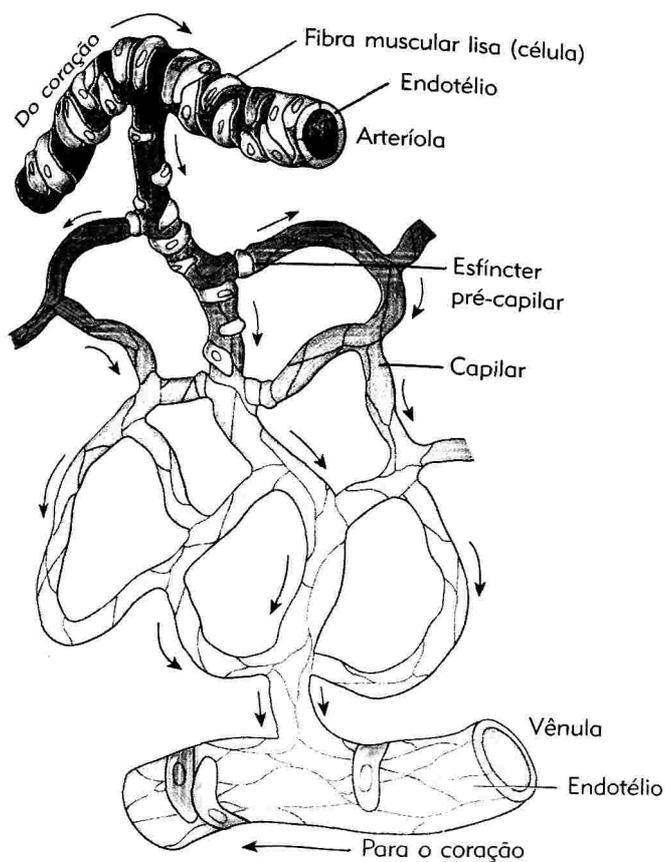


Figura 16.2 Capilares.

As arteríolas regulam o fluxo sanguíneo para o interior dos capilares, onde os nutrientes, os gases e os resíduos são trocados entre o sangue e as células.



(a) Detalhes de uma rede capilar



(b) Microfotografia mostrando glóbulos vermelhos comprimindo-se através dos capilares

P Por que os tecidos metabolicamente ativos possuem redes capilares extensas?

e capilares, aproximadamente 5%. Como as veias contêm tanto sangue, elas são chamadas de **reservatórios de sangue**. O sangue pode ser direcionado rapidamente para outras partes do corpo se surgir a necessidade. Por exemplo, para os músculos estriados esqueléticos quando existir uma atividade muscular aumentada. Os principais reservatórios sanguíneos são as veias dos órgãos abdominais (especialmente o fígado e o baço) e a pele.

Fisiologia da Circulação

Fatores que Determinam o Fluxo Sanguíneo

O **fluxo sanguíneo** refere-se à quantidade de sangue que passa através de um vaso sanguíneo em um dado período de tempo. O sangue flui ou circula através de dois grupos principais de vasos sanguíneos, para os pulmões onde o sangue elimina o dióxido de carbono e repõe o oxigênio (circulação pulmonar) e para o resto do corpo, onde o sangue libera oxigênio e remove o dióxido de carbono (circulação sistêmica). Na discussão que se segue, enfocaremos a circulação sistêmica.

O fluxo sanguíneo é determinado por dois fatores principais: (1) pressão sanguínea e (2) resistência (oposição), à força de fricção do sangue que circula através dos vasos sanguíneos.

Pressão Sanguínea

A **pressão sanguínea (PS)** é a pressão exercida pelo sangue na parede de um vaso sanguíneo. Na prática clínica, o termo refere-se à pressão nas artérias (pressão arterial ou PA). A PS é influenciada pelo débito cardíaco, volume sanguíneo e resistência. O sangue flui através de seu sistema de vasos fechados devido à diferença das pressões sanguíneas em várias partes do sistema cardiovascular. O fluxo sanguíneo é diretamente proporcional à pressão sanguínea; isto é, se a pressão aumenta, aumenta também o fluxo. O sangue sempre flui de regiões de pressão sanguínea mais alta para regiões de pressão mais baixa. A pressão média na aorta é de aproximadamente 100 milímetros de mercúrio (mm Hg). À medida que o sangue deixa a aorta e flui através da circulação sistêmica, sua pressão cai progressivamente para 0 mm Hg quando atinge o átrio direito (Figura 16.3).

