

# Ciências Biológicas

## Anatomia e Fisiologia: a incrível máquina do corpo humano

Aline de Albuquerque Oliveira  
Francisco Herculano Campos Neto



Geografia



História



Educação  
Física



Química



Ciências  
Biológicas



Artes  
Plásticas



Computação



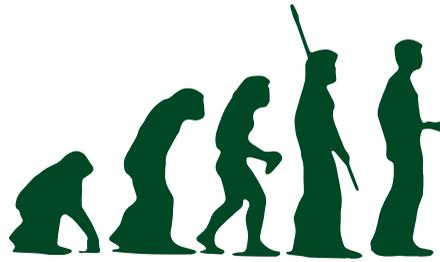
Física



Matemática



Pedagogia



# Ciências Biológicas

## Anatomia e Fisiologia: a incrível máquina do corpo humano

Aline de Albuquerque Oliveira  
Francisco Herculano Campos Neto

2ª edição  
Fortaleza - Ceará



2015



Geografia



História



Educação  
Física



Pedagogia



Química



Ciências  
Biológicas



Artes  
Plásticas



Computação



Física



Matemática

Copyright © 2015. Todos os direitos reservados desta edição à UAB/UECE. Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, dos autores.

Editora Filiada à



<b>Presidenta da República</b> Dilma Vana Rousseff	<b>Conselho Editorial</b> Antônio Luciano Pontes
<b>Ministro da Educação</b> Aloisio Mercadante	Eduardo Diatahy Bezerra de Menezes
<b>Presidente da CAPES</b> Carlos Afonso Nobre	Emanuel Ângelo da Rocha Fragoso
<b>Diretor de Educação a Distância da CAPES</b> Jean Marc Georges Mutzig	Francisco Horácio da Silva Frota
<b>Governador do Estado do Ceará</b> Camilo Sobreira de Santana	Francisco Josênio Camelo Parente
<b>Reitor da Universidade Estadual do Ceará</b> José Jackson Coelho Sampaio	Gisafran Nazareno Mota Jucá
<b>Vice-Reitor</b> Hidelbrando dos Santos Soares	José Ferreira Nunes
<b>Pró-Reitor de Pós-Graduação</b> Jeffeson Teixeira de Souza	Liduína Farias Almeida da Costa
<b>Coordenador da SATE e UAB/UECE</b> Francisco Fábio Castelo Branco	Lucili Grangeiro Cortez
<b>Coordenadora Adjunta UAB/UECE</b> Eloísa Maia Vidal	Luiz Cruz Lima
<b>Direção do CED/UECE</b> José Albio Moreira de Sales	Manfredo Ramos
<b>Coordenação da Licenciatura em Ciências Biológicas</b> Germana Costa Paixão	Marcelo Gurgel Carlos da Silva
<b>Coordenação de Tutoria da Licenciatura em Ciências Biológicas</b> Roselita Maria de Souza Mendes	Marcony Silva Cunha
<b>Editor da EdUECE</b> Erasmo Miessa Ruiz	Maria do Socorro Ferreira Osterne
<b>Coordenadora Editorial</b> Rocylânia Isídio de Oliveira	Maria Salette Bessa Jorge
<b>Projeto Gráfico e Capa</b> Roberto Santos	Silvia Maria Nóbrega-Therrien
<b>Diagramador</b> Francisco Oliveira	<b>Conselho Consultivo</b> Antônio Torres Montenegro (UFPE)
<b>Revisora Ortográfica</b> Fernanda Ribeiro	Eliane P. Zamith Brito (FGV)
	Homero Santiago (USP)
	Ieda Maria Alves (USP)
	Manuel Domingos Neto (UFF)
	Maria do Socorro Silva Aragão (UFC)
	Maria Lírida Callou de Araújo e Mendonça (UNIFOR)
	Pierre Salama (Universidade de Paris VIII)
	Romeu Gomes (FIOCRUZ)
	Túlio Batista Franco (UFF)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema de Bibliotecas  
Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho  
Thelma Marylanda Silva de Melo – CRB-3 / 623  
Bibliotecária

O48a Oliveira, Aline de Albuquerque.  
Anatomia e fisiologia: a incrível máquina do corpo humano /  
Aline de Albuquerque Oliveira, Francisco Herculano Campos  
Neto. – Fortaleza : EdUECE, 2015.  
183 p. ; il.  
  
ISBN: 978-85-7826-338-6  
  
1. Anatomia humana. 2. Fisiologia humana. I. Campos, Francisco  
Herculano. II. Título.  
  
CDD 611

Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE  
Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi – Reitoria – Fortaleza – Ceará  
CEP: 60714-903 – Fone: (85) 3101-9893  
Internet: www.uece.br – E-mail: eduece@uece.br  
Secretaria de Apoio às Tecnologias Educacionais  
Fone: (85) 3101-9962

# Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1 – Anatomia Humana.....</b>	<b>7</b>
1. Introdução ao estudo da anatomia humana.....	9
2. Princípios de construção do corpo humano .....	13
3. Sistema esquelético .....	14
4. Sistema articular.....	19
5. Sistema muscular.....	23
<b>Capítulo 2 – Sistema Nervoso .....</b>	<b>37</b>
1. Sistema nervoso.....	39
2. Sistema circulatório .....	49
3. Sistema respiratório.....	58
<b>Capítulo 3 – Sistema Digestivo .....</b>	<b>67</b>
1. Sistema digestivo .....	69
2. Sistema urinário .....	76
3. Sistema endócrino.....	79
<b>Capítulo 4 – Filosofia Humana .....</b>	<b>87</b>
1. Visão geral da fisiologia e mecanismos de controle homeostático .....	89
2. Fisiologia do sistema nervoso .....	93
<b>Capítulo 5 – Fisiologia cardiovascular.....</b>	<b>109</b>
1. Fisiologia cardiovascular .....	111
<b>Capítulo 6 – Fisiologia renal .....</b>	<b>121</b>
1. Fisiologia renal.....	123
2. Mecanismos regulares da formação de urina.....	130
<b>Capítulo 7 – Fisiologia respiratória.....</b>	<b>135</b>
1. Fisiologia respiratória .....	137
2. Trocas gasosas (hematose).....	139
3. Controle neural da respiração.....	143
<b>Capítulo 8 – Fisiologia do sistema digestório .....</b>	<b>148</b>
1. Fisiologia do sistema digestório.....	149
2. Regulação nervosa da atividade gastrointestinal.....	150
3. Hormônios reguladores da digestão .....	155
4. Aspectos da digestão e absorção no intestino delgado .....	156
5. Absorção no intestino grosso .....	157

<b>Capítulo 9 – Fisiologia endócrina .....</b>	<b>161</b>
1. Fisiologia endócrina.....	163
2. Liberação de hormônios.....	164
<b>Sobre os autores.....</b>	<b>183</b>

# Apresentação

O conhecimento da Anatomia e da Fisiologia humana, inevitavelmente, nos faz perceber o quão fascinante é o corpo humano, essa incrível máquina, composta por elementos e “engrenagens” interligados, que trabalham em conjunto para nos manter em equilíbrio. Usualmente, apenas quando adoecemos nos damos conta da importância de cada pequena porção do nosso corpo para o funcionamento do conjunto, que nos mantém vivos e saudáveis.

O presente livro está dividido em oito capítulos. A primeira traz a descrição anatômica dos principais componentes orgânicos, enfatizando os aspectos que favorecerão a compreensão funcional dos órgãos e anexos de cada sistema. A segunda unidade aborda a fisiologia, detalhando os fatores responsáveis pela manutenção do equilíbrio desses sistemas, oferecido pelo trabalho conjunto dos órgãos que os compõem, bem como da contribuição da interação entre os diferentes sistemas para a manutenção da saúde orgânica.

Dada à complexidade do assunto, buscamos apresentar os componentes do corpo humano e seus aspectos funcionais de forma clara e concisa, proporcionando uma compreensão geral anatômica e fisiológica do corpo humano. Sabemos que a ciência nos redescobre a cada dia e, por isso, a compreensão do universo de fenômenos que mantêm o funcionamento do corpo humano é uma missão que exige aprofundamento e estudo contínuos. No entanto, esperamos com esse livro instigá-los e até mesmo inspirá-los na busca pelo entendimento do corpo humano.

**Os autores**



**Capítulo**

**1**

# **Anatomía Humana**



## Objetivos

- Conceituar a anatomia e descrever os termos de posição anatômica.
- Compreender a organização macroscópica do corpo humano.
- Conhecer a localização topográfica dos órgãos e sistemas corpóreos.
- Descrever as principais características, conceitos e classificações dos sistemas esquelético, articular, muscular.

## 1. Introdução ao estudo da anatomia humana

Anatomia é a ciência que estuda o corpo humano nos aspectos macro e microscópicos, a localização topográfica dos órgãos e suas estruturas assim como a organização morfofuncional dos sistemas corpóreos.

Podemos estudar a anatomia por diversas abordagens, a depender do foco de estudo: Sistêmica, Comparada, Topográfica, Clínica, Bioconstitucional, por Imagens, de Superfície, entre outras. Neste material optamos pela Sistêmica (Tegumentar, Esquelético, Articular, Muscular, Nervoso, Circulatório, Respiratório, Digestório, Urinário e Endócrino).

Quando estudamos o corpo humano percebemos algumas diferenças, principalmente externas, entre os indivíduos que não são idênticos e sim semelhantes. Em anatomia, quando dizemos que o indivíduo é normal, estamos nos reportando ao fato de que ele tem características anatômicas que são frequentes entre as pessoas. Caso haja qualquer alteração nesse padrão anatômico, dissemos que possui uma variação anatômica podendo ser externa ou interna.

O normal é termos cinco dedos em cada pé, porém algumas nascem com dedos a mais, se configurando como uma variação externa. Você pode observar ao estudar anatomia que a distribuição das veias não é sempre do mesmo modo entre as pessoas, caracterizando uma variação interna. Perceba que os exemplos apresentados não causam qualquer prejuízo funcional para o indivíduo.

Agora, no instante em que essas diferenças morfológicas são mais acentuadas, ocasionando distúrbio funcional, temos uma anomalia. Podemos colocar como exemplo o fato do indivíduo ter nascido sem uma parte



Figura 1. – Demonstração da posição anatômica.

Fonte: MOORE; DALLEY (2007).

do membro superior (hemimelia parcial). Existe também as anomalias ditas maiores, quando esse desvio da normalidade é bastante acentuado, causando sérios distúrbios funcionais, podendo ocasionar a invalidez ou sendo incompatível com a vida.

## 1.1 Termos anatômicos

Vamos agora compreender melhor algumas expressões utilizadas no estudo da anatomia, as quais também serão mencionadas ao longo dos capítulos.

## 1.2 Posição anatômica

Para que se tenha uma uniformidade nos estudos em anatomia convencionou-se internacionalmente a posição anatômica para as descrições do corpo humano (Figura 1). Nesta posição, o indivíduo deve estar ereto, com a face direcionada para o horizonte, os membros superiores estendidos e ao longo do tronco com as palmas das mãos voltadas para frente, pés lado a lado, unidos e com os dedos direcionados também para a frente.

## 1.3 Planos e eixos

Nosso corpo encontra-se delimitado por 6 planos também chamados de planos de inscrição ou de delimitação pois eles tangenciam as superfícies corpóreas do indivíduo, como se ele estivesse dentro de um paralelepípedo (Figura 2):

- **Cefálico/ cranial / superior:** plano horizontal tangente à cabeça.
- **Podálico / caudal / inferior:** plano horizontal tangente à planta dos pés.
- **Ventral / anterior:** plano vertical tangente ao ventre.
- **Dorsal / posterior:** plano vertical tangente ao dorso.
- **Lateral direito e esquerdo:** planos verticais tangentes aos lados do corpo (direito e esquerdo, respectivamente).

A partir dos planos de delimitação surgem os planos de secção, que vão dividir o corpo ou os órgãos em metades iguais. Estes também serão utilizados para descrever os termos de posição e direção (discutidos posteriormente). Assim temos três principais planos (Figura 3):

- **Sagital ou mediano (A):** divide o corpo em metades direita e esquerda.
- **Frontal ou coronal (B):** divide o corpo em metades anterior e posterior.
- **Transversal ou horizontal (C):** divide o corpo em metades superior e inferior.

O termo Caudal ainda conotina sendo utilizado, mesmo sendo mais apropriado no estudo da Anatomia Comparativa - Anatomia Animal.



Figura 2 – Planos de delimitação.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)



**Planos anatômicos**

Figura 3 – Planos anatômicos.

Fonte: [www.google.com.br/imagens](http://www.google.com.br/imagens)

Temos também os eixos do corpo humano que permitem as regiões do corpo ou estruturas anatômicas realizarem movimentos (rotação, flexão, abdução, entre outros, que serão abordados no capítulo referente às articulações).

Um eixo seguirá sempre a direção que vai de um plano de delimitação até o seu oposto. Portanto são três eixos (Figura 4):

- **Sagital:** une os planos anterior e posterior (ântero-posterior).
- **Longitudinal:** une os planos superior e inferior (crânio-caudal).
- **Transversal:** une os planos laterais direito e esquerdo (látero-lateral).

Se nos extremos do eixo encontramos estruturas anatômicas diferentes, caracterizamos como sendo heteropolar, o que acontece nos eixos longitudinal e sagital. Caso sejam estruturas iguais será homopolar, evidenciado no eixo transversal.

## 1.4 Termos de posição

Neste tópico discutiremos as expressões utilizadas para descrever a posição dos órgãos ou estruturas em relação aos demais. Portanto são termos comparativos e indicam que uma estrutura é mais medial que outra. A seguir um quadro para ilustrarmos melhor os termos de posição (Quadro 1).

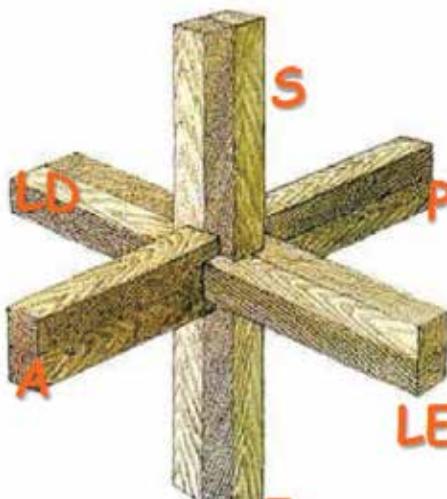


Figura 4 – Eixos do corpo.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

Quadro 1

DESCRIÇÃO DOS TERMOS DE POSIÇÃO			
Termo Direcional	Plano de Referência	Definição	Exemplo de uso
<b>Mediano</b>	Plano Mediano	Estrutura que está ao longo do plano mediano	O osso esterno, o umbigo, o nariz a sínfise púbicas são medianos.
<b>Medial</b>		Estrutura que se situa mais próxima do plano mediano em relação à outra.	A tíbia em relação à fíbula.
<b>Lateral</b>		Estrutura que se encontra mais distante do plano mediano em relação à outra.	O rádio é lateral à ulna.
<b>Intermédio</b>		Estrutura que está entre outras duas que são medial e lateral.	O 2º dedo em relação ao 5º e ao 1º.
<b>Superior</b>	Plano Cefálico	Quando uma estrutura está mais próxima do plano cefálico em relação à outra.	O coração é superior ao fígado.
<b>Inferior</b>		Quando uma estrutura está mais distante do plano cefálico em relação à outra.	Os testículos em relação aos rins.
<b>Proximal</b>	Esses termos são usados para comparar a distância das estruturas em relação à raiz do membro ou ao coração ou ao encéfalo ou à medula espinal.	Estrutura que se encontra mais próxima da raiz do membro, do coração, do encéfalo ou da medula espinal em relação à outra.	O braço é proximal à ulna.
<b>Distal</b>		Estrutura que se encontra mais distante da raiz do membro, do coração, do encéfalo ou da medula espinal em relação à outra.	A aorta abdominal é distal à artéria ilíaca.
<b>Anterior</b>	Plano Ventral	Estrutura que se encontra mais próxima do plano ventral em relação à outra.	A traquéia é anterior ao esôfago.
<b>Posterior</b>		Estrutura que se encontra mais distante do plano ventral em relação à outra.	A coluna vertebral é posterior ao esterno.
<b>Superficial</b>	Indicam as distâncias relativas entre as estruturas e a superfície do corpo.	Encontra-se mais próximo da superfície do corpo em relação à outra.	A epiderme é superficial à derme.
<b>Profundo</b>		Encontra-se mais distante da superfície do corpo em relação à outra.	O endomísio é profundo ao epimísio.
<b>Interno</b>	Relacionados a órgãos ocos ou de cavidades	Situa-se mais próximo do centro do órgão ou cavidade em relação à outra.	A mucosa do estômago em relação à serosa.
<b>Externo</b>		Situa-se mais afastado do centro de um órgão ou cavidade em relação à outra.	O epicárdio em relação à ao endocárdio.

Você também pode utilizar o termo médio quando se referir a uma estrutura que encontra-se entre outras duas que estão opostas, por exemplo, entre uma anterior e outra posterior.

## 2. Princípios de construção do corpo humano

Durante o processo de embriogênese, o corpo humano segue alguns modelos ou princípios para manter a uniformidade na formação dos órgãos:

- **Antimeria:** o processo de formação do corpo humano se dá pela formação de duas metades (direita e esquerda) que sugerem uma simetria externa. Porém internamente, essa simetria não acontece. Percebemos sim, uma assimetria normal, evidenciando formas, posição e situação diferentes entre os órgãos, mesmo os bilaterais. Na metade esquerda encontramos o baço e à mesma altura na metade direita o fígado. Com relação ao pulmão, o direito é mais extenso no seu diâmetro ao passo que o esquerdo é maior no sentido longitudinal, em virtude do fígado e do coração, respectivamente, que impossibilitam o pulmão crescer por igual.
- **Paquimeria:** o corpo é constituído por dois tubos que surgem ainda no período embrionário com a formação do neuroblastocisto (neurulação). Um tubo posterior que contém o encéfalo e a medula espinhal, localizado na porção dorsal, sendo denominado de Paquímero Dorsal ou Neural. Já o outro tubo é anterior e denomina-se Visceral ou Ventral, contém os demais órgãos e vísceras, sendo o seu funcionamento comandado pelo paquímero neural.
- **Estratimeria:** define que o corpo humano e os órgãos são formados por camadas ou estratos que se sobrepõem. No corpo temos inicialmente a pele, em seguida o tecido adiposo e a fáscia muscular, depois os músculos e ossos.
- **Metameria:** neste princípio rege que o corpo é construído por metâmeros que são unidades transversais homólogas (exercem a mesma função) dispostas em um sentido longitudinal. Podemos exemplificar com a formação da pele em que os dermatônos (unidades homólogas da pele) se sobrepõem como ilustra a Figura 5. Esse processo também pode ser verificado nas vértebras e costelas.

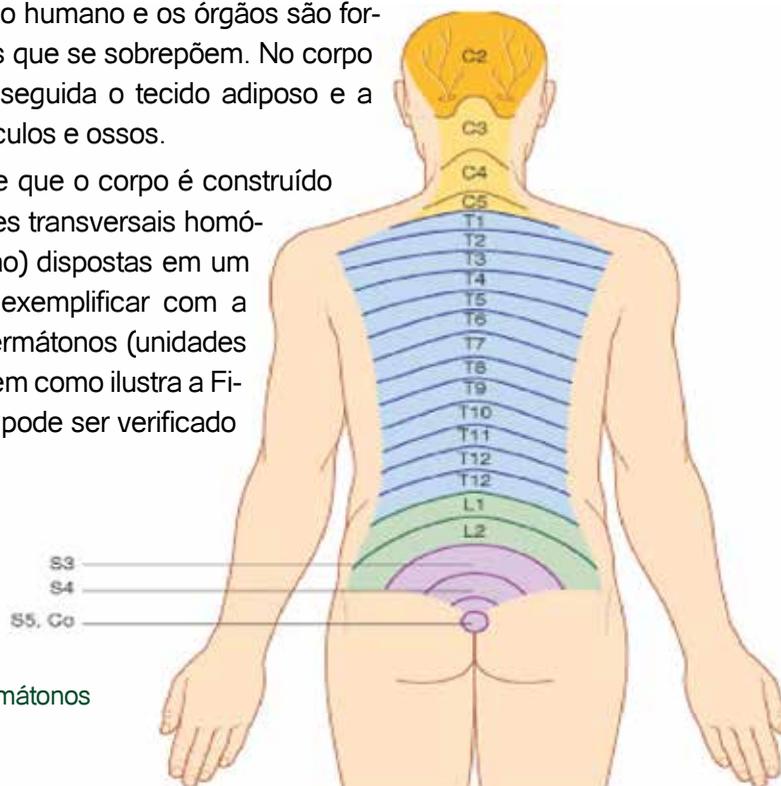


Figura 5 – Princípio da metameria – dermatônos da pele.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

Epimísio e endomísio são membranas de revestimento do músculo e de uma fibra muscular, respectivamente.

Epicárdio e endocárdio são membranas de revestimento do coração, sendo a primeira mais externa e a última a mais interna.

### 3. Sistema esquelético

Define-se esqueleto como o conjunto de ossos e cartilagens devidamente articulados, seja de maneira natural ou artificial.

Os ossos possuem diversas funções, dentre as quais podemos citar:

- Crânio protegendo o encéfalo;
- Quando articulados realizam movimentos diversos;

São eles que dão a devida sustentação e conformação do corpo humano – bípede;

- Armazenam íons cálcio e fósforo;
- Produzem células do sangue – hematopoiese.

O esqueleto de um animal pode ser externo – exoesqueleto – como na maioria dos invertebrados servindo como uma cobertura do corpo. Outros animais como os mamíferos, anfíbios, peixes, répteis e aves possuem um esqueleto interno – endoesqueleto – envolvidos com as articulações e musculatura. E ainda existem os animais que possuem os dois tipos como o “tatu-bola” em que possui um endoesqueleto bem desenvolvido e um exoesqueleto em graus de desenvolvimento variáveis.

#### 3.1 Divisão do esqueleto

Temos o axial, formado pelos ossos que estão na linha mediana do corpo e que são vitais para o indivíduo. A outra porção é constituída pelos membros – esqueleto apendicular. A conexão entre esta porção se dá através das cinturas escapulares (escápula e clavícula) e pélvicas (osso do quadril) – Figura 6.

#### 3.2 Número de ossos

No ser humano temos um total de 206 ossos, oficialmente. Porém alguns fatores podem interferir na contagem, a começar por quem está contando, pela idade e fatores individuais – variação anatômica. Alguns autores consideram que o quadril tenha três ossos (ílio, ísquio e púbis) que são claramente percebidos na infância, já na fase adulta, após completar o desenvolvimento orgânico não são mais visualizados claramente. Voltemos ao fato de uma pessoa ter seis dedos em cada pé, na sua contagem teremos seis ossos (falanges) a mais.

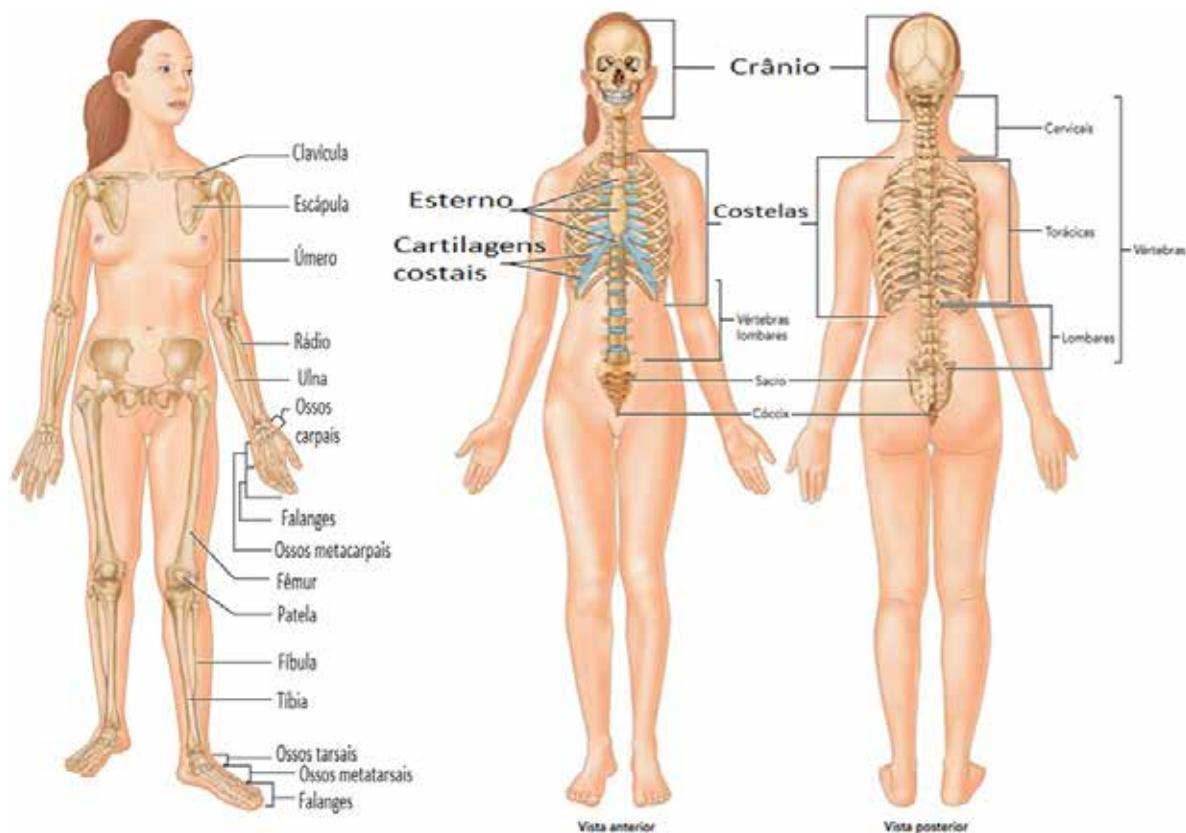


Figura 6 – Ossos do esqueleto axial e apendicular.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### 3.3 Classificação dos ossos

No Quadro 2 encontram-se os tipos de ossos e suas respectivas definições.

Quadro 2

CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE OSSOS		
TIPOS DE OSSOS	DEFINIÇÃO	Exemplos
<b>Longos</b>	são aqueles que apresentam seu comprimento consideravelmente maior que as demais dimensões.	Úmero
<b>Curtos</b>	apresentam as dimensões equivalentes.	Ossos do carpo
<b>Planos / laminados</b>	possuem comprimento e largura equivalentes, predominando sobre a espessura.	Ossos da calota craniana
<b>Pneumáticos</b>	existe cavidade de volume variável que acumulam ar e são revestidas de mucosa.	Maxilar
<b>Irregulares</b>	não possuem forma geométrica padrão, de morfologia complexa.	Vértebras
<b>Sesamóides</b>	estão presentes no interior de alguns tendões ou no entorno de algumas articulações. Não são completamente ossificados.	Paleta

Um osso longo possui epífises (extremidades), diáfise (corpo do osso). Na posição interna da diáfise visualizamos o canal medular que aloja a medu-

la óssea. Já na epífise é fácil notar a presença de uma faixa branca – lâmina epifisial que é formada por cartilagem hialina – quando os ossos estão em crescimento. Após completar o processo de ossificação essa cartilagem é substituída por células ósseas – osteócitos (Figura 7).



Figura 7 – Osso longo – úmero em vista anterior.

Fonte: [www.sbanatomia.com.br](http://www.sbanatomia.com.br)

### 3.4 Tipos de substância óssea

**Compacta:** constituída por ósteons que estão fortemente unidos fornecendo proteção, suporte e uma maior resistência aos efeitos produzidos pelo peso e movimento do corpo humano (Figura 8).

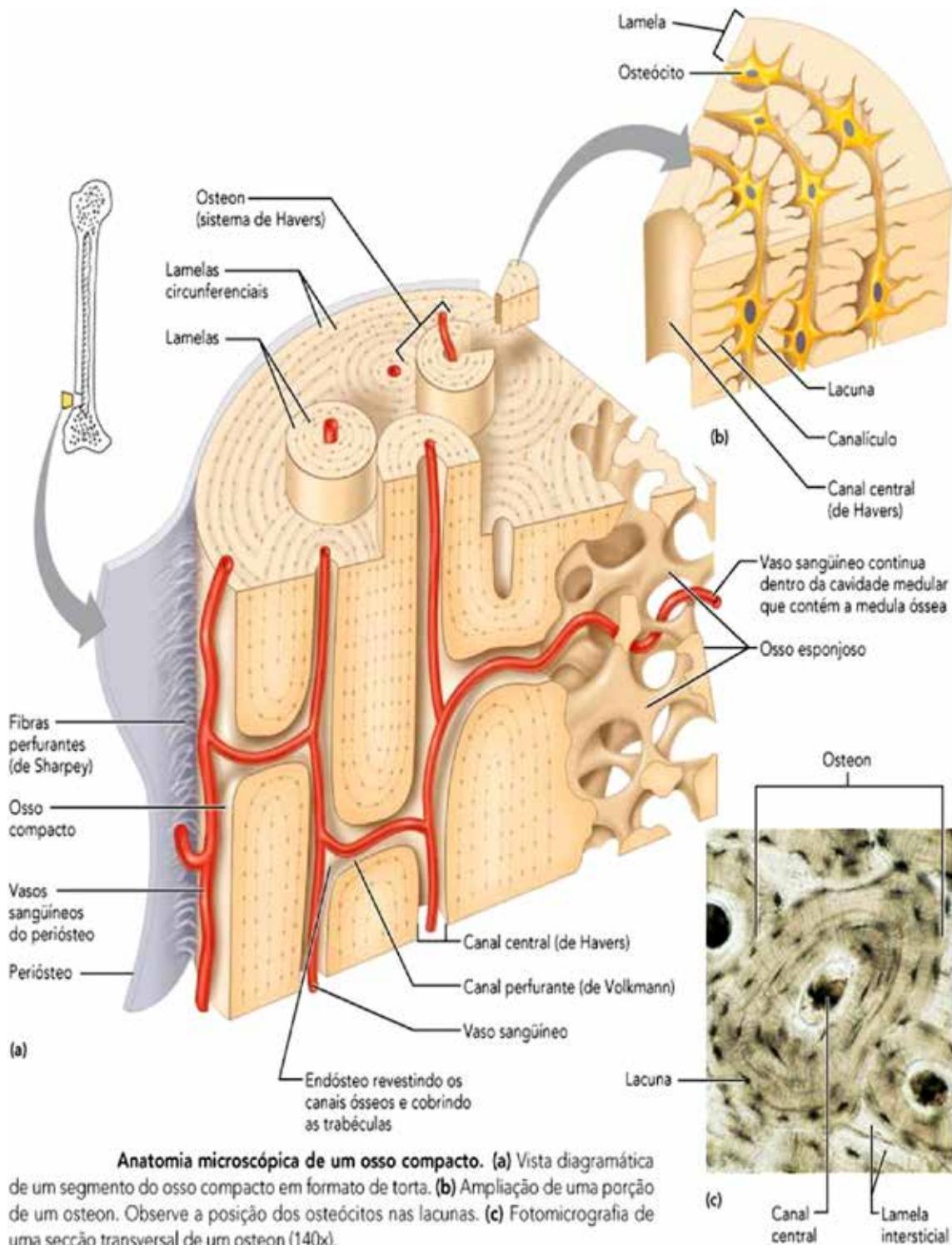
**Esponjosa:** formada por trabéculas que estão dispostas de maneira irregular, possibilitando espaços (lacunas) que são preenchidos por medula óssea vermelha.

#### Saiba mais



#### Crescimento ósseo e avaliação da idade óssea

O conhecimento da localização dos centros de ossificação, dos seus períodos de surgimento, da velocidade de crescimento, e dos períodos de fusão dos locais (período de ocorrência da sinostose) é importante em medicina clínica, ciência forense e antropologia. O índice geral de crescimento durante a lactação, infância e adolescência é indicado pela idade óssea, determinada em radiografias (imagens negativas nas imagens radiológicas). A idade de um jovem pode ser determinada pelo estudo dos centros de ossificação. Os principais critérios são: (1) o surgimento de material calcificado na diáfise e/ou epífise e (2) o desaparecimento da linha escura que representa a cartilagem epifisial (a ausência da linha indica que houve fusão das epífises; a fusão de cada epífise ocorre em épocas específicas) a fusão das epífises à diáfise ocorre 1 a 2 anos mais cedo



**Anatomia microscópica de um osso compacto.** (a) Vista diagramática de um segmento do osso compacto em formato de torta. (b) Ampliação de uma porção de um osteon. Observe a posição dos osteócitos nas lacunas. (c) Fotomicrografia de uma secção transversal de um osteon (140x).

Figura 8 – Anatomia microscópica de um osso compacto.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### 3.5 Elementos descritivos da superfície óssea

Ao observarmos um osso verificamos claramente que sua superfície não é lisa, podendo apresentar características que são próprias de cada osso a depender de suas funções específicas (Figura 9):

- **Saliências:** que vão servir para fixar tendões, ligamentos, músculos ou formar articulações ao encaixar em uma depressão.
- **Depressões:** servem para acomodar estruturas como as saliências na articulação, tendões de um músculo, vasos sanguíneos, entre outros.
- **Aberturas:** estas vão permitir a passagem de estruturas anatômicas como a medula espinhal que passa ao longo do forame magno, na base do crânio.



Figura 9 – Apresentação de alguns elementos descritivos - fêmur em vista posterior.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

## 4. Sistema articular

Articulação ou Juntura é a união entre dois ou mais ossos. Podemos classificar as articulações a partir de dois critérios – morfológica ou funcionalmente.

A partir do primeiro critério, consideramos a substância que está interposta no encontro dos ossos envolvidos na juntura. E a partir do critério da funcionalidade será considerada a mobilidade da articulação, sendo classificada como sinartrose (imóveis), anfiartrose (mobilidade reduzida) e diartrose (móvel).

- **Fibrosas:** tecido conjuntivo fibroso que dependendo da quantidade pode permitir ou impedir o movimento da articulação. Entre as fibrosas temos três subtipos: sindesmose, sutura e gonfose. Podem ter mobilidade reduzida ou nula (Figura 10).

A sindesmose possui uma maior quantidade de tecido interposto (membrana interóssea) encontrada entre os ossos do antebraço (rádio e ulna) e os da perna (tíbia e fíbula). Sendo classificada também como anfiartrose. Já entre as suturas há uma quantidade reduzida de tecido conjuntivo fibroso. Existem vários tipos de suturas: planas, escamosas (ou em bisel) e denteadas (ou serreadas). Em relação à gonfose, temos no encaixe do dente com os processos alveolares da mandíbula e da maxila.

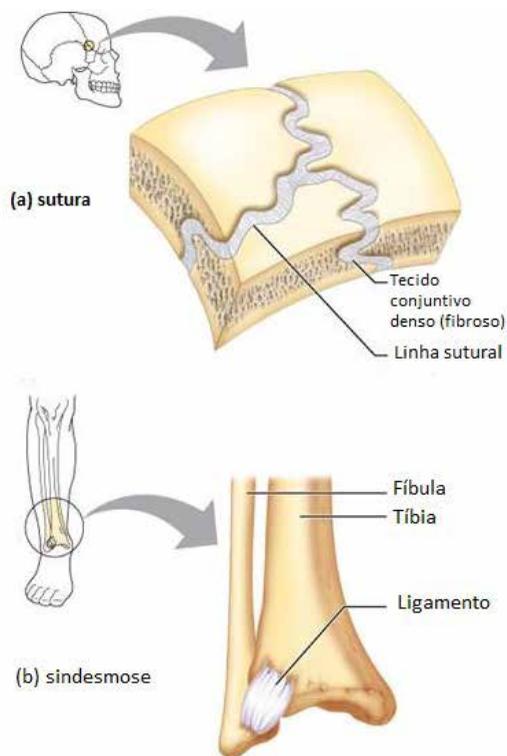


Figura 10 – Articulações fibrosas: (a) Sutura; (b) Sindesmose.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

- **Cartilagenosas:** o tecido interposto é uma cartilagem. São dois tipos de cartilagem (hialina e fibrosa), configurando os dois tipos de juntas cartilagenosas – sincondrose que contém a primeira cartilagem e a sínfise que possui cartilagem fibrosa. Funcionalmente temos sinartrose e anfiartrose, respectivamente (Figura 11).

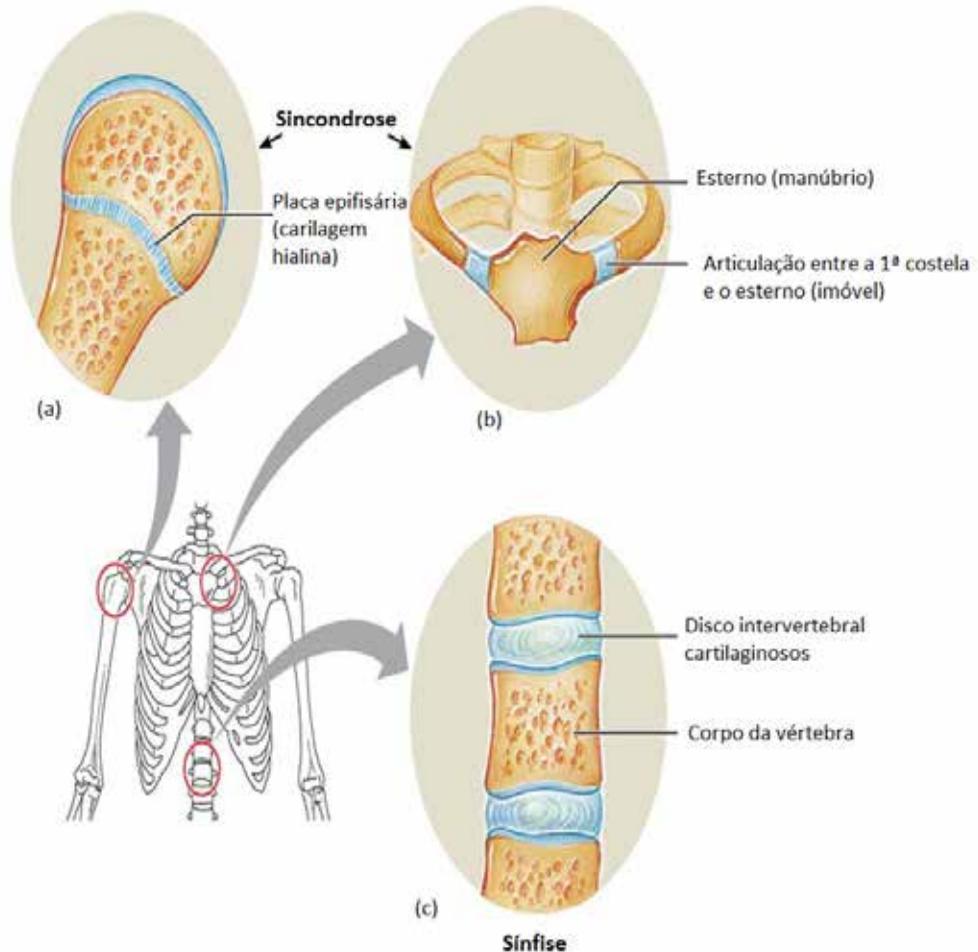


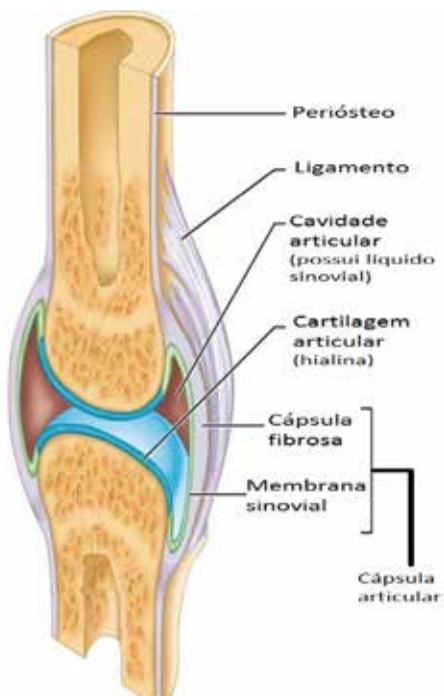
Figura 11 – Articulações cartilagenosas: (a) e (b) Sincondrose; (c) Sínfise.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

- **Sinoviais:** neste último tipo de juntas temos como característica geral a presença de uma cápsula articular, formada por tecido fibroso e o líquido sinovial. Além disso, possuem uma membrana sinovial interna à cápsula que produz o líquido, este está em contato com a superfície óssea (epífise) recoberta por cartilagem hialina, permitindo o seu deslizamento (Figura 12).

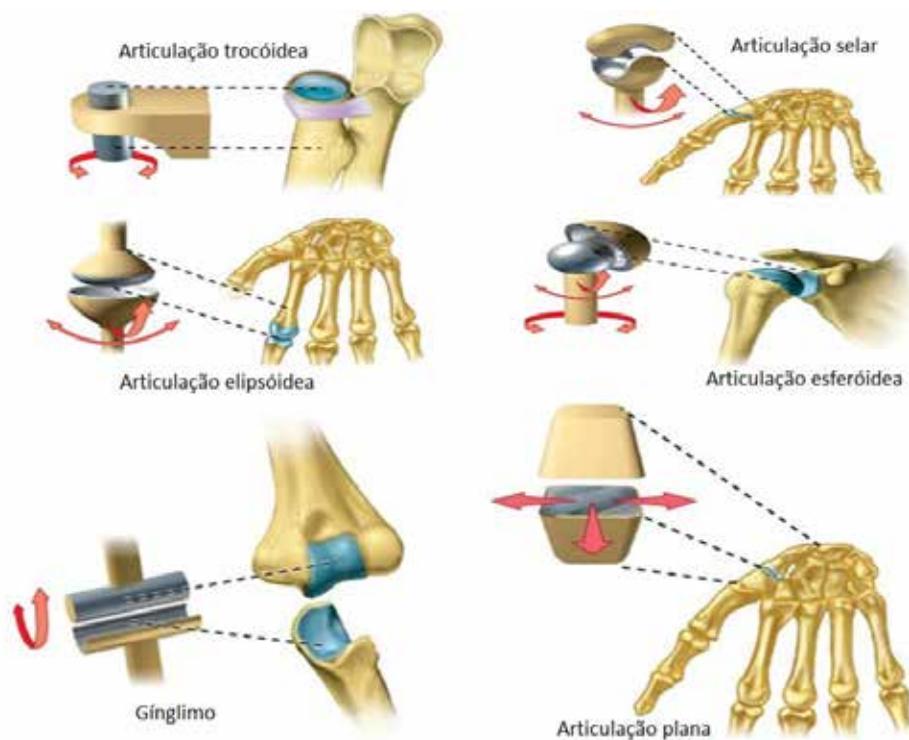
Essas juntas são bastante móveis, sendo classificadas funcionalmente como diartrose. São seis tipos de juntas sinoviais, dentre elas temos: plana, gínglimo, trocoide (ou pivô), elipsoide (ou condilar), esferoide e selar (Figura 13).

As articulações sinoviais são bem projetadas para suportar o uso, mas a utilização excessiva durante vários anos pode causar alterações degenerativas que resultam em menor eficácia da cartilagem articular na absorção de choques e como superfície lubrificadora. (Moore e Dalley, 2006).



**Figura 12** – Articulação sinovial - morfologia.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).



**Figura 13** – Articulação sinovial – exemplos.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

Segue um organograma resumindo os tipos de juntas (Figura 14).

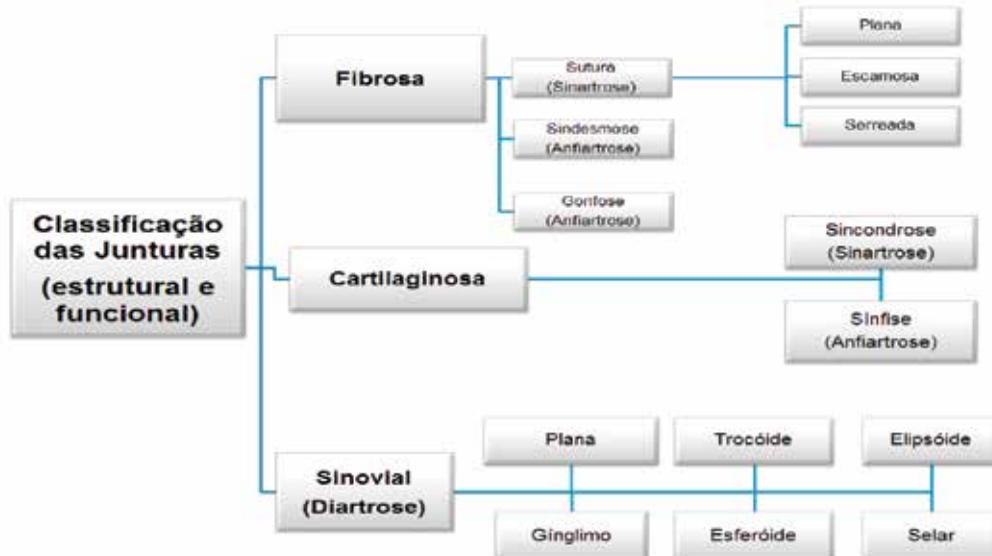


Figura 14 – Tipos de juntas.

#### 4.1 Movimentos das Articulações

- **Flexão/Extensão:** movimento angular em torno do eixo transversal.
- **Abdução/Adução:** movimento de afastamento ou aproximação do plano mediano, respectivamente.
- **Circundução:** movimento combinatório dos movimentos anteriores.
- **Rotação:** movimento em torno do eixo longitudinal.
- **Pronação/Supinação:** movimento em torno do eixo longitudinal em que a palma da mão ficará virada para frente ou para trás.

As articulações transmitem uma sensação denominada propriocepção, que proporciona a consciência do movimento e da posição das partes do corpo. (Moore e Dalley, 2006).

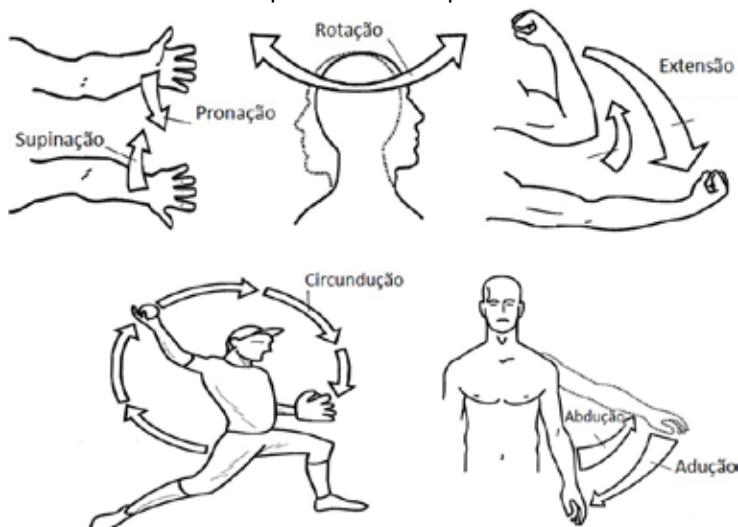


Figura 3.6 – Tipos de movimentos realizados pelas articulações.

Fonte: ALCAMO (2003).

## 5. Sistema muscular

Nosso corpo é formado por diversas células, cada qual com sua função específica. As células musculares se especializaram em realizar encurtamento da distância entre as suas extremidades fixadas, por contração, proporcionando o que conhecemos por movimento. Essas células estão organizadas em feixes que formam os músculos. Sendo estes os elementos ativos tanto da postura como do movimento, realizando funções estáticas e dinâmicas, respectivamente. Temos três tipos de músculos com características próprias:

- **Estriado esquelético:** está fixado ao esqueleto em pelo menos uma de suas extremidades, sendo de ação voluntária (pois o impulso nervoso resulta de um ato de vontade). Tem relação funcional com o sistema nervoso somático. Possui estriações transversais ao longo das fibras musculares em virtude da superposição de áreas mais densas das miofibrilas (actina e miosina) - Figura 16.

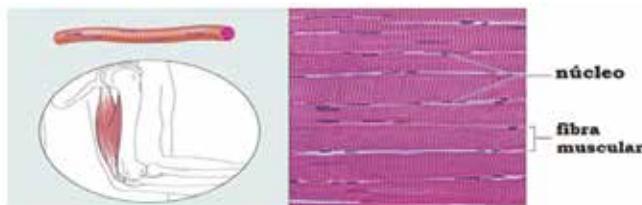


Figura 16 – Estrutura microscópica do músculo esquelético.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

- **Estriado cardíaco:** como o próprio nome sugere está presente apenas no coração e possui ação involuntária, sua contração é contínua. Tem relação funcional com o sistema nervoso visceral. Suas estriações formam os discos intercalados (ponto de união das ramificações das células musculares cardíacas) - Figura 17.

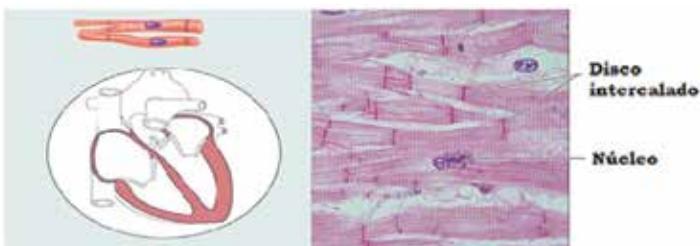


Figura 17 – Estrutura microscópica do músculo cardíaco.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

- **Liso:** diferentemente dos anteriores, estes, não possuem estriações, por isso o nome. Possui um único núcleo central, além da presença dos mio-

filamentos (actina e miosina) que estão dispostos em uma trama tridimensional e não organizados como acontece nos estriados. Encontramos em diversas vísceras e nos vasos sanguíneos do corpo humano - Figura 18.

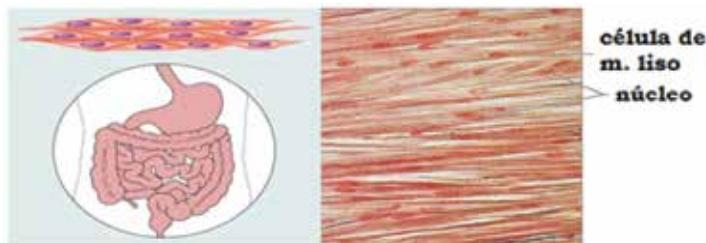


Figura 18 – Estrutura microscópica do músculo liso.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

A partir desse momento daremos maior atenção ao músculo esquelético, pois os demais tipos de músculos serão melhor caracterizados ao estudarmos os diversos sistemas aos quais se relacionam.

## 5.1 Componentes anatômicos

O músculo tem de maneira geral ventre muscular, a parte carnosa, rica em fibras musculares e os tendões, que formam as extremidades do músculo e servem para fixá-lo na peça óssea (Figura 19).

As extremidades são nomeadas como origem (ponto fixo) e inserção (ponto móvel). Porém, em alguns músculos podem não conter tendão em sua extremidade, ou possuir uma aponeurose (estrutura membranosa de tecido conjuntivo que fixa músculos mais largos) – Figura 20.

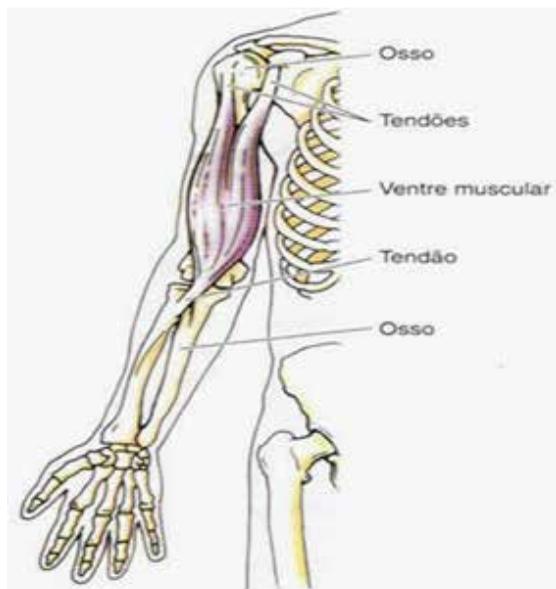


Figura 19 – Componentes anatômicos de um músculo esquelético.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

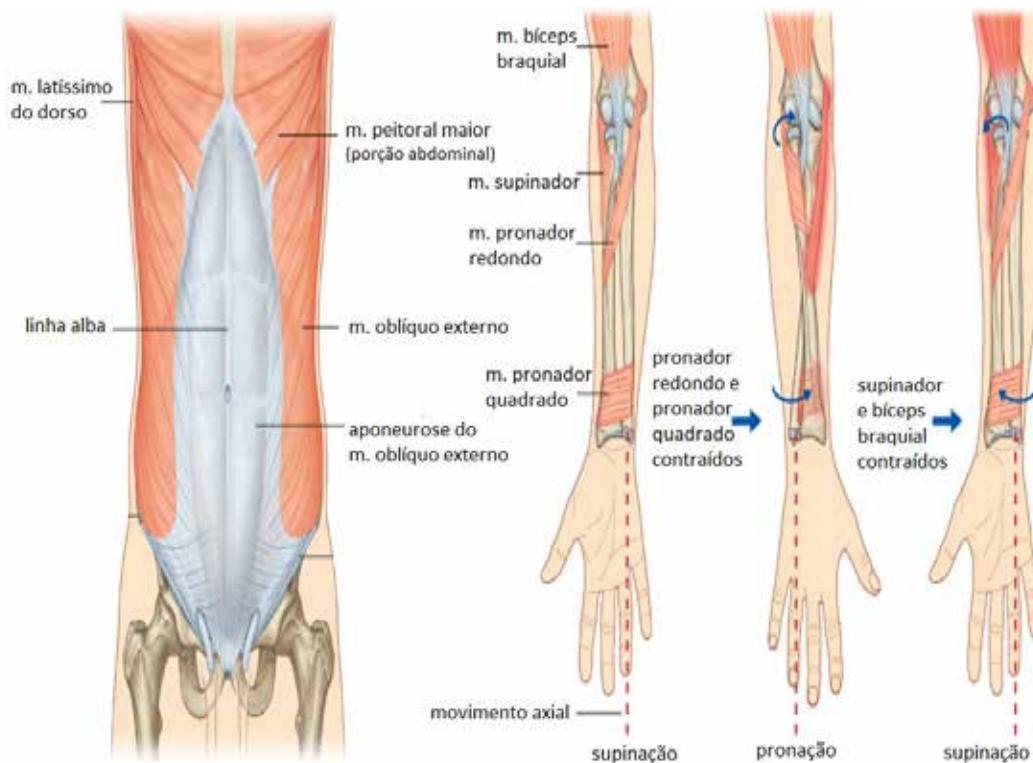


Figura 20 – Exemplos de músculos esqueléticos com aponeurose e músculos sem tendão.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

## 5.2 Classificação dos músculos esqueléticos

São diversos os fatores, a partir dos quais podemos classificar os músculos esqueléticos. Portanto um mesmo músculo pode pertencer a várias classificações (Figuras 21 e 22). Vamos a cada um desses critérios.

