

T R A T A D O D E

# Fisiologia Médica



**GUYTON & HALL**

**SAUNDERS**



**ELSEVIER**

TRADUÇÃO DA 11ª EDIÇÃO

**Aesculapius**



T R A T A D O D E

# Fisiologia **Médica**

1 1 <sup>A</sup> E D I Ç ã O

**Arthur C. Guyton, M.D.<sup>†</sup>**

Professor Emeritus

Department of Physiology and Biophysics

University of Mississippi Medical Center

Jackson, Mississippi

<sup>†</sup>in memoriam

**John E. Hall, Ph.D.**

Professor and Chairman

Department of Physiology and Biophysics

University of Mississippi Medical Center

Jackson, Mississippi

**SAUNDERS**



ELSEVIER

Do original: Textbook of Medical Physiology, 11th Edition  
ISBN 0-7216-0240-1

Tradução autorizada do idioma inglês da edição publicada pela Saunders – um selo editorial Elsevier

©2006, Elsevier Ltda. Todos os direitos reservados.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998.

Nenhuma parte deste livro, poderá ser reproduzida ou transmitida sem autorização prévia por escrito da editora, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

#### Capa

Interface Designers Ltda.

#### Editoração Eletrônica

Futura

Elsevier Editora Ltda.

R. Sete de Setembro, 111 – 16º andar

20050-006 Centro Rio de Janeiro RJ

Telefone: (21) 3970-9300 Fax: (21) 2507-1991

E-mail: info@elsevier.com.br

Escritório São Paulo

Rua Quintana, 753/8º andar

CEP 04569-011 Brooklin São Paulo SP

Telefone: (11) 5105.8555

ISBN 978-85-352-1641-7

Edições anteriores, em inglês: 2006, 2000, 1996, 1991, 1986, 1981, 1976, 1971, 1966, 1961, 1956

#### NOTA

O conhecimento e a prática nesse campo está em permanente mudança. Os cuidados normais de segurança devem ser seguidos, mas, como as novas pesquisas e a experiência clínica ampliam nosso conhecimento, alterações no tratamento e terapia à base de drogas podem ser necessárias ou apropriadas. Os leitores são aconselhados a checar informações mais atuais dos produtos, fornecidas pelos fabricantes de cada droga a ser administrada, para verificar a dose recomendada, o método e a duração da administração e as contra-indicações. É responsabilidade do médico, com base na experiência e contando com o conhecimento do paciente, determinar as dosagens e o melhor tratamento para cada um individualmente. Nem o editor nem o autor assume qualquer responsabilidade por eventual dano ou perda a pessoas ou a propriedade originada por esta publicação.

O EDITOR

#### CIP-BRASIL CATALOGAÇÃO NA FONTE SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

G998t

Guyton, Arthur C., 1919-2003

Tratado de fisiologia médica / Arthur C. Guyton, John E. Hall : tradução de Barbara de Alencar Martins... [et al.]. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2006 – 4ª tiragem il.

Tradução de: Textbook of medical physiology, 11th  
ISBN 978-85-352-1641-7

1. Fisiologia humana. I. Hall, John E. (John Edward), 1946-. II. Título.

06-1774.

CDD 612  
CDU 612



A ilustração da capa foi obtida do catálogo *Opus 1972*, produzido por Virgil Cantini, Ph.D., com permissão do artista e do Mansfield State College, Mansfield, Pennsylvania.

Créditos da abertura do capítulo: Capítulo 43, adaptação de © Getty Images 21000058038; Capítulo 44, adaptação de © Getty Images 21000044598; Capítulo 84, adaptação de © Corbis.

# Revisão Científica

## **Charles Alfred Esbérard**

Doutor, Livre-Docente (Fisiologia) Uni-Rio

Prof. Emérito (Fisiologia) da UFES

Professor Titular (Fisiologia) da Faculdade de Medicina de Petrópolis

Professor Titular (Farmacologia) da Universidade Federal Fluminense - Aposentado

Professor Titular (Fisiologia) da Universidade do Rio de Janeiro (Uni-Rio) - Aposentado

## **José Cipolla Neto**

Pós-Doutorado em Neurociências na Universidade de Cambridge (Inglaterra), Universidade de Minnesota e National Institutes of Health (EUA) e Université Louis Pasteur, França

Doutor em Ciências (Fisiologia Humana) pela Universidade de São Paulo (USP)

Diretor do Laboratório de Neurobiologia do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da USP

# Tradução

## **Alcides Marinho Junior (Cap. 32)**

Professor Titular de Fisiologia do Curso de Medicina e Farmácia da Universidade Iguazu (UNIG)

## **Alexandre Vianna Aldighieri Soares (Caps. 69 a 72)**

Especialista em Clínica Médica e Endocrinologia

## **Andrea Delcorso (Caps. 1 a 3)**

Tradutora formada pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)

## **Bárbara de Alencar Leão Martins (Caps. 67, 68, 75 e 78)**

Médica Oncologista

## **Claudia Coana (Cap. 11)**

Tradutora

## **Debora Sitnik (Caps. 9 e 10)**

Residente em Clínica Médica - Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

## **Diego Alfaro (Caps. 14 a 19, 76 e 77)**

Graduado em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Pós-graduado em Acupuntura pelo Instituto de Acupuntura do Rio de Janeiro

## **Douglas Arthur Omena Futuro (Caps. 33 a 36, 38, 48 e 73)**

Médico Especialista em Ortopedia

## **Fabiana Buassaly (Caps. 28, 29, 41, 79 e Índice)**

Médica Veterinária

## **Hermínio de Mattos Filho (Cap. 27)**

Especialista em Oftalmologia pela Associação Médica Brasileira, PUC-RJ, Cremerj,

Membro Titular do Conselho Brasileiro de Oftalmologia

Membro Internacional da Academia Americana de Oftalmologia

**Leonardo Allevato Magalhães (Cap. 84)**

Mestrando em Ciência da Motricidade Humana na Universidade Castelo Branco

**Luísa Sá Barreto Pimentel (Cap. 45)**

Mestranda em Neurofarmacologia pela UFRJ

**Manoela D'Almeida Sande (Caps. 4 a 6 e 25)**

Tradutora

**Maria Inês Corrêa Nascimento (Caps. 30, 31, 39, 40, 62 a 65, 81, 82 e 83)**

Bacharel em Letras (Tradução Bilingüe) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ)

**Michelle Gralle Botelho (Caps. 57 a 61)**

Especialista em Dermatologia pela Associação Médica Brasileira

Residência em Dermatologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Doutorado em Química Biológica pelo Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ

**Nelson Gomes de Oliveira (Caps. 43 e 44)**

Médico do Trabalho Aposentado da Petrobras

**Raimundo Rodrigues Santos (Caps. 7, 8, 46 e 47)**

Especialista em Neurologia e Neurocirurgia

Mestre em Medicina pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

**Roberto Mogami (Caps. 26, 37 e 42)**

Professor Adjunto de Radiologia da UERJ

Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia

Médico Radiologista do Hospital Raphael de Paula Souza/MS

**Sergio Rachman (Cap. 12)**

Especialista em Psiquiatria pela Associação Médica Brasileira

Médico Psiquiatra do Hospital do Servidor Público Municipal de São Paulo

**Solange Castro Affeche (Caps. 53, 54 e 80)**

Pós-Doutorado em Fisiologia Celular e Biologia Molecular pela Université Louis Pasteur, França

Doutora em Ciências (Fisiologia Humana) pela USP

Pesquisadora do Laboratório de Farmacologia do Instituto Butantan, São Paulo

**Valdir de Souza Pinto (Caps. 20 a 24)**

Mestre em Infectologia e Saúde Pública pela Coordenação dos Institutos de Pesquisa da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo/Instituto de Infectologia Emílio Ribas

**Vilma Ribeiro de Souza Varga (Caps. 13, 49 a 52, 55, 56, 66 e 74)**

Graduada em Ciências Médicas pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Residência Médica em Neurologia Clínica no Hospital do Servidor Público Estadual de São Paulo

À

MINHA FAMÍLIA

*Por seu apoio incondicional, sua paciência,  
compreensão e amor*

---

A

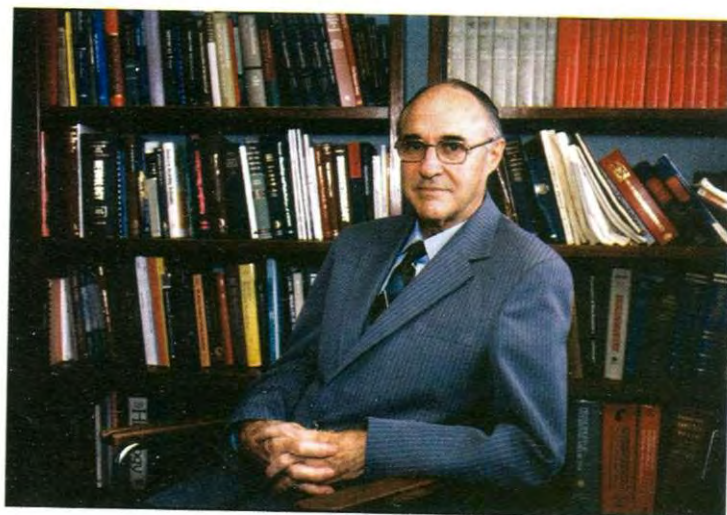
ARTHUR C. GUYTON

*Por sua pesquisa criativa e inovadora*

*Por sua dedicação à educação*

*Por demonstrar alegria e gosto pela fisiologia*

*E por servir como exemplo e inspiração*



*Arthur C. Guyton, M.D.*  
*1919–2003*



A perda repentina do Dr. Arthur C. Guyton em um acidente de automóvel no dia 3 de abril de 2003 chocou e entristeceu todos os privilegiados que o conheceram. Arthur Guyton foi um gigante no campo da fisiologia e da medicina, um líder entre os líderes, um mestre exemplar, um modelo de inspiração em todo o mundo.

Arthur Clifton Guyton nasceu em Oxford, Mississippi, filho do Dr. Billy S. Guyton, um especialista altamente respeitável em oftalmologia e otorrinolaringologia, que mais tarde se tornou Reitor da University of Mississippi Medical School, e de Kate Smallwood Guyton, uma professora de matemática e física, que foi uma missionária na China antes do casamento. Durante os anos de graduação, Arthur apreciava o trabalho de seu pai na Guyton Clinic, jogando xadrez e trocando histórias com William Faulkner, e desenvolvendo veleiros (um deles, inclusive, foi vendido mais tarde ao próprio Faulkner). Guyton também elaborou incontáveis dispositivos mecânicos e elétricos por toda a sua vida. Seu brilho logo veio à tona quando ele se formou como o melhor da turma na University of Mississippi. Mais tarde, Guyton se destacou na Harvard Medical School e iniciou seu estágio de pós-graduação em cirurgia no Massachusetts General Hospital.

Seu estágio na área de clínica médica foi interrompido duas vezes – uma para servir o exército durante a 2ª Guerra Mundial e outra, em 1946, por ter adquirido poliomielite durante o último ano de sua residência. Sofrendo de paralisia na perna direita, no braço esquerdo e em ambos os ombros, ele gastou nove meses em Warm Springs, Geórgia, em sua recuperação; nesse tempo, aplicou seu espírito inventor na elaboração da primeira cadeira de rodas motorizada, comandada por uma espécie de “controle-remoto”, e ainda na criação de um elevador motorizado para suspender os pacientes, de suportes especiais para as pernas, e de outros dispositivos para auxiliar o deficiente físico. Por essas invenções ele recebeu uma Condecoração Pública Presidencial.

Ele retornou a Oxford, onde se dedicou ao ensino e à pesquisa na University of Mississippi School of Medicine e recebeu o título de Presidente do Department of Physiology em 1948. Em 1951, foi nomeado um dos dez homens mais notáveis do país. Quando a University of Mississippi mudou sua Medical School para Jackson em 1955, ele rapidamente desenvolveu um dos programas de pesquisa cardiovascular mais premiados do mundo. Sua vida notável como cientista, autor e pai dedicado encontra-se detalhada em uma biografia publicada no momento de sua “aposentadoria” em 1989.<sup>1</sup>

**Um Grande Fisiologista.** As contribuições de Arthur Guyton na área da pesquisa, que abrangem mais de 600 trabalhos e 40 livros, são fabulosas e o colocam entre os maiores fisiologistas da história. Sua pesquisa abrangeu virtualmente todas as áreas da regulação cardiovascular e deu origem a muitos conceitos originais que, hoje em dia, constituem parte integral de nossa compreensão sobre os distúrbios cardiovasculares, como hipertensão, insuficiência cardíaca e edema. É difícil discutir a fisiologia cardiovascular sem incluir seus conceitos de débito cardíaco e retorno venoso, pressão negativa do líquido intersticial e regulação do volume desse líquido e do edema, regulação do fluxo sanguíneo tecidual e auto-regulação do fluxo sanguíneo corpóreo total, natriurese renal por pressão, e regulação da pressão sanguínea a longo prazo. De fato, os conceitos de Guyton sobre a regulação cardiovascular são encontrados em quase todos os grandes tratados de fisiologia. Esses conceitos tornaram-se tão familiares que, algumas vezes, sua origem é esquecida.

Um dos legados científicos mais importantes do Dr. Guyton foi a aplicação dos princípios de engenharia e análise de sistema na regulação cardiovascular. Ele empregou métodos matemáticos e gráficos para quantificar diversos aspectos da função circulatória, antes da ampla disponibilidade dos computadores. Guyton elaborou computadores analógicos e foi pioneiro na aplicação da análise de sistema, em grande escala, para projetar o sistema cardiovascular, antes do advento dos computadores digitais. A medida que esse modelo de computadores se tornou disponível, os modelos cardiovasculares de Guyton expandiram-se drasticamente, incluindo os rins e os líquidos corpóreos, os hormônios e o sistema nervoso autônomo, bem como as funções cardíacas e circulatórias.<sup>2</sup> Guyton também produziu a primeira análise de sistema abrangente sobre a regulação da pressão sanguínea. Essa abordagem singu-



lar na área de pesquisa sobre fisiologia antecedeu o surgimento da engenharia biomédica – um campo que ele ajudou a estabelecer e promover na fisiologia, direcionando a disciplina como uma ciência mais quantitativa do que descritiva.

E atribuído ao talento de Arthur Guyton o fato de seus conceitos sobre a regulação cardiovascular parecerem muitas vezes heréticos à primeira vista; no entanto, eles estimularam pesquisadores do mundo todo a testá-los experimentalmente. Hoje em dia, tais conceitos são amplamente aceitos. Na verdade, muitos dos conceitos de Guyton a respeito da regulação cardiovascular são componentes integrantes do que é ensinado atualmente em grande parte dos cursos de fisiologia médica. Eles continuam a ser a base das gerações dos fisiologistas cardiovasculares.

Dr. Guyton recebeu mais de 80 títulos por diversas organizações científicas e civis e universidades em todo o mundo. A seguir, estão expostos alguns dos prêmios particularmente relevantes à pesquisa cardiovascular: o Wiggers Award da American Physiological Society, o Ciba Award do Council for High Blood Pressure Research, o William Harvey Award da American Society of Hypertension, o Research Achievement Award da American Heart Association, e o Merck Sharp & Dohme Award da International Society of Hypertension. Em 1978, Guyton foi convidado pelo Royal College of Physicians em Londres a proferir uma palestra especial pelo 400º aniversário de William Harvey, o descobridor da circulação sanguínea.

O amor do Dr. Guyton pela fisiologia foi maravilhosamente articulado em seu discurso de presidente à American Physiological Society em 1975<sup>3</sup>, convenientemente intitulado *Physiology, a Beauty and a Philosophy*. Permita-me citar apenas um trecho de seu discurso: *A fisiologia é, na verdade, uma explicação da vida. Quem, seja um teólogo, um jurista, um doutor, um físico, sabe mais do que você, um fisiologista, sobre a vida? Que outro assunto é mais fascinante, mais excitante, ou mais belo do que a vida?*

**Um Mestre Honroso e Exemplar.** Embora os dotes do Dr. Guyton na área da pesquisa sejam fabulosos, suas contribuições como professor provavelmente tiveram um impacto muito maior. Guyton e sua admirável esposa Ruth criaram dez filhos, que tiveram carreiras médicas notáveis – uma façanha educacional marcante. Oito deles graduaram-se na Harvard Medical School, um em Duke Medical School, e o outro na University of Miami Medical School após receber um título de PhD em Harvard. Um artigo publicado na revista *Reader's Digest* em 1982 destacou a extraordinária vida de sua família.<sup>4</sup>

O sucesso dos filhos de Guyton não ocorreu por acaso. A filosofia de educação do Dr. Guyton era “aprenda a fazer.” Seus filhos participaram de inúmeros projetos familiares, como a projeção e a construção de suas casas e do sistema de aquecimento, da piscina, da quadra de tênis, de veleiros, carrinhos de mão e carrinhos elétricos, bem como de aparelhos domésticos e eletrônicos para sua empresa – a Oxford Instruments Company. Os programas de televisão *Good Morning America* e *20/20* descreveram o extraordinário ambiente doméstico criado por Arthur e Ruth Guyton para criarem sua família. A devoção por sua família é maravilhosamente expressa na dedicatória de seu *Tratado de Fisiologia Médica*<sup>5</sup>:

A

*Meu pai, por seus princípios intransigentes que guiaram minha vida*

*Minha mãe, por conduzir seus filhos à busca intelectual*

*Minha esposa, por sua esplêndida dedicação à família*

*Meus filhos, por tornarem tudo digno e valioso*

Dr. Guyton foi mestre da University of Mississippi por mais de 50 anos. Embora ele sempre estivesse bastante ocupado com as responsabilidades inerentes a seu cargo, à pesquisa, à elaboração de artigos e à ministração de aulas, ele sempre se mostrava disponível para falar com um aluno com dificuldades na matéria. E jamais aceitava um convite para proferir uma palestra de prestígio se coincidissem com seus horários de aula.

Sem dúvida, suas contribuições na educação também estão alcançando as gerações de estudantes graduados em fisiologia e os parceiros de pós-doutorado. Guyton treinou mais de 150 cientistas, e pelo menos 29 deles se tornaram presidentes de seus próprios departamentos e seis deles, presidentes da American Physiological Society. Guyton passava segurança e confiança de suas habilidades aos estudantes e enfatizava sua crença de que “As pessoas mais bem-sucedidas no mundo da pesquisa são autodidatas.” Ele insistia que seus estagiários integrassem seus achados experimentais a uma ampla estrutura conceitual, que incluía outros sistemas interativos. Essa abordagem comumente os levava a desenvolver uma análise quantitativa e uma melhor compreensão dos sistemas fisiológicos específicos estudados por eles. Ninguém foi mais prolífico em instruir líderes de fisiologia do que Arthur Guyton.