Resistência

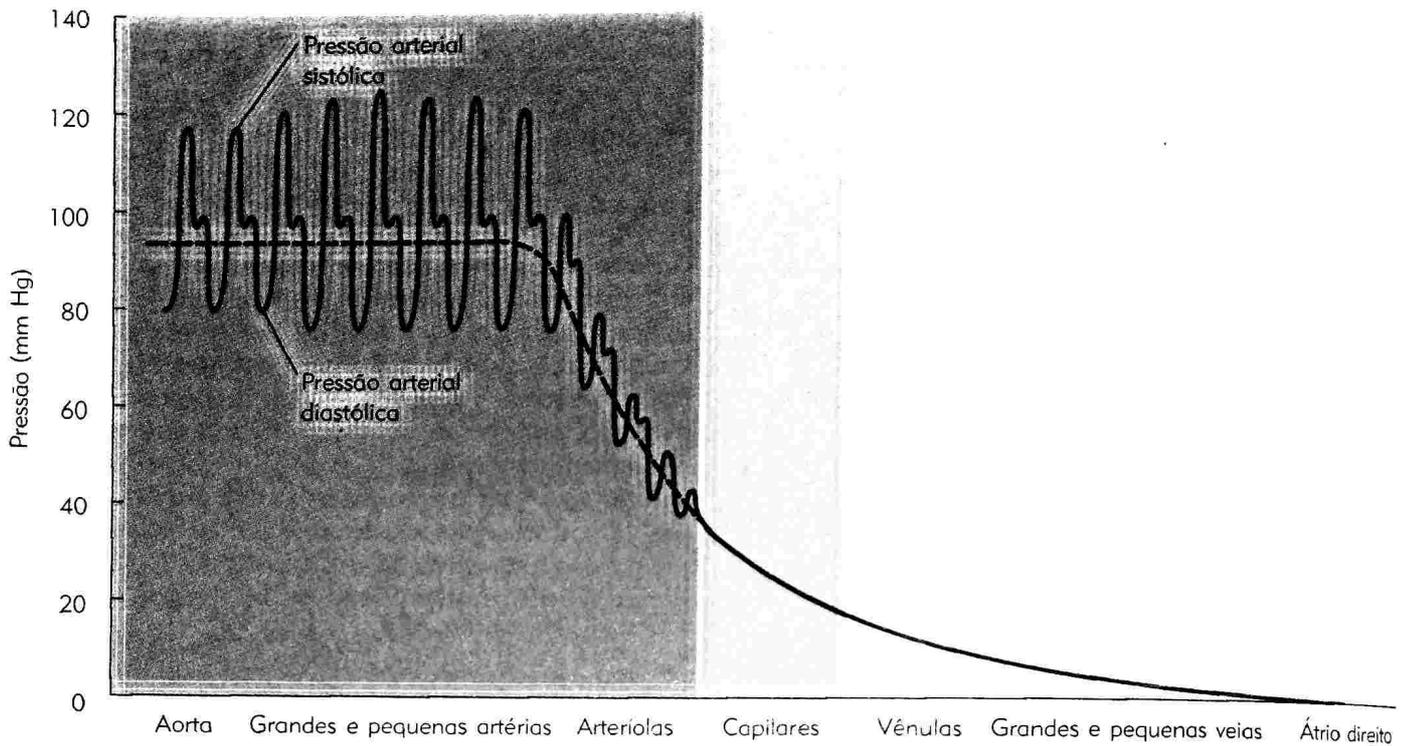
A **resistência** refere-se à oposição ao fluxo sanguíneo que resulta da fricção entre o sangue e as paredes dos vasos sanguíneos. A resistência está relacionada (1) à viscosidade do sangue; (2) ao comprimento dos vasos sanguíneos; e (3) ao diâmetro dos vasos sanguíneos.

Quadro 16.1 Comparação entre artérias, capilares e veias

ESTRUTURA

	ESTRUTURA	FUNÇÃO
Artérias	Compostas de três túnicas (camadas) em torno de uma luz.	Levar o sangue para longe do coração.
Capilares	Compostos de uma camada de endotélio e uma membrana basal em torno de uma luz.	Permitir a troca de nutrientes e resíduos entre o sangue e as células dos tecidos.
Veias	Compostas das mesmas três túnicas (camadas) das artérias, em torno de uma luz, mas a túnica externa é mais espessa que as demais. Também contêm valvas (conjunto de válvulas).	Levar o sangue de volta ao coração.

Figura 16.3 Pressão sangüínea em várias partes do sistema cardiovascular. A linha pontilhada é a média da pressão sangüínea.



P Qual a relação entre a pressão sangüínea e o fluxo sangüíneo?

A viscosidade (adesividade) do sangue está relacionada à taxa de glóbulos vermelhos (eritrócitos) e solutos, especialmente as proteínas plasmáticas, para o plasma (fluido). Qualquer condição que aumente a viscosidade sangüínea, tal como a desidratação ou a contagem de glóbulos vermelhos muito alta (policitemia), aumenta a pressão sangüínea. Uma depleção das proteínas plasmáticas ou dos eritrócitos, como resultado de hemorragia ou de anemia, diminui a viscosidade e pressão sangüíneas. Quanto mais longo o vaso sangüíneo, maior a resistência ao fluxo sangüíneo, devido ao maior contato entre o sangue e a parede do vaso. Quanto menor o diâmetro do vaso sangüíneo, maior a resistência que ele oferece ao fluxo sangüíneo.

Fatores que Afetam a Pressão Sangüínea Arterial

Objetivo: Descrever os fatores que afetam a pressão sangüínea.

Três fatores influenciam a pressão sangüínea arterial: (1) o débito cardíaco, (2) o volume sangüíneo e (3) a resistência periférica.

Débito Cardíaco

O **débito cardíaco** (DC), que é a quantidade de sangue ejetada pelo ventrículo esquerdo para a aorta a cada minuto, é o principal determinante da pressão sangüínea. Como citado no Capítulo 15, o DC é calculado pela multiplicação do volume de sangue ejetado por cada contração ventricular pela frequência cardíaca. Em um adulto normal em repouso, ele é de aproximadamente 5,25 litros/min (70 ml x 75 batimentos/minuto). Lembre-se, também do Capítulo 15, de que o DC é parcialmente regulado pelo centro cardio-

vascular e que certas substâncias químicas (epinefrina [adrenalina], potássio, sódio e cálcio), temperatura, emoções, sexo e idade afetam a frequência cardíaca. Pelo seu efeito no DC, estes fatores também afetam a pressão sangüínea. A pressão sangüínea varia diretamente com o DC. Qualquer aumento no DC aumenta a pressão sangüínea. Inversamente, qualquer diminuição no DC baixa a pressão sangüínea.

Volume Sangüíneo

A pressão sangüínea está diretamente relacionada ao **volume sangüíneo** no sistema cardiovascular. O volume normal de sangue em um corpo humano é de aproximadamente 5 litros. Qualquer diminuição neste volume, tal como nas hemorragias, diminui a quantidade de sangue circulante a cada minuto nas artérias. Como resultado, diminui a pressão sangüínea. Inversamente, qualquer causa de aumento do volume sangüíneo, tal como ingestão de sal e conseqüente retenção de água, aumenta a pressão sangüínea.

Resistência Periférica

A **resistência periférica** refere-se à resistência ao fluxo de sangue na circulação periférica, que é distante do coração. A maior resistência ocorre nas arteriolas, nos capilares e nas vênulas. A resistência nas artérias e nas veias é menor por causa de seu maior diâmetro. Uma função importante das arteriolas é o controle da resistência periférica, e, dessa forma, da pressão sangüínea e do fluxo, pela alteração de seu diâmetro. Esta regulação é governada pelo centro vasomotor na medula oblonga (bulbo).

Homeostase da Regulação da Pressão Sangüínea

Objetivo: Descrever como a pressão sangüínea é regulada.

