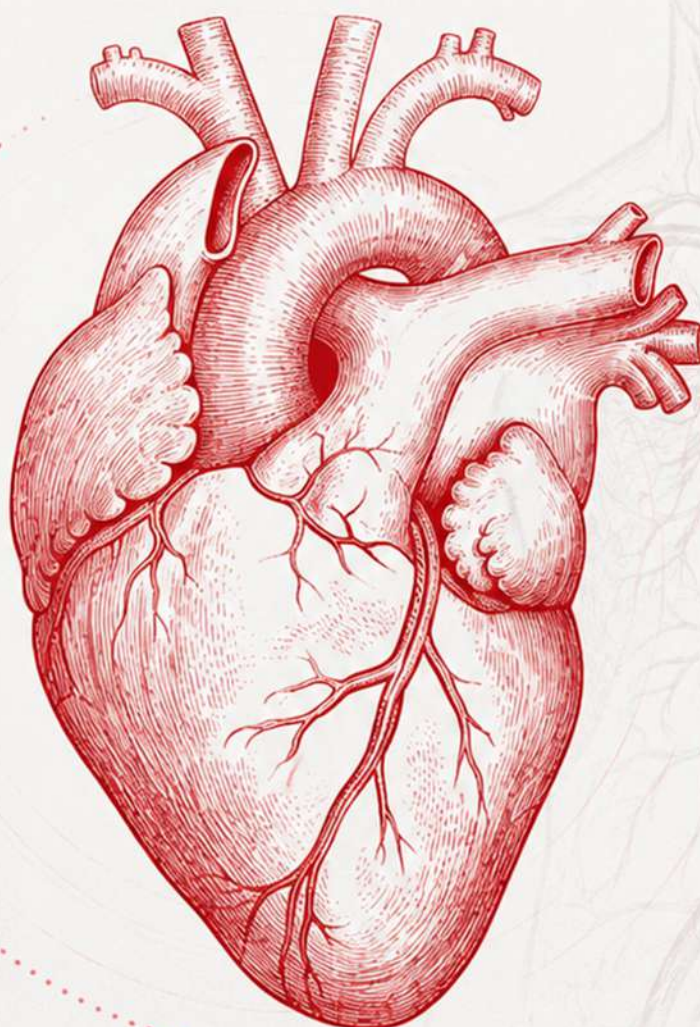


SEVEN

EDITORIA
2026

ANATOMIA E FISIOLOGIA DO SISTEMA CARDIOVASCULAR

Uma abordagem integrada: estrutura e
função para o raciocínio clínico



Rafaell Batista Pereira, Ana Lucila dos Santos Costa, Andre Luiz Petrolini,
Marlon Claudener dos Santos Dantas, Isabelle Monise Ramalho Brandão de Siqueira,
Silvia Regina Soares Martins, Edmundo Marinho Neto

EDITORIA CHEFE

Prof^o Me. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

AUTORES DO LIVRO

Rafaell Batista Pereira

Ana Lucila dos Santos Costa

Andre Luiz Petrolini

Marlon Claudener dos Santos Dantas

Isabele Monise Ramalho Brandão de Siqueira

Silvia Regina Soares Martins

Edmundo Marinho Neto

2026 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2026 Os Autores

Copyright da Edição © 2026 Seven Editora

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Evellyn Thais de Souza

EDIÇÃO DE TEXTO

Stephanie Caroline Meyer de Quadros

BIBLIOTECÁRIA

Bruna Heller

IMAGENS DE CAPA

Evellyn Thais de Souza

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

CONSELHO EDITORIAL

EDITORA CHEFE

Prof. Me. Isabele de Souza Carvalho

CONSELHO EDITORIAL

Adriana Barni Truccolo - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Adriana Barretta Almeida - Universidade Federal do Paraná
Alessandre Gomes de Lima - Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
Anderson Nunes da Silva - Universidade Federal do Norte do Tocantins
Antonio da Costa Cardoso Neto - Universidade de Flores, Buenos Aires
Antônio Alves de Fontes-Júnior - Universidade Cruzeiro do Sul
Ariane Fernandes da Conceição - Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Arnaldo Oliveira Souza Júnior - Universidade Federal do Piauí, CEAD
Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Charles Henrique Andrade de Oliveira - Universidade de Pernambuco
Egas José Armando - Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
Inaldo Kley do Nascimento Moraes - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Irlane Maia de Oliveira - Universidade Federal de Mato Grosso
Janyel Trevisol - Universidade Federal de Santa Maria
Jorge Fernando Silva de Menezes - Universidade de Aveiro
Jorge Luís Pereira Cavalcante - Fundação Universitária Iberoamericana
Kleber Farinazo Borges - Universidade de Brasília
Luiz Gonzaga Lapa Junior - Universidade de Brasília
Mara Lucia da Silva Ribeiro - Universidade Federal de São Paulo
Marcelo Silva de Carvalho - Universidade Federal de Alfenas
Marcos Garcia Costa Moraes - Universidade Estadual da Paraíba
Maria Gorete Valus - Universidade Estadual de Campinas
Mônica Maria de Almeida Brainer - Instituto Federal de Goiás, Campus Ceres
Moacir Silva de Castro - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Paulo Roberto Duailibe Monteiro - Universidade Federal Fluminense
Pedro Henrique Ferreira Marçal - Universidade Vale do Rio Doce
Rafael Braga Esteves - Universidade de São Paulo
Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual de Ponta Grossa
Valéria Raquel Alcantara Barbosa - Fundação Oswaldo Cruz
Wanderson Santos de Farias - Universidade do Desenvolvimento Sustentável
Yuni Saputri M.A - Universidade Nalanda, Índia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

A535

Anatomia e Fisiologia do Sistema Cardiovascular [recurso eletrônico] : Uma Abordagem Integrada: Estrutura e Função para o Raciocínio Clínico / Rafaell Batista Pereira ... [et al.]. – São José dos Pinhais, PR: Editora Seven, 2026.

Dados eletrônicos (1 PDF).

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-6109-448-1

1. Ciências da saúde. 2. Anatomia. 3. Fisiologia cardiovascular. I. Pereira, Rafaell Batista. II. Costa, Ana Lucila dos Santos. III. Petrolini, Andre Luiz. IV. Dantas, Marlon Claudener dos Santos. V. Título.

CDU 61

Bruna Heller - Bibliotecária - CRB10/2348

Índices para catálogo sistemático:

1 Ciências da saúde 61

DOI: 10.56238/livrosindi2026114-001

Seven Publications Company

CNPJ: 43.789.355/0001-14

editora@sevenevents.com.br

São José dos Pinhais/PR

AUTORES DO LIVRO

Rafaell Batista Pereira

Fisioterapeuta, docente e coordenador de curso de fisioterapia, com formação e atuação voltadas às Ciências da Saúde. Graduado em Fisioterapia (2008) e mestre em Nutrição Humana (UFAL), com ênfase em desenvolvimento fisiológico e fisiologia cardiorrespiratória. Atua no ensino superior ministrando disciplinas como Anatomia Humana, Fisiologia e Patologia, e tem experiência assistencial em UTI neonatal, além de fisioterapia respiratória e cardiovascular. É doutorando em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Ana Lucila dos Santos Costa

Farmacêutica, docente e coordenadora de curso, com sólida trajetória acadêmica e profissional nas áreas de Farmácia, Química e Biotecnologia. Graduada em Farmácia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL, 2002), é mestre (2006) e doutora (2011) em Química e Biotecnologia pela mesma instituição, com pesquisas focadas em fitoquímica e bioensaios. Atualmente é coordenadora do curso de Bacharelado em Farmácia no Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), onde também atua como professora de Farmacologia e Farmacologia Aplicada para os cursos de Farmácia, Enfermagem, Fisioterapia, Biomedicina e Odontologia. Possui experiência prática em assistência farmacêutica nos setores público (CEAF/SESAU) e privado, além de atuação prévia como professora visitante na Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Andre Luiz Petrolini

Fisioterapeuta, doutor em Ciências Veterinárias no Semiárido pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), com atuação voltada à abordagem de Saúde Única (One Health), integrando as saúdes humana, animal e ambiental. Mestre em Educação Física pela mesma instituição, com ênfase nas respostas biológicas ao exercício físico. Possui graduação em Licenciatura Plena em Educação Física pela Escola Superior de Educação Física de Muzambinho (ESEFM) e em Fisioterapia pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG). Especialista em Anatomia Humana, Fisioterapia Desportiva, Treinamento Esportivo e Nutrição Aplicada à Atividade Física, acumula ampla experiência em fisiologia do exercício, ginástica laboral, promoção da saúde, qualidade de vida e inclusão da pessoa com deficiência.

Marlon Claudener dos Santos Dantas

Farmacêutico, graduado pelo Centro Universitário CESMAC (2016), Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal de Sergipe – UFS (2021), especialista em Farmácia Estética (2021) e em Farmacologia Clínica e Farmácia Clínica com Ênfase em Prescrição Farmacêutica (2019). Atua como docente do Curso de Farmácia do Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), ministrando disciplinas nas áreas de

Farmacotécnica, Cosméticos, Estética e Farmácia Magistral. Possui experiência em Farmácia Estética, assistência farmacêutica, farmácia magistral e desenvolvimento de formulações cosméticas. É autor e coautor de trabalhos científicos, capítulos de livros e pesquisas nas áreas de Ciências Farmacêuticas, Cosmetologia, Farmácia Clínica e Saúde Pública.