**1º critério:** considerando a forma e o sentido das fibras musculares (Figura 23).

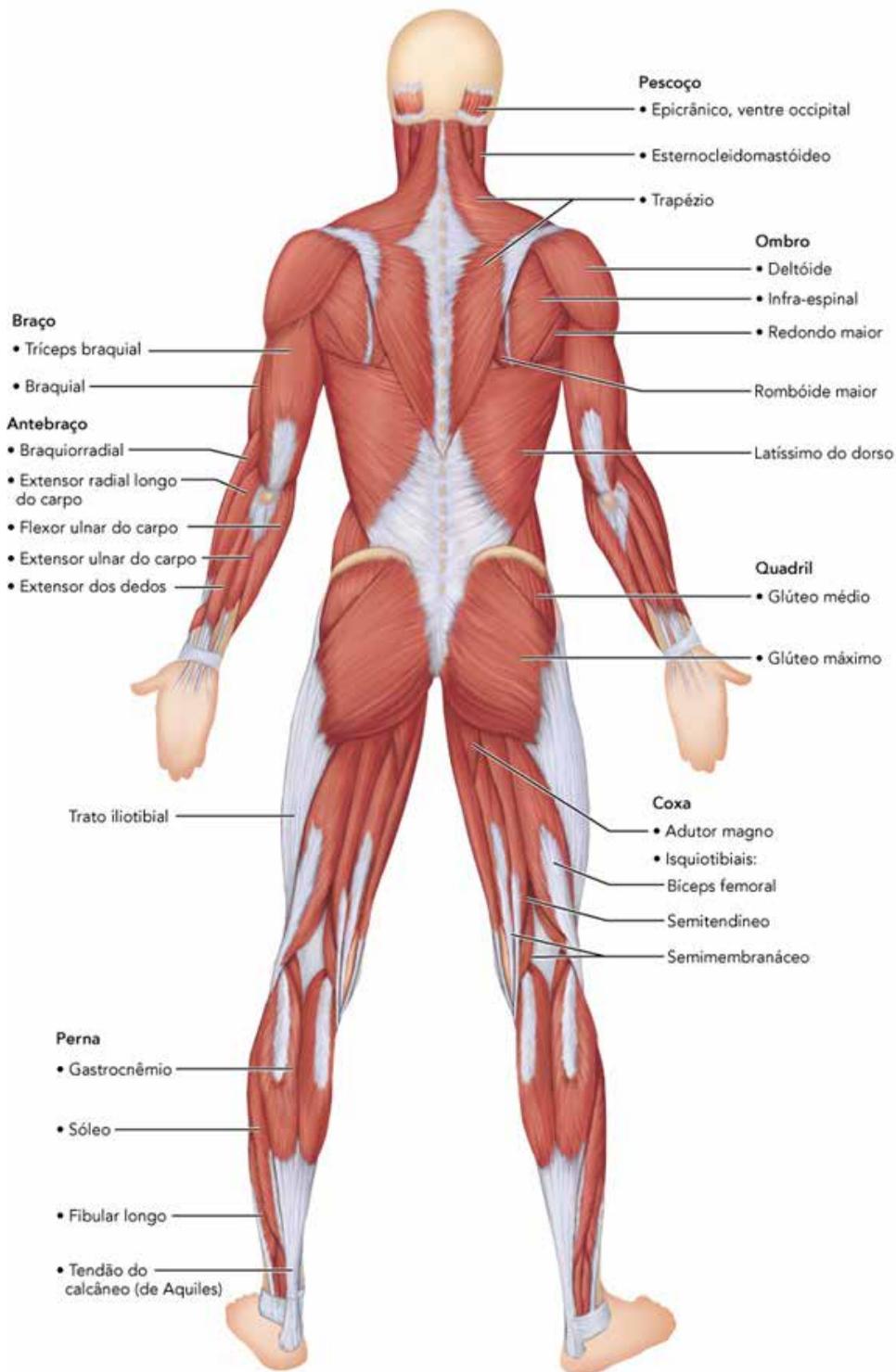
**2º critério:** considerando o número de origens (cabeças) - Figura 24.

**3º critério:** considerando o número de inserções (cauda) - (Figura 25).

**4º critério:** considerando a quantidade de ventre muscular (Figura 26).

**5º critério:** considerando a ação. Está relacionado aos movimentos realizados, portanto, eles podem ser: flexores, extensores, abdutores, adutores, rotatores, pronadores e supinadores.

**6º critério:** classificação funcional. Neste critério, eles são divididos em: agonistas, antagonistas, sinergistas e fixadores.



### Contrações e Isométricas e Isotônicas

A contração isométrica mantém a posição de uma articulação sem produzir movimento. As contrações concêntricas são contrações isotônicas nas quais o comprimento do músculo se modifica: concêntrica - encurtamento; excêntrica - alongamento.

Figura 21 – Músculos esqueléticos – vista posterior.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

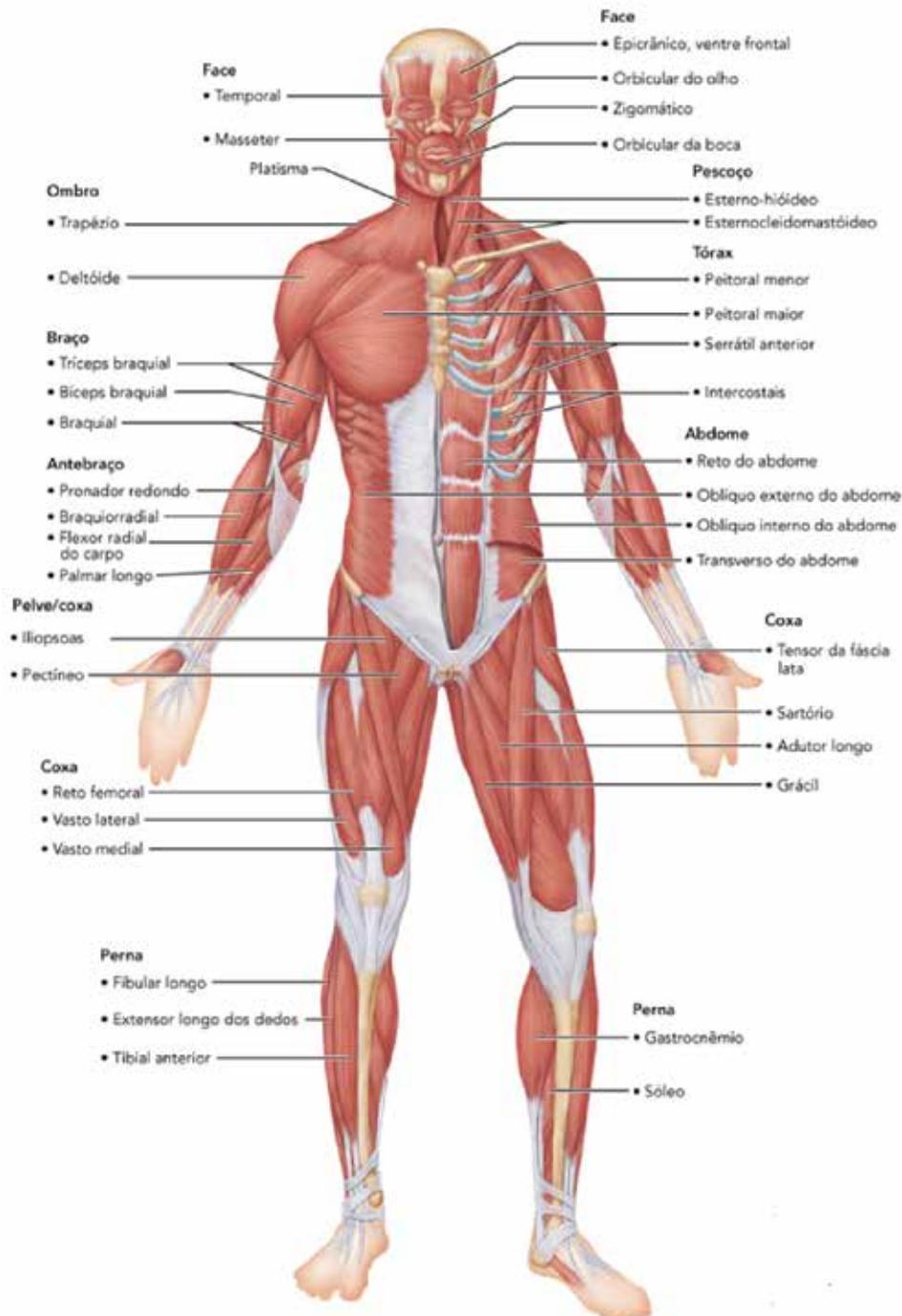


Figura 22 – Músculos esqueléticos – vista anterior.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

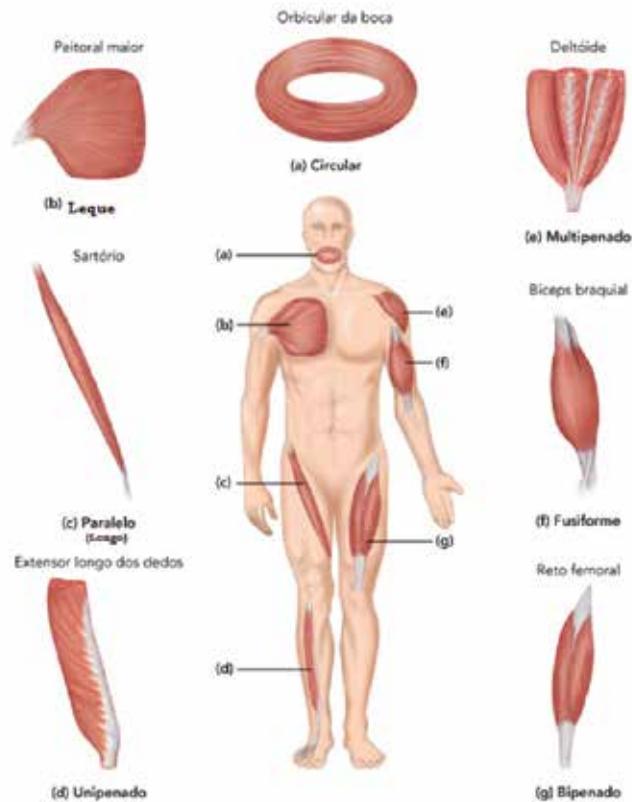


Figura 23 – Classificação do músculo esquelético quanto à forma e o sentido das fibras musculares.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

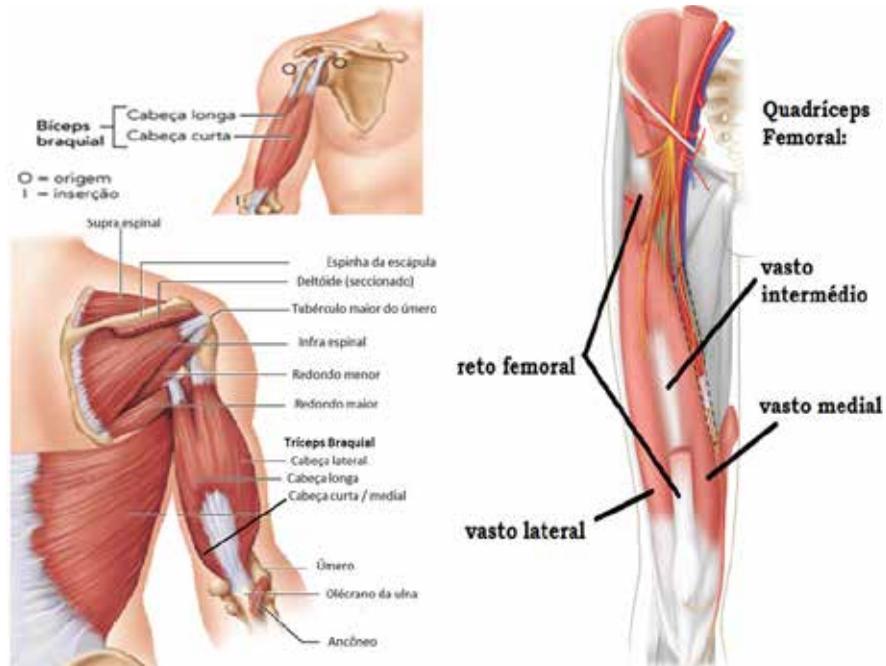


Figura 24 – Classificação do músculo esquelético quanto ao número de origens (cabeças).

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

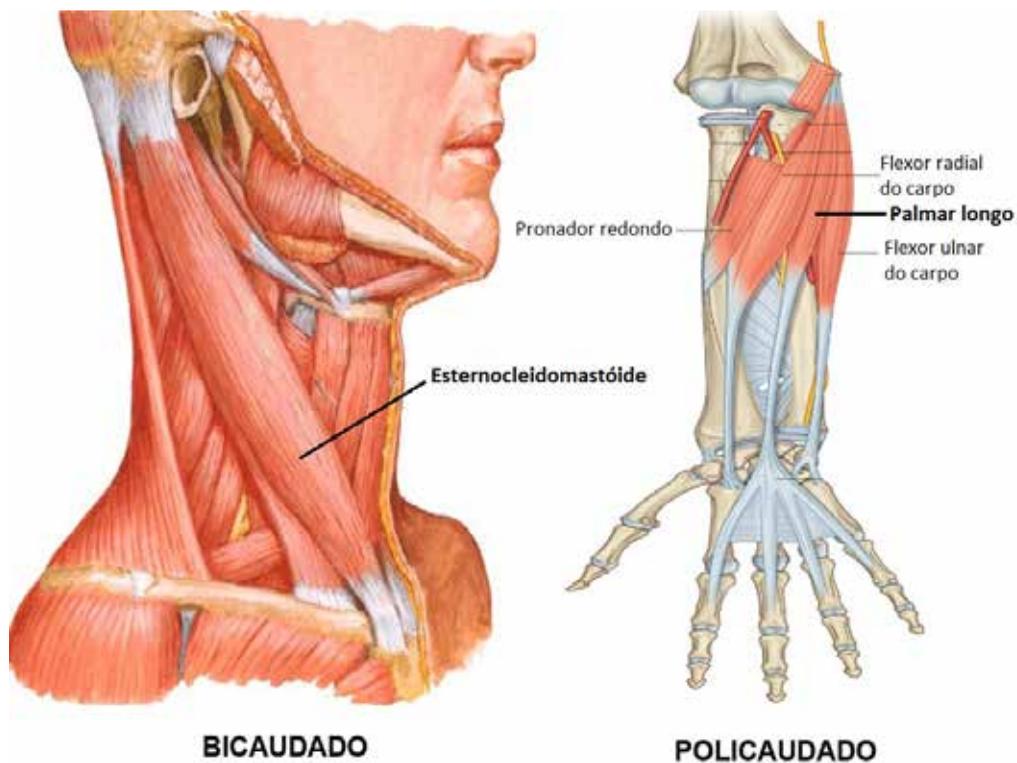


Figura 25 – Classificação do músculo esquelético quanto ao número de inserções (cauda).

Fonte: NETTER (2001); DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

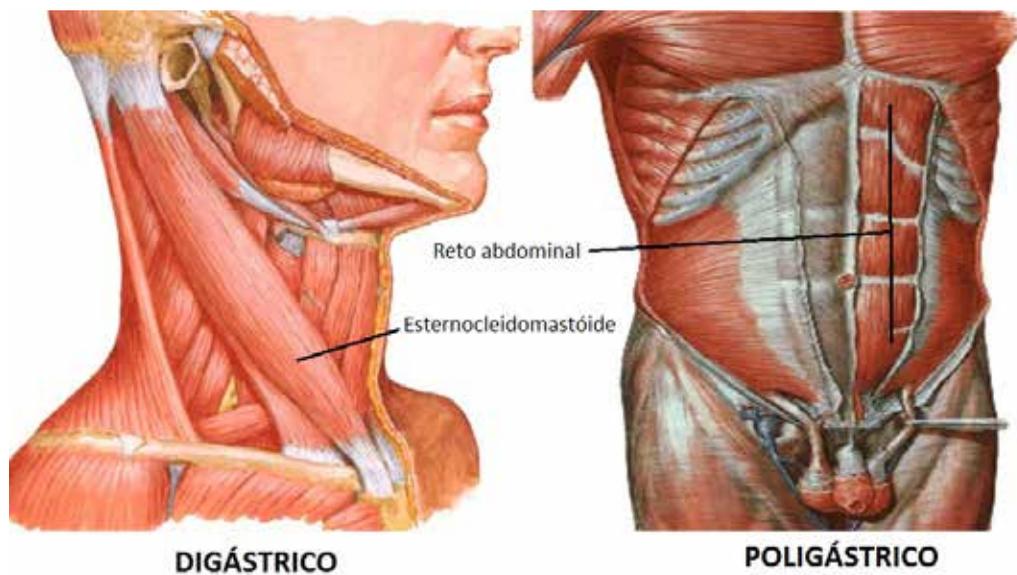


Figura 26 – Classificação do músculo esquelético quanto à quantidade de ventre muscular.

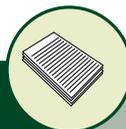
Fonte: NETTER (2001).

## Síntese do Capítulo



O capítulo apresenta os conceitos gerais da anatomia e a nomenclatura mais usual com suas diferenciações em planos, eixos, termos de posição anatômica, finalizando com os princípios básicos de construção do corpo humano. Na sequência aborda o sistema de sustentação que é o esquelético, destacando sua constituição e classificação. A definição de sistema articular e sua classificação, com a compreensão dos movimentos do corpo é discutido no capítulo seguinte. No capítulo posterior são debatidos os tipos de músculos e seus componentes anatômicos a fim de classificá-los.

## Texto complementar



### Jogos corporais: aprendizagem de anatomia

As situações de aprendizagem dos conteúdos de anatomia humana exigiu-nos vencer o tecnicismo vivenciados pelos professores, como uma concepção pedagógica laboral integrada e dependente do trabalho mecânico, herança da lógica mercantil e industrial na qual o corpo humano deve vincular-se às exigências técnicas.

No entanto, o significado e reconstrução da aprendizagem deve passar por perspectivas lúdicas em que a execução das atividades devam estar associadas com a forma direta da aprendizagem do professor, cuja intenção recreativa associa-se às necessidades do trabalho futuro como professor numa visão interdisciplinar no ensino universitário (Tavares, 1998). As crianças, os jovens, os adultos, os idosos precisam conhecer seus corpos, entender seus esquemas corporais e saber como funcionam, percebendo as belezas, fazeres e saberes diferentes que constituem as variações anatômicas de idade, sexo, raça, biotipo e evolução corporal (Dangelo & Fattini, 1988).

Vários projetos têm sido comunicados mostrando experiências gratificantes na área do ensino de anatomia (Oliveira & Abreu, 2003; Miranda-Neto *et al*, 2003; Sant'Ana *et al*, 2003; Miranda, Ferreira *et al*, 2002; Siqueira-Neto & Ferreira, 2001; Souza *et al*, 2001; Miranda-Neto *et al*, 2001; Silva *et al*, 2001; Ferreira *et al*, 2000; Silva *et al*, 2000; Ferreira, 1998). Os currículos permanecem insensíveis. Por quê? Não responderemos esta questão, no entanto, esta experiência tentou superar a tecnoburocracia curricular usando os jogos recreativos para ensinar anatomia aos futuros professores de ciências e biologia.

Conhecer a si mesmo é maravilhar-se, divertir-se, é alegrar-se com descobertas naturais que existem em nós, proporcionando uma integração entre o racional (corpo físico) e o emocional (consciência de si mesmo e dos outros). A anatomia humana é algo interessante por tratar de conteúdo que possibilita a realização do conhecimento e desenvolvimento humano natural. Sendo natural, integramos esta característica do brincar através dos jogos corporais na aprendizagem dos conteúdos de Anatomia Humana.

A atividade lúdica desenvolve situações que o raciocínio associativo da integração morfológica do corpo externo integra a natureza psíquica constitucional de si mesmo. A aprendizagem começa a surgir no mundo mental do acadêmico quando este

percebe que é possível ver em si o que está estudando nos cadáveres, neste momento inicia o envolvimento com a disciplina e o crescimento motivacional do aprender modificando as aulas práticas em vivência integral, pela união, participação e discussão dos trabalhos em grupo, respeitando a individualidade dentro da própria forma corporal concretizadas pela aprendizagem perceptiva integrativa e produtiva, ou seja, perceber a forma do corpo humano passa pelo nível cognitivo associada com o corpo físico cuja observação é marcada por uma concentração e atenção sobre si mesmo por envolver os órgãos sensoriais, cognitivos e motores no processo de aprender, habilidades também desenvolvidas e habilitadas pela prática dos jogos... cont.

Fonte: SILVA, R. A.; GUIMARÃES, M. M.; BARBOSA, A. A. (2005).

## Métodos de análise da maturação óssea e estimativa da idade

Os profissionais de saúde, na sua prática clínica, por diversas vezes são solicitados a determinar a idade óssea ou cronológica do seu paciente, seja para permitir um melhor planejamento do tratamento, seja na prática forense, contribuindo na determinação da idade de criminosos ou de cidadãos sem documentos de identificação.

Na medicina, essas informações são de extremo valor na avaliação, preservação e tratamento de crianças com distúrbios de crescimento, como atraso no crescimento constitucional e deficiência nos hormônios de crescimento, assim como doenças endocrinológicas.

O exame radiográfico representa uma ferramenta valiosa neste processo. O tecido ósseo mineralizado é um tecido dinâmico, com potencial para crescer e remodelar-se, permanecendo ativo durante toda a vida. O seu crescimento está relacionado aos centros de ossificação, a partir dos quais irá sofrer processos de maturação, até que o crescimento cesse com a fusão das epífises. Esse processo pode ser acompanhado pelos profissionais de saúde através de radiografias, permitindo a comparação de métodos para identificação da sua cronologia, possibilitando, assim, a estimativa da idade.

Na prática forense, a radiografia pode ser utilizada tanto na identificação *post-mortem* como na estimativa da idade de indivíduos vivos. O primeiro caso está diretamente relacionado com acidentes nos quais a identificação pode ser realizada a partir da análise de radiografias *ante-mortem* e *post-mortem* e registros dentários. Os primeiros registros do uso da radiografia na identificação de cadáveres datam de 1896 (ano seguinte à descoberta da radiação X).

Ainda sob a aplicação forense, existe a necessidade de determinar a idade de indivíduos sem provas válidas de registro de nascimento, seja por motivos criminais, civis ou mesmo para garantir pensão a idosos. Nestes casos, alguns exames devem ser realizados: exame físico geral, radiografia carpal da mão esquerda, além de exames realizados por dentistas, incluindo a avaliação da dentição e análise por radiografia panorâmica.

Na prática clínica, uma importante aplicação da determinação da idade óssea se faz na odontologia, especialmente na ortodontia e ortopedia facial, já que o diagnóstico, o plano de tratamento e o prognóstico dos tratamentos em pacientes jovens fundamentam-se no grau de maturação esquelética e no potencial de crescimento, uma vez que a idade cronológica e a esquelética podem não coincidir. O crescimento e a maturação esqueléticos ocorrem marcadamente durante a infância e a puberdade, quando períodos de aceleração são observados, os chamados surtos de crescimento.

Este fenômeno pode variar entre os indivíduos e entre os gêneros, ocorrendo cerca de dois anos antes nas meninas. Os principais métodos radiográficos para esta análise consistem da radiografia panorâmica, que permite avaliar a cronologia da mineralização dentária, a radiografia carpal e a análise do grau de maturação das vértebras cervicais C2 a C4 pela telerradiografia lateral, permitindo estimar o período de crescimento em que o paciente se encontra.

Fonte: CARVALHO et al. (2010).

## Atividades de avaliação



1. Se você estivesse defronte a uma pessoa que está na posição anatômica correta, poderia observar:
  - a) Região glútea
  - b) Região cubital anterior
  - c) Região escapular
  - d) Região lombar
  - e) Região poplíteia
2. Em que estrutura você procuraria a artéria femoral?
  - a) Punho
  - b) Antebraço
  - c) Face
  - d) Coxa
  - e) Ombro
3. Orelha esquerda é \_\_\_\_\_ à narina direita.
  - a) Intermédia
  - b) Inferior
  - c) Lateral
  - d) Distal
  - e) Medial
4. Seu queixo é \_\_\_\_\_ em relação aos seus lábios.
  - a) Lateral
  - b) Superior
  - c) Profundo
  - d) Posterior
  - e) Inferior
5. Seu crânio é \_\_\_\_\_ em relação ao seu encéfalo.
  - a) Intermédio
  - b) Superior
  - c) Profundo
  - d) Superficial
  - e) Proximal
6. Um mágico está para separar o corpo de seu assistente em porções superior e inferior. O plano através do qual ele passará sua vara mágica é o:
  - a) Sagital mediano
  - b) Frontal
  - c) Transverso
  - d) Oblíquo
  - e) Sagital paramediano
7. Há um espelho especial, em uma casa de diversões, que esconde metade do seu corpo e duplica a imagem da sua outra metade.
  - a) No espelho, você pode fazer proezas espantosas, tais como levantar ambas as pernas do chão. Ao longo de qual plano o espelho está dividindo o seu corpo? \_\_\_\_\_
  - b) Um espelho diferente, na sala seguinte, mostra seu reflexo com duas

cabeças, quatro braços e nenhuma perna. Ao longo de qual plano esse espelho está dividindo o seu corpo? \_\_\_\_\_

8. As costelas se articulam com as:
- a) Vértex torácicas
  - b) Vértex lombares
  - c) Sacro
  - d) Vértex cervicais
  - e) Atlas e Áxis
9. A presença de uma linha epifisial em um osso longo indica que esse osso:
- a) Está sofrendo reabsorção.
  - b) Parou de crescer em comprimento.
  - c) Ainda é capaz de crescer em comprimento.
  - d) Está quebrado.
  - e) Está crescendo em diâmetro.
10. No local onde os ossos longos formam articulações, suas epífises são recobertas com:
- a) Medula óssea amarela
  - b) Osteoclasto
  - c) Perióstio
  - d) Endóstio
  - e) Cartilagem hialina
11. J.R. dirigia sua motocicleta pela Av. do Imperador, próximo às topics, quando sofreu uma colisão com um pardal míope. No desastre resultante, J.R. teve sua perna esquerda esmagada, fraturando ambos os ossos da perna, e quebrou a extremidade distal pontiaguda do osso mais lateral do seu punho. O pardal voou, quando a ambulância chegou. Forneça as denominações dos ossos que J.R. quebrou.
12. Enquanto investigava seu novo irmãozinho, uma menina de 6 anos descobriu uma área mole no crânio do bebê e anunciou que o bebê devia voltar, pois "ele ainda não está pronto". Explique a presença dessas áreas moles no crânio do infante e a falta dessas áreas no seu.
13. Uma articulação que tem um encaixe \_\_\_\_\_ oferece uma grande amplitude de movimento e é \_\_\_\_\_ provável de ser deslocada.
- a) Apertado, menos
  - b) Apertado, mais
  - c) Frouxo, menos
  - d) Frouxo, mais
  - e) Flexível, menos
14. Um exemplo de uma articulação fibrosa em que os ossos são imóveis é a:
- a) Sutura
  - b) Sindesmose
  - c) Sinovial
  - d) Sínfise
  - e) Sincondrose
15. A extração de um dente desarticulária que tipo de articulação?

- a) Sínfise
- b) Sinovial
- c) Gonfose
- d) Cartilaginosa
- e) Sindesmose

16. Qual das seguintes NÃO é uma função do líquido sinovial?

- a) Age como lubrificante.
- b) Ajuda a reforçar a articulação.
- c) Fornece nutrientes para os tecidos circundantes das articulações.
- d) Remove os resíduos metabólicos.
- e) Remove micróbios e entulhos da articulação.

17. A cartilagem epifisial e as bolsas sinoviais seriam encontradas mais provavelmente em qual dos seguintes tipos de articulação?

- a) Gonfose
- b) Sutura
- c) Sínfise púbica
- d) Joelho
- e) Sincondrose

18. Qual das seguintes estruturas fornece flexibilidade a uma articulação enquanto também impede o deslocamento?

- a) Bolsas sinoviais
- b) Cartilagem epifisial
- c) Sinóvia (líquido sinovial)
- d) Músculos
- e) Cápsula articular

19. As articulações entre as vértebras e a articulação entre os ossos do quadril são exemplos de que tipo de articulação?

- a) Sinovial
- b) Sínfise
- c) Fibrosa
- d) Sincondrose
- e) Sutura

20. Correlacione:

- |                                                                     |                         |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| ___ articulação entre o atlas e o eixo                              | A articulação plana     |
| ___ permite deslizamento                                            | B articulação gínglimo  |
| ___ articulação entre o osso do carpo e o osso metacarpo do polegar | C articulação esferoide |
| ___ articulação do quadril                                          | D articulação trocóide  |
| ___ articulação do joelho                                           | E articulação selar     |

21. Qual das seguintes articulações sinoviais permitem maior grau de movimento?

- a) Esferoide
- b) Gínglimo
- c) Elipsoide
- d) Trocóide
- e) Selar

22. Mover o fêmur para frente durante a deambulação é um exemplo de:

- a) Abdução
- b) Circundução
- c) Flexão
- d) Deslizamento
- e) Inversão

23. Na posição anatômica, as palmas das mãos estão em:

- a) Flexão
- b) Inversão
- c) Pronação
- d) Supinação
- e) Protração

24. Inclinar a cabeça para significar “sim” em resposta a uma pergunta envolve:

- a) Abdução e Adução
- b) Circundução
- c) Extensão e Hiperextensão
- d) Rotação
- e) Extensão e Flexão

25. Correlacione as colunas:

- \_\_\_ movimento de um osso em torno de seu próprio eixo.
- \_\_\_ movimento para longe da linha mediana do corpo.
- \_\_\_ palma da mão voltada para cima ou para frente.
- \_\_\_ movimento para baixo de uma parte do corpo.
- \_\_\_ movimento em direção à linha mediana do corpo.
- \_\_\_ movimento da mandíbula ou do ombro para trás.
- \_\_\_ virar a palma da mão de modo que fique voltada para baixo ou para trás.
- \_\_\_ movimento para cima de uma parte do corpo.
- \_\_\_ movimento circular da extremidade distal de uma parte do corpo.
- \_\_\_ movimento além do plano de extensão.

- a) Rotação
- b) Supinação
- c) Depressão
- d) Adução
- e) Retração
- f) Pronação
- g) Abdução
- h) Hiperextensão
- i) Circundução
- j) Elevação

26. Combine os seguintes itens:

- \_\_\_ Funciona com o agente principal para reduzir o movimento desnecessário.
- \_\_\_ Músculo em um grupo que produz o movimento desejado.
- \_\_\_ Extremidade estacionária de um músculo.
- \_\_\_ Músculo que tem ação oposta à de outro músculo.



**Capítulo**

**2**

# **Sistema Nervoso**



## 1. Sistema nervoso

O sistema nervoso surgiu a partir de três vesículas primitivas (prosencefalo, mesencefalo e rombencéfalo) e executa funções primordiais para o funcionamento de todas as ações orgânicas, seja no intuito de manter ou alterar as funções orgânicas a partir de estímulos captados externamente e internamente. Portanto, exerce funções sensoriais, integrativas e motoras (Figura 27).

Possui dois tipos de substâncias nervosas: branca e cinzenta que estão relacionadas à maior concentração de axônios. Quanto mais destes possuir a área será denominada de substância cinzenta e na diminuição de axônios será substância branca.

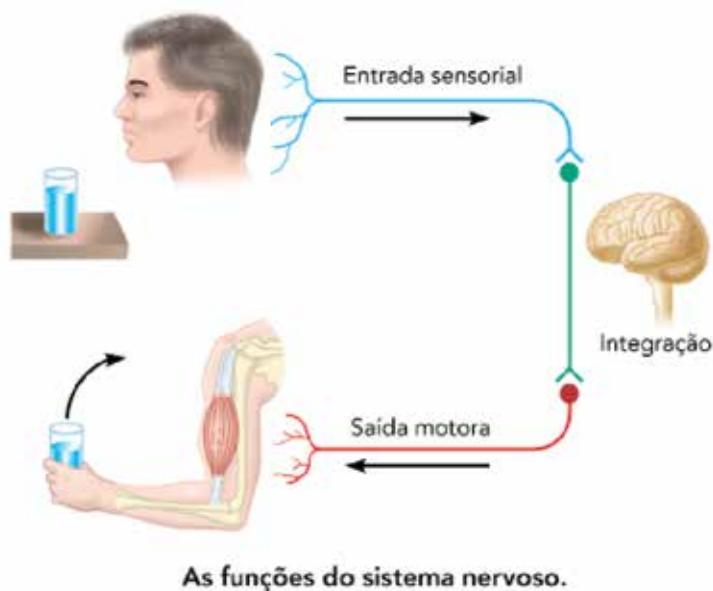


Figura 27 – Funções do sistema nervoso

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

Podemos dividir, didaticamente, o sistema nervoso em: morfológico e funcional.

## 1.1 Divisão morfológica

Estruturalmente o sistema nervoso é dividido em central e periférico. Aquele tem por função básica o processamento das informações recebidas por meio do sistema nervoso periférico.

Apresentamos a seguir a divisão do sistema nervoso central (Figuras 28 a 29).

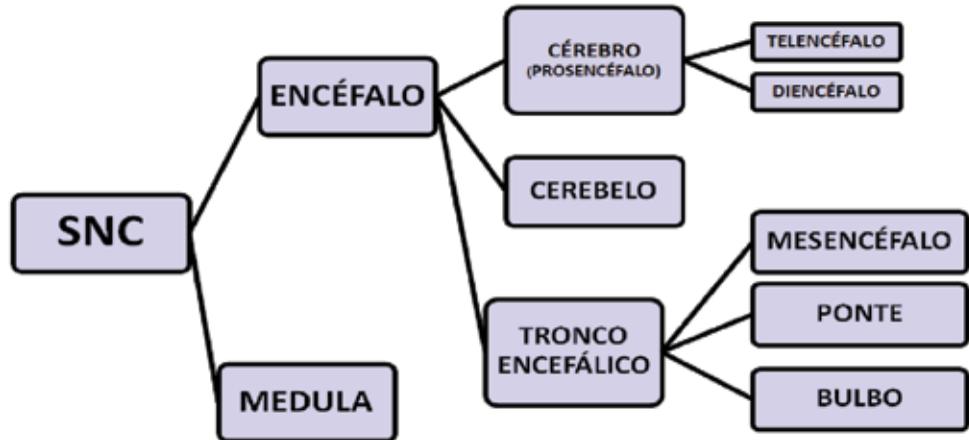


Figura 28 – Divisão do sistema nervoso central.

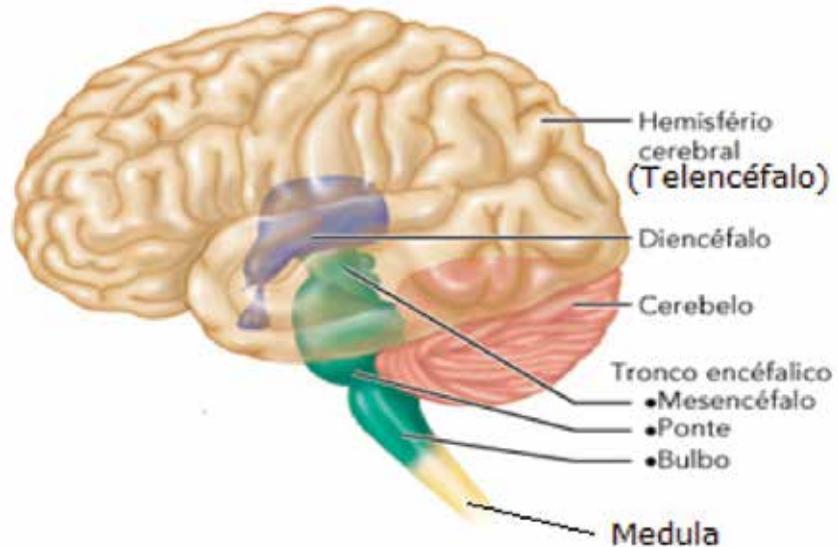
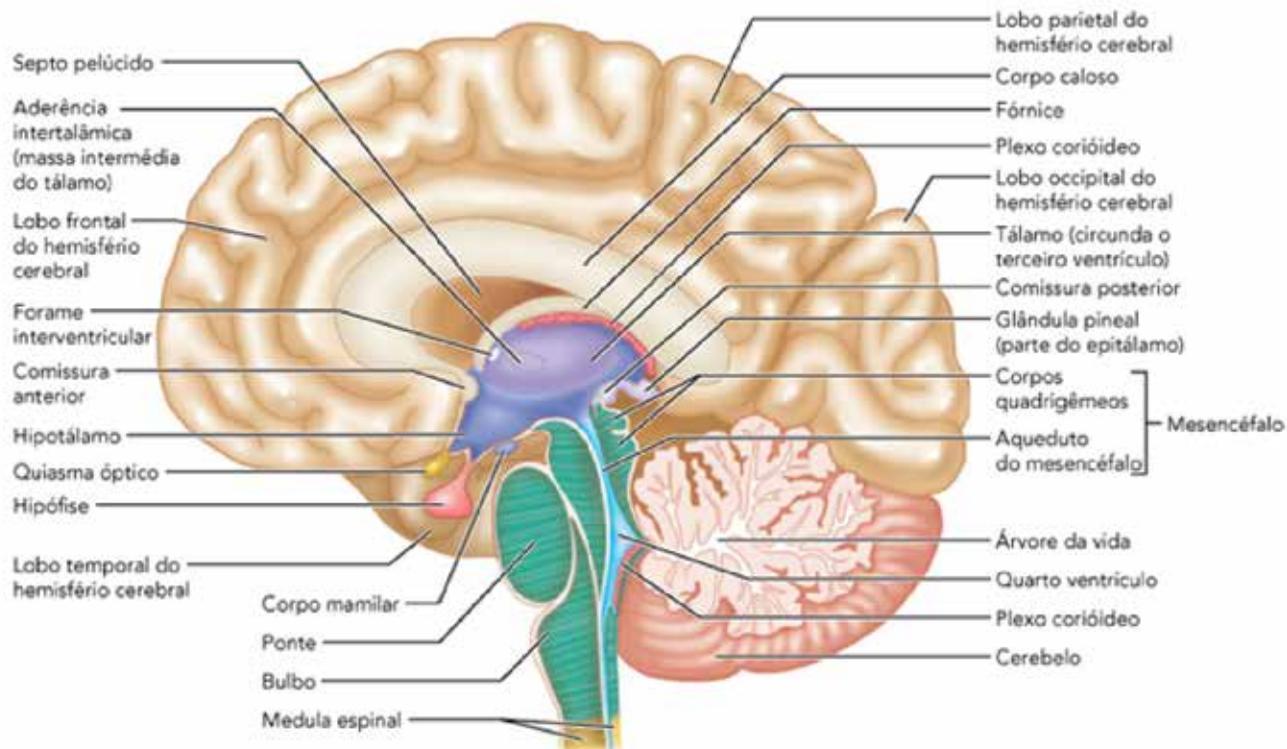


Figura 29 – Divisão morfológica do sistema nervoso central.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).



Seção sagital mediana do encéfalo mostrando o diencéfalo e o tronco encefálico.

Figura 30 – Estruturas do encéfalo.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 1.2 Membranas de revestimentos e líquido

O sistema nervoso central possui algumas meninges que servirão como envoltórios, além de proteger contra impactos e levar nutrientes, bem como distribuir células de defesa. São elas, de dentro para fora: *pia-máter*, *aracnoide-máter* e *dura-máter*.

A medula espinal e o encéfalo são protegidos, de maneira suplementar, pelo líquido céfalo-raquidiano (Líquor). É incolor e transparente e circundada pelo espaço sub-aracnoide (entre a aracnoide-máter e a pia-máter) nas cavidades denominadas de ventrículos (Figuras 31).

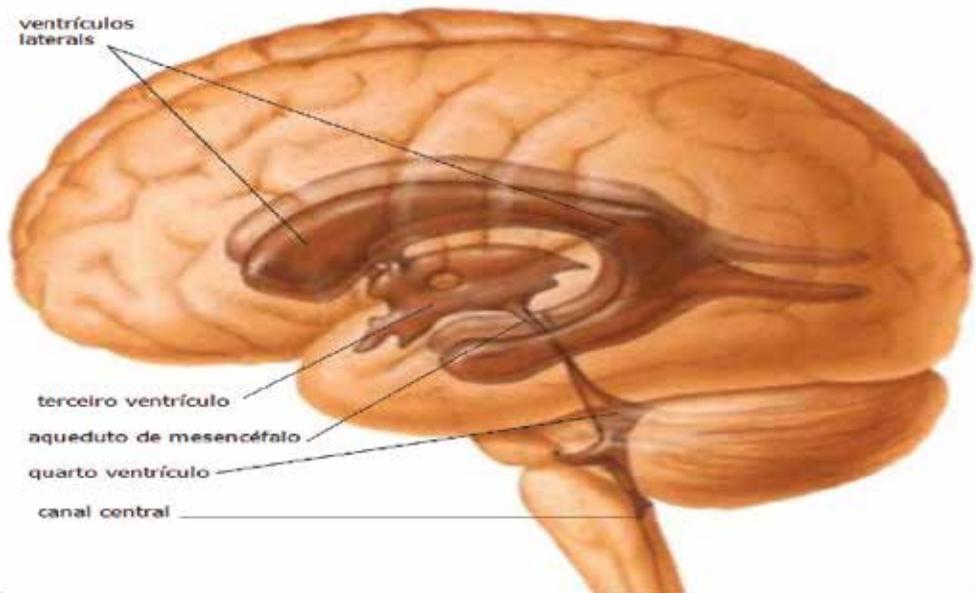


Figura 31 – Cavidades presentes no sistema nervoso para passagem de líquido.

Fonte: NETTER (2001).

#### Morte Cerebral ou Morte Encefálica

Definida por especialistas da saúde como perda irreversível das funções neurológicas do cérebro e tronco cerebral. Acontece quando o cérebro é submetido à dor, falta de oxigênio e de glicose. (Brasil Escola, 2011).

### 1.3 Cérebro - telencéfalo (lobos cerebrais e córtex) + diencefalo

É o órgão mais importante do sistema nervoso, pois é ele que controla os movimentos, recebe e interpreta os estímulos sensitivos, coordena os atos da inteligência, da memória, do raciocínio e da imaginação (Figura 32).

#### a) Telencéfalo

Fornece-nos a capacidade para ler, escrever e falar; fazer cálculos e compor música; lembrar o passado e planejar o futuro; e para criar.

#### b) Diencefalo

Ao diencefalo compreende as seguintes partes:

- **Tálamo:** tem função de motricidade (movimento), comportamento emocional, ativação cortical, sensibilidade.
- **Hipotálamo:** tem função de controle do SNA, controle do sistema endócrino, controle da fome e sede, controle da temperatura, controle do comportamento emocional, controle do sono e vigília.
- **Epitálamo:** controle do ciclo circadiano, controle da reprodução sazonal, comportamento emocional.
- **Subtálamo:** faz parte do núcleo da base. Tem como função os movimentos automáticos.

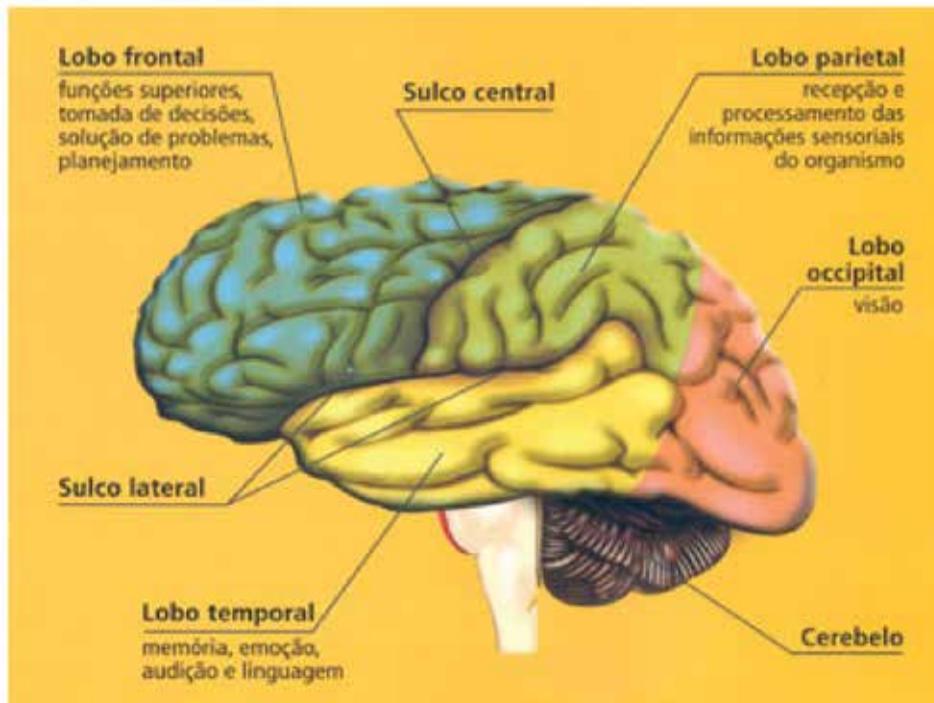


Figura 32 – Funções processadas por cada lobo cerebral.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br).

## 1.4 Cerebelo

A função do cerebelo é coordenar os movimentos do corpo para manter seu equilíbrio. Regula também o tônus muscular, que é o estado de semicontração que os músculos se encontram, para entrarem imediatamente em movimento, sempre que for necessário. Relaciona-se, ainda, com a postura (antigravidade) e locomoção.

## 1.5 Tronco encefálico

Recebe informações sensitivas de estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça; contém circuitos nervosos que transmitem informações da medula espinhal até outras regiões encefálicas e, em direção contrária, do encéfalo para a medula espinhal (lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito do corpo; lado direito do cérebro controla os movimentos do lado esquerdo do corpo). É constituído pelo:

- **Mesencéfalo:** responsável basicamente por estímulos da visão e audição, e movimentos dos olhos e do corpo.
- **Ponte:** a função da ponte é transmitir as informações da medula e do bulbo até o córtex cerebral. Faz conexão com centros hierarquicamente superiores.
- **Bulbo:** conduz os impulsos nervosos do cérebro para a medula espinhal e

O álcool, afeta o cerebelo e é por essa razão, que a pessoa bêbada não consegue caminhar em linha reta.

vice-versa. Também produz os estímulos nervosos que controlam a circulação, a respiração, a digestão e a excreção.

## 1.6 Medula espinal

Componente do sistema nervoso central. Localizada ao longo do canal vertebral, estendendo-se desde o bulbo até a vértebra lombar – L2. Após esse ponto ela é denominada de cauda equina. Ao longo da medula partem os nervos espinais (em número de 31 pares) - Figura 33.

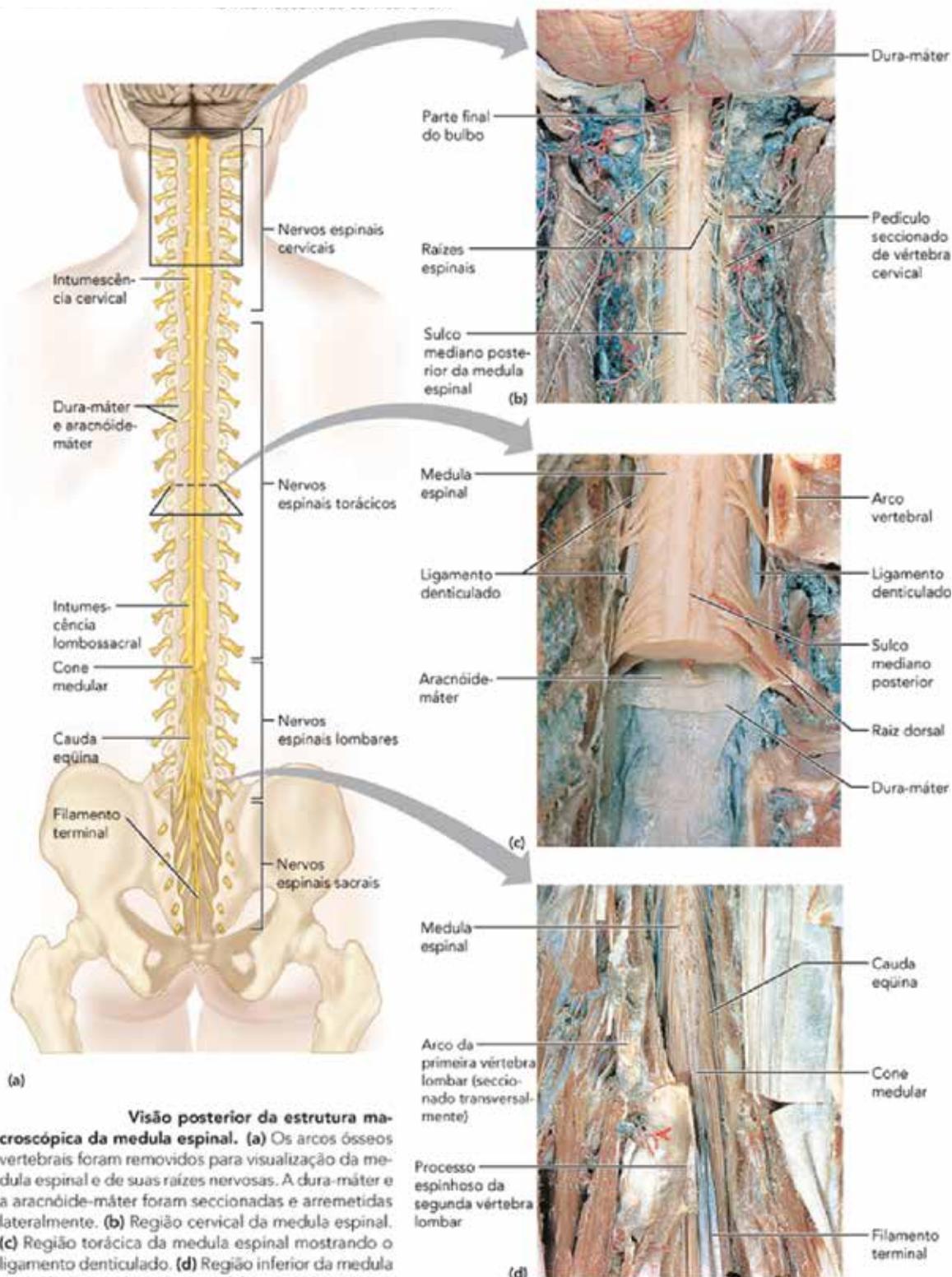


Figura 33 – Estrutura microscópica da medula espinal – vista posterior.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 1.7 Sistema nervoso periférico

O sistema nervoso periférico tem por função encaminhar os estímulos detectados nos órgãos ou no meio externo para que sejam processados no sistema nervoso central. A seguir apresentamos a organização funcional e seus constituintes (Figuras 34 e 35).

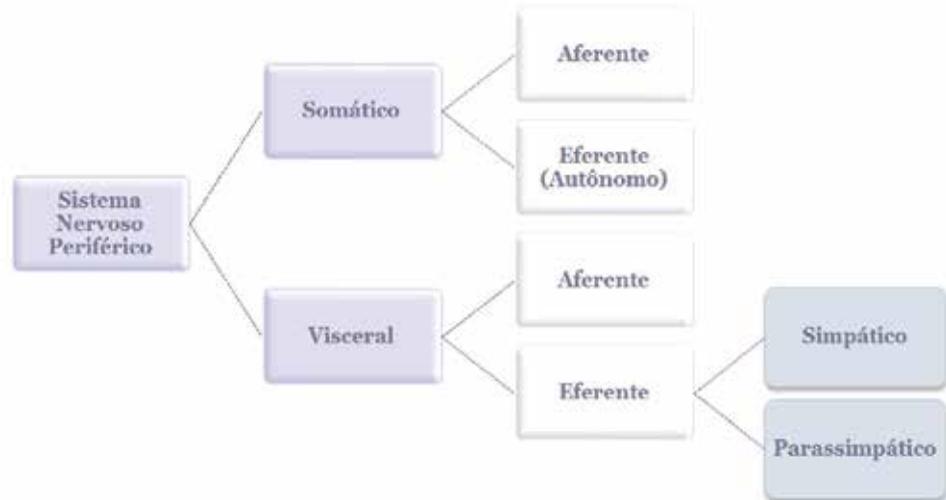


Figura 34 – Organização funcional do sistema nervoso periférico.

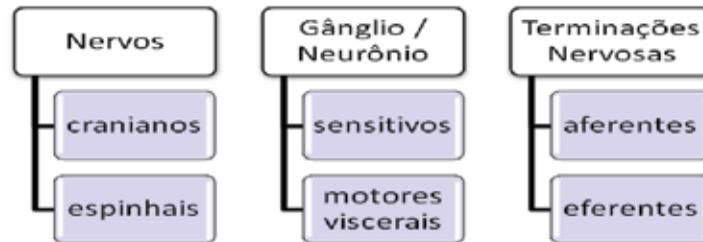


Figura 35 – Constituintes do sistema nervoso periférico.

Podemos perceber a integração dos dois a partir da análise da Figura 36.

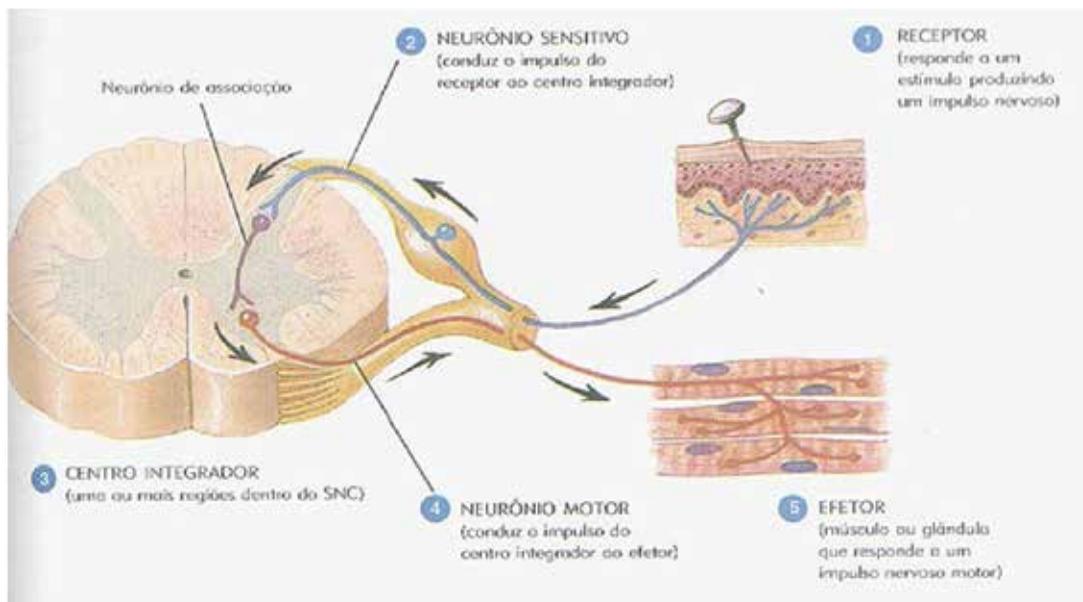


Figura 36 – Integração entre o sistema nervoso periférico e central.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br).