O *Tratado de Fisiologia Médica* do Guyton, publicado pela primeira vez em 1956, rapidamente se tornou o livro de fisiologia médica mais vendido no mundo. Ele tinha o dom de transmitir idéias complexas de forma clara e interessante, o que tornava o estudo de fisiologia uma prática prazerosa. Guyton escreveu o livro para ensinar seus alunos, e não para impressionar seus colegas de profissão. Sua popularidade entre os estudantes tornou seu tratado de fisiologia o livro mais amplamente empregado na história. Só essa conquista foi suficiente para garantir seu legado.

O *Tratado de Fisiologia Médica* começou como anotações de aulas expositivas no início dos anos 1950, quando o Dr. Guyton estava ministrando seu curso de fisiologia para estudantes de medicina na University of Mississippi. Ele percebeu que os estudantes estavam tendo dificuldades com os livros disponíveis e começaram a distribuir cópias dessas anotações. Ao descrever sua experiência, Dr. Guyton afirmava que “Muitos livros de fisiologia médica têm se tornado discursivos, pois foram escritos principalmente por professores de fisiologia para outros professores da mesma área, ou seja, em uma linguagem compreensível por outros profissionais de ensino, mas não para os estudantes de fisiologia médica.”<sup>6</sup>

Através de seu *Tratado de Fisiologia Médica* traduzido para 13 línguas, Guyton provavelmente foi o autor que mais ensinou fisiologia ao mundo. Ao contrário de muitos livros, que freqüentemente possuem 20 autores ou mais, as primeiras oito edições foram escritas inteiramente pelo Dr. Guyton – um feito inédito em quase toda a literatura

médica. Pelas muitas contribuições na educação médica, Dr. Guyton recebeu o prêmio Abraham Flexner Award (1996) da Association of American Medical Colleges (AAMC). De acordo com a AAMC, Arthur Guyton "...promoveu um impacto incomparável na educação médica nos últimos 50 anos." Ele também é homenageado todo ano pela The American Physiological Society com o prêmio Arthur C. Guyton Teaching Award.

**Um Modelo Inspirador.** As realizações do Dr. Guyton estenderam-se além da ciência, medicina e educação. Ele foi um modelo de inspiração tanto para a vida como para a ciência. Ninguém foi mais influente e inspirador em minha carreira científica do que o Dr. Guyton. Ele ensinou aos seus alunos muito mais do que fisiologia – ele nos ensinou vida, não tanto pelo que ele dizia, mas por sua coragem indescritível e dedicação aos mais altos padrões.

Guyton tinha uma capacidade peculiar de motivar as pessoas com seu espírito indomável. Embora ele tenha sido gravemente acometido por poliomielite, seus companheiros de trabalho jamais o consideravam um deficiente físico. Nós nos ocupávamos tentando acompanhá-lo! Sua mente brilhante, sua devoção incansável à ciência, educação e família, e sua personalidade cativavam alunos e estagiários, colegas de profissão, políticos, empresários, e quase todas as pessoas que o conheciam. Ele não sucumbiria aos efeitos da poliomielite. Sua coragem nos desafiou e inspirou. Guyton esperava e exigia o melhor das pessoas.

Celebremos a grandiosa vida de Arthur Guyton, reconhecendo uma enorme dívida de nossa parte. Ele nos con-

cedeu uma abordagem criativa e inovadora à pesquisa e muitos conceitos científicos recentes. Guyton forneceu um meio de compreensão da fisiologia a inúmeros estudantes em todo o mundo e contribuiu para que muitos de nós ingressassem em notáveis carreiras no campo da pesquisa. Ele inspirava praticamente a todos – com sua dedicação ao ensino, sua capacidade singular em trazer à tona o melhor daqueles que o cercavam, sua personalidade cordial e generosa, e sua intrepidez. Sentimos muito a sua falta, mas ele permanecerá em nossas memórias como um exemplo de brilhantismo do melhor da humanidade. Arthur Guyton foi um herói real para o mundo e seu legado é eterno.

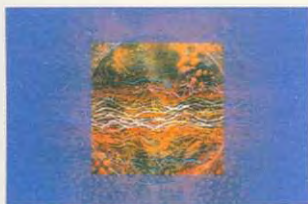
#### Referências

1. Brinson C, Quinn J: Arthur C. Guyton—His Life, His Family, His Achievements. Jackson, MS, Hederman Brothers Press, 1989.
2. Guyton AC, Coleman TG, Granger HJ: Circulation: overall regulation. *Ann Rev Physiol* 34:13–46, 1972.
3. Guyton AC: Past-President's Address. *Physiology, a Beauty and a Philosophy*. *The Physiologist* 8:495–501, 1975.
4. Bode R: A Doctor Who's Dad to Seven Doctors—So Far! *Readers' Digest*, December, 1982, pp. 141–145.
5. Guyton AC: *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia, Saunders, 1956.
6. Guyton AC: An author's philosophy of physiology textbook writing. *Adv Physiol Ed* 19:s1–s5, 1998.

JOHNE E. HALL  
Jackson, Mississippi







A primeira edição do *Tratado de Fisiologia Médica* foi escrita por Arthur C. Guyton há quase 50 anos. Ao contrário de muitos livros médicos importantes, que frequentemente apresentam 20 autores ou mais, as primeiras oito edições desse tratado foram totalmente escritas pelo Dr. Guyton, com o surgimento de uma nova edição em um intervalo de aproximadamente 40 anos. Com o passar dos anos, o livro do Dr. Guyton tornou-se amplamente utilizado em todo o

mundo, sendo traduzido para 13 línguas. A principal razão do sucesso exemplar da obra de Guyton estava em sua extraordinária capacidade de explicar princípios fisiológicos complexos em uma linguagem totalmente compreensível pelos estudantes. O principal objetivo do autor em cada edição era instruir os estudantes de fisiologia, e não impressionar seus colegas de profissão. Seu estilo de escrita sempre mantinha o tom de um professor falando diretamente com seus próprios alunos.

Tive o privilégio de trabalhar com o Dr. Guyton por quase 30 anos e a honra de ajudá-lo na 9ª e na 10ª edições. Com relação à 11ª edição, tive a mesma meta que as edições anteriores – explicar, em uma linguagem compreensível pelos estudantes, como os diferentes tecidos, órgãos e células do corpo humano atuam conjuntamente para a manutenção da vida. Essa tarefa representou um grande e empolgante desafio, já que nosso conhecimento rápido e crescente a respeito da fisiologia continua a elucidar novos mistérios das funções corpóreas. Foram desenvolvidas muitas técnicas recentes para o aprendizado da fisiologia molecular e celular. Conseguimos apresentar mais princípios da fisiologia na terminologia das ciências moleculares e físicas, do que meramente uma série de fenômenos biológicos isolados e inexplicáveis. Essa mudança é bem-vinda, mas também torna a revisão de cada capítulo uma necessidade.

Nesta edição, tentei manter a mesma organização uniformizada que se mostrou útil aos estudantes no passado e garantir uma abrangência suficiente ao livro a ponto de os estudantes desejarem utilizá-lo no futuro, como base para suas carreiras profissionais. Espero que esse livro transmita a grandiosidade do corpo humano e de suas funções diversas e ainda estimule os alunos a estudarem a fisiologia por toda sua carreira. A fisiologia corresponde ao elo entre as ciências básicas e a medicina. O grande encanto da fisiologia está em sua integração das funções individuais de todos os diferentes tecidos, órgãos e células do corpo em um todo funcional, o corpo humano. Na verdade, o corpo humano é muito mais do que a soma de suas partes, mas a vida depende, sobretudo, de sua funcionalidade total, não apenas da atuação de partes corpóreas isoladas das outras.

Isso nos traz uma importante questão: Como são coordenados os órgãos e os sistemas isolados para manter o funcionamento adequado de todo o corpo? Felizmente, nossos corpos são dotados de uma vasta rede de controles por *feedback*, que alcançam os equilíbrios necessários, sem os quais não seríamos capazes de sobreviver. O termo *homeostasia* é empregado pelos fisiologistas para descrever esse alto nível de controle corporal interno. Em estados patológicos, os equilíbrios funcionais são muitas vezes gravemente interrompidos, prejudicando a homeostasia. Além disso, até quando um único distúrbio atinge o seu limite, todo o corpo perde sua capacidade de sobrevivência. Uma das metas deste livro, portanto, é enfatizar a eficácia e a perfeição dos mecanismos de homeostasia do corpo, bem como apresentar suas funções anormais em processos patológicos.

Uma outra meta é ser o mais objetivo e exato possível. Algumas sugestões e críticas de muitos fisiologistas, estudantes e clínicos em todo o mundo foram pesquisadas e utilizadas para avaliar a precisão real e efetiva, bem como a harmonia do livro. Mesmo assim, há probabilidade de erro na seleção de muitas informações. Assim como os fisiologistas reconhecem a importância do *feedback* para o funcionamento adequado do corpo humano, o *feedback*/retorno dos leitores é igualmente importante para a melhoria progressiva de um livro de fisiologia. As diversas pessoas que já me ajudaram, envio meus sinceros votos de agradecimento.

Uma breve explicação a respeito de alguns aspectos da 11ª edição se faz necessária. Embora muitos dos capítulos tenham sido revisados incluindo novos

princípios de fisiologia, o livro foi rigorosamente monitorado quanto à limitação de seu volume, para que ele possa ser utilizado com eficiência nos cursos de fisiologia voltados aos estudantes de medicina e aos profissionais da área da saúde. Muitas das figuras também foram reproduzidas e, atualmente, estão em cores. Além disso, foram selecionadas novas referências, principalmente por sua descrição a respeito dos princípios fisiológicos, pela qualidade de suas próprias referências, e por sua fácil acessibilidade. Quero expressar meus sinceros agradecimentos a muitos outros colaboradores na preparação deste livro, inclusive

meus colegas do Department of Physiology & Biophysics da University of Mississippi Medical Center, que forneceram sugestões valiosas.

Por fim, tenho uma enorme dívida com o Dr. Arthur Guyton, por uma notável carreira na fisiologia, por seu companheirismo e amizade, pelo grande privilégio de colaborar com a elaboração do *Tratado de Fisiologia Médica*, e pela inspiração conferida a todos que o conheceram.

JOHNE E. HALL  
Jackson, Mississippi

# S U M Á R I O

## U N I D A D E I

### Introdução à Fisiologia: A Célula e Fisiologia Geral

#### C A P Í T U L O 1

<b>Organização Funcional do Corpo Humano e Controle do "Meio Interno"</b>	<b>3</b>
<b>As Células como Unidades Vivas do Corpo</b>	<b>3</b>
<b>Fluido Extracelular – O "Meio Interno"</b>	<b>3</b>
<b>Mecanismos "Homeostáticos" dos Principais Sistemas Funcionais</b>	<b>4</b>
Homeostasia	4
Sistema de Transporte e Mistura de Fluido Extracelular – O Sistema Circulatório do Sangue	4
Origem dos Nutrientes no Fluido Extracelular	5
Remoção dos Produtos Finais do Metabolismo	5
Regulação das Funções Corporais	5
Reprodução	5
<b>Sistemas de Controle do Corpo</b>	<b>6</b>
Exemplos de Mecanismos de Controle	6
Características dos Sistemas de Controle	7
<b>Resumo – Automaticidade do Corpo</b>	<b>9</b>

#### C A P Í T U L O 2

<b>A Célula e Suas Funções</b>	<b>11</b>
<b>Organização da Célula</b>	<b>11</b>
<b>Estrutura Física da Célula</b>	<b>12</b>
Estruturas Membranosas da Célula	12
O Citoplasma e Suas Organelas	12
Núcleo	7
Membrana Nuclear	17
Nucléolos e Formação de Ribossomos	8
<b>Comparação da Célula Animal com Formas Pré-celulares de Vida</b>	<b>18</b>
<b>Sistemas Funcionais da Célula</b>	<b>19</b>
Ingestão pela Célula-Endocitose	19
Digestão de Substâncias Estranhas, Pinocíticas e Fagocíticas dentro da Célula – Função dos Lisossomos	20
Síntese e Formação de Estruturas Celulares pelo Retículo Endoplasmático e Complexo de Golgi	20
<b>Extração de Energia dos Nutrientes – Função da Mitocôndria</b>	<b>22</b>
<b>Locomoção das Células</b>	<b>24</b>
Movimento Amebóide	24
Cílios e Movimento Ciliares	24

#### C A P Í T U L O 3

<b>Controle Genético da Síntese de Proteínas, Função Celular e Reprodução Celular</b>	<b>27</b>
<b>Genes no Núcleo Celular</b>	<b>27</b>
Código Genético	29
<b>O Código do DNA no Núcleo Celular é Transferido para um Código de RNA no Citoplasma Celular – O Processo de Transcrição</b>	<b>30</b>
Síntese de RNA	30

Montagem da Cadeia de RNA com os Nucleotídeos Ativados Usando a Fita de DNA como Molde – O Processo de "Transcrição"	31
RNA Mensageiro – Os Códonos	31
RNA de Transferência – Os Anticódonos	32
RNA Ribossômico	33
Formação de Proteínas nos Ribossomos – O Processo de "Transdução"	33
<b>Síntese de Outras Substâncias na Célula</b>	<b>35</b>
<b>Controle da Função do Gene e da Atividade Bioquímica nas Células</b>	<b>35</b>
Regulação Genética	35
Controle da Função Intracelular pela Regulação Enzimática	36
<b>O Sistema Genético - DNA também Controla a Reprodução Celular</b>	<b>37</b>
A Reprodução Celular começa com a Replicação do DNA	37
Cromossomos e Suas Replicações	38
Mitose Celular	38
Controle do Crescimento e da Reprodução Celular	39
<b>Diferenciação Celular</b>	<b>40</b>
<b>Apoptose – Morte Programada das Células Câncer</b>	<b>40</b>

## U N I D A D E I I

### Fisiologia da Membrana, Nervo e Músculo

#### C A P Í T U L O 4

<b>O Transporte de Substâncias Através da Membrana Celular</b>	
<b>A Barreira Lipídica da Membrana Celular e as Proteínas de Transporte da Membrana Celular</b>	<b>45</b>
<b>Difusão</b>	<b>46</b>
Difusão Através da Membrana Celular	46
Difusão pelos Canais Protéicos e as "Comportas" Desses Canais	47
Difusão Facilitada	47
Fatores que Afetam a Velocidade Efetiva da Difusão	50
Osmose Através de Membranas Seletivamente Permeáveis – "Difusão Efetiva" de Água	51
<b>"Transporte Ativo" de Substâncias Através das Membranas</b>	<b>52</b>
Transporte Ativo Primário	53
Transporte Ativo Secundário – Co-transporte e Contratransporte	54
Transporte Ativo Através das Camadas Celulares	55

#### C A P Í T U L O 5

<b>Potenciais de Membrana e Potenciais de Ação</b>	<b>57</b>
<b>Física Básica dos Potenciais de Membrana</b>	<b>57</b>
Potenciais de Membrana Causados pela Difusão	57
<b>Medida do Potencial de Membrana</b>	<b>58</b>



<b>Potencial de Repouso das Membranas dos Nervos</b>	<b>59</b>
Origem do Potencial de Repouso Normal da Membrana	60
<b>Potencial de Ação dos Nervos</b>	<b>61</b>
Os Canais de Sódio e Potássio Regulados pela Voltagem	62
<b>Os Papéis de Outros Íons no Potencial de Ação</b>	<b>64</b>
Resumo dos Eventos Causadores do Potencial de Ação	64
<b>Início do Potencial de Ação</b>	<b>65</b>
Propagação do Potencial de Ação	65
<b>Restabelecimento dos Gradientes Iônicos do Sódio e do Potássio após o Término do Potencial de Ação – A Importância do Metabolismo Energético</b>	<b>66</b>
<b>O Platô em Alguns Potenciais de Ação</b>	<b>66</b>
<b>Ritmidade de Alguns Tecidos</b>	
<b>Excitáveis – Descarga Repetitiva</b>	<b>67</b>
<b>Características Especiais da Transmissão dos Sinais nos Troncos Nervosos</b>	<b>68</b>
<b>Excitação – O Processo de Geração do Potencial de Ação</b>	<b>69</b>
“Período Refratário” Após o Potencial de Ação, durante o Qual um Novo Estímulo Não Pode Ser Evocado	70
Inibição da Excitabilidade – “Estabilizadores” e Anestésicos Locais	70
<b>Registro dos Potenciais de Membrana e dos Potenciais de Ação</b>	<b>70</b>
 <b>C A P Í T U L O 6</b>	
<b>Contração do Músculo Esquelético</b>	<b>72</b>
<b>Anatomia Fisiológica do Músculo Esquelético</b>	<b>72</b>
Fibra do Músculo Esquelético	72
<b>Mecanismo Geral da Contração Muscular</b>	<b>74</b>
<b>Mecanismo Molecular da Contração Muscular</b>	<b>74</b>
Características Moleculares dos Filamentos Contráteis	75
Efeito do Grau de Sobreposição dos Filamentos de Actina e de Miosina sobre o Desenvolvimento de Tensão pela Contração Muscular	77
Relação entre a Velocidade de Contração e a Carga	78
<b>Energética da Contração Muscular</b>	<b>78</b>
Rendimento do Trabalho durante a Contração Muscular	78
Fontes de Energia para a Contração Muscular	79
<b>Características da Contração do Músculo como um Todo</b>	<b>80</b>
Mecânica da Contração do Músculo Esquelético	81
Remodelação do Músculo para se Ajustar à sua Função	82
Rigidez Cadavérica ( <i>Rigor Mortis</i> )	83

