meio para a manutenção das células. **C:** Esquema de um tecido com uma rede de capilares no espaço entre as células, mantendo as concentrações de nutrientes em nível adequado no tecido todo.

Se uma determinada substância é consumida pelo organismo, ela gradativamente se tornará escassa ao redor dele ficando sua concentração aí, mais baixa do que em pontos mais distantes como mostra a Figura 3.5 A-a. Como consequência, cria-se, por difusão, um fluxo efetivo (indicado pela seta a) desta substância de regiões mais afastadas em direção à célula. Este processo permite a reposição da substância consumida na proximidade da célula. Já, se uma substância é produzida pelo organismo, a situação se inverte. A concentração da substância é grande nas proximidades da célula e quase nula em pontos mais distantes. Cria-se então um fluxo desta substância (mostrada pela seta b na Figura 3.5.A.b) no sentido oposto. Como o volume do meio ambiente é infinitamente maior do que o da célula, a difusão é suficiente para que a composição do meio em torno da célula seja mantida dentro dos valores adequados para a vida.

O processo de renovação do ambiente químico em torno da célula por difusão livre é suficiente para manter a vida de organismos unicelulares isolados e também de colônias com poucos indivíduos (Figura 3.5 -A). Este processo, no entanto, não atende às necessidades de uma colônia com maior número de indivíduos ou de organismos multicelulares, pois a composição do meio na região central da colônia muda mais rapidamente do que podem ocorrer as trocas com o meio ambiente livre. Observe o gráfico na parte inferior da Figura 3.5 -B. A concentração de nutrientes diminui progressivamente da periferia, onde existe em abundância, na direção da região central, onde é inferior ao mínimo requerido (indicado pela linha tracejada). Isto acontece porque, a taxa com que os nutrientes são consumidos, retirados do meio, é maior do que a taxa de reposição, que ocorre por difusão. A difusão não é suficiente neste caso por que, se dá através dos estreitos canálculos que circundam os indivíduos da colônia, o que a torna muito lenta. Esta é uma situação que inviabiliza a vida das células na região central da colônia.

A mesma situação se coloca com os metazoários. Enquanto o número de células não é grande, a difusão dá conta deste processo. Como essa questão foi resolvida à medida que os organismos multicelulares mais complexos apareceram?

Foi com o surgimento de um conjunto de sistemas destinados à manutenção da composição química do meio interno. O aparelho circulatório é um desses sistemas, mostrado na sua forma mais elementar na Figura 3.5 -C, como uma rede de canalículos interligados, possibilitando um fluxo permanente de substâncias até às proximidades das células. Assim, como você pode verificar no gráfico na parte inferior da Figura 3.5 -C, o nível dos nutrientes pode ser mantido uniforme em todo o organismo e acima do mínimo necessário, indicado pela linha tracejada.

Funções do aparelho circulatório

A função fundamental do aparelho circulatório é a de transportar substâncias e energia por todo o corpo. Participa do transporte dos gases respiratórios (oxigênio e gás carbônico), de nutrientes, dos produtos do metabolismo celular, hormônios e de células de defesa. Participa, também, do controle da temperatura corpórea e juntamente com os sistemas nervoso e endócrino, da coordenação e integração das várias funções do corpo, transportando hormônios dos locais onde são produzidos até os locais onde são utilizados.

Atuando em conjunto com os aparelhos digestório, respiratório e urinário que constituem sistemas capazes de captar substâncias do meio externo e/ou eliminar produtos do seu metabolismo, o aparelho circulatório participa do provimento às células, de oxigênio, nutrientes e remoção de produtos do metabolismo celular (exemplos: gás carbônico, uréia etc).

Em resumo, pela sua função básica de transporte, o aparelho circulatório tem papel fundamental na preservação de um meio interno compatível com a vida, ou seja, a manutenção da homeostase.

Como está organizado o aparelho circulatório?

O aparelho circulatório humano é constituído por um órgão propulsor de sangue (bomba), o coração, e uma rede de distribuição e coleta de sangue, constituída pelos vasos sangüíneos.