Para que se mantenha a homeostase, a pressão sangüínea deve ser mantida dentro dos limites normais. Enquanto a pressão alta pode causar grandes danos ao coração, ao cérebro, aos rins e ao fígado, a pressão baixa pode resultar na liberação de quantidades inadequadas de oxigênio e nutrientes para as necessidades metabólicas celulares. Para que se mantenham os níveis homeostáticos normais, existe um centro regulador no encéfalo que recebe sinais dos receptores distribuídos pelo corpo, centros cerebrais superiores e substâncias químicas.

Centro Vasomotor

No centro cardiovascular na medula oblonga (bulbo) existe um grupo de neurônios simpáticos chamado de **centro vasomotor** (*vas* = vaso; *motor* = movimento). Este centro controla o diâmetro dos vasos sangüíneos, especialmente as arteríolas da pele e das vísceras abdominais. É o centro de integração para o controle da pressão sangüínea. Ele envia continuamente impulsos aos músculos lisos nas paredes das arteríolas que resultam em um estado moderado de vasoconstrição permanente, o que auxilia na manutenção da resistência periférica e da pressão sangüínea. Por meio do aumento do número de impulsos simpáticos, o centro vasomotor provoca um aumento da vasoconstrição e aumenta a pressão sangüínea. Por meio da diminuição do número de impulsos simpáticos, ele causa vasodilatação e diminui a pressão sangüínea. Em outras palavras, a porção simpática do sistema nervoso autônomo pode causar vasodilatação ou vasoconstrição pela variação da frequência de impulsos.

O centro vasomotor é modificado por um certo número de impulsos provenientes dos barorreceptores, dos quimiorreceptores, dos centros cerebrais superiores e de vários hormônios, todos os quais influenciam a pressão do sangue.

Barorreceptores

Os **barorreceptores** são neurônios sensíveis à pressão sangüínea, que estão localizados na aorta, nas artérias carótidas internas (artérias do pescoço que suprem de sangue o encéfalo) e em outras grandes artérias no pescoço e no tórax. Eles enviam impulsos ao centro cardiovascular para aumentar ou diminuir o débito cardíaco e assim auxiliar na regulação da pressão sangüínea (veja a Figura 15.8). Este mecanismo age não somente no coração mas também nas arteríolas. Lembre-se de que a estimulação simpática via nervos aceleradores cardíacos aumenta a frequência cardíaca e o débito cardíaco, enquanto que a estimulação parassimpática via nervo vago (*X*) diminui a frequência e o débito cardíaco. Se há um aumento na pressão sangüínea, os barorreceptores enviam mais impulsos nervosos ao centro cardiovascular e a estimulação parassimpática causa uma diminuição no débito cardíaco, com a conseqüente diminuição na pressão sangüínea. Ou, se existe uma diminuição da pressão sangüínea, os barorreceptores enviam menos impulsos nervosos ao centro cardiovascular e a estimulação simpática aumenta o débito cardíaco, aumentando, dessa forma, a pressão sangüínea. Os barorreceptores também enviam impulsos ao centro vasomotor no centro cardiovascular. Em resposta, ou o centro vasomotor diminui a estimulação simpática a arteríolas e veias, resultando em uma vasodilatação e diminuição da pressão sangüínea, ou aumenta a estimulação simpática, resultando em uma vasoconstrição e aumento

da pressão sangüínea (Figura 16.4). Note que, embora o controle autônomo do coração seja o resultado de estímulos opostos simpáticos e parassimpáticos, o controle autônomo dos vasos sangüíneos é exclusivamente resultado de estimulação simpática.

Quimiorreceptores

Os neurônios que são sensíveis a substâncias químicas no sangue são chamados de **quimiorreceptores**. Eles estão localizados nos dois **glomus (corpos) caróticos**, que são encontrados nas artérias carótidas comuns, e nos **corpos para-aórticos**, que estão localizados no arco da aorta. Os quimiorreceptores são sensíveis a níveis de oxigênio (O_2) abaixo do normal e ainda mais sensíveis a níveis acima do normal de dióxido de carbono (CO_2) e íons de hidrogênio (H^+) e enviam impulsos ao centro vasomotor, no centro cardiovascular, quando ocorrem estas condições. Em resposta, o centro vasomotor aumenta a estimulação simpática para as arteríolas para causar vasoconstrição e um aumento na pressão sangüínea.

Regulação pelos Centros Cerebrais Superiores

Os **centros cerebrais superiores**, tais como o córtex cerebral, influenciam a pressão sangüínea em resposta a emoções fortes. Durante períodos de intensos sentimentos de raiva ou excitação sexual, por exemplo, o córtex cerebral retransmite impulsos para o hipotálamo, e então para o centro vasomotor. A partir daí, impulsos às arteríolas causam um aumento da vasoconstrição e um aumento na pressão sangüínea. Também os impulsos simpáticos à medula supra-renal causam um aumento na liberação de epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina), que prolongam muitas respostas simpáticas, incluindo a vasoconstrição e pressão sangüínea aumentada. Quando uma pessoa está de luto, muito triste, impulsos dos centros cerebrais superiores diminuem a estimulação do centro vasomotor, produzindo vasodilatação e diminuição da pressão sangüínea. Um resultado freqüente são os desmaios por causa da diminuição do fluxo sangüíneo cerebral.