O sistema nervoso periférico capta os estímulos/informações nervosas e são, então, encaminhadas ao sistema nervoso central (podendo ser a nível de medula ou encéfalo). Nesse trajeto passam pelos gânglios/neurônios sensitivos, antes de alcançar o nível central. Ao chegar à medula ou encéfalo, temos uma associação das informações com as possibilidades de respostas. Assim, é enviada a mais adequada e específica pela via eferente (contém o neurônio motor), em direção ao órgão-alvo.

Em termos de nervos cranianos temos 12 pares, identificados por algarismos romanos:

I Olfatório	VII Facial
II Óptico	VIII Vestíbulo-coclear
III Oculomotor	IX Glossofaríngeo
IV Troclear	X Vago
V Trigêmeo	XI Acessório
VI Abducente	XII Hipoglosso

Já os nervos espinais, são 31 pares, como mencionado no início do capítulo. São denominados conforme a posição em relação à medula e vértebras, assim distribuídas:

**Cervicais:** 8 pares (C1-C8; o 1º par cervical está localizado ainda no início da medula oblonga).

Via aferente relaciona-se a algo que está por vir (estímulo), no caso uma informação nervosa. E via eferente a que já foi processada, portanto, uma resposta produzida a partir de um estímulo captado.

**Torácicos:** 12 pares (T1 – T12).

**Lombares:** 5 pares (L1 – L5).

**Sacrais:** 5 pares (S1 – S5).

**Coccígeo:** 1 par.

## 1.8 Divisão funcional

Nesse ponto temos o sistema nervoso dividido em: somático e visceral.

O sistema nervoso somático está relacionado aos estímulos relacionais (órgãos dos sentidos, tegumento e musculatura). São por meio destes que nos relacionamos com o meio ambiente, as pessoas, o mundo.

O sistema nervoso visceral caracteriza-se pela regulação das funções viscerais, dos órgãos internos, ou seja, a vida vegetativa.

Os dois sistemas possuem vias aferentes e eferentes, diferindo apenas o local de atuação delas.

Na via eferente do sistema nervoso visceral, estudamos o Simpático e o Parassimpático, componentes do Sistema Nervoso Autônomo. Este regula o funcionamento do organismo nas diversas situações. Em geral, o Simpático controla atividades de fuga, medo, euforia. Diferentemente, o Parassimpático, faz com que o organismo reestabeleça o funcionamento após vivenciar uma situação mencionada anteriormente. Em resumo, enquanto um ativa o outro inibe (Figura 37).

### Saiba mais

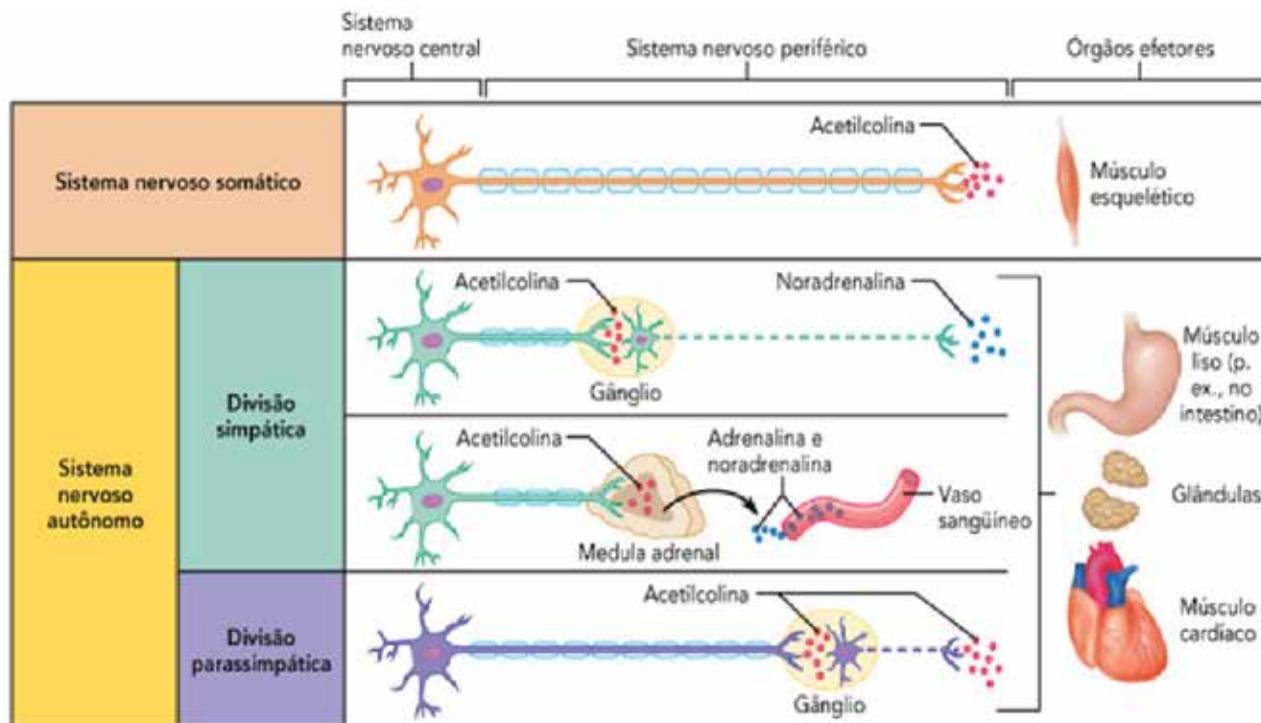


#### Lesões na medula cervical

Lesões na medula cervical superiormente a C3 podem ser fatais, devido à perda do nervo frênico (raiz principal C4), responsável pela inervação do diafragma e do funcionamento da respiração abdominal. Além disso, a inervação dos músculos intercostais é comprometida (perda da respiração torácica).

A lesão na medula cervical inferior paralisa todos os membros e os músculos intercostais, o que compromete a respiração. Lesões na região superior da medula torácica (inferiormente a T2) poupam os membros superiores, mas comprometem a respiração devido à plegia dos músculos respiratórios. Em caso de uma lesão dos segmentos torácicos inferiores, os músculos respiratórios são pouco ou nada afetados e a respiração não é comprometida. Lesões na região da medula lombar (epicône, cauda equina e L4-S2; cone, inferior a S3).

Na 1ª leva à paralisia flácida dos membros inferiores e o esvaziamento da bexiga urinária e do reto ocorre de forma reflexa. A potência sexual é perdida. Na lesão de cone não há paralisia de membros inferiores, mas os distúrbios autônomos mencionados aqui ocorrem, além destas, ocorre perdas sensitivas.



Legenda:

— = Axônios pré-ganglionares (simpáticos)

- - - = Axônios pós-ganglionares (simpáticos)

⊖ = Mielinização

— = Axônios pré-ganglionares (parassimpáticos)

- - - = Axônios pós-ganglionares (parassimpáticos)

**Comparação entre os sistemas nervosos somático e autônomo.** *Divisão Somática:* axônios dos neurônios motores somáticos se estendem do SNC até seus efetores (células musculares esqueléticas). Estes axônios normalmente são bastante mielinizados. Neurônios motores somáticos liberam acetilcolina e seus efeitos são sempre excitatórios.

*Divisão autônoma:* axônios da maioria dos neurônios pré-ganglionares emergem do SNC e fazem sinapses com neurônios pós-ganglionares em um gânglio autonômico periférico. Uns poucos axônios pré-ganglionares simpáticos fazem sinapses com células da medula adrenal. Axônios pós-ganglionares

emergem dos gânglios e seguem até os efetores (fibras musculares cardíacas e lisas e glândulas). Axônios pré-ganglionares são levemente mielinizados; axônios pós-ganglionares são amielínicos. Todas as fibras pré-ganglionares liberam acetilcolina; todas as fibras pós-ganglionares parassimpáticas liberam acetilcolina; grande parte das fibras pós-ganglionares simpáticas libera noradrenalina. Células da medula adrenal, quando estimuladas, secretam noradrenalina e adrenalina na circulação sanguínea. Os efeitos autonômicos são excitatórios ou inibitórios, dependendo do neurotransmissor pós-ganglionar que é liberado e do tipo de receptor do órgão efector.

Figura 37 – Comparativo entre o sistema nervoso somático e o autônomo.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 2. Sistema circulatório

O sistema circulatório é formado pelo coração, vasos sanguíneos, sistema linfático e órgãos hematopoiéticos. É um sistema fechado e exerce funções de transporte, trocas, produção de células sanguíneas e defesa.

## 2.1 O coração (bomba contrátil propulsora)

Localizado no mediastino médio (entre os pulmões e posterior ao esterno), possui uma base (superior) e um ápice (5º espaço intercostal na linha hemiclavicular à esquerda). Formado por quatro cavidades (02 átrios e 02 ventrículos) – Figura 38.

As valvas cardíacas (tricúspide, mitral e as semilunares) são formadas por tecido conjuntivo fibroso que constituem o esqueleto cardíaco. Já o miocárdio, músculo cardíaco possibilita a contração e o relaxamento do coração (sístole e diástole, respectivamente).

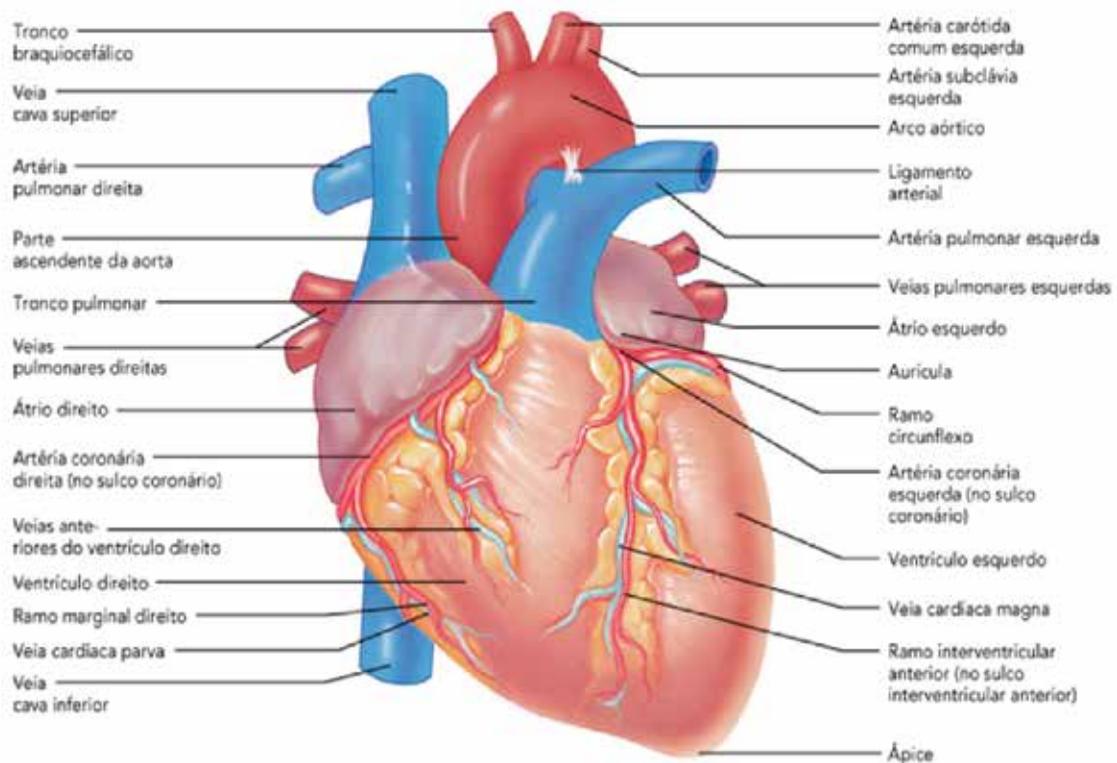


Figura 38 – Coração humano – vista externa com identificação dos vasos sanguíneos.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

Em termos de revestimento, o coração possui três camadas que se sobrepõem da parte interna para a externa na seguinte ordem: endocárdio, miocárdio e epicárdio. Já o pericárdio, é uma serosa que abriga o coração, conforme observamos na Figura 39.

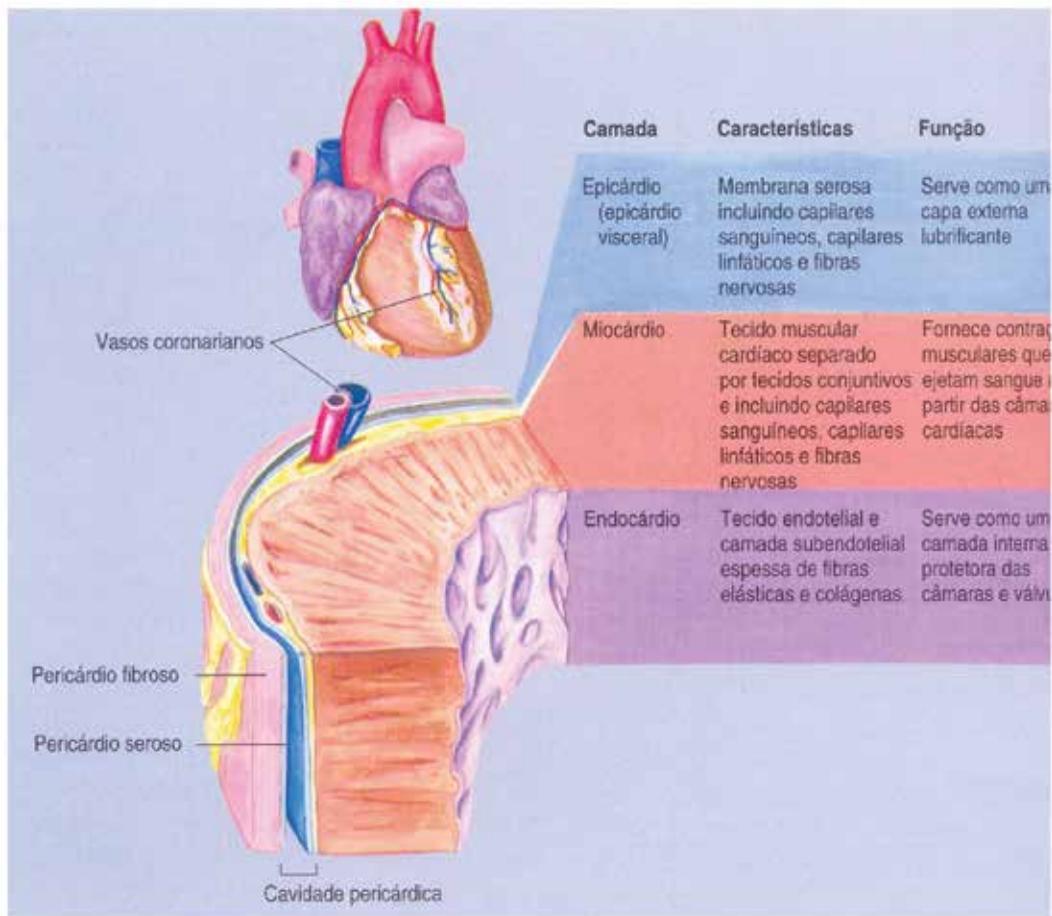


Figura 39 – Camadas de revestimento do coração.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br).

## 2.2 Morfologia interna

Como já mencionado anteriormente, o coração possui quatro cavidades, sendo 2 átrios e 2 ventrículos. Os primeiros ficam na base do coração (porção superior) na altura do 2º espaço intercostal. Com relação aos ventrículos que ficam na porção inferior, se estendendo desde o 3º até o 5º espaço intercostal estabelecendo uma relação com o ápice cardíaco. Os ventrículos possuem uma parede muscular mais espessa do que os átrios, sendo que o ventrículo esquerdo é o mais espesso, pois ejeta sangue em direção a todo o corpo (Figura 40).

O dobramento normal do coração embrionário pode causar inversão completa da posição do coração, de forma que o ápice fique voltado para a direita em vez de para a esquerda – dextrocardia (MOORE; PERSUAD, 2003). Esta anomalia congênita é a anomalia mais frequente de posição do coração, mas ainda é relativamente incomum. A dextrocardia está associada ao posicionamento espelhado dos grandes vasos e do arco da aorta.

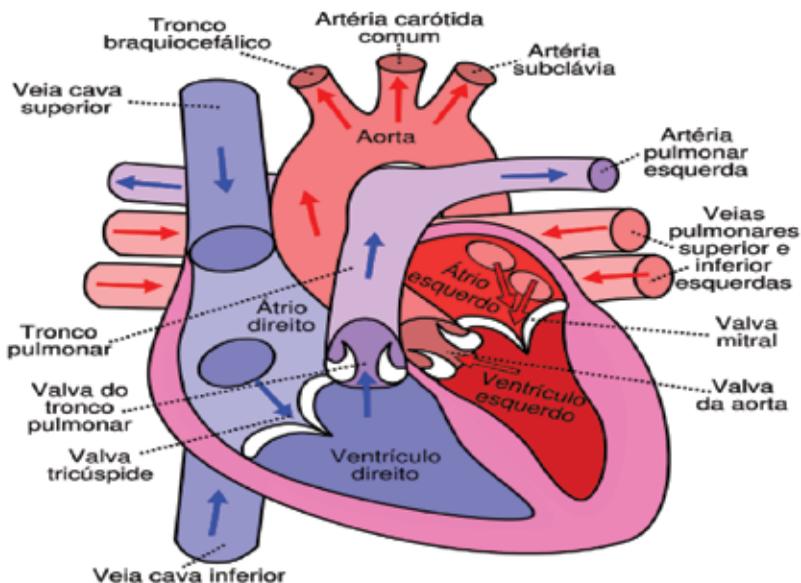


Figura 40 – Coração humano – vista interna com identificação dos vasos e sentido do fluxo sanguíneo.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

Daremos início agora a tratar das circulações que acontecem a partir do coração. São elas: a pulmonar ou pequena circulação e a sistêmica ou grande.

Por circulação pulmonar entende-se o trajeto que o sangue faz desde o coração, iniciando no ventrículo direito e seguindo pelo tronco pulmonar em direção aos capilares pulmonares até retornar para o átrio esquerdo por meio das veias pulmonares. Esse trajeto se torna importante, pois é o momento em que ocorre a hematose (troca gasosa a nível capilar/alveolar), possibilitando a oxigenação do sangue.

Como esse sangue, ao chegar ao átrio esquerdo, já se encontra arterial (rico em oxigênio) deverá prosseguir aos tecidos. Portanto, a circulação sistêmica inicia no ventrículo esquerdo e segue pela artéria aorta se distribuindo por todo o organismo para realizar a perfusão tecidual. Após realizada, retorna ao coração pelas veias que se confluem pra duas grandes veias, as cavas (superior e inferior), desembocando o sangue, agora venoso (rico em gás carbônico) no átrio direito.

Vale salientar que essas duas circulações ocorrem simultaneamente, tratadas aqui separadamente por questões didáticas.

A partir da Figura 40, perceba a presença das válvulas cardíacas que regulam o fluxo sanguíneo de maneira unidirecional, evitando o fluxo retrógrado. Durante a sístole as válvulas tricúspide e mitral fecham a passagem para os átrios, fazendo com que o sangue passe para as artérias (aorta e tronco pulmonar), em virtude das válvulas semilunares (pulmonar e aórtica) estarem abertas. Em se tratando da diástole esse comportamento das válvulas se inverte (Figura 41).

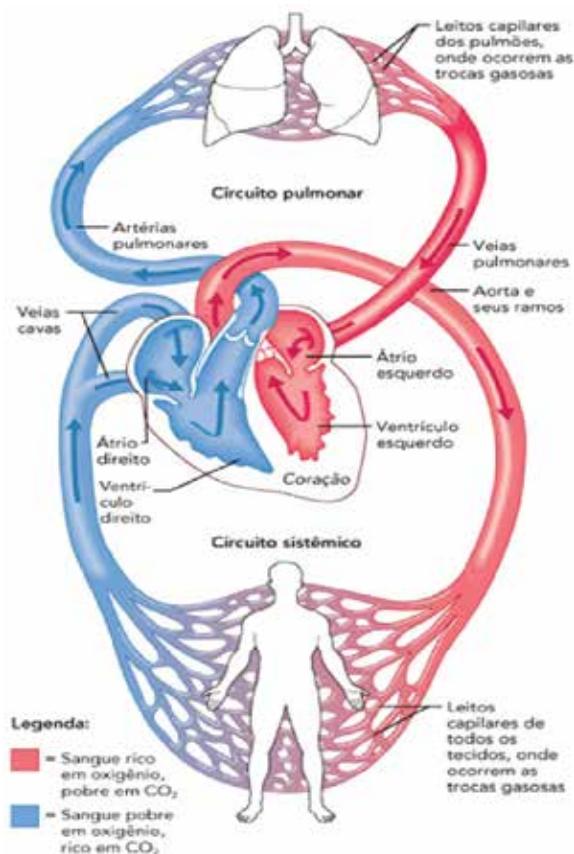


Figura 41 – Demonstração das circulações sistêmica e pulmonar.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 2.3 Vasos sanguíneos

Possuímos pelo menos cinco tipos de vasos que conduzem líquidos do sistema circulatório (artérias, veias, arteríolas, vênulas, capilares sanguíneos e capilares linfáticos). São revestidos por até três túnicas (adventícia externa, média e íntima) – Figura 42.

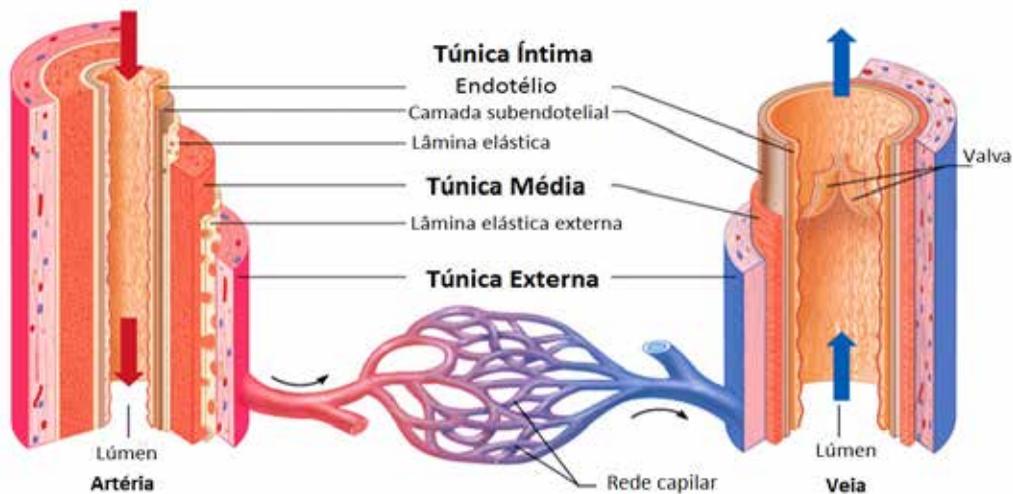


Figura 42 – Artérias e veias – túnicas de revestimentos.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

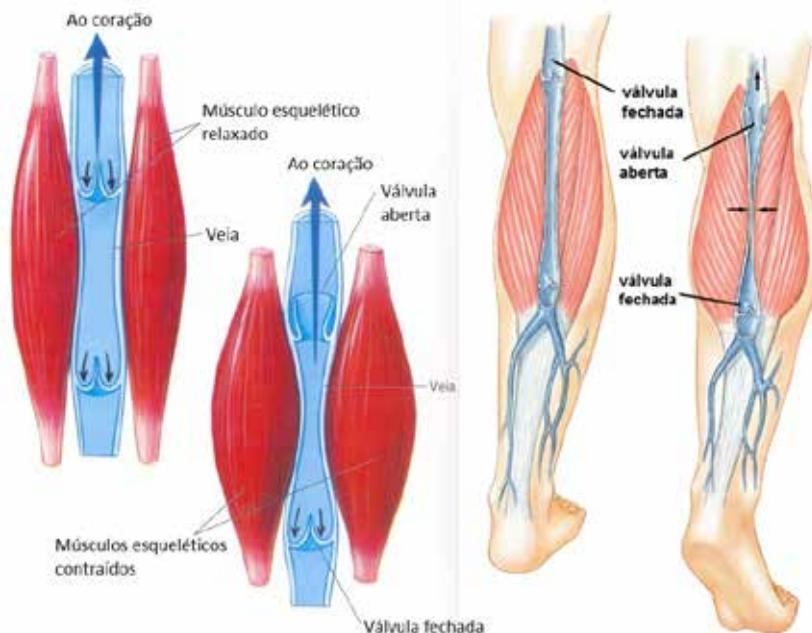
## 2.4 Artérias

São vasos que conduzem sangue do coração em direção aos órgãos. Possuem as três túnicas de revestimento, sendo que a túnica média, formada por fibras musculares dão as artérias a propriedade de contratilidade, fazendo com que realize a propulsão do sangue. Tem ainda lâminas elásticas que lhe conferem elasticidade para acomodar o volume de sangue proveniente dos ventrículos.

Estão distribuídas pelo corpo todo, existindo mais artérias situadas profundamente do que superficialmente. A espessura da parede das artérias corresponde a cerca de 25% do diâmetro do vaso. As artérias apresentam fluxo centrifugamente em relação ao coração, suas ramificações possuem calibres (grande, médio e pequeno) que vão diminuindo, até se transformarem em arteríolas, que oferecem maior resistência ao fluxo sanguíneo, contribuindo, portanto, para diminuir a tensão do sangue antes de sua passagem pelos capilares.

## 2.5 Veias

Diferentemente das artérias, as veias são vasos que conduzem sangue de forma centrípeta em relação ao coração, portanto, partem dos capilares em forma de vênulas, aumentando seu calibre (pequeno, médio e grande) a medida que se aproximam do coração. Apresentam as três camadas de revestimento, possuindo uma espessura que corresponde em média a 10% do diâmetro do vaso. Estão situadas mais superficialmente que profundamente, sendo visíveis a olho nu ao longo das superfícies corporais.



A grande maioria das veias possuem válvulas, que são projeções semilunares da camada interna das veias que favorecem o refluxo venoso e dividem a coluna sanguínea venosa. A tensão e a velocidade do sangue são menores que nas artérias (Figura 43).

## 2.6 Capilares e linfáticos

Os capilares são vasos endoteliais, microscópicos, de extrema importância, pois possibilitam as trocas de substâncias necessárias para que haja a perfusão tecidual ou hematose, intercomunicando as arteríolas

Figura 43 – As válvulas das veias – mecanismo de abertura e fechamento.

com as vênulas. Essas trocas são possíveis em virtude da existência de pressões dentro e fora do vaso (espaço intersticial). Como algumas substâncias não retornam para o vaso em virtude das pressões diferentes, em valores, entra em ação os vasos linfáticos que recolhem o excesso de líquido disperso no espaço intersticial em forma de linfa e conduz para os gânglios linfáticos, pequena massa de tecido linfático. Estes realizam a inspeção da linfa, que possui os mesmo constituintes do plasma sanguíneo, caso detecte alguma alteração em sua constituição pode acionar a ação do sistema de defesa do organismo (sistema imunológico). E após, ele será reconduzido para o sistema venoso ao nível das veias subclávias (direita e esquerda) - Figura 44.

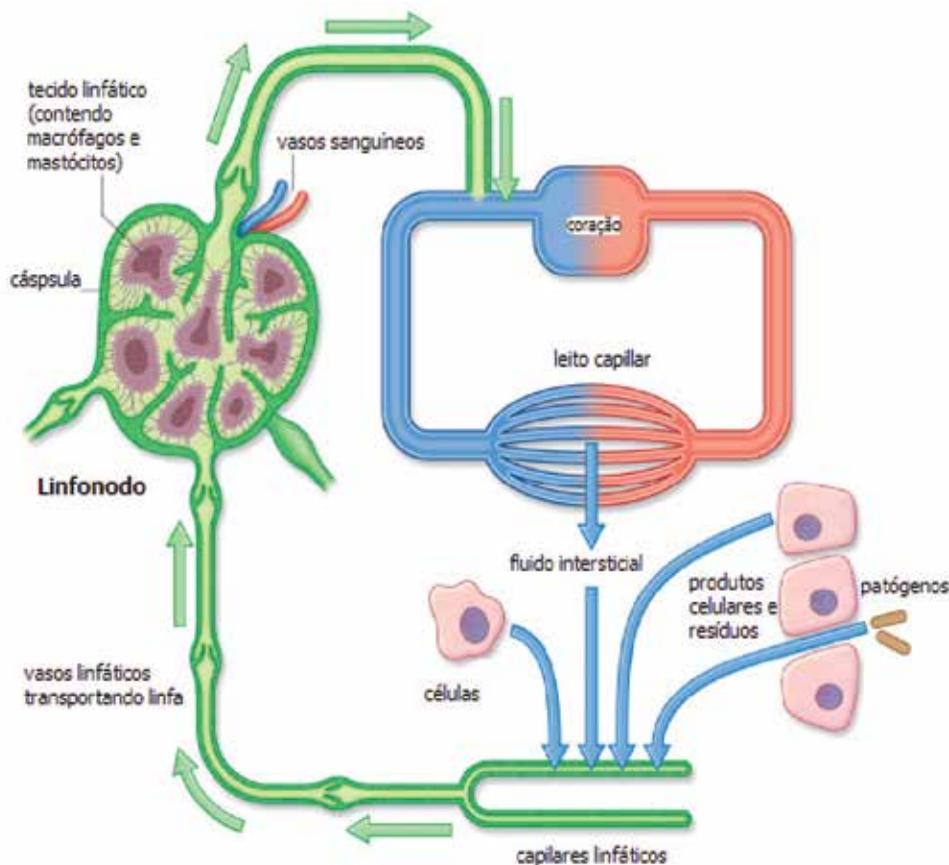


Figura 44 – Circulação linfática e perfusão sanguínea.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

A seguir ilustrações dos principais vasos sanguíneos do corpo (Figuras 45 e 46).

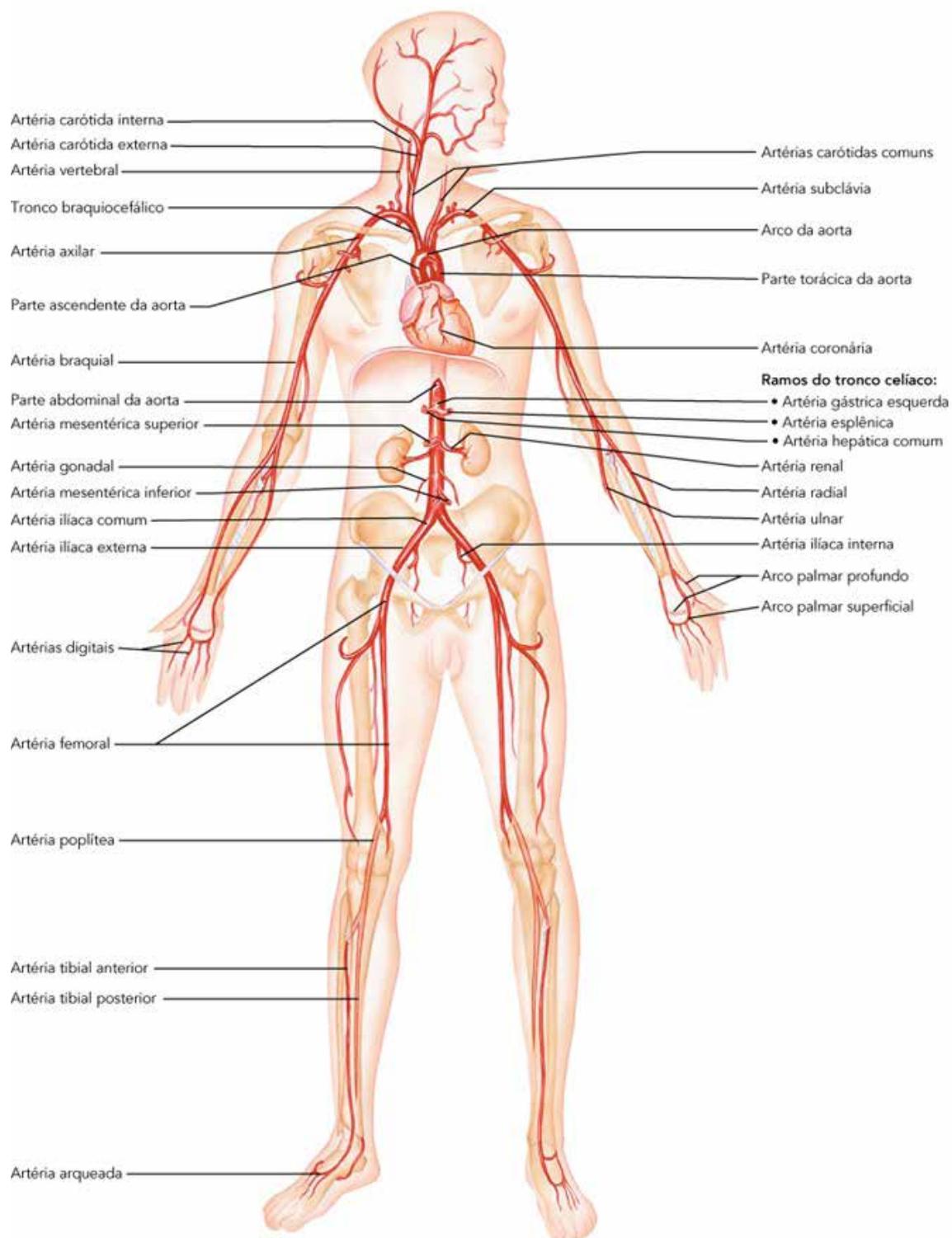


Figura 45 – Artérias do corpo – vista anterior.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

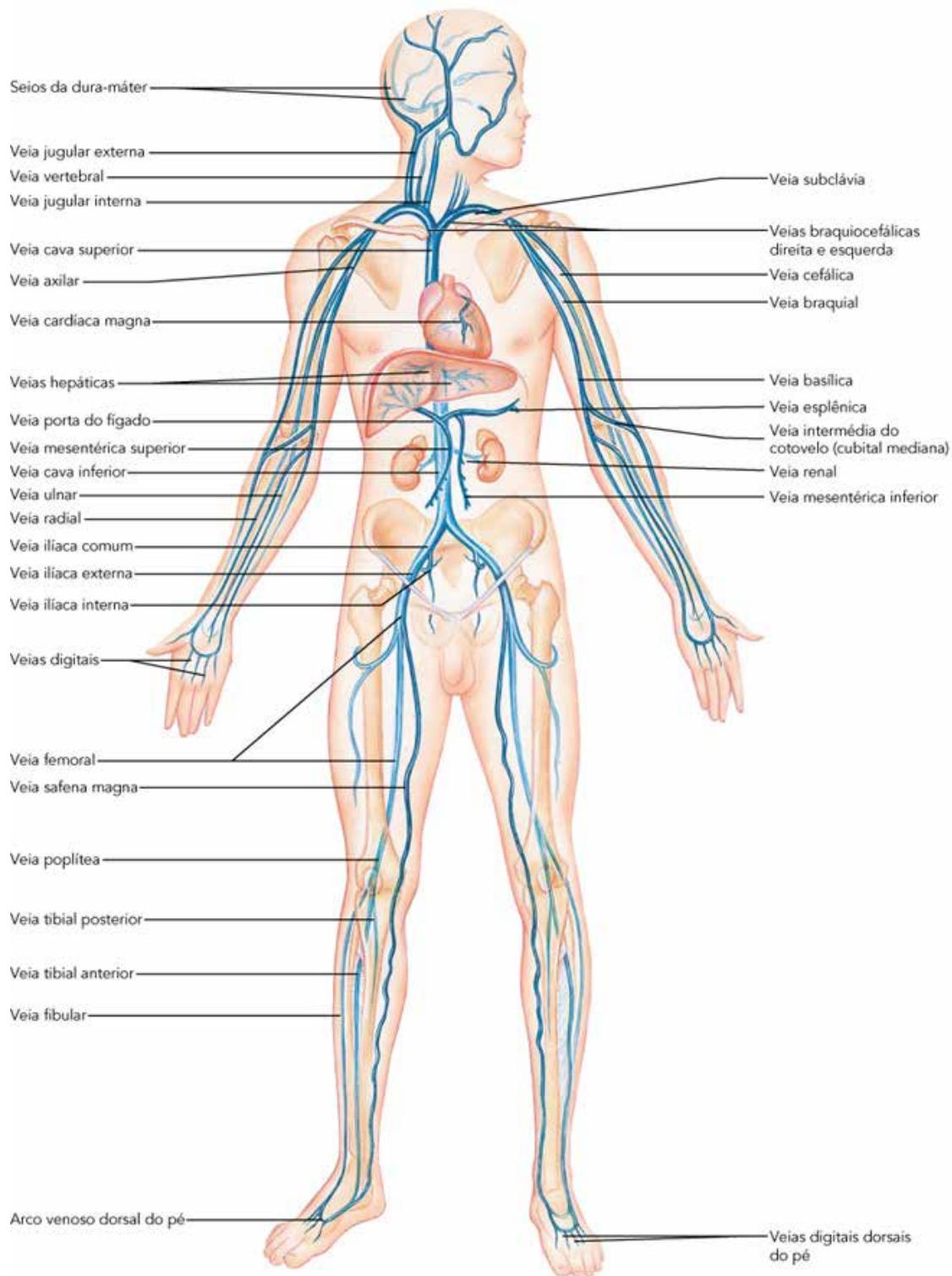


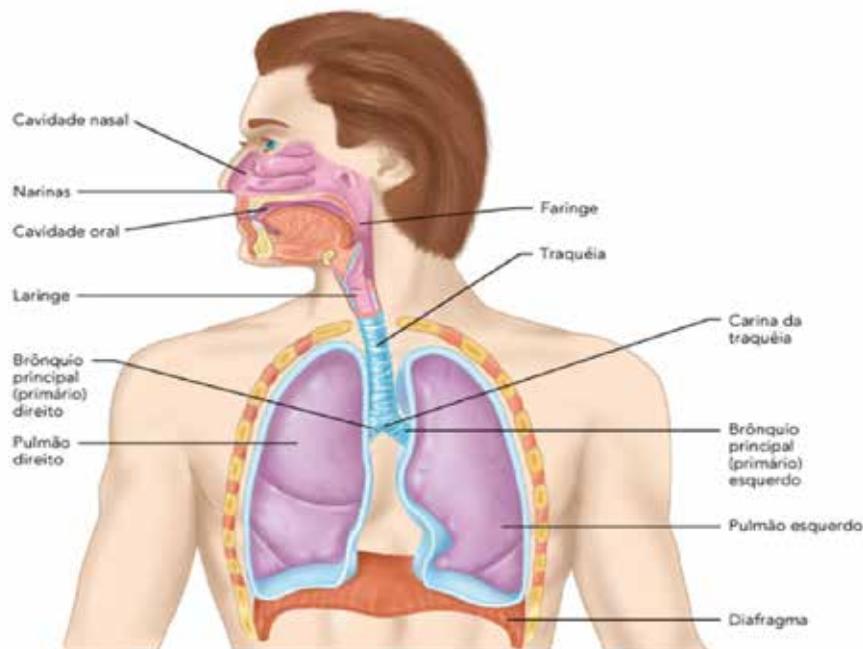
Figura 46 – Veias do corpo – vista anterior.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### 3. Sistema respiratório

Apresenta como função principal, a realização da troca gasosa (hematose) a nível alveolar. Possibilita que o oxigênio, presente na atmosfera, penetre nos vasos sanguíneos e depois se dirija para as células. Os componentes anatômicos desse sistema são divididos em duas porções: vias aéreas superiores e vias aéreas inferiores, que vão realizar tanto a condução como a troca dos gases.

As vias aéreas superiores são formadas: pelo nariz, cavidade nasal, faringe e laringe. Já as vias aéreas inferiores são formadas pela: traqueia, brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares (Figura 47).



Relação dos principais órgãos do sistema respiratório com as estruturas adjacentes.

Figura 47 – Ilustração das vias aéreas superiores e inferiores.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

O trato aéreo funciona como uma caixa acústica para possibilitar a fonação. Para tanto temos os seios paranasais, que são cavidades presentes em alguns ossos (esfenoide, etmoide, maxilar e frontal) que acumulam ar e ao passar, durante o movimento respiratório emite os sons apropriados com a anatomia de cada pessoa.

O ar ao passar pelas estruturas do sistema respiratório, no momento da inspiração, realizam três etapas: filtração, umidificação e aquecimento. No nariz possuímos tanto parte óssea (septo ósseo do nariz formado pelos ossos etmoide e vômer) como cartilaginosa. O nariz possui em sua porção interna, pelos

(vimbrissas nasais) que filtram o ar. Na sequência estão cavidades nasais, com estruturas denominadas, conchas nasais, que são bastante vascularizadas e realizam o aquecimento além da umidificação do ar, pois produzem muco.

Em seguida encontramos a faringe, a partir das coanas, no final da cavidade nasal. A faringe pertence aos sistemas tanto respiratório como digestório, e se divide em três porções: nasofaringe (inicia nas coanas e termina na altura da úvula palatina), orofaringe (inicia na úvula palatina e se estende até a cartilagem epiglótica) e laringofaringe (inicia na altura da cartilagem epiglótica e termina na porção posterior à cartilagem cricoide).

E finalizando as vias aéreas superiores, temos a laringe, onde encontramos as pregas vocais (verdadeiras e falsas), as cartilagens laríngeas e o osso hioide (que a sustenta) – Figura 48.

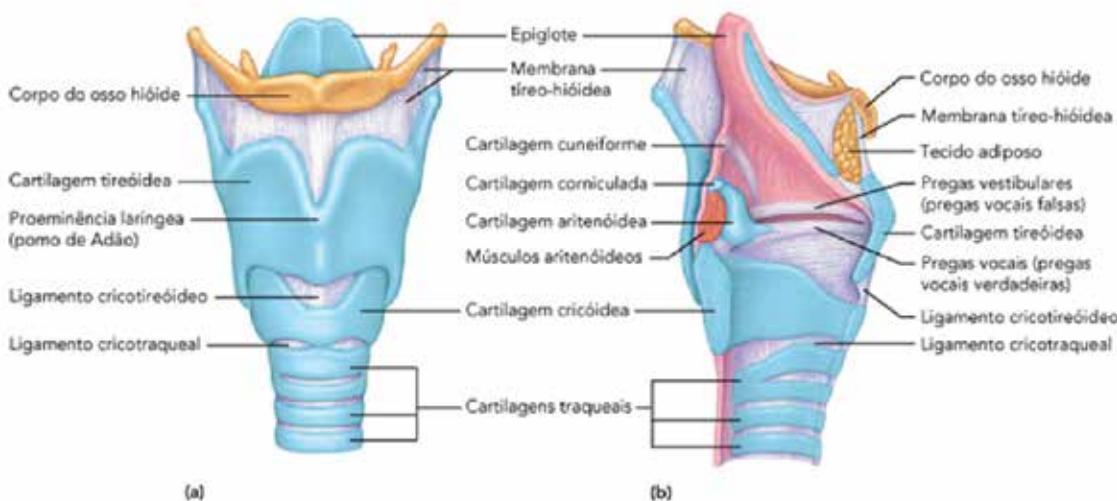


Figura 48 – Laringe: vista anterior (a) e lateral interna (b) – estruturas e cartilagens.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

A seguir abordaremos as estruturas que compõem o trato aéreo inferior (Figura 49), iniciando pela traqueia, que é um órgão tubular condutor de ar e localiza-se anterior em relação ao esôfago. Estende-se da laringe à parte superior da quinta vértebra torácica (T5), onde se divide em dois brônquios principais (direito e esquerdo). Possui anéis cartilagosos em forma de C que sustentam e impedem a parede traqueal de colabar. A mucosa da traqueia é constituída de epitélio pseudo-estratificado colunar ciliado e possui células caliciformes produtoras de muco e células basais, fornecendo a mesma proteção, contra poeira que a cavidade nasal e laringe conferem.

Após a bifurcação da traqueia, dá-se início aos brônquios principais, que se subdividem em brônquios secundários e depois terciários, até confi-

gurarem a porção respiratória com os bronquíolos terminais e respiratórios, findando com os alvéolos pulmonares, que são circundados por vasos sanguíneos permitindo a realização das trocas gasosas, transformando o sangue venoso, proveniente do coração em sangue arterial.

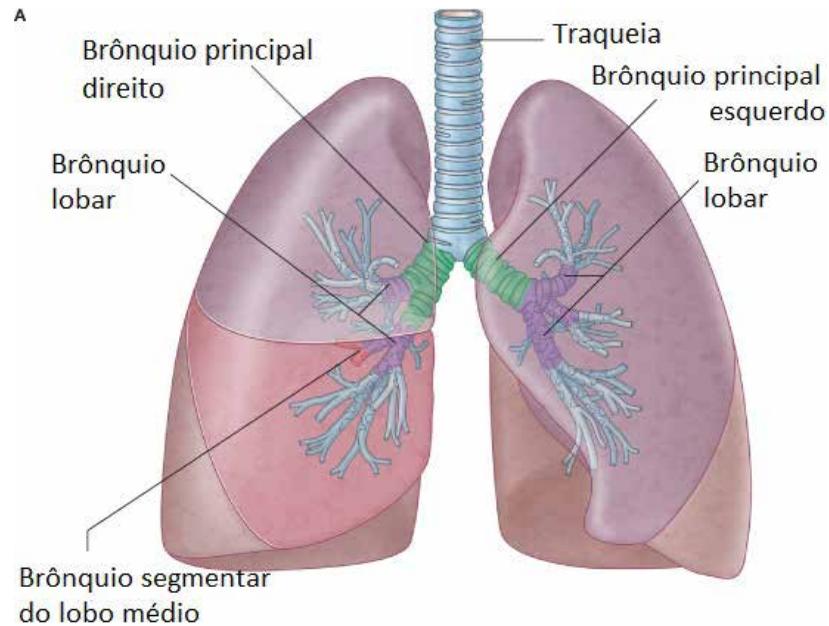


Figura 49 – Demonstração do trato aéreo inferior com descrição da passagem do ar – vista anterior.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

Os pulmões são divididos em lobos, sendo que o pulmão direito possui três e o esquerdo apenas dois. Essa divisão se dá pela presença das fissuras (horizontal e oblíqua). São revestidos por uma serosa, denominada de pleura. São duas lâminas, a parietal e a visceral. Esta em contato direto com o pulmão. O espaço entre as lâminas é a cavidade pleural que contém líquido, evitando o atrito entre as mesmas.

### 3.1 Músculos da inspiração e da expiração

Participa desse processo, principalmente o músculo Diafragma, que durante a inspiração contrai-se e rebaixa as vísceras abdominais possibilitando a expansão da caixa torácica. Durante a expiração, esse músculo retorna ao seu estado inicial, de repouso, realizando a expiração, um processo passivo. Outros músculos também participam desses processos, como: intercostais, esternocleidomastoide e os abdominais.

A paralisia da metade do diafragma (uma cúpula ou hemidiafragma) devido à lesão de seu suprimento motor do nervo frênico, não afeta a outra metade, porque cada cúpula possui uma inervação separada. A paralisia do diafragma pode ser detectada radiologicamente por observação de seu movimento paradoxal. Em vez de descer como faria normalmente durante a inspiração devido à contração do diafragma, a cúpula paralisada ascende, enquanto é empurrada para cima pelas vísceras abdominais que estão sendo comprimidas pela cúpula contralateral ativa. Em vez de ascender durante a expiração, a cúpula paralisada desce em resposta à pressão positiva nos pulmões.

## Síntese do Capítulo



São discutidas, ainda, as funções do sistema nervoso central, suas divisões, seus componentes e funcionamento. O funcionamento do sistema circulatório é explanado a partir de sua bomba contrátil propulsora, o coração, objetivando o conhecimento da sua morfologia interna e de seus vasos. O capítulo do sistema respiratório explana sobre suas funções principais que é a de troca gasosa, bem como, seus componentes anatômicos e os músculos que participam do processo de inspiração e expiração.

## Atividades de avaliação



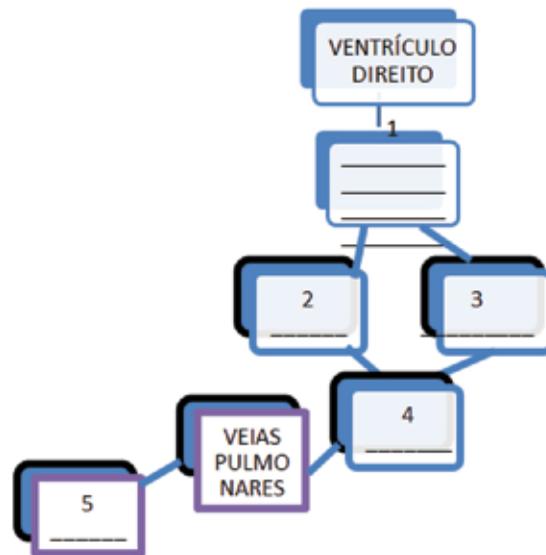
1. Responda:
  - a) Descreva a circulação sistêmica, explicitando as estruturas anatômicas com suas características.
  - b) Quais vasos estão relacionados com o átrio direito?
2. Nas opções a seguir estão relacionadas cavidades cardíacas e vasos sanguíneos. Assinale aquela que reúna cavidades e vasos nos quais, no homem adulto, o sangue encontrado será sempre arterial.
  - a) Ventrículo esquerdo, aorta e artéria pulmonar.
  - b) Ventrículo direito, artéria pulmonar e aorta.
  - c) Átrio direito, veia cava e veia pulmonar.
  - d) Ventrículo direito, veia pulmonar e artéria pulmonar.
  - e) Átrio esquerdo, veia pulmonar e aorta.
3. Que músculos participam do processo de Expiração?
4. Faça um comparativo entre as fibras pré e pós-ganglionares do simpático e parassimpático.
5. Marque V para verdadeiro e F para falso:
  - ( ) temos como vesícula secundária do prosencéfalo: diencéfalo e telencéfalo.
  - ( ) as artérias, transportam sangue arterial, enquanto as veias transportam sangue venoso.
  - ( ) o espaço entre a dura-máter e a aracnoide denomina-se subaracnoide.

( ) as cartilagens da laringe são: tireoide, cricoide, epiglote, hioide, aritenoides e corniculadas.

6. Relacione as colunas:

A	B
1 - Funciona como via aérea para o ar e o alimento, forma uma câmara de ressonância para os sons e aloja tonsilas.	( ) Laringe
2 - Liga a laringofaringe à traquéia e aloja as cordas vocais.	( ) Brônquios
3 - Túnica serosa que envolve os pulmões.	( ) Epiglote
4 - Vias aéreas que entram nos pulmões.	( ) Pleura
5 - Impede alimento ou líquido de entrar na via aérea.	( ) Faringe

7. Preencha o organograma acerca da circulação sanguínea.



8. Com relação aos pares de nervos cranianos, complete.

NERVO	NUMERAÇÃO EM ALGARISMO ROMANO
VAGO	
	VIII
	II
TROCLEAR	
	VI
	XI

9. Leia os itens atentamente e coloque V para os verdadeiros e F para os falsos.

( ) os vasos linfáticos são importantes, pois eles realizam uma inspeção imunológica.

- ( ) quando os músculos inspiratórios contraem há diminuição do volume da cavidade torácica.
- ( ) temos como membranas de revestimento da medula, as meninges, que de dentro para fora estão dispostas na seguinte ordem: dura-máter, aracnoide, pia-máter.
- ( ) as únicas veias que conduzem sangue arterial são as pulmonares.
- ( ) o processo de destruição das hemácias denomina-se hemocaterese e de formação hematopoiese.

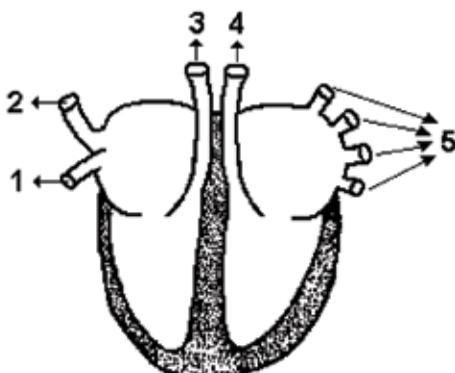
**10.** (UFSCar/2004) - Se pudéssemos marcar uma única hemácia do sangue de uma pessoa, quando de sua passagem por um capilar sanguíneo do pé, e seguir seu trajeto pelo corpo a partir dali, detectaríamos sua passagem, sucessivamente, pelo interior de:

- a) artérias → veias → coração → artérias → pulmão → veias → capilares.
- b) artérias → coração → veias → pulmão → veias → coração → artérias → capilares.
- c) veias → artérias → coração → veias → pulmão → artérias → capilares.
- d) veias → pulmão → artérias → coração → veias → pulmão → artérias → capilares.
- e) veias → coração → artérias → pulmão → veias → coração → artérias → capilares.

**11.** (PUC-RJ/2009) - O coração humano apresenta uma série de peculiaridades para que a circulação sanguínea se dê de forma eficiente. Assinale a opção que apresenta a afirmativa correta em relação a estas características.

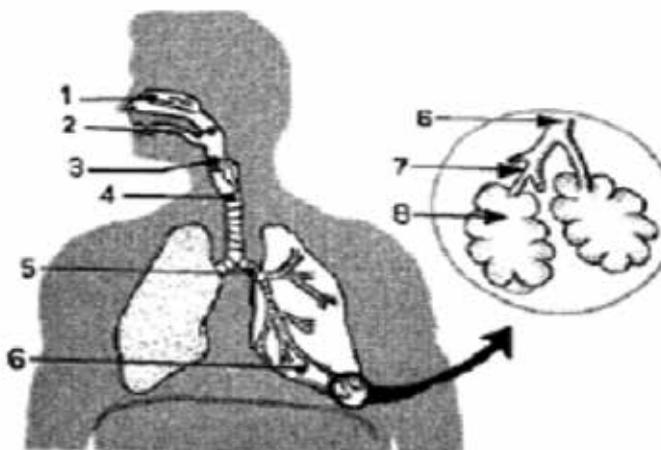
- a) A musculatura mais espessa do ventrículo esquerdo é necessária para aumentar a pressão do sangue venoso.
- b) O sangue oxigenado nos pulmões entra no coração pela veia pulmonar, e o sangue rico em gás carbônico entra nos pulmões pela artéria pulmonar.
- c) As válvulas do coração têm por função permitir o refluxo do sangue para a cavidade anterior durante o processo de diástole.
- d) As paredes internas do coração permitem uma certa taxa de difusão de gases, o que faz com que esse órgão seja oxigenado durante a passagem do sangue por ele.
- e) A separação das cavidades do coração impede o maior controle do volume sanguíneo.