<b>C A P Í T U L O 7</b>	
<b>Excitação do Músculo Esquelético: Transmissão Neuromuscular e Acoplamento Excitação-Contração</b>	<b>85</b>
<b>Transmissão dos Impulsos das Terminações Nervosas para as Fibras Musculares Esqueléticas: A Junção Neuromuscular</b>	<b>85</b>
Secreção de Acetilcolina pelos Terminais Nervosos	85
<b>Biologia Molecular da Formação e a Liberação da Acetilcolina</b>	<b>88</b>
<b>Drogas que Reforçam ou Bloqueiam a Transmissão na Junção Neuromuscular</b>	<b>88</b>
<b>Miastenia Gravis</b>	<b>89</b>
<b>Potencial de Ação Muscular</b>	<b>89</b>
Propagação do Potencial de Ação para o Interior da Fibra Muscular por Meio dos “Túbulos Transversos”	89
<b>Acoplamento Excitação-Contração</b>	<b>89</b>
Túbulo Transverso - Sistema Retículo Sarcoplasmático	89
Liberação dos Íons Cálcio pelo Retículo Sarcoplasmático	90

<b>C A P Í T U L O 8</b>	
<b>Contração e Excitação do Músculo Liso</b>	<b>92</b>
<b>Contração dos Músculos Lisos</b>	<b>92</b>
Tipos de Músculo Liso	92
Mecanismo Contrátil no Músculo Liso	93
Regulação da Contração pelos Íons Cálcio	95
<b>Controles Nervoso e Hormonal da Contração do Músculo Liso</b>	<b>95</b>
Junções Neuromusculares do Músculo Liso	95
Potenciais de Membrana e Potenciais de Ação no Músculo Liso	96
Efeito dos Fatores Teciduais Locais e dos Hormônios para Causar Contração do Músculo Liso Sem Potenciais de Ação	98
Fonte dos Íons Cálcio Provocam Contração (1) através da Membrana Celular e (2) a partir do Retículo Sarcoplasmático	99

## U N I D A D E I I I

### O Coração

<b>C A P Í T U L O 9</b>	
<b>O Músculo Cardíaco; O Coração como uma Bomba e a Função das Valvas Cardíacas</b>	<b>103</b>
<b>Fisiologia do Músculo Cardíaco</b>	<b>103</b>
Anatomia Fisiológica do Músculo Cardíaco	103
Potenciais de Ação no Músculo Cardíaco	104
<b>O Ciclo Cardíaco</b>	<b>106</b>
Diástole e Sístole	106
Relação do Eletrocardiograma com o Ciclo Cardíaco	107
Função dos Átrios como Bombas de Escorva	107
Função dos Ventrículos como Bombas	108
Funcionamento das Valvas	109
Curva da Pressão Aórtica	109

<b>Relação entre os Sons Cardíacos e o Bombeamento Cardíaco</b>	<b>109</b>
<b>Produção de Trabalho pelo Coração</b>	<b>110</b>
Análise Gráfica do Bombeamento Ventricular	110
<b>Energia Química Necessária para a Contração Cardíaca: O Uso de Oxigênio pelo Coração</b>	<b>111</b>
<b>Regulação do Bombeamento Cardíaco</b>	<b>111</b>
Regulação Intrínseca do Bombeamento Cardíaco –	
O Mecanismo de Frank-Starling	111
Efeito dos Íons Potássio e Cálcio no Funcionamento Cardíaco	113
Efeito da Temperatura no Funcionamento Cardíaco	114
O Aumento da Pressão Arterial (até Certo Limite) Não Reduz o Débito Cardíaco	114

<b>C A P Í T U L O 10</b>	
<b>Excitação Rítmica do Coração</b>	<b>116</b>
<b>O Sistema Excitatório e Condutor Especializado do Coração</b>	<b>116</b>
Nodo Sinusal (Sinoatrial)	116
As Vias Internodais e a Transmissão do Impulso Cardíaco pelos Átrios	118
O Nodo Atrioventricular e o Retardo na Condução do Impulso dos Átrios para os Ventrículos	118
Transmissão Rápida no Sistema de Purkinje Ventricular	119
Transmissão do Impulso Cardíaco pelo Músculo Ventricular	119
Resumo da Dispersão do Impulso Cardíaco ao Longo do Coração	120
<b>Controle da Excitação e da Condução no Coração</b>	<b>120</b>
O Nodo Sinusal como Marca-passo Cardíaco	120
O Papel das Fibras de Purkinje na Sincronia da Contração do Músculo Ventricular	121
Controle da Ritmicidade Cardíaca e Condução de Impulsos pelos Nervos Cardíacos: Os Nervos Simpáticos e Parassimpáticos	121

<b>C A P Í T U L O 11</b>	
<b>O Eletrocardiograma Normal</b>	<b>123</b>
<b>Características do Eletrocardiograma Normal</b>	<b>123</b>
Ondas de Despolarização Versus Ondas de Repolarização	123
Relação entre a Contração Atrial e a Ventricular e as Ondas do Eletrocardiograma	125
Calibração da Voltagem e do Tempo do Eletrocardiograma	125
<b>Métodos para o Registro de Eletrocardiogramas</b>	<b>126</b>
Aparelho para Registro com Pena Inscritora	126
<b>O Fluxo da Corrente em Redor do Coração Durante o Ciclo Cardíaco</b>	<b>126</b>
<b>Registro de Potenciais Elétricos de uma Massa de Músculo Cardíaco Sincicial Parcialmente Despolarizada</b>	<b>126</b>
O Fluxo das Correntes Elétricas no Tórax ao Redor do Coração	126
<b>Derivações Eletrocardiográficas</b>	<b>127</b>
As Três Derivações dos Membros Bipolares	127
As Derivações Torácicas (Derivações Precordiais)	129
As Derivações Unipolares Aumentadas	129

<b>C A P Í T U L O 12</b>	
<b>Interpretação Eletrocardiográfica das Anormalidades do Músculo Cardíaco e do Fluxo Sanguíneo Coronariano: Análise Vetorial</b>	<b>131</b>
<b>Princípios da Análise Vetorial dos Eletrocardiogramas</b>	<b>131</b>
Uso de Vetores para Representar Potenciais Elétricos	131
A Direção de um Vetor é Definida em Termos de Graus	131
Eixo para Cada Derivação Bipolar Padrão e Cada Derivação Unipolar dos Membros	131
<b>Análise Vetorial dos Potenciais Registrados em Diferentes Derivações</b>	<b>133</b>
<b>Análise Vetorial do Eletrocardiograma Normal</b>	<b>134</b>
Vetores que Ocorrem a Intervalos Sucessivos Durante a Despolarização dos Ventrículos – O Complexo QRS	134
Eletrocardiograma Durante a Repolarização – A Onda T	134
Despolarização dos Átrios – A Onda P	136
Vetorcardiograma	136
<b>Eixo Elétrico Médio do QRS Ventricular – E Seu Significado</b>	<b>137</b>
Determinação do Eixo Elétrico pelas Derivações Eletrocardiográficas Padronizadas	137
Condições Ventriculares Anormais Que Causam Desvio de Eixo	138
Condições Que Causam Voltagens Anormais do Complexo QRS	140
<b>Voltagem Aumentada nas Derivações Bipolares Padronizadas dos Membros</b>	<b>140</b>
Voltagem Diminuída do Eletrocardiograma	140
Padrões Prolongados e Bizarros do Complexo QRS	141
Complexo QRS Prolongado como Resultado de Hipertrofia ou Dilatação Cardíaca	141
Complexo QRS Prolongado Decorrente de Bloqueio do Sistema de Purkinje	141
Condições Que Causam Complexos QRS Bizarros	141
Corente de Lesão	141
Efeito da Corrente de Lesão no Complexo QRS	141
O Ponto J – O Potencial de Referência Zero para Analisar Corrente de Lesão	142
Isquemia Coronariana como Causa do Potencial de Lesão	143
<b>Anormalidades da Onda T</b>	<b>145</b>
Efeito da Condução Lenta da Onda de Despolarização nas Características da Onda T	145
Despolarização Encurtada em Porções do Músculo Ventricular como Causa de Anormalidades da Onda T	145

<b>C A P Í T U L O 13</b>	
<b>Arritmias Cardíacas e Sua Interpretação Eletrocardiográfica</b>	<b>147</b>
<b>Ritmos Sinusais Anormais</b>	<b>147</b>
Taquicardia	147
Bradicardia	147
Arritmia Sinusal	148

<b>Ritmos Anormais Que Decorrem de Bloqueio dos Sinais Cardíacos nas Vias de Condução Intracardíacas</b>	<b>148</b>
Bloqueio Sinoatrial	148
Bloqueio Atrioventricular	148
Bloqueio Atrioventricular Incompleto	149
Bloqueio Intraventricular Incompleto – Alternância Elétrica	150
<b>Contrações Prematuras</b>	<b>150</b>
Contrações Prematuras Atriais	150
Contrações Prematuras do Nodo A-V ou no Feixe A-V	150
Contrações Prematuras Ventriculares	151
<b>Taquicardia Paroxística</b>	<b>151</b>
Taquicardia Paroxística Atrial	152
Taquicardia Paroxística Ventricular	152
<b>Fibrilação Ventricular</b>	<b>152</b>
Fenômenos de Reentrada – “Movimentos Circulares”, a Base para a Fibrilação Ventricular	153
Mecanismo de Reação em Cadeia na Fibrilação	153
Eletrocardiograma na Fibrilação Ventricular	154
Desfibrilação dos Ventrículos por Eletrochoque	154
Bombeamento Manual do Coração (Ressuscitação Cardiorrespiratória) como Auxiliar da Desfibrilação	155
<b>Fibrilação Atrial</b>	<b>155</b>
<b>Flutter Atrial</b>	<b>156</b>
<b>Parada Cardíaca</b>	<b>156</b>

## U N I D A D E I V

### A Circulação

<b>C A P Í T U L O 1 4</b>	
<b>Visão Geral da Circulação; Física Médica da Pressão, Fluxo e Resistência</b>	<b>161</b>
<b>Características Físicas da Circulação</b>	<b>161</b>
<b>Teoria Básica da Função Circulatória</b>	<b>163</b>
<b>Inter-relações Entre Pressão, Fluxo e Resistência</b>	<b>164</b>
Fluxo Sangüíneo	164
Pressão Sangüínea	166
Resistência ao Fluxo Sangüíneo	167
Efeitos da Pressão sobre a Resistência Vascular e Fluxo Sangüíneo Tecidual	170

<b>C A P Í T U L O 1 5</b>	
<b>Distensibilidade Vascular e Funções dos Sistemas Arterial e Venoso</b>	<b>171</b>
<b>Distensibilidade Vascular</b>	<b>171</b>
Complacência Vascular (ou Capacitância Vascular)	171
Curvas de Volume-Pressão das Circulações Arterial e Venosa	172
Complacência Tardia (Estresse-Relaxamento) dos Vasos	172
<b>Pulsações da Pressão Arterial</b>	<b>173</b>
Transmissão dos Pulsos de Pressão para as Artérias Periféricas	174

Métodos Clínicos para as Medidas das Pressões Sistólica e Diastólica	175
<b>Veias e Suas Funções</b>	<b>176</b>
Pressões Venosas – Pressão Atrial Direita (Pressão Venosa Central) e Pressões Venosas Periféricas	176
Função de Reservatório de Sangue das Veias	179

<b>C A P Í T U L O 1 6</b>	
<b>A Microcirculação e o Sistema Linfático: Trocas Capilares, Líquido Intersticial e Fluxo de Linfa</b>	<b>181</b>
<b>Estrutura da Microcirculação e do Sistema Capilar</b>	<b>181</b>
<b>Fluxo de Sangue nos Capilares – Vasomotilidade</b>	<b>182</b>
<b>Função Média do Sistema Capilar</b>	<b>183</b>
<b>Troca de Água, Nutrientes e Outras Substâncias entre o Sangue e o Líquido Intersticial</b>	<b>183</b>
Difusão através da Membrana Capilar	183
<b>O Interstício e o Líquido Intersticial</b>	<b>184</b>
A Filtração de Líquido pelos Capilares é Determinada por Pressões Osmóticas e Hidrostáticas e Coloidais e pelo Coeficiente de Filtração Capilar	185
Pressão Hidrostática Capilar	186
Pressão Hidrostática do Líquido Intersticial	187
Pressão Coloidosmótica do Plasma	188
Pressão do Líquido Intersticial Coloidosmótica	188
Trocas de Líquido através da Membrana Capilar	189
Equilíbrio de Starling para a Troca Capilar	189
<b>Sistema Linfático</b>	<b>190</b>
Canais Linfáticos do Corpo	190
Formação da Linfa	191
Intensidade do Fluxo Linfático	192
O Papel do Sistema Linfático no Controle da Concentração de Proteína, Volume e Pressão do Líquido Intersticial	193

<b>C A P Í T U L O 1 7</b>	
<b>Controle Local e Humoral do Fluxo Sangüíneo pelos Tecidos</b>	<b>195</b>
<b>Controle Local do Fluxo Sangüíneo em Resposta às Necessidades Teciduais</b>	<b>195</b>
<b>Mecanismos de Controle do Fluxo Sangüíneo</b>	<b>196</b>
Controle Agudo do Fluxo Sangüíneo Local	196
Regulação do Fluxo Sangüíneo a Longo Prazo	200
Desenvolvimento de Circulação Colateral – Um Fenômeno a Longo Prazo da Regulação Local do Fluxo Sangüíneo	201
<b>Controle Humoral da Circulação</b>	<b>201</b>
Agentes Vasoconstritores	201
Agentes Vasodilatadores	202
Controle Vascular por Ions e Outros Fatores Químicos	202

<b>C A P Í T U L O 1 8</b>	
<b>Regulação Nervosa da Circulação e o Controle Rápido da Pressão Arterial</b>	<b>204</b>
<b>Regulação Nervosa da Circulação</b>	<b>204</b>
Sistema Nervoso Autônomo	204



<b>O Papel do Sistema Nervoso no Controle Rápido da Pressão Arterial</b>	<b>208</b>
Aumento na Pressão Arterial durante o Exercício Muscular e Outras Formas de Estresse	208
Mecanismos Reflexos para a Manutenção da Pressão Arterial Normal	209
Resposta Isquêmica do Sistema Nervoso Central – Controle da Pressão Arterial pelo Centro Vasomotor do Cérebro em Resposta à Diminuição do Fluxo Sangüíneo Cerebral	212
<b>Aspectos Especiais do Controle Nervoso da Pressão Arterial</b>	<b>213</b>
Papel dos Nervos e Músculos Esqueléticos no Aumento do Débito Cardíaco e da Pressão Arterial	213
Ondas Respiratórias na Pressão Arterial	214
Ondas "Vasomotoras" da Pressão Arterial – Oscilação dos Sistemas de Controle Reflexo da Pressão	214

## C A P Í T U L O 19

<b>O Papel Dominante dos Rins na Regulação a Longo Prazo da Pressão Arterial e na Hipertensão: O Sistema Integrado de Controle da Pressão</b>	<b>216</b>
<b>Sistema Rim-Líquidos Corporais para o Controle da Pressão Arterial</b>	<b>216</b>
Quantificação da Diurese de Pressão como Base para o Controle da Pressão Arterial	217
A Hipertensão Crônica (Pressão Sangüínea Alta) é Causada pelo Déficit de Excreção Renal de Líquido	220
<b>O Sistema Renina-Angiotensina: Seu Papel no Controle da Pressão e na Hipertensão</b>	<b>223</b>
Componentes do Sistema Renina-Angiotensina	223
Tipos de Hipertensão nos Quais Ocorre Participação da Angiotensina: Hipertensão Causada por Tumor Secretor de Renina ou por Infusão de Angiotensina II	226
Outros Tipos de Hipertensão Causados por Combinações de Sobrecarga de Volume e de Vasoconstrição	227
<b>"Hipertensão Primária (Essencial)"</b>	<b>228</b>
<b>Resumo do Sistema Integrado e Multifacetado para a Regulação da Pressão Arterial</b>	<b>230</b>

## C A P Í T U L O 20

<b>Débito Cardíaco, Retorno Venoso e Suas Regulações</b>	<b>232</b>
<b>Valores Normais para o Débito Cardíaco em Repouso e durante a Atividade</b>	<b>232</b>
<b>Controle do Débito Cardíaco pelo Retorno Venoso – Papel do Mecanismo de Frank-Starling do Coração</b>	<b>232</b>
A Regulação do Débito Cardíaco é a Soma das Regulações do Fluxo Sangüíneo em Todos os Tecidos Locais do Corpo – O Metabolismo Tecidual Regula a Maior Parte do Fluxo Sangüíneo Local	233

O Coração Tem Limites para o Débito Cardíaco que Pode Produzir	234
Qual é o Papel do Sistema Nervoso no Controle do Débito Cardíaco?	235
<b>Débitos Cardíacos Patologicamente Altos e Baixos</b>	<b>236</b>
Débito Cardíaco Aumentado Causado pela Redução da Resistência Periférica Total	236
Débito Cardíaco Baixo	237
Uma Análise mais Quantitativa da Regulação do Débito Cardíaco	237
Curvas de Débito Cardíaco Utilizadas na Análise Quantitativa	237
Curvas do Retorno Venoso	238
Análise do Débito Cardíaco e da Pressão Atrial Direita Utilizando, Simultaneamente, as Curvas do Débito Cardíaco e do Retorno Venoso	241
<b>Métodos de Medida do Débito Cardíaco</b>	<b>243</b>
Débito Pulsátil do Coração Medido por Fluxômetro Eletromagnético ou Ultra-Sônico	243
Medida do Débito Cardíaco Utilizando o Princípio do Oxigênio de Fick	244
Método de Diluição de Indicador para a Medida do Débito Cardíaco	244

## C A P Í T U L O 21

<b>Fluxo Sangüíneo pelos Músculos e o Débito Cardíaco durante o Exercício; a Circulação Coronária e a Cardiopatia Isquêmica</b>	<b>246</b>
<b>Fluxo Sangüíneo pelo Músculo Esquelético e a Regulação do Fluxo Sangüíneo durante o Exercício</b>	<b>246</b>
Frequência do Fluxo Sangüíneo pelos Músculos	246
Controle do Fluxo Sangüíneo pelos Músculos Esqueléticos	247
Reajustes Circulatórios Corpóreos Totais durante o Exercício	247
<b>Circulação Coronária</b>	<b>249</b>
Anatomia Fisiológica do Aporte Sangüíneo Coronário	249
Fluxo Sangüíneo Coronário Normal	249
Controle do Fluxo Sangüíneo Coronário	250
Aspectos Especiais do Metabolismo do Músculo Cardíaco	251
Cardiopatia Isquêmica	252
Causas de Morte após a Oclusão Coronária Aguda	253
Estágios da Recuperação do Infarto Agudo do Miocárdio	254
Função do Coração após Recuperação de Infarto do Miocárdio	255
Dor na Coronariopatia	255
Tratamento Cirúrgico da Doença Coronária	256