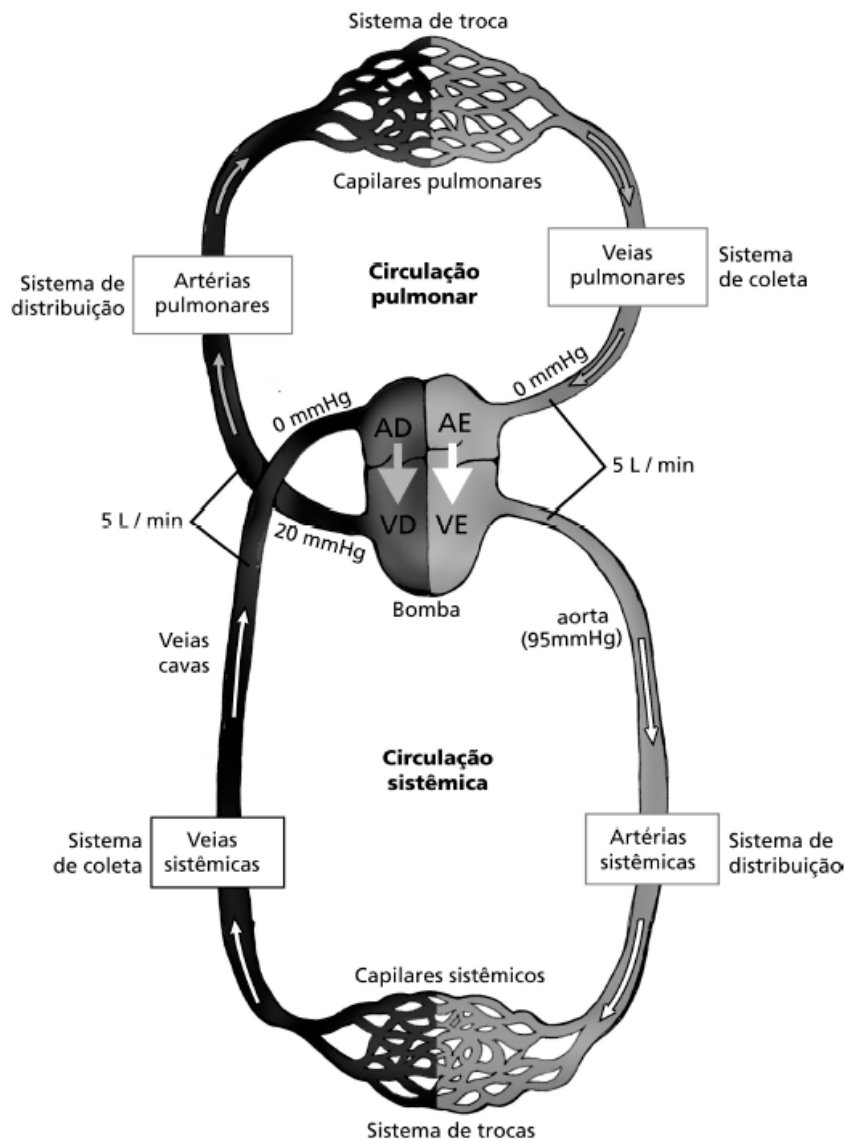


Figura 3.6: Esquema mostrando o coração e as duas redes de vasos, a circulação pulmonar e a circulação sistêmica. AD, átrio direito; AE, átrio esquerdo; VD, ventrículo direito; VE, ventrículo esquerdo.

O aparelho circulatório no homem é do tipo fechado, não havendo extravasamento de sangue para fora deste sistema, apenas troca de líquidos nos capilares, com uma pequena perda de líquido para o interstício. Esta fração perdida é continuamente devolvida para o compartimento vascular sanguíneo por uma segunda rede de vasos: o sistema linfático.

Vamos agora analisar o sistema formado pelo coração e pelos vasos sanguíneos esquematizado na Figura 3.6. O sentido normal do fluxo de sangue dentro do coração, é dos átrios para os ventrículos; não há comunicação entre o lado direito e esquerdo. Assim, os lados direito e esquerdo do coração

funcionam como duas bombas separadas. O direito bombeia sangue para a **circulação pulmonar** e, o esquerdo, para a **circulação sistêmica**.

Qual é a função do coração?

O coração funciona como uma bomba impulsionando o sangue para as artérias. Como o coração faz isso?