Hormônios

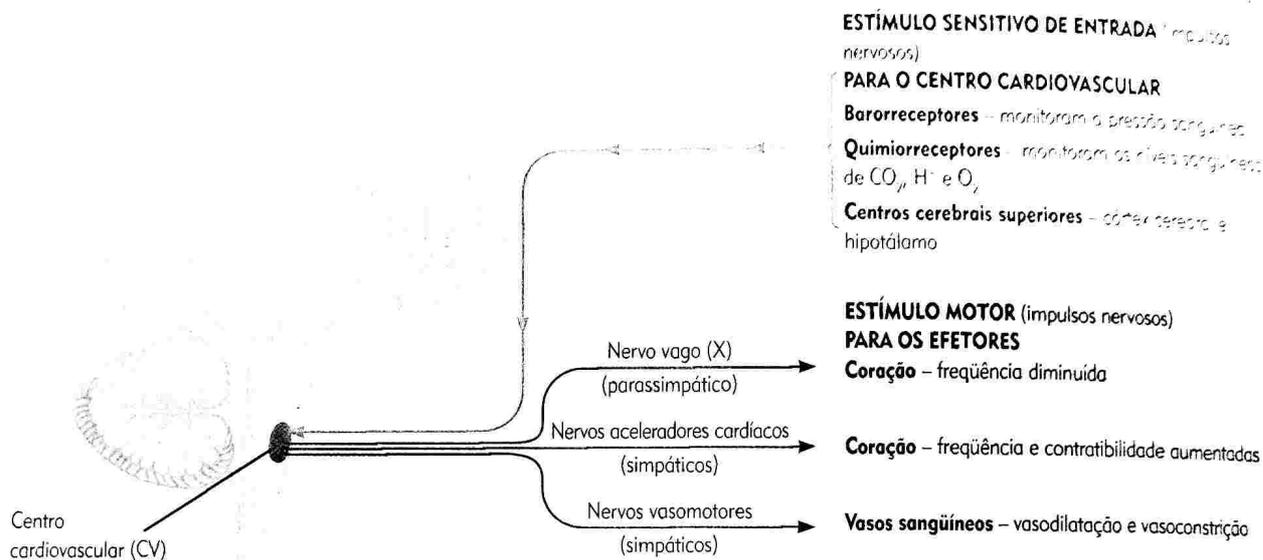
Muitos **hormônios** afetam a pressão sangüínea. A epinefrina (adrenalina) e a norepinefrina (noradrenalina) (NE), produzidas pela medula supra-renal, aumentam a frequência e a força dos batimentos cardíacos e causam vasoconstrição das arteríolas da pele e do abdome (veja a Figura 13.19). O álcool inibe a liberação de ADH, deprime o centro vasomotor e causa vasodilatação que reduz a pressão sangüínea. Quando a pressão arterial diminui, certas células renais secretam renina, que aumenta a pressão sangüínea por causar vasoconstrição e aumento da reabsorção do íon sódio e de água (veja a Figura 13.15). A histamina, produzida pelos mastócitos, é um vasodilatador em uma reação inflamatória (veja o Capítulo 17). O **peptídeo natriurético atrial** (PNA), liberado pelas células do átrio cardíaco, diminui a pressão sangüínea por causar vasodilatação e por promover a perda de sal e água na urina, o que resulta em uma redução do volume sangüíneo.

Auto-regulação

A **auto-regulação** refere-se a um ajuste local e automático do fluxo sangüíneo em uma determinada região do corpo em resposta às necessidades particulares daquele tecido. A auto-regulação é inde-

Figura 16.4 O centro cardiovascular recebe sinais dos barorreceptores, dos quimiorreceptores e dos centros cerebrais superiores. Ele fornece sinais para ambas as porções simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo.

➔ O centro cardiovascular (CV) na medula oblonga (bulbo) é a principal região de regulação do sistema nervoso do coração e dos vasos sanguíneos.



P Que tipos de tecidos efetores são regulados pelo centro cardiovascular?

pendente do controle vasomotor. Alguns estímulos que causam a auto-regulação são físicos. Por exemplo, um aquecimento da temperatura promove vasodilatação enquanto que um resfriamento causa vasoconstrição. Outros estímulos são químicos. Em resposta a um baixo suprimento de oxigênio, as células das imediações produzem **fatores vasoativos**, que são substâncias químicas que alteram o diâmetro dos vasos sanguíneos. Algumas destas substâncias, tais como os íons de potássio (K^+), íons de hidrogênio (H^+), dióxido de carbono (CO_2) e ácido lático, produzem vasodilatação. Estas substâncias causam uma dilatação das arteríolas locais e o relaxamento dos esfíncteres pré-capilares. O resultado é um aumento do fluxo sanguíneo aos tecidos, que restaura os níveis normais de oxigênio. Outros fatores vasoativos, tais como os eicosanóides (prostaglandinas), produzem vasoconstrição. Tais substâncias causam a constrição das arteríolas locais e a contração dos esfíncteres pré-capilares, diminuindo assim o fluxo sanguíneo a um tecido. A auto-regulação é importante para que as demandas nutricionais de tecidos ativos, tal como o tecido muscular, sejam atingidas.

Trocas Capilares

Objetivo: Discutir como os materiais são trocados entre o sangue e as células do corpo.

A velocidade do fluxo sanguíneo nos capilares é a mais baixa de todo o sistema cardiovascular (circulatório). Isto é importante porque ela permite tempo para a troca de materiais entre o sangue e os tecidos corporais.

O movimento da água e das substâncias nela dissolvidas, exceto as proteínas, através das paredes capilares depende das forças ou pressões opostas. Uma pressão envolvida é chamada de

pressão hidrostática. Ela é a pressão do sangue no interior dos capilares. A outra pressão é a **pressão osmótica**, a pressão de um fluido devido à sua concentração de solutos. Quanto mais alta a concentração de solutos, mais alta é a pressão osmótica. Na terminação arterial de um capilar, a pressão hidrostática é maior que a pressão osmótica, o que tende a mover fluidos para fora dos capilares, para o líquido intersticial, um processo chamado de **filtração** (Figura 16.5). Na terminação venosa de um capilar, a pressão osmótica é maior que a pressão hidrostática e isto tende a mover os fluidos do líquido intersticial para o interior dos capilares venosos (o sangue tem uma pressão osmótica maior que o líquido intersticial devido ao seu grande número de proteínas). O movimento dos fluidos do líquido intersticial para os capilares sanguíneos é chamado de **reabsorção**. Isto previne o movimento de fluidos em uma única direção e seu acúmulo nos espaços intersticiais.

Por volta de 85% do fluido filtrado na terminação arterial de um capilar é reabsorvido na sua terminação venosa. O restante do fluido filtrado e qualquer proteína que escape do sangue para o líquido intersticial é devolvido ao sistema cardiovascular através do sistema linfático.