## C A P Í T U L O 22

<b>Insuficiência Cardíaca</b>	<b>258</b>
<b>Dinâmica da Circulação na Insuficiência Cardíaca</b>	<b>258</b>
Efeitos Agudos da Insuficiência Cardíaca Moderada	258

Estágio Crônico da Insuficiência – A Retenção de Líquidos Ajuda a Compensar o Débito Cardíaco	259
Resumo das Alterações que Ocorrem após Insuficiência Cardíaca Aguda – “Insuficiência Cardíaca Compensada”	260
Dinâmica da Insuficiência Cardíaca Grave – Insuficiência Cardíaca Descompensada	260
<b>Insuficiência Cardíaca Esquerda Unilateral</b>	<b>262</b>
<b>Insuficiência Cardíaca de Baixo Débito – Choque Cardiogênico</b>	<b>262</b>
<b>Edema em Pacientes com Insuficiência Cardíaca</b>	<b>263</b>
<b>Reserva Cardíaca</b>	<b>264</b>
Método Gráfico Quantitativo de Análise da Insuficiência Cardíaca	265

## C A P Í T U L O 23

### Valvas e Bulhas Cardíacas; Dinâmica dos Defeitos Cardíacos Valvulares e Congênitos

<b>Bulhas Cardíacas</b>	<b>269</b>
Bulhas Cardíacas Normais	269
Lesões Valvulares	271
<b>Dinâmica Circulatória Anormal nas Valvulopatias</b>	<b>272</b>
Dinâmica da Circulação na Estenose Aórtica e na Regurgitação Aórtica	272
Dinâmica da Estenose Mitral e da Regurgitação Mitral	273
Dinâmica Circulatória durante o Exercício em Pacientes com Lesões Valvulares	273
<b>Dinâmica Circulatória Anormal nos Defeitos Cardíacos Congênitos</b>	<b>274</b>
Persistência do Canal Arterial – Uma Derivação Esquerda-Direita	274
Tetralogia de Fallot – Uma Derivação Direita-Esquerda	274
Causas das Anomalias Congênitas	276
<b>Utilização da Circulação Extracorpórea durante Cirurgias Cardíacas</b>	<b>276</b>
<b>Hipertrofia Cardíaca nas Cardiopatias Valvulares e Congênitas</b>	<b>276</b>

## C A P Í T U L O 24

### Choque Circulatório e Fisiologia do Seu Tratamento

<b>Causas Fisiológicas do Choque</b>	<b>278</b>
Choque Circulatório Causado pela Diminuição do Débito Cardíaco	278
Choque Circulatório que Ocorre sem Diminuição do Débito Cardíaco	278
O Que Acontece com a Pressão Arterial no Choque Circulatório?	279
Deterioração Tecidual é o Resultado Final do Choque Circulatório, Independente da Causa	279
Estágios do Choque	279
<b>Choque Causado por Hipovolemia – Choque Hemorrágico</b>	<b>279</b>
Relação do Volume do Sangramento com o Débito Cardíaco e a Pressão Arterial	279
Choque Hemorrágico Progressivo e Não-progressivo	280

Choque Irreversível	284
Choque Hipovolêmico Causado pela Perda de Plasma	284
Choque Hipovolêmico Causado por Traumatismo	285
<b>Choque Neurogênico – Aumento da Capacidade Vascular</b>	<b>285</b>
<b>Choque Anafilático e Choque Histamínico</b>	<b>285</b>
<b>Choque Séptico</b>	<b>286</b>
<b>Fisiologia do Tratamento do Choque</b>	<b>286</b>
Terapia de Reposição	286
Tratamento do Choque com Fármacos Simpatomiméticos – Algumas Vezes Úteis, Outras Vezes Não	287
Outras Terapias	287
Parada Circulatória	287
Efeito da Parada Circulatória sobre o Cérebro	287

## U N I D A D E V

### Os Líquidos Corpóreos e os Rins

## C A P Í T U L O 25

### Os Compartimentos dos Líquidos Corporais: Líquidos Extracelular e Intracelular; Líquido Intersticial e Edema

<b>Entrada e Saída de Líquidos São Equilibradas em Condições Estáveis</b>	<b>291</b>
Ganho Diário de Água	291
Perda Diária de Água do Corpo	291
<b>Compartimentos de Líquidos Corporais</b>	<b>292</b>
Compartimento de Líquido Intracelular	293
Compartimento de Líquido Extracelular	293
<b>Volume Sangüíneo</b>	<b>293</b>
<b>Constituintes dos Líquidos Extracelular e Intracelular</b>	<b>293</b>
As Composições Iônicas do Plasma e do Líquido Intersticial São Similares	293
Constituintes Importantes do Líquido Intracelular	295
Medição dos Volumes dos Líquidos nos Diferentes Compartimentos do Corpo – O Princípio Indicador-Diluição	295
<b>Determinação do Volume de Diferentes Compartimentos de Líquidos Corpóreos</b>	<b>295</b>
<b>Regulação da Troca de Líquidos e Equilíbrio Osmótico Entre os Líquidos Intracelular e Extracelular</b>	<b>296</b>
<b>Princípios Básicos da Osmose e da Pressão Osmótica</b>	<b>296</b>
<b>Um Equilíbrio Osmótico é Mantido entre os Líquidos Intracelular e Extracelular</b>	<b>298</b>
<b>Volume e Osmolalidade dos Líquidos Extracelular e Intracelular em Estados Anormais</b>	<b>299</b>
<b>Efeito da Adição de Solução Salina ao Líquido Extracelular</b>	<b>299</b>
<b>Glicose e Outras Soluções Administradas com Objetivo Nutricional</b>	<b>301</b>
<b>Anormalidades Clínicas na Regulação do Volume dos Líquidos: Hiponatremia e Hipernatremia</b>	<b>301</b>

<b>Causas de Hiponatremia: Excesso de Água ou Perda de Sódio</b>	<b>301</b>
Causas de Hipernatremia: Perda de Água ou Excesso de Sódio	302
<b>Edema: Excesso de Líquido nos Tecidos</b>	<b>302</b>
Edema Intracelular	302
Edema Extracelular	302
Resumo das Causas de Edema Extracelular	303
Fatores de Segurança que Normalmente Previnem o Edema	304
Resumo dos Fatores de Proteção Que Previnem o Edema	305
<b>Líquidos nos "Espaços em Potencial" do Corpo</b>	<b>305</b>

## C A P Í T U L O 26

### Formação de Urina pelos Rins:

<b>I. Filtração Glomerular, Fluxo Sangüíneo Renal e seus Controles</b>	<b>307</b>
<b>Múltiplas Funções dos Rins na Homeostase</b>	<b>307</b>
Anatomia Fisiológica dos Rins	308
Organização Geral dos Rins e do Trato Urinário	308
Suprimento Sangüíneo Renal	309
O Néfron é a Unidade Funcional do Rim	310
<b>Micção</b>	<b>311</b>
<b>Anatomia Fisiológica e Conexões Nervosas da Bexiga</b>	<b>311</b>
<b>Inervação da Bexiga</b>	<b>312</b>
<b>Transporte da Urina do Rim à Bexiga através dos Uteres</b>	<b>312</b>
<b>Enchimento da Bexiga e Tônus da Parede Vesical; o Cistometrograma</b>	<b>312</b>
<b>Reflexo da Micção</b>	<b>313</b>
Facilitação ou Inibição da Micção pelo Cérebro	313
<b>Anormalidades da Micção</b>	<b>313</b>
<b>A Formação da Urina Resulta da Filtração Glomerular, Reabsorção Tubular e Secreção Tubular</b>	<b>314</b>
Filtração, Reabsorção e Secreção de Diferentes Substâncias	315
<b>Filtração Glomerular – O Primeiro Passo na Formação da Urina</b>	<b>316</b>
Composição do Filtrado Glomerular	316
A TFG Corresponde a cerca de 20% do Fluxo Plasmático Renal	316
Membrana Capilar Glomerular	316
<b>Determinantes da TFG</b>	<b>317</b>
O Aumento no Coeficiente de Filtração Capilar Glomerular Eleva a TFG	318
A Pressão Hidrostática Aumentada na Cápsula de Bowman Diminui a TFG	318
A Pressão Coloidosmótica Capilar Aumentada Reduz a TFG	318
A Pressão Hidrostática Glomerular Aumentada Eleva a TFG	319
<b>Fluxo Sangüíneo Renal</b>	<b>320</b>
Fluxo Sangüíneo Renal e Consumo de Oxigênio	320
Determinantes do Fluxo Sangüíneo Renal	320
O Fluxo Sangüíneo nos Vasa Recta da Medula Renal é Muito Baixo, Comparado ao Fluxo no Córtex Renal	321
Controle Fisiológico da Filtração Glomerular e Fluxo Sangüíneo Renal	321
A Ativação do Sistema Nervoso Simpático Diminui a TFG	321

Controle Hormonal e Autacóide da Circulação Renal	322
<b>Auto-regulação da TFG e Fluxo Sangüíneo Renal</b>	<b>323</b>
A Importância da Auto-regulação da TFG na Prevenção de Alterações Extremas na Excreção Renal	323
Papel do <i>Feedback</i> Tubuloglomerular na Auto-regulação da TFG	323
Auto-regulação Miogênica do Fluxo Sangüíneo Renal e TFG	325
Outros Fatores que Aumentam o Fluxo Sangüíneo Renal e a TFG: Alta Ingestão Protéica e Glicose Sangüínea Aumentada	325

## C A P Í T U L O 27

### Formação de Urina pelos Rins:

<b>II. Processamento Tubular do Filtrado Glomerular</b>	<b>327</b>
<b>Reabsorção e Secreção pelos Túbulos Renais</b>	<b>327</b>
A Reabsorção Tubular é Seletiva e Quantitativamente Grande	327
<b>A Reabsorção Tubular Inclui Mecanismos Passivos e Ativos</b>	<b>328</b>
Transporte Ativo	328
A Reabsorção Passiva de Água por Osmose Está Acoplada Principalmente à Reabsorção de Sódio	332
Reabsorção de Cloreto, Uréia e de Outros Solutos por Difusão Passiva	332
<b>Reabsorção e Secreção ao Longo de Porções Diferentes do Néfron</b>	<b>333</b>
Reabsorção Tubular Proximal	333
Transporte de Solute e Água na Alça de Henle	334
Túbulo Distal	336
Túbulo Distal Final e Túbulo Coletor Cortical	336
Ducto Coletor Medular	337
Resumo das Concentrações de Diferentes Solutos nos Diferentes Segmentos Tubulares	338
<b>Regulação da Reabsorção Tubular</b>	<b>339</b>
Equilíbrio Glomerulotubular – A Habilidade dos Túbulos em Aumentar a Taxa de Reabsorção em Resposta à Carga Tubular Aumentada	339
Forças Físicas do Líquido Capilar Peritubular e Intersticial Renal	339
Efeito da Pressão Arterial sobre o Débito Urinário – Os Mecanismos de Natriurese Pressórica e Diurese Pressórica	341
Controle Hormonal da Reabsorção Tubular	342
A Ativação do Sistema Nervoso Simpático Aumenta a Reabsorção de Sódio	343
<b>Uso de Métodos de Depuração para Quantificar a Função Renal</b>	<b>343</b>
A Depuração de Inulina Pode Ser Usada para Estimar a TFG	344
A Depuração de Creatinina e a Concentração Plasmática de Creatinina Podem Ser Usadas para Estimar a TFG	344
A Depuração de PAH Pode Ser Usada para Estimar o Fluxo Plasmático Renal	345



A Fração de Filtração é Calculada a partir da TFG Dividida pelo Fluxo Plasmático Renal	346
Cálculo da Reabsorção ou Secreção Tubular a partir de Depurações Renais	346
<b>C A P Í T U L O 28</b>	
<b>Regulação da Osmolaridade e da Concentração de Sódio do Líquido Extracelular</b>	<b>348</b>
<b>Os Rins Excretam o Excesso de Água pela Produção de uma Urina Diluída</b>	<b>348</b>
O Hormônio Antidiurético Controla a Concentração Urinária	348
Mecanismos Renais para a Excreção de uma Urina Diluída	349
<b>Os Rins Conservam Água Excretando Urina Concentrada</b>	<b>350</b>
Volume Urinário Obrigatório	350
Requerimentos para a Excreção de uma Urina Concentrada – Níveis Elevados do ADH e Medula Renal Hiperosmótica	350
O Mecanismo de Contracorrente Gera um Interstício Medular Renal Hiperosmótico	351
Papel do Túbulo Distal e dos Ductos Coletores na Excreção de Urina Concentrada	352
A Uréia contribui para um Interstício Medular Renal Hiperosmótico e para a Formação de Urina Concentrada	353
A Troca por Contracorrente nos Vasa Recta Mantém a Hiperosmolaridade da Medula Renal	354
Resumo do Mecanismo de Concentração Urinária e Alterações na Osmolaridade em Diferentes Segmentos dos Túbulos	355
<b>Quantificação da Concentração e Diluição de Urina pelos Rins: “Água Livre” e Depurações Osmolares</b>	<b>357</b>
<b>Distúrbios da Capacidade de Concentração Urinária</b>	<b>357</b>
<b>Controle da Osmolaridade e da Concentração de Sódio do Líquido Extracelular</b>	<b>358</b>
Estimativa da Osmolaridade Plasmática a partir da Concentração de Sódio no Plasma	358
<b>Sistema de Feedback Osmorreceptor-ADH</b>	<b>358</b>
Síntese de ADH pelos Núcleos Supra-ópticos e Paraventriculares do Hipotálamo e Liberação de ADH pela Glândula Hipófise Posterior	359
Estimulação Reflexa Cardiovascular da Liberação do ADH pela Queda na Pressão Arterial e/ou no Volume Sangüíneo	360
Importância Quantitativa dos Reflexos Cardiovasculares e da Osmolaridade na Estimulação da Secreção de ADH	360
Outros Estímulos para a Secreção de ADH	360
<b>O Papel da Sede no Controle da Osmolaridade e da Concentração de Sódio do Líquido Extracelular</b>	<b>361</b>
Centros da Sede no Sistema Nervoso Central	361
Estímulos para a Sede	361
Limiar para o Estímulo Osmolar da Ingestão de Água	362
Respostas Integradas dos Mecanismos Osmorreceptor-ADH e da Sede no Controle da Osmolaridade e da Concentração de Sódio do Líquido Extracelular	362

Papel da Angiotensina II e da Aldosterona no Controle da Osmolaridade do Líquido Extracelular e da Concentração do Sódio	362
<b>Mecanismo de Apetite pelo Sal para o Controle do Volume e da Concentração de Sódio no Líquido Extracelular</b>	<b>363</b>

<b>C A P Í T U L O 29</b>	
<b>Regulação Renal de Potássio, Cálcio, Fosfato e Magnésio; Integração dos Mecanismos Renais para o Controle dos Volumes do Sangue e do Líquido Extracelular</b>	<b>365</b>
<b>Regulação da Excreção e Concentração de Potássio no Líquido Extracelular</b>	<b>365</b>
Regulação da Distribuição Interna de Potássio	366
Visão Geral da Excreção Renal de Potássio	367
Secreção de Potássio pelas Células Principais dos Túbulos Coletores Corticais Distais Finais	367
Resumo dos Fatores Responsáveis que Regulam a Secreção de Potássio: Concentração Plasmática de Potássio, Aldosterona, Taxa de Fluxo Tubular e Concentração do Íon Hidrogênio	368
<b>Controle da Excreção Renal de Cálcio e da Concentração de Íon Cálcio Extracelular</b>	<b>371</b>
Controle da Excreção de Cálcio pelos Rins	372
Regulação da Excreção Renal de Fosfato	372
<b>Controle da Excreção Renal de Magnésio e da Concentração do Íon Magnésio Extracelular</b>	<b>373</b>
<b>Integração dos Mecanismos Renais para o Controle do Líquido Extracelular</b>	<b>373</b>
A Excreção de Sódio É Precisamente Equiparada à Ingestão Sob Condições Estáveis	373
Controle da Excreção do Sódio por Alteração nas Taxas de Filtração Glomerular ou Reabsorção Tubular de Sódio	374
<b>A Importância da Natriurese por Pressão e da Diurese por Pressão na Manutenção do Equilíbrio de Sódio e Água no Corpo</b>	<b>374</b>
Natriurese e Diurese por Pressão como Componentes Essenciais do Feedback Rim-Líquidos Corpóreos para a Regulação do Volume dos Líquidos Corpóreos e da Pressão Arterial	375
Precisão da Regulação dos Volumes de Sangue e do Líquido Extracelular	376
<b>Distribuição do Líquido Extracelular entre os Espaços Intersticiais e o Sistema Vascular</b>	<b>376</b>
<b>Fatores Nervosos e Hormonais Responsáveis pelo Aumento na Eficácia do Controle do Rim-Líquidos Corpóreos por Feedback</b>	<b>377</b>
Controle da Excreção Renal pelo Sistema Nervoso Simpático: Reflexos dos Barorreceptores Arteriais e dos Reflexos dos Receptores de Estiramento de Baixa Pressão	377
O Papel da Angiotensina II no Controle da Excreção Renal	377