Graças à contração coordenada das suas câmaras, o coração cria um gradiente de energia, responsável pelo movimento do sangue ao longo da árvore vascular. Essa *energia* é representada no sistema circulatório pela *pressão*, tendo como referência a pressão atmosférica. Assim, quando falamos que a **pressão média** na aorta é de 95 mmHg, estamos dizendo que a pressão do sangue na aorta é de 95 mmHg acima da pressão atmosférica e, quando dizemos que a pressão no átrio direito se torna negativa, estamos dizendo que fica menor do que a pressão atmosférica.

Durante a **diástole** a pressão nas cavidades cardíacas fica muito baixa, podendo atingir valores abaixo da pressão atmosférica. Isto ajuda a volta do sangue para o coração. Átrio e ventrículo direitos recebem e acomodam o sangue venoso proveniente da periferia (de todos os órgãos do corpo), enquanto o átrio e o ventrículo esquerdos acomodam o sangue proveniente da circulação pulmonar. Terminada a diástole, o coração contrai, entrando na **sístole**.

Vamos primeiro acompanhar o que acontece no lado direito do coração, embora ambos os lados contraiam e relaxem simultaneamente. Durante a contração, a pressão do ventrículo direito (VD) pode chegar a 25 mmHg, bombeando sangue para a circulação pulmonar, levando a pressão média, na artéria pulmonar, para 20 mmHg. Essa pressão média vai diminuindo à medida que o sangue passa pelas artérias pulmonares (sistema de distribuição pulmonar), dissipada na forma de calor devido à resistência ao fluxo oferecida pelos vasos. No nível dos capilares alveolares, o sangue passa por um ambiente rico em oxigênio e pobre em gás carbônico característico do interstício alveolar. Durante esta passagem, o sangue perde parte do gás carbônico e recebe oxigênio, por difusão (sistema de trocas). Assim, o sangue que volta para o lado esquerdo do coração através das veias pulmonares

(sistema de coleta pulmonar) é arterial, e sua pressão média é próxima de 0 mmHg, configurando uma queda de pressão de 20 mmHg, ao longo deste circuito que constitui a circulação pulmonar.

Do lado esquerdo, seqüência similar acontece: o sangue arterial chega durante a diástole, de volta dos pulmões para o ventrículo esquerdo (VE). Este é uma bomba propulsora bem mais potente do que o VD. A contração do VE confere energia suficiente para bombear sangue para todos os locais do corpo, sob uma pressão média de cerca de 95 mmHg na raiz da aorta. O sangue arterial é ejetado para a aorta que vai emitindo ramificações para os diferentes órgãos ao longo do seu percurso. Cada ramo da aorta vai se ramificando em artérias cada vez mais finas (sistema de distribuição sistêmico), arteríolas e finalmente capilares (microcirculação), formando assim verdadeiras redes em cada tecido (sistema de trocas sistêmico). Na microcirculação, o sangue recebe substâncias “produzidas” pelos vários tecidos e cede outras, pouco disponíveis no interstício, como o oxigênio e nutrientes, consumidos pelas células, transformando-se em sangue venoso. Daqui prossegue o seu caminho em direção às vênulas, veias e finalmente às veias cavas (sistema de coleta sistêmico) e coração direito. Este circuito constitui a circulação sistêmica. Neste percurso, o sangue vai progressivamente perdendo energia devido a resistência ao fluxo oferecida por essa enorme rede vascular. Chega às veias cavas com pressão média inferior a 5 mmHg - uma queda de cerca de 90 mmHg, portanto, 5 vezes maior do que a queda de pressão registrada na circulação pulmonar.

Observe que o fluxo de sangue é o mesmo nos dois circuitos, já que eles estão organizados em série, isto é, o sangue que passa por um circuito (pulmonar), obrigatoriamente passa pelo outro (sistêmico). Pode-se, portanto dizer que a resistência do circuito sistêmico é 5 vezes maior do que a da circulação pulmonar, já que a queda de pressão ao longo da árvore vascular é devida exatamente a resistência do circuito. Isto tem conseqüência na massa muscular dos dois ventrículos.

Num homem adulto de 70 Kg, cada ventrículo bombeia cerca de 5 litros de sangue a cada minuto e este fluxo é chamado **débito cardíaco**. Nesta altura, você já sabe que o débito cardíaco pode ser calculado multiplicando o

volume ejetado em cada sístole, **volume sistólico**, pela frequência cardíaca, não é mesmo? E o fluxo de sangue que chega de volta a cada minuto para o coração direito é chamado **retorno venoso**.