Isabele Monise Ramalho Brandão de Siqueira

Fisioterapeuta, docente de pós graduação de Fisioterapia, com formações e atuações voltadas às Ciências da Saúde. Graduada em Fisioterapia e mestranda em Ensino, Saúde e Tecnologia (MEST- UNCISAL). Possui experiência de atuação em UTI neonatal e pediátrica, Fisioterapia respiratória, Cardiovascular, além de atendimento especializado em Home Care de alta complexidade.

Sílvia Regina Soares Martins

Engenheira Química e docente, com formação e atuação voltadas à Engenharia de Processos e Bioquímica. Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Sergipe (UFS, 2009), é mestre (2016) e doutora (2020) em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (UNIT). Atua como docente do curso de Farmácia no Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), ministrando disciplinas como Química Analítica, Biossegurança Farmacêutica, Análise Instrumental e Operações Unitárias. Possui sólida experiência em pesquisa pelo Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP), com ênfase em biocatálise, imobilização de enzimas para produção de biodiesel, modificação de óleos e gorduras, além de atuar no controle de qualidade de processos químicos. É autora de artigos científicos, capítulos de livros e detentora de patente de inovação na obtenção de compostos biotecnológicos.

Edmundo Marinho Neto

Cirurgião-dentista, docente e coordenador de curso. Mestre em Odontologia e especialista em Estomatologia pela UNICAMP, com atuação em diagnóstico bucal, patologia bucal, histofisiologia e saúde coletiva. Possui experiência na Estratégia Saúde da Família, em coordenação de programas e na prática clínica no SUS e em consultório, incluindo serviços especializados. É professor e coordenador do curso de Odontologia no Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS) e doutorando em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Sergipe (UFS).

PREFÁCIO

Este e-book nasceu de uma constatação simples na formação em saúde: o sistema cardiovascular costuma ser estudado em pedaços. De um lado, o estudante decora câmaras, válvulas e grandes vasos; de outro, tenta memorizar fórmulas de débito cardíaco e pressão arterial sem enxergar a ponte entre as duas coisas. O resultado é um conhecimento que não sustenta o raciocínio: reconhece-se a estrutura, mas não se prevê a função; descreve-se a função, mas não se localiza onde ela pode falhar.

A proposta aqui é a mesma que orientou nosso volume sobre neuroanatomia e neurofisiologia: ensinar estrutura e função como duas faces de um mesmo objeto. O coração é, ao mesmo tempo, uma bomba mecânica e um tecido elétrico; os vasos são tubos, mas tubos que se contraem, dilatam e regulam pressão; o sangue é líquido, mas um líquido vivo que transporta, defende e coagula. Compreender o cardiovascular é compreender como essas peças cooperam para uma única finalidade: levar oxigênio e nutrientes a cada célula e remover o que precisa ser eliminado.

A construção do material reúne duas experiências complementares. De um lado, a docência e a prática clínica em fisioterapia, com atuação em terapia intensiva e em reabilitação cardiorrespiratória, e uma trajetória acadêmica voltada às Ciências da Saúde. De outro, a formação e a prática em odontologia, com experiência em saúde coletiva, diagnóstico e patologia, além da vivência no Sistema Único de Saúde. Atuamos em campos distintos, mas partilhamos o mesmo princípio: a ciência do corpo humano precisa ser compreendida para ser aplicada.

Optamos por um texto progressivo. O leitor parte de uma visão geral do sistema (o que ele faz e por onde o sangue circula), avança para a anatomia do coração, depois para sua fisiologia elétrica e mecânica, em seguida para os vasos e a hemodinâmica, e por fim para a regulação integrada e o sangue. Ao final de cada capítulo há sínteses e questões para apoiar a revisão. Boxes de Conceito-chave, Aplicação clínica e Erro comum acompanham o texto para conectar teoria e prática.

O objetivo não é substituir tratados ou atlas, mas oferecer uma base segura, organizada e aplicável, especialmente útil a estudantes de graduação, residentes e profissionais que desejam revisar fundamentos. Esperamos que o livro ajude a transformar conteúdo em compreensão: que o leitor não apenas nomeie estruturas, mas interprete funções, relacione sinais e sintomas e construa raciocínio com consistência.

Rafaell Batista Pereira - Doutorando em Ciências da Saúde (UFS)

Ana Lucila dos Santos Costa - Doutora em Química e Biotecnologia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Andre Luiz Petrolini - Doutor em Ciências Veterinárias no Semiárido pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Marlon Claudener dos Santos Dantas - Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal de Sergipe – UFS

Isabele Monise Ramalho Brandão de Siqueira - Mestranda em Ensino, Saúde e Tecnologia (MEST- UNCISAL)

Sílvia Regina Soares Martins - Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (UNIT)

Edmundo Marinho Neto - Doutorando em Ciências da Saúde (UFS)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	8
INTRODUÇÃO AO SISTEMA CARDIOVASCULAR	
CAPÍTULO 2.....	13
ANATOMIA DO CORAÇÃO	
CAPÍTULO 3.....	18
FISIOLOGIA ELÉTRICA E O CICLO CARDÍACO	
CAPÍTULO 4.....	23
VASOS SANGUÍNEOS E HEMODINÂMICA	
CAPÍTULO 5.....	28
CIRCULAÇÃO E REGULAÇÃO CARDIOVASCULAR	
CAPÍTULO 6.....	32
SANGUE E INTEGRAÇÃO CARDIOVASCULAR	
GLOSSÁRIO.....	35
REFERÊNCIAS.....	37
BANCO DE 30 QUESTÕES FINAIS + GABARITO.....	39

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO AO SISTEMA CARDIOVASCULAR

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Diferenciar a anatomia da fisiologia cardiovascular e explicar por que são inseparáveis.
- Descrever as funções gerais do sistema cardiovascular e o “caminho do sangue”.
- Distinguir circulação sistêmica e circulação pulmonar.
- Reconhecer os componentes do sistema: coração, vasos e sangue.
- Compreender, de forma conceitual, as relações entre pressão, fluxo e resistência.
- Relacionar o sistema cardiovascular com a homeostase do organismo.

ANATOMIA E FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR: DUAS FACES DA MESMA CIÊNCIA

A **anatomia cardiovascular** estuda a **estrutura**: como o coração é organizado, onde ficam suas câmaras e valvas, e como os vasos se distribuem pelo corpo. A **fisiologia cardiovascular**, por sua vez, estuda a **função**: como o coração se contrai, como o sangue é impulsionado e como a pressão é mantida. Na prática, não há função sem estrutura, nem estrutura que se explique sem a função que ela cumpre.

Quando você entende que uma valva separa duas câmaras, a anatomia diz “onde ela está”; a fisiologia explica “o que acontece” quando ela abre, fecha ou falha em fazê-lo. Esse raciocínio é a base do pensamento clínico e de áreas como cardiologia, reabilitação cardíaca e cuidados intensivos.

Conceito-chave: Se você sabe onde a estrutura está e como se organiza, fica muito mais fácil prever o que ela faz e o que acontece quando ela é comprometida.

O SISTEMA CARDIOVASCULAR COMO REDE DE TRANSPORTE E INTEGRAÇÃO

O sistema cardiovascular pode ser visto como uma rede de transporte que conecta todas as células do corpo. Suas tarefas fundamentais são:

- **Transportar** oxigênio, nutrientes, hormônios e calor para os tecidos.

- **Remover** gás carbônico e produtos do metabolismo, encaminhando-os aos órgãos de eliminação.
- **Distribuir e regular** o fluxo conforme a necessidade de cada órgão (repouso, exercício, digestão).

Três componentes tornam isso possível: uma bomba (o coração), uma rede de tubos (os vasos) e um meio de transporte (o sangue). Quando os três trabalham de forma coordenada, cada célula recebe o que precisa, no momento em que precisa.

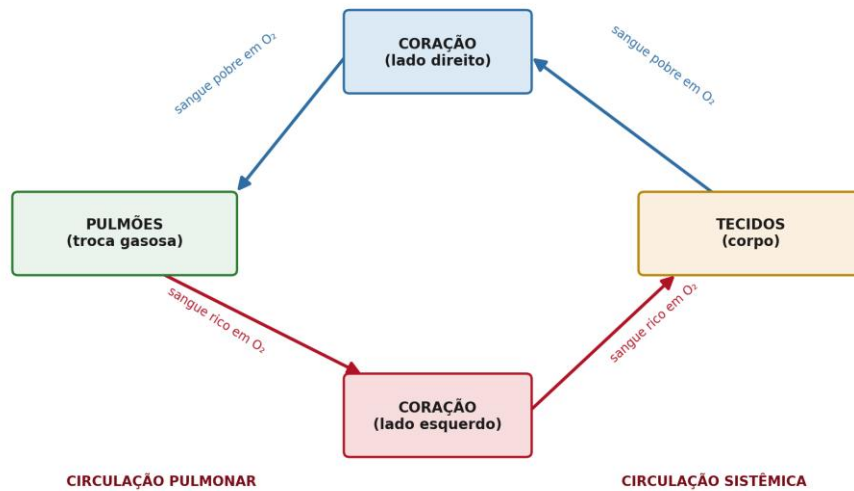
Aplicação clínica: Boa parte das doenças cardiovasculares pode ser lida como uma falha de transporte: a bomba enfraquece (insuficiência cardíaca), o tubo entope ou endurece (aterosclerose) ou a pressão de distribuição se desregula (hipertensão).