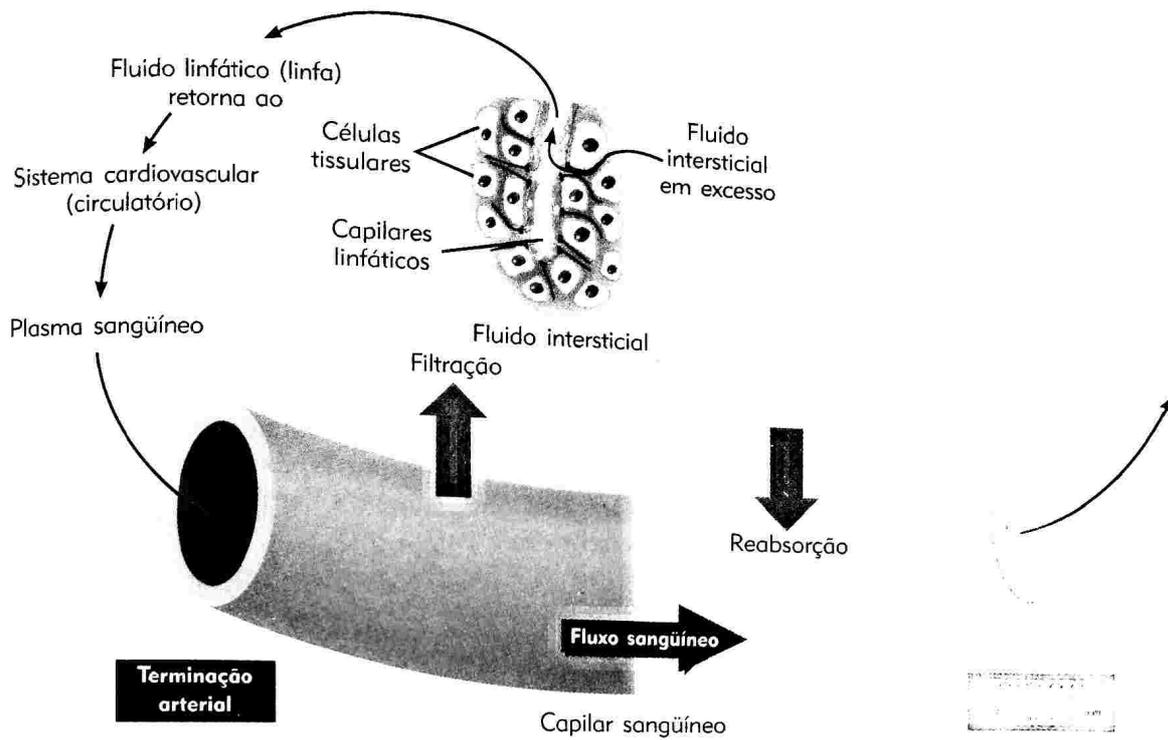
Fatores que Auxiliam no Retorno Venoso

Objetivo: Descrever como o sangue retorna ao coração.

Alguns fatores auxiliam no retorno venoso, o fluxo sanguíneo de volta ao coração através das veias: (1) ação de bombeamento do coração, (2) velocidade do fluxo sanguíneo, (3) contrações dos músculos estriados esqueléticos, (4) valvas (conjunto de válvulas) venosas e (5) respiração.

Figura 16.5 Trocas capilares.

P A pressão hidrostática move os fluidos para fora dos capilares (filtração), enquanto a pressão osmótica move os fluidos para o interior dos capilares (reabsorção).



P O que acontece aos fluidos e às proteínas que não são reabsorvidos na terminação arterial de um capilar?

Ação de Bombeamento Cardíaco

A diferença de pressão entre as vênulas (aproximadamente 16 mm Hg na média) e o átrio direito (0 mm Hg), embora pequena, é suficiente para ajudar no retorno venoso ao coração. Adicionalmente, durante a contração ventricular, aumenta o tamanho do átrio. Esta ação suga o sangue das grandes veias para o interior do átrio e contribui com o retorno venoso, especialmente quando os batimentos cardíacos estão acelerados.

Velocidade do Fluxo Sanguíneo

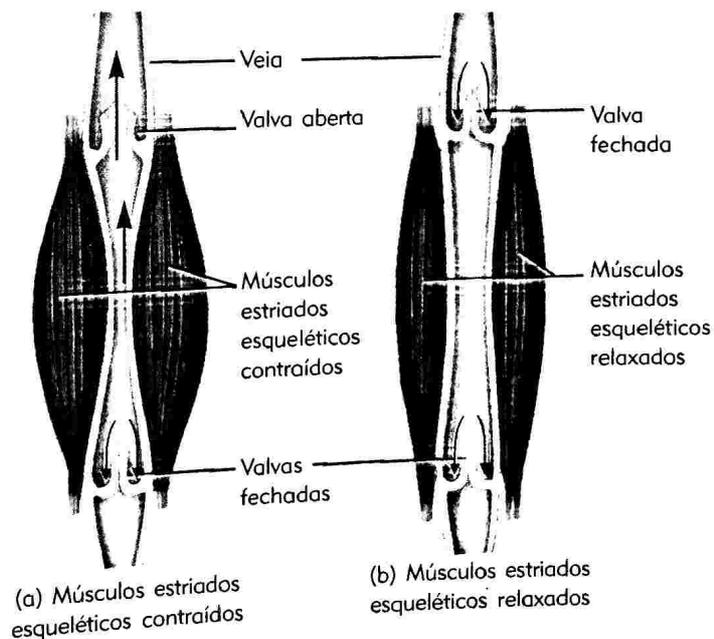
A velocidade do fluxo sanguíneo depende da área de seleção do vaso sanguíneo. Cada vez que uma artéria se ramifica, a área de secção total das ramificações é maior que a do vaso original. O sangue flui mais lentamente onde a área de secção é maior. Assim sendo, a velocidade do sangue diminui à medida que ele flui da aorta para as artérias, arteríolas e capilares. A velocidade nos capilares é a menor de todo o sistema cardiovascular. Uma velocidade diminuída permite tempos de trocas (difusão) adequados entre os capilares e os tecidos. À medida que os vasos sanguíneos deixam os capilares e se aproximam do coração, diminui sua área de secção. Assim sendo, a velocidade do sangue *aumenta* à medida que ele flui dos capilares para as vênulas, veias e coração.