O Papel da Aldosterona no Controle da Excreção Renal	378	Os Íons Bicarbonato Filtrados São Reabsorvidos pela Interação com Íons Hidrogênio nos Túbulos	391
O Papel do ADH no Controle da Excreção Renal de Água	379	Secreção Ativa Primária de Íons Hidrogênio nas Células Intercaladas do Final dos Túbulos Distais e Coletores	392
O Papel do Peptídio Natriurético Atrial no Controle da Excreção Renal	378	<b>Combinação de Excesso de Íons Hidrogênio com Tampões de Fosfato e Amônia no Túbulo – Um Mecanismo para Gerar “Novos” Íons Bicarbonato</b>	<b>392</b>
<b>Respostas Integradas às Alterações na Ingestão de Sódio</b>	<b>380</b>	O Sistema-Tampão de Fosfato Transporta o Excesso de Íons Hidrogênio para a Urina e Gera Novo Bicarbonato	393
Condições que Causam Grandes Aumentos dos Volumes de Sangue e de Líquido Extracelular	380	Excreção de Íons Hidrogênio em Excesso e Geração de Novo Bicarbonato pelo Sistema-Tampão de Amônia	393
Aumento dos Volumes de Sangue e de Líquido Extracelular Causados por Cardiopatias	380	<b>Quantificando a Excreção Ácido-Base Renal</b>	<b>394</b>
Aumento do Volume Sangüíneo Causado por uma Capacidade de Circulação Elevada	380	Regulação da Secreção Tubular Renal de Íons Hidrogênio	395
<b>Condições que Causam Grandes Aumentos do Volume de Líquido Extracelular mas com Volume Sangüíneo Normal</b>	<b>381</b>	<b>Correção Renal da Acidose – Maior Excreção de Íons Hidrogênio e Adição de Íons Bicarbonato ao Líquido Extracelular</b>	<b>396</b>
Síndrome Nefrótica – Perda das Proteínas Plasmáticas na Urina e Retenção de Sódio pelos Rins	381	A Acidose Diminui a Proporção de $\text{HCO}_3^-/\text{H}^+$ no Líquido Tubular Renal	396
Cirrose Hepática – Síntese Diminuída de Proteínas Plasmáticas pelo Fígado e Retenção de Sódio pelos Rins	381	<b>Correção Renal da Alcalose – Diminuição da Secreção Tubular de Íons Hidrogênio e Aumento da Excreção de Íons Bicarbonato</b>	<b>396</b>
<b>C A P Í T U L O 3 0</b>		A Alcalose Aumenta a Proporção de $\text{HCO}_3^-/\text{H}^+$ no Líquido Tubular Renal	396
<b>Regulação do Equilíbrio Ácido-Base</b>	<b>383</b>	<b>Causas Clínicas dos Distúrbios Acidobásicos</b>	<b>397</b>
<b>A Concentração do Íon Hidrogênio é Precisamente Regulada</b>	<b>383</b>	A Acidose Respiratória é Causada por Ventilação Diminuída e $\text{PCO}_2$ Aumentada	397
<b>Ácidos e Bases – Definições e Significados</b>	<b>383</b>	A Alcalose Respiratória é Causada por Ventilação Aumentada e $\text{PCO}_2$ Diminuída	397
<b>Defesas contra Mudanças na Concentração do Íon Hidrogênio: Tampões, Pulmões e Rins</b>	<b>384</b>	A Acidose Metabólica Resulta de Menor Concentração de Bicarbonato no Líquido Extracelular	397
<b>Tamponamento de Íons Hidrogênio nos Líquidos Corporais</b>	<b>385</b>	A Alcalose Metabólica é Causada pela Maior Concentração de Bicarbonato no Líquido Extracelular	398
<b>Sistema-Tampão do Bicarbonato</b>	<b>385</b>	<b>Tratamento da Acidose ou da Alcalose</b>	<b>398</b>
Tamponamento de Íons Hidrogênio nos Líquidos Corporais	385	<b>Medidas Clínicas de Análise dos Distúrbios Acidobásicos</b>	<b>398</b>
<b>Sistema-Tampão do Bicarbonato</b>	<b>385</b>	Distúrbios Acidobásicos Complexos e Uso de Nomograma Acidobásico para o Diagnóstico	399
Dinâmica Quantitativa do Sistema-Tampão de Bicarbonato	385	O Uso do Hiato Aniônico ( <i>Anion Gap</i> ) para Diagnosticar Distúrbios Acidobásicos	400
<b>Sistema-Tampão do Fosfato</b>	<b>387</b>	<b>C A P Í T U L O 3 1</b>	
<b>Proteínas: Importantes Tampões Intracelulares</b>	<b>387</b>	<b>Doenças Renais e Diuréticos</b>	<b>402</b>
<b>Princípio Isoidrático: Todos os Tampões em uma Solução Comum Estão em Equilíbrio com a Mesma Concentração de Íons Hidrogênio</b>	<b>388</b>	<b>Diuréticos e seus Mecanismos de Ação</b>	<b>402</b>
<b>Regulação Respiratória do Equilíbrio Ácido-Base</b>	<b>388</b>	Os Diuréticos Osmóticos Diminuem a Reabsorção de Água por Aumentarem a Pressão Osmótica do Líquido Tubular	402
A Expiração Pulmonar de $\text{CO}_2$ Equilibra a Formação Metabólica de $\text{CO}_2$	388	Diuréticos de “Alça” Reduzem a Reabsorção Ativa de Sódio-Cloreto-Potássio na Alça Ascendente Espessa de Henle	403
O Aumento da Ventilação Alveolar Diminui a Concentração de Íons Hidrogênio do Líquido Extracelular e Aumenta o pH	388	Os Diuréticos Tiazídicos Inibem a Reabsorção de Sódio-Cloreto no Túbulo Distal Inicial	404
O Aumento da Concentração de Íon Hidrogênio Estimula a Ventilação Alveolar	389	Os Inibidores da Anidrase Carbônica Bloqueiam a Reabsorção de Sódio-Bicarbonato nos Túbulos Proximais	404
<b>Controle Renal do Equilíbrio Ácido-Base</b>	<b>390</b>		
<b>Secreção de Íons Hidrogênio e Reabsorção de Íons Bicarbonato pelos Túbulos Renais</b>	<b>390</b>		
Os Íons Hidrogênio São Secretados por Transporte Ativo Secundário nos Segmentos Tubulares Iniciais	391		

Os Inibidores Competitivos da Aldosterona Diminuem a Reabsorção de Sódio e a Secreção de Potássio pelo Túbulo Coletor Cortical	404
Os Diuréticos que Bloqueiam os Canais de Sódio nos Túbulos Coletores Diminuem a Reabsorção de Sódio	404
<b>Doenças Renais</b>	<b>404</b>
<b>Insuficiência Renal Aguda</b>	<b>404</b>
Insuficiência Renal Aguda Pré-renal Causada por Menor Fluxo Sangüíneo para o Rim	405
Insuficiência Renal Aguda Intra-Renal Causada por Anormalidades no Interior do Rim	405
Insuficiência Renal Aguda Pós-renal Causada por Anormalidades do Trato Urinário Inferior	406
Efeitos Fisiológicos da Insuficiência Renal Aguda	406
<b>Insuficiência Renal Crônica:</b>	
<b>Uma Redução Irreversível no Número de Néfrons Funcionais</b>	<b>406</b>
O Círculo Vicioso da Insuficiência Renal Crônica Leva à Doença Renal Terminal	407
Lesão da Vasculatura Renal como Causa de Insuficiência Renal Crônica	408
Lesão dos Glomérulos como Causa de Insuficiência Renal Crônica – Glomerulonefrite	408
Lesão do Interstício Renal como Causa de Insuficiência Renal Crônica – Pielonefrite	409
Síndrome Nefrótica – Excreção de Proteína na Urina devida ao Aumento na Permeabilidade Glomerular	409
A Função do Néfron na Insuficiência Renal Crônica	409
Efeitos da Insuficiência Renal sobre os Líquidos Corpóreos – Uremia	411
Hipertensão e Doença Renal	412
<b>Distúrbios Tubulares Específicos</b>	<b>413</b>
<b>Tratamento da Insuficiência Renal por Diálise com um Rim Artificial</b>	<b>414</b>

## UNIDADE VI

### Células Sangüíneas, Imunidade e Coagulação Sangüínea

<b>CAPÍTULO 32</b>	
<b>Hemácias, Anemia e Policitemia</b>	<b>419</b>
<b>Hemácias (Eritrócitos)</b>	<b>419</b>
Produção de Hemácias	420
Formação da Hemoglobina	424
Metabolismo do Ferro	425
Meia-Vida e Destruição das Hemácias	426
<b>Anemias</b>	<b>426</b>
Efeitos da Anemia sobre o Sistema Circulatório	427
<b>Policitemia</b>	<b>427</b>
Efeito da Policitemia sobre o Funcionamento do Sistema Circulatório	428

<b>CAPÍTULO 33</b>	
<b>Resistência do Corpo à Infecção:</b>	
I. Leucócitos, Granulócitos, Sistema Monocítico-Macrofágico e Inflamação	429
Leucócitos (Glóbulos Brancos)	429
Características Gerais dos Leucócitos	429

Gênese dos Leucócitos	430
Tempo de Vida dos Leucócitos	431
<b>Os Neutrófilos e Macrófagos Fazem a Defesa contra as Infecções</b>	<b>431</b>
Fagocitose	431
<b>O Sistema Celular Monocítico-Macrofágico (Sistema Reticuloendotelial)</b>	<b>432</b>
<b>Inflamação: O Papel dos Neutrófilos e Macrófagos</b>	<b>434</b>
Inflamação	434
Respostas dos Macrófagos e Neutrófilos durante a Inflamação	434
<b>Eosinófilos</b>	<b>436</b>
<b>Basófilos</b>	<b>436</b>
<b>Leucopenia</b>	<b>436</b>
<b>As Leucemias</b>	<b>437</b>
Efeitos da Leucemia sobre o Corpo	437

## CAPÍTULO 34

### Resistência do Corpo à Infecção:

<b>II. Imunidade e Alergia</b>	<b>439</b>
<b>Imunidade Inata</b>	<b>439</b>
<b>Imunidade Adquirida (Adaptativa)</b>	<b>439</b>
Tipos Básicos de Imunidade Adquirida	440
Ambos os Tipos de Imunidade Adquirida São Desencadeados por Antígenos	440
Os Linfócitos São Responsáveis pela Imunidade Adquirida	440
Pré-processamento dos Linfócitos T e B	440
Linfócitos T e Anticorpos dos Linfócitos B	
Reagem de Modo Extremamente Específicos – O Papel dos Clones de Linfócitos	442
Origem dos Diversos Clones de Linfócitos	442
Atributos Específicos do Sistema dos Linfócitos B – A Imunidade Humoral e os Anticorpos	443
Atributos Especiais do Sistema dos Linfócitos T – Células T Ativadas e Imunidade Mediada por Células	446
Vários Tipos de Células T e Suas Diferentes Funções	446
Tolerância do Sistema de Imunidade Adquirida aos Tecidos da Própria Pessoa – O Papel do Pré-processamento no Timo e na Medula Óssea	448
Imunização pela Injeção de Antígenos	448
Imunidade Passiva	449
<b>Alergia e Hipersensibilidade</b>	<b>449</b>
Alergia Causada por Células T Ativadas:	
Alergia de Ação Retardada	449
Alergias no Indivíduo “Alérgico” Que Tem Excesso de Anticorpos IgE	449

## CAPÍTULO 35

<b>Tipos Sangüíneos; Transfusão; Transplante de Tecidos e de Órgãos</b>	<b>451</b>
<b>A Antigenicidade Causa Reações Imunes do Sangue</b>	<b>451</b>
<b>Tipos Sangüíneos ABO</b>	<b>451</b>
Antígenos A e B – Aglutinogênios	451
Aglutininas	452
Processo da Aglutinação nas Reações de Transfusão	452
Tipagem Sangüínea	453



<b>Tipos Sangüíneos Rh</b>	<b>453</b>
Resposta Imune Rh	453
Reações de Transfusão Resultantes de Tipos Sangüíneos Não-compatíveis	454
<b>Transplante de Tecidos e de Órgãos</b>	<b>455</b>
Tentativas de Superar as Reações Imunes no Tecido Transplantado	455

## C A P Í T U L O 3 6

<b>Hemostasia e Coagulação Sangüínea</b>	<b>457</b>
<b>Eventos na Hemostasia</b>	<b>457</b>
Constricção Vascular	457
Formação do Tampão Plaquetário	457
Coagulação Sangüínea no Vaso Lesado	458
Organização Fibrosa ou Dissolução do Coágulo Sangüíneo	458
<b>Mecanismo da Coagulação Sangüínea</b>	<b>459</b>
Conversão de Protrombina em Trombina	459
Conversão do Fibrinogênio em Fibrina – Formação do Coágulo	460
Círculo Vicioso de Formação do Coágulo	460
Desencadeamento da Coagulação: Formação do Ativador da Protrombina	461
Prevenção da Coagulação Sangüínea no Sistema Vascular Normal – Anticoagulantes Intravasculares	463
Lise dos Coágulos Sangüíneos – Plasmina	464
<b>Condições que Causam Sangramento Excessivo nos Seres Humanos</b>	<b>464</b>
Diminuição de Protrombina, Fator VII, Fator IX e Fator X Causada pela Deficiência de Vitamina K	464
Hemofilia	465
Trombocitopenia	465
<b>Condições Tromboembólicas no Ser Humano</b>	<b>465</b>
Trombose Venosa Femoral e Embolia Pulmonar Maciça	466
Coagulação Intravascular Disseminada	466
<b>Anticoagulantes para Uso Clínico</b>	<b>466</b>
Heparina como Anticoagulante Intravenoso	466
Cumarínicos como Anticoagulantes	466
Prevenção da Coagulação Sangüínea Fora do Corpo	466
<b>Testes de Coagulação Sangüínea</b>	<b>467</b>
Tempo de Sangramento	467
Tempo de Coagulação	467
Tempo de Protrombina	467

## U N I D A D E V I I

### Respiração

## C A P Í T U L O 3 7

<b>Ventilação Pulmonar</b>	<b>471</b>
<b>Mecânica da Ventilação Pulmonar</b>	<b>471</b>
Músculos que Produzem a Expansão e a Contração Pulmonares	471
Movimento do Ar para Dentro e para Fora dos Pulmões e as Pressões que Causam o Movimento	472
Efeito da Caixa Torácica na Expansibilidade Pulmonar	474

Volumes e Capacidades Pulmonares	475
<b>Registro das Mudanças no Volume Pulmonar – Espirometria</b>	<b>475</b>
Abreviações e Símbolos Usados nos Estudos de Função Pulmonar	476
Determinação da Capacidade Residual Funcional, Volume Residual e Capacidade Pulmonar Total – Método de Diluição do Hélio	476
<b>A Ventilação-Minuto é Igual à Frequência Respiratória Vezes Volume Corrente</b>	<b>477</b>
Ventilação Alveolar	477
“Espaço Morto” e seu Efeito na Ventilação Alveolar	477
Taxa de Ventilação Alveolar	478
<b>Funções das Vias Respiratórias</b>	<b>478</b>
Traquéia, Brônquios e Bronquíolos	478
Funções Respiratórias Normais do Nariz	480
Vocalização	481

## C A P Í T U L O 3 8

<b>Circulação Pulmonar, Edema Pulmonar, Líquido Pleural</b>	<b>483</b>
<b>Anatomia Fisiológica do Sistema Circulatorio Pulmonar</b>	<b>483</b>
<b>Pressões no Sistema Pulmonar</b>	<b>483</b>
<b>Volume Sangüíneo dos Pulmões</b>	<b>484</b>
<b>O Fluxo de Sangue através dos Pulmões e sua Distribuição</b>	<b>485</b>
<b>Efeito dos Gradientes de Pressão Hidrostática nos Pulmões sobre o Fluxo Sangüíneo Regional Pulmonar</b>	<b>485</b>
Zonas 1, 2 e 3 de Fluxo Sangüíneo Pulmonar	485
Efeito do Aumento do Débito Cardíaco sobre o Fluxo Sangüíneo Pulmonar e Pressão Arterial Pulmonar durante o Exercício Intenso	486
Função da Circulação Pulmonar Quando a Pressão Atrial Esquerda se Eleva como Resultado de uma Insuficiência Cardíaca Esquerda	487
<b>Dinâmica do Capilar Pulmonar</b>	<b>487</b>
Troca de Líquidos nos Capilares Pulmonares e Dinâmica dos Líquidos no Interstício Pulmonar	487
Edema Pulmonar	488
<b>Líquido na Cavidade Pleural</b>	<b>489</b>

## C A P Í T U L O 3 9

<b>Princípios Físicos da Troca Gasosa; Difusão de Oxigênio e Dióxido de Carbono através da Membrana Respiratória</b>	<b>491</b>
<b>Física da Difusão Gasosa e Pressões Parciais dos Gases</b>	<b>491</b>
Base Molecular da Difusão Gasosa	491
Pressões Gasosas em uma Mistura de Gases – “Pressões Parciais” de Gases Individuais	491
Pressão dos Gases Dissolvidos na Água e nos Tecidos	492
Pressão de Vapor da Água	492
Difusão de Gases Através dos Líquidos – A Diferença de Pressão Causa a Difusão Resultante	493

Difusão dos Gases através dos Tecidos	493
<b>Composição do Ar Alveolar – Sua Relação com o Ar Atmosférico</b>	<b>493</b>
Taxa em que o Ar Alveolar é Renovado pelo Ar Atmosférico	494
Concentração de Oxigênio e Pressão Parcial nos Alvéolos	494
Concentração e Pressão Parcial do CO <sub>2</sub> nos Alvéolos	495
Ar Expirado	495
<b>Difusão de Gases através da Membrana Respiratória</b>	<b>496</b>
Fatores que Afetam a Taxa de Difusão Gasosa através da Membrana Respiratória	498
Capacidade de Difusão da Membrana Respiratória	498
Efeito da Razão Ventilação-Perfusão na Concentração de Gás Alveolar	499
Diagrama de VA/Q Po <sub>2</sub> -Pco <sub>2</sub> , Conceito de “Desvio Fisiológico” (Quando VA/Q Está Abaixo do Normal)	500
Conceito do “Espaço Morto Fisiológico” (Quando VA/Q Estiver Acima do Normal)	500
Anormalidades da Relação Ventilação-Perfusão	501

## C A P Í T U L O 4 0

### Transporte de Oxigênio e Dióxido de Carbono no Sangue e nos Líquidos Teciduais

502

#### Transporte de Oxigênio dos Pulmões para os Tecidos Corporais

502

Difusão do Oxigênio dos Alvéolos para o Sangue Capilar Pulmonar	502
Transporte de Oxigênio no Sangue Arterial	503
Difusão de Oxigênio dos Capilares Pulmonares para o Líquido Tecidual	503
Difusão de Oxigênio dos Capilares Periféricos para as Células Teciduais	504
Difusão de Dióxido de Carbono das Células Teciduais Periféricas para os Capilares e dos Capilares Pulmonares para os Alvéolos	504
O Papel da Hemoglobina no Transporte de Oxigênio	505
Combinação Reversível de Oxigênio com Hemoglobina	505
Efeito “Tampão” da Hemoglobina na PO <sub>2</sub> Tecidual	507
Fatores que Desviam a Curva de Dissociação de Oxigênio-Hemoglobina – Sua Importância no Transporte do Oxigênio	507
Utilização Metabólica do Oxigênio Pelas Células	508