O CAMINHO DO SANGUE: A DUPLA CIRCULAÇÃO

Um jeito simples de organizar todo o sistema é seguir o trajeto do sangue. O coração funciona, na prática, como duas bombas acopladas, e o sangue percorre dois circuitos em série:

- **Circulação pulmonar:** o lado direito do coração envia sangue pobre em oxigênio aos pulmões, onde ocorre a troca gasosa, e o sangue retorna rico em oxigênio ao lado esquerdo.
- **Circulação sistêmica:** o lado esquerdo bombeia o sangue oxigenado para todo o corpo; nos tecidos, o oxigênio é cedido e o sangue retorna pobre em oxigênio ao lado direito.

Figura 1. A dupla circulação. Os circuitos pulmonar e sistêmico estão dispostos em série, com o coração como bomba central.



Erro comum: Achar que o “sangue venoso” é sempre pobre em oxigênio e o “arterial” sempre rico. Na circulação pulmonar isso se inverte: a artéria pulmonar leva sangue pobre em O₂, e as veias pulmonares trazem sangue rico em O₂. O nome (artéria/veia) indica a direção do fluxo em relação ao coração, não o conteúdo de oxigênio.

PRESSÃO, FLUXO E RESISTÊNCIA: A TRÍADE DA HEMODINÂMICA

Para o sangue circular, é preciso uma diferença de pressão entre dois pontos. De forma conceitual, o fluxo de sangue depende de duas coisas: da diferença de pressão que o empurra e da resistência que se opõe a ele.

- **Pressão:** a força gerada principalmente pela contração do coração e pela elasticidade dos vasos.
- **Fluxo:** o volume de sangue que passa por um ponto em determinado tempo.
- **Resistência:** a oposição ao fluxo, influenciada sobretudo pelo calibre dos vasos (vasos estreitos resistem mais).

A ideia central é direta: o fluxo aumenta quando a diferença de pressão aumenta e diminui quando a resistência aumenta. Pequenas mudanças no calibre dos vasos provocam grandes mudanças na resistência, e é por isso que as arteríolas funcionam como verdadeiras “torneiras” do sistema.^{1,3}

Conceito-chave: Fluxo depende de pressão dividida por resistência. Controlar o calibre dos pequenos vasos é a forma mais eficiente de redistribuir sangue entre os órgãos.

HOMEOSTASE: ESTABILIDADE COM AJUSTE CONSTANTE

O sistema cardiovascular é peça central da homeostase, a manutenção das condições internas em faixas adequadas. Ele ajusta continuamente a frequência cardíaca, a força de contração e o calibre dos vasos para manter a pressão e a oferta de oxigênio estáveis, mesmo diante de mudanças como levantar-se, correr ou perder sangue.

Esse controle não é passivo: sensores detectam variações de pressão e de composição do sangue, centros no sistema nervoso processam a informação, e respostas rápidas (nervosas) e mais lentas (hormonais) corrigem o desvio. Veremos esses mecanismos em detalhe no Capítulo 5.

Aplicação clínica: Quando alguém se levanta rápido e sente tontura, está vivenciando uma falha momentânea desse ajuste: a pressão caiu antes que os reflexos a corrigissem. É a homeostase cardiovascular em ação - e, às vezes, em atraso.

RESUMO DO CAPÍTULO

- Anatomia estuda a estrutura cardiovascular; fisiologia estuda a função - as duas se completam.
- O sistema transporta oxigênio e nutrientes, remove resíduos e redistribui o fluxo conforme a demanda.
- Seus componentes são o coração (bomba), os vasos (tubos) e o sangue (meio de transporte).
- O sangue percorre dois circuitos em série: pulmonar (lado direito) e sistêmico (lado esquerdo).
- Fluxo depende da diferença de pressão e da resistência, controlada sobretudo pelo calibre dos vasos.
- O sistema cardiovascular é central para a homeostase, ajustando-se de forma contínua.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 1)

1. Diferencie anatomia de fisiologia cardiovascular com um exemplo prático.
2. Cite as três funções gerais do sistema cardiovascular.
3. Descreva o caminho do sangue, distinguindo circulação pulmonar e sistêmica.
4. Por que a artéria pulmonar carrega sangue pobre em oxigênio?
5. Explique a relação entre pressão, fluxo e resistência em uma frase.

6. Por que as arteríolas são chamadas de “torneiras” do sistema?
7. Dê um exemplo cotidiano de ajuste homeostático cardiovascular.

CAPÍTULO 2

ANATOMIA DO CORAÇÃO

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Localizar o coração no tórax e descrever o pericárdio e suas funções.
- Identificar as quatro câmaras e relacioná-las ao lado direito e esquerdo.
- Descrever as valvas atrioventriculares e semilunares e seu papel no fluxo unidirecional.
- Diferenciar as três camadas da parede cardíaca.
- Compreender a função do esqueleto fibroso do coração.
- Reconhecer a circulação coronariana e sua importância clínica.

LOCALIZAÇÃO E ENVOLTÓRIOS: ONDE FICA E COMO É PROTEGIDO

O coração situa-se no tórax, na região central entre os pulmões chamada mediastino, apoiado sobre o diafragma e deslocado um pouco para a esquerda. Tem, aproximadamente, o tamanho de um punho fechado, e sua extremidade afilada - o ápice - aponta para baixo, à frente e à esquerda, enquanto a base, mais larga, fica voltada para cima e para trás.^{4,5}

O coração é envolvido pelo **pericárdio**, uma membrana de duas folhas. A folha externa (pericárdio fibroso) é resistente e fixa o coração às estruturas vizinhas; a folha interna (pericárdio seroso) adere à superfície do órgão. Entre elas há a **cavidade pericárdica**, com uma fina película de líquido que lubrifica e reduz o atrito a cada batimento.

Aplicação clínica: O acúmulo rápido de líquido na cavidade pericárdica pode comprimir o coração e dificultar seu enchimento - uma situação grave conhecida como tamponamento cardíaco. Aqui, um problema anatômico (espaço) vira um problema funcional (enchimento).

AS QUATRO CÂMARAS: DOIS ÁTRIOS E DOIS VENTRÍCULOS

O coração tem quatro câmaras: dois átrios (superiores) e dois ventrículos (inferiores). Os átrios recebem o sangue que chega ao coração; os ventrículos o ejetam.

Uma divisão vertical - os septos interatrial e interventricular - separa o lado direito do esquerdo, mantendo o sangue dos dois circuitos sem mistura.

- **Átrio direito:** recebe o sangue pobre em oxigênio que retorna do corpo pelas veias cavas.
- **Ventrículo direito:** ejeta esse sangue para os pulmões pela artéria pulmonar.
- **Átrio esquerdo:** recebe o sangue rico em oxigênio que retorna dos pulmões pelas veias pulmonares.
- **Ventrículo esquerdo:** ejeta o sangue oxigenado para todo o corpo pela aorta.

Os ventrículos têm paredes mais espessas que os átrios, porque precisam gerar pressão para ejetar o sangue. E o ventrículo esquerdo é mais espesso que o direito: enquanto o direito empurra o sangue por um circuito curto e de baixa pressão (pulmonar), o esquerdo vence a resistência de todo o corpo (sistêmica).

Conceito-chave: Átrios recebem, ventrículos ejtam. A espessura da parede acompanha a pressão que a câmara precisa gerar - por isso o ventrículo esquerdo é o mais robusto.

AS VALVAS: GARANTINDO O SENTIDO ÚNICO DO FLUXO

Para que o sangue siga sempre na mesma direção, o coração possui quatro valvas que se abrem e fecham conforme a diferença de pressão entre as câmaras. Elas funcionam como portas de mão única: abrem para deixar o sangue passar e fecham para impedir o refluxo.

- **Valvas atrioventriculares (AV):** situam-se entre átrios e ventrículos. À direita, a valva tricúspide; à esquerda, a valva mitral (bicúspide). São ancoradas por cordas tendíneas presas aos músculos papilares, que impedem que se evertam durante a contração ventricular.
- **Valvas semilunares:** situam-se na saída dos ventrículos. A valva pulmonar, na saída do ventrículo direito; a valva aórtica, na saída do ventrículo esquerdo. Abrem na ejeção e fecham para impedir o retorno do sangue às câmaras.

Quadro 1. As quatro valvas cardíacas e seu papel no fluxo unidirecional.

Valva	Localização	Abre quando	Impede o refluxo de
Tricúspide	Átrio D → Ventrículo D	O ventrículo D relaxa e enche	Ventrículo D para átrio D
Mitral (bicúspide)	Átrio E → Ventrículo E	O ventrículo E relaxa e enche	Ventrículo E para átrio E
Pulmonar	Ventrículo D → A. pulmonar	O ventrículo D contrai e ejeta	Artéria pulmonar para ventrículo D
Aórtica	Ventrículo E → Aorta	O ventrículo E contrai e ejeta	Aorta para ventrículo E

Erro comum: Confundir o momento de abertura das valvas. As valvas AV abrem quando o ventrículo está relaxado (enchendo) e fecham quando ele contrai; as semilunares fazem o oposto. Em um coração saudável, AV e semilunares nunca estão abertas ao mesmo tempo no mesmo lado.

AS CAMADAS DA PAREDE CARDÍACA

A parede do coração tem três camadas, de dentro para fora:

- **Endocárdio:** revestimento interno liso, em contato com o sangue; continua-se com o revestimento interno dos vasos.
- **Miocárdio:** camada média, espessa, formada por músculo cardíaco; é a responsável pela contração e, portanto, pela força da bomba.
- **Epicárdio:** camada externa, que corresponde à folha interna do pericárdio seroso.

O miocárdio merece destaque: suas células (cardiomiócitos) são conectadas por estruturas especiais chamadas discos intercalares, que acoplam mecânica e eletricamente as células vizinhas. Por isso o músculo cardíaco se comporta como uma unidade integrada, contraindo-se de forma coordenada - uma propriedade essencial para o bombeamento eficiente.