12. (MACKENZIE) - A Figura a seguir mostra o coração de um mamífero.



Assinale a alternativa correta:

- a) 3, 4 e 5 são artérias que levam o sangue do coração para outras partes do corpo.
  - b) 1, 2 e 5 são veias que trazem o sangue venoso do corpo para o coração.
  - c) 5 são veias que levam o sangue do coração para os pulmões.
  - d) 3 e 4 transportam o sangue arterial.
  - e) 4 é uma artéria que leva o sangue do coração para as demais partes do corpo.
13. (CESGRANRIO-RJ) O aparelho respiratório humano está sendo representado pela Figura abaixo e nela são localizadas suas principais estruturas, tais como: vias aéreas superiores e inferiores que se encontram numerados. Sobre este desenho são feitas quatro afirmativas:



- I. Em 8, o gás carbônico proveniente do sangue passa para compor o ar.
- II. Em 6, o oxigênio do ar penetra nos vasos sanguíneos, sendo o fenômeno conhecido como hematose.
- III. Em 4, o ar passa em direção aos pulmões após ter sido aquecido em 1.

IV. A estrutura de número 2 refere-se a um órgão que pertence aos sistemas respiratório e digestório.

Assinale:

- a) somente I e IV são corretas.
  - b) somente II for incorreta.
  - c) somente I e II forem corretas.
  - d) somente I e III forem corretas.
  - e) I, II e III forem corretas.
14. (UFRN) - Durante a respiração, quando o diafragma se contrai e desce, o volume da caixa torácica aumenta, por conseguinte a pressão intrapulmonar:
- a) diminui e facilita a entrada de ar
  - b) aumenta e facilita a entrada de ar
  - c) diminui e dificulta a entrada de ar
  - d) aumenta dificulta a entrada de ar
  - e) aumenta e expulsa ar dos pulmões
15. Qual estrutura do Sistema Nervoso pode cursar com incoordenação motora (representada por dismetria, decomposição motora, disdiadococinesia, rechaço, tremor e nistagmo, por exemplo)\* e perda de equilíbrio quando lesada?
- a) Bulbo
  - b) Mesencéfalo
  - c) Cerebelo
  - d) Ponte



**Capítulo**

**3**

# **Sistema digestório**



## 1. Sistema digestório

O sistema digestório faz com que os alimentos se transformem em moléculas menores, possibilitando o seu armazenamento, bem como sua absorção e assim possa, via circulação sanguínea, chegar às células, nutrindo-as. Para tanto, realiza as funções de: prensão, mastigação, deglutição, digestão, absorção e expulsão.

Possui um canal alimentar que é formado por: cavidade bucal, faringe, esôfago, estômago, intestinos, reto e ânus, além de contar com a contribuição das glândulas anexas à digestão (fígado, pâncreas e glândulas salivares) – Figura 50.

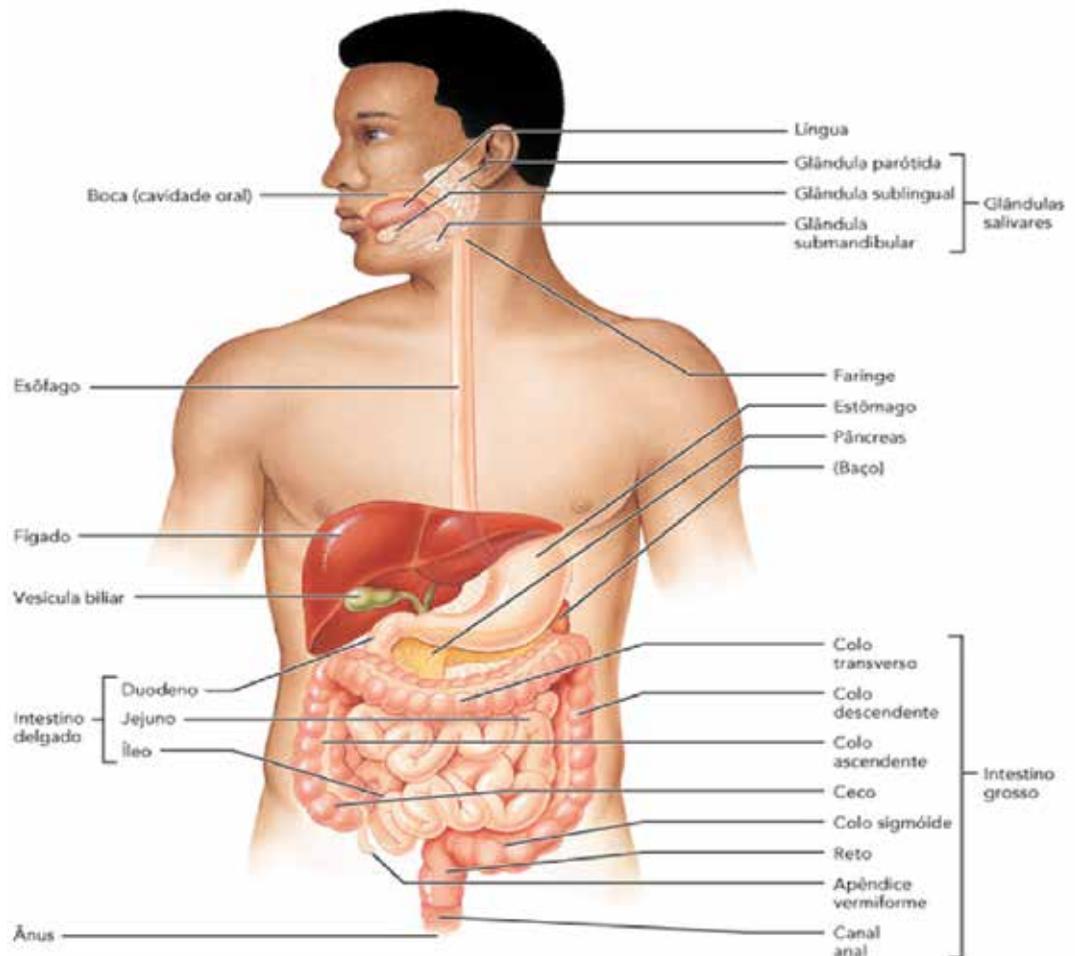


Figura 50 – Trato gastrintestinal e os órgãos digestórios acessórios.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

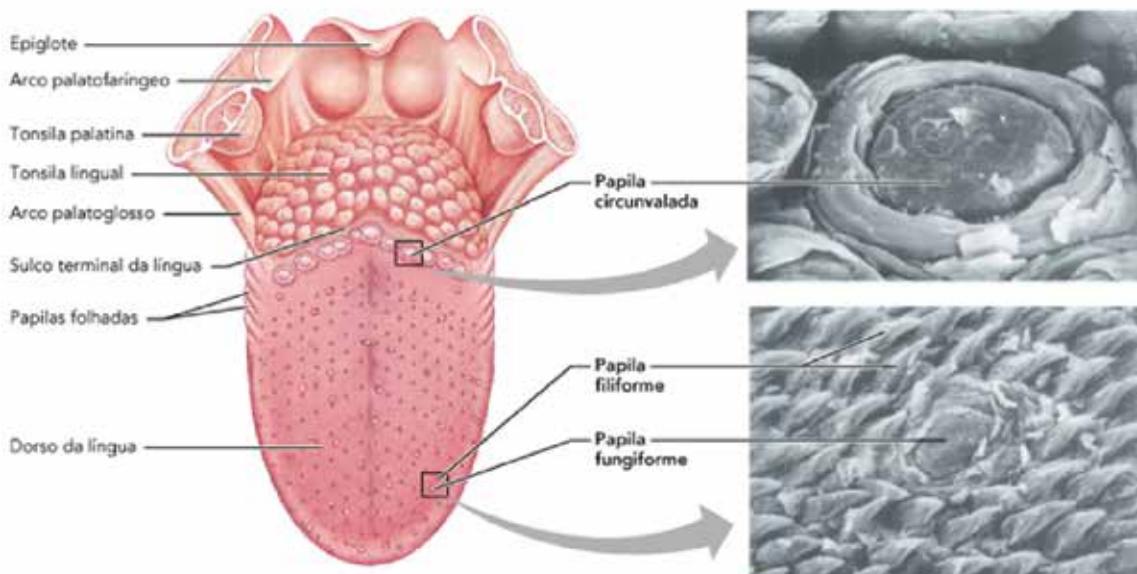
## 1.1 Boca e cavidade bucal

Inicialmente temos os lábios superiores e inferiores e o seu encontro lateral é chamado de comissura. Já o espaço entre os lábios é denominado de rima bucal. Possui como limites: os lábios, que são presos aos lábios pelos frênulos, as bochechas (lateralmente), os músculos do assoalho (inferiormente) e o palato (superiormente).

Encontramos, ainda, algumas saliências: a língua, as gengivas e os dentes. Ao final dessa região visualizamos a úvula palatina (em porção mediana), as tonsilas palatinas – amígdalas (lateralmente) e a orofaringe. Esta segue em direção à laringofaringe, já descrita no capítulo anterior.

É através da língua que captamos os estímulos gustativos, por meio das papilas (fungiforme, filiforme, folhadas e circunvaladas). Abaixo da língua existe um músculo, palatoglosso, que se contrai, junto com o músculo palatofaríngeo, realizando a deglutição (Figura 51).

Em relação aos dentes, são em número de 20 na primeira dentição (decídua) e 32 na permanente. Dividem-se em: incisivos, caninos, pré-molar e molares (esses somente na 2ª dentição).



**Superfície dorsal da língua.** Também são mostradas as tonsilas, a localização e as estruturas detalhadas das papilas circunvalada, fungiforme, filiforme e folhada (acima, à direita, 300x; abaixo, à direita, 100x).

Figura 51 – Vista dorsal da língua.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 1.2 Esôfago

Tubo muscular que se estende da faringe até o estômago, conduzindo bolo alimentar com movimentos peristálticos. Estende-se desde a região cervical, torácica e abdominal, passando pelo diafragma (hiato esofágico). Na porção torácica, localiza-se ventralmente à coluna vertebral e posterior à traqueia.

## 1.3 Estômago

O estômago é um órgão muscular, onde se processa a digestão química e mecânica pela ação do suco gástrico e dos movimentos peristálticos. Dividido em regiões: cárdia (transição do esôfago para o estômago), fundo (porção superior e lateral que tangencia a região cárdia), corpo (maior porção, onde ocorre o processo digestivo mais intenso) e região antropilórica (porção terminal que se continua no duodeno). No início e no fim do estômago existem os óstios (cárdia e piloro, respectivamente) com a presença de esfíncteres (musculatura longitudinal e circular) que controlam o fluxo do bolo alimentar (Figura 52).

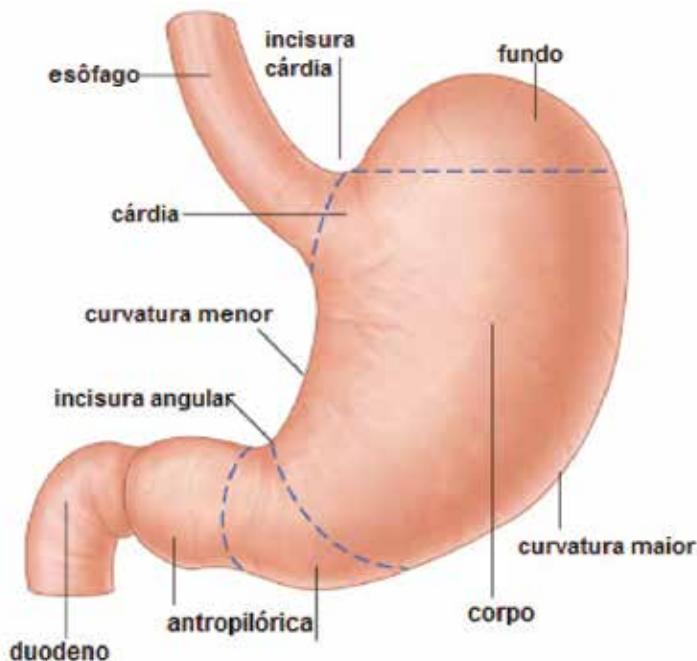


Figura 52 – Demonstração das regiões do estômago.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

Apresenta três diferentes constituições de músculos lisos: feixes oblíquos, circulares e longitudinais que lhe conferem condição para realizar os movimentos peristálticos em diversos sentidos, facilitando a digestão do bolo alimentar. Internamente possui as camadas, da porção mais interna para a mais externa: mucosa, submucosa, muscular e serosa.

## 1.4 Intestino delgado

Subdivide-se em três porções: duodeno, jejuno e íleo. O duodeno inicia-se no óstio pilórico e estende-se até a flexura duodeno-jejunal (25 cm em média de comprimento). Está fixado na parede posterior do abdome e tem o formato de um C, mantém relação direta com a cabeça do pâncreas. Recebe o conteúdo proveniente do fígado (ducto colédoco que conduz bile) e do pâncreas (ducto pancreático que conduz secreção pancreática).

As alças jejunais estão mais concentradas no quadrante superior esquerdo do abdome e apresenta como características maior quantidade de pregas circulares que possibilitam uma maior área de contato com os nutrientes para serem absorvidos ao nível das microvilosidades intestinais (Figura 53). Diferentemente, o íleo possui suas alças no quadrante inferior direito, possuindo uma menor quantidade de pregas circulares e direciona-se ao ceco (primeira porção do intestino grosso).

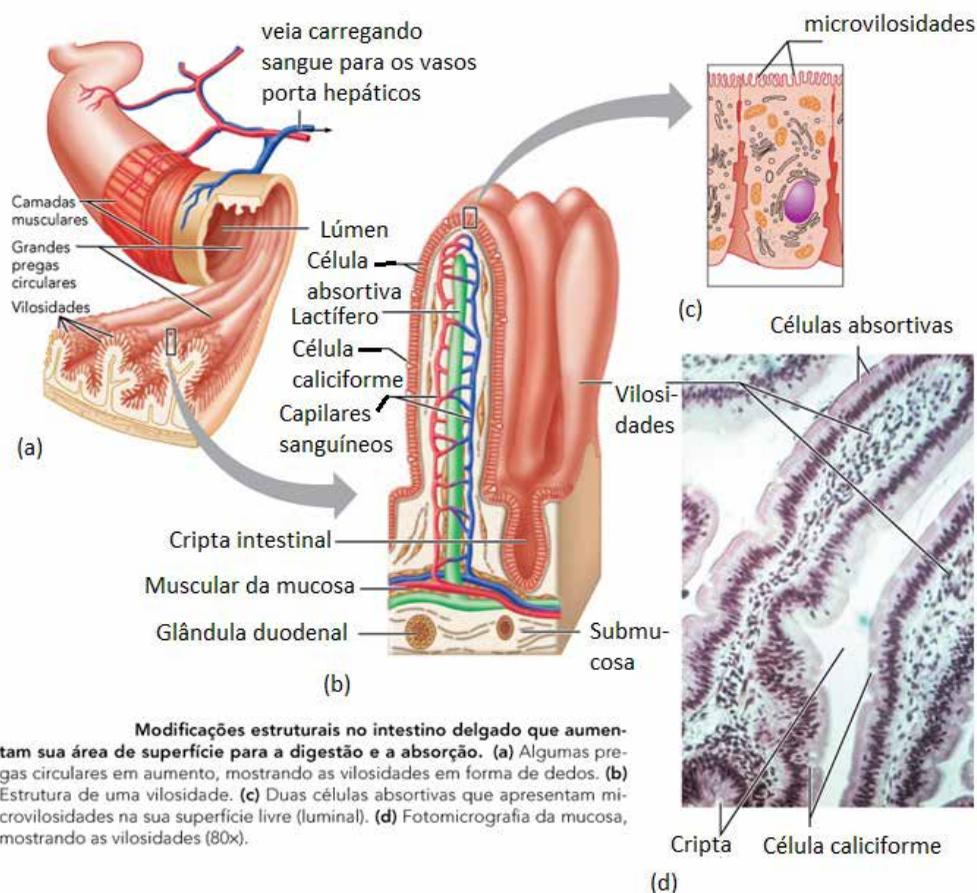


Figura 53 – Vilosidades intestinais.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 1.5 Intestino grosso

Constitui a porção terminal do canal alimentar, sendo mais curto e mais espesso em comparação ao intestino delgado. Distingue-se, também, por apresentar dilatações limitadas por sulcos transversais (haustros) e três formações, em fitas, de musculatura longitudinal, as tênias (livre, omental e mesocólica). Divide-se em ceco, cólon (ascendente, transverso, descendente e sigmoide) e reto. Na passagem do cólon ascendente para o transverso e deste para o cólon descendente, temos a formação das flexuras hepática e esplênica, respectivamente.

## 1.6 Reto e ânus

Porção final do canal alimentar, apresenta uma dilatação denominada canal anal, onde encontramos as pregas retais em número de três e as colunas e válvulas, circundadas pelos esfíncteres externo e interno que controlam a expulsão do bolo fecal.

## 1.7 Anexos do canal alimentar

### a) Fígado

Localiza-se imediatamente abaixo do diafragma, ocupando a maior parte do hipocôndrio direito e estende-se até a porção epigástrica. Trata-se de uma glândula que desempenha papel importante tanto no metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos lipídeos, assim como na produção de bile e processamento de drogas e hormônios, excreção de bilirrubina, armazenamento de vitaminas e minerais, além de participar do mecanismo de defesa. Possui duas faces: diafragmática (porção anterior) e visceral (posterior), que faz contato com órgãos como estômago, esôfago, duodeno, cólon e rim direito.

No fígado distinguimos quatro lobos (direito, esquerdo, quadrado e caudado). Os dois últimos são visualizados somente na face visceral, onde também presenciamos a vesícula biliar e o sistema porta do fígado, formado por estruturas como veia porta, artéria hepática própria e ductos biliares. Na face diafragmática os lobos direito e esquerdo são separados pelo ligamento falciforme (Figuras 54 e 55).

A bile ao ser produzida no interior do fígado, pelos hepatócitos, segue em direção aos ductos hepáticos direito e esquerdo que confluem no ducto hepático comum, indo para a vesícula biliar pelo ducto cístico e no momento em que o duodeno necessita de bile, essa segue novamente pelo ducto cístico que vai se juntar com o ducto colédoco até a papila duodenal maior.

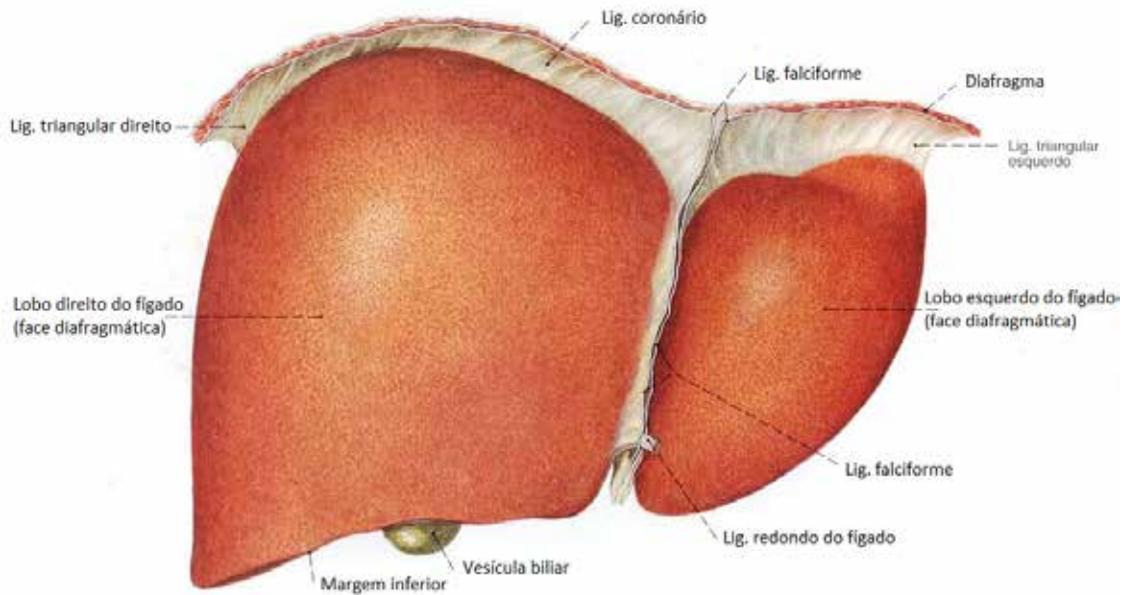


Figura 54 – Fígado: face diafragmática – vista anterior.

Fonte: NETTER (2001).

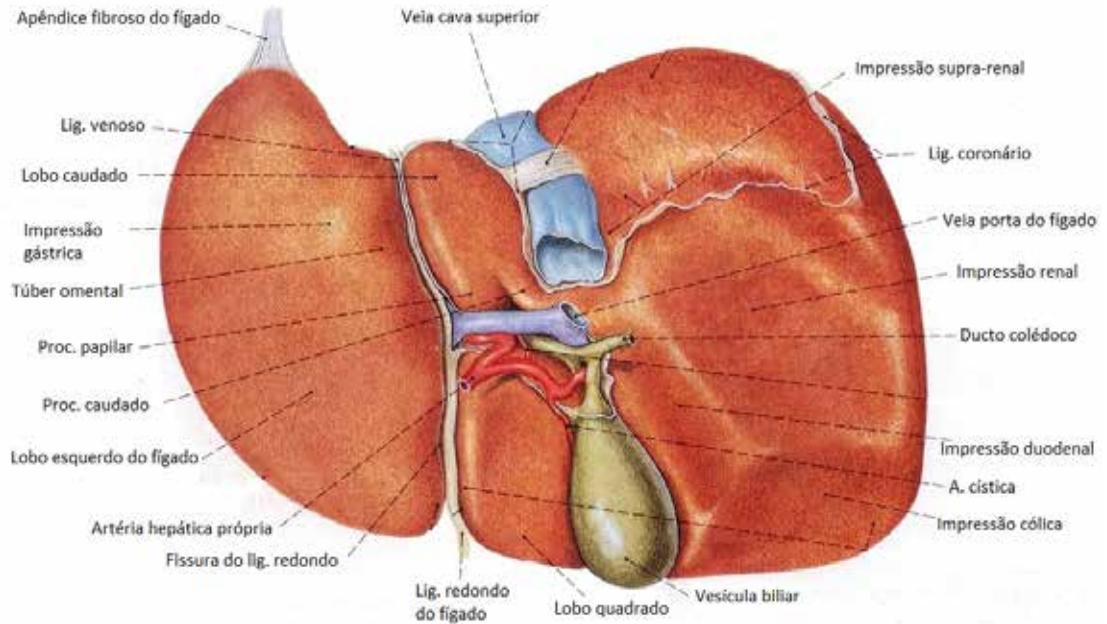


Figura 55 – Fígado: face visceral – vista posterior.

Fonte: NETTER (2001).

## b) Pâncreas

Uma glândula mista localizada posteriormente ao estômago que produz insulina, glucagon, somatostatina, polipeptídeo pancreático (porção endócrina) e suco pancreático (porção exócrina). Encontra-se retroperitoneal e está relacionada com o duodeno (cabeça) e com o baço (cauda). O pâncreas é composto por dois tipos de células, os ácinos e as ilhotas pancreáticas. No interior do pâncreas encontramos os ductos pancreáticos (principal e acessório) que conduzem o produto da porção exócrina ao duodeno para realizar a digestão das gorduras (Figura 56).

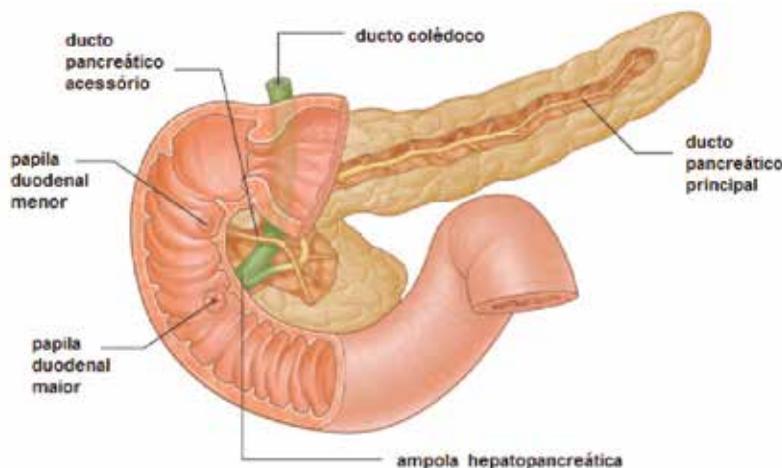


Figura 56 – Pâncreas e duodeno – vista anterior.

Fonte: DRAKE; VOGL; MITCHELL (2006).

## c) Glândulas salivares

Temos as glândulas salivares propriamente ditas, localizadas no palato e três pares de outras glândulas salivares (parótidas, submandibulares e sublinguais) que drenam seu conteúdo através de ductos direcionados para a cavidade bucal. As parótidas estão abaixo e adiante das orelhas. As submandibulares e as sublinguais ficam abaixo das estruturas assim denominadas.

### Saiba mais



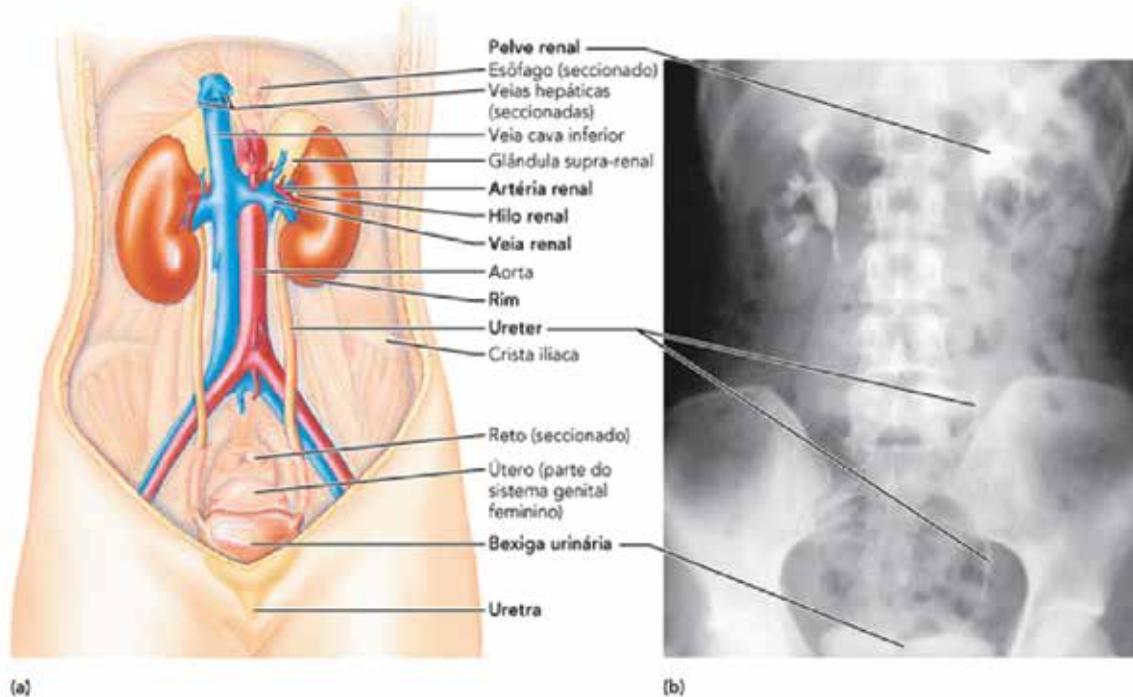
#### Ruptura do baço

Embora protegido pelas 9ª – 12ª costelas, o baço é o órgão lesado com maior frequência no abdome. Golpes fortes na região lateral esquerda podem fraturar uma ou mais dessas costelas, produzindo fragmentos ósseos cortantes que podem lacerar o baço. Além disso, o traumatismo contundente de outras regiões do abdome que causam um aumento súbito e acentuado da pressão intra-abdominal (por ex., por impacto contra o volante do carro ou o guidom de uma motocicleta) pode causar a ruptura da cápsula fina e do peritônio sobrejacente do baço, rompendo seu parênquima ou polpa macia (ruptura do baço). Na ruptura, há sangramento (hemorragia intraperitoneal) e choque.

A hérnia de hiato é a protrusão de uma parte do estômago para o mediastino através do hiato esofágico do diafragma. As hérnias são mais frequentes após a meia idade, possivelmente devido ao enfraquecimento da parte muscular do diafragma e alargamento do hiato esofágico. As hérnias frequentemente causam sofrimento e dor.

## 2. Sistema urinário

O sistema urinário é constituído por um par de rins, de ureteres, uma bexiga e uma uretra (Figura 57). Os rins realizam as seguintes funções: regulação dos



**O sistema urinário.** Vista anterior dos órgãos urinários femininos. (Os órgãos abdominais não relacionados foram omitidos.) (a) Vista esquemática. (b) Raio X dos órgãos urinários após a injeção de um contraste.

Figura 57 – Sistema urinário com visualização radiográfica.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### 2.1 Rim

Os rins são órgãos pares, retroperitoniais, com formato semelhante a um feijão, localizados na altura das costelas falsas e flutuantes (entre a vértebra torácica (T12) e as lombares (L1 e L3)). O rim direito encontra-se mais inferior ao esquerdo, em virtude do fígado que está situado nessa porção. No polo superior de cada rim visualizamos as glândulas adrenais e na borda medial o hilo renal (uma abertura no órgão, por onde passa o pedículo renal, formado pela artéria e veias renais, ureter, além de ligamentos e vasos linfáticos).

Externamente, os rins são recobertos pela cápsula fibrosa, uma bainha de tecido conjuntivo, lisa e transparente, além da cápsula adiposa que fornece proteção contra impactos. Internamente visualizamos três porções (seio, medula e córtex). O córtex, situado mais na periferia do rim, a medula mais

internamente que contem as pirâmides renais e seio renal que é formado por vários cálices renais (maiores e menores), os quais conduzem a urina já formada nos néfrons, localizados na medula e córtex.

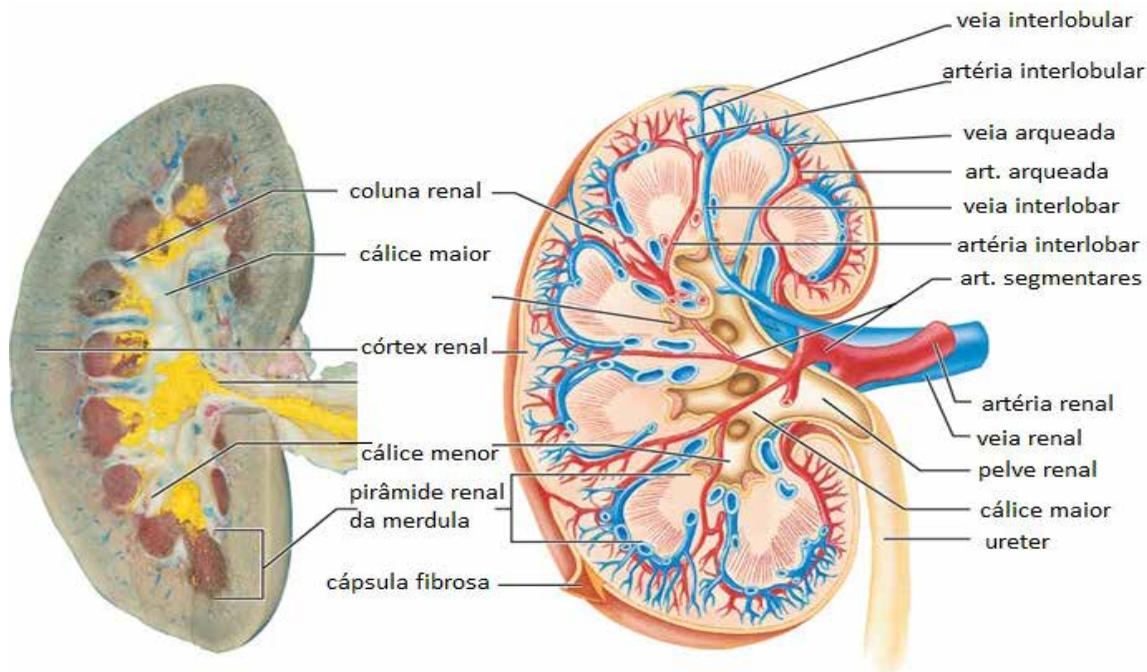


Figura 9.2 Rim – vista interna.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## 2.2 Ureteres

São dois tubos de músculo liso condutores de urina para a bexiga. Inicia-se com uma porção dilatada, denominada pelve renal e finda nos óstios ureterais na bexiga.

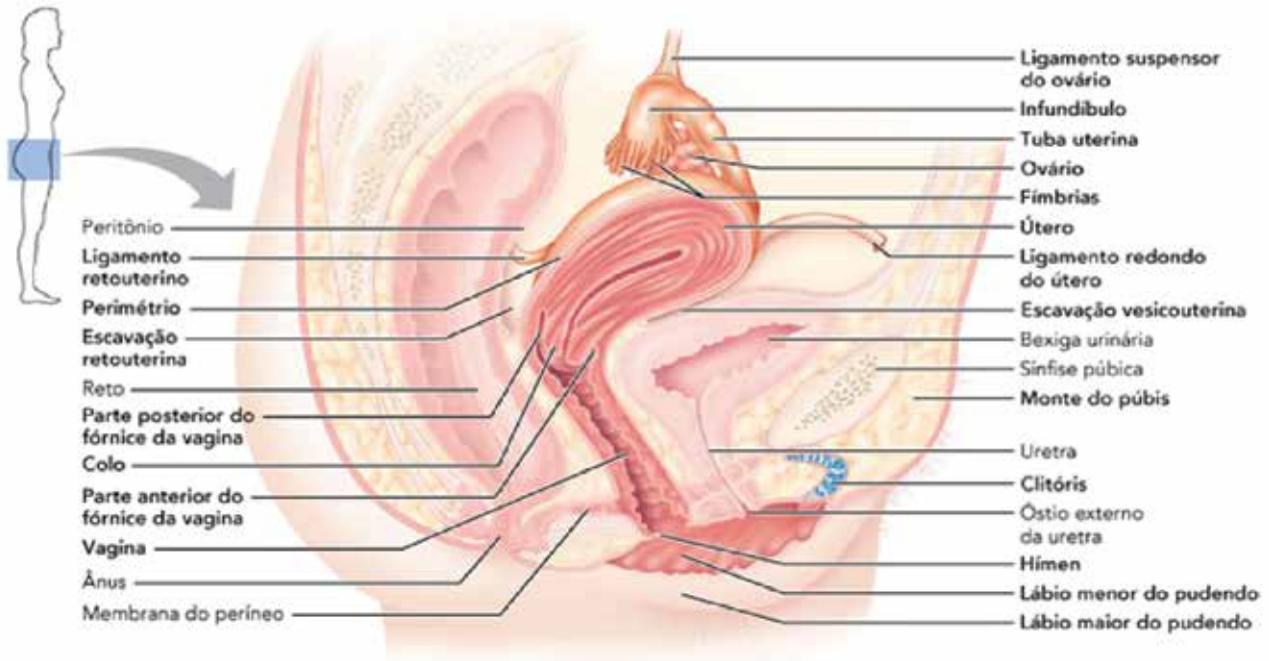
## 2.3 Bexiga urinária

Órgão muscular oco, situado na região pélvica, posteriormente à sínfise púbica, funcionando como reservatório de urina. Difere, na posição e no tamanho, conforme o sexo. Nos homens está na frente do reto e nas mulheres abaixo do útero e anterior ao canal vaginal. A bexiga masculina consegue acomodar, em média 700 a 800 mL de urina, enquanto a feminina apenas 300 a 500 mL. Na base da bexiga encontramos três aberturas (óstios ureterais e uretral interno) que são envolvidas por uma musculatura (detrusor da bexiga) que controla a micção e o enchimento da mesma.

## 2.4 Uretra

Constitui o último seguimento das vias urinárias, sendo um tubo muscular mediano que estabelece comunicação entre a bexiga e o meio externo. Externamente é possível ser visualizada, nos homens, na glândula do pênis e nas

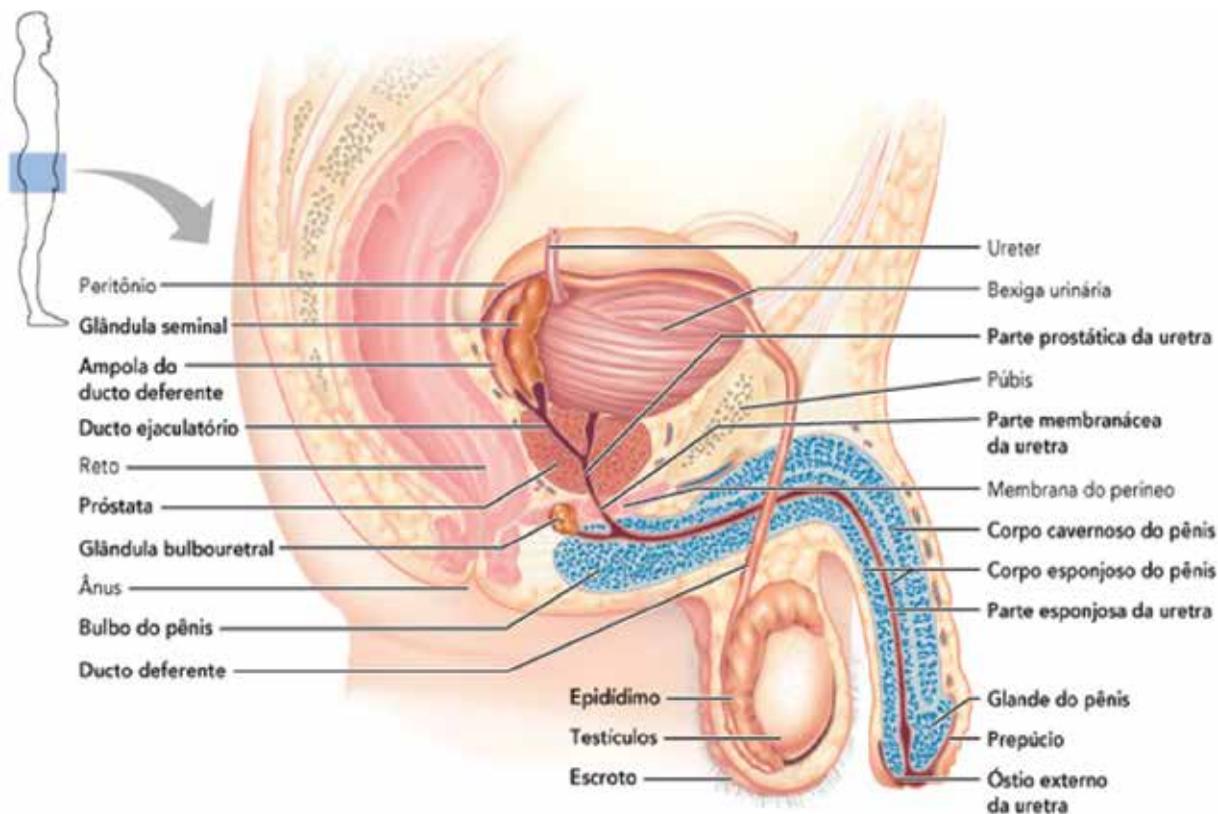
mulheres entre o clitóris e o óstio vaginal. Na mulher tem de 5 a 7 cm e nos homens, cerca de 20cm, dividindo-se em três porções (prostática, membranácea e esponjosa) e pertencendo aos sistemas urinário e genital masculino (Figuras 58 e 54).



**Órgãos internos do sistema genital feminino: secção sagital média.**

Figura 58 – Secção sagital média – demonstração da uretra e demais órgãos genitais femininos.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).



**Órgãos genitais do homem, secção sagital.** Uma porção do púbis do osso do quadril não foi ilustrada para mostrar a relação entre o ducto deferente e a pelve óssea.

Figura 59 – Secção sagital média – demonstração da uretra e demais órgãos genitais masculinos.

Fonte: Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### 3. Sistema endócrino

Esse sistema reúne as glândulas (endócrinas, exócrinas e mistas) que ajudam a controlar o funcionamento do organismo, a partir de comandos do sistema nervoso.

Entende-se por glândulas endócrinas, as que secretam seu conteúdo – hormônios – no líquido intersticial ou vaso sanguíneo e as glândulas exócrinas liberam suas secreções no interior dos ductos, que drenam em direção ao interior dos órgãos ou para o meio externo. As glândulas mistas apresentam componentes tanto endócrinos quanto exócrinos.

#### 3.1 Glândulas endócrinas

Nesse grupo temos as glândulas e órgãos que apresentam células secretoras de hormônios: hipófise, tireoide, paratireoides, suprarrenais, pineal, ovários, testículos, hipotálamo, timo, pâncreas, rins, estômago, fígado, intestino delgado, pele, coração, tecido adiposo, e placenta.

O transplante renal é agora uma cirurgia estabelecida para o tratamento de casos selecionados de insuficiência renal crônica. O rim pode ser removido do doador sem lesar a glândula suprarrenal, devido ao fraco septo de fáscia renal que separa o rim dessa glândula. O local para transplante de um rim é a fossa ilíaca da pelve maior. Este local sustenta o rim transplantado, de forma que não haja tração dos vasos anastomosados cirurgicamente. A artéria e a veia renais são unidas à artéria e à veia ilíacas externas, respectivamente, e o ureter é suturado na bexiga.

**Tireoide:** Situa-se na região cervical, em posição ântero-lateral em relação à traqueia, podendo apresentar-se em forma de H ou U. Possui dois lobos, unidos por uma faixa de tecido glandular, o istmo.

**Paratireoídes:** Localizada nos lobos da glândula tireoide, variando, em número, de dois a seis.

**Suprarrenais:** Situadas no polo superior de cada rim, possuindo áreas denominadas de medula e córtex.

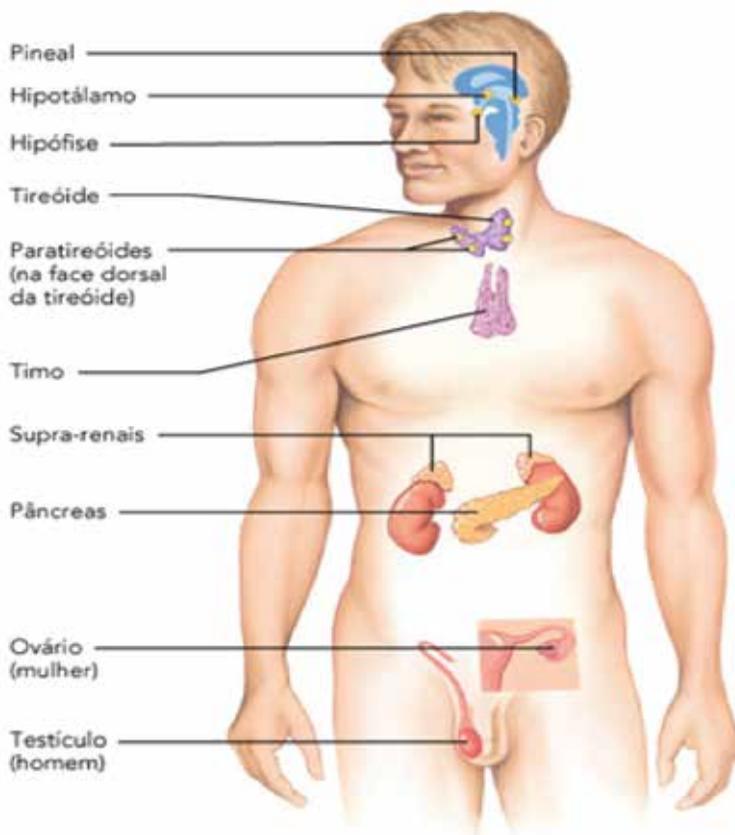
**Hipófise:** Tem o tamanho de uma ervilha, localizada na fossa hipofisária do osso esfenóide, dividida em dois lobos: adeno-hipófise (anterior) e neuro-hipófise (posterior). Conectada ao hipotálamo através do infundíbulo.

**Pineal:** Está localizada no diencéfalo, abaixo do esplênio do corpo caloso (que interliga os dois hemisférios cerebrais).

**Pâncreas:** Sua porção endócrina compreende as ilhotas pancreáticas (de Langerhans), com células *alfas* e *betas*. Sua descrição anatômica foi discutida no capítulo referente ao sistema digestório.

**Ovários e testículos:** São as gônadas femininas e masculinas, respectivamente. Os ovários (bilateral) estão localizados na cavidade abdominal (porção pélvica) e os testículos (bilateral) no saco escrotal.

A Figura 60 mostra a localização topográfica das principais glândulas endócrinas.



Localização dos principais órgãos endócrinos.

Figura 60 – Sistema endócrino – localização topográfica das glândulas.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

## Síntese do Capítulo



A seguir, o sistema digestório é abordado de maneira a conhecer seu funcionamento e suas estruturas, desde a ingestão dos alimentos até sua eliminação. O sistema urinário é percorrido apresentando a função e constituição específica de cada órgão que o compõe. Finaliza-se com o sistema endócrino que permite defini-lo conhecendo a função de cada órgão e glândula bem como, a localização no corpo humano.

## Leituras, filmes e sites



### Leituras

ROMUALDO, A. P. et al. Veias linfonodais: uma causa pouco conhecida de varizes. **J. Vasc. Bras.** [online], v. 7, n. 4, p. 364-369, 2008.

SANTOS, C. A. S. dos et al. Válvulas da veia braquial comum: estudo anatômico. **J. Vasc. Bras.** [online], v. 6, n.1, p. 35-41, 2007.

SILVA, R. A. da; GUIMARÃES, M. M.; BARBOSA, A. A. Jogos corporais: aprendizagem de anatomia. **Educere**, Umuarama, v. 5, n. 1, p. 15-26, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. O Anatomista. **Revista de Divulgação Científica da Sociedade Brasileira**. Ano 2, v. 1, jan.- mar., 2011.

\_\_\_\_\_. O Anatomista. **Revista de Divulgação Científica da Sociedade Brasileira**. Ano 2, v. 4, out.- dez., 2011.

### Vídeos interativos

<http://www.argosymedical.com>

<http://www.nucleus.com>

<http://www.visiblebody.com>

<http://www.sbanatomia.org.br>

<http://www.projeto homem virtual.org.br>

### Sites

[http://www.projeto homem virtual.org.br/downloads/Guia\\_HV\\_SerieOuro.pdf](http://www.projeto homem virtual.org.br/downloads/Guia_HV_SerieOuro.pdf)

<http://www.projeto homem virtual.org.br/seriejuventude/Coluna.pdf>

<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/4740/3513>

<http://versaude.blogspot.com/2008/06/anatomia.html>

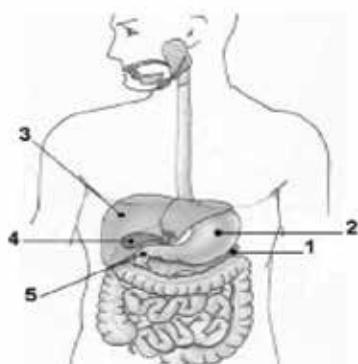
[http://issuu.com/drhc/docs/o\\_anatomista\\_v4-2011?mode=window&backgroundColor=%23222222](http://issuu.com/drhc/docs/o_anatomista_v4-2011?mode=window&backgroundColor=%23222222) back-

<http://www.sbanatomia.org.br/arquivos/v3n1.pdf>

## Atividades de avaliação



1. A parte ORAL da faringe estende-se:
  - a) Do palato duro à língua.
  - b) Do osso hióide até a borda inferior da cartilagem cricoide.
  - c) Do arco palatoglosso até o arco palatofaríngeo.
  - d) Das coanas até a úvula.
  - e) Do palato mole ao nível do osso hioide.
2. Dentre os órgãos, aquele que não possui ligamento meso:
  - a) Estômago
  - b) Cólon transverso
  - c) Colón sigmoide
  - d) Duodeno e íleo
  - e) Pâncreas
3. Marque V para verdadeiro e F para falso nas afirmativas abaixo:
  - ( ) Os ureteres são tubos medianos responsáveis pela condução da urina até a bexiga.
  - ( ) As tonsilas eram conhecidas como amígdalas, e estão localizadas nas cavidades bucal e nasal.
  - ( ) Com relação ao sistema urinário, inicialmente o sangue vem por um vaso chamado de arteríola aferente passa pelo glomérulo e sai pela arteríola eferente. O sangue é filtrado ao passar pelo glomérulo.
  - ( ) O Jejuno apresenta vasos retos mais curtos do que o Íleo.
  - ( ) Em contato com a face visceral do fígado, temos: rim direito, esôfago, estômago e ceco.
4. (FUVEST/2005) - O esquema representa o sistema digestório humano e os números indicam alguns dos seus componentes. O local onde se inicia a digestão das gorduras que ingerimos como alimento está identificado pelo número:



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

5. As principais aberturas localizadas na base da bexiga urinária são das estruturas/órgãos.

- a) Artéria renal, veia renal e uretra.
- b) Ureter, uretra e túbulos contorcidos.
- c) Artéria rena, veia renal e ureter.
- d) uretra e dois ureteres.
- e) papilas renais.

6. “Quando os alimentos passam para o esôfago, uma espécie de tampa de cartilagem fecha a traqueia. Com a idade, a perda progressiva do tônus muscular leva a um fechamento menos perfeito, aumentando o risco da entrada de alimentos líquidos ou sólidos na traqueia”. Adaptado de *Scientif American - Brasil*, n. 4, setembro de 2002.

Em relação ao texto acima, assinale a opção que apresenta o nome correto dessa tampa protetora do tubo respiratório e a condição que justifica sua existência.

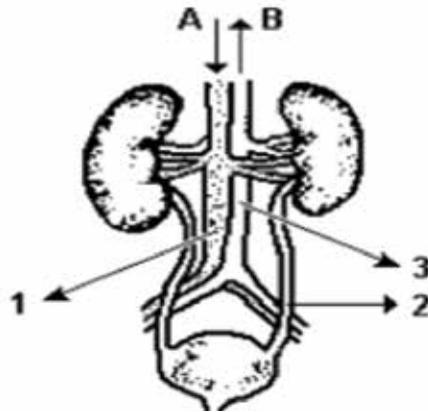
- a) Glote, em função de a boca ser um órgão comum de passagem tanto do aparelho digestório como do respiratório.
- b) Proglote, em função de o esôfago ser um órgão comum de passagem tanto do aparelho digestório como do respiratório.
- c) Epiglote, em função de a faringe ser um órgão comum de passagem tanto do aparelho digestório como do respiratório.
- d) Glote, em função de a faringe ser um órgão comum de passagem tanto do aparelho digestório como do respiratório.
- e) Epiglote, em função de a boca ser um órgão comum de passagem tanto do aparelho digestório como do respiratório.

7. (Udesc) O alimento, no sistema digestivo humano, percorre os seguintes órgãos, antes de chegar ao intestino delgado:

- a) faringe - laringe - diafragma – estômago.

- b) boca - faringe - esôfago – estômago.
- c) boca - traqueia - fígado - intestino grosso.
- d) faringe - esôfago - pâncreas – fígado.
- e) esôfago - vesícula biliar - fígado – estômago.

8. (Mackenzie)-O esquema adiante, representa o aparelho excretor humano. As setas A e B indicam o sentido do fluxo sanguíneo. Os números 1, 2 e 3 indicam, respectivamente:



- a) Artéria aorta, ureter e veia cava.
- b) Veia cava, ureter e artéria aorta.
- c) Veia cava, uretra e artéria aorta.
- d) Artéria aorta, uretra e veia cava.
- e) Artéria aorta, uretra e veia porta.

9. O intestino delgado atua de forma intensa na digestão de diversas substâncias, já que possui muitas enzimas (suco entérico), sem contar com as do suco pancreático, que também agem nesse órgão. Já o intestino grosso não possui enzimas, não proporcionando assim, nenhum processo de quebra de substâncias. Contudo, sua participação na digestão é fundamental. Apresente **duas** funções desempenhadas pelo intestino grosso que justifiquem sua importância no sistema digestório.

10. Considere as seguintes funções do sistema endócrino:

- 1- controle do metabolismo do açúcar.
- 2- preparação do corpo para situações de emergência.
- 3- controle de outras glândulas endócrinas.

As glândulas que correspondem a essas funções são respectivamente:

- a) salivar, tireoide, hipófise.
- b) pâncreas, hipófise, tireoide.
- c) tireoide, salivar, adrenal.
- d) salivar, pâncreas, adrenal.
- e) pâncreas, adrenal, hipófise.

## Referências



- ALCAMO, I. E. **Atlas de anatomia humana para colorir**. 2 ed. Toronto: The Princeton Review, 2003.
- BEHRMAN, R. E.; KLIEGMAN, R. M.; JENSON, H. B. (eds.). **Nelson text-book of pediatrics**, 17 ed. Philadelphia: Saunders, 2004.
- CARVALHO, A. C. A. de; SIMÕES, C. C.; PINHO, C.; OLIVEIRA, L. S. de A. F.; REBELLO, I. C.; CAMPOS, P. S. F. Métodos de análise da maturação óssea e estimativa da idade. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 9 (Supl.1) p. 95-103, 2010.
- DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana básica**. 2 ed. Atheneu, 2002.
- DRAKE, R. L.; VOGL, W.; MITCHELL, A. W. M. **Gray's anatomia para estudantes** – 1 ed. Rio de Janeiro: Editora: Elsevier / Medicina Nacionais, 2006.
- MARIEB, E. N.; HOEHN, K. **Anatomia e fisiologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- MOORE, K. L. e DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- MOORE, K. L. e PERSUAD, T. V. N. **The developing human: clinically oriented embryology**. 7ed. Philadelphia: Saunders, 2003.
- NETTER, Frank H. **Atlas de anatomia humana**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- SCHÜNKE, M.; SCHULTE, E.; SCHUMACHER, U.; VOLL, M.; WESKER, K. P. **Atlas de anatomia: cabeça e neuroanatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- SILVA, R. A. da; GUIMARÃES, M. M.; BARBOSA, A. A. Jogos corporais: aprendizagem de anatomia. **Educere**, Umuarama, v. 5, n. 1, p. 15-26, 2005.
- SWARTZ, M. H. Textbook of physical diagnosis, history and examination. 4 ed. Philadelphia: Saunders, 2001. In: MOORE, K. L. e DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.