#### Transporte de Oxigênio em Estado Dissolvido

509

Combinação de Hemoglobina com Monóxido de Carbono – Deslocamento do Oxigênio	509
Transporte de Dióxido de Carbono no Sangue	510
Formas Químicas nas Quais o Dióxido de Carbono é Transportado	510
Curva de Dissociação do Dióxido de Carbono Quando o Oxigênio se Liga à Hemoglobina, o Dióxido de Carbono é Liberado (Efeito Haldane) Aumentando o Transporte de CO <sub>2</sub>	511
Mudança na Acidez do Sangue durante o Transporte de Dióxido de Carbono	512

#### Relação de Troca Respiratória

512

## C A P Í T U L O 4 1

### Regulação da Respiração

514

#### Centro Respiratório

514

Grupo Respiratório Dorsal de Neurônios – Seu Controle na Inspiração e no Ritmo Respiratório	514
Limitação do Período da Inspiração e Aumento da Frequência Respiratória por um Centro Pneumotáxico	514
Grupo Respiratório Ventral de Neurônios – Funções Tanto na Inspiração como na Expiração	515
Sinais de Insuflação Pulmonar Limitam a Inspiração – O Reflexo de Insuflação de Hering-Breuer	515
Controle da Atividade Global do Centro Respiratório	516

#### Controle Químico da Respiração

516

Controle Químico Direto da Atividade do Centro Respiratório pelo Dióxido de Carbono e pelos Íons de Hidrogênio	516
--	-----

#### Sistema Quimiorreceptor Periférico para o Controle da Atividade Respiratória – O Papel do Oxigênio no Controle Respiratório

518

Ventilação Alveolar pela Baixa PO <sub>2</sub> Arterial em Caso de Manutenção na Normalidade nas Concentrações Arteriais do Dióxido de Carbono e dos Íons de Hidrogênio	519
Estimulação Ainda Maior da Respiração pela Inalação Crônica de Baixos Níveis de Oxigênio – O Fenômeno de “Aclimatização”	519
Efeitos Mistos da PCO <sub>2</sub> , do pH e da PO <sub>2</sub> sobre a Ventilação Alveolar	519

#### Regulação da Respiração Durante o Exercício Físico

520

#### Outros Fatores Influenciam a Respiração

521

Respiração Periódica	522
Apnéia do Sono	522

## C A P Í T U L O 4 2

### Insuficiência Respiratória – Fisiopatologia, Diagnóstico, Terapia com Oxigênio

524

Métodos Úteis no Estudo das Anormalidades Respiratórias	524
Estudo dos Gases e do pH Sangüíneos	524
Medida do Fluxo Expiratório Máximo	525
Capacidade Vital Expiratória Forçada e Volume Expiratório Forçado	526

#### Peculiaridades Fisiológicas de

#### Anormalidades Pulmonares Específicas

526

Enfisema Pulmonar Crônico	526
Pneumonia	527
Atelectasia	528
Asma	529
Tuberculose	530

#### Hipoxia e Terapia com Oxigênio

530

Terapia com Oxigênio em Diferentes Tipos de Hipoxia	530
Cianose	531

#### Hipercapnia

531

Dispnéia	532
----------	-----

#### Respiração Artificial

532

## UNIDADE VIII

### Fisiologia em Aviação, Espaço Aéreo e Mergulho em Alto Mar

#### CAPÍTULO 43

#### Fisiologia em Aviação, Altas Altitudes e Espacial

#### Efeitos da Baixa Pressão de Oxigênio sobre o Corpo 537

PO<sub>2</sub> Alveolar em Diferentes Altitudes 538

O Efeito de Respirar Oxigênio Puro sobre  
a PO<sub>2</sub> Alveolar em Diferentes Altitudes 538

Efeitos Agudos da Hipoxia 538

Aclimação à Baixa PO<sub>2</sub> 539

Aclimação Natural dos Seres Humanos

Nativos que Vivem em Altas Altitudes 540

Capacidade de Trabalho Reduzida em Altas

Altitudes e o Efeito Positivo da Aclimação 540

Doença Aguda das Montanhas e Edema

Pulmonar de Alta Altitude 540

Doença Crônica das Montanhas 541

#### Efeitos das Forças de Aceleração sobre o Corpo em Fisiologia Aeroespacial 541

Forças de Aceleração Centrífuga 541

Efeitos de Forças de Aceleração Linear sobre

o Corpo 542

#### "Clima Artificial" na Espaçonave Vedada 543

#### Imponderabilidade no Espaço 543

#### CAPÍTULO 44

#### Fisiologia de Mergulho Marítimo Profundo e Outras Condições Hiperbáricas 545

#### Efeitos de Altas Pressões Parciais de Gases Individuais sobre o Organismo 545

Narcole por Nitrogênio em Altas Pressões

de Nitrogênio 545

Toxicidade do Oxigênio em Altas Pressões 546

Toxicidade pelo Dióxido de Carbono a

Grandes Profundezas no Mar 547

Descompressão do Mergulhador após

Exposição Excessiva a Alta Pressão 547

#### Mergulho Autônomo (com Scuba: Self- contained Underwater Breathing Apparatus) 549

#### Problemas Fisiológicos Especiais em Submarinos 550

#### Oxigenoterapia Hiperbárica 550

## UNIDADE IX

### O Sistema Nervoso: A. Princípios Gerais e Fisiologia Sensorial

#### CAPÍTULO 45

#### Organização do Sistema Nervoso Central, Funções Básicas das Sinapses e "Substâncias Neurotransmissoras" 555

#### Plano Geral do Sistema Nervoso 555

Neurônio do Sistema Nervoso Central:  
A Unidade Funcional Básica 555

Divisão Sensorial do Sistema Nervoso –  
Os Receptores Sensoriais 555

Divisão Motora do Sistema Nervoso –  
Os Efetores 556

Processamento de Informações – Função  
"Integrativa" do Sistema Nervoso 556

Armazenamento da Informação – Memória 557

#### Principais Níveis Funcionais do Sistema Nervoso Central 557

Nível da Medula Espinhal 557

Nível Cerebral Inferior ou Subcortical 558

Nível Cerebral Superior ou Cortical 558

#### Comparação do Sistema Nervoso com um Computador 558

#### Sinapses do Sistema Nervoso Central 559

Tipos de Sinapses – Químicas e Elétricas 559

Anatomia Fisiológica da Sinapse 559

Substâncias Químicas que Funcionam como

Transmissores Sinápticos 562

Eventos Elétricos durante a Excitação Neuronal 564

Eventos Elétricos durante a Inibição Neuronal 566

Funções Especiais dos Dendritos na

Excitação Neuronal 568

Relação entre Estado de Excitação do

Neurônio e Frequência Disparo 569

#### Algumas Características Especiais da Transmissão Sináptica 570

#### CAPÍTULO 46

#### Receptores Sensoriais e Circuitos Neuronais para o Processamento das Informações 572

#### Tipos de Receptores Sensoriais e os Estímulos Sensoriais que Eles Detectam 572

Sensibilidade Diferencial dos Receptores 572

#### Transdução dos Estímulos Sensoriais em Impulsos Nervosos 573

Correntes Elétricas Locais nas Terminações

Nervosas – Potenciais Receptores 573

Adaptação dos Receptores 575

#### Fibras Nervosas que Transmitem Diferentes Tipos de Sinais e sua Classificação Fisiológica 576

#### Transmissão de Sinais de Diferentes Intensidades nos Tratos Nervosos – Somação Espacial e Temporal 577

#### Transmissão e Processamento dos Sinais em Agrupamentos Neuronais 578

Transmissão de Sinais através de

Agrupamentos Neuronais 579

Prolongamento de um Sinal por um

Agrupamento Neuronal – "Pós-descarga" 581

#### Instabilidade e Estabilidade de Circuitos Neuronais 583

Circuitos Inibitórios como um Mecanismo para a  
Estabilização da Função do Sistema

Nervoso 583

Fadiga Sináptica como uma Maneira de

Estabilizar o Sistema Nervoso 583



**C A P Í T U L O 4 7****Sensações Somáticas: I. Organização Geral, as Sensações de Tato e de Posição Corporal****CLASSIFICAÇÃO DAS SENSações SOMÁTICAS**

Detecção e Transmissão das Sensações Táteis 585  
 Detecção da Vibração 587

**CÓCEGAS E PRURIDO****Vias Sensoriais para a Transmissão dos Sinais Somáticos até o Sistema Nervoso Central****Sistema da Coluna Dorsal-Lemnisco Medial**

Sistema Ântero-lateral 588

**Transmissão no Sistema da Coluna Dorsal-Lemnisco Medial**

Anatomia no Sistema da Coluna Dorsal-Lemnisco Medial 588  
 Córtex Somatossensorial 589  
 Áreas de Associação Somatossensoriais 592  
 Características Gerais da Transmissão e da Análise do Sinal no Sistema da Coluna Dorsal-Lemnisco Medial 592  
 Interpretação da Intensidade do Estímulo Sensorial 593  
 Avaliação da Intensidade do Estímulo 594  
 Sensações de Posição 594

**Transmissão dos Sinais Sensoriais Menos Críticos na Via Ântero-lateral**

Anatomia da Via Ântero-lateral 595

**Alguns Aspectos Especiais da Função Somatossensorial**

Função do Tálamo na Sensação Somática 596  
 Controle Cortical da Sensibilidade Sensorial – Sinais “Corticífugos” 597  
 Campos Segmentares de Sensação – Os Dermátomos 597

**C A P Í T U L O 4 8****Sensações Somáticas: II. Dor, Cefaléia e Sensações Térmicas****Tipos de Dor e Suas Qualidades – Dor Rápida e Dor Lenta**

Receptores para Dor e Sua Estimulação 598  
 Velocidade da Lesão Tecidual como um Estímulo para a Dor 599

**Vias Duplas para a Transmissão dos Sinais Dolorosos ao Sistema Nervoso Central**

Vias Duplas para a Dor na Medula Espinhal e no Tronco Cerebral – O Trato Neoespinotalâmico e o Trato Paleoespinotalâmico 600

**Sistema de Supressão da Dor (“Analgesia”) no Encéfalo e na Medula Espinhal**

Sistema Opióide Encefálico – Endorfinas e Enkefalinas 602  
 Inibição da Transmissão da Dor por Sinais Sensoriais Táteis Simultâneos 603  
 Tratamento da Dor por Estimulação Elétrica 603

**Dor Referida****Dor Visceral**

Causas da Dor Visceral Verdadeira 604

“Dor Parietal” Causada por Doença Visceral 604  
 Localização da Dor Visceral – Vias de Transmissão da Dor “Visceral” e da Dor “Parietal” 604

**Algumas Anormalidades Clínicas da Dor e Outras Sensações Somáticas**

Hiperalgesia 605  
 Herpes Zoster (Cobreiro) 605  
 Tique Doloroso 605  
 Síndrome de Brown-Séquard 606

**Cefaléia**

Cefaléia de Origem Intracraniana 606  
 Tipos de Cefaléia Extracraniana 607

**Sensações Térmicas**

Receptores Térmicos e Sua Excitação 607  
 Transmissão dos Sinais Térmicos no Sistema Nervoso 609

**U N I D A D E X****O Sistema Nervoso: B. Os Órgãos Especiais dos Sentidos****C A P Í T U L O 4 9****O Olho: I. Óptica da Visão****Princípios Físicos da Óptica**

Refração da Luz 613  
 Aplicação dos Princípios Refrativos às Lentes 613  
 Distância Focal de uma Lente 615  
 Formação de uma Imagem por uma Lente Convexa 616  
 Medida do Poder Refrativo de uma Lente – “Dioptria” 616

**Óptica do Olho**

O Olho como Câmera 617  
 Mecanismo de “Acomodação” 617  
 Diâmetro Pupilar 618  
 Erros de Refração 619  
 Acuidade Visual 621  
 Determinação da Distância de um Objeto em Relação ao Olho – “Percepção de Profundidade” 621

**Oftalmoscópio****Sistema de Líquidos do Olho – Líquido Intra-ocular**

Formação do Humor Aquoso pelo Corpo Ciliar 623  
 Saída do Humor Aquoso do Olho 623  
 Pressão Intra-Ocular 624

**C A P Í T U L O 5 0****O Olho: II. Função Receptora e Neural da Retina****Anatomia e Função dos Elementos Estruturais da Retina**

Fotoquímica da Visão 626  
 Ciclo Visual da Rodopsina-Retinal e Excitação dos Bastonetes 628

**Regulação Automática da Sensibilidade da Retina – Adaptação à Luz e ao Escuro**

Regulação Automática da Sensibilidade da Retina – Adaptação à Luz e ao Escuro 631

**Visão Colorida**

Mecanismo Tricomático de Detecção de Cores 632  
 Cegueira para Cores 633

<b>Função Neural da Retina</b>	<b>633</b>
Circuito Neural da Retina	633
Células Ganglionares e Fibras do Nervo Óptico	636
Excitação das Células Ganglionares	637

## C A P Í T U L O 5 1

### O Olho: III. Neurofisiologia Central da Visão

<b>Vias Visuais</b>	<b>640</b>
Função do Núcleo Geniculado Dorsolateral do Tálamo	640
Organização e Função do Córtex Visual	641

### Estrutura em Camadas do Córtex Visual Primário

Duas Vias Principais para Análise de Informação Visual – (1) A Via Rápida para “Posição” e “Movimento”; (2) A Via Colorida Precisa	643
--	-----

### Padrões Neurais de Estimulação durante Análise da Imagem Visual

Deteção de Cores	644
Efeito da Remoção do Córtex Visual Primário	644

### Campos Visuais; Perimetria

### Movimentos Oculares e Seu Controle

Movimentos de Fixação dos Olhos	645
“Fusão” das Imagens Visuais dos Dois Olhos	647

### Controle Autônomo da Acomodação e da Abertura Pupilar

Controle da Acomodação (Focalização dos Olhos)	649
Controle do Diâmetro Pupilar	649

## C A P Í T U L O 5 2

### O Sentido da Audição

### Membrana Timpânica e o Sistema Ossicular

A Condução Sonora da Membrana Timpânica para a Cóclea	651
Transmissão do Som Através do Osso	652

### Cóclea

Anatomia Funcional da Cóclea	652
Transmissão de Ondas Sonoras na Cóclea – “Propagação das Ondas”	654
Função do Órgão de Corti	655
Determinação da Frequência do Som – O Princípio do “Lugar”	656
Determinação da Intensidade	656

### Mecanismos Auditivos Centrais

Vias Nervosas Auditivas	657
Função do Córtex Cerebral na Audição	658
Determinação da Direção da Qual Vem o Som	660
Sinais Centrífgos do Sistema Nervoso Central para os Centros Auditivos Inferiores	660

### Anormalidades da Audição

Tipos de Surdez	660
-----------------	-----

## C A P Í T U L O 5 3

### Os Sentidos Químicos – Gustação e Olfacção

### Sentido da Gustação

Sensações Primárias da Gustação	663
Botão Gustatório e sua Função	664
Transmissão dos Sinais Gustatórios para o Sistema Nervoso Central	665
Preferência de Gosto e Controle da Dieta	666

<b>Sentido da Olfacção</b>	<b>667</b>
Membrana Olfatória	667
Estimulação das Células Olfatórias	667
Transmissão dos Sinais Olfatórios para o Sistema Nervoso Central	668

## U N I D A D E X I

### O Sistema Nervoso: C. Neurofisiologia Motora e Integrativa

## C A P Í T U L O 5 4

### Funções Motoras da Medula Espinhal; os Reflexos Espinhais

### Organização das Funções Motoras da Medula Espinhal

Receptores Sensoriais Musculares – Fusos Musculares e Órgãos Tendinosos de Golgi – E Suas Funções no Controle Muscular	675
Função Receptora do Fuso Muscular	675
Reflexo de Estiramento Muscular	676
Função do Fuso Muscular na Atividade Motora Voluntária	678
Aplicações Clínicas do Reflexo de Estiramento	678
Reflexo Tendinoso de Golgi	679
Função dos Fusos Musculares e dos Órgãos Tendinosos de Golgi em Associação com o Controle Motor pelos Centros Encefálicos Superiores	680

### Reflexo Flexor e Reflexo de Retirada

### Reflexo Extensor Cruzado

### Inibição Recíproca e Inervação Recíproca

### Reflexos Posturais e Locomoção

Reflexos Posturais e Locomotores da Medula Espinhal	682
---	-----

### Reflexo de Coçar

### Reflexos Espinhais que Provocam Espasmo Muscular

### Reflexos Autônomos da Medula Espinhal

### Transecção da Medula Espinhal e Choque Espinhal

	684
--	-----

## C A P Í T U L O 5 5

### Controle Cortical e do Tronco Cerebral sobre a Função Motora

### CÓRTEX MOTOR E TRATO

<b>CORTICOESPINHAL</b>	<b>685</b>
Córtex Motor Primário	685
Área Pré-motora	686
Área Motora Suplementar	686
Algumas Áreas Especializadas de Controle Motor Encontradas no Córtex Motor Humano	686
Transmissão de Sinais do Córtex Motor para os Músculos	687
Vias de Fibras Aferentes ao Córtex Motor	688
O Núcleo Rubro como uma Via Alternativa para Transmitir Sinais Corticais para a Medula Espinhal	688
Sistema “Extrapiramidal”	689
Excitação das Áreas de Controle Motor da Medula Espinhal pelo Córtex Motor Primário e o Núcleo Rubro	689

## **Papel do Tronco Cerebral no Controle da Função Motora**

Sustentação do Corpo contra Gravidade – Papéis dos Núcleos Reticulares e Vestibulares	691
Sensações Vestibulares e Manutenção do Equilíbrio	692
Sistema Vestibular	692
Função do Utriculo e do Sáculo na Manutenção do Equilíbrio Estático	694
Deteção de Rotação da Cabeça pelos Ductos Semicirculares	695
Mecanismos Vestibulares para Estabilizar os Olhos	696
Outros Fatores Relacionados ao Equilíbrio	696

## **Funções dos Núcleos do Tronco Cerebral no Controle de Movimentos Estereotipados e Subconscientes**

697

## **CAPÍTULO 56**

### **Contribuições do Cerebelo e dos Núcleos da Base para o Controle Motor Global**

698

#### **O Cerebelo e suas Funções Motoras Áreas Anatômicas Funcionais do Cerebelo**

698

Circuitos Neurais do Cerebelo	700
Função do Cerebelo no Controle Motor Global	703
Anormalidades Clínicas do Cerebelo	706