Conceito-chave: O miocárdio é o “motor” do coração. Sua organização em rede acoplada permite que o estímulo se espalhe e a contração ocorra de maneira sincronizada.

O ESQUELETO FIBROSO: SUSTENTAÇÃO E ISOLAMENTO ELÉTRICO

Entre os átrios e os ventrículos existe uma estrutura de tecido conjuntivo denso, o esqueleto fibroso do coração. Ele cumpre dois papéis. Primeiro, dá sustentação às valvas,

ancorando seus anéis. Segundo, e de modo notável, atua como isolante elétrico entre átrios e ventrículos, impedindo que o estímulo passe livremente de uns para os outros.

Esse isolamento obriga o sinal elétrico a seguir por um único caminho de comunicação - o nó atrioventricular e o feixe de His -, o que garante que os átrios contraíam primeiro e os ventrículos logo em seguida, na sequência correta. Veremos esse mecanismo no Capítulo 3.

CIRCULAÇÃO CORONARIANA: O CORAÇÃO TAMBÉM PRECISA SER IRRIGADO

Embora o sangue passe continuamente por suas câmaras, o miocárdio não consegue se nutrir diretamente desse sangue. Ele depende de sua própria irrigação: as artérias coronárias, que se originam logo na raiz da aorta e se distribuem pela superfície e pela espessura do coração. O retorno venoso ocorre principalmente pelo seio coronário, que desemboca no átrio direito.

Uma peculiaridade importante: o fluxo coronariano para boa parte do miocárdio ocorre sobretudo durante o relaxamento (diástole), quando a parede ventricular não está comprimindo seus próprios vasos. Por isso, frequências cardíacas muito altas, que encurtam a diástole, podem reduzir a oferta de sangue ao próprio coração.

Aplicação clínica: A obstrução de uma artéria coronária reduz a chegada de oxigênio a uma região do miocárdio. Se a falta for intensa e prolongada, ocorre lesão do músculo - o infarto. Conhecer o território de cada coronária ajuda a prever quais regiões serão afetadas.

RESUMO DO CAPÍTULO

- O coração fica no mediastino e é envolvido pelo pericárdio, que reduz o atrito.
- Há quatro câmaras: átrios recebem e ventrículos ejetam; os septos separam os lados D e E.
- O ventrículo esquerdo é o mais espesso porque enfrenta a alta pressão da circulação sistêmica.
- Quatro valvas (tricúspide, mitral, pulmonar e aórtica) garantem o fluxo unidirecional.
- A parede tem endocárdio, miocárdio (a camada contrátil) e epicárdio.
- O esqueleto fibroso sustenta as valvas e isola eletricamente átrios e ventrículos.
- As artérias coronárias irrigam o miocárdio, sobretudo durante a diástole.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 2)

1. Onde se localiza o coração e qual a função do pericárdio?
2. Diferencie a função dos átrios e dos ventrículos.
3. Por que o ventrículo esquerdo tem parede mais espessa que o direito?
4. Cite as quatro valvas e diga o que cada uma impede.
5. Quando as valvas atrioventriculares estão abertas: na contração ou no relaxamento ventricular?
6. Descreva as três camadas da parede cardíaca e a função do miocárdio.
7. Qual a dupla função do esqueleto fibroso do coração?
8. Por que o fluxo coronariano ocorre principalmente na diástole?

CAPÍTULO 3

FISIOLOGIA ELÉTRICA E O CICLO CARDÍACO

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Descrever o sistema de condução do coração e a sequência de ativação.
- Explicar o automatismo e por que o nó sinoatrial é o marca-passo natural.
- Diferenciar, de forma conceitual, as células marca-passo das células contráteis.
- Reconhecer as propriedades fundamentais do miocárdio.
- Descrever as fases do ciclo cardíaco e relacioná-las às bulhas cardíacas.
- Compreender débito cardíaco e os fatores que o determinam, incluindo a lei de Frank-Starling.

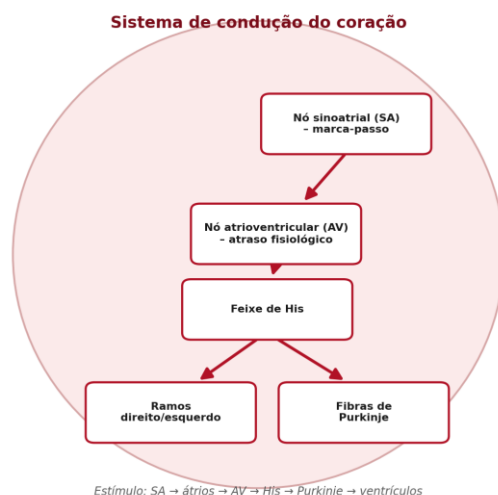
O SISTEMA DE CONDUÇÃO: A “FIAÇÃO ELÉTRICA” DO CORAÇÃO

O coração tem a notável capacidade de gerar seus próprios estímulos elétricos, sem depender de comandos externos para bater. Isso se deve a um conjunto de células especializadas que formam o sistema de condução. O estímulo nasce, propaga-se em ordem e desencadeia a contração na sequência certa.^{7,8}

A sequência normal de ativação é:

- **Nó sinoatrial (SA):** localizado no átrio direito, é o marca-passo natural. Ele dispara espontaneamente e define a frequência cardíaca.
- **Vias atriais:** o estímulo se espalha pelos átrios, que se contraem.
- **Nó atrioventricular (AV):** único ponto de passagem elétrica entre átrios e ventrículos; impõe um breve atraso, dando tempo para os átrios esvaziarem nos ventrículos.
- **Feixe de His e seus ramos:** conduzem o estímulo para o septo e para os dois ventrículos.
- **Fibras de Purkinje:** distribuem rapidamente o estímulo pelo miocárdio ventricular, garantindo contração quase simultânea.

Figura 2. Sistema de condução do coração. O estímulo segue do nó SA ao nó AV, ao feixe de His e às fibras de Purkinje.



Conceito-chave: O atraso no nó AV não é um defeito, e sim um recurso: ele garante que os átrios terminem de encher os ventrículos antes que estes se contraíam.

AUTOMATISMO: POR QUE O CORAÇÃO BATE SOZINHO

A capacidade de gerar estímulos de forma espontânea chama-se **automatismo**. Várias regiões do sistema de condução têm automatismo, mas o nó SA é o mais rápido - por isso ele “comanda” e impõe seu ritmo às demais. É o que se chama de hierarquia de marca-passos: o ritmo mais rápido prevalece.

Se o nó SA falha, uma região mais lenta (como o nó AV) pode assumir, mantendo o coração batendo, porém em frequência menor. Essa redundância é uma proteção fisiológica importante.

Aplicação clínica: Quando a condução entre átrios e ventrículos é bloqueada, os ventrículos passam a depender de marca-passos secundários, mais lentos. É a base de certos bloqueios que podem exigir um marca-passo artificial.

CÉLULAS MARCA-PASSO E CÉLULAS CONTRÁTEIS

De forma simplificada, o coração tem dois grandes tipos funcionais de células musculares:

- **Células marca-passo** (como as do nó SA): não têm um repouso elétrico estável - sua carga vai se aproximando do limiar sozinha, até disparar. Essa instabilidade é justamente o que gera o ritmo.

- **Células contráteis** (a maior parte do miocárdio): mantêm-se em repouso elétrico estável e só disparam quando estimuladas. Seu potencial de ação é prolongado, com uma fase de “platô” que sustenta a contração e impede que o músculo seja estimulado de novo cedo demais.

Esse platô prolongado tem uma consequência funcional decisiva: o músculo cardíaco não pode ser somado em contrações sobrepostas, como acontece no músculo esquelético. Cada batimento é seguido de um período em que a célula não responde a novo estímulo, garantindo o ciclo alternado de contração e relaxamento.

Conceito-chave: O longo período refratário do miocárdio protege o coração: ele não pode entrar em “contração contínua” - precisa relaxar para voltar a encher.

PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DO MIOCÁRDIO

É útil reunir as propriedades que tornam o coração capaz de funcionar como bomba autônoma:

Quadro 2. Propriedades funcionais do músculo cardíaco.

Propriedade	O que significa
Automatismo (cronotropismo)	Capacidade de gerar o próprio estímulo e definir a frequência.
Excitabilidade (batmotropismo)	Capacidade de responder a um estímulo gerando potencial de ação.
Condutibilidade (dromotropismo)	Capacidade de propagar o estímulo de célula a célula.
Contratilidade (inotropismo)	Capacidade de encurtar e gerar força ao ser estimulado.
Relaxamento (lusitropismo)	Capacidade de relaxar, permitindo o enchimento.

Aplicação clínica: Muitos medicamentos cardiovasculares atuam exatamente sobre essas propriedades: há fármacos que reduzem a frequência (cronotrópicos negativos), que aumentam a força de contração (inotrópicos positivos) ou que alteram a velocidade de condução.

O CICLO CARDÍACO: SÍSTOLE E DIÁSTOLE

O ciclo cardíaco é a sequência de eventos de um batimento, da contração ao relaxamento. Em termos gerais, divide-se em duas grandes fases: a **sístole** (contração, com ejeção de sangue) e a **diástole** (relaxamento, com enchimento das câmaras).

Acompanhando os ventrículos, podemos resumir o ciclo em quatro momentos: enchimento (as valvas AV abertas deixam o sangue entrar), contração isovolumétrica

(todas as valvas fechadas, pressão subindo), ejeção (as semilunares abrem e o sangue sai) e relaxamento isovolumétrico (novamente todas fechadas, pressão caindo). Em seguida, o ciclo recomeça.