**Capítulo**

**4**

# **Fisiología Humana**



## Objetivos

- Introduzir os conceitos gerais da Fisiologia humana.
- Descrever os mecanismos de condução elétrica neuronal e apresentar as principais funções atribuídas às divisões central e periférica do sistema nervoso.
- Discorrer sobre os aspectos reguladores da fisiologia dos sistemas cardiovascular e renal.
- Descrever os mecanismos envolvidos na manutenção da ventilação pulmonar, da hematose e do controle da frequência respiratória.
- Discutir os eventos químicos e mecânicos implicados na fisiologia do trato gastrointestinal.
- Compreender os mecanismos de controle endócrino das funções corporais e sua implicação sobre a homeostasia.

## 1. Visão geral da fisiologia e mecanismos de controle homeostático

A Fisiologia é uma ciência biológica que estuda as funções (físicas, orgânicas, bioquímicas) dos seres vivos. A palavra é de origem grega, onde *physis* significa natureza e *logos* significa estudo ou conhecimento. Essa ciência reúne importantes princípios da física, química e matemática, dando sentido às interações dos elementos básicos de um ser vivo com o meio ambiente.

A Fisiologia humana tem muitas subdivisões, que consideram o funcionamento de sistemas orgânicos específicos. Por exemplo, a fisiologia respiratória se refere aos aspectos envolvidos no mecanismo e na regulação da ventilação pulmonar e trocas gasosas, a neurofisiologia explica o funcionamento dos diferentes componentes do sistema nervoso e sua inter-relação, a fisiologia cardiovascular explica como o coração e vasos sanguíneos interagem na manutenção da pressão arterial e do fluxo de sangue aos tecidos. Dessa forma, a fisiologia humana permite a compreensão da natureza dinâmica e animada do nosso corpo.

## 1.1 Mecanismos de regulação da homeostasia (ou homeostase)

No início do século XX, o fisiologista americano Walter Canon designou como homeostase (homeo = igual; stasis = ficar parado) a habilidade do corpo humano de manter as condições internas relativamente estáveis, mesmo que o mundo externo se altere continuamente. Embora a tradução literal da palavra homeostase seja “inalterado”, seu emprego na fisiologia se refere à capacidade que os sistemas orgânicos possuem de atuar em conjunto, objetivando a manutenção do equilíbrio do corpo.

Dessa forma, a interação entre os diferentes sistemas (por exemplo: cardiovascular, respiratório, endócrino, nervoso...), permite variações das condições internas (como a pressão sanguínea, temperatura corporal, pH dos líquidos corporais, níveis de glicose no sangue...) dentro de limites relativamente estreitos, ou seja, sem variações muito grandes, e isso reflete a condição de homeostase (Figura 61).

Praticamente todos os sistemas têm papel na manutenção das condições equilibradas do “meio interno”. Nutrientes, íons, água, gases, enfim, todas as substâncias essenciais à sobrevivência celular, precisam estar em concentração adequada nos líquidos corporais. Além disso, os sistemas responsáveis pela distribuição dessas substâncias aos diferentes tecidos, para que sejam utilizadas pelas células, têm que estar em constante monitoramento, para que os ajustes necessários possam ser realizados em caso de disfunção (desequilíbrio corporal).

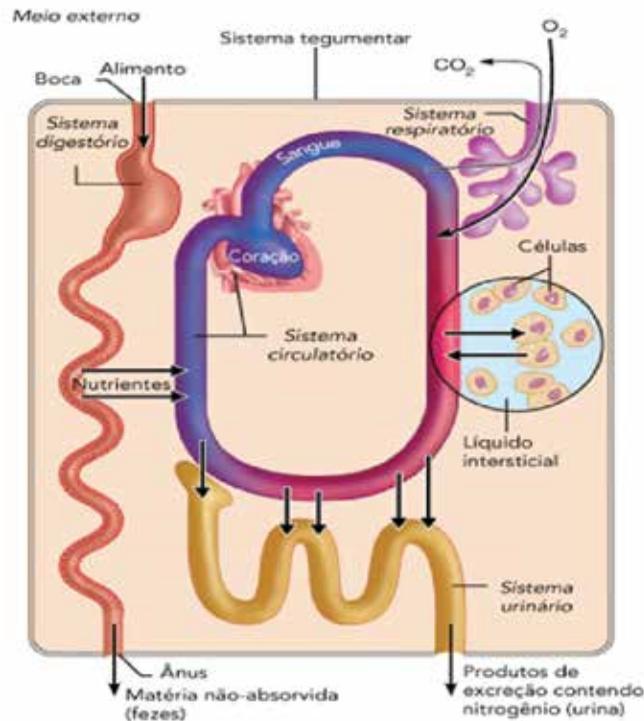


Figura 61 – Exemplos de inter-relações entre os sistemas de órgãos do corpo humano.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

O monitoramento e ajuste dos sistemas orgânicos são realizados, principalmente, pelos sistemas nervoso e endócrino, que garantem a comunicação entre as estruturas do corpo, através de impulsos elétricos e da liberação de hormônios no sangue, respectivamente. Em qualquer evento regulado, todos os mecanismos de controle homeostático têm, pelo menos, três componentes independentes.

O primeiro componente é o receptor, que funciona como “sensor” para monitorar o ambiente, ou seja, capta estímulos e gera respostas, enviando informações para o segundo componente, o centro de controle, que fará a análise da informação recebida, determinando respostas apropriadas. Ele determina o ponto em que uma dada condição corporal deve ser mantida, as chamadas “condições controladas”, por exemplo, a pressão sanguínea, a frequência cardíaca, a temperatura corporal e a frequência respiratória. O terceiro componente é o efetor (parte do corpo que recebe a informação), e que fornecerá meios para geração da resposta do centro de controle ao estímulo.

Para facilitar a compreensão da interação entre esses componentes, imagine que você foi a um churrasco no fim-de-semana e exagerou no consumo de carne salgada. O excesso de sódio nos líquidos corporais contribui para elevação da pressão arterial. Seus vasos sanguíneos possuem barorreceptores (receptores) que captam o estímulo (aumento da pressão sanguínea), esse estímulo é conduzido até um grupo de específico de neurônios em seu tronco encefálico (centro de controle), que interpreta o estímulo e envia uma informação para o coração (efetor), e este desacelera seus batimentos, contribuindo para trazer a pressão arterial de volta a valores normais.

As vias responsáveis pela condução do estímulo ao centro de controle são denominadas vias aferentes, e as que enviam a informação do centro de controle para o efetor são chamadas vias eferentes.

## 1.2 Mecanismos de retroalimentação (*feedback*)

Os mecanismos de manutenção da homeostase são chamados de “retroalimentação” ou *feedback*. A maioria consiste em *feedback* negativo, onde a resposta final gerada pelo efetor reverte o estímulo original ou reduz sua intensidade. Um exemplo seria o controle da pressão arterial, citado anteriormente. Nesse caso, um estresse (consumo de sal em excesso) rompeu a homeostasia pelo aumento na pressão sanguínea (condição controlada). A ativação dos barorreceptores gerou o envio de um sinal aferente para o tronco encefálico, e este ativou vias eferentes, que enviaram uma resposta ao coração, resultando em diminuição da frequência cardíaca e, conseqüentemente, da pressão sanguínea.

A informação transmitida por uma via aferente é a que chega ao centro de controle e a informação eferente é a que sai do centro de controle!

O termo “meio interno” se refere ao fluido entre as células, também chamado de líquido intersticial ou intercelular.

Os sistemas de *feedback* positivo caracterizam-se pelo incentivo gerado pelo efector ao estímulo original. Nesse caso, o resultado ou a resposta aumenta o estímulo original. Os mecanismos de *feedback* positivo podem ser destrutivos ou originar desarranjos do organismo, por isso, raramente são utilizados para manutenção do equilíbrio. No entanto, dois exemplos são claramente importantes para homeostase: o aumento das contrações uterinas durante o trabalho de parto (induzido pela liberação de ocitocina); e as cascatas de coagulação sanguínea.

Por exemplo, imaginemos um sangramento em consequência a uma lesão de um vaso sanguíneo. Durante a contenção do sangramento, elementos do sangue, denominados plaquetas, imediatamente aderem-se ao local da lesão e liberam substâncias químicas que atraem mais e mais plaquetas. O rápido e crescente empilhamento de plaquetas inicia a sequência de eventos que, posteriormente, forma um coágulo (Figura 62). O estímulo inicial (lesão vascular) incentiva a ativação de plaquetas e a resposta final é um aumento ainda maior nessa ativação, até que o tampão plaquetário seja formado.

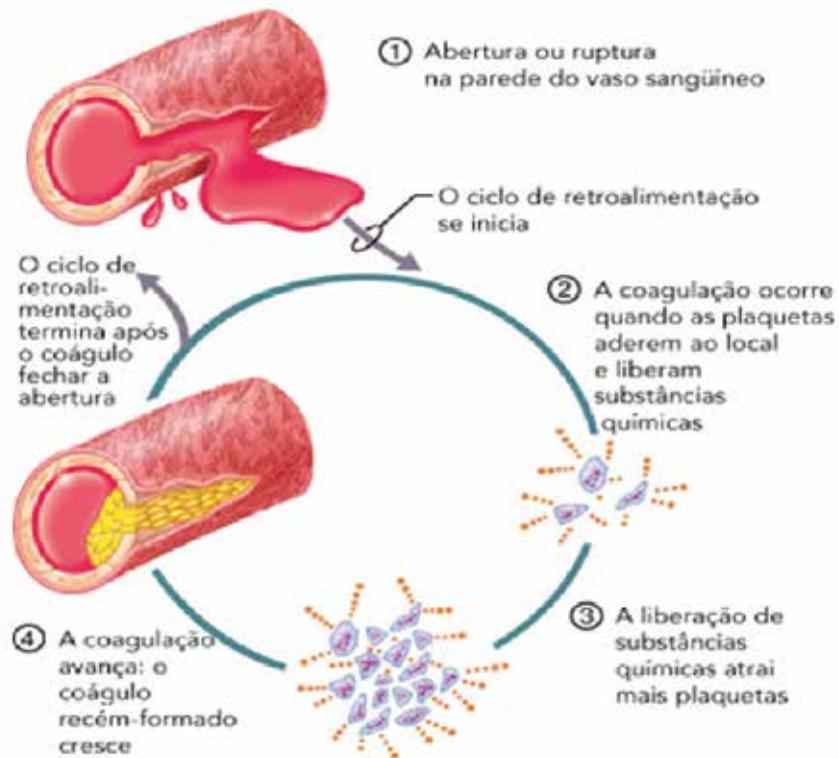


Figura 62 – Exemplo de mecanismo de *feedback* positivo.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2008).

### Para refletir

1. Discuta a seguinte afirmativa “os mecanismos de homeostasia podem representar formas de prevenção ao desenvolvimento de distúrbios orgânicos e sua falha acarreta no desenvolvimento de doenças”.
2. Descreva exemplos de mecanismos de controle da homeostasia por feedback negativo.



### Texto complementar

#### Homeostasia: o poder de cura

A habilidade do corpo humano em manter a **homeostase** contribui para o poder de cura e de resistência ao abuso. Dois fatores importantes para este equilíbrio, que garante nossa saúde, são: o meio ambiente e o comportamento do indivíduo. O ar que respiramos; a comida que comemos e até nossos pensamentos afetam a homeostase. A forma como vivemos pode contribuir ou não com a nossa capacidade de manter a **homeostase** e de nos adaptarmos aos inevitáveis **estresses** do dia-a-dia. Durante um simples resfriado, por exemplo, favorecemos nossos processos naturais de **cura** quando nos cuidamos. Bastante repouso e ingestão de líquidos permitem que o sistema imunológico realize seu trabalho, combatendo o agente infeccioso e nos livrando dos sintomas desagradáveis. Dessa forma, logo ficamos de pé novamente.

Se, ao invés disso, você não se alimentar adequadamente e passar noites acordado, a habilidade do sistema imunológico de rejeitar microrganismos invasores e trazer o corpo de volta à **homeostasia** e à boa saúde pode ficar comprometida, aumentando, por exemplo, o tempo de manifestação dos sintomas desagradáveis. Outras infecções poderão tomar vantagem de seu estado enfraquecido, e o resfriado poderá se agravar e até progredir para um quadro de bronquite ou de pneumonia.

Fonte: <http://www.corpohumano.hpg.ig.com.br/generalidades/homeostase/homeostase7.html>

## 2. Fisiologia do sistema nervoso

Originado a partir do folheto embrionário denominado ectoderma, o sistema nervoso ou sistema neural humano é composto por neurônios e células da glia. Atua diretamente na coordenação da função dos diferentes órgãos e sistemas, armazenando informações, captando sensações e efetuando reações através do controle rápido das respostas hormonais e motoras.

### 2.1 Princípios básicos de eletricidade e biopotências

Os impulsos nervosos são como pequenas correntes elétricas que passam ao longo dos neurônios. Resultam do movimento de íons (partículas eletricamente carregadas) para dentro e para fora através da membrana plasmática neuronal.

Para compreendermos as condições que mantêm as alterações elétricas celulares, precisamos conhecer os canais para íons, na membrana plasmática, que participa desse processo, bem como as bombas, que são as proteínas realizadoras de transporte ativo.

## 2.2 Canais iônicos nas membranas plasmáticas

Os canais iônicos são formados por proteínas integrais de membrana e são seletivos para os íons que passam através deles. Embora alguns canais estejam sempre abertos, a maioria está sujeita a uma regulação, em que passam uma parte do tempo abertos (conduzindo corrente) e outra parte fechados (não conduzindo). Nesses canais, a passagem de íons é controlada por moléculas de proteínas que formam “comportas” ou “portões”, que podem alterar sua forma para abrir ou fechar o canal, em resposta a vários estímulos.

Dentre os estímulos que abrem esses canais estão: resposta a substâncias químicas (como neurotransmissores ou hormônios); alterações de voltagem (corrente elétrica) na membrana; diferenças de concentração iônica entre os dois lados da membrana.

## 2.3 Potencial de membrana de repouso

No neurônio em repouso (que não está conduzindo impulso) existe uma diferença nas cargas elétricas fora e dentro da membrana plasmática. O lado interno tem carga negativa e o lado externo tem carga positiva.

Dentre os fatores que contribuem para esse processo, destacamos:

- 1) o trabalho das bombas de sódio-potássio ( $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ ) nas membranas celulares (Figura 63), que transportam ativamente, com gasto de ATP, três íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) para fora das células e, simultaneamente, dois íons potássio ( $\text{K}^+$ ) para o meio intracelular. Portanto, mais carga positiva é transportada para fora do que para o interior das células.
- 2) além disso, a presença de grandes íons com carga negativa (por exemplo, proteínas e íons fosfato) aprisionadas dentro das células, também contribuem para que a carga interna se mantenha negativa.
- 3) para completar o processo, a operação das bombas de  $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$  cria um gradiente (diferença) de concentração e elétrico para o  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , e como a concentração de  $\text{K}^+$  se torna maior no interior das células e os canais de  $\text{K}^+$  se abrem aleatoriamente (sem a necessidade de estímulos), vazamento de íons  $\text{K}^+$ , por difusão simples pelos seus canais é mais um fator que contribui para que a carga intracelular se mantenha negativa.

A diferença na carga de cada lado da membrana em repouso é o potencial de membrana em repouso. Essa membrana é dita polarizada, que significa estar positiva do lado de fora e negativa dentro. A carga elétrica dentro de uma membrana polarizada é de, aproximadamente, -70milivots (mV).

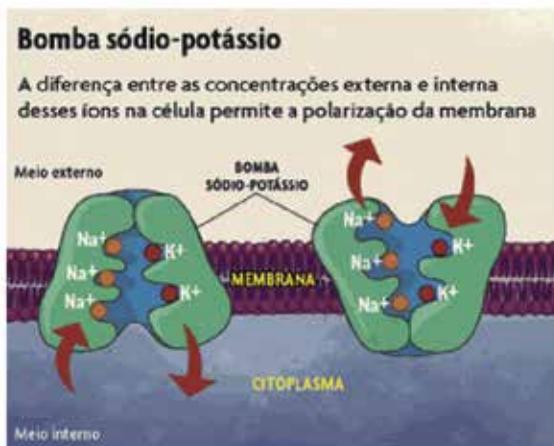


Figura 63 – Bomba de sódio-potássio ATPase ( $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ ).

Fonte: <http://amobioquimica.blogspot.com/2011/04/bomba-de-sodiopotassio.html>

## 2.4 Excitabilidade Celular

A propriedade das células nervosas de responderem aos estímulos e convertê-los em impulsos nervosos é denominada excitabilidade.

Se um estímulo é adequadamente aplicado a uma membrana polarizada, a membrana torna-se menos negativa e atinge um nível crítico chamado limiar (cerca de  $-55 \text{ mV}$ ). Neste momento, canais de  $\text{Na}^+$  sensíveis ao estímulo na membrana abrem-se, permitindo que o  $\text{Na}^+$  entre na célula. A entrada de  $\text{Na}^+$  (íon positivo) na célula, começa a neutralizar a carga interna negativa, causando a despolarização (Figura 64).

A continuação da entrada de  $\text{Na}^+$  acaba alterando a carga intracelular para, aproximadamente,  $+30 \text{ mV}$  (carga intracelular fica agora positiva e a extracelular fica negativa). Após a finalização da despolarização (quando o estímulo acaba) a membrana entra no processo de repolarização. Com canais de

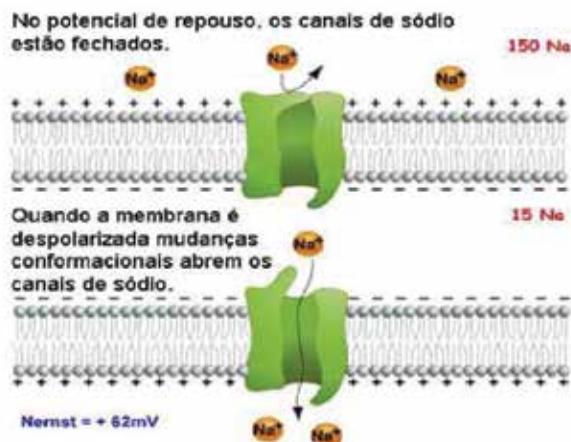


Figura 64 – Potencial de ação celular (desencadeado pela abertura dos canais de  $\text{Na}^+$ , em resposta a estímulos).

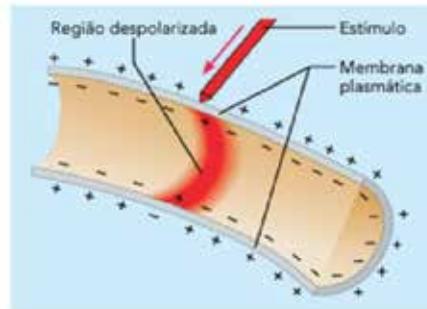
Fonte: <http://www.uff.br/WebQuest/pdf/ionico.htm>

Durante a repolarização, o fluxo de saída do  $\text{K}^+$  pode ser tão grande que ocorre uma hiperpolarização: a saída excessiva de carga positiva deixa a carga intracelular ainda mais negativa que o nível de repouso. Essa condição gera efeito inibitório, pois é mais difícil despolarizar uma célula hiperpolarizada! A hiperpolarização é responsável pelas ações inibitórias do sistema nervoso.

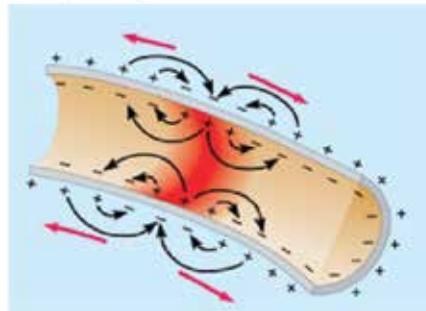
$\text{Na}^+$  fechados, o excesso de carga positiva do  $\text{Na}^+$  é expulso ativamente pelas bombas de  $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ .

Além disso, a permeabilidade elevada dos íons  $\text{K}^+$  auxilia o restabelecimento das condições iniciais. Dessa forma, a carga intracelular volta a ser negativa e a extracelular positiva.

Uma vez que as fases de despolarização e repolarização tenham ocorrido, dizemos que aconteceu um impulso nervoso (potencial de ação nervoso), que se propaga (transmite) ao longo do neurônio (Figura 65). Após a despolarização, a repolarização devolve a célula ao seu potencial de membrana de repouso e o neurônio é preparado para receber outro estímulo e conduzi-lo. Até que a repolarização ocorra, o neurônio não pode conduzir outro impulso nervoso. Esse período de “intervalo” entre potenciais de ação é chamado período refratário.



(a) Despolarização



(b) Propagação da despolarização

Figura 65 – Propagação do potencial de ação, gerado por um estímulo, pelo axônio. Após a sua passagem, as cargas elétricas dentro e fora da membrana retornam à condição original.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

Os impulsos nervosos são conduzidos somente em uma direção ao longo do neurônio. O tempo de duração de todos os eventos de um potencial de ação nervoso é de milésimos de segundos.

## 2.5 Condução nervosa

Quando aquecidas, as fibras nervosas conduzem impulsos à alta velocidade e quando resfriadas a velocidades menores. Por isso, a dor que sentimos quando ocorre lesão em um tecido pode ser diminuída pela aplicação do frio, já que as fibras nervosas que conduzem a sensibilidade da dor sofrem bloqueio parcial de sua condução.

As fibras com maior diâmetro conduzem impulsos mais rapidamente porque são mielínicas. As bainhas de mielina geram condução saltatória do impulso elétrico. Como as bainhas de mielina são camadas isolantes gordurosas, elas forçam os impulsos a saltarem entre as bainhas e despolarizam apenas os espaços entre elas, chamados nodos de Ranvier (Figura 66).

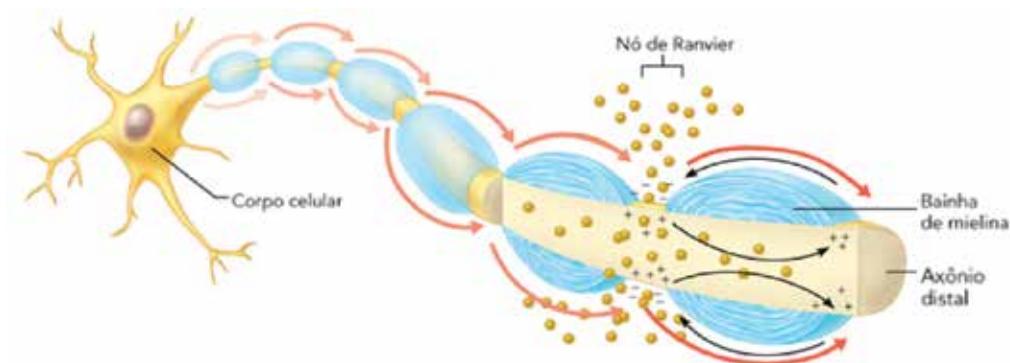


Figura 66 – Condução elétrica saltatória em axônio mielinado.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

A condução do impulso nervoso também ocorre de um neurônio para outro, ou para um músculo ou glândula. Essa condução é feita pela função neuromuscular ou neuroglandular.

As sinapses são capazes de transmitir certos impulsos e inibir outros. Muitas doenças encefálicas e psiquiátricas são consequência de rupturas da comunicação sináptica. A Figura 67 mostra três partes de uma sinapse química entre neurônios. O sinal elétrico na terminação elétrica pré-sináptica (impulso nervoso) é convertido em um sinal químico (o neurotransmissor é liberado por exocitose na fenda sináptica).

O neurônio pós-sináptico contém receptores específicos para o neurotransmissor que, quando ativados, podem gerar abertura de canais iônicos, causando despolarização (transmissão excitatória) ou hiperpolarização (transmissão inibitória) da terminação pós-sináptica.

Sinapses são pontos de comunicação entre as células envolvidas na condução, onde estas se aproximam, mas não se tocam.

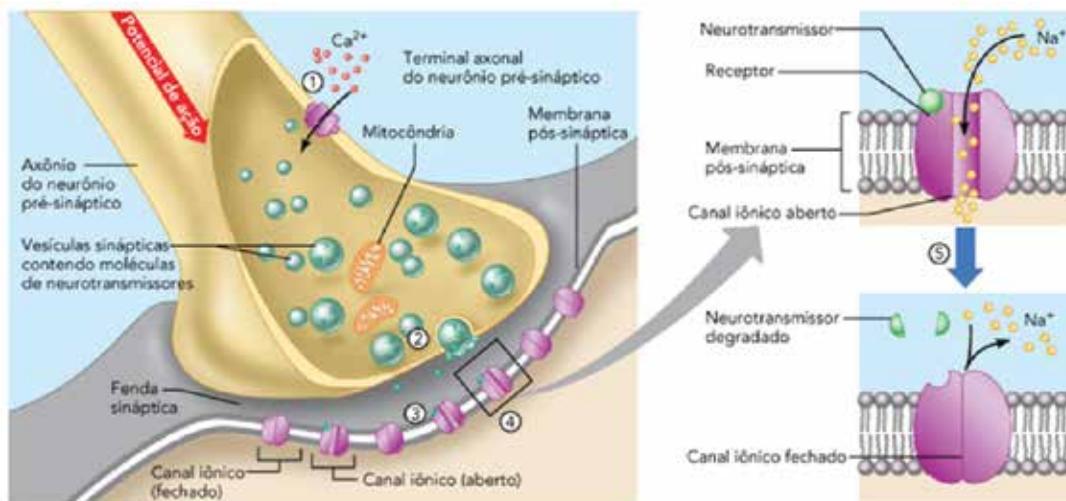


Figura 67 – Condução elétrica nas sinapses químicas: o neurotransmissor liberado na fenda sináptica se liga a receptores, desencadeando efeitos como abertura de canais iônicos.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 2.6 Medula espinhal como centro reflexivo

A medula espinhal tem duas funções principais: os tratos da substância branca, localizados externamente, são vias expressas para a condução de impulsos nervosos sensitivos da periferia ao encéfalo e impulsos motores do encéfalo à periferia. A substância cinzenta da medula recebe e integra a informação que chega e sai.

Os reflexos são respostas automáticas rápidas e previsíveis a alterações no ambiente. Os receptores sensoriais captam os diferentes estímulos ambientais (variações de temperatura, pressão, estímulos visuais, auditivos, gustativos, nocivos etc.) e estes são levados ao Sistema Nervoso Central (SNC), para que sejam interpretados, originando respostas transmitidas à periferia do corpo pelas terminações eferentes (ou motoras).

Os reflexos ocorrem através de vias neurais altamente específicas, chamadas arco reflexo, que possuem cinco componentes (Figura 68):

- 1) **Receptor:** local de ação do estímulo.
- 2) **Neurônio sensitivo (aférente):** transmite impulsos aferentes para o SNC.
- 3) **Centro integrador:** está localizado no SNC e representa o local de sinapses de neurônios aferentes com cadeias de interneurônios, que interpretam as informações trazidas da periferia pra gerar uma resposta.
- 4) **Neurônio motor (eferente):** conduz impulsos eferentes do centro integrador para o órgão efector.
- 5) **Efector:** músculo ou glândula que responderá – ou estímulo eferente (com contração ou secreção).

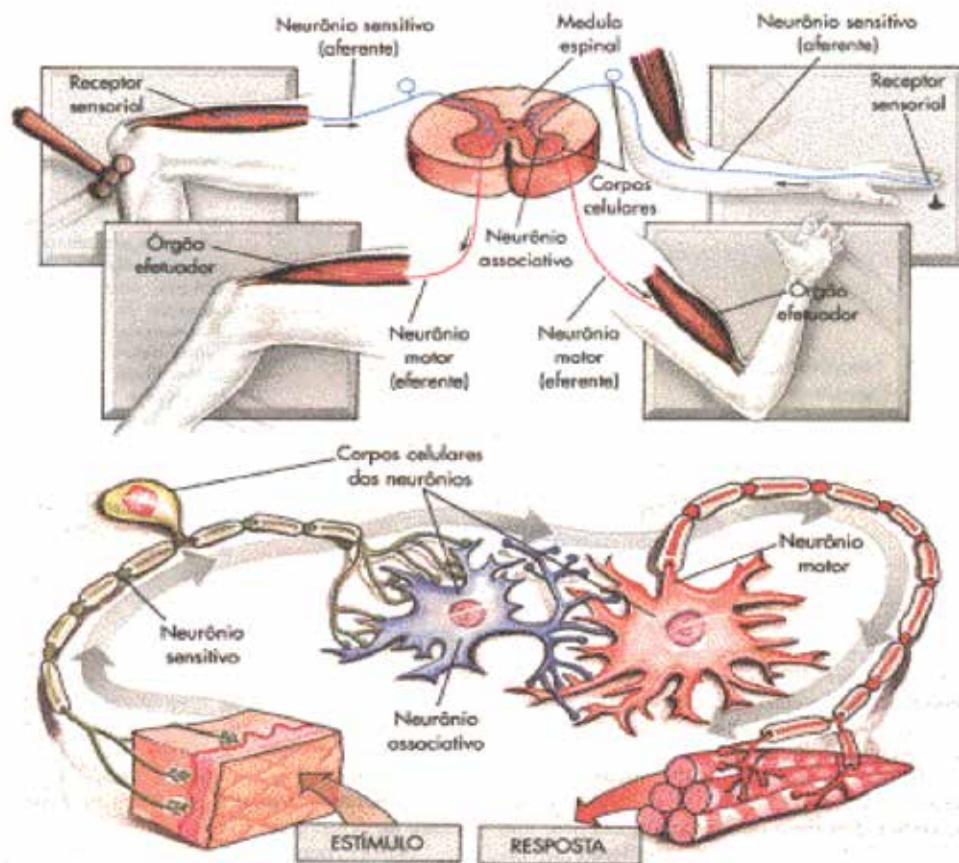


Figura 68 – Componentes do arco reflexo permite que os estímulos gerados sejam levados até a medula para geração de respostas reflexas.

Fonte: <http://www.afh.bio.br/nervoso/nervoso5.asp>

Os reflexos somáticos mediados pela medula espinhal são denominados reflexos medulares e ocorrem sem envolvimento direto dos centros encefálicos mais superiores. No entanto, o encéfalo é “informado” sobre a maior parte das atividades reflexas da medula, podendo facilitar ou inibir essas ações, dependendo da situação. Os reflexos geram respostas automáticas a diversos estímulos, como reflexos de retirada (por exemplo, retirar a mão de um objeto quente).

## 2.7 Funções do córtex cerebral

O córtex cerebral é composto por substância cinzenta (corpos celulares neuronais, dendritos e células da glia) e possui bilhões de neurônios organizados e distribuídos em seis camadas. Contém três tipos de áreas funcionais: motoras, sensoriais e de associação. Cada hemisfério está envolvido com funções sensoriais e motoras do lado oposto do corpo, porque muitas vias descenden-

tes (que partem do córtex para a medula) se cruzam na altura do bulbo (no tronco encefálico), essas vias são chamadas piramidais.

Nenhuma área do córtex atua sozinha. O comportamento consciente, o pensamento ou raciocínio envolvem todo o córtex, embora possamos, de forma geral, atribuir a algumas regiões suas funções principais. As áreas motoras do córtex que controlam os movimentos voluntários, por exemplo, estão na porção posterior dos lobos frontais (córtex motor primário, pré-motor, área de Broca e campo ocular frontal).

Existem, ainda, áreas sensoriais, envolvidas com a percepção de sensações, nos lobos parietais, insular, temporal e occipital. Dentre elas, podemos citar as áreas de associação, que integram as informações captadas pelos receptores sensitivos (temperatura, pressão etc.); áreas visuais; áreas auditivas; olfatórias; gustativas; viscerais e ainda, área vestibular, que participa na manutenção do equilíbrio corporal. A Figura 69 indica a localização cortical de algumas áreas funcionais.



Figura 69 – Áreas funcionais do córtex cerebral humano

Fonte: <http://www.psiquiatriageral.com.br/psicossomatica/neuro3.htm>

## 2.8 Áreas de substância branca no encéfalo

Localizada internamente, abaixo da substância cinzenta cortical, a substância branca é responsável pela comunicação entre as áreas cerebrais e entre o córtex e os centros situados mais abaixo no SNC. Composta por fibras mielinizadas, agrupadas em grandes tratos. Fibras de substância branca, denominadas comissuras, conectam as áreas cinzentas correspondentes dos dois hemisférios, coordenando seu funcionamento. Na verdade, as comissuras permitem a “conversa” entre os hemisférios cerebrais.

Além disso, outras fibras de associação permitem a comunicação entre as diferentes partes do mesmo hemisfério e as fibras de projeção, provenientes

de regiões inferiores ou da medula espinhal, e que descem do córtex até as regiões mais baixas, percorrendo verticalmente o SNC, permitem o trânsito de informação entre níveis centrais e periféricos. A Figura 70 ilustra essas fibras.

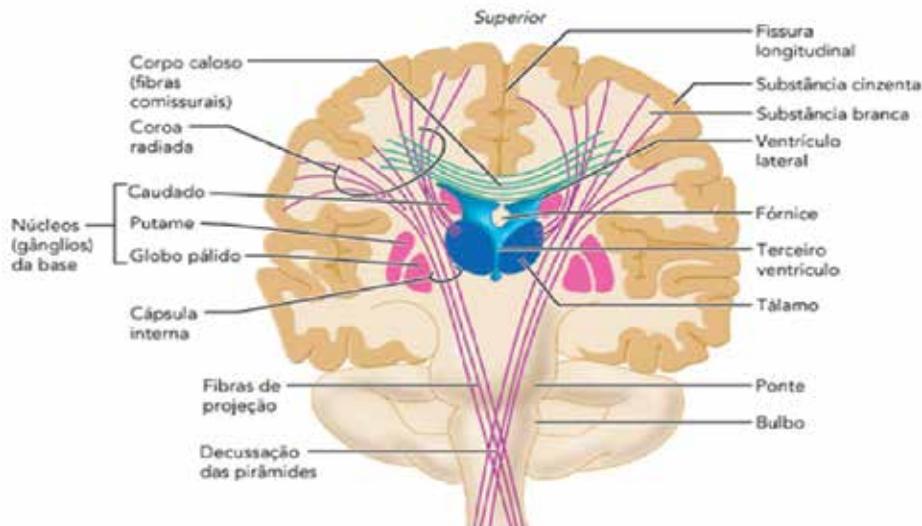


Figura 70 – Tratos de substância branca no sistema nervoso central (SNC): fibras comensurais e de projeção que conectam o cérebro com centros inferiores do SNC.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 2.9 Diencefalo (tálamo e hipotálamo)

O tálamo pode ser definido como uma estação de transmissão de impulsos às diferentes áreas do encéfalo, onde a informação é editada e ordenada. Impulsos aferentes de todas as partes do corpo convergem para o tálamo, fazendo sinapses com seus núcleos. Fazemos, então, um reconhecimento grosseiro das sensações (como agradáveis ou desagradáveis). No entanto, para discriminarmos tipos de estímulo e localizarmos estímulos específicos precisamos do córtex cerebral. Considerado a porta de entrada para o córtex, o tálamo realiza mediação de sensações, atividades motoras, vigília, aprendizagem e memória.

Apesar de pequeno no tamanho, o hipotálamo é o principal controlador visceral do corpo. Contém núcleos que realizam várias funções como:

1. **Regulação das atividades do sistema nervoso autônomo:** influenciando sinais simpáticos e parassimpáticos.
2. **Participação no sistema límbico (parte emocional do encéfalo):** interferindo na percepção das sensações de prazer, medo, agressividade, ritmos biológicos e motivação.
3. **Regulação da temperatura corporal:** o termostato hipotalâmico monitora a temperatura do sangue e inicia mecanismo para resfriamento (sudorese) ou para geração de calor (tremores), de acordo com as necessidades corporais.

**4. Regulação da ingestão alimentar, da sede e do ciclo sono-vigília:** as sensações de fome, saciedade e sede são reguladas por núcleos hipotalâmicos, além do ajuste do sono em resposta às informações do ciclo claro/escuro.

**5. Controle endócrino:** o hipotálamo controla a liberação de todos os hormônios da hipófise, considerada glândula mestre do corpo.

## 2.10 Tronco encefálico

Além de representar uma via para passagem de tratos entre os centros neurais superiores e inferiores, o tronco encefálico (mesencéfalo, ponte e bulbo) é considerado o centro controlador das “funções vegetativas” corporais.

Quando dizemos que um indivíduo encontra-se em “estado vegetativo” lembramo-nos de funções controladas por núcleos no tronco encefálico (principalmente no bulbo) como a pressão arterial e a frequência respiratória, além de várias outras atividades como regurgitação, soluço, deglutição, tosse, espirro etc. A ponte, como o nome sugere, é composta por tratos de condução entre centros encefálicos e a medula espinhal, bem como entre o córtex motor e o cerebelo.

O bulbo contém todos os tratos sensitivos ascendentes e descendentes que passam entre a medula espinhal e outras partes do encéfalo. Duas estruturas grosseiramente triangulares, denominadas pirâmides, contêm os maiores tratos motores que saem do córtex cerebral. A maior parte das fibras piramidais esquerdas cruza para a direita e vice-versa. Esse cruzamento é denominado “decussação das pirâmides” e explica porque um lado do córtex cerebral controla os movimentos do lado oposto do corpo.

## 2.11 Núcleos da base

Os núcleos da base são massas pares de substância branca de cada hemisfério cerebral. O maior deles é o corpo estriado, constituído pelo conjunto de núcleo caudado e núcleo lentiforme (dividido em putamen e glóbulo pálido) - Figura 71. Esses núcleos controlam movimentos subconscientes (automáticos) dos músculos esqueléticos, como o balanço dos braços enquanto caminhamos e regulam o tônus necessário para movimentos corporais específicos.

As lesões dos neurônios que secretam o neurotransmissor dopamina nos núcleos da base resultam em tremores ou movimentos involuntários, característicos da doença de Parkinson. Drogas que facilitam a síntese de dopamina por esses neurônios podem retardar a progressão dos sintomas dessa doença neurodegenerativa.

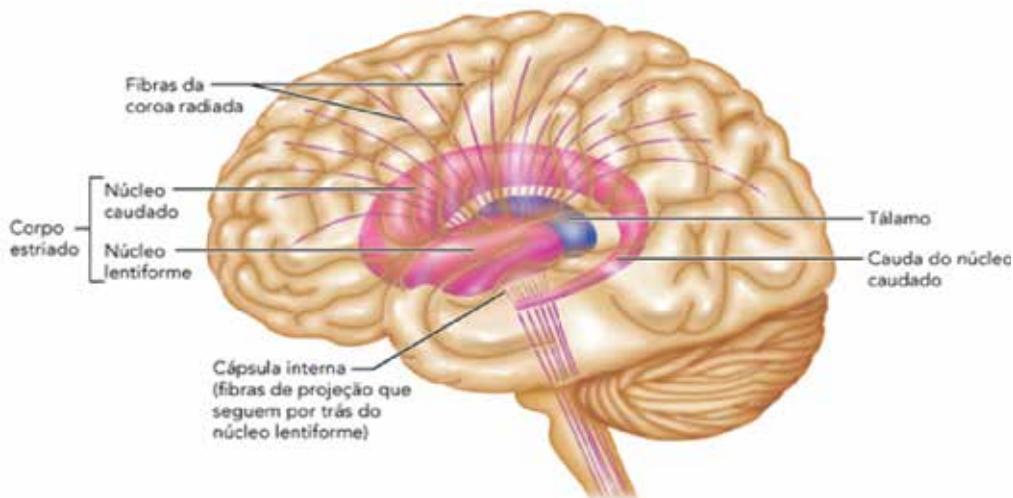


Figura 71 – Núcleos da base (núcleo caudado e núcleo lentiforme).

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 2.12 Sistema límbico

Constituído por um grupo de estruturas que circunda o tronco encefálico (incluindo o rinencéfalo, núcleos septais, giro do cíngulo, hipocampo, amígdala, hipotálamo e parte do tálamo). O sistema límbico assume funções de regulação das emoções como a dor, o prazer, a raiva, a fúria, o medo, a piedade e as sensações sexuais. Alguns autores o denominam de “cérebro emocional ou afetivo”. A maior parte dos aspectos involuntários emocionais é controlada por esse sistema.

Experimento em animais sugere que o sistema límbico tem papel fundamental no controle dos padrões gerais de comportamento. Junto com porções do cérebro, o sistema límbico também atua na formação da memória.

## 2.13 Cerebelo

O cerebelo realiza comparação dos movimentos que estão programados pelas áreas motoras do telencéfalo com o que está realmente acontecendo. Ele recebe informações sensitivas dos músculos, tendões e articulações, receptores de equilíbrio e respostas visuais nos olhos. É responsável pela coordenação das sequências complexas de contrações da musculatura esquelética. Por tudo isso, é a principal área do encéfalo que regula a postura e o equilíbrio, participando das atividades motoras que exigem habilidades (como dançar, pintar ou jogar bola).

A maioria das projeções de saída do sistema límbico passa pelo hipotálamo, que é o centro de controle das funções viscerais e das respostas emocionais, portanto, não é se estranhar que algumas pessoas desenvolvam doenças viscerais (hipertensão arterial ou azia) quando sob estresse emocional intenso, manifestações denominadas “distúrbios psicossomáticos”.

## 2.14 Neurotransmissores

Diversos neurotransmissores são liberados por vesículas nas terminações axonais do sistema nervoso. A seguir, seguem alguns exemplos:

1. **Acetilcolina:** encontrada no córtex cerebral, em todas as junções neuromusculares esqueléticas e no sistema nervoso autônomo. Exerce efeitos excitatórios pela ativação de receptores nicotínicos nos gânglios autonômicos e na musculatura esquelética. Nas estruturas viscerais ou no sistema nervoso ela ativa receptores muscarínicos, podendo exercer ações excitatórias ou inibitórias, a depender do subtipo de receptor ativado.
2. **Dopamina:** encontrada em grande concentração no encéfalo, envolvida em respostas emocionais e controle de movimentos subconscientes (automáticos) dos músculos esqueléticos.
3. **Noradrenalina:** liberada pelas terminações nervosas simpáticas nas estruturas viscerais; concentrada no tronco encefálico; é também encontrada em várias outras regiões do sistema nervoso central, onde está relacionada à manutenção da vigília, aos sonhos e à regulação do humor.
4. **Serotonina:** encontra-se em várias regiões do sistema nervoso central, inclusive no sistema límbico. Influencia a indução do sono, a percepção sensorial, a regulação da temperatura e o controle do humor.
5. **Ácido gama-aminobutírico (GABA):** encontrado em grande concentração no encéfalo; é considerado um dos mais importantes neurotransmissores inibitórios do sistema nervoso central. Tem sua ação intensificada por drogas usadas para induzir o sono e reduzir a ansiedade.
6. **Substância P:** encontrada nas fibras sensitivas e no sistema nervoso central; estimula a percepção da dor.
7. **Encefalinas e endorfinas:** encontradas em regiões do sistema nervoso central e hipófise (endorfinas); inibem os impulsos da dor, impedindo a produção de substância P ou a ligação desta aos seus receptores; participam da formação da memória e aprendizado, atividade sexual e controle da temperatura.

## 2.15 Fisiologia do sistema nervoso autônomo (SNA)

O sistema nervoso autônomo costuma ser referido como a parte do sistema nervoso que executa as ações, controladas por regiões do tronco encefálico e diencefalo, relacionadas à manutenção da “vida vegetativa”, ou seja, funções como a respiração; pressão e circulação do sangue; controle de temperatura e dos eventos da digestão. No entanto, ele não se restringe a isso. Regulado por centros medulares, pelos núcleos do tronco encefálico como também pelo hipotálamo, é também o principal responsável pelo controle automático do corpo em respostas às modificações ambientais.

A depressão pode desenvolver-se em qualquer pessoa, mesmo sem motivo aparente. Está associada ao desequilíbrio nos sistemas de neurotransmissores. A redução de alguns neurotransmissores na fenda sináptica, como a serotonina e a noradrenalina, parecem contribuir para seu desenvolvimento.

Tomemos como exemplo uma situação em que um indivíduo encontra-se em um ambiente frio. Nesse caso, sinais emitidos pelo sistema nervoso autônomo promovem modificações que tentam impedir a queda de temperatura corporal. A contração dos músculos pilo-erectores causa ereção dos pelos (arrepio); tremores se iniciam para gerar calor e ocorre vasoconstrição nas extremidades, impedindo a dissipação do calor para o meio.

Todas essas medidas, em resposta à sensação desagradável de frio, são essenciais para a manutenção da temperatura corporal e o adequado funcionamento do organismo. Assim, pode-se perceber que o organismo possui um mecanismo que permite ajustes corporais, ajudando a manter o equilíbrio do corpo (a homeostasia).

As fibras do SNA regulam as atividades viscerais, liberando neurotransmissores nas sinapses, chamadas junções neuroefetoras, que podem ter como terminações pós-sinápticas as células de músculo liso visceral; músculo cardíaco ou células glandulares.

As fibras pré-ganglionares simpáticas e parassimpáticas liberam acetilcolina, que ativam receptores nicotínicos nos gânglios. A ativação dos receptores nicotínicos abre canais de  $\text{Na}^+$  e causa despolarização da célula pós-sináptica. A ativação dos receptores nicotínicos sempre gera efeito excitatório, permitindo a passagem do sinal elétrico entre as fibras pré e pós-ganglionar. Como discutido anteriormente, núcleos no hipotálamo e no tronco encefálico regulam os sinais emitidos ao sistema nervoso autônomo, permitindo a geração de respostas simpáticas ou parassimpáticas, de acordo com as necessidades corporais.

As fibras pós-ganglionares parassimpáticas liberam acetilcolina nas estruturas viscerais. Estas contêm diferentes tipos de receptores muscarínicos, que serão os alvos de ligação da acetilcolina. Receptores muscarínicos estão presentes em todas as células efetoras estimuladas pelo parassimpático e em poucos efetores inervados pelo simpático (como glândulas sudoríparas e músculos piloerectores).

O efeito da ativação desses receptores pela acetilcolina pode ser excitatório ou inibitório, dependendo do tipo de receptor muscarínico localizado no órgão-alvo. Dizemos que os efeitos desencadeados pela ativação parassimpática preparam o organismo para situação de “repouso ou de digestão”. Esses efeitos estão descritos no Quadro 3 e representados na Figura 72.

De forma semelhante, a noradrenalina liberada pela maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas, ativa diferentes tipos de receptores adrenérgicos viscerais, cuja ativação pode resultar em efeitos excitatórios ou inibitórios. O Quadro 12.1 exemplifica os efeitos desses neurotransmissores autonômicos

O curare é uma toxina, extraída da pele de anfíbios, utilizada por índios durante a caça, que age bloqueando receptores nicotínicos nos gânglios autonômicos e na junção neuromuscular esquelética. Dessa forma, consegue inibir, ao mesmo tempo, os sinais simpáticos, parassimpáticos e o controle somático (voluntário) da musculatura esquelética, paralisando rapidamente o animal atingido.

em diferentes estruturas viscerais. Observando-a, percebemos que os subtipos de receptores colinérgicos e adrenérgicos designados por números ímpares apresentam efeitos excitatórios e os designados números pares efeitos inibitórios. As modificações orgânicas desencadeadas pelo simpático são responsáveis pela adaptação do organismo a situações de “luta ou fuga” e nos auxiliam a enfrentar situações de estresse (traumas, hemorragias) com maior eficiência. Esses efeitos estão descritos no Quadro 3 e representados na Figura 72.

Quadro 3

<b>EFEITOS DA ATIVAÇÃO DE RECEPTORES COLINÉRGICOS E ADRENÉRGICOS</b>			
<b>Neurotransmissor</b>	<b>Receptor</b>	<b>Principais localizações</b>	<b>Consequências da ativação</b>
Acetilcolina (ACh)	Nicotínico	Gânglios autonômicos Músculos esqueléticos SNC	Efeito excitatório
Acetilcolina (ACh)	Muscarínico tipo 1 (M1)	SNC	Efeito excitatório
	Muscarínico tipo 2 (M2)	Coração Esfíncteres da Musculatura lisa Íris	Efeito inibitório: redução da contração.
	Muscarínico tipo 3 (M3)	Musculatura lisa visceral	Efeito excitatório: aumento da motilidade.
Noradrenalina (NA)	Adrenérgico ( $\beta$ 1)	Coração	Efeito excitatório: aumento da frequência e força cardíaca.
	Adrenérgico ( $\beta$ 2)	Pulmões Vasos sanguíneos do coração, dos músculos esqueléticos e do SNC.	Efeito inibitório: relaxamento da musculatura lisa.
	Adrenérgico ( $\beta$ 3)	Tecido adiposo	Efeito excitatório Estimula a hipófise
	Adrenérgico ( $\beta$ 1)	Vasos sanguíneos periféricos	Efeito excitatório Contração da musculatura lisa.
	Adrenérgico ( $\beta$ 2)	Terminações pré-sinápticas Adrenérgicas	Efeito inibitório: inibe a liberação de NA nas sinapses.

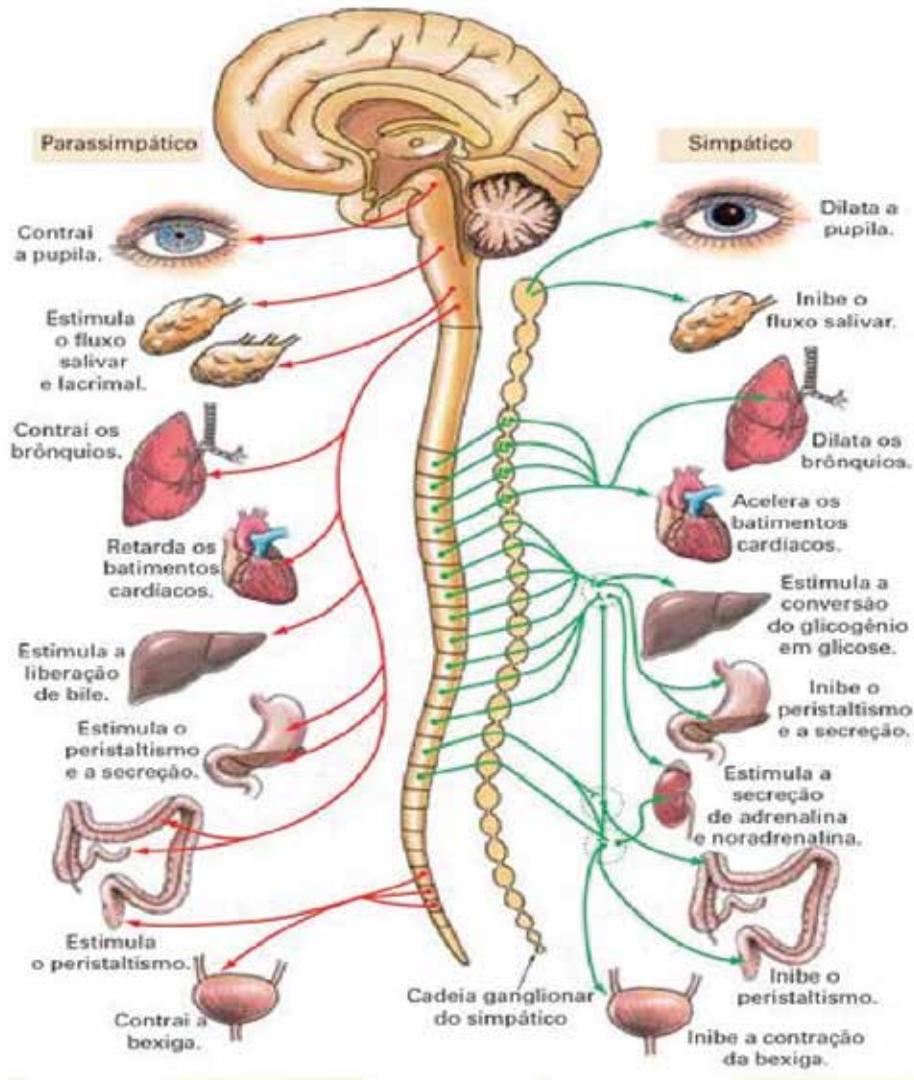


Figura 72 – Representação esquemática do sistema nervoso autônomo e efeitos simpáticos e parassimpáticos viscerais.

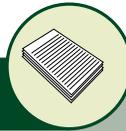
Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## Atividades de avaliação



1. Discuta o papel das bombas de  $\text{Na}^+ \text{K}^+$  ATPase na manutenção do potencial de membrana de repouso.
2. Aponte a importância dos eventos responsáveis pelo potencial de ação celular para a excitabilidade neuronal.
3. Discuta a vantagem da existência de sinapses excitatórias e inibitórias na condução elétrica neuronal.
4. Um indivíduo que caminhava desatentadamente pisou em um prego e, imediatamente, puxou o pé em resposta a dor. Como se chama o evento medular que explica essa resposta e quais os seus componentes?
5. Algumas drogas que atuam no sistema nervoso podem causar alucinações e delírios, além de alterações no comportamento emocional, modificando a neurotransmissão no sistema límbico. Discuta a importância desse sistema.
6. Qual das divisões do sistema nervoso autônomo é superativada e situações de “luta ou fuga” e quais as consequências se sua ativação sobre as diferentes estruturas viscerais?

## Texto complementar



### Você conhece a expressão “relógio biológico”?

O termo “relógio biológico” é utilizado para designar qualquer comportamento fisiológico do organismo cuja atividade funcional esteja associada a ciclos previsíveis. A temperatura corporal, a liberação de hormônios ou de enzimas digestivas, e até as horas que dormimos durante a noite são exemplos de funções controladas por esse mecanismo. Em resposta ao meio ambiente, o organismo ajusta-se ao chamado “ritmo circadiano”. Com período de 24 horas, condicionado pela luz solar (alternância entre os dias e as noites), esse ritmo desencadeia reações metabólicas que nos sujeitam às situações como: o momento que sentimos fome ou o horário que sentimos sono e até mesmo os períodos de maior disposição de maior tristeza. Sabe-se que o relógio biológico funciona a partir da percepção luminosa, captada por 20 mil neurônios, formando um núcleo supraquiasmático (aglomerado de neurônios concisos), localizados na região posterior aos olhos. Essa região é capaz de perceber a luz ou a escuridão do ambiente. Respeitar o ritmo circadiano é essencial para a saúde, o bem-estar e o desempenho físico e mental. Quem trabalha no período noturno ou atravessa vários fusos horários durante uma viagem, está sujeito não só a distúrbios do comportamento regular do sono, mas também a disfunções neurológicas, cardiovasculares e endócrinas.