#### **Gânglios da Base – Suas Funções Motoras**

707

Função dos Gânglios da Base para Executar Padrões de Atividade Motora – Os Circuitos do Putâmen	708
Papel dos Gânglios da Base para o Controle Cognitivo de Sequências de Padrões Motores – O Circuito do Caudado	709
Função dos Gânglios da Base para Mudar a Temporização e para Graduar a Intensidade dos Movimentos	709
Funções de Substâncias Neurotransmissoras Específicas no Sistema de Gânglios da Base	710
Síndromes Clínicas Decorrentes de Lesão dos Gânglios da Base	711

#### **Integração Entre as Partes do Sistema Total de Controle Motor**

712

Nível Espinhal	712
Nível Rombencefálico	712
Nível do Córtex Motor	712
O Que nos Impulsiona para a Ação?	713

## **CAPÍTULO 57**

### **Córtex Cerebral, Funções Intelectuais do Cérebro, Aprendizado e Memória**

714

#### **Anatomia Fisiológica do Córtex Cerebral**

714

#### **Funções de Áreas Corticais Específicas**

715

Áreas Associativas	716
Função Interpretativa Abrangente da Região Pósterio-superior do Lobo Temporal – “Área de Wernicke” (Área Interpretativa Geral)	718
Funções do Córtex Parieto-occipitotemporal no Hemisfério Não-dominante	719
Funções Intelectuais Superiores das Áreas Associativas Pré-frontais	719

### **Função do Cérebro na Comunicação – a Linguagem Aferente e a Linguagem Eferente**

720

#### **Função do Corpo Caloso e da Comissura Anterior para Transmitir Pensamentos, Memórias, Treinamento e Outras Informações entre os Dois Hemisférios Cerebrais**

722

#### **Pensamentos, Consciência e Memória**

723

Memória – Papéis da Facilitação Sináptica e Inibição Sináptica	723
Memória a Curto Prazo	724
Memória de Prazo Intermediário	724
Memória de Longo Prazo	725
Consolidação da Memória	725

## **CAPÍTULO 58**

### **Mecanismos Comportamentais e Motivacionais do Cérebro – O Sistema Límbico e o Hipotálamo**

728

#### **Sistemas de Ativação e Motivação do Cérebro**

728

Controle da Atividade Cerebral por Sinais Excitatórios Contínuos do Tronco Cerebral	728
Controle Neuro-hormonal da Atividade Cerebral	730

#### **Sistema Límbico**

731

#### **Anatomia Funcional do Sistema Límbico; Posição-chave do Hipotálamo Hipotálamo, a Principal Região para Controle do Sistema Límbico**

731

Controle das Funções Vegetativas e Endócrinas pelo Hipotálamo	733
Funções Comportamentais do Hipotálamo e Estruturas Límbicas Associadas	734
Funções de “Recompensa” e “Punição” do Sistema Límbico	735
A Importância da Recompensa e da Punição no Comportamento	736

#### **Funções Específicas de Outras Partes do Sistema Límbico**

736

Funções do Hipocampo	736
Funções da Amígdala	737
Função do Córtex Límbico	738

## **CAPÍTULO 59**

### **Estados de Atividade Cerebral – Sono, Ondas Cerebrais, Epilepsia, Psicoses**

739

#### **Sono**

739

Sono de Ondas Lentas	739
Sono REM (Sono Paradoxal, Sono Dessincronizado)	740
Teorias Básicas do Sono	740
Efeitos Fisiológicos do Sono	741

#### **Ondas Cerebrais**

741

Origem das Ondas Cerebrais	742
O Efeito de Diferentes Níveis de Atividade Cerebral na Frequência do EEG	743
Mudanças no EEG nos Diferentes Estágios de Vigília e Sono	743

#### **Epilepsia**

743

Epilepsia Tipo Grande Mal	743
Epilepsia Tipo Pequeno Mal	744
Epilepsia Focal	744



## **Comportamento Psicótico e Demência – Papéis de Sistemas Neurotransmissores Específicos**

Depressão e Psicose Maníaco-depressiva – Atividade Diminuída dos Sistemas de Neurotransmissores Envolvendo a Norepinefrina e a Serotonina	745
Esquizofrenia – Função Possivelmente Exagerada de Parte do Sistema Dopaminérgico	745
Doença de Alzheimer – Placas Amilóides e Memória Deprimida	746

## **C A P Í T U L O 6 0**

### **O Sistema Nervoso Autônomo e a Medula Adrenal**

#### **Organização Geral do Sistema Nervoso Autônomo**

Anatomia Fisiológica do Sistema Nervoso Simpático	748
Neurônios Simpáticos Pré e Pós-ganglionares	748
Anatomia Fisiológica do Sistema Nervoso Parassimpático	750

#### **Características Básicas das Funções Simpática e Parassimpática**

Fibras Colinérgicas e Adrenérgicas – Secreção de Acetilcolina ou Norepinefrina	750
Receptores nos Órgãos Efetores	752
Ações Excitatórias e Inibitórias da Estimulação Simpática e Parassimpática	753
Efeitos da Estimulação Simpática ou Parassimpática em Órgãos Específicos	753
Função das Medulas Adrenais	755
Relação entre a Frequência de Estimulação e o Grau dos Efeitos Simpáticos e Parassimpáticos	756
“Tônus” Simpático e Parassimpático	756
Supersensibilidade de Desnervação dos Órgãos Simpáticos e Parassimpáticos após Desnervação	756

#### **Reflexos Autônomos**

#### **Estimulação de Órgãos Discretos em Algumas Circunstâncias e Estimulação em Massa em Outras Circunstâncias pelos Sistemas Simpático e Parassimpático**

Resposta de “Alarme” ou “Estresse” do Sistema Nervoso Simpático	758
Controle Bulbar, Pontino e Mesencefálico do Sistema Nervoso Autônomo	758

#### **Farmacologia do Sistema Nervoso Autônomo**

Drogas que Atuam em Órgãos Efetores Adrenérgicos – Drogas Simpatomiméticas	759
Drogas que Agem nos Órgãos Efetores Colinérgicos	759
Drogas que Estimulam ou Bloqueiam os Neurônios Simpáticos e Parassimpáticos Pós-ganglionares	759

## **C A P Í T U L O 6 1**

### **Fluxo Sangüíneo Cerebral, Líquido Cefalorraquidiano e Metabolismo Cerebral**

#### **Fluxo Sangüíneo Cerebral**

Taxa Normal do Fluxo Sangüíneo Cerebral	761
Regulação do Fluxo Sangüíneo Cerebral	761
Microcirculação Cerebral	763
Um “Acidente Vascular Cerebral” Ocorre Quando os Vasos Sangüíneos Cerebrais São Obstruídos	763

### **Sistema de Líquido Cefalorraquidiano**

Função Mecanoprotetora do Líquido Cefalorraquidiano	763
Formação, Fluxo e Absorção do Líquido Cefalorraquidiano	764
Pressão do Líquido Cefalorraquidiano	765
Obstrução do Fluxo do Líquido Cefalorraquidiano Pode Causar Hidrocefalia	766
Barreiras Hematolíquórica e Hematoencefálica	766
Edema Cerebral	766
<b>Metabolismo Cerebral</b>	<b>767</b>

## **U N I D A D E X I I**

### **Fisiologia Gastrointestinal**

## **C A P Í T U L O 6 2**

### **Princípios Gerais da Função Gastrointestinal – Motilidade, Controle Nervoso e Circulação Sangüínea**

#### **Princípios Gerais da Motilidade Gastrointestinal**

Anatomia Fisiológica da Parede Gastrointestinal	771
---	-----

#### **Controle Neural da Função**

##### **Gastrointestinal – Sistema Nervoso Entérico**

Diferenças entre os Plexos Mioentérico e Submucoso	774
Tipos de Neurotransmissores Secretados por Neurônios Entéricos	775
Controle Hormonal da Motilidade Gastrointestinal	776

#### **Tipos Funcionais de Movimentos no Trato Gastrointestinal**

Movimentos Propulsivos – Peristalse	776
Movimentos de Mistura	777

#### **Fluxo Sangüíneo Gastrointestinal – “Circulação Esplâncica”**

Anatomia da Circulação Sangüínea Gastrointestinal	778
Efeito da Atividade Intestinal e Fatores Metabólicos no Fluxo Sangüíneo Gastrointestinal	778
Controle Nervoso do Fluxo Sangüíneo Gastrointestinal	779

## **C A P Í T U L O 6 3**

### **Propulsão e Mistura dos Alimentos no Trato Alimentar**

#### **Ingestão de Alimentos**

Mastigação	781
Deglutição	782

#### **Funções Motoras do Estômago**

A Função de Armazenagem do Estômago	784
Mistura e Propulsão do Alimento no Estômago – O Ritmo Elétrico Básico da Parede Gástrica	784
Esvaziamento do Estômago	785
Regulação do Esvaziamento Estomacal	785

#### **Movimentos do Intestino Delgado**

Contrações de Mistura (Contrações de Segmentação)	786
Movimentos Propulsivos	787
Função da Válvula Ileocecal	788

#### **Movimentos do Cólon**

Defecação	789
-----------	-----

## Outros Reflexos Autônomos que Afetam a Atividade Intestinal 790

## C A P Í T U L O 6 4

### Funções Secretoras do Trato Alimentar 791

#### Princípios Gerais da Secreção no

##### Trato Alimentar 791

Tipos Anatômicos de Glândulas 791

Mecanismos Básicos de Estimulação das Glândulas do Trato Alimentar 791

Mecanismo Básico de Secreção pelas Células Glandulares 791

Propriedades Lubrificantes e Protetoras e Importância do Muco no Trato Gastrointestinal 793

#### Secreção de Saliva 793

Regulação Nervosa da Secreção Salivar 794

#### Secreção Esofágica 795

#### Secreção Gástrica 794

Características das Secreções Gástricas Glândulas Pilóricas – Secreção de Muco e Gastrina 797

Células Mucosas Superficiais 797

Estimulação da Secreção de Ácido pelo Estômago 797

Regulação da Secreção de Pepsinogênio 798

Fases da Secreção Gástrica 798

Inibição da Secreção Gástrica por Outros Fatores Intestinais Pós-estomacais 798

Composição Química da Gastrina e de Outros Hormônios Gastrointestinais 799

#### Secreção Pancreática 799

Enzimas Digestivas Pancreáticas 799

Secreção de Íons Bicarbonato 800

Regulação da Secreção Pancreática 800

#### Secreção da Bile pelo Fígado; Funções da Árvore Biliar 802

Anatomia Fisiológica da Secreção Biliar 802

Função dos Sais Biliares na Digestão e Absorção de Gordura 804

Secreção Hepática de Colesterol e Formação de Cálculos Biliares 804

#### Secreções do Intestino Delgado 805

Secreção de Muco pelas Glândulas de Brunner no Duodeno 805

Secreção de Sucos Digestivos Intestinais pelas Cíptas de Lieberkühn 805

Regulação da Secreção do Intestino Delgado – Estímulos Locais 806

#### Secreções do Intestino Grosso 806

## C A P Í T U L O 6 5

### Digestão e Absorção no Trato Gastrointestinal 808

#### Digestão de Diversos Alimentos por Hidrólise 808

Digestão de Carboidratos 809

Digestão de Proteínas 810

Digestão de Gorduras 811

#### Princípios Básicos da Absorção Gastrointestinal 812

Bases Anatômicas da Absorção 812

#### Absorção no Intestino Delgado 813

Absorção e Água 814

Absorção de Íons 814

Absorção de Nutrientes 815

#### Absorção no Intestino Grosso:

Formação de Fezes 817

## C A P Í T U L O 6 6

### Fisiologia dos Distúrbios

#### Gastrointestinais 819

#### Distúrbios da Deglutição e do Esôfago 819

#### Distúrbios do Estômago 819

Úlcera Péptica 820

Causas Específicas de Úlcera Péptica no Ser Humano 821

#### Distúrbios do Intestino Delgado 821

Digestão Anormal do Alimento no Intestino Delgado – Insuficiência Pancreática 821

Má-absorção pela Mucosa do Intestino Delgado – Espriu 822

#### Distúrbios do Intestino Grosso 822

Constipação 822

Diarréia 822

Paralisia da Defecação nos Traumatismos da Medula Espinhal 823

#### Distúrbios Gerais do Trato Gastrointestinal 823

Vômitos 823

Náuseas 824

Obstrução Gastrointestinal 824

## U N I D A D E X I I I

### Metabolismo e Termorregulação

## C A P Í T U L O 6 7

### Metabolismo dos Carboidratos e

#### Formação do Trifosfato de Adenosina 829

#### Liberação de Energia dos Alimentos e o

##### Conceito de “Energia Livre” 829

#### Papel do Trifosfato de Adenosina no

##### Metabolismo 829

#### Papel Central da Glicose no

##### Metabolismo dos Carboidratos 830

#### Transporte da Glicose através da

##### Membrana Celular 831

Facilitação do Transporte da Glicose pela Insulina 831

Fosforilação da Glicose 831

#### Armazenagem do Glicogênio no Fígado

##### e no Músculo 831

Glicogênese – O Processo de Formação de Glicogênio 832

Remoção do Glicogênio Armazenado – Glicogenólise 832

Liberação de Energia da Molécula de Glicose pela Via Glicolítica 832

Glicólise e a Formação de Ácido Pirúvico 833

Conversão do Ácido Pirúvico em Acetil Coenzima A 833

Ciclo do Ácido Cítrico (Ciclo de Krebs) 833

Formação de Grandes Quantidades de ATP por meio da Oxidação do Hidrogênio (o Processo de Fosforilação Oxidativa) 835

#### Mecanismo Quimiosmótico da

##### Mitocôndria para Formação do ATP 835

Resumo da Formação de ATP durante a Quebra da Glicose 836

Controle da Liberação de Energia a Partir do Glicogênio Armazenado Quando o Organismo Necessita de Energia Adicional: Efeito das Concentrações Celulares do ATP e ADP sobre o Controle da Taxa de Glicólise 836

Liberção Anaeróbica de Energia – “Glicólise Anaeróbica”	836
<b>Liberção de Energia da Glicose pela Via da Pentose Fosfato</b>	<b>837</b>
Conversão da Glicose em Glicogênio ou Lipídios	838
<b>Formação de Carboidratos a partir de Proteínas e Lipídios – “Gliconeogênese”</b>	<b>838</b>
<b>Glicose Sangüínea</b>	<b>839</b>

## C A P Í T U L O 6 8

<b>Metabolismo dos Lipídios</b>	<b>840</b>
<b>Transporte de Lipídios nos Líquidos Corporais</b>	<b>840</b>
Transporte de Triglicerídios e Outros Lipídios do Trato Gastrointestinal pela Linfa – Os Quilomícrons	840
Remoção dos Quilomícrons do Sangue “Ácidos Graxos Livres” São Transportados no Sangue em Combinação com a Albumina	841
Lipoproteínas – Sua Função Especial no Transporte de Colesterol e Fosfolipídios	841
<b>Depósitos de Gordura</b>	<b>842</b>
Tecido Adiposo	842
Lipídios Hepáticos	842
<b>Uso de Triglicerídios como Fonte de Energia: Formação do Trifosfato de Adenosina</b>	<b>842</b>
Formação de Ácido Acetoacético no Fígado e Seu Transporte no Sangue	844
Síntese de Triglicerídios a Partir dos Carboidratos	844
Síntese de Triglicerídios a Partir de Proteínas	845
<b>Regulação da Liberação de Energia dos Triglicerídios</b>	<b>846</b>
Obesidade	846
<b>Fosfolipídios e Colesterol</b>	<b>846</b>
Fosfolipídios	846
Colesterol	847
Funções Estruturais Celulares de Fosfolipídios e Colesterol – Especialmente para Membranas	848
<b>Aterosclerose</b>	<b>848</b>
Causas Básicas de Aterosclerose – O Papel do Colesterol e das Lipoproteínas	850
Outros Fatores de Risco Importantes da Aterosclerose	850
Prevenção da Aterosclerose	850

## C A P Í T U L O 6 9

<b>Metabolismo das Proteínas</b>	<b>852</b>
<b>Propriedades Básicas</b>	<b>852</b>
Aminoácidos	852
<b>Transporte e Armazenamento dos Aminoácidos</b>	<b>854</b>
Aminoácidos do Sangue	854
Armazenamento de Aminoácidos como Proteínas nas Células	854
<b>Papéis Funcionais das Proteínas Plasmáticas</b>	<b>855</b>
Aminoácidos Essenciais e Não-essenciais	855
Uso de Proteínas Como Energia	856
Degradação Obrigatória das Proteínas	857
<b>Regulação Hormonal do Metabolismo Protéico</b>	<b>857</b>

## C A P Í T U L O 7 0

<b>O Fígado como um Órgão</b>	<b>859</b>
<b>Anatomia e Fisiologia do Fígado</b>	<b>859</b>

<b>Os Sistemas Vascular e Linfático do Fígado</b>	<b>859</b>
O Fluxo Sangüíneo Através do Fígado a Partir da Veia Porta e da Arteria Hepática	860
O Fígado Funciona como um Reservatório de Sangue	860
O Fígado Possui um Fluxo Linfático Muito Alto	860
Regulação da Massa Hepática – Regeneração	860
O Sistema Macrófágico Hepático cumpre uma Função de Depuração do Sangue	861
<b>Funções Metabólicas do Fígado</b>	<b>861</b>
Metabolismo dos Carboidratos	861
Metabolismo Lipídico	861
Metabolismo Protéico	862
<b>Outras Funções Metabólicas do Fígado</b>	<b>862</b>
Dosagem da Bilirrubina Biliar como um Instrumento Diagnóstico Clínico	862
Icterícia – Excesso de Bilirrubina no Líquido Extracelular	863