O fechamento das valvas produz sons audíveis, as **bulhas cardíacas**. A primeira bulha corresponde ao fechamento das valvas atrioventriculares, no início da sístole; a segunda, ao fechamento das valvas semilunares, no início da diástole. São os clássicos sons descritos como “tum-tá” à ausculta.

Erro comum: Pensar que as bulhas são produzidas pela abertura das valvas. Na verdade, os sons normais resultam do fechamento das valvas e da desaceleração súbita do sangue, não da abertura.

DÉBITO CARDÍACO: QUANTO O CORAÇÃO ENTREGA

O **débito cardíaco** é o volume de sangue que o coração ejeta por minuto. Ele resulta de dois fatores: a frequência cardíaca (quantos batimentos por minuto) e o volume sistólico (quanto sangue é ejetado a cada batimento). Aumentar qualquer um deles tende a elevar o débito.

O volume sistólico, por sua vez, depende de três influências:

- **Pré-carga:** o grau de enchimento do ventrículo antes da contração. Em geral, quanto mais o coração enche, mais ele ejeta.
- **Contratilidade:** a força intrínseca de contração, que pode ser aumentada, por exemplo, pela estimulação simpática.
- **Pós-carga:** a resistência que o ventrículo precisa vencer para ejetar (a pressão na aorta ou na artéria pulmonar). Uma pós-carga muito alta dificulta a ejeção.

A LEI DE FRANK-STARLING

Uma propriedade elegante do coração explica parte desse comportamento: quanto mais as fibras do miocárdio são estiradas pelo enchimento (maior pré-carga), com mais força elas se contraem, dentro de certos limites. É a lei de Frank-Starling. Na prática, ela permite que o coração se ajuste: se mais sangue chega (por exemplo, durante o exercício), o coração responde ejetando mais, equilibrando automaticamente o que entra e o que sai.⁹

Conceito-chave: Pela lei de Frank-Starling, o coração tende a bombear todo o sangue que recebe. Encher mais (até certo ponto) é bombear mais - um ajuste automático entre retorno e ejeção.

RESUMO DO CAPÍTULO

- O sistema de condução (nó SA → átrios → nó AV → His → Purkinje) ativa o coração em ordem.
- O nó SA é o marca-passo natural por ter o automatismo mais rápido; o nó AV impõe um atraso útil.
- Células marca-passo geram ritmo; células contráteis têm platô prolongado e longo período refratário.
- As propriedades do miocárdio incluem automatismo, excitabilidade, condutibilidade, contratilidade e relaxamento.
- O ciclo cardíaco alterna sístole (ejeção) e diástole (enchimento); as bulhas vêm do fechamento das valvas.
- Débito cardíaco = frequência × volume sistólico; o volume sistólico depende de pré-carga, contratilidade e pós-carga.
- Pela lei de Frank-Starling, maior enchimento gera, dentro de limites, maior força de ejeção.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 3)

1. Descreva, em ordem, a sequência de ativação elétrica do coração.
2. Por que o nó sinoatrial é considerado o marca-passo natural?
3. Qual a função fisiológica do atraso no nó atrioventricular?
4. Diferencie células marca-passo de células contráteis.
5. Por que o longo período refratário do miocárdio é importante?
6. Cite as quatro fases do ciclo cardíaco a partir dos ventrículos.
7. O que produz a primeira e a segunda bulhas cardíacas?
8. Defina débito cardíaco e seus dois determinantes diretos.
9. Explique a lei de Frank-Starling e dê uma aplicação prática.

CAPÍTULO 4

VASOS SANGUÍNEOS E HEMODINÂMICA

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

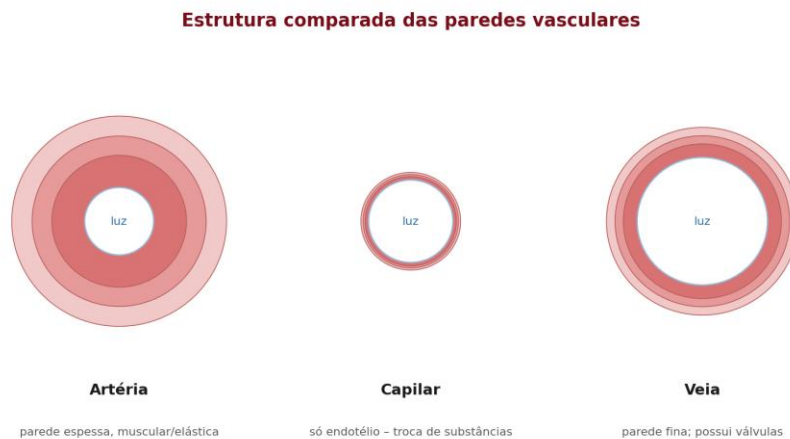
- Diferenciar artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias quanto à estrutura e à função.
- Descrever as três túnicas da parede vascular.
- Compreender pressão arterial sistólica, diastólica e pressão arterial média.
- Relacionar fluxo, resistência e calibre dos vasos.
- Explicar a troca capilar e as forças que a governam.
- Reconhecer os mecanismos que favorecem o retorno venoso.

TIPOS DE VASOS: CADA UM COM UM PAPEL

Os vasos sanguíneos não são tubos iguais; sua estrutura se adapta à função que cumprem ao longo do trajeto do sangue:

- **Artérias:** levam o sangue para fora do coração. As de grande calibre, como a aorta, têm muita elasticidade: distendem-se na sístole e recuam na diástole, amortecendo a pressão e mantendo o fluxo contínuo.
- **Arteríolas:** pequenas artérias com parede muscular proeminente. Ao se contrair ou relaxar, regulam a resistência e controlam quanto sangue chega a cada tecido - são os principais vasos de resistência.
- **Capilares:** vasos minúsculos, de parede tão fina que permite a troca de substâncias entre sangue e tecidos. É aqui que o sistema cumpre sua finalidade última.
- **Vênulas e veias:** recolhem o sangue dos tecidos e o devolvem ao coração. Têm paredes mais finas e grande capacidade de armazenar sangue - são os vasos de capacitância.

Figura 3. Estrutura comparada das paredes vasculares: artéria (parede espessa), capilar (apenas endotélio) e veia (parede fina, com válvulas).



Conceito-chave: Grandes artérias amortecem a pressão; arteríolas controlam a distribuição; capilares fazem a troca; veias armazenam e devolvem. A estrutura sempre acompanha a função.

AS TÚNICAS DA PAREDE VASCULAR

Com exceção dos capilares, a parede dos vasos tem três camadas (túnicas), de dentro para fora:

- **Túnica íntima:** revestimento interno de células endoteliais, liso, em contato com o sangue. O endotélio não é inerte: participa do controle do tônus vascular, da coagulação e das trocas.
- **Túnica média:** camada de músculo liso e fibras elásticas. É a mais espessa nas artérias e a responsável pela vasoconstrição e vasodilatação.
- **Túnica adventícia:** camada externa de tecido conjuntivo, que dá sustentação e ancora o vaso às estruturas vizinhas.

Os capilares, por sua função de troca, dispensam túnicas espessas: têm apenas o endotélio sobre uma fina lâmina, justamente para oferecer pouca barreira à passagem de substâncias.

Aplicação clínica: Na aterosclerose, depósitos se acumulam na túnica íntima das artérias, estreitando a luz e enrijecendo a parede. Uma alteração estrutural na camada interna repercute na função de todo o segmento: menos fluxo e maior resistência.

PRESSÃO ARTERIAL: SISTÓLICA, DIASTÓLICA E MÉDIA

A **pressão arterial** é a força que o sangue exerce contra a parede das artérias. Ela oscila a cada batimento: sobe na sístole (quando o ventrículo ejeta) e cai na diástole (quando o ventrículo relaxa). Daí os dois valores que medimos:

- **Pressão sistólica:** o valor mais alto, durante a ejeção ventricular.
- **Pressão diastólica:** o valor mais baixo, durante o relaxamento, refletindo a resistência dos vasos.
- A **pressão arterial média** representa a pressão de propulsão “efetiva” ao longo do ciclo. Como a diástole dura mais que a sístole, a média fica mais próxima do valor diastólico. É essa pressão média que de fato determina a perfusão dos órgãos.

Erro comum: Supor que a pressão arterial média é a simples média aritmética entre sistólica e diastólica. Como a diástole é mais longa, a pressão média pende para o lado diastólico, e não fica exatamente no meio.

FLUXO, RESISTÊNCIA E O PODER DO CALIBRE

Como vimos no Capítulo 1, o fluxo depende da diferença de pressão dividida pela resistência. A resistência, por sua vez, é fortemente influenciada por três fatores: o comprimento do vaso, a viscosidade do sangue e, sobretudo, o calibre.

O calibre é o fator dominante porque a resistência varia de modo muito acentuado com o raio do vaso: uma redução pequena no raio aumenta enormemente a resistência. Por isso as arteríolas, ao ajustarem seu diâmetro, conseguem redistribuir o sangue com grande precisão - fechando parcialmente o fluxo para um leito e abrindo para outro, conforme a necessidade.

Conceito-chave: Entre os fatores que determinam a resistência, o calibre dos vasos é o mais poderoso e o mais facilmente ajustável - base de quase todo o controle da distribuição do sangue.