### O que é a epilepsia?

Epilepsia é uma síndrome (conjunto de sinais e sintomas que determinam uma condição) e indica que, por algum motivo, um conjunto de células cerebrais se comporta de maneira hiperexcitável, o que pode gerar manifestações clínicas, denominadas crises epiléticas. As crises parciais derivam de sinais elétricos desorganizados em um dos hemisférios cerebrais, e as generalizadas ou totais ocorrem em virtude da desorganização em ambos os hemisférios. Na maioria dos casos, as crises desaparecem espontaneamente, mas se repetem de tempos em tempos. Uma crise com duração superior a cinco minutos ou crises recorrentes, indica “estado do mal epilético”, que requer atendimento médico imediato.

Fonte: <http://drauziovarella.com.br/doencas-e-sintomas/epilepsia/>

**Capítulo**

**5**

# **Fisiología cardiovascular**



## 1. Fisiologia cardiovascular

Dentre as principais funções do sistema circulatório encontram-se: a realização do transporte e distribuição de oxigênio e nutrientes para os tecidos; a remoção de resíduos metabólicos; auxílio na manutenção da temperatura corporal constante; distribuição das secreções endógenas e dos hormônios; distribuição de mecanismos de defesa e de coagulação sanguínea e participação da manutenção dos líquidos corporais. Todos esses papéis o tornam essencial para a homeostasia.

Os vasos sanguíneos estão organizados em um sistema fechado, conectado ao coração que, portanto, funciona como uma bomba contrátil-propulsora. O coração oferece pressão e empurra o sangue ao longo do sistema circulatório quando contrai, permitindo o transporte desse sangue para as diversas partes do corpo. O retorno do sangue ao coração também depende dessa pressão.

O músculo cardíaco é composto por fibras longas, ramificadas, que apresentam um ou dois núcleos, localizados centralmente na célula. As células cardíacas contêm muitas mitocôndrias, situadas em cadeias entre os miofilamentos (actina e miosina) e os grânulos de glicogênio (reserva energética). A disposição dos miofilamentos de actina e miosina forma estriações, semelhantes às do músculo esquelético. O retículo sarcoplasmático no músculo cardíaco, como no músculo esquelético, é uma importante fonte de cálcio para a contração.

### 1.1 Fisiologia cardíaca

#### a) Organização sincicial do miocárdio

Embora as fibras cardíacas sejam formadas por células individuais, elas possuem pontos de junção entre si, representados por áreas funcionais altamente especializadas nas extremidades celulares, conhecidas como discos intercalares. Esses discos garantem o acoplamento (junção) elétrico entre fibras musculares cardíacas, através das junções abertas (Figura 73) e facilitam a transmissão dos estímulos elétricos para a contração de célula

a célula. Por isso, dizemos que o miocárdio é organizado em dois **sincícios** (atrial e ventricular).

Como existem “pontos de comunicação” entre os sincícios, a passagem da corrente elétrica acontece de forma mais rápida, garantindo a contração, quase simultânea, de toda parede dos átrios e, em seguida, de toda parede ventricular. Assim, as células musculares cardíacas estão interligadas de tal modo que, quando uma dessas células é excitada, o potencial de ação se propaga para todas as demais, sendo transmitido de célula a célula, bem como por todas as interconexões da rede muscular.

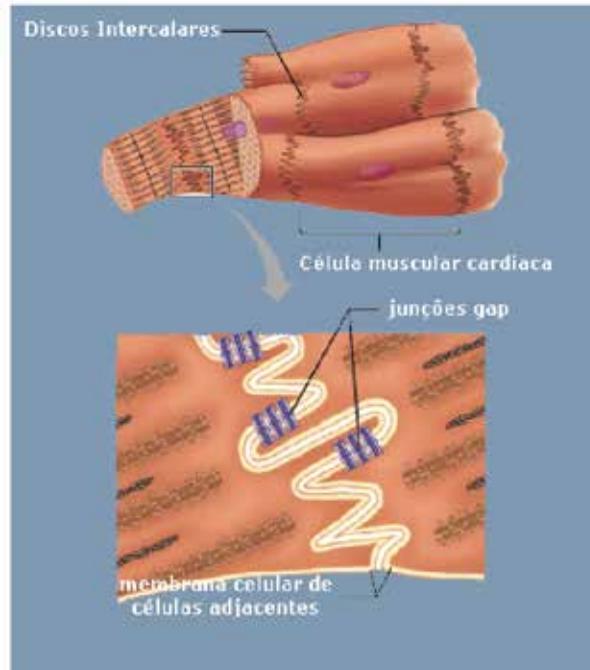


Figura 73 – Representação da organização sincicial do miocárdio: as junções abertas (junções gap) nos discos intercalares facilitam a troca iônica e a passagem do potencial de ação, garantindo a formação de sincícios.

Fonte: <http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab2003/g5/fib>

Há dois tipos de fibras musculares cardíacas. As fibras musculares cardíacas atriais são pequenas e possuem menos túbulos-T que as fibras ventriculares. Elas contêm pequenos grânulos com um precursor do fator natriurético atrial, um hormônio secretado em resposta ao aumento do volume sanguíneo e que atua sobre os rins, causando perda de sódio e água, o que ajuda a controlar o volume sanguíneo.

As fibras musculares cardíacas ventriculares são maiores, contêm mais túbulos-T e não apresentam grânulos. Um túbulo-T ou túbulo transversal é uma invaginação profunda da membrana plasmática, encontrada nas células

de músculo esquelético e cardíaco e que permite que a despolarização da membrana penetre rapidamente o interior da célula, facilitando a igual propagação da informação de despolarização. Assim, ocorre abertura dos canais de cálcio da membrana e do retículo sarcoplasmático, ao longo do sarcolema e de suas invaginações, facilitando a contração ordenada e concomitante das células (Figura 74).

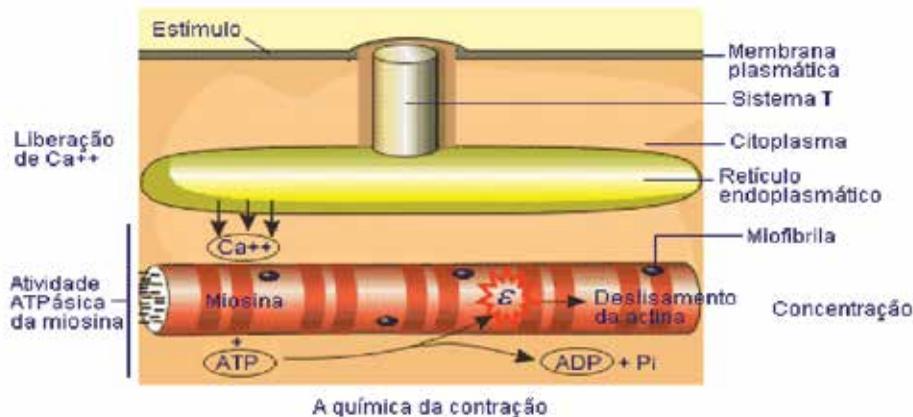


Figura 74 – Os túbulos transversos T (sistema T) permitem a rápida liberação do cálcio necessário à contração muscular. A quebra de ATP permite liberação de energia para as cabeças de miosina, que puxam os miofilamentos de actina.

Fonte: <http://www.afh.bio.br/sustenta/Sustenta4.asp>

## b) A bomba cardíaca

Cada batimento do coração é resultado de uma sístole ventricular e uma diástole ventricular. O coração trabalha como duas bombas, dispostas em série, inicialmente enchendo-se com sangue e esvaziando-se em seguida. Em cada ciclo cardíaco (batimento do coração) o ventrículo esquerdo recebe o sangue proveniente das veias pulmonares e do átrio esquerdo e então o ejeta para a aorta. O ventrículo direito recebe um volume similar de sangue das veias sistêmicas e do átrio direito e o ejeta nas artérias pulmonares. Cada sístole é seguida por uma diástole ventricular, durante a qual, o ventrículo relaxa, para se encher com sangue, antes da próxima sístole ventricular.

O débito cardíaco (quantidade de sangue bombeada durante a sístole) é igual à multiplicação da frequência cardíaca pelo volume sistólico. Cada batimento do coração resulta na ejeção de um volume sistólico de sangue (aproximadamente 70 mL) na artéria pulmonar e na aorta.

O número de batimentos do coração por minuto é denominado frequência cardíaca (gira em torno de 85 batimentos por minuto). Então, o volume total de sangue bombeado pelos ventrículos em 1 minuto é de, aproximadamente, 6 litros. Considerando que temos, em média, 6 litros de sangue

Os filamentos de actina e miosina (miofibrilas) no miocárdio estão organizados em sarcômeros. A liberação de cálcio no interior das células cardíacas gera ativação dos filamentos de actina, que deslizam sobre os de miosina, levando ao encurtamento das células e contração. Ver <http://www.portaleducacao.com.br/fisioterapia/artigos/6048/a-fisiologia-e-o-mecanismo-da-contracao-muscular>.

no interior dos vasos sanguíneos, isso quer dizer que todo nosso sangue é bombeado pelo coração a cada minuto! Para que essa enorme capacidade bombeadora do coração seja mantida, é necessário o controle da frequência de contrações do miocárdio por um sistema elétrico especializado denominado sistema de Purkinje.

### c) Controle do ritmo cardíaco

É essencial que a atividade do músculo cardíaco aconteça em uma sequência ordenada e com intervalos curtos. Se for desordenada, partes do músculo cardíaco se contraem e se relaxam ao acaso, o que impede o bombeamento eficiente do sangue. Não somente todas as partes dos ventrículos devem se contrair ao mesmo tempo, como os átrios devem se contrair no momento adequado, isto é, sua contração deve produzir o enchimento do ventrículo antes que a contração ventricular se inicie.

O miocárdio é autoexcitável, ou seja, é capaz de gerar, espontaneamente, impulsos eletroquímicos em suas membranas, que aliado ao arranjo das fibras musculares, é suficiente para garantir a coordenação das contrações cardíacas em animais de pequeno porte. No homem, porém, este processo exige a presença de um sistema que conduza o impulso elétrico rapidamente para toda a musculatura cardíaca. Assim, como a autoexcitabilidade do miocárdio não é capaz de manter a frequência e a coordenação de batimentos necessária ao bombeamento cardíaco, o sistema de Purkinje (Figura 75) executa esse controle.

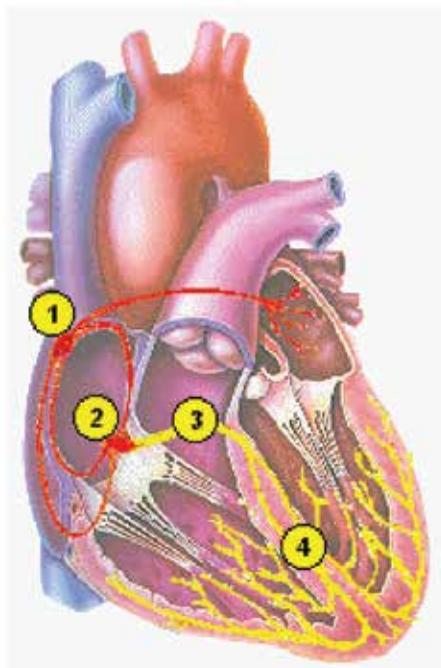


Figura 75 – Representação do sistema de Purkinje. Os números indicam os respectivos componentes: 1-Nó sinoatrial; 2- Nó atrioventricular; 3- Feixe de His; 4- Fibras de Purkinje.

Fonte: <http://www.oocities.org/~malaghini/purkinje.html>

A porção inicial do sistema de Purkinje é composta pelo nó sino atrial (marca-passo), que é responsável pelo controle da frequência de batimentos de todo o coração, uma vez que possui autoexcitação em maior grau, gerando impulsos elétricos rítmicos que aceleram a excitabilidade e contração cardíaca. Encontra-se localizado na parte superior do átrio direito, logo abaixo da veia cava superior. O impulso gerado por esse nó é transmitido para todas as regiões atriais e também conduzida ao nó atrioventricular, localizado na porção inferior do átrio direito.

Por seu diâmetro pequeno, o nó atrioventricular retarda a passagem dos potenciais elétricos entre os átrios e os ventrículos, contribuindo para a alternância de contração entre os sincícios cardíacos (dessa forma, os ventrículos demoram mais a receber o comando elétrico enviado pelo nó sinoatrial, permanecendo relaxado tempo suficiente para receber o sangue atrial antes de sua sístole).

O sistema de Purkinje tem continuidade com o feixe de His, que origina dois ramos, direito e esquerdo, responsáveis pela transmissão dos impulsos nervosos para os respectivos ventrículos. Os terminais dessa complexa rede se espalham pelas superfícies subendocárdicas de ambos os ventrículos, e são chamados de fibras de Purkinje, disseminam-se por todas as regiões do miocárdio ventricular para condução do impulso elétrico e comando da contração sistólica.

#### **d) Mecanismos de regulação cardiovascular**

Os mecanismos de regulação cardiovascular têm o propósito de garantir um adequado volume de sangue e também manter estável a pressão arterial, dentro dos limites fisiológicos, o que é essencial para manutenção do fluxo sanguíneo.

O sistema nervoso influencia o funcionamento do sistema cardiovascular de forma instantânea e desempenha papel fundamental na sua regulação, através do estímulo de certas estruturas e da indução da secreção de algumas glândulas.

As formas de controle da regulação cardíaca envolvem o controle neural, ou seja, através de impulsos originados nos sistema nervoso central e periférico; o controle humoral, dependente de substâncias secretadas por glândulas endócrinas; e do controle neuro-humoral, quando envolve conjuntamente os processos neurais e humorais.

#### **e) Regulação nervosa autonômica**

Talvez você já tenha se perguntado por que, mesmo possuindo controle do sistema de Purkinje para manutenção do seu ritmo, o coração ainda necessita de controle nervoso. De fato, a depender da situação em que es-

A fibrilação ventricular é a contração descoordenada do miocárdio, em consequência da atividade caótica de diferentes grupos de fibras miocárdias, resultando na ineficiência total do coração em manter um rendimento de volume sanguíneo adequado. Esta arritmia ocorre em consequência da perda do comando da frequência cardíaca pelo sistema de Purkinje.

tamos (repouso, estresse ou exercício), as inervações do sistema nervoso autônomo pode acelerar ou retardar os batimentos cardíacos, adaptando-os às nossas necessidades de fluxo sanguíneo.

O controle neural se dá através das divisões simpática e parassimpática. A acetilcolina é o neurotransmissor pós-ganglionar para os neurônios parassimpáticos e a noradrenalina é o principal neurotransmissor para os neurônios simpáticos pós-ganglionares. Os centros neurais fundamentais envolvidos na regulação cardiovascular estão em estruturas do tronco cerebral.

Estes centros, que são núcleos celulares, localizados próximos uns dos outros e interconectados entre si e com outras estruturas do sistema nervoso, são de natureza simpática noradrenérgica, gerando efeito estimulador cardíaco e vascular sistêmico (centros cardioestimulador e vasomotor), bem como de natureza parassimpática colinérgica inibidora do coração (centro cardioinibidor). Assim, a noradrenalina aumenta a frequência e eficiência cardíacas quando ativa os receptores  $\beta_1$  cardíacos, enquanto a acetilcolina desacelera o coração, ativando receptores  $M_2$ .

Na musculatura lisa vascular a estimulação dos receptores da noradrenalina, do tipo  $\alpha_1$ , produz vasoconstrição periférica, ajudando a elevar a pressão arterial, enquanto a ativação do receptores  $\beta_2$  nos vasos sanguíneos que irrigam o sistema nervoso; sistema pulmonar; cardíaco e músculos esquelético gera vasodilatação, permitindo, em situações de estresse ou exercício, desvio de parte do fluxo sanguíneo e aumento do transporte de oxigênio e nutrientes para esses sistemas vitais.

## 1.2 Fisiologia vascular

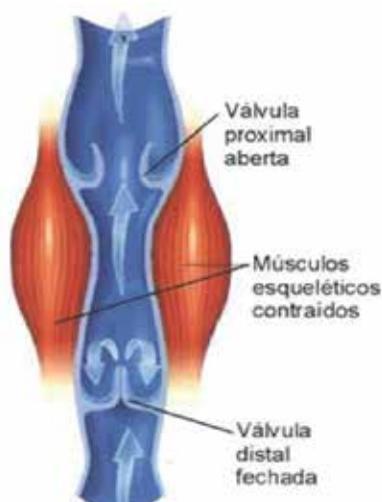
### a) Papel dos vasos sanguíneos na circulação

Na circulação sanguínea, o coração lança o sangue a pressões elevadas, por meio das artérias, e este é transportado até chegar ao nível de capilares, onde ocorrem as trocas de substâncias. O leito capilar é drenado por elementos venosos, que fazem com que o sangue retorne ao coração.

As paredes das arteriais oferecem maior resistência ao fluxo sanguíneo, fazendo com que, mesmo quando não contêm sangue, mantenham-se na forma tubular. A elasticidade das artérias auxilia o bombeamento propulsor do coração a empurrar o sangue, continuamente, pelo sistema vascular. Ondas mecânicas geradas pela contração ventricular forçam a massa de sangue a distender as paredes arteriais, que, pela sua elasticidade, retraem, empurrando o sangue de volta e oferecendo pressão suficiente para o deslocamento sanguíneo pelo corpo.

As veias são os vasos sanguíneos responsáveis pela condução ao coração do sangue distribuído pelas artérias a todas as partes do corpo. Contêm paredes delgadas, que aumentam gradativamente de calibre até formar os grossos troncos, que terminam no coração. As paredes das veias possuem menor quantidade de fibras elásticas e musculares, por isso, quando não transportam sangue, perdem a sua forma de cilindro.

No entanto, a superfície interna das veias possui uma série de pregas duplas, que agem como válvulas e controlam, conforme seu fechamento e sua abertura (gerados pela passagem de sangue) o retorno do fluxo venoso de volta ao coração. Essas válvulas contribuem para que o sangue, no interior das veias, siga a direção certa.



As válvulas venosas são, ainda, auxiliadas pela contração da musculatura esquelética, durante os movimentos, que geram pressão suficiente para que o sangue venoso retorne ao coração, mesmo contra a força da gravidade (Figura 76). Você já deve ter ouvido falar que ficar muito tempo na mesma posição favorece o desenvolvimento de varizes (ou veias varicosas), que se formam também em consequência do defeito nas válvulas (Figura 77).

Figura 76 – Válvulas venosas auxilia o retorno do sangue ao coração, auxiliadas pela contração do músculo esquelético.

Fonte: <http://www.poderdasmaos.com/site/?p=VARIZES10481>

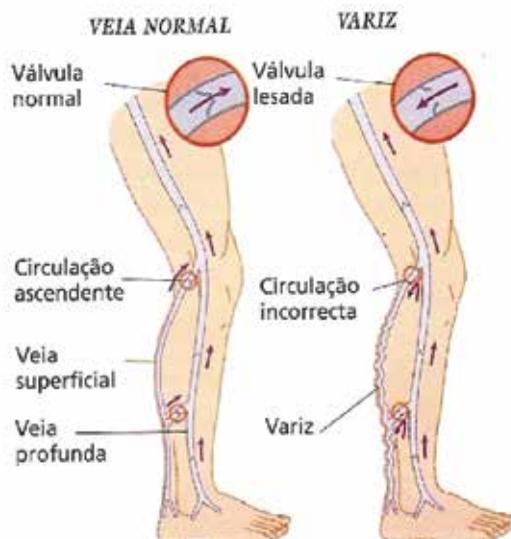


Figura 77 – Formação de varizes em consequência de defeito nas válvulas venosas.

Fonte: <http://www.poderdasmaos.com/site/?p=VARIZES10481>

Normalmente, a pressão do sangue em todas as veias é baixa, e nos membros inferiores, esta pressão é mais baixa ainda. Em um indivíduo que está de pé, o sangue deve circular das veias dos membros inferiores para cima, até chegar ao coração. As veias profundas desempenham um papel crucial na propulsão do sangue para cima, uma vez que estão localizadas em meio aos poderosos músculos da panturrilha e são profundamente comprimidas em cada passada. Essas veias transportam 90% ou mais do sangue que retorna dos membros inferiores ao coração.

Os capilares sanguíneos constituem a rede de distribuição e recolhimento do sangue nas células. Estão em comunicação, por um lado, com ramificações originárias das artérias e, por outro, com as veias de menor dimensão. A parede dos capilares é constituída por uma única camada de células endoteliais. Através da parede dos capilares ocorrem as trocas gasosas e de nutrientes e escórias.

### **b) Agentes vasoconstritores e vasodilatadores**

A regulação humoral está relacionada às diversas substâncias secretadas ou absorvidas na corrente sanguínea que modificam as variáveis cardiovasculares. Algumas dessas substâncias são formadas por glândulas especiais e transportadas por todo o corpo, enquanto outras são formadas em áreas localizadas de tecido, em resposta a condições locais ou são liberados por nervos excitados. Entre os fatores humorais que afetam o controle cardiovascular destacamos os agentes vasoconstritores e os agentes vasodilatadores.

Dentre os vasoconstritores mais importantes estão: a noradrenalina e a adrenalina - secretadas pelas suprarrenais; a vasopressina ou hormônio antidiurético - secretada pela hipófise; e a angiotensina – ativada no sangue por um sistema dependente dos rins. Quando o sistema nervoso simpático é estimulado, durante o exercício prolongado ou uma situação de estresse, as terminações nervosas simpáticas liberam noradrenalina, que excita o coração, as veias e as arteríolas.

Os nervos também fazem com que haja a excitação da medula das suprarrenais, que liberam adrenalina e, em menor quantidade, noradrenalina na corrente sanguínea. A angiotensina é um dos vasoconstritores mais potentes e seu efeito constritor das arteríolas aumenta a resistência vascular periférica local, elevando assim a pressão arterial.

A vasopressina causa tanto vasoconstrição das arteríolas renais como de outros leitos arteriais. Essas substâncias vasoconstritoras, em conjunto, atuam mantendo a pressão arterial no interior dos vasos aumentada, para que esta atinja valores suficientes para o deslocamento do fluxo de sangue pelo sistema circulatório.

Dentre os vasodilatadores, destacamos a histamina, a bradicinina e as prostaglandinas. Essas substâncias são liberadas em pequenas quantidades no sangue, no intuito de suavizar o efeito dos mecanismos vasoconstritores, garantindo que não haja obstrução do fluxo sanguíneo normal para os tecidos. Ajudam a evitar elevação excessiva da pressão arterial. Quando ocorre qualquer lesão tecidual, seja por inflamação ou algum processo alérgico, seu efeito vasodilatador aumenta a porosidade capilar permitindo o extravasamento tanto de líquidos quanto de proteínas plasmáticas para dentro dos tecidos, o que causa edema (inchaço).

## Texto complementar



### Você sabe a diferença entre o infarto do miocárdio e a angina?

A angina é uma dor localizada no centro do peito ou em cima do coração, que pode ser iniciada com aperto, queimação ou pressão, podendo se estender ao braço, pescoço, queixo ou costas. Esta dor aparece quando a quantidade de sangue a uma determinada região é insuficiente, por bloqueio parcial do fluxo sanguíneo. Está relacionada, normalmente, ao esforço físico e piora, à medida que o exercício aumenta. Pode estar associado a colesterol alto, tabagismo, diabetes, sedentarismo, obesidade e estresse. No infarto agudo do miocárdio, diferente da angina, ocorre uma interrupção do fluxo sanguíneo a uma determinada região devido a uma obstrução completa de uma artéria coronária. A dor é mais intensa e é geralmente acompanhada de suor e náuseas, levando a necrose do miocárdio.

Fonte: <http://www.geocities.ws/equipecv/fisiologia/corbomba.html>

### O que são os sopros cardíacos?

Sopros são sons cardíacos anormais e indicam a presença de anormalidades cardíacas, geralmente por defeitos de oclusão nas válvulas ou pontos de abertura nos septos. São causados por fluxo turbulento de sangue através de defeitos cardíacos. Por exemplo, a válvula mitral normalmente está fechada durante a sístole ventricular, de modo que nenhum sangue flui de volta do ventrículo ao átrio esquerdo. Porém, se a válvula mitral não se fechar completamente durante a sístole ventricular, a diferença de pressão entre o ventrículo esquerdo e o átrio esquerdo promove fluxo sanguíneo rápido em sentido reverso através da válvula parcialmente fechada. Este fluxo reverso turbulento cria um sopro que é ouvido durante a sístole. Uma consequência dos sopros é o aumento da carga de trabalho de uma ou mais câmaras cardíacas, causa hipertrofia do miocárdio, que dificulta o trabalho cardíaco.

Fonte: <http://www.geocities.ws/equipecv/fisiologia/corbomba.html>

## Atividades de avaliação



1. O funcionamento cardíaco adequado depende da organização do miocárdio em sincícios e dos túbulos T. Discuta a importância desses fatores.
2. Descreva a influência do sistema de Purkinje sobre o trabalho do coração.
3. Quais seriam as consequências da perda do controle exercido pelo sistema nervoso autônomo sobre a função cardíaca e função vascular?
4. Discuta as causas da diferença de pressão sanguínea entre artérias e veias.
5. Explique a relação entre o desenvolvimento de varizes e o sedentarismo.
6. Qual o papel dos hormônios vasoconstritores e vasodilatadores na manutenção da pressão arterial?

**Capítulo**

**6**

**Fisiología renal**



## 1. Fisiologia renal

A função renal é essencial para regulação do “meio interno”, nome dado ao líquido que banha as células de todos os tecidos corporais. Os rins desempenham duas funções primordiais no organismo: eliminação de produtos finais do metabolismo orgânico (ureia, creatinina, ácido úrico etc.) e o controle das concentrações de água e da maioria dos eletrólitos e solutos dissolvidos líquidos do organismo (como sódio, potássio, cloro, bicarbonato e fosfatos).

Possivelmente, você já sabe que a urina representa o meio mais importante para excreção de substâncias do sangue. Além disso, os rins também possuem participação em mecanismos endócrinos de controle da homeostasia. Um importante exemplo é a liberação renal do hormônio eritropoietina, que estimula a diferenciação das células-tronco da medula óssea em hemácias maduras, responsáveis pelo transporte gasoso e pela oxigenação tecidual.

Os principais mecanismos para excreção de substâncias pelos rins são: filtração glomerular, reabsorção tubular e a secreção tubular. Os glomérulos têm a função de filtrar o sangue, enquanto o sistema de túbulos coletores reabsorve boa parte do líquido filtrado nos glomérulos. Os túbulos também podem secretar diversas substâncias, conforme as necessidades do organismo. Explicaremos esses mecanismos adiante.

Boa parte do plasma sanguíneo é filtrada pelos néfrons, através da membrana glomerular. Na filtração glomerular, a pressão do sangue no interior dos capilares glomerulares produz a passagem de líquido para o interior da cápsula de Bowman, de onde este escoar para o túbulo proximal. Do túbulo proximal o filtrado penetra na alça de Henle e segue para túbulo distal, que se insere num canal coletor, juntamente com os túbulos distais de diversos outros glomérulos.

O canal coletor acumula a urina proveniente de vários néfrons e a transporta para a pelve renal. O líquido filtrado no glomérulo, chamado filtrado glomerular, é transformado em urina à medida que passa pelos túbulos renais, onde sofre diversas modificações, promovidas pelos processos de reabsorção e secreção tubular.

A função principal dos néfrons é realizar a depuração (remoção) do plasma sanguíneo das substâncias que devem ser eliminadas do organismo.

Quando o filtrado glomerular, coletado pela cápsula de Bowman, atravessa os túbulos renais, permite que substâncias presentes em grande quantidade nesse filtrado, e que são necessárias ao organismo, como a água e boa parte dos eletrólitos, sejam reabsorvidas, ou seja, retornem para a corrente sanguínea, enquanto as demais substâncias permanecem nos túbulos para compor a urina. A água e as substâncias reabsorvidas voltam aos capilares peritubulares e à circulação venosa de retorno.

Uma parte dos produtos eliminados pela urina é, ainda, composta por substâncias secretadas pelas paredes dos túbulos e lançadas diretamente no líquido tubular. Dessa forma, a urina contém substâncias filtradas do plasma somadas a pequenas quantidades de substâncias secretadas diretamente pelas paredes tubulares. Podemos, portanto, considerar que a urina é formada por todo o conteúdo filtrado, menos o conteúdo reabsorvido, mais o conteúdo secretado (Figura 78).

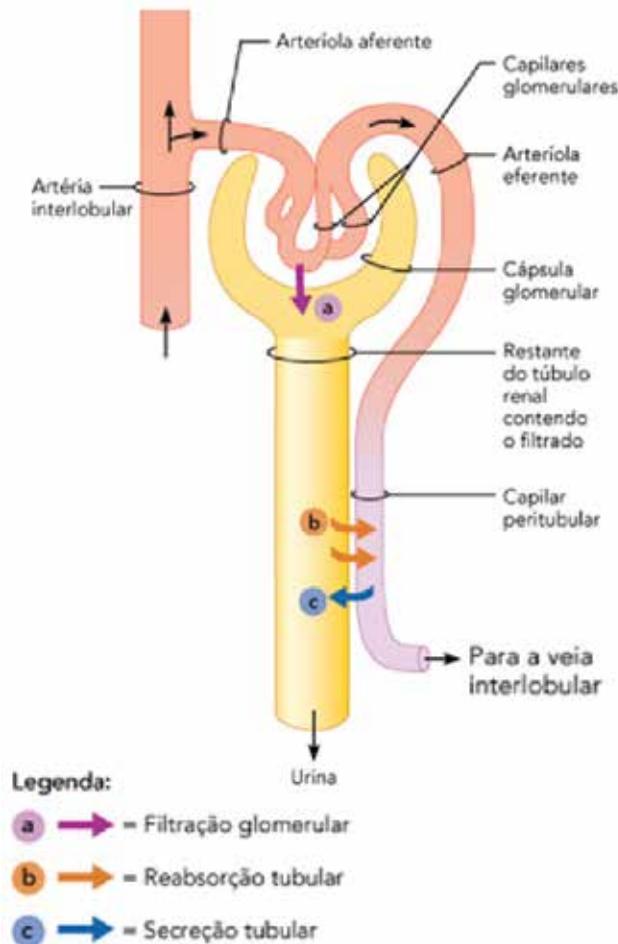


Figura 78 – Etapas de formação da urina. (a) Filtração glomerular: substâncias são filtradas do sangue glomerular para a cápsula de Bowman; (b) Reabsorção tubular: a maior parte do filtrado retorna para a corrente sanguínea ao atravessar os túbulos renais; (c) Secreção tubular: processos ativos transportam substâncias dos vasos peritubulares diretamente para o filtrado.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 1.1 Características da membrana de filtração glomerular

A membrana dos capilares glomerulares tem muitos poros, e é composta por três camadas principais: uma camada endotelial, a membrana basal e uma camada de células epiteliais na porção mais externa (Figura 79). Mesmo sendo composta por três camadas, a permeabilidade da membrana dos capilares glomerulares é até mil vezes maior do que a permeabilidade de outros capilares sanguíneos.

No entanto, os poros da membrana de filtração dos capilares glomerulares têm diâmetro suficiente apenas para filtragem de substâncias de baixo peso molecular (água, eletrólitos, ureia, glicose, aminoácidos etc.). Proteínas e células sanguíneas não conseguem atravessá-la em condições fisiológicas, portanto, o filtrado glomerular é isento dessas substâncias.

A proteinúria (presença de proteínas na urina) pode decorrer de falhas nos mecanismos de barreira durante a filtração glomerular. Na hipertensão arterial, por exemplo, as pequenas proteínas são “empurradas” pela pressão sanguínea contra a parede dos capilares glomerulares, e acabam sendo filtradas.

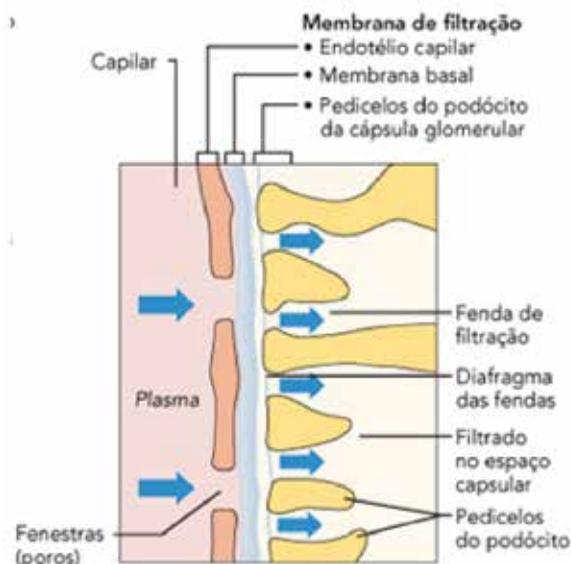


Figura 79 – Camadas da membrana de filtração formada pela parede dos capilares glomerulares.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 1.2 Mecanismo de filtração glomerular

A filtração do plasma obedece às diferenças de pressão existentes no glomérulo. As duas principais áreas de resistência ao fluxo renal através do néfron são as arteríolas aferente e eferente. A pressão na arteríola aferente de, em média, 100 mmHg é reduzida para 60 mmHg quando o sangue entra nos capilares do glomérulo, mas é esta pressão glomerular (60mmHg) a responsável por favorecer a passagem de filtrado do plasma para a cápsula de Bowman. A pressão do líquido filtrado na cápsula de Bowman é, aproximadamen-

A hipertensão arterial crônica (de longa data), quando não controlada, pode causar danos aos capilares glomerulares, acarretando em falha na filtração glomerular e comprometimento da função renal.

te, de 18 mmHg e a saída de plasma dos capilares glomerulares para o interior da cápsula aumenta a concentração de proteínas nos capilares do glomérulo, fazendo com que a pressão coloido-osmótica do plasma se eleve a valores próximos a 32 mmHg nos capilares glomerulares.

A pressão no interior da cápsula de Bowman e a pressão coloido-osmótica das proteínas do plasma são as forças que se opõem à formação do filtrado, dificultando a filtração do plasma nos capilares glomerulares. Dessa forma, a pressão efetiva de filtração (PEF) nos capilares glomerulares é de apenas 10 mmHg (Figura 80), ou seja, a diferença entre a pressão arterial média nos capilares do glomérulo (PG) e a soma da pressão do filtrado cápsula de Bowman (PF) com a pressão coloido-osmótica do plasma (PO):

$$PEF = PG - (PF + PO)$$

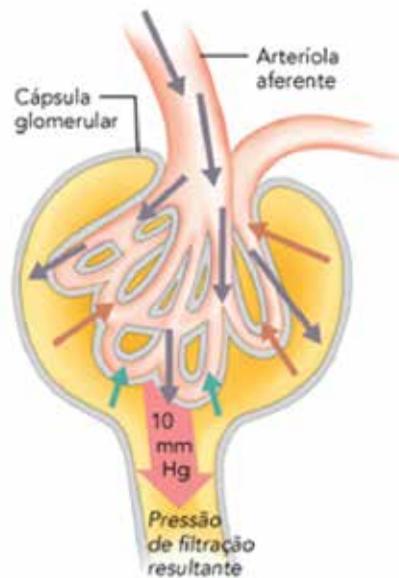


Figura 80 – Pressão efetiva de filtração (PEF): representa a resultante das forças que influenciam a filtração glomerular, e deve ser positiva, aproximadamente (10 mmHg) pra que o filtrado seja formado.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

### 1.3 Fatores que alteram a formação do filtrado

Diversos fatores podem afetar a filtração glomerular. O aumento do fluxo sanguíneo renal pode elevar a intensidade de filtração e a quantidade final de urina. O grau de vasoconstrição das arteríolas aferentes dos glomérulos é capaz de alterar a pressão glomerular e, conseqüentemente, a intensidade de filtração glomerular.

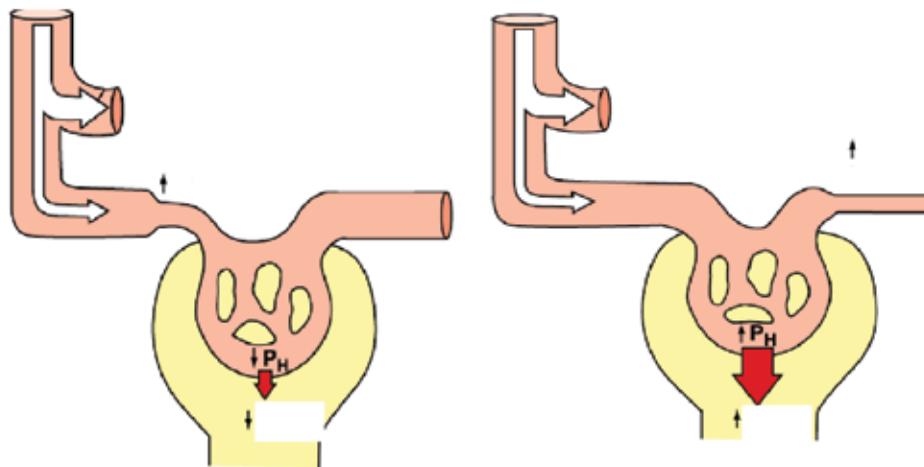
O mesmo ocorre na estimulação simpática ou através de hormônios como a adrenalina, que produz vasoconstrição intensa das arteríolas aferen-

tes, com grande redução da pressão nos capilares glomerulares, que pode reduzir drasticamente a filtração do plasma e, conseqüentemente, a formação de urina. Esses mecanismos são essenciais para preservação dos líquidos no organismo e para manutenção da pressão arterial.

O fluxo sanguíneo renal representa, aproximadamente, 20% do débito cardíaco. Os rins possuem mecanismos de autoregulação que permitem regular o fluxo de sangue e a filtração glomerular. Dessa maneira, o fluxo renal se mantém relativamente constante. Em condições de osmolaridade aumentada do sangue (alta concentração de solutos e baixa concentração de líquidos), a vasoconstrição das arteríolas aferentes pode reduzir a pressão arterial nos glomérulos, diminuindo a filtração glomerular e a formação de urina, ajudando a reter líquidos (Figura 81a).

No entanto, em situações adversas como, por exemplo, quando ocorre perda de sangue por hemorragias ou em situações de queda do débito cardíaco, que impedem a manutenção do fluxo renal, os mecanismos autoreguladores podem induzir a vasoconstrição da arteríola eferente. Esse mecanismo mantém pressão suficiente no interior dos glomérulos para preservar a filtração glomerular (Figura 81b).

A resistência dos vasos sanguíneos renais pode se ajustar às variações na pressão de perfusão renal. As arteríolas aferentes e eferentes recebem estímulos nervosos (simpáticos) e hormonais, que atuam adaptando seu nível de contração às necessidades renais. Essa capacidade de adaptação é essencial para redução da filtração glomerular, por exemplo, em situações de estresse, onde a descarga simpática promove desvio do aporte sanguíneo para órgãos de função vital.



(a)

(b)

Figura 81 – Variações no tônus das arteríolas renais: (a) vasoconstrição aferente reduz a filtração glomerular e (b) vasoconstrição eferente aumenta.

## 1.4 Características de reabsorção tubular

Considerando que os glomérulos produzem, aproximadamente, 125 mililitros de filtrado por minuto, em 24 horas são formados 180 litros de filtrado plasmático. No entanto, urinamos apenas 1,0 a 1,5 litros por dia. Isso ocorre devido à enorme capacidade de reabsorção dos túbulos renais. O filtrado glomerular que alcança os túbulos do néfron flui através do túbulo proximal, alça de Henle, túbulo distal e canal coletor, até atingir a pelve renal. Ao longo desse trajeto mais de 99% da água filtrada no glomérulo é reabsorvida, ou seja, retorna aos capilares ao redor dos túbulos renais, e apenas o líquido que penetra na pelve renal constitui a urina propriamente dita.

O túbulo proximal é responsável pela reabsorção de 65% da quantidade de sódio e de água filtrados nos capilares glomerulares. A glicose e os aminoácidos são quase totalmente reabsorvidos com o sódio, enquanto outras substâncias, por não serem reabsorvidos nos túbulos, têm a sua concentração no líquido tubular aumentada em quase cem vezes. Em condições normais, praticamente não existe glicose na urina, porque toda a glicose filtrada é rapidamente reabsorvida nos túbulos.

No entanto, se a concentração plasmática de glicose se elevar, o mecanismo reabsortivo é acelerado, até atingir seu ponto máximo, em que a reabsorção se torna constante, não podendo ser mais aumentada, ao que chamamos limiar de reabsorção. Acima desse limiar, ou seja, quando foi atingida a capacidade máxima de reabsorção dos túbulos renais, a glicose deixa de ser completamente reabsorvida no sistema tubular e passa para a urina, podendo ser detectada pelos testes de glicosúria, como ocorre nos portadores de *diabetes mellitus*.

Os produtos finais do metabolismo, como a ureia, creatinina e uratos, têm outra condição nos túbulos renais. Apenas pequenas quantidades de ureia (aproximadamente 50% do total filtrado) são reabsorvidas nos túbulos, enquanto a creatinina praticamente não é reabsorvida. Os uratos são reabsorvidos em cerca de 85%, da mesma forma que diversos sulfatos, fosfatos e nitratos. Como todos são reabsorvidos em proporção muito inferior a da água, a sua concentração é alta na urina.

## 1.5 Mecanismos de reabsorção

Os mecanismos de transporte na reabsorção tubular podem ser ativos ou passivos, ou seja, sem gasto ou com gasto de energia, respectivamente. O sódio, a glicose, os fosfatos e os aminoácidos estão entre as substâncias cujo transporte é ativo, enquanto o transporte da água, ureia e cloretos não consome energia celular e é, portanto, passivo. É nítido que a reabsorção nos túbulos

renais depende da diferença de concentração das substâncias entre o espaço intersticial peritubular e os capilares peritubulares.

A reabsorção de água é dependente da reabsorção ativa de sódio (pelo trabalho de bombas de  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$ ), pois o gradiente osmótico criado pelo deslocamento do sódio, aminoácidos e glicose em direção aos capilares peritubulares permite a reabsorção de água por osmose (transporte passivo). Todavia, somente as primeiras porções tubulares possuem poros na membrana das suas células, permitindo a livre passagem de água. A partir do ramo ascendente da alça de Henle, a permeabilidade à água é significativamente reduzida, por isso os túbulos distal e coletor são considerados porções “diluidoras da urina”. No entanto, a depender das condições do meio interno, o hormônio antidiurético (liberado pela neurohipófise) pode atuar nessas porções, induzindo a formação de poros e aumentando, temporariamente, a permeabilidade à água.

Outro mecanismo importante é a troca de íon sódio ( $\text{Na}^+$ ) pelo íon hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) nos túbulos, como parte dos mecanismos de regulação renal do equilíbrio ácido-básico. Quando há necessidade de eliminar íon hidrogênio, os túbulos secretam ativamente o hidrogênio para a luz, dentro do filtrado e, em troca, para manter o equilíbrio iônico, reabsorvem o íon sódio. Além disso, ocorre reabsorção de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) quando há necessidade de se eliminar ácidos orgânicos pelo mecanismo de secreção tubular.

## 1.6 Secreção tubular

A secreção tubular ocorre em direção oposta à reabsorção, ou seja, as substâncias são transportadas do interior dos capilares peritubulares para a luz dos túbulos, de onde são eliminadas através da urina. Os mecanismos de secreção tubular também podem ser ativos ou passivos e os mais importantes estão relacionados à secreção tubular de íon hidrogênio, potássio e amônia.

Produtos do metabolismo de substâncias exógenas pelo fígado também podem ser eliminados pela secreção tubular. Tanto a reabsorção quanto a secreção ativa dos túbulos distais são influenciados por hormônios, pela quantidade total de solutos, pela dieta, pelo equilíbrio ácido-base e pelo fluxo do filtrado. Alguns exemplos de mecanismos de secreção e reabsorção tubular estão representados na Figura 82.

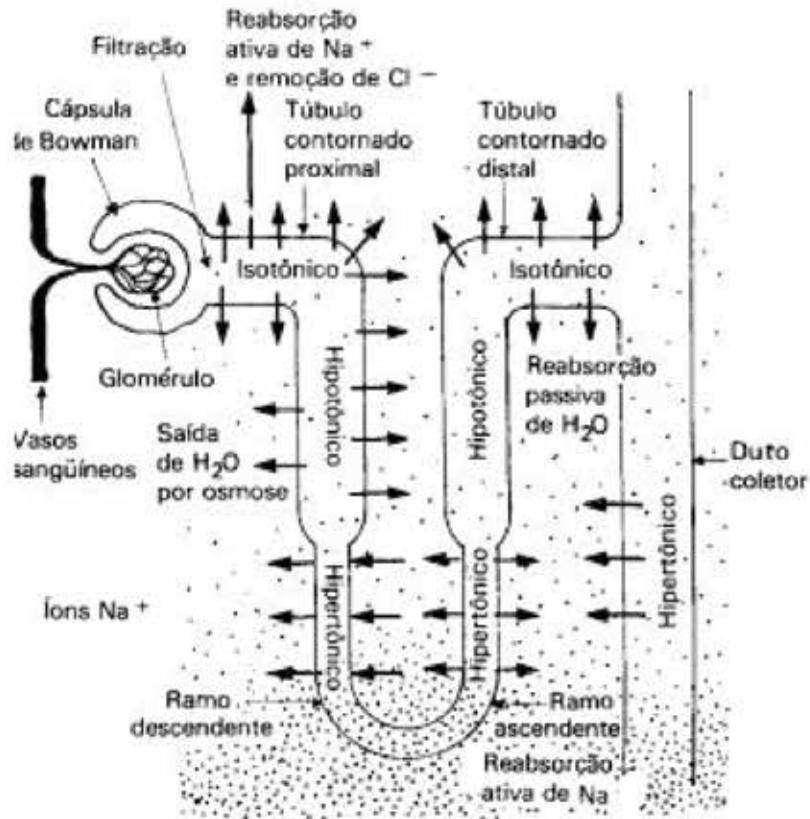


Figura 82 – Mecanismos de reabsorção e secreção tubular.

Fonte: [http://www.poderdasmaos.com/site/ANATOMIA/s\\_urinario.htm](http://www.poderdasmaos.com/site/ANATOMIA/s_urinario.htm)

## 2. Mecanismos reguladores da formação de urina

Os mecanismos físico-químicos envolvidos na composição da urina formada são complexos e se baseiam nas diferenças de concentração do sódio entre o líquido intersticial (extracelular) e os capilares peritubulares e vasos retos. A autoregulação do fluxo de sangue através os glomérulos é um dos fatores mais importantes para a determinação da quantidade de urina formada. A diurese mínima para manter a adequada eliminação de produtos finais do metabolismo é de, aproximadamente, 30 a 40 mililitros por hora para adultos. Os rins regulam o volume e a composição do líquido extracelular através de variações das pressões vasculares, dos volumes filtrados, da osmolaridade e ação de hormônios.

Para termos noção da complexidade, podemos utilizar como exemplo o mecanismo homeostático que reúne os sistemas cardiovascular, nervoso e renal no controle da volemia e da pressão arterial. Existem receptores sensíveis na parede dos átrios que, quando distendidos (pela hipervolemia), alteram a frequência dos impulsos emitidos, gerando redução da atividade simpática.

Esse efeito resulta no relaxamento das arteríolas aferentes, aumentando a chegada de sangue aos glomérulos e elevando a filtração glomerular. Ao mesmo tempo, a secreção de hormônio antidiurético é inibida na neuro-hipófise, reduzindo a reabsorção de água nos túbulos distais. Como citado anteriormente, o hormônio antidiurético é responsável pelo aumento da reabsorção de água nos túbulos distais, auxiliando a regulação do volume urinário. A soma desses efeitos eleva o volume da urina eliminada.

Um pequeno segmento do início do túbulo distal se insere no ângulo entre as arteríolas aferente e eferente nos glomérulos, formando o aparelho justaglomerular (representado na Figura 83). Formado por células densas e secretoras, cujo conjunto é chamado de mácula densa, esse aparelho libera um hormônio denominado **renina**. A mácula densa consegue identificar a redução na concentração de sódio no túbulo distal, e estimular a produção de renina. A liberação desse hormônio no sangue desencadeia a ativação de um sistema extremamente importante para o controle da pressão arterial renal, denominado **sistema renina-angiotensina-aldosterona** (Figura 84).

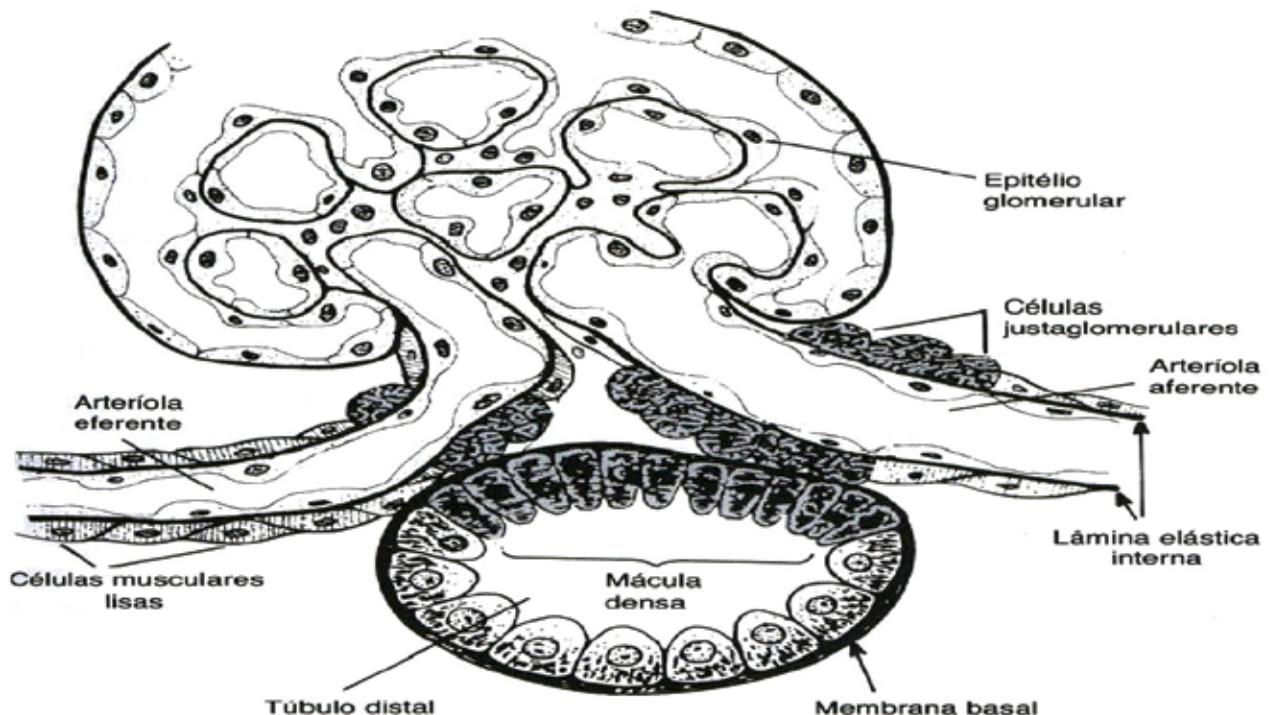


Figura 83 – Aparelho justaglomerular.

Fonte: GUYTON; HALL (1998).

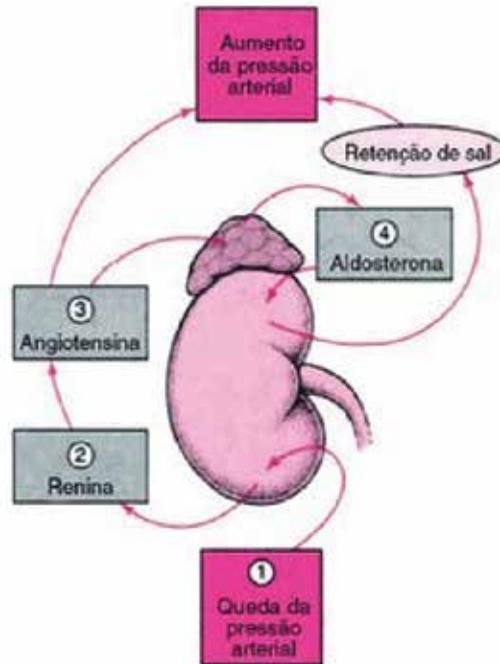


Figura 84 – Sequência de eventos do sistema renina-angiotensina-aldosterona.

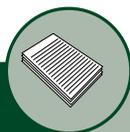
Fonte: <http://sistema-endocrino.blogspot.com/>

A renina cataliza a formação de angiotensina I, a partir do angiotensinogênio produzido no fígado. A angiotensina I é metabolizada pela enzima conversora de angiotensina (ECA), presente em grande quantidade nos pulmões, originando a angiotensina II, um potente vasoconstritor das arteríolas renais. Dentre os efeitos da angiotensina II nos rins, podemos destacar:

- Vasoconstrição direta: contrai, principalmente, a arteríola glomerular eferente, aumentando a pressão do sangue glomerular, que facilita a filtração.
- Estimula o córtex suprarrenal a secretar aldosterona, que induz a reabsorção de sódio e água e a eliminação de potássio nos túbulos distais.
- Estimula a secreção de hormônio antidiurético pela neurohipófise, aumentando a retenção de líquidos corporais.
- Estimula centro da sede no hipotálamo, estimulando a ingestão de água.

A soma dos efeitos da angiotensina II, listados acima, contribui para a restauração da pressão sanguínea glomerular, garantindo uma taxa de filtração glomerular adequada às necessidades corporais.

## Texto complementar



### O que é cálculo renal?

A litíase, nefrolitíase, cálculo urinário ou pedra no rim, como são comumente conhecidos os cálculos renais, são depósitos organizados de sais minerais nos rins ou em qualquer parte do aparelho urinário, principalmente na pelve renal. Estas pedras começam bem pequenas e vão crescendo, a depender da concentração das diferentes substâncias químicas na urina. Os cálculos renais podem ser constituídos por cálcio, oxalato ou ácido úrico, dentre outros, ou por uma mistura destes elementos. Quando houver um excesso destes minerais no organismo, há uma tendência para que eles se depositem na urina, cristalizando. A eliminação pode ser bastante dolorosa, e, a depender do tamanho dos cálculos, pode causar lesão nos ductos de condução da urina.

Fonte: [www.calculosrenais.com.br/](http://www.calculosrenais.com.br/)

## Atividades de avaliação



1. Discuta a relação entre a composição do filtrado glomerular e a constituição da parede dos capilares glomerulares.
2. Qual a relação entre as forças que influenciam a pressão efetiva de filtração nos glomérulos?
3. Descreva as características gerais de reabsorção tubular e sua influência sobre a formação da urina.
4. Em que consiste a secreção tubular e qual o seu objetivo?
5. Qual a importância do sistema renina-angiotensina-aldosterona para o funcionamento renal e para o controle da pressão arterial?



**7**

**Capítulo**

**Fisiologia respiratória**



## 1. Fisiologia respiratória

A função principal do sistema respiratório consiste nas trocas gasosas, ou seja, no fornecimento de oxigênio e na remoção do gás carbônico resultante do metabolismo celular. Entretanto, os pulmões possuem outras funções, dentre elas, a manutenção do pH plasmático e do equilíbrio térmico; a fonação; a filtração de êmbolos trazidos pela circulação venosa; a defesa contra agentes agressores e a produção e metabolização de substância vasoativas.