Qual é a função dos vasos?

Será que os vasos sangüíneos funcionam apenas como os canos num sistema hidráulico, conduzindo sangue por todo o corpo? De fato uma das funções dos vasos sangüíneos é exatamente esta, a de servir de condutos para distribuição e coleta de sangue do e para o coração, como mostrado na Figura 3.6. Mas os vasos sangüíneos têm outras funções muito importantes e particulares para cada segmento e essas funções estão intimamente relacionadas com a natureza da sua parede.

A Figura 3.7 mostra esquematicamente a composição da parede dos diferentes segmentos vasculares: aorta, artéria, arteríola, capilar, vênula e veia.

A parede dos vasos sangüíneos é constituída por diferentes tecidos, dispostas em camadas da luz para a periferia na seguinte sequência: o endotélio, o tecido elástico, a camada muscular e mais externamente, o tecido fibroso. Os diferentes segmentos vasculares apresentam particularidades em relação à participação de cada uma destas camadas. Observe na Figura 3.7 que, na aorta, a camada mais proeminente é a elástica, ao passo que nas artérias e arteríolas, a camada mais espessa é a camada muscular. Isto faz com que a aorta seja muito elástica e que, nas artérias e arteríolas, o tônus da parede vascular possa ser regulado variando o grau de contração da sua camada muscular. Nos capilares, a parede é constituída por uma única camada de células endoteliais com sua membrana basal, tornando-a permeável à água e substâncias nela dissolvidas.

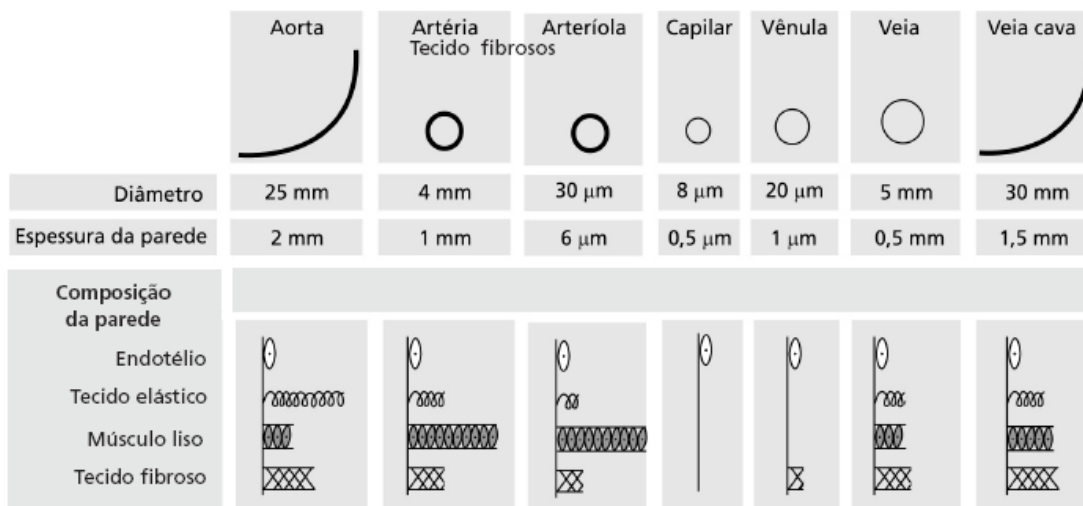


Figura 3.7: Representação esquemática da composição da parede e das dimensões de vários segmentos da árvore vascular, destacando algumas regiões em particular: aorta, artérias, arteriola, capilar, vênula, veia e veia cava.

Nas vênulas, temos apenas a camada endotelial e uma fina camada fibrosa, razão pela qual ela não oferece muita resistência à sua distensão, permitindo acomodar volumes variáveis de sangue, sendo em alguns locais também permeável a água. Na parede das veias não se observa predominância de nenhuma das quatro camadas e no geral, ela é mais fina do que nas artérias de mesmo nível. Além disso, as veias apresentam muito menos tecido elástico e muscular do que as artérias de mesmo calibre, tornando-as mais flácidas. Estas características permitem que as veias comportem volumes maiores de sangue sem aumento significativo da pressão no seu interior.