A TROCA CAPILAR: O OBJETIVO DE TODO O SISTEMA

Toda a engenharia da bomba e dos tubos existe para um momento: a troca capilar. Nos capilares, oxigênio e nutrientes saem do sangue para os tecidos, enquanto gás carbônico e resíduos seguem o caminho inverso. Essa troca acontece por diferentes mecanismos, mas a movimentação de líquido através da parede capilar é governada por um equilíbrio de forças.

De um lado, a pressão do sangue dentro do capilar tende a empurrar líquido para fora (filtração). De outro, a presença de proteínas no plasma exerce uma força que tende a puxar líquido de volta para dentro (reabsorção). Em geral, há ligeira saída de líquido na porção inicial do capilar e retorno na porção final; o pequeno excedente é recolhido pelo sistema linfático.¹⁰

Aplicação clínica: Quando esse equilíbrio se desfaz - por exemplo, por aumento da pressão dentro do capilar ou por queda das proteínas do plasma -, acumula-se líquido nos tecidos: é o edema. Reconhecer qual força foi alterada ajuda a entender a causa do inchaço.

RETORNO VENOSO: TRAZENDO O SANGUE DE VOLTA

Levar o sangue de volta ao coração não é trivial, especialmente a partir dos membros inferiores, onde ele precisa subir contra a gravidade e a pressão é baixa. Vários mecanismos cooperam para o retorno venoso:

- **Bomba muscular:** a contração dos músculos das pernas comprime as veias e empurra o sangue para cima.
- **Válvulas venosas:** pequenas válvulas no interior das veias impedem o sangue de refluir, garantindo que ele suba em sentido único.
- **Bomba respiratória:** as variações de pressão no tórax durante a respiração favorecem o retorno do sangue ao coração.
- **Tônus venoso:** a leve contração das veias, regulada pelo sistema nervoso, ajuda a deslocar o sangue armazenado de volta à circulação.

Conceito-chave: O retorno venoso não depende apenas do coração: músculos, válvulas e respiração funcionam como bombas auxiliares. Mover-se ajuda o sangue a voltar.

RESUMO DO CAPÍTULO

- Artérias amortecem a pressão; arteríolas controlam a resistência; capilares trocam; veias armazenam e devolvem.
- A parede vascular tem túnica íntima, média e adventícia; capilares têm apenas endotélio.
- A pressão arterial oscila entre sistólica e diastólica; a pressão média define a perfusão dos órgãos.

- A resistência depende sobretudo do calibre dos vasos, que varia de forma acentuada com o raio.
- A troca capilar resulta do equilíbrio entre forças que filtram e forças que reabsorvem líquido.
- Desequilíbrios nessas forças levam ao edema.
- O retorno venoso é auxiliado pela bomba muscular, pelas válvulas, pela respiração e pelo tônus venoso.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 4)

1. Compare artérias, capilares e veias quanto à estrutura e à função.
2. Por que as arteríolas são chamadas de vasos de resistência?
3. Descreva as três túnicas da parede vascular.
4. Diferencie pressão sistólica, diastólica e média.
5. Por que o calibre é o principal determinante da resistência?
6. Explique como ocorre a troca de líquido nos capilares.
7. O que é edema e cite uma causa relacionada às forças capilares.
8. Liste três mecanismos que favorecem o retorno venoso.

CAPÍTULO 5

CIRCULAÇÃO E REGULAÇÃO CARDIOVASCULAR

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Comparar a circulação sistêmica e a pulmonar quanto a pressão e função.
- Descrever a regulação nervosa da pressão arterial, incluindo os barorreceptores.
- Explicar o papel do simpático e do parassimpático sobre o coração e os vasos.
- Reconhecer os principais mecanismos humorais de regulação.
- Compreender a autorregulação local do fluxo.
- Relacionar esses mecanismos ao ajuste cardiovascular em situações como o exercício.

DOIS CIRCUITOS, DUAS REALIDADES DE PRESSÃO

Embora os circuitos sistêmico e pulmonar carreguem o mesmo volume de sangue por minuto, eles operam em regimes de pressão muito diferentes. A circulação sistêmica é um sistema de alta pressão: precisa empurrar o sangue por todo o corpo, vencendo a resistência de inúmeros leitos vasculares. A circulação pulmonar é um sistema de baixa pressão: o sangue percorre um trajeto curto, e a baixa pressão protege os delicados capilares pulmonares, onde ocorre a troca gasosa.

Essa diferença explica, em parte, por que o ventrículo esquerdo é mais espesso que o direito: ele gera a alta pressão da circulação sistêmica, enquanto o direito trabalha contra a baixa resistência pulmonar.

Aplicação clínica: A baixa pressão pulmonar é essencial: se ela sobe de forma crônica (hipertensão pulmonar), o ventrículo direito é sobrecarregado e pode falhar. Aqui, uma mudança no regime de pressão de um circuito repercute diretamente na bomba que o alimenta.

REGULAÇÃO NERVOSA: O AJUSTE RÁPIDO

A pressão arterial precisa ser mantida dentro de faixas estreitas, mesmo diante de mudanças bruscas. O sistema nervoso oferece o ajuste mais rápido, em questão de segundos, por meio de um arco de controle:

- **Sensores:** os barorreceptores, localizados em pontos estratégicos das grandes artérias, detectam o estiramento da parede - ou seja, a pressão.
- **Centro integrador:** áreas no tronco encefálico (centro cardiovascular) recebem essa informação e decidem a resposta.
- **Efetores:** o coração e os vasos, que recebem comandos pelos ramos simpático e parassimpático do sistema autonômico.

O funcionamento é elegante: se a pressão cai, os barorreceptores reduzem seus disparos; o centro cardiovascular responde aumentando a atividade simpática (acelera o coração, aumenta a força de contração e contrai os vasos) e reduzindo a parassimpática. Se a pressão sobe, ocorre o inverso. É um reflexo contínuo de correção.¹¹

Conceito-chave: O reflexo dos barorreceptores é um termostato de pressão: detecta o desvio e aciona, em segundos, respostas opostas para trazer a pressão de volta à faixa adequada.

SIMPÁTICO E PARASSIMPÁTICO SOBRE O SISTEMA CARDIOVASCULAR

Os dois ramos do sistema autonômico atuam de modo geralmente oposto:

Quadro 3. Efeitos gerais do simpático e do parassimpático sobre o coração e os vasos.

Alvo	Estímulo simpático	Estímulo parassimpático
Frequência cardíaca	Aumenta	Reduz
Força de contração	Aumenta	Pouca ação direta
Velocidade de condução (nó AV)	Aumenta	Reduz
Vasos (maioria dos leitos)	Vasoconstrição	Pouca ação direta

Note que o controle do calibre da maioria dos vasos cabe sobretudo ao simpático: aumentar seu tônus contrai os vasos (eleva a resistência e a pressão); reduzi-lo permite vasodilatação. Já sobre a frequência cardíaca, ambos atuam, e em repouso há predomínio parassimpático “freando” o coração.¹²

Erro comum: Imaginar que o parassimpático “dilata os vasos” de modo generalizado. Na maior parte dos leitos, o controle do calibre depende do grau de ativação simpática; reduzir esse tônus é o que produz dilatação.

REGULAÇÃO HUMORAL: O AJUSTE QUÍMICO

Além do controle nervoso, substâncias transportadas pelo sangue regulam o sistema cardiovascular, com ação um pouco mais lenta, porém mais duradoura. Entre as principais:

- **Catecolaminas (adrenalina e noradrenalina):** liberadas em situações de estresse, reforçam a ação simpática, acelerando o coração e contraindo vasos.
- **Sistema renina-angiotensina-aldosterona:** ativado quando a pressão ou o volume caem, promove vasoconstrição e retenção de sódio e água, elevando o volume e a pressão.
- **Hormônio antidiurético (ADH):** favorece a retenção de água e, em concentrações maiores, a vasoconstrição.
- **Peptídeos natriuréticos:** liberados quando as câmaras cardíacas são muito distendidas; promovem eliminação de sódio e água, reduzindo o volume - um contrapeso aos mecanismos que retêm líquido.

Aplicação clínica: Vários medicamentos para hipertensão e insuficiência cardíaca agem nesses sistemas humorais, por exemplo bloqueando etapas do sistema renina-angiotensina para reduzir a vasoconstrição e a retenção de líquido.

AUTORREGULAÇÃO LOCAL: CADA TECIDO CUIDA DO SEU FLUXO

Além dos controles que atuam sobre todo o sistema, cada tecido tem certa capacidade de regular o próprio fluxo de acordo com sua atividade. Quando um tecido trabalha mais, ele acumula metabólitos e consome oxigênio; essas mudanças locais provocam dilatação das arteríolas da região, aumentando o aporte de sangue exatamente onde há maior demanda.

Esse mecanismo permite, por exemplo, que um músculo em exercício receba muito mais sangue, enquanto regiões menos ativas mantêm fluxo basal - tudo sem necessidade de um comando central para cada ajuste.

Conceito-chave: A autorregulação local é a forma de cada órgão “pedir” mais sangue quando precisa: a própria atividade do tecido dilata seus vasos e aumenta a perfusão.

INTEGRAÇÃO: O EXEMPLO DO EXERCÍCIO

Nada ilustra melhor a integração desses mecanismos do que o exercício. Ao iniciar uma atividade física intensa, o organismo precisa entregar muito mais oxigênio aos

músculos. A resposta é coordenada: o simpático acelera o coração e aumenta a força de contração, elevando o débito cardíaco; os vasos dos músculos ativos se dilatam por autorregulação local, recebendo mais sangue; e o tônus venoso e a bomba muscular aumentam o retorno venoso, alimentando a lei de Frank-Starling. O resultado é uma redistribuição eficiente, com mais sangue para onde ele é necessário.¹¹

Aplicação clínica: O treinamento físico regular torna esse ajuste mais eficiente: o coração passa a ejetar mais por batimento, e a frequência de repouso tende a cair. É a fisiologia cardiovascular se adaptando ao uso - base da reabilitação cardíaca.