### 1.1 Mecanismos de ventilação pulmonar

Todas as nossas células necessitam de oxigênio ( $O_2$ ) para que se mantenham vivas e desempenhem seu perfeito funcionamento. Esse gás existe em abundância no ar atmosférico e, para captá-lo, as vias respiratórias o conduzem até as menores unidades funcionais dos pulmões, os alvéolos, onde vão ocorrer as trocas gasosas.

O  $O_2$  passa através da membrana respiratória alveolar e atinge a corrente sanguínea, onde é transportado pelo sangue a todas às células do nosso corpo. Em consequência da utilização do oxigênio, as células liberam dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que fará o caminho inverso ao  $O_2$ , sendo transportado pelo sangue até os pulmões e eliminado na atmosfera pelos órgãos do sistema respiratório.

Para a troca gasosa através da membrana alveolar é necessário que ocorra o processo de ventilação pulmonar, que consiste na alternância de expansão e retração da caixa torácica, permitindo a entrada e saída desses gases através dos movimentos de inspiração e expiração. A respiração consiste na ocorrência de uma inspiração seguida de uma expiração. Adultos realizam, aproximadamente, 12 respirações por minuto, respirando em situação de repouso (condição também chamada eupneia).

Durante a inspiração, o ar é inalado devido à contração da musculatura do diafragma, que empurra a base dos pulmões para cima, e dos músculos intercostais externos, que elevam as costelas. A contração do músculo diafragma expande a caixa torácica no sentido céfalo-caudal e a elevação das

costelas ocasiona o aumento do diâmetro ântero-posterior e látero-lateral do tórax. A expansão da caixa torácica permite a redução da pressão dos gases intrapulmonares, que se torna inferior à pressão atmosférica, permitindo a entrada de ar nos pulmões.

Já na expiração, que é o movimento de saída do ar dos pulmões para o meio externo, ocorre o relaxamento da musculatura inspiratória, ocorrendo assim diminuição do diâmetro da caixa torácica. Nessa condição, a pressão intrapulmonar é aumentada (uma vez que a área total do espaço intrapulmonar é reduzida, comprimindo o ar) e o ar escapa dos pulmões, atingindo as vias aéreas superiores. A Figura 85 representa as variações à dimensão torácica como consequência ao movimento do diafragma.

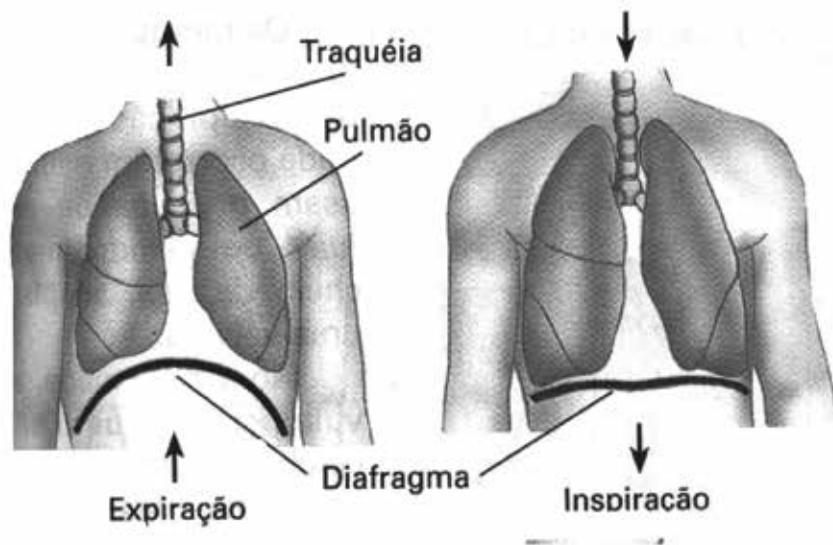


Figura 85 – Variações a dimensão torácica em resposta ao movimento do diafragma, permitindo a saída (expiração) ou entrada (inspiração) de ar nos pulmões.

Fonte: <http://www.afh.bio.br/resp/img/image108.jpg>

Na respiração forçada, participam músculos acessórios. Na inspiração, o músculo acessório mais importante é o esternocleidooccipitomastoideo, localizado na região do pescoço, que, uma vez contraído, eleva o esterno e expande o gradil costal superior. Assim, a expansão torácica acontece mais rapidamente, acelerando a entrada de ar. Na expiração forçada existe a contração dos músculos abdominais (que empurram o diafragma para cima) e intercostais internos (que puxam as costelas para baixo), apressando a expulsão de ar dos pulmões.

Quando a demanda ventilatória aumenta além da contração da musculatura inspiratória, ou seja, durante a respiração forçada, ocorre também contração dos músculos acessórios da respiração.

A superfície alveolar possui macrófagos residentes, responsáveis pela fagocitose e remoção de boa parte dos agentes invasores (microrganismos) trazidos pelo ar inspirado, evitando sua passagem para corrente sanguínea, o que representa um importante mecanismo de defesa. Ver detalhe em: <http://www.unifesp.br/dmorfo/histologia/ensino/pulmao/alveolos.htm>

## 1.2 Fatores de prevenção do colapamento alveolar

Durante a respiração o ar passa por diversas partes do sistema respiratório. A primeira delas é o nariz, responsável pela filtração, umidificação e aquecimento do ar inspirado. Em seguida, o ar segue pela faringe e demais estruturas tubulares que o conduzem aos alvéolos.

A contínua e alternada de entrada e saída de ar dos pulmões poderia levar ao colapamento (oclusão) dos sacos alveolares, caso a pressão no espaço entre as pleuras fosse positiva. Principalmente durante a inspiração, onde o ar entra rapidamente, distendendo os alvéolos. Para evitar tal fato, a drenagem linfática do líquido intrapleural permite que a pressão entre as pleuras se mantenha negativa, forçando assim os pulmões permanecerem expandidos.

Em acidentes com perfurações torácicas, que permitem a penetração de ar no espaço intratorácico, os alvéolos sofrem colapamento, em consequência da pressão exercida pela entrada de ar atmosférico. Isso impede as trocas gasosas, mesmo que as vias aéreas estejam desobstruídas.

A superfície interna dos alvéolos é constituída por células denominadas pneumócitos tipo I e pneumócitos tipo II. Os pneumócitos tipo I recobrem a maior parte da superfície alveolar. Os pneumócitos tipo II sintetizam, armazenam e secretam surfactante, que é um composto de fosfolípídeos e tem papel fundamental na mecânica pulmonar. Ele permite a redução da tensão superficial dos líquidos no interior dos alvéolos e das demais vias respiratórias, evitando, inclusive, a obstrução dos alvéolos durante a expiração (quando a superfície do alvéolo está reduzida), que dificultaria as trocas gasosas.

## 2. Trocas gasosas (hematose)

O ar que respiramos é formado por uma mistura de gases, dentre eles o nitrogênio ( $N_2$ ), o oxigênio ( $O_2$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), além de uma pequena quantidade de vapor de água ( $H_2O$ ). Todos esses gases se movem de forma contínua e aleatória, de uma região de maior pressão para uma região de menor pressão, ou seja, por difusão. Como o  $O_2$  é continuamente transportado para o sangue, a concentração desse gás é menor no ar alveolar do que no ar atmosférico. Com concentração de  $CO_2$  ocorre o contrário, ou seja, esta é maior no ar alveolar do que no ar atmosférico, uma vez que o  $CO_2$  é continuamente trazido dos tecidos para os pulmões.

As trocas gasosas através da membrana respiratória dos pulmões acontecem por difusão simples. O processo de difusão pela membrana alvéolo-capilar é intensificado pela rápida renovação do sangue em contato com os capilares dos alvéolos pulmonares. Nos tecidos, a velocidade de troca é influenciada pelas rápidas reações químicas que os gases respiratórios sofrem quando atingem o sangue.

Diferentemente das grandes perfurações abdominais, onde ocorre extravasamento de estruturas viscerais para fora do corpo, nas perfurações torácicas, isso não é observado, em razão da pressão intratorácica negativa, essencial para a ventilação pulmonar, que impede esse fenômeno.

O sangue venoso é exposto ao gás alveolar, que apresenta pressão parcial de  $O_2$  ( $PO_2$ ) de 105 mmHg e pressão parcial de  $CO_2$  ( $PCO_2$ ) de 40 mmHg, enquanto que o sangue venoso apresenta  $PO_2$  de 40 mmHg e  $PCO_2$  de 45 mmHg. Essa diferença de pressão faz com que o  $O_2$  passe dos alvéolos para os capilares e o  $CO_2$  passe dos capilares para os alvéolos, processo denominado hematose (Figura 86).

Nos tecidos corporais, o constante consumo de  $O_2$  pelas mitocôndrias, para síntese de ATP (adenosina trifosfato), com consequente produção de  $CO_2$ , resulta em  $PO_2$  elevada e  $PCO_2$  reduzida no sangue venoso que retorna aos pulmões.

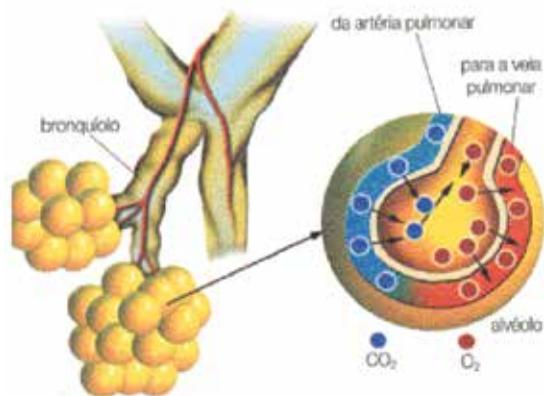


Figura 86 – Hematose: troca de  $CO_2$  por  $O_2$  nos alvéolos pulmonares.

Fonte: <http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>

## 2.1 Transporte de oxigênio no sangue

O transporte do oxigênio está sob o controle da hemoglobina, ou seja, cada molécula de hemoglobina (Hb) se combina a quatro moléculas de oxigênio, formando assim a oxihemoglobina. A hemoglobina aumenta a capacidade do sangue em carrear oxigênio em cerca de 65 a 70 vezes acima da quantidade dissolvida no plasma.

No momento em que o sangue está nos alvéolos pulmonares, o oxigênio difunde-se para os capilares e penetra nas hemácias, combinando-se com a hemoglobina, enquanto o gás carbônico é liberado pelo ar. No homem, em cada 100 mL de sangue há cerca de 15 a 16 g de Hb, enquanto que nas mulheres esse valor é cerca de 10% menor, apresentando em média 14 g de Hb.

O transporte de  $O_2$  dos alvéolos para as células implica em três eventos: difusão de  $O_2$  dos alvéolos para o sangue pulmonar; transporte de  $O_2$  no sangue pelas artérias até os capilares teciduais; e difusão de  $O_2$  dos capilares para as células teciduais. A Figura 87 esquematiza esses eventos.

Apesar das diferenças de pressão de  $O_2$  e  $CO_2$ , serem constantes, em algumas situações, como nas de doenças pulmonares obstrutivas crônicas, essa diferença pode apresentar-se alterada, impedindo as trocas gasosas.

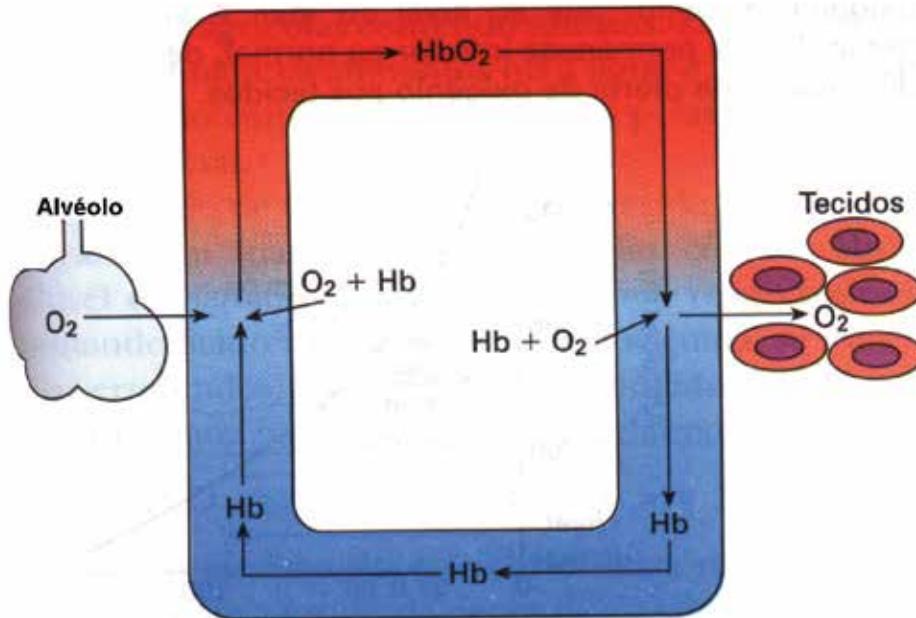


Figura 87 – Esquema representativo dos eventos responsáveis pelo transporte do oxigênio ( $O_2$ ) fixado à hemoglobina (Hb) sanguínea do ar alveolar até as células.

Fonte: <http://www.afn.bio.br/resp/resp2.asp>

## 2.2 Transporte de $CO_2$ no sangue

O sangue transporta dióxido de carbono de três maneiras: 70% do total na forma de íons bicarbonato ( $HCO_3^-$ ); 23% ligados à porção globina da hemoglobina e apenas 7% dissolvidos no plasma.

O  $CO_2$  produzido pelas reações mitocondriais nos tecidos corporais difunde-se nos capilares teciduais e entra nas hemácias, onde se combina com moléculas de  $H_2O$ , para formar ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ). O ácido carbônico, por sua vez, se difunde para fora das hemácias até o plasma, onde sofre dissociação em íons  $H^+$  e  $HCO_3^-$ , que são solúveis no plasma e facilmente transportados.

Essa reação de conversão de  $CO_2$  em íons  $HCO_3^-$  no sangue é acelerada pela enzima anidrase carbônica, presente no interior das hemácias. Nos capilares pulmonares, o íon  $HCO_3^-$  entra novamente nas hemácias e a enzima anidrase carbônica permite a reação inversa (associação dos íons  $H^+$  e  $HCO_3^-$ ). Dessa forma, o  $CO_2$  novamente formado se difunde em direção aos sacos alveolares para ser expirado. Essa reação de conversão pode ser representada da seguinte forma:



A Figura 88 traz uma representação esquemática desse processo.

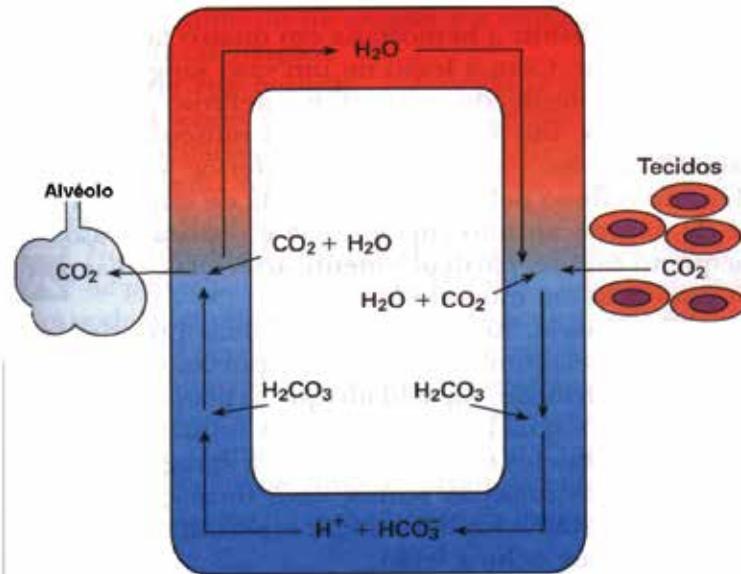


Figura 88 – Esquema representativo do processo de conversão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em íon bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) para seu transporte na corrente sanguínea.

Fonte: <http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>

### 2.3 Controle da frequência respiratória em resposta à concentração gasosa no sangue

Quimiorreceptores são células especializadas que respondem a estímulos químicos do sangue ou outros fluidos corpóreos. Os principais quimiorreceptores centrais estão localizados em regiões específicas do bulbo, no tronco encefálico. Assim, alterações na pressão parcial dos gases respiratório podem ser facilmente detectadas pelos quimiorreceptores.

O aumento da PCO<sub>2</sub> no sangue arterial ou no líquido produz aumento da concentração do hidrogênio, com acidez do sangue (acidose, pela queda no pH), elevando assim a atividade respiratória. Os quimiorreceptores centrais são sensíveis ao aumento da PCO<sub>2</sub>, e sua ativação induz a hiperventilação (aceleração da frequência respiratória), resultando em expulsão mais rápida do CO<sub>2</sub> em excesso.

Os quimiorreceptores periféricos estão localizados no arco aórtico e na bifurcação das carótidas e respondem às alterações na PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub> e de pH do sangue arterial. São ativados quando ocorre queda da PO<sub>2</sub>, aumento da PCO<sub>2</sub> e queda do pH.

Quando há ativação dos quimiorreceptores periféricos, devido à hipoxemia (redução de  $O_2$  nos tecidos), também ocorre aumento da respiração, acompanhado de vasoconstricção regional e liberação dos hormônios pelas adrenais, garantindo melhora do transporte de oxigênio aos órgãos vitais.

### 3. Controle neural da respiração

Além das trocas gasosas, o controle da respiração também é responsável por outras funções, dentre elas, os reflexos de espirro e de tosse; a articulação das palavras; a respiração no momento do parto. Assim, o controle da respiração contém aspectos voluntários e involuntários. O controle voluntário está sob a influência de regiões cerebrais corticais e o controle involuntário depende de estruturas neurais localizadas, principalmente, no bulbo e ponte.

A contração do diafragma promove a geração de pressões intratorácicas menores que a pressão atmosférica, permitindo a entrada de ar para o interior dos pulmões, evento controlado pelo nervo frênico. O nervo frênico emerge dos segmentos cervicais C3 a C5, nos quais os motoneurônios frênicos estão localizados.

A influência direta de centros controladores no bulbo e na ponte (centros respiratórios) sobre os motoneurônios do nervo frênico é que mantém a sua descarga rítmica, produzindo assim a respiração automática. As áreas inspiratória e expiratória do bulbo enviam sinais eferentes para os músculos inspiratórios e expiratórios, permitindo o controle da frequência respiratória (Figura 89).

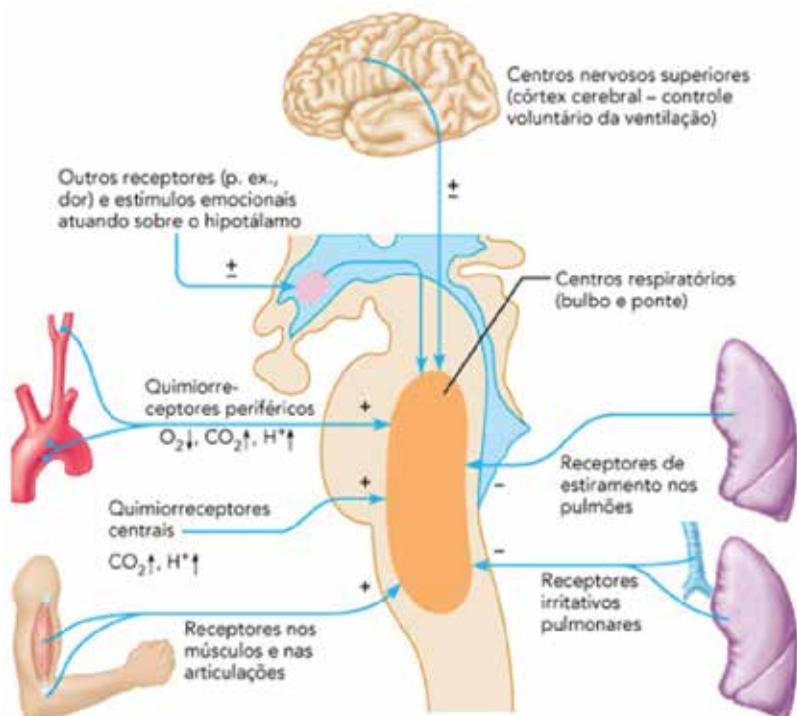


Figura 89 – Influências neurais e químicas nos centros nervosos de controle da frequência respiratória.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

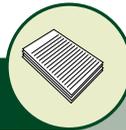
Como discutimos anteriormente, a variação na concentração arterial de  $O_2$  é percebida pelos quimiorreceptores periféricos, e a variação de  $CO_2$ , captada por quimiorreceptores centrais, gerando impulsos para os centros respiratórios no tronco encefálico. Assim, essas informações são processadas nos centros respiratórios e a resultante final é transformada em potenciais excitatórios ou inibitórios da respiração, que irão ativar ou não o músculo diafragma, controlando a respiração.

Os centros respiratórios da ponte e do bulbo também integram informações provenientes de outras regiões cerebrais, por esse motivo, conseguimos alterar, voluntariamente, nossa frequência respiratória, quando sinais corticais influenciam a atividade dos centros respiratórios no tronco encefálico.

### 3.1 Reflexo da insuflação

Os receptores de insuflação pulmonar são receptores de adaptação lenta, localizados no parênquima pulmonar, que enviam, através do nervo vago, informações ao centro respiratório. Quando ocorre estiramento do parênquima pulmonar, durante a inspiração, os receptores de adaptação lenta são ativados e, conseqüentemente, ocorre queda da inspiração (respiração apnêustica), para que a expiração seja iniciada. Esse fenômeno, denominado reflexo de Hering-Breuer ou de insuflação pulmonar, impede a insuflação excessiva dos pulmões durante a inspiração e desencadeia a expiração automática.

#### Texto complementar



#### Síndrome do desconforto respiratório x surfactante

Em 1959, mostrou-se pela primeira vez que a doença da membrana hialina ou síndrome do desconforto respiratório do recém-nascido (SDR) era provocada pela deficiência na produção de surfactante pelos alvéolos. Seguiram-se várias tentativas de produzir surfactantes que pudessem substituir a deficiente produção endógena, inicialmente sem sucesso.

A partir de 1972, Enhorning e Robertson iniciaram testes com surfactante retirados de coelhos adultos e administrados a filhotes prematuros, mostrando melhora significativa da mecânica pulmonar.

Em 1992, Fujiwara e colaboradores publicaram os primeiros resultados promissores da reposição de surfactante na SDR, esta terapia tornou-se prática rotineira em unidades que atendem recém-nascidos prematuros, tendo modificando a história natural desta síndrome.

Fonte: FREDDI et al. (2003).

#### Apneia do sono e o ronco

A Apneia do sono é a obstrução das vias aéreas por alguns momentos durante a noite, pela flacidez dos tecidos da garganta, impedindo a respiração por alguns segundos, várias vezes por noite. O ronco é a vibração dos tecidos da garganta quando o ar passa. São frequentes no homem, a partir dos 30 anos, e nas mulheres, a partir da menopausa. Esses problemas podem trazer conseqüências sociais e psicológicas, além de estarem relacionados ao maior risco de desenvolvimento de arritmias cardíacas e doenças isquêmicas, como infarto e acidente vascular cerebral.

Fonte: <http://www.abcdasaude.com.br/artigo.php?3030>

## Atividades de avaliação



1. Descreva os mecanismos responsáveis pela ventilação pulmonar, destacando os músculos responsáveis pela distensão e retração da caixa torácica.
2. Exemplifique fatores que interferem no processo de hematose.
3. Discuta por que um indivíduo que sofre perfuração torácica durante um acidente, mesmo que esteja com as vias aéreas desobstruídas, apresenta dificuldade respiratória.
4. Qual o papel do surfactante na respiração?
5. Relacione a ativação dos quimiorreceptores centrais e periféricos do sistema respiratório e as consequências sobre a frequência respiratória.
6. Explique o controle neural da frequência respiratória.



# 8

## Capítulo

# Fisiologia do sistema digestório



## 1. Fisiologia do sistema digestório

O sistema digestório é responsável pela obtenção dos nutrientes necessários às diferentes funções do organismo, a partir dos alimentos ingeridos. A energia para o crescimento, reprodução, locomoção e todos os processos ativos depende da reposição energética fornecida pela absorção alimentar.

Esse sistema é composto por um conjunto de órgãos que têm como função a realização da digestão, para garantir a absorção dos nutrientes. A parede do tubo digestivo tem a mesma estrutura da boca ao ânus, sendo formada por quatro camadas (Figura 90):

- **Mucosa:** camada mais interna, que está em contato direto com o bolo alimentar. Contém vilosidades, que variam em número e tamanho, a depender do poder absorptivo de cada região.
- **Submucosa:** situada entre as camadas mucosa e muscular, contém vasos sanguíneos, linfáticos e os ácinos (base) das glândulas. Permite fluxo sanguíneo para absorção e a liberação das secreções.
- **Muscular:** dupla camada de músculo liso, responsável pelos movimentos de deslocamento do bolo alimentar (peristaltismo) e pelos movimentos de mistura.
- **Serosa:** camada mais externa secreta um líquido viscoso (seroso) que facilita o deslizamento da parede externa durante os movimentos, evitando atrito com outras vísceras.

A absorção consiste na passagem de substâncias para a corrente sanguínea. Quando ocorre através da via oral, essas substâncias precisam atravessar a parede do trato gastrointestinal até alcançarem os vasos sanguíneos na camada submucosa.

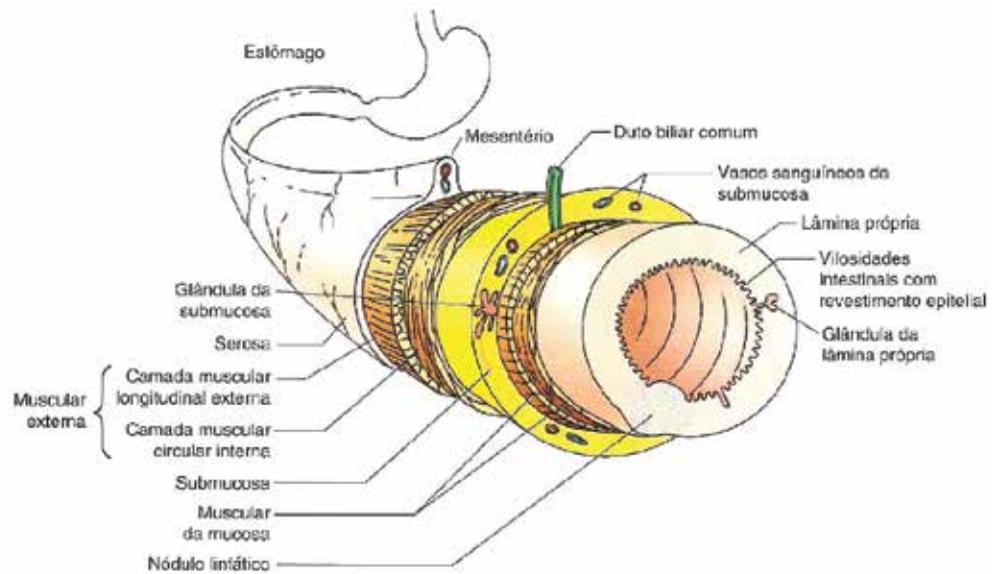


Figura 90 – Camadas do trato gastrointestinal.

Fonte: <http://dc167.4shared.com/doc/Jbg9QCTi/preview.html>

A preparação do alimento para digestão é efetuada pelos dentes e pela língua. Por meio da mastigação, os dentes reduzem os alimentos a pedaços pequenos, misturando-os a saliva, o que forma um bolo alimentar e facilita a ação das enzimas digestivas. Para que ocorra a deglutição, a língua empurra o alimento em direção à garganta, para que seja engolido. As papilas gustativas, na superfície da língua, contêm células sensoriais capazes de detectar os quatro sabores primários, doce, azedo, salgado e amargo. A presença de alimento na boca, como sua consistência e cheiro, estimula as glândulas salivares a secretarem saliva, que contém a enzima amilase salivar ou ptialina, íons potássio, bicarbonato e outras substâncias.

No trato gastrintestinal ocorrem dois tipos básicos de movimento: movimentos propulsivos (ou peristálticos) e movimentos de mistura. O movimento propulsivo é caracterizado pelo peristaltismo, no qual um anel contrátil surge ao redor da parede do trato gastrintestinal e move-se para adiante, empurrando o bolo alimentar. Os movimentos de mistura, que são diferentes nas diversas partes do tubo alimentar, objetivam misturar o bolo alimentar às secreções, bem como complementar a trituração realizada pela mastigação.

## 2. Regulação nervosa da atividade gastrintestinal

O trato gastrintestinal possui um sistema nervoso próprio, denominado **sistema nervoso entérico**, que se inicia no esôfago e estende-se até o ânus. Ele contém cerca de cem milhões de neurônios, quase o mesmo número da medula espinhal o que indica sua importância para o controle da função gastrin-

testinal. O sistema entérico é composto por dois plexos (malha de neurônios): um plexo externo (mioentérico ou de Auerbach), que passa dentro da dupla camada muscular e controla os movimentos, e um plexo interno (submucoso ou de Meissner), que atravessa a camada submucosa e controla as secreções e o fluxo sanguíneo local (Figura 91).

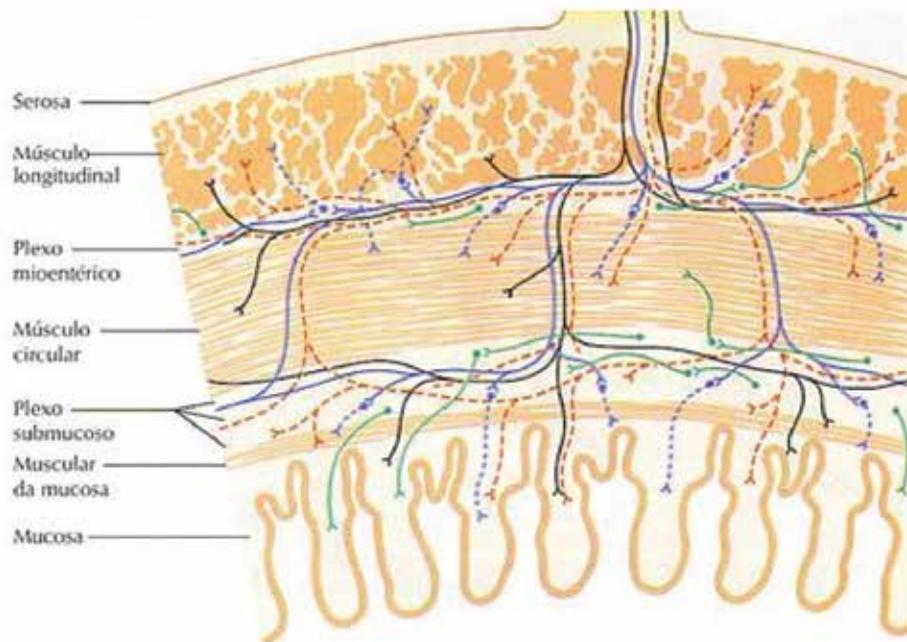


Figura 91 – Plexos do sistema nervoso entérico: mioentérico e submucoso.

Fonte: [http://www.sistemanervoso.com/pagina.php?secao=2&materia\\_id=465&materiaver=1](http://www.sistemanervoso.com/pagina.php?secao=2&materia_id=465&materiaver=1)

As fibras simpáticas e parassimpáticas se conectam tanto com o plexo mioentérico como com o plexo submucoso e, embora o sistema nervoso entérico possa funcionar sozinho, a estimulação parassimpática ou simpática pode causar ativação ou inibição, respectivamente, das funções gastrointestinais. Portanto, a acetilcolina excita a atividade gastrointestinal enquanto a noradrenalina inibe.

Quase todas as fibras parassimpáticas que se dirigem ao trato gastrointestinal fazem parte dos nervos vagos e, quando estimuladas, aumentam a atividade de todo o sistema nervoso entérico. As fibras simpáticas originam-se na medula espinhal, entre os segmentos T5 e L2, e sua estimulação inibe a atividade do trato gastrointestinal, causando efeitos opostos aos do sistema parassimpático (Figura 92).

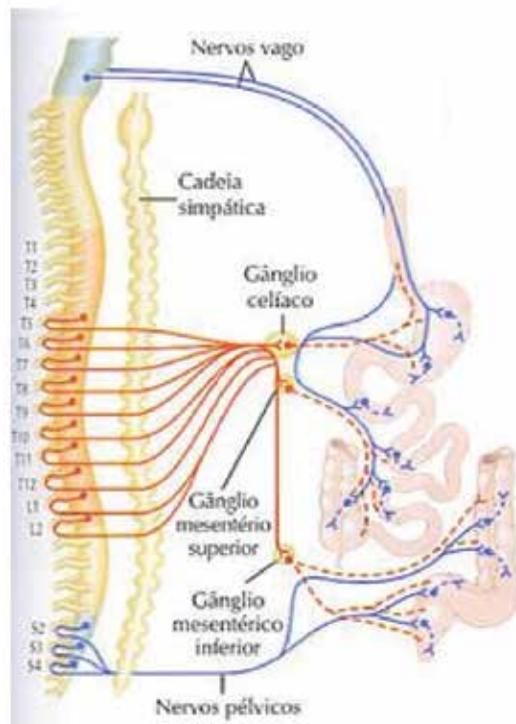


Figura 92 – Inervação autonômica do sistema gastrointestinal.

Fonte: [http://www.sistemanervoso.com/pagina.php?secao=2&materia\\_id=465&materiaver=1](http://www.sistemanervoso.com/pagina.php?secao=2&materia_id=465&materiaver=1)

Por exemplo, após uma refeição, ocorre aumento da atividade motora, da atividade secretora e da atividade de absorção. A estimulação dos nervos parassimpáticos que se dirigem ao trato gastrointestinal aumenta o fluxo sanguíneo local e os movimentos, ao mesmo tempo em que aumenta a secreção glandular. A estimulação simpática exerce um efeito contrário.

O vômito é o meio pelo qual a porção superior do trato digestivo se livra de seu conteúdo quando o tubo digestivo sofre irritação, distensão ou mesmo excitação excessiva. Sinais nervosos aferentes são transmitidos por vias vagais e simpáticas até o centro do vômito do bulbo. São, então, produzidas reações motoras automáticas que causam o vômito.

## 2.1 Fases da deglutição

O processamento do alimento na boca ocorre principalmente através da mastigação, onde o alimento é cortado e triturado pelos dentes, aumentando o contato das secreções com o alimento, o que facilita a digestão, além de facilitar a deglutição.

O bolo alimentar é empurrado pela língua para o fundo da faringe. O palato mole é empurrado para cima, fechando a parte posterior das narinas, permitindo o deslocamento alimentar para o esôfago, impulsionado pelas ondas peristálticas, levando entre 5 e 10 segundos para percorrer o esôfago. Por conta do peristaltismo, mesmo que você esteja de cabeça para baixo, o alimento chegará ao intestino.

Durante a deglutição (ato de engolir), a distensão da orofaringe pela presença do bolo alimentar gera uma onda peristáltica na musculatura lisa faríngea,

que empurra, involuntariamente, o alimento em direção ao esôfago. Essa onda é acompanhada pelo movimento da epiglote, que fecha a laringe, evitando que o alimento penetre nas vias respiratórias, e pelo relaxamento do esfíncter esofágico superior, permitindo o deslocamento do alimento para o esôfago (Figura 93).

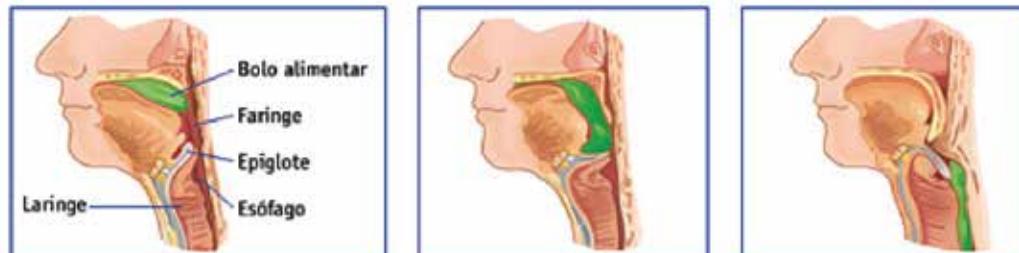


Figura 93 – Fases da deglutição.

Fonte: <http://ciencias3c.cvg.com.pt/nono/fisiologiadigestivo.html>

A penetração do alimento no esôfago leva a formação de outras ondas de peristaltismo que, somadas ao anel de contração proveniente da orofaringe, deslocam o bolo alimentar até a porção inferior do esôfago, causando relaxamento de esfíncter esofágico inferior e passagem do bolo alimentar para o estômago.

Todo esse processo de deslocamento do alimento na deglutição é auxiliado pela saliva e pelo muco, secreção viscosa produzida por pequenas glândulas que revestem toda a superfície interna do trato gastrointestinal e contribui para a aglutinação de partícula e para proteção da camada mucosa. A porção final do esôfago contém grande quantidade de glândulas mucosas, que protegem a parede esofágica contra a ação corrosiva do refluxo de ácido gástrico.

## 2.2 Funções da saliva

A ptialina (ou amilase salivar) é responsável pela digestão do amido e de outros polissacarídeos (como o glicogênio), reduzindo-os em moléculas de maltose (dissacarídeo). O bicarbonato salivar neutraliza substâncias ácidas e mantém um pH entre 6 e 7,4, ideal para a ação da ptialina. A saliva também contribui para a proteção da mucosa bucal e esofágica (quando é deglutida); auxilia na remoção de resíduos alimentares da boca; contém enzimas que destroem bactérias e até anticorpos, que participam da defesa contra microrganismos.

## 2.3 Atividade estomacal

As funções motoras do estômago são três: armazenamento de alimento, até que este possa ser processado no duodeno; mistura do alimento com as secreções gástricas, originando o quimo; e lenta passagem do alimento do estômago para o intestino delgado, em velocidade adequada, para que o duodeno realize a neutralização do quimo ácido, permitindo adequada digestão e a absorção no intestino.

A anemia perniciosa ocorre em consequência à atrofia gástrica. A deficiência do fator intrínseco leva à incapacidade de absorver a vitamina B<sub>12</sub>, essencial na maturação das hemácias na medula óssea, resultando células sanguíneas incapazes de transportar oxigênio.

No estômago, o alimento é misturado com as secreções estomacais, secretadas por glândulas gástricas, que revestem quase toda a parede interna do estômago. O suco gástrico é uma solução rica em ácido clorídrico e em enzimas. A pepsina, enzima mais potente do suco gástrico, é secretada na forma de pepsinogênio. Como este é inativo, não digere as células que o produzem. Por ação do ácido clorídrico, o pepsinogênio, ao ser lançado na luz do estômago, transforma-se em pepsina, enzima que catalisa a digestão de proteínas.

O estômago produz cerca de três litros de suco gástrico por dia. A acidez gástrica (pH em torno de 3,0) é essencial na ação da pepsina, além de permitir a destruição de microrganismos e impurezas oriundas da ingestão oral. A mucosa gástrica produz também o fator intrínseco, necessário à absorção da vitamina B<sub>12</sub>.

O alimento pode permanecer no estômago por até quatro horas ou mais e se mistura ao suco gástrico com ajuda das contrações da musculatura estomacal, formando o quimo. Durante o processo de mistura, as contrações peristálticas se incentivam, enquanto a abertura do piloro permanece fechada, permitindo que o conteúdo estomacal seja empurrado contra o antro e retorne em evento, denominado retropulsão (Figura 94).

Apesar de estarem protegidas por uma densa camada de muco, as células da mucosa estomacal são continuamente lesadas e mortas pela ação do suco gástrico. Por isso, a mucosa está sempre sendo regenerada.

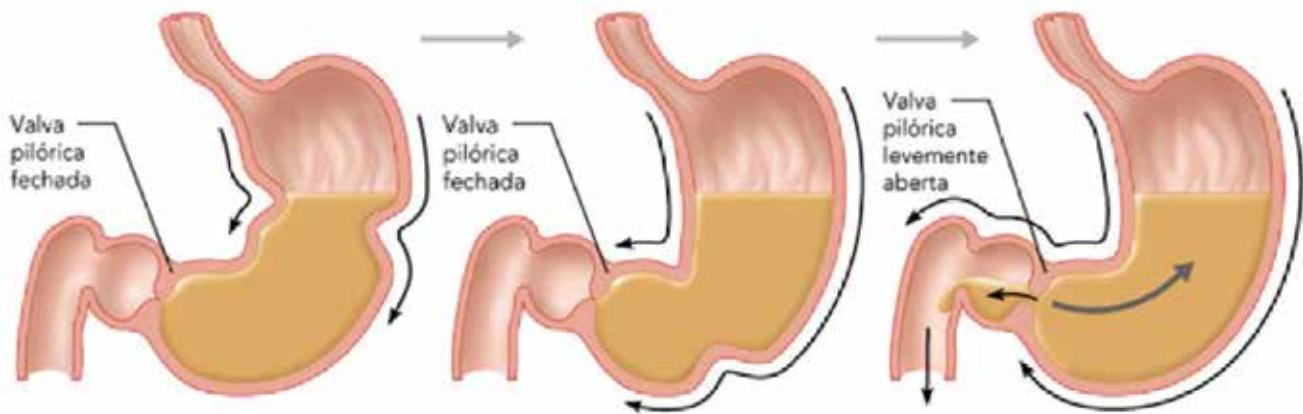


Figura 94 – Movimentos de mistura no estômago, denominados “retropulsão”.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

Através do piloro, o quimo vai sendo, aos poucos, liberado no intestino delgado, onde ocorre a parte mais importante da digestão.

### 3. Hormônios reguladores da digestão

A autoregulação é uma propriedade do sistema entérico. A grande maioria dos hormônios que controlam as funções do sistema digestivo é produzida e liberada por células da mucosa do estômago e intestino delgado. Esses hormônios atuam no sistema digestório, estimulando a liberação dos sucos digestivos e os movimentos. No estômago, ocorre formação de gastrina, hormônio responsável pelo estímulo à produção de ácido clorídrico (HCl) e indutor da liberação de pepsina. A acetilcolina e a histamina também atuam nas glândulas gástricas, estimulando a liberação de HCl (Figura 95).

No intestino, ocorre a produção de três hormônios essenciais ao processo digestivo:

- **Secretina:** atua sobre o pâncreas, estimulando a liberação de bicarbonato para neutralização do quimo no intestino;
- **Colecistocinina (CCK):** estimula a liberação de bile pela vesícula biliar e a liberação de enzimas pelo pâncreas;
- **Enterogastrona:** atua sobre o estômago, inibindo o peristaltismo estomacal, o que auxilia a lentificar do esvaziamento gástrico, evitando a distensão excessiva do duodeno.

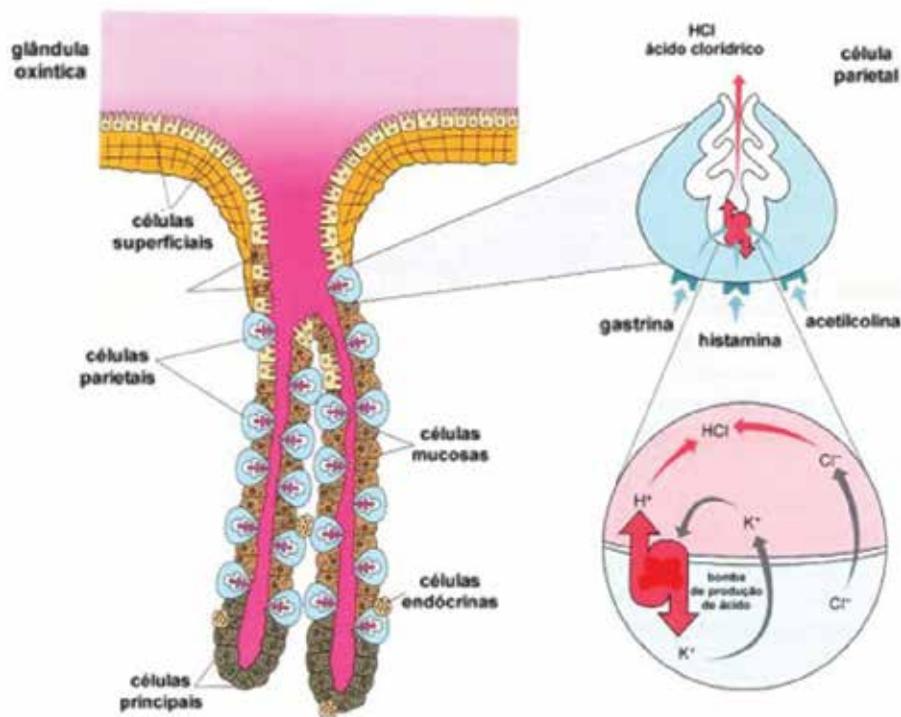


Figura 95 – Hormônios estimuladores das secreções ácidas gástricas: gastrina, histamina e acetilcolina.

Fonte: <http://www.gastronet.com.br/fisiolog.htm>

#### 4. Aspectos da digestão e absorção no intestino delgado

Os movimentos de mistura no intestino delgado ocorrem quando uma porção do intestino delgado é distendida pelo quimo e o estiramento da parede intestinal desencadeia contrações localizadas e espaçadas, que duram cerca de frações de segundos. Essas contrações segmentares são capazes de fragmentar o quimo cerca de duas a três vezes por minuto, promovendo, dessa forma, a mistura progressiva das partículas alimentares com as secreções do intestino delgado (Figura 96a).

Os movimentos peristálticos empurram o quimo por todo o intestino delgado em sentido ao ânus (Figura 96b). A atividade peristáltica do intestino delgado aumenta acentuadamente após as refeições (reflexo gastroentérico desencadeado pela distensão do estômago, por ação do plexo mioentérico). Durante todo o intestino delgado o trajeto do alimento dura cerca de seis a oito horas.

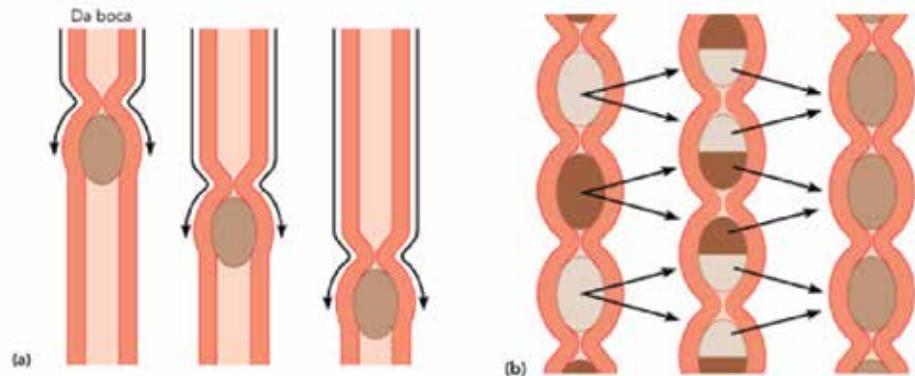


Figura 96 (a) movimentos peristálticos; (b) movimentos de mistura.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

A digestão de quimo ocorre, principalmente, no duodeno e na porção inicial do jejuno. No duodeno atua o suco pancreático, que contém diversas enzimas digestivas, água e grandes quantidades de bicarbonato de sódio. Seu pH varia entre 8,5 e 9 e suas enzimas promovem hidrólise da maioria das moléculas de alimento. Dentre elas, destacamos: tripsina, quimiotripsina e carboxipolipetidase – para digestão de proteínas; amilase pancreática – digere carboidratos; lipases, fosfolipases e esterases de colesterol – para digestão de lipídeos. A mucosa do intestino delgado secreta o suco entérico, solução rica em enzimas, de pH neutro, que contém enzimas que dão sequência à hidrólise dos componentes alimentares.

Outra secreção que atua no duodeno é a bile, produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. Os sais biliares têm ação detergente, emulsifi-

cando as gorduras (fragmentando suas gotas em milhares de microgotículas), o que facilita a ação das enzimas digestivas (Figura 97).

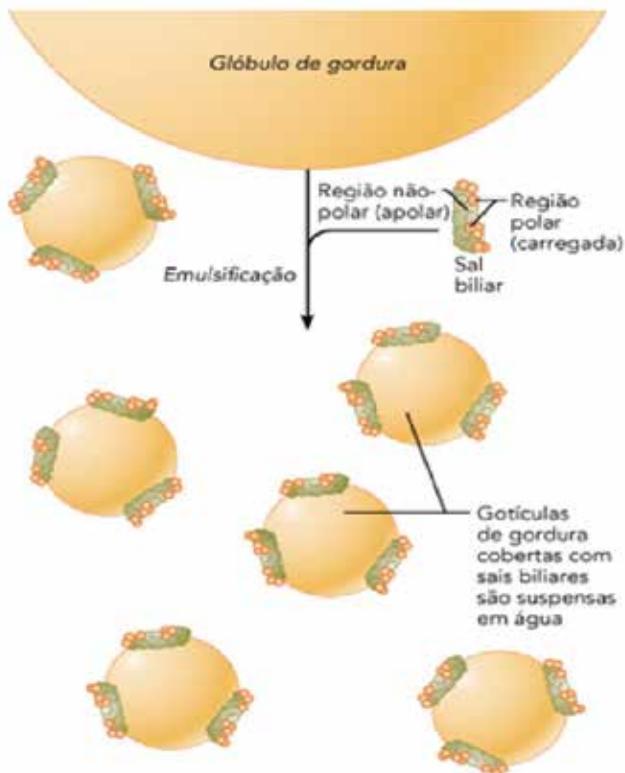


Figura 97 – Processo de emulsificação das gorduras realizado pela bile: divisão de glóbulos de gordura em pequenas gotículas.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

## 5. Absorção no intestino grosso

Os movimentos do intestino grosso são, em geral, muito lentos. No entanto, ainda possuem características semelhantes aos do intestino delgado, podendo também se apresentar como movimentos de mistura, chamados haustrações (segmentações nos haustros), que melhoram a absorção, e movimentos propulsivos, denominados movimentos de massa, que desencadeiam o deslocamento das fezes em direção ao reto.

Os movimentos de massa podem se iniciar por dois tipos de reflexos: reflexos gastrocólicos - estimulados pelo enchimento do estômago e reflexos dodenocólicos - estimulados pelo enchimento duodenal. Os movimentos de massa são mais estimulados após as refeições, pois existe um trânsito gastrintestinal, e sua função consiste em impedir o refluxo do conteúdo fecal do cólon para o intestino delgado (íleo).

A válvula ileocecal impede o retorno do conteúdo do ceco para o intestino delgado, uma vez que a microbiota do intestino grosso é muito vasta, e a absorção do conteúdo fecal pelo íleo poderia desencadear quadros graves de infecção. Ver: <http://www.fisiologia.kit.net/fisio/digestorio/4.htm>

Um grande número de bactérias vive em mutualismo no intestino grosso e seu trabalho consiste em dissolver os restos alimentícios não assimiláveis, reforçar o movimento intestinal e proteger o organismo contra bactérias estranhas, geradoras de doenças.

Embora a participação do fígado na fisiologia da digestão consista na liberação da bile, ele é um órgão muito versátil. Armazena glicogênio, ferro, cobre e vitaminas. Produz carboidratos a partir de lipídios ou de proteínas, e lipídios a partir de carboidratos ou de proteínas. Sintetiza também o colesterol e purifica muitos fármacos e muitas outras substâncias.

A diarreia é resultado do rápido deslocamento da matéria fecal ao longo do intestino grosso. Sua principal causa são as irritações intestinais causadas por toxinas presentes em alimentos contaminados, que irritam a mucosa, acelerando o peristaltismo, o que impede a completa reabsorção de água e eletrólitos.

O intestino grosso não possui vilosidades, nem secretam enzimas digestivas. Nas porções do cólon ocorre absorção considerável de água e eletrólitos, permitindo que o conteúdo intestinal seja condensado, até formar os detritos fecais (Figura 98). Glândulas da mucosa do intestino grosso secretam muco, que lubrifica as fezes, facilitando seu trânsito e eliminação pelo ânus. A distensão provocada pela presença de fezes estimula as terminações nervosas do reto, permitindo a expulsão de fezes no processo denominado defecação.

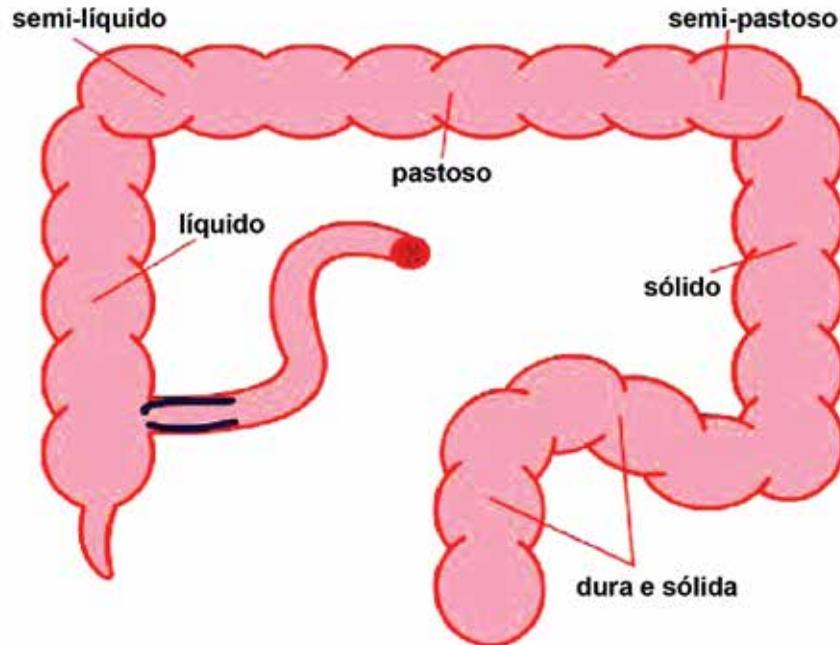


Figura 98 – Pontos de reabsorção de água que promovem a solidificação do material fecal.

Fonte: <http://www.fisiologia.kit.net/fisio/digestorio/4.htm>

## 5.1 Reflexo da defecação

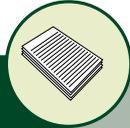
A defecação é iniciada por reflexos (reflexo do plexo mioentérico e reflexo parassimpático) em resposta ao enchimento das porções finais do intestino grosso (cólon sigmoide e reto). A distensão causa estimulação das terminações nervosas presentes em sua parede. Impulsos nervosos são dirigidos ao segmento sacral da medula espinhal e desencadeiam uma resposta motora, que provoca um aumento significativo e intenso nas ondas peristálticas por todo o intestino grosso. Simultaneamente, ocorre o relaxamento do esfíncter anal interno. Dessa forma, ocorre o reflexo da defecação.