Contrações dos Músculos Estriados Esqueléticos e Valvas Venosas

As contrações dos músculos estriados esqueléticos e as valvas venosas trabalham em combinação para ajudar no retorno venoso.

Figura 16.6 Papel das contrações dos músculos esqueléticos e das valvas venosas no retorno sanguíneo ao coração.

P O retorno venoso depende da ação de bombeamento do coração, da velocidade do fluxo sanguíneo, das contrações dos músculos esqueléticos, das valvas venosas e da respiração.



P Quando os músculos estriados esqueléticos contraem-se e comprimem as veias a pressão dirige o sangue para o coração. Como é chamada esta ação?

Muitas veias, especialmente nos membros, contêm valvas. Quando os músculos esqueléticos contraem-se, eles pressionam as paredes das veias que os cruzam e as valvas abrem-se. Esta pressão dirige o sangue ao coração – a ação é chamada de “**ordenha**” (Figura 16.6). Quando os músculos relaxam, as valvas fecham-se para evitar o fluxo reverso. Quando as pessoas são imobilizadas devido a machucados ou doenças, elas não produzem estas contrações, o que significa um retorno venoso diminuído e que o coração tem de trabalhar mais. Massagens periódicas nas pernas ajudam.

Respiração

A respiração é importante para a circulação venosa porque durante a inspiração, o diafragma move-se para baixo. Isto causa uma diminuição na pressão da cavidade torácica e um aumento na pressão da cavidade abdominal. Como resultado, o sangue move-se das veias abdominais (maior pressão) para as veias torácicas (menor pressão). Quando as pressões se invertem, durante a expiração, o sangue nas veias não retorna pela ação das válvulas.

Examinando a Circulação

Objetivo: Definir o pulso e a pressão sanguínea e descrever como são medidos.

Pulso

A expansão e a retração elástica alternadas de uma artéria em cada contração do ventrículo esquerdo é chamada de *pulso*. O pulso é mais forte nas artérias próximas ao coração. Ele se torna mais fraco à medida que passa através do sistema arterial até desaparecer totalmente nos capilares. A artéria radial no punho é a mais comumente utilizada para sentir o pulso. Outras incluem a artéria braquial junto à parte medial do músculo bíceps do braço, a artéria carótida comum, próxima à laringe, que é freqüentemente monitorada durante o ressuscitamento cardiovascular, a artéria poplítea atrás do joelho e a artéria dorsal do pé no dorso do pé.

O pulso é o mesmo que a freqüência cardíaca, aproximadamente 75 batimentos por minuto em repouso. O termo **taquicardia** (*taquy* = rápido) refere-se a um pulso acelerado (acima de 100/min). A **bradicardia** (*brady* = devagar) indica um coração lento ou pulso vagaroso (menos de 60/min).

Medição da Pressão Sangüínea

No uso clínico, o termo **pressão sanguínea (PS)** refere-se à pressão nas artérias exercida pelo ventrículo esquerdo quando em sístole (contração) e a pressão remanescente nas artérias quando o ventrículo esquerdo está em diástole (relaxamento). A pressão sanguínea é geralmente medida na artéria braquial esquerda (veja a Figura 16.8a) com um **esfigmomanômetro** (*esphygmo* = pulso). O aparelho é inflado e a artéria é comprimida até que o sangue pare de fluir. À medida que a pressão é liberada, a artéria se abre, e um fluxo de sangue passa por ela. Isto resulta no primeiro som ouvido por meio de um estetoscópio. Este som corresponde à **pressão arterial sistólica** – a força com a qual o sangue é empurrado contra as paredes arteriais durante a contração ventricular. A pressão registrada quando os sons se enfraquecem repentinamente é chamada de **pressão arterial diastólica**. Ela

mede a força do sangue remanescente nas artérias durante o relaxamento ventricular. Enquanto que a pressão sistólica indica a força de contração ventricular esquerda, a pressão diastólica fornece informação sobre a resistência dos vasos sangüíneos.

A pressão sangüínea normal no homem adulto jovem é de 120 mm Hg, sistólica, e 80 mm Hg, diastólica, registrada como 120/80. Em mulheres adultas jovens, as pressões são de 8 a 10 mm Hg menores. As pessoas que se exercitam regularmente e estão em boas condições físicas tendem a apresentar pressões sangüíneas menores. Assim, uma pressão sangüínea menor que 120/80 pode ser um sinal de boa saúde e condicionamento físico.

Choque e Homeostase

O **choque** circulatório ocorre quando o sistema cardiovascular circulatório não pode liberar oxigênio e nutrientes suficientes para suprir as necessidades celulares. A causa disto é um débito cardíaco inadequado. Como resultado, o metabolismo celular é anormal e pode ocorrer a morte celular. O choque pode ser devido à hemorragia, à desidratação, a queimaduras e a vômitos, à diarreia ou a suor excessivos.

Os sintomas do choque variam de acordo com a gravidade das condições seguintes:

1. Baixa pressão sangüínea na qual a pressão sistólica é menor que 90 mm Hg como resultado de uma vasodilatação generalizada e diminuição do débito cardíaco.
2. Pele enrugada, pálida e fria devido à vasoconstrição de seus vasos sangüíneos.
3. Suor devido à estimulação simpática.
4. Formação reduzida de urina decorrente de baixa pressão sangüínea e níveis aumentados de aldosterona e hormônios antidiuréticos (ADH).
5. Estado mental alterado devido ao suprimento reduzido de oxigênio ao cérebro.
6. Taquicardia (pulso e freqüência cardíaca rápidos) decorrente da estimulação simpática e dos níveis aumentados de epinefrina (adrenalina).
7. Pulso fraco, acelerado devido à vasodilatação generalizada e ao débito cardíaco reduzido.
8. Sede decorrente de perda de líquido extracelular.
9. Náuseas decorrentes de circulação impedida aos órgãos digestórios.