RESUMO DO CAPÍTULO

- A circulação sistêmica é de alta pressão; a pulmonar, de baixa pressão (protege os capilares pulmonares).
- A regulação nervosa é rápida: barorreceptores → centro cardiovascular → coração e vasos.
- O simpático acelera o coração, aumenta a força e contrai vasos; o parassimpático freia a frequência.
- Mecanismos humorais (catecolaminas, renina-angiotensina-aldosterona, ADH, peptídeos natriuréticos) ajustam pressão e volume.
- A autorregulação local dilata os vasos dos tecidos mais ativos, ajustando o fluxo à demanda.
- No exercício, todos esses mecanismos atuam de forma integrada para aumentar e redistribuir o débito.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 5)

1. Compare a circulação sistêmica e a pulmonar quanto à pressão.
2. Por que a baixa pressão pulmonar é importante?
3. Descreva o arco do reflexo dos barorreceptores.
4. Quais os efeitos do simpático sobre o coração e os vasos?
5. Por que dizemos que, em repouso, há predomínio parassimpático sobre a frequência?
6. Cite dois mecanismos humorais e seus efeitos sobre a pressão.
7. Explique a autorregulação local com um exemplo.
8. Descreva como os mecanismos se integram durante o exercício.

CAPÍTULO 6

SANGUE E INTEGRAÇÃO CARDIOVASCULAR

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Descrever a composição do sangue: plasma e elementos figurados.
- Explicar o papel das hemácias no transporte de oxigênio e gás carbônico.
- Reconhecer, em visão geral, as funções das plaquetas e a hemostasia.
- Compreender como o sistema cardiovascular se integra a outros sistemas.
- Relacionar a composição do sangue ao desempenho do transporte.

O QUE É O SANGUE: O MEIO DE TRANSPORTE VIVO

O sangue é um tecido líquido especializado em transporte. Cerca de metade de seu volume é líquido (o plasma) e a outra metade é composta pelos elementos figurados (células e fragmentos celulares). Apesar de líquido, é um tecido: tem células próprias, funções específicas e é continuamente renovado.

- **Plasma:** parte líquida, formada sobretudo por água, na qual estão dissolvidos proteínas, nutrientes, hormônios, gases e resíduos. As proteínas plasmáticas, além de funções de transporte e defesa, exercem a força que ajuda a reter líquido nos vasos (importante na troca capilar).
- **Hemácias (eritrócitos):** as mais numerosas; especializadas no transporte de oxigênio.
- **Leucócitos:** células de defesa, atuantes na resposta imune.
- **Plaquetas:** fragmentos celulares essenciais para estancar sangramentos.

Conceito-chave: Sem o sangue, a bomba e os tubos não cumprem função alguma: é o meio que efetivamente carrega oxigênio, nutrientes e sinais por todo o corpo.

HEMÁCIAS E O TRANSPORTE DE GASES

As hemácias são especializadas em carregar oxigênio. Isso é possível graças à hemoglobina, a proteína que confere a cor vermelha ao sangue e que se liga ao oxigênio nos pulmões para liberá-lo nos tecidos. A forma das hemácias (discos bicôncavos) aumenta a superfície de troca e a flexibilidade para atravessar capilares estreitos.

O transporte de gás carbônico, produzido pelo metabolismo dos tecidos, também depende do sangue: parte é carregada pela hemoglobina, parte é transportada de outras formas no plasma, e o conjunto é levado de volta aos pulmões para ser eliminado. Esse vaivém de gases conecta diretamente o sistema cardiovascular ao respiratório.

Aplicação clínica: Quando a quantidade de hemoglobina cai (anemia), a capacidade de transportar oxigênio diminui. Para compensar, o coração pode acelerar e trabalhar mais - o que explica sintomas como cansaço e palpitação.

HEMOSTASIA: ESTANCAR SEM ENTUPIR

A **hemostasia** é o conjunto de mecanismos que estanca sangramentos quando um vaso é lesado. De forma simplificada, ela envolve três respostas que se sucedem: o vaso lesado se contrai, reduzindo o fluxo local; as plaquetas se aderem ao ponto da lesão e formam um tampão inicial; e uma cascata de proteínas leva à formação de uma rede de fibrina, que consolida o coágulo.

O equilíbrio é delicado: o sistema precisa coagular onde há lesão, mas não onde não deve, sob risco de obstruir vasos saudáveis. Por isso existem também mecanismos que limitam e, depois, dissolvem o coágulo quando ele não é mais necessário.

Erro comum: Pensar que coagular é sempre benéfico. A formação de coágulos em local indevido (trombose) pode obstruir o fluxo e causar danos graves - a mesma ferramenta que protege pode prejudicar quando se desregula.

INTEGRAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS

O sistema cardiovascular não trabalha isolado; ele é a via de conexão entre praticamente todos os sistemas do corpo:

- **Sistema respiratório:** o sangue capta oxigênio e libera gás carbônico nos pulmões; coração e pulmões formam uma unidade funcional cardiorrespiratória.
- **Sistema renal:** os rins ajustam o volume de líquido e a eliminação de sódio e água, influenciando diretamente a pressão arterial a longo prazo.
- **Sistema endócrino:** hormônios circulantes regulam frequência, calibre dos vasos, volume e contratilidade.
- **Sistema nervoso:** fornece o ajuste rápido por meio do controle autonômico e dos reflexos.

Essa integração explica por que doenças de um sistema repercutem no outro: problemas renais elevam a pressão; doenças pulmonares sobrecarregam o coração direito; distúrbios hormonais alteram frequência e pressão. Pensar de forma integrada é, muitas vezes, o que distingue o bom raciocínio clínico.

Conceito-chave: O sistema cardiovascular é o grande integrador do corpo: tudo que precisa circular passa por ele. Compreendê-lo é compreender como os sistemas conversam entre si.

RESUMO DO CAPÍTULO

- O sangue é um tecido líquido de transporte: plasma e elementos figurados em proporções semelhantes.
- As proteínas plasmáticas, além de transporte e defesa, ajudam a reter líquido nos vasos.
- Hemácias e hemoglobina transportam oxigênio; o gás carbônico também é levado pelo sangue aos pulmões.
- A hemostasia estanca sangramentos por vasoconstrição, tampão plaquetário e formação de fibrina.
- A coagulação em local indevido (trombose) é prejudicial: o equilíbrio é essencial.
- O sistema cardiovascular integra-se aos sistemas respiratório, renal, endócrino e nervoso.

QUESTÕES DE REVISÃO (CAPÍTULO 6)

1. Descreva a composição geral do sangue.
2. Qual a função das proteínas plasmáticas na troca capilar?
3. Como as hemácias transportam o oxigênio?
4. Por que a anemia pode causar cansaço e palpitação?
5. Descreva, em visão geral, as três etapas da hemostasia.
6. O que é trombose e por que ela é prejudicial?
7. Dê dois exemplos de integração do sistema cardiovascular com outros sistemas.
8. Explique por que um problema renal pode afetar a pressão arterial.

GLOSSÁRIO

Aorta: maior artéria do corpo; recebe o sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo.

Arteríola: pequena artéria de parede muscular; principal vaso de resistência e controle do fluxo.

Átrio: câmara superior do coração que recebe o sangue que chega.

Automatismo: capacidade do coração de gerar o próprio estímulo elétrico.

Barorreceptor: sensor de pressão na parede de grandes artérias; base do ajuste nervoso rápido.

Bulhas cardíacas: sons produzidos pelo fechamento das valvas (1ª: AV; 2ª: semilunares).

Capilar: vaso de parede fina onde ocorrem as trocas entre sangue e tecidos.

Ciclo cardíaco: sequência de sístole (contração) e diástole (relaxamento) de um batimento.

Contratilidade: força intrínseca de contração do miocárdio (inotropismo).

Débito cardíaco: volume de sangue ejetado pelo coração por minuto (frequência $\times$ volume sistólico).

Diástole: fase de relaxamento e enchimento das câmaras cardíacas.

Edema: acúmulo de líquido nos tecidos por desequilíbrio das forças capilares.

Endocárdio: revestimento interno do coração, em contato com o sangue.

Esqueleto fibroso: estrutura que sustenta as valvas e isola eletricamente átrios e ventrículos.

Hemoglobina: proteína das hemácias que transporta oxigênio.

Hemostasia: conjunto de mecanismos que estanca sangramentos.

Lei de Frank-Starling: maior enchimento (pré-carga) gera, dentro de limites, maior força de ejeção.

Marca-passo (nó SA): região do átrio direito que define a frequência cardíaca.

Miocárdio: camada média e contrátil da parede do coração.

Nó atrioventricular (AV): ponto de passagem elétrica entre átrios e ventrículos; impõe atraso útil.

Pericárdio: membrana de duas folhas que envolve o coração e reduz o atrito.

Pós-carga: resistência que o ventrículo vence para ejetar o sangue.

Pré-carga: grau de enchimento ventricular antes da contração.

Pressão arterial média: pressão de propulsão efetiva; define a perfusão dos órgãos.

Resistência vascular: oposição ao fluxo, determinada sobretudo pelo calibre dos vasos.

Retorno venoso: retorno do sangue ao coração, auxiliado por músculos, válvulas e respiração.