Caso haja relaxamento do esfíncter anal externo durante o reflexo da defecação, as fezes serão eliminadas pela abertura do ânus. Caso contrário, as fezes permanecem retidas no interior do reto e o reflexo desaparece, retornando alguns minutos ou horas mais tarde. Como o esfíncter anal externo

As fibras vegetais, principalmente a celulose, não são digeridas nem absorvidas, contribuindo com porcentagem significativa da massa fecal. Como retêm água, sua presença torna as fezes macias e fáceis de serem eliminadas.

é composto por músculo esquelético, está sob controle voluntário, podendo limitar a ocorrência da defecação.

## Texto complementar



### O que é a gastrite?

O termo gastrite significa inflamação da mucosa gástrica. Essa afecção é muito comum na população como um todo, principalmente nos anos mais tardios da vida adulta. Em alguns casos, a gastrite pode ser muito aguda e grave, com escoriação ulcerativa da mucosa gástrica pelas secreções pépticas do próprio estômago. Pesquisas recentes sugerem que boa parte dos casos de gastrite é causada por uma infecção bacteriana crônica por *Helicobacter pylori* na mucosa gástrica. Tal infecção pode ser tratada pela administração de um esquema intensivo de medicamentos antibacterianos e inibidores da secreção ácida gástrica. Algumas substâncias têm efeito irritativo sobre a mucosa gástrica causando gastrite aguda ou crônica. Dessas substâncias, as duas mais comuns são o álcool e a aspirina.

Fonte: [http://www.portalsaudebrasil.com/index.php?option=com\\_content&view= article&id=720: fisiologia-do-trato-gastrintestinal](http://www.portalsaudebrasil.com/index.php?option=com_content&view=article&id=720: fisiologia-do-trato-gastrintestinal).

## Atividades de avaliação



1. Quais as funções atribuídas à saliva?
2. Construa um quadro relacionando cada camada da parede do trato gastrointestinal às suas respectivas funções.
3. Discuta a importância dos movimentos peristálticos e dos movimentos de mistura gastrointestinais.
4. Explique o controle neural e hormonal das funções gastrointestinais.
5. Relacione os componentes das secreções estomacais e pancreáticas às suas funções.
6. “A bile emulsifica as gorduras para facilitar a ação das enzimas digestivas”. Diferencie a emulsificação da digestão de lipídeos.
7. Explique os fatores que influenciam o reflexo da defecação.



**Capítulo**

**9**

# **Fisiología endócrina**



## 1. Fisiologia endócrina

O sistema endócrino é responsável pela síntese e liberação das “secreções internas do corpo”. Essas secreções contêm substâncias químicas chamadas hormônios, que são liberados no líquido intersticial, por células especializadas, e se difundem até a corrente sanguínea, podendo ser transportados até as diferentes partes do corpo. Esse sistema exerce uma função essencial na manutenção homeostase corporal.

O termo endócrino se refere às glândulas que liberam substâncias diretamente no sangue ou em outros líquidos corporais internos, por exemplo, suprarrenais, hipófise, tireoide. Além disso, alguns órgãos que possuem tecidos glandulares também compõem o sistema endócrino, como pâncreas, fígado, ovários, testículos.

O controle fisiológico exercido pelo sistema endócrino é mais demorado que o exercido pelo sistema nervoso, uma vez que a maior parte dos hormônios é conduzida pela circulação sanguínea e atua em células-alvo distantes. No entanto, o controle hormonal permite a indução de modificações celulares mais duradouras, o que garante a manutenção da homeostase corporal por mais tempo.

Para facilitar a compreensão, imagine um indivíduo que se mudou para uma cidade com altitude muito maior que a de sua cidade natal. Nessa situação, a pressão de oxigênio reduzida na atmosfera dificulta a respiração e a oxigenação dos tecidos. Para melhorar o transporte de oxigênio aos tecidos, um hormônio denominado eritropoietina é liberado pelos rins, e atua estimulando a medula óssea a produzir novas hemácias (células sanguíneas que transportam oxigênio aos tecidos). Alguns dias depois, o aumento no transporte e na distribuição de oxigênio será conseguido, evitando os danos ao funcionamento do organismo.

Dentro de alguns meses, outros hormônios liberados pelo próprio endotélio vascular (camada interna dos vasos sanguíneos), como a angiogenina, estimularão o crescimento de novos vasos sanguíneos (capilares, pequenas vênulas e arteríolas), que representarão novos caminhos para a passagem de sangue até os tecidos, facilitando ainda mais o transporte de oxigênio, em um processo denominado “angiogênese”.

As glândulas exócrinas secretam substâncias para fora do corpo ou para dentro de uma cavidade corporal, por exemplo, glândulas mamárias, glândulas salivares, glândulas sudoríparas.

As modificações desencadeadas pelo controle endócrino podem ser ainda mais duradouras, acompanhando-nos por toda a vida. A puberdade, por exemplo, representa um período em que as modificações desencadeadas por hormônios são bastante perceptíveis. A maturação do sistema nervoso, inclusive do hipotálamo, permite o início da liberação de neuropeptídeos que estimulam a secreção dos hormônios estimulantes das gônadas pela adeno-hipófise.

Esses hormônios iniciam a maturação dos órgãos sexuais, a reprodução das células germinativas (óvulos e espermatozoides) e, além disso, o desenvolvimento das características sexuais secundárias, como crescimento de pêlos pubianos; espessamento da laringe e cordas vocais e aumento da massa muscular nos meninos e crescimento das mamas e acúmulo de tecido adiposo na região dos quadris nas meninas.

## 2. Liberação de hormônios

Os hormônios derivados de proteínas (peptídicos ou amínicos), como a insulina, são estocados em grânulos secretórios e sua liberação é realizada pelo processo de exocitose. O estímulo extracelular para a secreção é, geralmente, seguido por um aumento imediato dos níveis de cálcio no citosol (proveniente do meio extracelular). Esse aumento inicia o movimento das vesículas secretórias (grânulos) para locais apropriados na membrana plasmática. Após a fusão das membranas plasmáticas e do grânulo, o hormônio é liberado para o líquido extracelular.

Os hormônios derivados de lipídeos (como os esteroides) surgem na forma livre no citoplasma e deixam a célula por simples transferência através da membrana plasmática.

O Quadro 4 indica as principais diferenças entre as propriedades de hormônios esteroides e peptídeos ou amínicos.

Quadro 4

<b>DIFERENÇAS ENTRE HORMÔNIOS ESTEROIDES E PEPTÍDICOS (OU AMÍNICOS)</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Esteroides</b>	<b>Peptídicos ou amínicos</b>
Armazenamento	Não há	Vesículas secretoras
Interação com a membrana celular	Atravessa a membrana por difusão	Liga-se a receptores localizados na membrana celular
Receptor	Intracelular (citosol ou núcleo)	Na membrana celular
Ação	Regulação da transcrição gênica (primariamente)	Cascatas de sinalização intracelular, regulando vários processos celulares
Tempo de resposta	Horas e dias (primariamente)	Segundos a minutos

A maior parte dos hormônios têm sua secreção controlada por *feedback* negativo e as células secretoras funcionam também como sensores, que monitoram continuamente a concentração sanguínea desses hormônios. Um exemplo é a secreção de insulina pelas células  $\beta$  pancreáticas. O aumento da glicemia é detectado pelas células  $\beta$ , que secretam insulina em resposta. A insulina age no fígado, reduzindo a síntese de glicose nos tecidos, aumentando a captação de glicose pelas células. A queda resultante dos níveis de glicose no sangue é detectada pelas próprias células  $\beta$ , que diminuem a produção de insulina.

## 2.1 Ação dos hormônios

Os hormônios se ligam a receptores específicos nas células-alvo para desencadear suas ações. As células que não possuem receptores para um determinado hormônio, portanto, não responderão à sua presença no sangue. Alguns receptores estão situados na membrana das células-alvo, enquanto outros estão no citoplasma ou no núcleo.

Quando o hormônio se combina ao seu receptor, isto é, em geral, inicia uma cascata de reações na célula de forma que, até em concentração muito pequena, o hormônio pode ter um grande efeito.

A ativação dos receptores pela ligação dos hormônios altera sua função. O receptor ativado inicia efeitos hormonais. Para facilitar a compreensão, vamos citar alguns exemplos de tipos de interação:

- **Receptores ligados a canais iônicos:** a mudança na estrutura do receptor abre ou fecha canais para um ou mais íons ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  etc.). A alteração do movimento desses íons causa efeitos nas células atingidas. Embora alguns hormônios possam agir influenciando diretamente a abertura de canais iônicos, a maioria o faz de forma indireta, por ligação a receptores acoplados a proteínas de membrana, como a proteína G.
- **Receptores hormonais ligados à proteína G:** muitos hormônios se ligam aos receptores na membrana que se comunica com proteínas membranares (também situadas na membrana celular) chamados proteínas G. Todos têm sete segmentos que atravessam a membrana formando alças para dentro e para fora da membrana celular.

As proteínas G são formadas por subunidades que, uma vez ativadas, se ligam a outras proteínas de sinalização intracelular capazes de alterar a função de canais iônicos ou enzimas intracelulares, como a adenililciclase ou a fosfolipase C, alterando a função da célula.

Alguns hormônios se acoplam (se conectam) a proteínas G inibitórias ( $G_i$ ) e outros hormônios com proteínas G estimulantes ( $G_s$ ). Desta forma, dependendo do acoplamento de um receptor hormonal com uma proteína  $G_i$  ou

Gs, um hormônio pode aumentar ou diminuir a atividade das enzimas intracelulares (Figura 99). Esse sistema fornece um vasto conjunto de respostas celulares a diferentes hormônios nos vários tecidos-alvo do corpo.

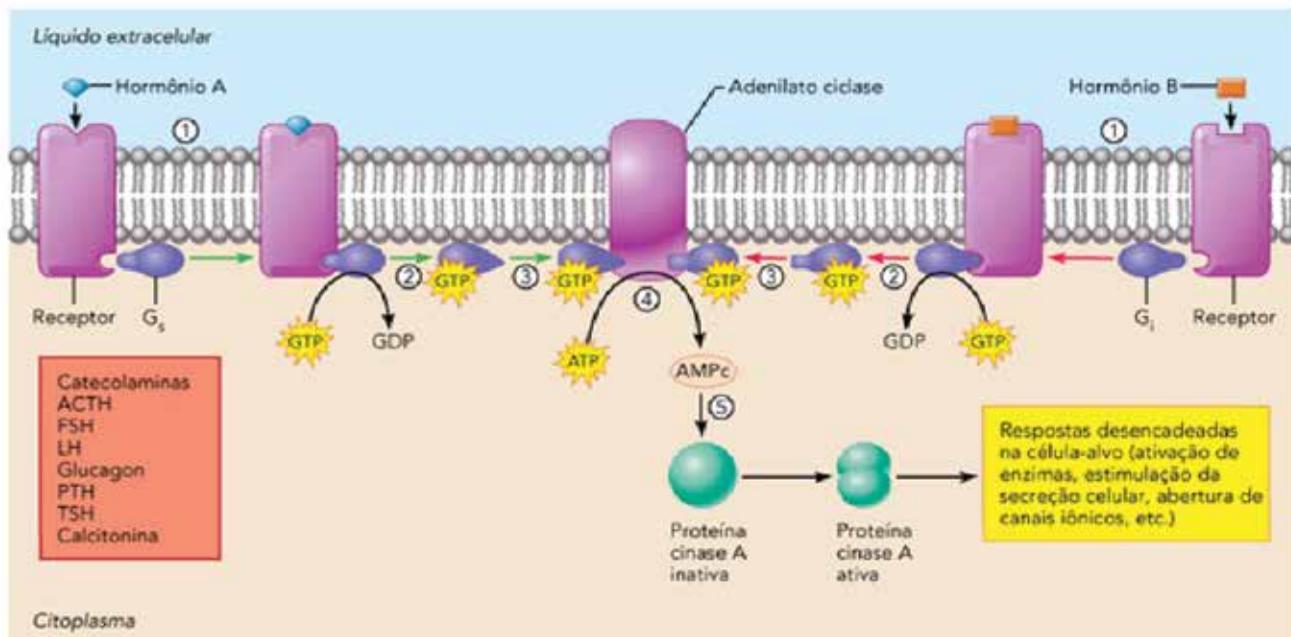


Figura 99 – Receptores acoplados a proteína G podem levar a diversas respostas celulares, a depender do tipo de proteína G ativada.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

- **Receptores ligados a enzimas:** alguns receptores quando ativados funcionam diretamente como enzimas ou se associam as enzimas que eles ativam. Esses receptores ligados a enzimas são proteínas que atravessam a membrana apenas uma vez (diferente das sete alças dos receptores ligados à proteína G). Os receptores ligados a enzimas têm seu local de ligação do hormônio na parte externa da membrana celular e seu local de ligação à enzima na parte intracelular.

Quando o hormônio se liga a parte extracelular do receptor imediatamente uma enzima dentro da célula é ativada. Um clássico exemplo desse tipo de receptor é o do hormônio insulina liberada pelas células  $\beta$  do pâncreas. A insulina se liga a receptores acoplados à enzima tirosina quinase e a sua ativação é capaz de alterar processo de transcrição no núcleo, aumentando a síntese da proteína transportadora de glicose, o que facilita a captação de glicose pelas células de diferentes tecidos do corpo.

- **Receptores hormonais que ativam genes (intracelulares):** vários hormônios, incluindo os esteroides liberados pelas suprarrenais e pelas gônadas, hormônios da tireoide, vitamina D, entre outros, ligam-se a recep-

tores proteicos dentro das células e não na membrana celular. Como são lipossolúveis, eles atravessam a membrana e se ligam aos receptores no citoplasma ou no núcleo.

O complexo hormônio-receptor ativado, então, se liga a uma sequência do DNA, ativando ou reprimindo a transcrição de genes específicos e a formação do RNA mensageiro (RNAm). Dessa forma, horas ou até dias depois do hormônio entrar na célula, aparecem proteínas recém-formadas que se tornam as controladoras das funções celulares novas ou alteradas.

## 2.2 Segundo mensageiro: mediador das funções hormonais intracelulares

Um dos meios pelos quais os hormônios exercem ações intracelulares é pelo estímulo da formação do segundo mensageiro AMPc (adenosina monofosfato cíclica) que causa efeitos intracelulares em consequência à ligação do hormônio. Todos os receptores da membrana necessitam da formação de segundo mensageiro. Nesse caso, o único efeito direto do hormônio sobre a célula é ativar um receptor na membrana. O 2º mensageiro faz o restante.

No entanto, o AMPc não é o único segundo mensageiro usado pelos diferentes hormônios. Os íons cálcio, a calmodulina e os produtos da degradação de fosfolípidios da membrana também podem ativar ou inibir enzimas intracelulares e, até mesmo, influenciar a síntese proteica.

Em suma, segundos mensageiros, como descreve o próprio nome, são responsáveis pela transferência da “mensagem” captada pelo receptor que está na membrana celular para as estruturas intracelulares, garantindo a transferência dessa informação para dentro da célula e a ocorrência em resposta à ligação do hormônio ao receptor.

Um claro exemplo disso é o mecanismo de contração da musculatura lisa. Hormônios estimulantes da contração desse músculo ativam seus receptores da membrana. Essa ativação desencadeia a ação da calmodulina, um segundo mensageiro que se liga a íons  $\text{Ca}^{++}$  e por sua vez, ativa a enzima miosina quinase, responsável direta pelo acionamento das cabeças de miosina nos miofilamentos, que iniciarão o processo de contração.

## 2.3 Hipotálamo e hipófise

A hipófise é considerada a glândula mestre do corpo por sua capacidade de liberar hormônios que controlam as funções de diversas outras glândulas. Está conectada a uma estrutura nervosa, denominada hipotálamo, responsável pelo controle das secreções hipofisárias. É dividida em neuro-hipófise (porção formada por terminações axonais de neurônios cujos corpos celulares estão no hipotálamo) e adeno-hipófise (porção essencialmente glandular) - Figura 100.

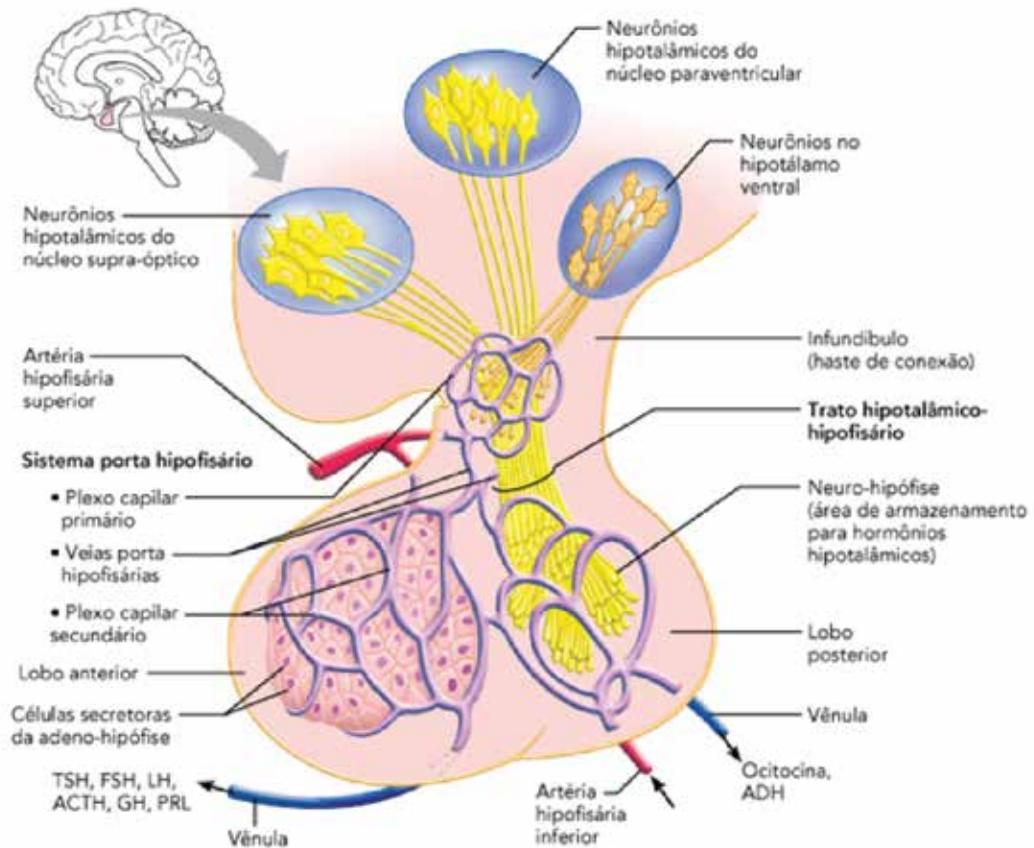


Figura 100 – Eixo hipotálamo-hipofisário: as secreções liberadas pela neuro-hipófise são sintetizadas por neurônios hipotálamicos (controle direto). O núcleo hipotálamo-ventral libera nos capilares fatores que controlam as secreções da adeno-hipófise (controle indireto).

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

A neuro-hipófise contém também os pituícitos (células semelhantes às células da glia no sistema nervoso central) e suas secreções são, de fato, sintetizadas no hipotálamo e transportadas por vesículas até as terminações axonais (no interior da neuro-hipófise). Dessa forma, o hipotálamo controla diretamente a liberação de ocitocina e do hormônio antidiurético (ADH), secretados pela neuro-hipófise.

A adeno-hipófise libera sete diferentes hormônios nos capilares sanguíneos que a irrigam. A secreção desses hormônios é regulada de forma indireta através de fatores liberados pelo hipotálamo (peptídeos produzidos em larga escala por núcleos hipotálamicos - neurônios no hipotálamo ventral) nos capilares sanguíneos que o irrigam e levados pelo sangue à adeno-hipófise. Esses fatores podem estimular ou inibir a síntese de liberação dos hormônios adeno-hipofisários (Figura 101).

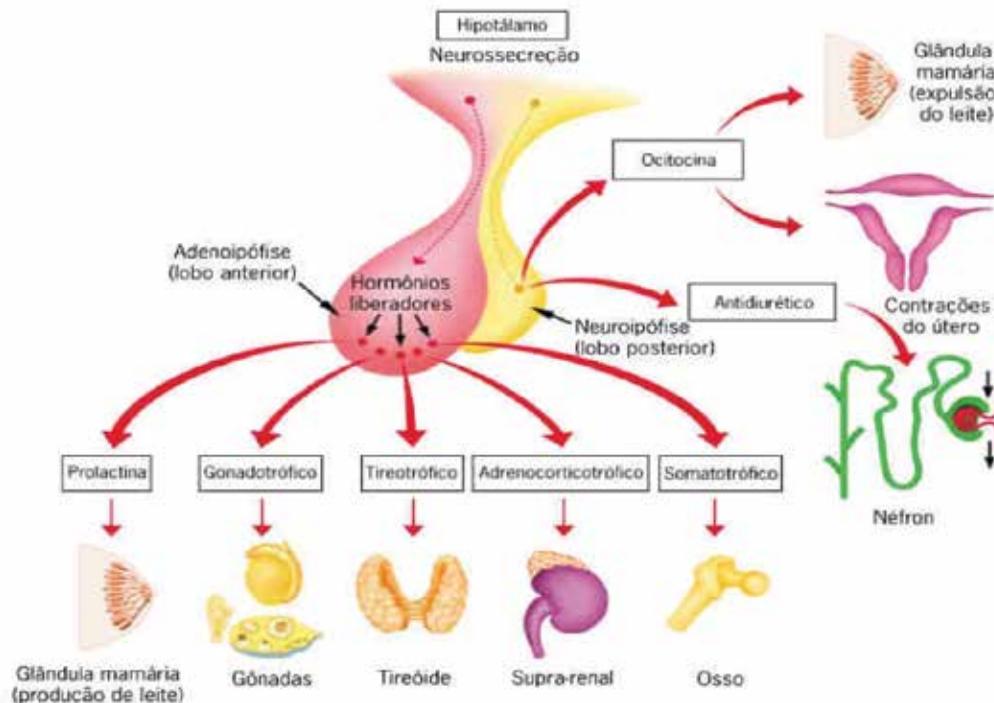


Figura 101 – Hormônios secretados pela adeno-hipófise e neuro-hipófise e suas influências.

Fonte: GOOGLE (2011).

## 2.4 Hormônios da adeno-hipófise

### a) Hormônio do crescimento humano (somatotrofina)

O hormônio mais importante, isoladamente, para o crescimento normal é a somatotrofina. Atua como principal facilitador da expressão do potencial genético, influenciando a estatura humana final em torno de 30% do seu potencial genético. Portanto, na sua ausência, o crescimento se torna limitado. Por exemplo, uma pessoa que por sua causa genética deveria atingir uma altura final de 1,80 metros, poderá atingir apenas 1,20 metros na ausência do hormônio do crescimento, e é pouco provável que ultrapasse 2,40 metros de altura, mesmo se houver uma secreção aumentada desse hormônio desde seu nascimento.

A secreção de hormônio do crescimento é baixa na maior parte do dia, com pulsos de elevação na primeira fase do sono, que variam com o sexo (no sexo masculino, ocorrem predominantemente durante o sono, no sexo feminino, ocorrem também durante o dia).

O estado metabólico e o estresse também influenciam a liberação desse hormônio, além do avanço da idade, que reduz progressivamente seus níveis sanguíneos. Desnutrição e jejum prolongado elevam a liberação de glicose e de ácidos graxos livres no sangue, inibindo sua liberação.

A somatotrofina, ao contrário dos outros hormônios, não age através de uma glândula-alvo, mas exerce seus efeitos diretamente sobre quase todos os tecidos do organismo. Esse hormônio promove o aumento do tamanho das células e do número de mitoses, levando a uma diferenciação específica de células como as do tecido ósseo e as do tecido muscular.

Os efeitos metabólicos da somatotrofina incluem:

- Aumento da deposição de aminoácidos de proteínas nos tecidos.
- Aumento do transporte de aminoácidos através das membranas celulares, facilitando a síntese proteica.
- Aumento da tradução do RNA para induzir a síntese de proteínas pelos ribossomos.
- Aumento da transcrição nuclear do DNA para formar o RNAm.
- Redução do catabolismo (quebra) das proteínas e aminoácidos.

Em resumo: é considerado um poupador de proteínas, facilitando a síntese e reduzindo a quebra de proteínas, o que facilita o desenvolvimento e o crescimento, principalmente, do tecido muscular.

A somatotrofina também aumenta a utilização das gorduras como fonte de energia. Apresenta um efeito específico ao liberar ácidos graxos do tecido adiposo, aumentando assim, sua concentração nos líquidos orgânicos. Além disso, aumenta a conversão de ácidos graxos em acetilcoenzima A (acetil-CoA) e sua utilização como fonte de energia. Como consequência, sob ação da somatotrofina, a gordura é utilizada como fonte de energia preferencial, diminuindo o uso de carboidratos e de proteínas para esse fim. Podemos, então, concluir que a capacidade do hormônio do crescimento em promover a utilização das gorduras, juntamente com seu efeito de aumentar a síntese proteica (efeito anabólico) leva a um aumento da massa corporal magra.

Com relação ao metabolismo dos carboidratos, a somatotrofina reduz a captação da glicose em tecidos como músculo esquelético e o adiposo; além do aumento da produção de glicose pelo fígado e na secreção de insulina. Essas alterações resultam em “resistência insulínica”, que atenua as ações da insulina para estimular a captação e o uso da glicose por esses tecidos e para inibição da gliconeogênese (produção de glicose) pelo fígado. Tudo isso provoca aumento da concentração de glicose no sangue, além de aumento compensatório na secreção de insulina. Por estes motivos, os efeitos da somatotrofina são chamados de diabetogênicos, e o excesso de somatotrofina pode produzir alterações metabólicas muito parecidas às encontradas nos portadores de diabetes tipo II (não dependente de insulina).

O efeito mais óbvio da somatotrofina é o aumento do crescimento esquelético que resulta nos seguintes fatores: aumento da deposição de pro-

teínas pelas células osteogênicas e condrocíticas (responsáveis pelo crescimento ósseo); aumento da taxa de reprodução destas células; conversão de condrocitos em células osteogênicas causando deposição de osso novo. Além disso, o hormônio do crescimento age como forte estimulador dos osteoblastos, responsáveis pela reposição da matriz óssea.

### **b) Anormalidades da secreção do hormônio do crescimento**

A deficiência na secreção desse hormônio durante a infância leva ao nanismo hipofisário. As características do corpo se desenvolvem, na proporção adequada entre si, mas, a velocidade é muito diminuída. Caso ocorra uma produção excessiva do hormônio do crescimento, todos os tecidos do corpo crescem rapidamente, incluindo os ossos. Caso as epífises dos ossos longos ainda não tenham se fundido às hastes desses ossos, ou seja, antes da adolescência, a altura aumenta exageradamente tornando a pessoa portadora de gigantismo.

Quando a produção excessiva desse hormônio – normalmente tumoral – ocorre após a adolescência, como o indivíduo não pode ficar mais alto, seus tecidos moles podem continuar a crescer, e os ossos aumentam de espessura, condição conhecida como acromegalia (aumento acentuado dos ossos das mãos e dos pés, crânio, nariz, mandíbula e parte das vértebras). O crescimento das “extremidades corporais” altera a aparência do indivíduo.

### **c) Outros hormônios adeno-hipofisários**

Além da somatotrofina, a adeno-hipófise secreta hormônios que incentivam à secreção de outras glândulas, regulando a atividade de outros sistemas. O hormônio estimulante da tireoide (TSH) – que induz a liberação dos hormônios tireoidianos; hormônio estimulante das adrenais (adenocorticotrófico – ACTH) – incentiva as secreções do córtex suprarrenal; hormônio luteinizante (LH) – estimula a liberação de estrogênio e progesterona pelos ovários e de testosterona pelos testículos; hormônio folículo estimulante (FSH) – induz a maturação e diferenciação das células germinativas; hormônio melanócito-estimulante - estimula a produção de melanina, pigmento presente na pele e em outros tecidos e, ainda, a prolactina, que estimula a formação de leite nas glândulas mamárias.

## **2.5 Hormônios neuro-hipofisários**

A neuro-hipófise é composta pelos pituícitos, que sustentam um grande número de terminações nervosas de feixes que se originam no hipotálamo e secretam os dois hormônios neuro-hipofisários: hormônio antidiurético (ADH) e a ocitocina. Quando impulsos nervosos são transmitidos aos núcleos hipotalâ-

### Reações metabólicas

são reações de síntese e degradação de compostos orgânicos, responsáveis pela reposição e utilização de energia pelo corpo.

Para que a glândula tireoide forme a quantidade adequada de T3 e T4, temos que ingerir cerca de 50mg de iodo a cada ano (aproximadamente 1mg por semana). Para evitar a deficiência de iodo, o sal comum é iodetado com uma parte de iodeto de sódio para cada 100.000 partes de cloreto de sódio.

micos produtores desses hormônios, eles são imediatamente liberados pelas terminações nervosas e absorvidos pelos capilares sanguíneos adjacentes à neuro-hipófise.

O ADH tem capacidade de elevar a permeabilidade dos túbulos e ductos coletores à água, aumentando significativamente sua reabsorção e, portanto, reduzindo a perda de água pela urina. O resultado disso é a conservação da água corporal. Vejamos, quando os líquidos corporais ficam muito concentrados, ocorre secreção de ADH, que é levado aos rins, aumentando a reabsorção tubular de água. Ocorre, assim, a normalização da osmolaridade dos líquidos corporais por *feedback* negativo.

O ADH também exerce um potente efeito vasoconstrictor nas arteríolas (por isso é também chamado de vasopressina), aumentando a pressão arterial. Por isso, um dos mais poderosos estímulos para aumentar a secreção de ADH é a redução do volume sanguíneo. O aumento de ADH após uma hemorragia grave é muito importante para a homeostasia.

A ocitocina estimula intensamente o útero grávido, principalmente no final da gestação, auxiliando o trabalho de parto. Além disso, a ocitocina induz a concentração da musculatura lisa em torno das glândulas mamárias, facilitando a ejeção de leite durante a amamentação.

## 2.6 Hormônios da tireoide

Dois hormônios são secretados em grande quantidade pela glândula tireoide, a tiroxina (T4) e a triiodotironina (T3), e influenciam de forma significativa o metabolismo corporal.

Para que tenhamos uma ideia mais clara da influência desses hormônios sobre as reações metabólicas, utilizemos o seguinte exemplo: se um indivíduo tiver ausência completa da secreção tireóidea, seu metabolismo basal fica em apenas 50 a 60% do normal, por outro lado, excessos extremos na secreção podem fazer com que o metabolismo fique 60 a 100% acima do normal.

A glândula tireoide também secreta um hormônio chamado calcitonina, que, juntamente ao paratormônio (liberado pelas paratireoides) regula o metabolismo do cálcio, mantendo níveis adequados de cálcio nos ossos e sangue.

### a) Funções dos hormônios da tireoide nos tecidos

A transcrição de uma quantidade enorme de genes é estimulada pela presença dos hormônios da tireoide. Como consequência, ocorre aumento de grande número de enzimas proteicas, proteínas estruturais, proteínas transportadoras e outras substâncias. O resultado disso é um aumento generalizado da atividade funcional de todo o corpo.

Antes de ativar seus receptores nucleares, quase todo o T4 é convertido em T3. A atividade metabólica de quase todos os tecidos é aumentada e a utilização dos alimentos para a produção de energia fica muito acelerada. Embora a síntese proteica aumente, ao mesmo tempo aumenta o catabolismo das proteínas. Nos jovens, a velocidade do crescimento aumenta muito; os processos mentais são excitados, melhorando a memória, aprendizado e a atividade geral do sistema nervoso; e a atividade da maioria das glândulas endócrinas aumenta.

### **b) Efeitos de T3 sobre o crescimento**

Um efeito importante do hormônio da tireoide é o de promover o crescimento e o desenvolvimento do cérebro durante a vida fetal e nos primeiros anos após o nascimento. Se houver deficiência desse hormônio nesse período e não for realizada a reposição, a criança sem glândula tireoide permanece com deficiência mental por toda a vida.

Além disso, nas crianças hipotireóideas (com secreção reduzida de hormônios da tireoide), o crescimento corporal sofre grande retardo. Já nas hipertireóideas, ocorre crescimento excessivo do esqueleto, fazendo com que a criança fique bem mais alta em idade precoce (no entanto, a duração do crescimento e a altura final podem até diminuir).

### **c) Efeitos metabólicos do hormônio da tireoide**

O hormônio da tireoide estimula o metabolismo dos carboidratos, tanto síntese quanto utilização; metabolismo dos lipídeos, com esgotamento das reservas adiposas do organismo e redução dos níveis de colesterol sanguíneo. Induz ainda, a redução do peso corporal, pelo aumento na taxa de metabolismo basal e elevação do catabolismo das proteínas; elevação do fluxo sanguíneo para os tecidos; aumento da frequência cardíaca e respiratória; aumento do apetite e da atividade gastrointestinal.

### **d) Doenças da tireoide**

*Hipertireoidismo*: a produção excessiva de T3 e T4 leva ao aparecimento de sintomas que resultam da atividade metabólica excessivamente elevada. Dentre elas, alto grau de excitabilidade; intolerância ao calor; sudorese excessiva; perda de peso; fraqueza muscular; nervosismo; insônia e em, alguns casos, exoftalmia (protrusão dos globos oculares por edema e inchaço dos tecidos retro-orbitais e alteração dos músculos extra-oculares) - Figura 102.



Figura 102 – Exoftalmia decorrente do hipertireoidismo.

Fonte: MARIEB; HOEHN (2009).

No *hipotireoidismo*, em geral, os efeitos são opostos aos do hipertireoidismo, incluindo sonolência extrema; extrema lentidão muscular, redução da frequência cardíaca e do débito cardíaco; aumento do peso; constipação; lentificação da atividade mental; redução de pelos e descamação da pele, em alguns casos, desenvolvimento de edemas em todo o corpo (mixedema).

## 2.7 Hormônio paratireóideo

As quatro glândulas paratireóides, donas de tamanho proporcional ao de ervilhas e localizadas posteriormente à glândula tireoide, produzem o paratormônio (hormônio paratireoideano - PTH), responsável pela regulação de cálcio e fósforo no sangue e aumento da absorção de vitamina D. Em resposta à queda na concentração de cálcio no sangue, esse hormônio retira o cálcio dos ossos, enviando-o à corrente sanguínea, e aumenta a absorção deste no intestino, além de sua reabsorção nos túbulos renais. A calcitonina - hormônio secretado pela tireoide, por sua vez, aumenta a deposição de cálcio nos ossos, efetuando ação inversa, com intensidade um pouco menor.

A redução na produção de paratormônio resulta na redução dos níveis sanguíneos de cálcio, acúmulo de fósforo no sangue, podendo causar hiperirritabilidade e contração desordenada da musculatura esquelética (quadro de tetania), podendo causar asfixia e até mesmo a morte. Na hiperfunção podem ocorrer lesões renais, osteoporose e até cistos ósseos.

## 2.8 Hormônio das suprarrenais

Cada uma das glândulas suprarrenais é composta por duas partes distintas, a medula suprarrenal (mais interna) e o córtex suprarrenal (mais externa). O córtex suprarrenal secreta um grupo de hormônios denominados corticosteroides (sintetizados a partir do esteroide colesterol), divididos em mineralocorticoides e glicocorticoides.

A perda da secreção do córtex suprarrenal pode causar morte num prazo de três dias a duas semanas, a não ser que haja tratamento imediato com sal ou injeções de mineralocorticoides. Podemos dizer que os mineralocorticoides são a parcela “salva-vidas” dos hormônios córtico-suprarrenais, enquanto os glicocorticoides são importantes na resistência do corpo aos diferentes tipos de estresse.

O principal representante dos mineralocorticoides é a aldosterona. Sua capacidade de induzir aumento na reabsorção de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e de água nos túbulos renais e, simultaneamente, aumentar a excreção de potássio ( $\text{K}^+$ ) pela urina ajuda a manter as concentrações normais de  $\text{Na}^+$  no sangue e no líquido extracelular, além de auxiliar na manutenção da pressão arterial em níveis adequados.

Na ausência de aldosterona, o volume do líquido extracelular fica em até 20 a 25% abaixo do normal e a redução equivalente do volume plasmático leva ao rápido desenvolvimento de choque circulatório. A secreção de aldosterona é estimulada pela redução da concentração de  $\text{Na}^+$  e aumento de  $\text{K}^+$  extracelular; pela ativação do sistema renina-angiotensina (mecanismo regulado pelos rins) e pelo hormônio adrenocorticotrófico produzido pela adeno-hipófise.

O cortisol (ou hidrocortisona) é o principal representante dos glicocorticoides. Esse hormônio, considerado por muitos fisiologistas como “hormônio do estresse” auxilia os processos de resistência corporal aos traumas e danos em situações adversas.

Dentre os muitos efeitos do cortisol sobre o metabolismo da glicose, destacamos a estimulação da gliconeogênese (formação de glicose a partir de proteínas) e a diminuição da utilização de glicose sanguínea pelas células – 50% do normal. Como consequência, a disponibilidade de glicose no sangue para atuar como substrato para síntese de ATP nos órgãos vitais é elevada, principalmente em situações de estresse.

Além disso, o cortisol promove a mobilização dos aminoácidos a partir dos músculos, e de ácidos graxos a partir do tecido adiposo, incentivando sua utilização para fins energéticos. Esse é um dos fatores que ajudam a fazer os sistemas metabólicos passarem da utilização de glicose para fins energéticos para utilização de ácidos graxos em épocas de inanição ou de outros estresses. No entanto, por alterar os processos de transcrição gênica, os efeitos do cortisol necessitam de várias horas para se desenvolverem totalmente.

Os efeitos anti-inflamatórios do cortisol resultam do bloqueio da maioria dos fatores que induzem a inflamação, impedindo a transcrição gênica da maior parte dos mediadores inflamatórios e reduzindo a liberação de substâncias responsáveis pelas reações alérgicas e inflamatórias.

A medula suprarrenal tem células que se agrupam ao redor dos capilares e sinusoides que, de fato, são neurônios ganglionares simpáticos modificados, que sintetizam as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina). Quando o corpo é ativado para o estado de luta-ou-fuga, devido a um estresse agudo, o sistema nervoso simpático é ativado e as catecolaminas são liberadas no sangue, reforçando e prolongando a resposta de luta-ou-fuga.

## 2.9 Hormônios pancreáticos

O pâncreas é uma glândula mista, composta de células glandulares exócrinas (que sintetizam e liberam diversas enzimas digestivas no duodeno) e endócrinas, que compõem as ilhotas pancreáticas (ilhotas de Langerhans), pequenos agrupamentos de células que produzem os hormônios pancreáticos.

As ilhotas são formadas, principalmente, por dois tipos de células, as células alfa ( $\alpha$ ), que sintetizam glugacon; e as células beta ( $\beta$ ), que produzem insulina, e são mais numerosas.

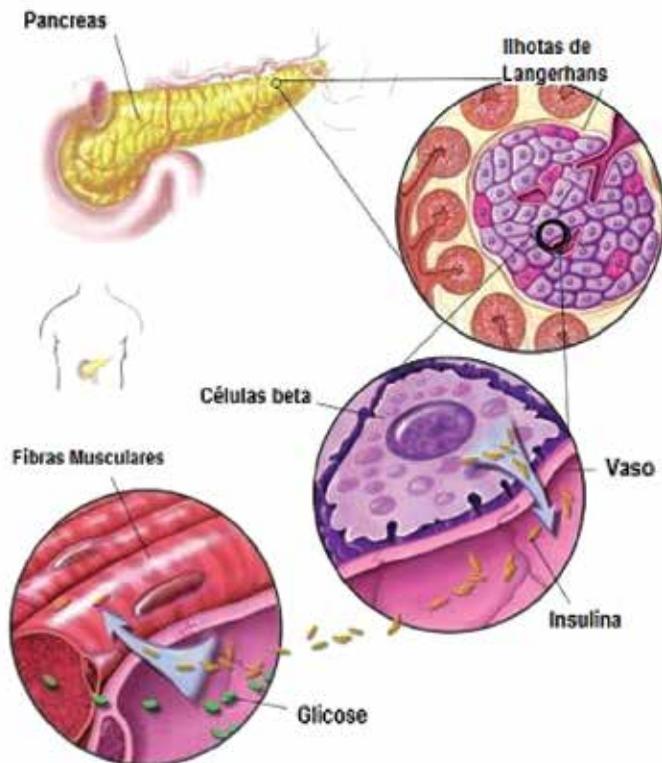
### a) Efeitos do glucagon

É um agente hiperglicêmico (eleva os níveis de glicose no sangue) muito potente. No fígado, promove a quebra das reservas de glicogênio (glicogenólise); síntese de glicose a partir do lactato e proteínas (gliconeogênese); liberação de glicose hepática para o sangue.

A queda da glicemia é o principal estímulo para liberação de glucagon, enquanto o aumento de glicose no sangue, dos níveis de insulina e de somatostatina (produzida também pelas ilhotas), reduzem sua liberação. Dessa forma, o glucagon tem extrema importância, principalmente no intervalo entre as refeições, para manter níveis adequados de glicose no sangue.

### b) Efeitos da insulina

Os efeitos da insulina são mais evidentes logo após as refeições. A insulina induz a transcrição de proteínas transportadoras de glicose que são distribuídas para a membrana das células, facilitando a captação da glicose extracelular pela maioria dos tecidos corporais, principalmente tecido muscular e adiposo (com exceção do tecido hepático, renal e encefálico – todos eles possuem livre acesso à glicose sanguínea, independentemente dos níveis de insulina) - Figura 103.



O diabetes mellitus é uma síndrome decorrente da falta de insulina ou da incapacidade da insulina exercer suas ações. Os dois tipos mais comuns de diabetes são diabetes tipo 1 (infanto-juvenil)- em consequência da incapacidade da produção de insulina pelo pâncreas e diabetes tipo 2 (adulto) relacionada a deficiência na expressão dos receptores para insulina nos tecidos corporais.

Figura 103 – A insulina, liberada pelas ilhotas do pâncreas, promove a captação de glicose pelas células.

Fonte: <http://www.medicinageriatrica.com.br/2008/07/01/insulina-producao-e-acoas/>

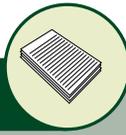
A insulina também atua inibindo a quebra de glicogênio em glicose e a gliconeogênese, impedindo a elevação da glicose sanguínea por efeito metabólico.

Após a entrada nas células-alvo, a ligação da insulina causa efeitos enzimáticos que:

- a) Facilitam a oxidação de glicose para síntese de ATP.
- b) Unem moléculas de glicose para formar glicogênio.
- c) Convertem a glicose em lipídeos (especialmente no tecido adiposo).
- d) Promovem a síntese proteica.

Hormônios hiperglicemiantes (glucagon, adrenalina, somatotrofina, T3, cortisol), que entram em ação na hipoglicemia, indiretamente, estimulam a liberação de insulina, por aumentarem os níveis de glicose no sangue. A somatostatina reduz a liberação de insulina. Diante disso, podemos dizer que a insulina e o glucagon têm efeitos antagônicos, a insulina é hipoglicêmica e o glucagon hiperglicêmico.

## Texto complementar



### A melatonina e a luz

A luz é um importante fator ambiental que influencia o desenvolvimento e o ciclo sexual de alguns animais. No furão, por exemplo, pode-se obter hipertrofia das gônadas quando ele é mantido sob iluminação intensa e constante, evitando, desta forma, a regressão das gônadas durante o inverno. Existe uma via neural estimulada pela luz que se inicia na retina e se projeta para o hipotálamo, com conexões que se dirigem para a medula espinhal, e que são capazes de modular vias simpáticas que alteram a função da glândula pineal, estimulando a síntese do hormônio melatonina durante a noite. A secreção desse hormônio é elevada, e dentre suas funções destacam: a indução do sono, analgesia, atividade anticancerígena, varredora de radicais livres e retardo do envelhecimento.

Fonte: <http://amigonerd.net/trabalho/9117-anestro>

### O que é o cretinismo?

O cretinismo é uma deficiência mental causada pelo **hipotireoidismo congênito**, durante o desenvolvimento do recém-nascido. Nesse período, a ausência do hormônio tiroxina atrapalha o amadurecimento cerebral. Mesmo com problemas na tireoide, o **recém-nascido** aparenta funções normais, pois foi suprido com o hormônio pela mãe. Mas, semanas após o nascimento, o bebê já pode começar a apresentar lentidão nos movimentos, crescimento físico lento e desenvolvimento mental deficiente. As sequelas são irreversíveis na idade adulta. Exames de rotina após o nascimento podem detectar o distúrbio e a reposição do hormônio pode evitar o desenvolvimento das sequelas.

Fonte: <http://www.tireoide.org.br/cretinismo-e-mixedema>

## Síntese do Capítulo



O capítulo introdutório apresenta os conceitos gerais da fisiologia e os mecanismos de controle da homeostasia corporal. A condução elétrica neuronal e os fatores implicados na manutenção dos potenciais de repouso e de ação são discutidos no capítulo seguinte. Em sequência, é descrita a fisiologia do sistema nervoso, diferenciando os mecanismos sinápticos, bem como a ocorrência do arco reflexo medular. São discutidas, ainda, as funções atribuídas às principais porções do sistema nervoso central e os mecanismos de controle autonômico das funções viscerais. No capítulo de fisiologia cardiovascular, os mecanismos de funcionamento e regulação do trabalho cardíaco e do sistema vascular são apresentados, ressaltando o papel desse sistema na manutenção da pressão arterial e do fluxo sanguíneo. O sistema renal é discutido em seguida, permitindo a explanação dos processos de formação da urina, além dos mecanismos reguladores da função renal, enfatizando o papel do sistema hormonal renina-angiotensina-aldosterona no controle da pres-

são arterial. O capítulo sobre a fisiologia respiratória destaca os mecanismos de ventilação pulmonar e hematose, ressaltando os aspectos responsáveis pela diferença de pressão intra-alveolar e atmosférica. É também discutido o transporte sanguíneo dos gases respiratórios e controle central e periférico da frequência respiratória. A seguir, a fisiologia gastrointestinal é explanada, com discussão dos eventos mecânicos e enzimáticos que compõem a digestão, bem como dos fatores reguladores hormonais e neurais da atividade gastrointestinal. A fisiologia endócrina é tratada no último capítulo, que permite diferenciar a ação de hormônios hidrossolúveis e lipossolúveis e seus sítios alvo. São descritos, ainda, os mecanismos de ação das secreções hormonais de glândulas endócrinas, destacando seu papel no controle metabólico e na manutenção da homeostasia corporal.

## Leituras, filmes e sites



### Leituras

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

BUTMAN, J.; ALLEGRI, R. F. A cognição social e o córtex cerebral. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v.14, n. 2, p. 275-279, 2001.

CAPELOZZI, V. L. Efeitos da poluição, tabagismo e poeiras minerais sobre o aparelho respiratório. **Jornal de Pneumologia**, v. 20, n. 4, p.157-64, 1994.

CASTRO, C.L.; NÓBREGA, A.C.; ARAÚJO, C.G.S. Testes autonômicos cardiovasculares: uma revisão crítica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 59, n. 1, p. 75-85, 1992.

CERUTTI, S. M.; FERRARI, E. A. M. Funções da neuroglia no sistema nervoso central: contribuição para a plasticidade neural. **Lecta-USF**, v.13, n.1/2, p. 79-100, 1995.

DALMAZ, C.; NETTO, C. A. A memória. **Ciência e Cultura**, v. 56, n.1, 2004.

FORTUNATO, R. S.; ROSENTHAL, D.; CARVALHO, D. P. Abuso de esteroides anabolizantes e seu impacto sobre a função tireóidea. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 51, n. 9, p. 1417-1424, 2007.

GALVÃO, V. S. O ensino da fisiologia humana. Um estudo com estudantes da fonoaudiologia envolvendo o tema "homeostasia". **Investigações em Ensino de Ciências**, v.14, n. 2, p. 255-280, 2009.

HAUACHE, O. M. Receptores acoplados à proteína G: implicações para a fisiologia e doenças endócrinas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 45, n. 3, p. 228-239, 2001.

LOURES, D. L.; SANT'ANNA, I.; BALDOTTO, C. S. R.; SOUSA, E. B.; NÓBREGA, A. C. L. Estresse Mental e Sistema Cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 78, n. 5, 2002.

MOREIRA, P. R.; BARROS, E. Atualização em fisiologia e fisiopatologia renal. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 22, n.1, p. 201-208, 2000.

NEGRÃO, C. E.; RONDON, M. U. P. B. Exercício físico, hipertensão e controle barorreflexo da pressão arterial. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 8, p. 89-95, 2001.

RIGATTO, K.V.; BÖHLKE, M.; IRIGOYEN, M.C. Sistema renina-angiotensina: da fisiologia ao tratamento. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**, v. 13, n. 3, p. 1-5, 2004.

### Sites

<http://www.uff.br/fisio6/PDF/homeostasia.pdf>

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1716>

<http://www.guia.heu.nom.br/homeostase.htm>

<http://www.icb.ufmg.br/lpf/material/5-4-a1-ref1.html>

<http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/fisiologia-sistema-nervoso.htm>

<http://www.afh.bio.br/nervoso/nervoso5.asp>

<http://www.tireoide.org.br>

<http://www.afh.bio.br/endocrino/endocrino1.asp>

[http://www.icb.ufmg.br/mor/anatoenf/sistema\\_circulatorio.htm](http://www.icb.ufmg.br/mor/anatoenf/sistema_circulatorio.htm)

[http://mmspf.msdonline.com.br/pacientes/manual\\_merck/secao\\_03/cap\\_030.html](http://mmspf.msdonline.com.br/pacientes/manual_merck/secao_03/cap_030.html)

<http://users.matrix.com.br/grace/fv.html>

[http://www.uff.br/fisiovet/Fisiologia\\_Renal.pdf](http://www.uff.br/fisiovet/Fisiologia_Renal.pdf)

<http://sistemarenalfisiologia.blogspot.com/2009/11/fisiologia-renal.html>

<http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>

[http://www.anestesiologia.unifesp.br/fisio\\_resp.pdf](http://www.anestesiologia.unifesp.br/fisio_resp.pdf)

<http://portalsaudebrasil.com/index>

<http://www.gastronet.com.br/fisiolog.htm>

<http://www.colegioweb.com.br/biologia/digestao.html>

<http://www.afh.bio.br/digest/digest1.asp>

<http://ciencias3c.cvg.com.pt/nono/fisiologiadigestivo.html>

## Vídeos

<http://www.youtube.com/watch?v=Lu67TmaTW2s>

<http://www.youtube.com/watch?v=qnrRvYt3hol>

<http://www.youtube.com/watch?v=LWK4FftWSbA&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=hrglXBWRjJw&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=bkdtz-Ps4hg&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=c964BwL1P8I>

<http://www.youtube.com/watch?v=cBUeJPCR4wo&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=mcw6WDuU6Ww>

<http://www.youtube.com/watch?v=XEeW7F-P9uc&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=T93NnWbMtvI>

<http://www.youtube.com/watch?v=SO4c3TmM8F4>

<http://www.youtube.com/watch?v=3AXtn7nxh2o&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=4mTH6twasAM>

<http://www.youtube.com/watch?v=sQU4LVJr7TI>

<http://www.youtube.com/watch?v=Al4A8uv3PAA&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&v=Cuhc0NEm6go&NR=1>

<http://www.youtube.com/watch?v=li1BqYbtqpU>

[http://www.youtube.com/watch?v=7k\\_99M5jRXY](http://www.youtube.com/watch?v=7k_99M5jRXY)

## Atividades de avaliação



1. Qual é a glândula mestre do sistema endócrino e por que é chamada assim?
2. Descreva os mecanismos de ação responsáveis pelos efeitos dos hormônios nas células-alvo.
3. Explique a principal forma de controle da liberação hormonal.
4. Quais os hormônios responsáveis pelo preparo do organismo para enfrentar situações de estresse?
5. Descreva o controle hipotalâmico da liberação dos hormônios hipofisários.

## Referências



- COSTANZO, L. S. **Fisiologia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- FREDD, N. A.; PROENÇA FILHO, J. O.; FIORI, H. H. Terapia com surfactante pulmonar exógeno em pediatria. **Jornal de Pediatria**, v. 79, Supl.2, 2003.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. **Berne e Levy: fisiologia**. 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- LEVY, M. N; PAPPANO, A. J. **Cardiovascular physiology**: Mosby physiology monograph series. 9 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- MARIEB, E. N.; HOEHN, K. **Anatomia e fisiologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- TORTORA, G. J. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

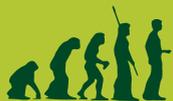
## Sobre os autores

**Aline de Albuquerque Oliveira:** farmacêutica formada pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestre e Doutora em Farmacologia pelo Departamento de Fisiologia e Farmacologia da Faculdade de Medicina da UFC. Leciona as disciplinas de Fisiologia Humana, Biofísica e Farmacologia em cursos de graduação em Farmácia e Enfermagem, desde 2004. É professora da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza (FAMETRO), desde 2008. Apresenta publicações e desenvolve pesquisas nas áreas de neurofisiologia e neurofarmacologia.

**Francisco Herculano Campos Neto:** enfermeiro pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Especialista em Enfermagem Cardiovascular pela UECE e Discente do Mestrado em Cuidados Clínicos de Saúde – CMACCLIS/UECE. Professor dos Cursos de Enfermagem (Bach.) e de Estética e Cosmética (Grad. Tecnológica) da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza (FAMETRO).



Anão ser que indicado ao contrário a obra **Anatomia e Fisiologia: a incrível máquina do corpo humano**, disponível em: <http://educapes.capes.gov.br>, está licenciada com uma licença **Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)**. Mais informações em: [http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pt\\_BR](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pt_BR). Qualquer parte ou a totalidade do conteúdo desta publicação pode ser reproduzida ou compartilhada. Obra sem fins lucrativos e com distribuição gratuita. O conteúdo do livro publicado é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial da EdUECE.



Ciências Biológicas

Fiel a sua missão de interiorizar o ensino superior no estado Ceará, a UECE, como uma instituição que participa do Sistema Universidade Aberta do Brasil, vem ampliando a oferta de cursos de graduação e pós-graduação na modalidade de educação a distância, e gerando experiências e possibilidades inovadoras com uso das novas plataformas tecnológicas decorrentes da popularização da internet, funcionamento do cinturão digital e massificação dos computadores pessoais.

Comprometida com a formação de professores em todos os níveis e a qualificação dos servidores públicos para bem servir ao Estado, os cursos da UAB/UECE atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelos normativos legais do Governo Federal e se articulam com as demandas de desenvolvimento das regiões do Ceará.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