## C A P Í T U L O 7 1

<b>Equilíbrios Dietéticos; Regulação da Alimentação; Obesidade e Inanição; Vitaminas e Minerais</b>	<b>865</b>
<b>Em Condições Estáveis, a Ingestão e o Gasto Energético Estão em Equilíbrio</b>	<b>865</b>
<b>Equilíbrios Dietéticos</b>	<b>865</b>
A Energia Disponível nos Alimentos	865
Métodos para a Determinação da Utilização Metabólica das Proteínas, Carboidratos e Gorduras	866
<b>Regulação da Ingestão Alimentar e do Armazenamento de Energia</b>	<b>865</b>
Centros Neurais Regulam a Ingestão de Alimentos	867
Fatores que Regulam a Quantidade de Alimentos Ingeridos	870
<b>Obesidade</b>	<b>872</b>
Atividade Física Reduzida Diminuída e Regulação Anormal da Ingestão como Causas da Obesidade	872
Tratamento da Obesidade	873
<b>Inanição, Anorexia e Caquexia</b>	<b>874</b>
<b>Inanição</b>	<b>874</b>
<b>Vitaminas</b>	<b>875</b>
Vitamina A	875
Tiamina (Vitamina B1)	875
Niacina	876
Riboflavina (Vitamina B <sub>2</sub> )	876
Vitamina B <sub>12</sub>	876
Ácido Fólico (Ácido Pteroilglutâmico)	877
Piridoxina (Vitamina B <sub>6</sub> )	877
Ácido Pantotênico	877
Ácido Acórbico (Vitamina C)	877
Vitamina D	878
Vitamina E	878
Vitamina K	878
<b>Metabolismo Mineral</b>	<b>878</b>

## C A P Í T U L O 7 2

<b>Energética Celular e Taxa Metabólica</b>	<b>881</b>
<b>O Trifosfato de Adenosina (ATP) Atua no Metabolismo como “Moeda Metabólica”</b>	<b>881</b>
A Fosfocreatina Funciona como um Depósito Acessório de Armazenamento Energético e como um “Tampão do ATP”	882
Energia Anaeróbica Versus Aeróbica	882
Resumo da Utilização de Energia pelas Células	883
<b>Controle da Liberação Energética na Célula</b>	<b>884</b>
<b>Taxa Metabólica</b>	<b>884</b>



Aferição da Taxa Metabólica Corporal Total	885
<b>Metabolismo Energético – Fatores que Influenciam o Débito Energético</b>	<b>885</b>
Necessidades Energéticas Globais para as Atividades Diárias	885
Taxa Metabólica Basal (TMB) – O Gasto Energético Mínimo para a Existência do Corpo	886
Energia Usada nas Atividades Físicas	887
Energia Utilizada no Processamento dos Alimentos – Efeito Termogênico dos Alimentos	887
Energia Utilizada na Termogênese Não Provocada por Calafrios – Papel da Estimulação Simpática	887

<b>C A P Í T U L O 7 3</b>	
<b>Temperatura Corporal, Regulação da Temperatura e Febre</b>	<b>889</b>
<b>Temperaturas Corporais Normais</b>	<b>889</b>
<b>A Temperatura Corporal é Controlada pelo Equilíbrio entre a Produção e a Perda de Calor</b>	<b>889</b>
<b>Produção de Calor</b>	<b>889</b>
Perda de Calor	890
<b>Regulação da Temperatura Corporal – O Papel do Hipotálamo</b>	<b>894</b>
Mecanismos Efetores Neurais que Diminuem ou Aumentam a Temperatura Corporal	895
Conceito de um "Ponto de Ajuste" para o Controle da Temperatura	896
Controle Comportamental da Temperatura Corporal	897
Reflexos Cutâneos Locais Causados pela Temperatura	898
<b>Anormalidades da Regulação da Temperatura Corporal</b>	<b>898</b>
Febre	898
Exposição do Corpo ao Frio Extremo	900

## U N I D A D E X I V

### Endocrinologia e Reprodução

<b>C A P Í T U L O 7 4</b>	
<b>Introdução à Endocrinologia</b>	<b>905</b>
<b>Coordenação das Funções Corporais por Mensageiros Químicos</b>	<b>905</b>
<b>Estrutura Química e Síntese de Hormônios</b>	<b>906</b>
Secreção Hormonal, Transporte e Depuração de Hormônios do Sangue	908
Controle por <i>Feedback</i> da Secreção Hormonal	909
Transporte de Hormônios no Sangue	909
"Depuração" de Hormônios do Sangue	909
<b>Mecanismos de Ação dos Hormônios</b>	<b>910</b>
Receptores Hormonais e Sua Ativação	910
Sinalização Intracelular Após Ativação do Receptor Hormonal	910
Mecanismos de Segundo Mensageiro para Mediar Funções Hormonais Intracelulares	912
Hormônios que Atuam Principalmente sobre a Maquinaria Genética da Célula	915
<b>Medida das Concentrações de Hormônios no Sangue</b>	<b>915</b>
Radioimunoensaio	915
Ensaio Imunoabsorvente Ligado à Enzima (ELISA)	916

<b>C A P Í T U L O 7 5</b>	
<b>Hormônios Hipofisários e Seu Controle pelo Hipotálamo</b>	<b>918</b>
<b>A Hipófise e Sua Relação com o Hipotálamo</b>	<b>918</b>
O Hipotálamo Controla a Secreção Hipofisária	919
Vasos Sangüíneos Portais Hipotalâmico-Hipofisários da Hipófise Anterior	920
<b>Funções Fisiológicas do Hormônio do Crescimento</b>	<b>921</b>
Hormônio do Crescimento Promove o Crescimento de Diversos Tecidos do Organismo	922
O Hormônio do Crescimento Apresenta Diversos Efeitos Metabólicos	922
O Hormônio do Crescimento Estimula o Crescimento das Cartilagens e dos Ossos	922
O Hormônio do Crescimento Exerce Grande Parte de Seus Efeitos Através de Substâncias Intermediárias Chamadas de "Somatomedinas" (Também Chamadas de "Fatores de Crescimento Semelhantes à Insulina")	923
Regulação da Secreção do Hormônio do Crescimento	924
Anormalidades da Secreção do Hormônio do Crescimento	926
<b>Hipófise Posterior e Sua Relação com o Hipotálamo</b>	<b>927</b>
Estruturas Químicas do ADH e da Ocitocina	928
Funções Fisiológicas do ADH	928
Hormônio Ocitócico	929

<b>C A P Í T U L O 7 6</b>	
<b>Hormônios Metabólicos da Tireóide</b>	<b>931</b>
<b>Síntese e Secreção dos Hormônios Metabólicos Tireoideanos</b>	<b>931</b>
O Iodo Necessário para a Formação de Tiroxina	931
Bomba de Iodeto (Captação do Iodo)	932
Tireoglobulina e a Bioquímica da Formação de Tiroxina e Triiodotironina	932
Liberção de Tiroxina e Triiodotironina pela Tireóide	933
Transporte de Tiroxina e Triiodotironina para os Tecidos	934
<b>Efeitos Fisiológicos dos Hormônios Tireoideanos</b>	<b>934</b>
Os Hormônios Tireoideanos Aumentam a Transcrição de um Grande Número de Genes	934
Os Hormônios Tireoideanos Aumentam a Atividade Metabólica Celular	934
Efeito do Hormônio Tireoideano sobre o Crescimento	936
Efeitos do Hormônio Tireoideano sobre Mecanismos Corporais Específicos	936
<b>Regulação da Secreção de Hormônio Tireoideano</b>	<b>938</b>
A Secreção de TSH pela Hipófise Anterior é Regulada pelo Hormônio Liberador de Tireotropina do Hipotálamo	938
Efeito de <i>Feedback</i> do Hormônio Tireoideano na para Reduzir a Secreção de TSH pela Hipófise Anterior	939
Substâncias Antitireoideanas	939
<b>Doenças da Tireóide</b>	<b>940</b>
Hipertireoidismo	940
Sintomas do Hipertireoidismo	940
Hipotireoidismo	941
Cretinismo	942

## CAPÍTULO 77

**Hormônios Adrenocorticais**

944

**Síntese e Secreção dos Hormônios****Adrenocorticais**

944

Funções dos Mineralocorticóides-Aldosterona

947

Efeitos Renais e Circulatórios da Aldosterona

948

A Aldosterona Estimula o Transporte de Sódio e

Potássio nas Glândulas Sudoríparas e

Salivares e nas Células Epiteliais Intestinais

949

Mecanismo Celular de Ação da Aldosterona

950

Possíveis Ações Não-genômicas da

Aldosterona e Outros Hormônios Esteróides

950

Regulação de Secreção da Aldosterona

950

**Funções dos Glicocorticóides**

950

Efeitos do Cortisol sobre o Metabolismo de

Carboidratos

951

Efeitos do Cortisol sobre o Metabolismo de

Proteínas

952

Efeitos do Cortisol sobre o Metabolismo de

Lipídios

952

O Cortisol é Importante na Resistência ao

Estresse e à Inflamação

952

Outros Efeitos do Cortisol

954

Mecanismo de Ação Celular do Cortisol

954

Regulação da Secreção de Cortisol pelo

Hormônio Adrenocorticotrópico da Hipófise

955

**Androgênios Adrenais**

957

**Anormalidades da Secreção Adrenocortical**

957

Hipoparadrenalismo - Doença de Addison

957

Hiperadrenalismo - Síndrome de Cushing

958

Aldosteronismo Primário (Síndrome de Conn)

959

Síndrome Adrenogenital

959

## CAPÍTULO 78

**Insulina, Glucagon e Diabetes Melito**

961

**A Insulina e Seus Efeitos Metabólicos**

961

Efeito da Insulina sobre o Metabolismo dos

Carboidratos

963

O Efeito da Insulina no Metabolismo das

Gorduras

965

O Efeito da Insulina no Metabolismo das

Proteínas e no Crescimento

966

Mecanismos da Secreção de Insulina

967

Controle da Secreção de Insulina

968

Outros Fatores que Estimulam a Secreção

de Insulina

969

O Papel da Insulina (e de Outros Hormônios)

na "Comutação" Entre o Metabolismo de

Carboidratos e o Metabolismo de Lipídios

969

**O Glucagon e Suas Funções**

970

Efeitos sobre o Metabolismo da Glicose

970

Regulação da Secreção de Glucagon

971

**A Somatostatina Inibe a Secreção de****Glucagon e de Insulina**

971

**Resumo da Regulação da Glicose****Sanguínea**

971

**Diabetes Melito**

972

Diabetes Tipo I - Ausência de Produção

de Insulina pelas Células Beta do

Pâncreas

972

Diabetes Tipo II - Resistência aos Efeitos

Metabólicos da Insulina

974

Fisiologia do Diagnóstico de Diabetes Melito

975

Tratamento do Diabetes

976

Insulinoma - Hiperinsulinismo

976

## CAPÍTULO 79

**Paratormônio, Calcitonina, Metabolismo de Cálcio e Fosfato, Vitamina D, Ossos e Dentes**

978

**Visão Geral da Regulação de Cálcio e Fosfato no Líquido Extracelular e no Plasma**

978

Cálcio no Plasma e no Líquido Intersticial

978

Fosfato Inorgânico nos Líquidos Extracelulares

979

Efeitos Fisiológicos Não-ósseos de Alterações

nas Concentrações de Cálcio e Fosfato

nos Líquidos Corpóreos

979

Absorção e Excreção de Cálcio e Fosfato

980

**Osso e Sua Relação Com o Cálcio e o Fosfato Extracelulares**

980

Precipitação e Absorção de Cálcio e Fosfato no

Osso - Equilíbrio com os Líquidos

Extracelulares

981

Intercâmbio de Cálcio Entre o Osso e o

Líquido Extracelular

982

Deposição e Absorção de Osso -

Remodelagem Óssea

982

**Vitamina D**

983

Ações da Vitamina D

985

**Paratormônio**

985

Efeito do Paratormônio sobre as

Concentrações de Cálcio e Fosfato no

Líquido Extracelular

986

Controle da Secreção Paratireóide pela

Concentração do Cálcio Iônico

988

**Calcitonina**

988

Resumo do Controle da Concentração do

Cálcio Iônico

989

Fisiopatologia do Paratormônio, da

Vitamina D e da Osteopatia

990

Hiperparatireoidismo Primário

990

Hiperparatireoidismo Secundário

991

Raquitismo - Deficiência de Vitamina D

991

Osteoporose - Matriz Óssea Reduzida

991

**Fisiologia dos Dentes**

992

Função das Diferentes Partes dos Dentes

992

Dentição

993

Intercâmbio Mineral nos Dentes

993

Anormalidades Dentárias

994

## CAPÍTULO 80

**Funções Reprodutivas e Hormonais****Masculinas (e Função da Glândula Pineal)**

996

**Anatomia Fisiológica dos Órgãos****Sexuais Masculinos**

996

**Espermatogênese**

996

Etapas da Espermatogênese

996

Função das Vesículas Seminais

999

Função da Próstata

999

Sêmen

999

Espermatogênese Anormal e Fertilidade

Masculina

1001

**Ato Sexual Masculino**

1001

Estímulo Neuronal para o Desempenho do

Ato Sexual Masculino

1001

Fases do Ato Sexual Masculino

1002

**Testosterona e Outros Hormônios****Sexuais Masculinos**

1003

Secreção, Metabolismo e Química dos

Hormônios Sexuais Masculinos

1003

Funções da Testosterona

1004

Mecanismo Intracelular Básico de Ação da

Testosterona

1006

Controle das Funções Sexuais Masculinas pelos

Hormônios da Hipófise

1006

**Anormalidades da Função Sexual****Masculina**

1008

Próstata e suas Anormalidades

1008

Hipogonadismo no Homem

1008

Tumores Testiculares e Hipergonadismo no

Homem

1009

<b>Glândula Pineal – Sua Função no Controle da Fertilidade Sazonal em Alguns Animais</b>	<b>1009</b>
--	-------------

## C A P Í T U L O 8 1

### Fisiologia Feminina da Gravidez e Hormônios Femininos

<b>Anatomia Fisiológica dos Órgãos Sexuais Femininos</b>	<b>1011</b>
<b>Sistema Hormonal Feminino</b>	<b>1011</b>
<b>Ciclo Ovariano Mensal; Função dos Hormônios Gonadotrópicos</b>	<b>1012</b>

Hormônios Gonadotrópicos e Seus Efeitos nos Ovários	1012
Crescimento do Folículo Ovariano – a Fase “Folicular” do Ciclo Ovariano	1013
Corpo Lúteo – Fase “Lútea” do Ciclo Ovariano	1014
Resumo	1015

### Funções dos Hormônios Ovarianos – Estradiol e Progesterona

Química dos Hormônios Sexuais	1016
Funções dos Estrogênios – Seus Efeitos sobre as Características Sexuais Femininas Primárias e Secundárias	1017
Funções da Progesterona	1018
Ciclo Endometrial Mensal e Menstruação	1018

### Regulação do Ritmo Mensal Feminino – Interação Entre os Hormônios Ovarianos e Hipotalâmico-Hipofisários

Oscilação do Sistema Hipotalâmico-Hipofisário-Ovariano por <i>Feedback</i>	1021
Puberdade e Menarca	1021
Menopausa	1022

### Anormalidades da Secreção pelos Ovários

<b>O Ato Sexual Feminino</b>	<b>1023</b>
<b>Fertilidade Feminina</b>	<b>1024</b>

## C A P Í T U L O 8 2

### Gestação e Lactação

<b>Maturação e Fertilização do Óvulo</b>	<b>1027</b>
O Transporte do Óvulo Fertilizado na Trompa de Falópio	1028
Implantação do Blastocisto no Útero	1029

### Nutrição Inicial do Embrião

<b>Função da Placenta</b>	<b>1029</b>
Desenvolvimento e Anatomia Fisiológica da Placenta	1029

### Fatores Hormonais na Gravidez

Gonadotropina Coriônica Humana e Seu Efeito sobre a Persistência do Corpo Lúteo e Ausência da Menstruação	1032
Secreção de Estrogênios pela Placenta	1032
Secreção de Progesterona pela Placenta	1033
Somatomamotropina Coriônica Humana	1033
Outros Fatores Hormonais na Gravidez	1034

### Resposta do Corpo Materno à Gestação

Mudanças no Sistema Circulatório Materno Durante a Gravidez	1035
---	------

### Parto

Aumento da Excitabilidade Uterina Próximo ao Parto	1036
O Início do Trabalho de Parto – Um Mecanismo de <i>Feedback</i> Positivo para o seu Desenvolvimento	1037
Contrações Musculares Abdominais Durante o Trabalho de Parto	1037
Mecanismos de Parto	1037
Separação e Expulsão da Placenta	1038
Dores do Trabalho de Parto	1038
Involução do Útero Depois do Parto	1038

### Lactação

Desenvolvimento das Mamas	1038
Início da Lactação – A Função da Prolactina	1039

Processo de Ejeção (ou a “Descida”) na Secreção de Leite – A Função da Ocitocina	1040
Composição do Leite e Drenagem Metabólica na Mãe Causada pela Lactação	1041

## C A P Í T U L O 8 3

### Fisiologia Fetal e Neonatal

<b>Crescimento e Desenvolvimento Funcional do Feto</b>	<b>1042</b>
--	-------------

Desenvolvimento dos Sistemas de Órgãos	1042
--	------

### Ajustes do Bebê à Vida Extra-uterina

O Início da Respiração	1044
Reajustes Circulatórios ao Nascimento	1045
Nutrição do Recém-nascido	1047

### Problemas Funcionais Especiais do Recém-nascido

Sistema Respiratório	1047
Circulação	1047
Balanco Hídrico, Balanco Ácido-base e Função Renal	1048
Função Hepática	1048
Digestão, Absorção e Metabolismo de Alimentos Energéticos; e Nutrição	1048
Imunidade	1049
Problemas Endócrinos	1049

### Problemas Especiais da Prematuridade

Desenvolvimento Imaturo do Bebê Prematuro	1050
Instabilidade dos Sistemas de Controle Homeostático no Bebê Prematuro	1050
Risco de Cegueira Causada por Excesso de Terapia com Oxigênio no Bebê Prematuro	1051

### Crescimento e Desenvolvimento da Criança

Crescimento Comportamental	1052
----------------------------	------

## U N I D A D E X V

### Fisiologia do Esporte

## C A P Í T U L O 8 4

### Fisiologia do Esporte

#### Músculos em Exercício

Força, Potência e Resistência Musculares	1055
Sistemas Metabólicos Musculares Durante o Exercício	1056
Sistema da Fosfocreatina-creatina	1057
Nutrientes Utilizados Durante a Atividade Muscular	1059
Efeito do Treinamento Atlético nos Músculos e no Desempenho Muscular	1060

#### Respiração no Exercício

#### Sistema Cardiovascular no Exercício

#### Calor Corporal no Exercício

#### Líquidos Corporais e Sal no Exercício

#### Drogas e Atletas

#### A Forma Física Prolonga a Vida

<b>Índice</b>	<b>1067</b>
---------------	-------------