Rotas Circulatórias

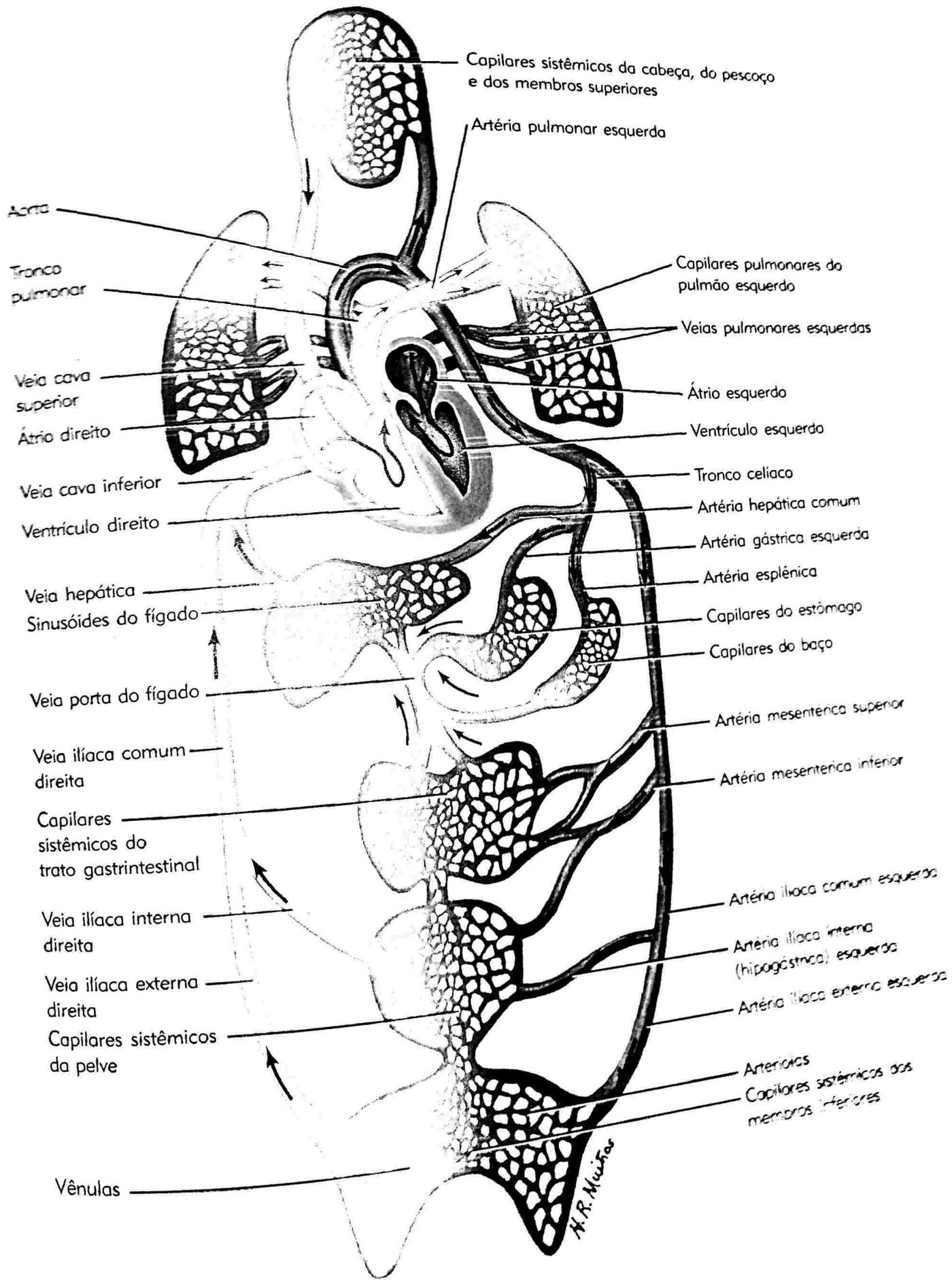
Objetivo: Comparar as principais rotas circulatórias através de várias regiões do corpo.

Os vasos sangüíneos são organizados em rotas que garantem a circulação de sangue através de todo o corpo.

A Figura 16.7 mostra as rotas circulatórias básicas. Como descrito anteriormente, as duas rotas circulatórias básicas são a sistêmica e a pulmonar. A circulação sistêmica inclui todas as artérias e arteríolas que transportam o sangue oxigenado arterial do ventrículo esquerdo aos capilares, mais as veias e as vênulas que transportam o sangue desoxigenado (venoso) até o átrio direito. O sangue que deixa a aorta e circula pelas artérias sistêmicas possui uma cor vermelha viva. À medida que ele se move em direção aos capilares, o mesmo perde oxigênio e absorve dióxido de carbono.

estes circuitos. O padrão geral da circulação, as veias pretas grandes indicam a circulação sistêmica, as veias pretas pequenas indicam a circulação pulmonar e as veias brancas indicam a circulação do fígado. Os detalhes da circulação pulmonar são mostrados na Figura 16.11. Os detalhes da circulação portal do fígado são mostrados na Figura 16.12.

Os vasos sanguíneos são organizados em rotas que distribuem sangue aos vários tecidos.



no de tal forma que o sangue nas veias sistêmicas adquire uma coloração vermelha escura.

Quando o sangue retorna ao coração pela rota sistêmica, ele é bombeado para fora do ventrículo direito através da **circulação pulmonar** até os pulmões. Nos pulmões, ele troca o dióxido de carbono pelo oxigênio e fica novamente vermelho vivo, retornando ao átrio esquerdo do coração antes que reinicie a circulação sistêmica.

Outra rota principal, a **circulação fetal**, existe somente no feto e contém estruturas especiais que permitem ao feto em desenvolvimento trocar materiais com sua mãe (veja a Figura 24.8).

Circulação Sistêmica

O fluxo de sangue oxigenado (arterial), distribuído do ventrículo esquerdo a todas as partes do corpo e de volta ao átrio direito, é chamado de **circulação sistêmica**. Sua função é carregar oxigênio e nutrientes aos tecidos corporais e remover dióxido de carbono além de outros resíduos. Todas as artérias sistêmicas ramificam-se a partir da **aorta**, que se origina no ventrículo esquerdo do coração.