Sístole: fase de contração e ejeção do sangue.

Valva atrioventricular: valva entre átrio e ventrículo (tricúspide à direita; mitral à esquerda).

Valva semilunar: valva na saída dos ventrículos (pulmonar e aórtica).

Volume sistólico: volume de sangue ejetado a cada batimento.

REFERÊNCIAS

As referências estão organizadas em duas categorias: livros-texto consagrados de anatomia e fisiologia, que fundamentam a obra como um todo, e artigos de revisão que aprofundam tópicos específicos. As citações ao longo do texto seguem o estilo numérico (Vancouver) e remetem às entradas listadas a seguir.

Livros-texto

1. Hall JE, Hall ME. Guyton and Hall textbook of medical physiology. 15th ed. Philadelphia: Elsevier; 2025.
2. Koeppen BM, Stanton BA. Berne & Levy physiology. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2018.
3. Klabunde RE. Cardiovascular physiology concepts. 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2021.
4. Dalley AF, Agur AMR. Moore's clinically oriented anatomy. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2023.
5. Netter FH. Atlas of human anatomy. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2022.
6. Tortora GJ, Derrickson B. Principles of anatomy and physiology. 16th ed. Hoboken (NJ): Wiley; 2020.

Artigos de revisão

7. Monfredi O, Dobrzynski H, Mondal T, Boyett MR, Morris GM. The anatomy and physiology of the sinoatrial node - a contemporary review. Pacing Clin Electrophysiol. 2010;33(11):1392–1406. doi:10.1111/j.1540-8159.2010.02838.x
8. Manoj P, Kim JA, Kim S, Li T, Sewani M, Chelu MG, et al. Sinus node dysfunction: current understanding and future directions. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2023;324(3):H259–H278. doi:10.1152/ajpheart.00618.2022
9. Konhilas JP, Irving TC, de Tombe PP. Frank-Starling law of the heart and the cellular mechanisms of length-dependent activation. Pflugers Arch. 2002;445(3):305–310. doi:10.1007/s00424-002-0902-1
10. Levick JR, Michel CC. Microvascular fluid exchange and the revised Starling principle. Cardiovasc Res. 2010;87(2):198–210. doi:10.1093/cvr/cvq062
11. Fisher JP, Young CN, Fadel PJ. Autonomic adjustments to exercise in humans. Compr Physiol. 2015;5(2):475–512. doi:10.1002/cphy.c140022
12. Charkoudian N, Wallin BG. Sympathetic neural activity to the cardiovascular system: integrator of systemic physiology and interindividual characteristics. Compr Physiol. 2014;4(2):825–850. doi:10.1002/cphy.c130038

Como citar este e-book

Pereira RB, Marinho Neto E. Anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular: uma abordagem integrada [e-book]. Brasil; 2026.

BANCO DE 30 QUESTÕES FINAIS (CAPÍTULOS 1–6) + GABARITO

Este banco reúne 30 questões de revisão integrativa referentes aos conteúdos dos Capítulos 1 a 6 (introdução, anatomia do coração, fisiologia elétrica e ciclo cardíaco, vasos e hemodinâmica, regulação e sangue). O objetivo é consolidar os conceitos essenciais e estimular o raciocínio, conectando estrutura e função. As questões estão organizadas em múltipla escolha (1–18), verdadeiro/falso (19–24) e respostas curtas/casos (25–30). Recomenda-se responder primeiro sem consultar o texto e, ao final, usar o gabarito para identificar pontos de dúvida.

MÚLTIPLA ESCOLHA (1–18)

1. A diferença fundamental entre anatomia e fisiologia cardiovascular é que:

- a) a anatomia estuda a função e a fisiologia, a estrutura
- b) a anatomia estuda a estrutura e a fisiologia, a função
- c) ambas estudam apenas a pressão arterial
- d) ambas estudam apenas as valvas

2. Qual sequência representa corretamente o trajeto do sangue na circulação pulmonar?

- a) ventrículo esquerdo → pulmões → átrio direito
- b) ventrículo direito → pulmões → átrio esquerdo
- c) átrio esquerdo → corpo → átrio direito
- d) ventrículo direito → corpo → átrio esquerdo

3. A artéria pulmonar é peculiar porque:

- a) é a única artéria que leva sangue rico em oxigênio
- b) leva sangue pobre em oxigênio aos pulmões
- c) leva sangue do corpo ao coração
- d) não possui parede muscular

4. O ventrículo esquerdo tem parede mais espessa que o direito porque:

- a) recebe mais sangue dos átrios
- b) gera a alta pressão da circulação sistêmica

- c) contém o nó sinoatrial
- d) trabalha contra a baixa resistência pulmonar

5. As valvas atrioventriculares estão abertas:

- a) durante a ejeção ventricular
- b) durante o enchimento (relaxamento) ventricular
- c) apenas durante a primeira bulha
- d) o tempo todo, em condições normais

6. A camada da parede cardíaca responsável pela contração é o:

- a) endocárdio
- b) miocárdio
- c) epicárdio
- d) pericárdio fibroso

7. O esqueleto fibroso do coração tem como função:

- a) produzir o estímulo elétrico
- b) sustentar as valvas e isolar eletricamente átrios e ventrículos
- c) irrigar o miocárdio
- d) armazenar sangue

8. O marca-passo natural do coração é o:

- a) nó atrioventricular
- b) feixe de His
- c) nó sinoatrial
- d) as fibras de Purkinje

9. O atraso fisiológico no nó atrioventricular serve para:

- a) acelerar a contração ventricular
- b) permitir que os átrios terminem de encher os ventrículos antes da contração ventricular
- c) impedir o automatismo do nó SA
- d) fechar as valvas semilunares

10. A segunda bulha cardíaca corresponde ao fechamento das valvas:

- a) atrioventriculares
- b) semilunares
- c) coronárias
- d) venosas

11. O débito cardíaco é determinado por:

- a) pressão e resistência apenas
- b) frequência cardíaca e volume sistólico
- c) pré-carga e pós-carga apenas
- d) número de hemácias

12. Pela lei de Frank-Starling, dentro de certos limites:

- a) quanto menos o coração enche, mais ele ejeta
- b) o enchimento não influencia a força de contração
- c) quanto mais o coração enche, com mais força ele se contrai
- d) a frequência cardíaca determina a força

13. Os principais vasos de resistência, que controlam a distribuição do fluxo, são:

- a) as grandes artérias elásticas
- b) as arteríolas
- c) os capilares
- d) as veias

14. O fator que mais influencia a resistência vascular é:

- a) o comprimento do vaso
- b) a viscosidade do sangue
- c) o calibre (raio) do vaso
- d) a cor do sangue

15. O edema (acúmulo de líquido nos tecidos) pode resultar de:

- a) aumento das proteínas do plasma
- b) desequilíbrio das forças capilares, como queda das proteínas plasmáticas
- c) aumento do número de hemácias

d) vasoconstrição das veias

16. O reflexo dos barorreceptores atua principalmente:

- a) a longo prazo, ao longo de dias
- b) de forma rápida, em segundos, ajustando a pressão
- c) apenas durante o sono
- d) somente sobre a respiração

17. A estimulação simpática sobre o sistema cardiovascular tende a:

- a) reduzir a frequência e dilatar os vasos
- b) aumentar a frequência, a força de contração e contrair os vasos
- c) parar o coração
- d) agir apenas sobre os capilares

18. As hemácias transportam oxigênio graças à:

- a) fibrina
- b) hemoglobina
- c) albumina apenas
- d) presença de núcleo grande

VERDADEIRO OU FALSO (19–24)

19. As veias pulmonares transportam sangue rico em oxigênio dos pulmões para o átrio esquerdo. ()

20. O parassimpático é o principal responsável pela vasoconstrição da maioria dos leitos vasculares. ()

21. O fluxo coronariano para boa parte do miocárdio ocorre sobretudo durante a diástole. ()

22. As células marca-passo do nó sinoatrial não têm um repouso elétrico estável, o que gera o ritmo. ()

23. A pressão arterial média é exatamente a média aritmética entre a sistólica e a diastólica. ()

24. A coagulação do sangue em local indevido (trombose) pode obstruir o fluxo e causar dano. ()

RESPOSTAS CURTAS E CASOS (25–30)

25. Explique, em 2–3 frases, por que estrutura e função devem ser estudadas juntas no sistema cardiovascular.
26. Diferencie pré-carga, contratilidade e pós-carga, indicando como cada uma influencia o volume sistólico.
27. Cite três mecanismos que favorecem o retorno venoso e explique brevemente um deles.
28. Por que o fluxo coronariano depende da diástole? Relacione com o risco de frequências cardíacas muito elevadas.
29. Caso: um paciente apresenta queda de hemoglobina (anemia). Explique por que ele pode sentir cansaço e palpitação.
30. Caso: ao se levantar rapidamente, uma pessoa sente tontura passageira. Explique o fenômeno com base no reflexo dos barorreceptores.

GABARITO

Múltipla escolha e V/F:

1–b • 2–b • 3–b • 4–b • 5–b • 6–b • 7–b • 8–c • 9–b • 10–b • 11–b
• 12–c • 13–b • 14–c • 15–b • 16–b • 17–b • 18–b • 19–V • 20–F •
21–V • 22–V • 23–F • 24–V

Questões 25–30:

respostas abertas - confira pelo conteúdo dos capítulos correspondentes (Cap. 1 a 6). Use as questões como roteiro de revisão integrada entre estrutura e função.

REALIZAÇÃO:



ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



WWW.SEVENPUBLI.COM

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.