De onde vem o ATP indispensável para a função cardíaca?

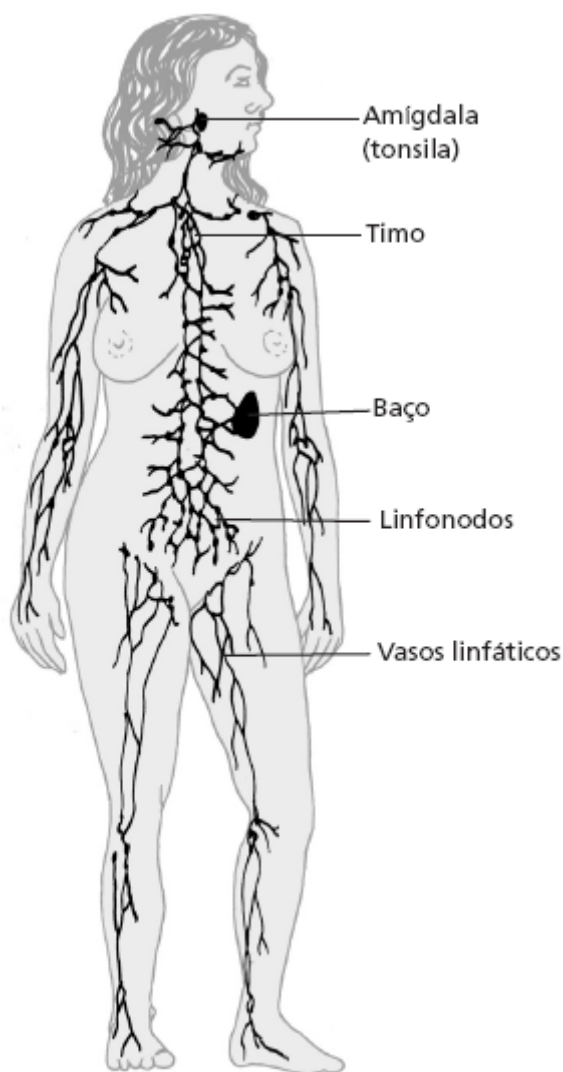
No músculo cardíaco, o ATP é obtido majoritariamente pela via aeróbica através da rápida oxidação de glicose e ácidos graxos nas mitocôndrias, por isto mesmo muito abundantes no músculo cardíaco. Quase todos estes substratos são captados do sangue circulante porque a reserva de substrato no miocárdio é muito pequena.

A necessidade de captar do sangue, tanto o oxigênio quanto os substratos explica a alta densidade de capilares no miocárdio, onde existe, praticamente, um capilar para cada fibra muscular. É bom lembrar também que

o consumo de energia pelo miocárdio é muito grande devido ao trabalho contínuo de contração e relaxamento (60 ciclos por minuto)!! Eis porque qualquer distúrbio na circulação do coração (circulação coronariana) pode ser fatal. O músculo cardíaco, como qualquer outro tecido, morre, se privado de fonte de energia. O grande problema é que, praticamente, não há regeneração deste tecido. O músculo necrosado é substituído por tecido conjuntivo fibroso, perdendo o coração parte da massa muscular com conseqüente diminuição da sua capacidade de contração.

Sistema Linfático

O sistema linfático, esquematizado na Figura 3.8, é composto por uma extensa rede de vasos e de estruturas não vasculares que funcionam nos



processos de absorção de substâncias e na defesa do organismo contra uma série de microorganismos. Diferente do sistema vascular sanguíneo, o sistema de vasos linfáticos é aberto, ou seja, ele apenas retorna a linfa ao coração – como as veias fazem com o sangue – mas não existe aí equivalente ao das artérias e, por essa razão, não existe um circuito completo ligado ao coração.

Os vasos linfáticos colaboram com o sistema venoso na drenagem de substâncias. Os capilares linfáticos recolhem substâncias (de alto peso molecular) do líquido intersticial conduzindo-as ao sistema venoso e daí ao coração. Vacinas e substâncias protéicas, por exemplo, apresentam elevado peso molecular e, por essa razão, são absorvidas pelos capilares

Figura 3.8: Disposição geral dos elementos constituintes do sistema linfático do organismo. Fonte: training.seer.cancer.gov

linfáticos. As vacinas e os soros, por exemplo (como os usados contra mordidas de cobra ou contra o tétano), são constituídos por microorganismos sem virulência ou por proteínas e, sendo de elevado peso molecular, são absorvidos pelo sistema linfático. A Figura 3.9 mostra um esquema dos capilares linfáticos.