Quando a aorta emerge do ventrículo esquerdo, ela sobe, passando por trás do tronco pulmonar (veja a Figura 16.9). Neste ponto, ela é chamada de **parte ascendente da aorta**. Da aorta ascendente, derivam duas artérias coronárias para o músculo cardíaco. Então a aorta ascendente vira-se à esquerda, formando o **arco da aorta**, antes de descer como **parte descendente da aorta**.

A aorta descendente localiza-se próximo aos corpos das vértebras, passa através do diafragma e divide-se ao nível da quarta vértebra lombar em duas **artérias ilíacas comuns**, que irrigam os membros inferiores. A parte da aorta descendente localizada entre o arco da aorta e o diafragma, é chamada de **aorta torácica**. A parte entre o diafragma e as artérias ilíacas comuns é chamada de **aorta abdominal**. A partir de cada parte da aorta, as artérias ramificam-se até os órgãos, e, ali, ramificam-se em arteríolas e capilares, que suprem todos os tecidos corporais, exceto os sáculos alveolares pulmonares.

O sangue desoxigenado (venoso) retorna ao coração através das veias sistêmicas. Todas as veias da circulação sistêmica fluem em direção às **veias cavas superiores e inferior**, ou ao **seio coronário**, que, por sua vez, esvazia-se no átrio direito. Os principais vasos sangüíneos da circulação sistêmica são mostrados na Figura 16.8.

Circulação Pulmonar

O fluxo do sangue venoso do ventrículo direito até os sáculos alveolares e alvéolos dos pulmões e o retorno do sangue arterial dos sáculos alveolares e alvéolos até o átrio esquerdo é chamado de **circulação pulmonar** (Figura 16.9). O **tronco pulmonar** emerge do ventrículo direito e então divide-se em dois ramos. A **artéria pulmonar direita** dirige-se ao pulmão direito, enquanto que a **artéria pulmonar esquerda** vai ao pulmão esquerdo. As artérias pulmonares são as únicas artérias pós-natais (após o nascimento) que carregam sangue venoso. Ao entrar nos pulmões, os ramos dividem-se e subdividem-se até que finalmente formam capilares em volta dos alvéolos pulmonares. O dióxido de carbono passa do sangue aos alvéolos para ser expirado dos pulmões. O

oxigênio inspirado passa dos alvéolos para o sangue. Os capilares se unem; vênulas e veias são formadas; e, finalmente, duas **veias pulmonares** de cada pulmão transportam o sangue arterial ao átrio esquerdo. As veias pulmonares são as únicas veias pós-natais que carregam sangue arterial. As contrações do ventrículo esquerdo, então, enviam o sangue à circulação sistêmica.

Circulação Cerebral

Dentro do crânio existe um arranjo de vasos sangüíneos na base do cérebro chamado de **círculo arterial (arterioro) do cérebro (ou polígono de Willis)** (Figura 16.10). Deste círculo se originam artérias que fornecem sangue à maior parte do encéfalo. Este fluxo sangüíneo é chamado de **circulação cerebral** e é uma subdivisão da circulação sistêmica. O círculo é formado pela união das **artérias cerebrais anteriores do cérebro** (ramos das artérias carótidas internas) e as **artérias posteriores do cérebro** (ramos da artéria basilar). As artérias comunicantes conectam as artérias anteriores e posteriores do cérebro. O círculo equaliza a pressão sangüínea no encéfalo e fornece rotas alternativas, em caso de dano a alguma artéria.

Circulação Portal do Fígado

Uma veia que começa e termina em capilares é denominada uma veia porta. Tal veia associada ao fígado é chamada de veia porta do fígado. Ela inicia nos capilares dos órgãos digestórios e termina em estruturas capilares do fígado chamadas de sinusóides. Na **circulação portal do fígado**, outra subdivisão da circulação sistêmica, o sangue venoso dos órgãos gastrintestinais e do baço é levado à veia porta do fígado e entra no fígado antes de retornar ao coração. Este sangue é rico em substâncias absorvidas do trato gastrintestinal. O fígado monitora estas substâncias antes que elas passem à circulação geral. Ele pode remover glicose excessiva e armazená-la. Ele modifica certas substâncias digeridas para que possam ser utilizadas pelas células. Ele também faz a desintoxicação de substâncias perigosas absorvidas pelo trato gastrintestinal e destrói bactérias por fagocitose.

A veia porta do fígado é formada pela união das veias esplênica (lienal) e mesentérica superior (Figura 16.11). O sangue venoso da veia porta do fígado entra nos sinusóides. Ao mesmo tempo que o fígado recebe o sangue venoso e atua sobre ele, também recebe sangue arterial da circulação sistêmica via artéria hepática própria para a nutrição de seus tecidos. O sangue arterial mistura-se com o sangue venoso nos sinusóides. Por fim, todo o sangue deixa os sinusóides do fígado através das veias hepáticas que entram na veia cava inferior.

Circulação Fetal

O sistema circulatório de um feto, chamado de **circulação fetal**, difere de um adulto porque os pulmões, os rins e os órgãos digestórios de um feto não são funcionais. O feto obtém seu oxigênio e nutrientes do sangue materno e elimina seu dióxido de carbono e resíduos no sangue materno. Os detalhes da circulação fetal são discutidos no Capítulo 24.

A troca de materiais entre a circulação fetal e a materna ocorre através da placenta. O sangue circula do feto à placenta através de duas **artérias umbilicais** localizadas no cordão umbilical (Figura 24.8a). Na placenta, o sangue é oxigenado e nutrido, eliminando-se dióxido de carbono e resíduos. O sangue (re-) oxigenado retorna

da placenta através de uma única **veia umbilical**, que ascende ao fígado do feto, onde se divide em dois ramos. Uma parte do sangue flui através do ramo que se junta à veia porta do fígado e, então, entra no fígado. O fígado do feto produz células sanguíneas vermelhas (hemácias), mas não tem função digestiva. Dessa forma, a

Figura 24.8 Circulação fetal e mudanças durante o nascimento. As áreas destacadas indicam o destino de certas estruturas fetais assim que a circulação pós-natal é estabelecida.

Os pulmões, os rins e o trato gastrintestinal iniciam seu funcionamento após o nascimento.