Para executar suas inúmeras funções, o sistema linfático conta com:

1. Vasos linfáticos que acompanham a rede venosa conduzindo a linfa em direção ao coração. A linfa é um fluido com elevado teor de proteínas e apresentando células como linfócitos e macrófagos. Não existem hemácias na linfa. A linfa proveniente do intestino, após a refeição, apresenta um aspecto leitoso, devido à presença de lipídeos. O fluxo da linfa é influenciado pelos mesmos fatores que estudamos no sistema venoso.



Figura 3.9: Esquema da microcirculação mostrando os capilares sangüíneos e linfáticos. O fluxo do sangue e da linfa foi representado pelas setas. Fonte: //training.seer.cancer.gov

2. Linfonodos (nodos linfáticos), como pode ser visto na Figura 3.10, são estruturas localizadas no trajeto dos vasos linfáticos. Apresentam o tamanho de um caroço de feijão, de aspecto esponjoso, por onde a linfa penetra e entra em contato com linfócitos e macrófagos. Se algum organismo estranho estiver presente na linfa ele será retido no linfonodo e provocará uma reação de proliferação local das células de defesa. Quando algum microorganismo, como

uma bactéria ou um fungo, invade o corpo, por uma ferida, por exemplo, os vasos linfáticos o conduzem até que encontre um ou mais linfonodos no caminho. Aí, trava-se uma “batalha” entre o microorganismo e as células de defesa que proliferam na tentativa de aumentar o número dos elementos de defesa. Essa proliferação provoca um aumento do volume do linfonodo e a reação inflamatória presente, produz um sintoma de dor local. Este linfonodo aumentado e doloroso que você poderá palpar em sua virilha ou axila é o que se chama de “íngua”.

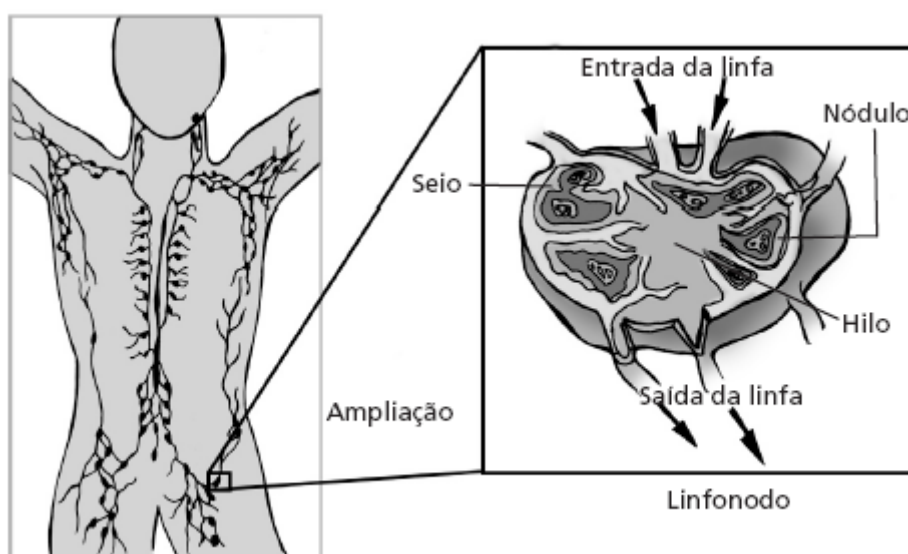


Figura 3.10: Esquema de um linfonodo aberto, mostrando a entrada e a saída da linfa, bem como a presença de nódulos onde estão situadas as células de defesa do corpo. Fonte://en.wikipedia.org/wiki/lymphatic_system

Texto de:

Masako Oyo Masuda
Cristiane Del Corsso
Regina Coeli dos Santos Goldenberg
Adilson Dias Salles
Marisa Breitenbach

Adaptado por:

Roberta F. R. Rolando